



الأستشعار عن بعد



القسم : جيولوجيا .

السنة الرابعة - شعبة الجيولوجيا التطبيقية .



منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

الاستشعار عن بعد

الدكتور

سعود المحمد

أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا

١٤٢٩ - ١٤٣٠ هـ

٢٠٠٨ - ٢٠٠٩ م

جامعة دمشق



المحتويات

9	• مقدمة :
13	* الفصل الأول : الأسس الفيزيائية للاستشعار عن بعد.
13	1-1- مقدمة .
16	1-2- مصادر الطاقة ومبادئ الاشعاع .
19	1-3- تفاعلات الطاقة في الغلاف الجوي.
24	1-4- تفاعلات الطاقة مع معالم سطح الأرض.
27	1-5- تجميع المعطيات وتفسيرها.
33	* الفصل الثاني : طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض.
	2-1- طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض في المجال
33	المرئي القريب من الأشعة تحت الحمراء.
	2-2- طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض في المجال الغير
42	مرئي لأشعة الطيف الكهرطيسي.
	2-3- بعض أجهزة الاستشعار عن بعد المساعدة على فهم الطبيعة
66	الطيفية للمواد والمعالم الأرضية.
77	* الفصل الثالث : آلات التصوير الجوية.
78	3-1- آلات التصوير ذات اللقطة الأحادية.
81	3-2- آلات التصوير ذات اللقطة المتعددة العدسات.
83	3-3- آلات التصوير ذات الشريط الفيلمي.
86	3-4- آلات التصوير البانورامي.
88	3-5- آلات التصوير اللافتوغرافي.
93	* الفصل الرابع : الأقمار الصناعية لدراسة الموارد الأرضية.
93	4-1- مقدمة.

95	2-4- خصائص مدارات لاندسات 1 و 2 و 3 .
99	3-4- أجهزة الاستشعار (المستشعرات) المحمولة على متن لاندسات 1 و 2 و 3 .
101	4-4- خصائص مدارات لاندسات 4 و 5 .
106	5-4- المستشعرات (أجهزة الاستشعار) المحمولة على متن لاندسات 4 و 5 .
111	6-4- ساتلي لاندسات 6 و 7 .
113	7-4- برنامج سائل سبوت .
113	8-4- المستشعرات المحمولة على متن سبوت - 1 .
117	9-4- سائل سبوت 3 و 4 .
118	10-4- سواتل الرصد الجوي.
127	11-4- سواتل رصد المحيطات .
129	12-4- مساهمة بعض الدول في مجال الفضاء.
150	13-4- نشاطات بعض المنظمات الدولية في مجال الدراسات الفضائية.
157	* الفصل الخامس : تفسير الصور الجوية والفضائية.
157	5-1- تفسير الصور الجوية.
157	5-1-1- أسس تفسير الصور الجوية.
163	5-1-2- بعض الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور الجوية وبعض الصور الفضائية المجسمة.
167	5-1-3- رسم الخرائط الجيولوجية.
172	5-2- تفسير الصور الفضائية.

5-2-1- تفسير مرئيات الماسح المتعدد الأطياف (MSS) المحمول

176 على لاندسات.

5-2-2- تفسير مرئيات راسم الخرائط الغرضي (TM) المحمول

188 على لاندسات.

5-2-3- تفسير مرئيات (HRV) المحمول على سبوت.

* الفصل السادس : تطبيقات الاستشعار عن بعد في المجالات

201 الجيولوجية المختلفة .

6-1- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات البنيوية

201 والتكتونية.

6-2- تفسير المرئيات بهدف الدراسات الليتولوجية

210 والستراتغرافية.

6-3- تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الدراسات

231 الجيولوجية الهندسية.

6-4- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في التنقيب على

245 النفط والغاز.

6-5- تفسير المرئيات بهدف التنبؤ عن المواد المفيدة.

263 6-6- تفسير المرئيات بهدف دراسة الجيومورفولوجيا.

275 6-7- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الهيدرولوجية.

6-8- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات

288 الهيدرولوجية.

6-9- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الجيولوجيا البيئية .

* الفصل السابع : نظام المعلومات الجغرافي (GIS) ونظم تحديد المواقع

303 على سطح الأرض (GPS)

- 303 7-1- نظام المعلومات الجغرافي (GIS).
- 327 7-2- نظم تحديد المواقع على سطح الأرض (GPS).
- 333 * الفصل الثامن : المعالجة الرقمية للمرئيات.
- 333 8-1- مقدمة .
- 341 8-2- تقويم المرئيات وترقيمها.
- 359 8-3- تحسين المرئيات.
- 386 8-4- تصنيف المرئيات.
- 393 8-5- إدماج المعطيات.
- 405 8-6- بعض البرامج المستخدمة في عملية المعاملة
الرقمية للمرئيات.
- * الفصل التاسع: تطبيقات الاستشعار عن بعد الجيولوجية في الجمهورية
العربية السورية.
- 411 9-1- مقدمة .
- 411 9-2- تطبيق الصور الفضائية في مجال تكتونية سوريا وتكتونيتها
الحديثة وجيولوجيا النفط فيها.
- 412 * قائمة المراجع.
- 441

مقدمة

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

لقد استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد في التنقيب عن الثروات والموارد الأرضية منذ سنين طويلة، إلا أن النمو والتطور السريع للاستشعار عن بعد وأنشطته المختلفة قد حدث في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات من القرن الماضي والذي تميز باستخدام واسع للتصوير الجوي بعد الحرب العالمية الثانية وبهد النشاط الكبير في ذلك لاستعماله في التنقيب والاستكشاف عن الثروات والموارد الأرضية، فالرادار ذو الرؤيا الجانبية (SLAR) قد استعمل استعمالاً عاماً في بداية الستينيات من القرن الماضي شاملاً في ذلك تطبيق الاستشعار عن بعد في المناطق المغطاة بغيوم دائمة بالإضافة إلى التداخلات الجوية الأخرى .

وحتى تاريخ بداية إطلاق أول قمر صناعي خاص بدراسة المصادر والثروات الأرضية عام 1972، كانت الصور الجوية والرادار ذو الرؤية الجانبية هي التقنيات المهيمنة كوسائل استشعار عن بعد مستخدمة في التنقيب والاستكشاف عن الثروات الأرضية، وقد تبين أن هذه التقنيات تتطلب استعمال وتوظيف وسائل ومعدات صغيرة وقليلة التكاليف من قبل الذين يستعملون ويستفيدون من هذه المعلومات، فجهاز الستريوسكوب الرخيص الثمن هو ما نتطلبه للاستعمال في تفسير الصور الجوية، أما العامل المهم والأساس في التفسير فهو الخبرة والمهارة التي يجب أن يتمتع بها مستعمل المعلومات والمعطيات أثناء قيامه بتفسير الصور الجوية والرادارية تفسيراً دقيقاً.

يعتبر بدء إطلاق الأقمار الصناعية الخاصة بدراسة مصادر الثروات الأرضية عام 1972 خطوة رائدة إلى الأمام في مجال الاستشعار عن بعد، حيث أن المساحة المساوية لـ / 34000 كم² / تقريباً والمسجلة آنياً تعطي معلومات قيمة على شكل معطيات رقمية بالإضافة إلى الرؤية الشمولية التي لم تكن متاحة من قبل، حيث أضافت المعطيات المأخوذة بالأقنية المتعددة الأطياف معلومات قيمة إضافية أخرى، إلا أن أهم ما في ذلك هو توفر معطيات الماسح متعدد الأطياف على شكل رقمي يسمح بمعالجتها وتحسينها للحصول على المعطيات من خلال المعالجة بالحاسب الإلكتروني، وهذا ما جعل تأثيرها هاماً في الاستشعار عن بعد .

إن استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في التنقيب والاستكشاف عن الثروات الأرضية قد تطور وتحسن بشكل كبير وفعال في السنين العشر الأخيرة، وذلك بسبب تطور وتحسين معطيات ومعلومات صور الأقمار الصناعية، فالفوائد الأساسية للصور الفضائية هي أنها تعطي منطقة واسعة المساحة والتي تتميز بأنها تؤخذ بشكل دوري ودائم أيضاً. أما الطبيعة الرقمية للمعطيات المتعددة الأطياف فتسمح بالقيام بتحسينات وتعزيزات رقمية هائلة بالحاسوب ومن ثم القيام بتفسيرها تفسيراً جيداً وعند دمج معطيات الأقمار الصناعية مع المعلومات والمعطيات الأخرى المساعدة كالمعطيات الجيولوجية والجيوفيزيائية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) فيمكن أن نحسن من التفسيرات الجيولوجية لهذه الصور مما يقودنا إلى اكتشاف الثروات والموارد الأرضية المختلفة .

يبحث الاستشعار عن بعد في مستشعرات الطاقة الكهربائية التي تعمل عادة من منصات محمولة في الجو والفضاء لتساهم في جرد موارد الأرض الطبيعية وتحديد مواقعها ورصدها. وتحصل هذه المستشعرات على معطيات تدل على الأسلوب الذي تصدر به سطوح معالم الأرض المختلفة الطاقة الكهربائية

وتعكسها، ويتم تحليل هذه المعطيات للحصول على معلومات عن الموارد قيد البحث. ويمكن أن نلخص عمل الاستشعار عن بعد في مرحلتين أساسيتين هما : (الحصول على المعطيات) و (تحليل المعطيات) وسوف نقوم بشرحها بالتفصيل في فصول هذا الكتاب.

يتضمن هذا الكتاب تسعة فصول هي :

الفصل الأول : الأسس الفيزيائية للاستشعار عن بعد:

الفصل الثاني : طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض.

الفصل الثالث : آلات التصوير الجوية.

الفصل الرابع : الأقمار الصناعية لدراسة سطح الأرضية.

الفصل الخامس : تفسير الصور الجوية والفضائية.

الفصل السادس : تطبيقات الاستشعار عن بعد في المجالات المختلفة

للجيولوجيا.

الفصل السابع : نظام المعلومات الجغرافي (GIS) ونظم تحديد المواقع

على سطح الأرض (GPS).

الفصل الثامن : المعالجة الرقمية للمرئيات.

الفصل التاسع : تطبيقات الاستشعار عن بعد في الجمهورية

العربية السورية .

ويعد هذا الكتاب مقدمة، رغم أنها ليست سطحية، لموضوع الاستشعار

عن بعد وتطبيقاته في مجالات الجيولوجيا كافة. هذا ولا يوجد كتاب واحد يمكن

أن يغطي كل مفاهيم نظرية الاستشعار عن بعد وتطبيقاتها، إذ أن معظم الكتب

المدرسية حول هذا الموضوع إما أن تركز على موضوع بعينه وتعالج

مستشعرات أو تطبيقات معينة أو أنها تستعرض عدة كتب ويركز موضوع هذا

الكتاب على تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الجيولوجيا وأود الإشارة أن

هناك الكثير من أجهزة الاستشعار عن بعد والتطبيقات لم نعالجها . كما أنني أدرك تماماً أن ما ذكر في فصول هذا الكتاب سيصبح بعد حين قديماً، لأن الاستشعار عن بعد علم حركي غير ثابت. ومع ذلك سيتمكن هذا الكتاب القراء من فهم أوسع ودراسة أعمق لكرتنا الأرضية ولمواردها.

يصلح هذا الكتاب لتدريس علم الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في مجال الجيولوجيا لطلاب الدرجة الجامعية الأولى، كما يمكن أن يكون كتاباً مرجعياً وكتاباً لطلاب دبلوم الدراسات العليا في العلوم الجيولوجية. ويمكن أن يسد حاجة مهندسينا وعلمائنا المهتمين بتطبيقات الاستشعار عن بعد في الجيولوجيا.

الفصل الأول ..

الأسس الفيزيائية للاستشعار عن بعد

1-1 مقدمة :

الاستشعار عن بعد هو علم وفن، ويهدف إلى الحصول على معلومات عن جسم أو منطقة أو ظاهرة من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها بجهاز لا يلمس ذلك السطح أو الجسم أو تلك المنطقة أو الظاهرة المدروسة. فقراءتك لهذه الكلمات هي في الواقع استشعار عن بعد، إذ أن عيونك تقوم بدور مستشعرات (SENSORS) تتحسس بالضوء المنعكس من هذه الصفحة، والمعطيات التي تحصل عليها عيونك إنما هي نبضات تتناسب مع كمية الضوء المنعكس من المساحات المضيئة والمظلمة من الصفحة على أنها مجموعة من الحروف المكونة لكلمات. بعد ذلك تستطيع التعرف على الجمل التي تكونها وتفسير المعلومات التي تتضمنها الجمل.

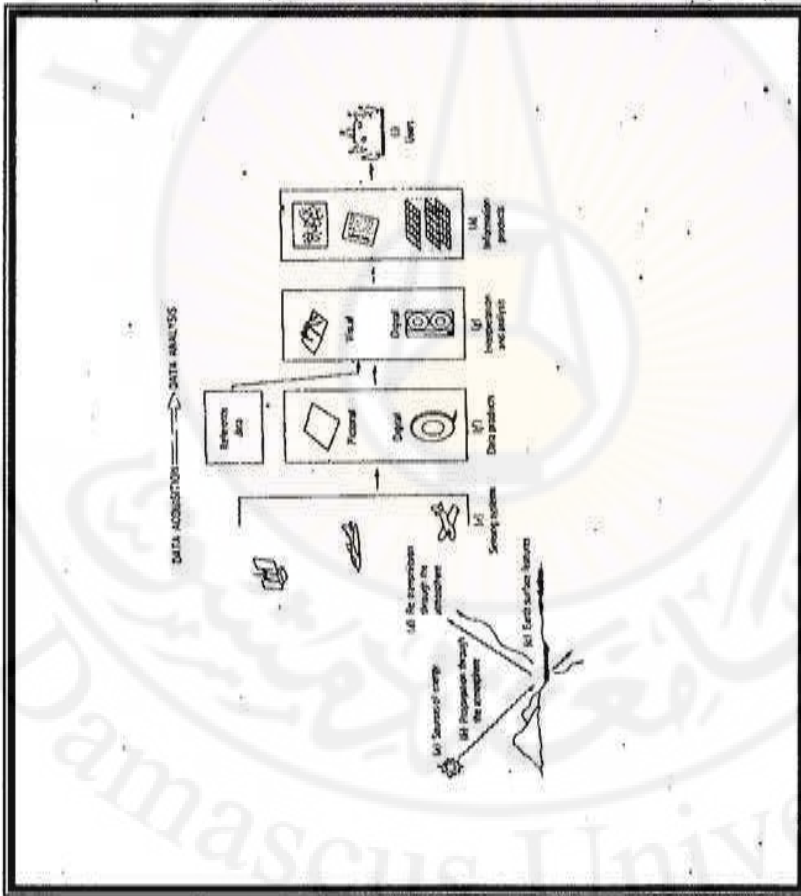
ويشبه الاستشعار عن بعد في كثير من الوجوه، عملية القراءة. فهناك مستشعرات مختلفة تجمع بواسطتها من بعيد معطيات يتم تحليلها للحصول على معلومات (INFORMATIONS) حول أجسام أو مناطق أو ظواهر نود دراستها.

ويبحث هذا الكتاب في مستشعرات الطاقة الكهربائية التي تعمل من منصات محمولة في الجو والفضاء لتساهم في جرد وتحديد موارد الأرض الطبيعية وتحديد مواقعها ورصدها. وتحصل هذه المستشعرات على معطيات تدل على الأسلوب الذي تصدر به سطوح معالم الأرض المختلفة الطاقة الكهربائية وتعكسها، ويتم تحليل هذه المعطيات للحصول على معلومات عن الموارد قيد البحث.

ويوضح الشكل (1-1) بصورة تخطيطية الطرائق والأدوات الأساسية المستخدمة في الاستشعار الكهرومغناطيسي عن بعد للموارد الأرضية والمرحلتين الأساسيتين في العملية هما : 1 - الحصول على المعطيات.
2 - تحليل المعطيات.

وتتألف مرحلة الحصول على معطيات من العناصر التالية:

- (a) - مصادر الطاقة .
- (b) - انتشار الطاقة عبر الغلاف الجوي.



الشكل 1.1 الاستشعار الكهرومغناطيسي عن بعد للموارد الأرضية

- (c) – تفاعل الطاقة مع معالم سطح الأرض.
- (d) – إعادة بث الطاقة عبر الغلاف الجوي.
- (e) – مستشعرات محمولة في الجو أو الفضاء أو في الاثنين معاً .
- (f) – تلخيص ما تنتجه معطيات المستشعر على شكل صور (pictorial) أو رقمي (عددي numerical). باختصار تستخدم المستشعرات لتسجيل التغير في أسلوب إصدار سطح معالم الأرض للطاقة الكهرطيسية وعكسها لها.
- أما تحليل المعطيات فيتضمن ما يلي:
- (g) – دراسة المعطيات باستخدام أجهزة مختلفة للرؤيا والتفسير بتحليل المعطيات المرسومة (الصور) أو باستخدام حاسوب لتحليل المعطيات الرقمية أو باستخدام الأجهزة المختلفة والحاسوب معاً.
- وتستخدم عادة معطيات مرجعية (reference data) لموارد قد درست سابقاً (مثل الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، خرائط التربة، أو معطيات التدقيق الحقلية) في حال توفرها في الزمان والمكان، لتساعد في تحليل المعطيات. ويستطيع المحلل، باستخدام المعطيات المرجعية استخلاص معلومات عن الموارد المختلفة وامتدادها وموقعها وحالتها من المعطيات التي جمعها المستشعر.
- (h) – تجميع هذه المعلومات في الغالب على شكل خرائط أو جداول أو ملفات حاسوبية (computer files) يمكن دمجها مع مجموعات أخرى من المعلومات لتؤلف ما يسمى نظام المعلومات الجغرافية (GIS) .
- (I) – إعداد المعلومات لمن يستخدمها من أصحاب القرار.

2-1- مصادر الطاقة ومبادئ الإشعاع :

Energy sources and Radiation Principles

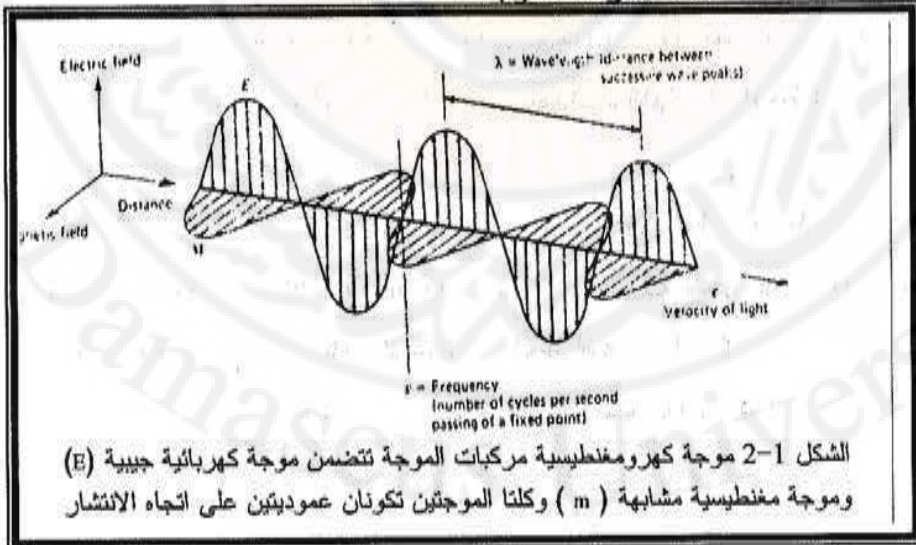
يمثل الضوء المنظور أحد الأشكال الكثيرة من الطاقة الكهربائية، إذ أن موجات الراديو، والموجات الحرارية، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، إنما هي أشكال أخرى مألوفة من هذه الطاقة، وكلها متشابهة وتشتع حسب النظرية الموجية الأساسية. وتصف هذه النظرية كما يبدو واضحاً في الشكل (2-1) الطاقة الكهربائية بأنها تنتقل بشكل موجي متناسق بسرعة الضوء (C) والمسافة التي تفصل بين ذروتين متتاليتين هي طول الموجة (λ) وعدد الذرات التي تمر في منطقة محددة من الفراغ خلال وحدة الزمن هي (تردد الموجة) (V) (FREQUENCY) ومن الناحية الفيزيائية تنطبق على هذه الموجات المعادلة العامة التالية:

$$C = V \times \lambda$$

حيث : V – التردد

λ – طول الموجة

C – سرعة الموجات

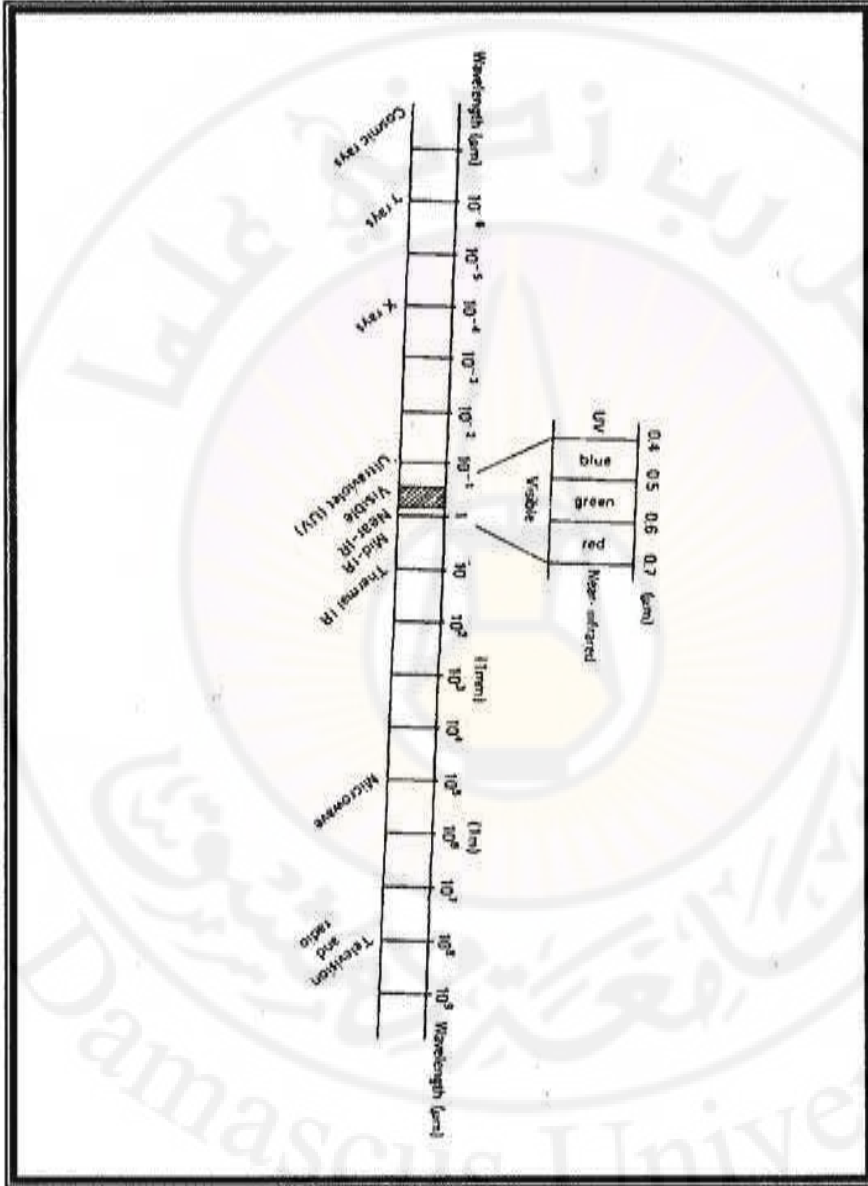


ولما كان (C) عدداً ثابتاً ويعادل $(3 \times 10^8 \text{ م/ثا})$ فإن تردد الموجة (V) يتناسب عكساً مع طولها (λ)، ويمكن استخدام أي من هذين التعبيرين لتمييز الشكل الخاص للموجة. ومن المعروف في الاستشعار عن بعد، تصنف الموجات الكهرومغناطيسية حسب موقع أطوال موجاتها فيما يسمى (الطيف الكهرومغناطيسي electromagnetic spectrum) شكل (1-3) وأكثر الوحدات المستخدمة في قياس طول الموجة على طول الطيف هو :

الميكرومتر (مكم Mm) وهو يساوي $(1 \times 10^{-6} \text{ م/ثا})$ أو الميكرون .
وتطلق تسهيلاً على المناطق المختلفة من هذا الطيف، عادة أسماء، مثل أشعة فوق بنفسجية، و أشعة ميكروية، ولكن ليست هناك حدود واضحة بين منطقة مفترضة من الطيف وبين منطقة تجاورها، واعتمد تقسيم الطيف إلى مناطق مختلفة على تعدد وسائل استشعار كل نمط من الأنماط المختلفة للإشعاع وليس على اختلاف خواص طاقة الأمواج المختلفة. ويجب أن نلاحظ أن أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي المستخدمة في الاستشعار عن بعد تقع في سلسلة متصلة (مستمرة continuum) تتغير بقيم من رتبة (10) لذا فقد شاع استخدام الرسم البياني اللوغاريتمي في تمثيل الطيف الكهرومغناطيسي. والجزء المنظور (المرئي) من هذا الرسم البياني يمثل جزءاً صغيراً جداً منه، لأن الحساسية الطيفية لعين الإنسان تقع بين المجال: (0.4 و 0.7 مكم تقريباً) وينتمي اللون (الأزرق) إلى مدى (0.4 و 0.5 مكم) واللون (الأخضر) إلى (0.5 و 0.6 مكم) واللون الأحمر إلى (0.6 - 0.7 مكم) وتأتي الطاقة البنفسجية في نهاية اللون الأزرق من الجزء المنظور (المرئي) من الطيف. كما يأتي في نهاية اللون الأحمر من الجزء المنظور (المرئي) ثلاث مجموعات مختلفة من موجات الأشعة تحت الحمراء (IR) :

1 - أشعة تحت حمراء . قريبة. Near-IR (0.7 - 1.3 مكم)

- 2 - أشعة تحت حمراء . متوسطة . Mid - IR (3 - 1.3 مكم)
 3 - أشعة تحت حمراء . حرارية . Thermal - IR (3-15 مكم)



الشكل 3-1 الطيف الكهرومغناطيسي

وأما الموجات الأطوال من (1م - 1م) فيمثلها الجزء الميكروي من الطيف .

وأكثر أجهزة الاستشعار عن بعد شيوعاً هي التي تستخدم جزءاً واحداً أو أكثر من أجزاء الطيف : المنظورة (المرئية) أو تحت الحمراء أو المكروية. ونلاحظ ضمن الجزء تحت الأحمر من الطيف أن الطاقة تحت الحمراء الحرارية وحدها لها علاقة مباشرة بالإحساس للحرارة، على حين ليس للطاقة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة أي علاقة به .

وتقوم بعض المستشعرات، مثل أجهزة الرادار بإطلاق طاقة تنير المعالم المراد دراستها. ويطلق على هذه الأجهزة اسم الأجهزة الفعالة (active) في حين يطلق على الأجهزة المنفعلة (passive) على تلك الأجهزة التي تتحسس الطاقة الموجودة بشكل طبيعي. والمثال على الأجهزة الفعالة هو آلة تصوير التي تستخدم المصابيح المتوهجة، والجهاز نفسه (أي آلة التصوير) يصبح مستشعراً منفعلاً إذا استخدم في ضوء الشمس.

1-3- تفاعلات الطاقة في الغلاف الجوي :

Energy Interaction in the Atmosphere

إن كل الإشعاعات التي تكشفها مستشعرات الاستشعار عن بعد، مهما كان مصدرها، تجتاز مسافة في الغلاف الجوي تسمى (طول المسار path length) ويختلف هذا الطول اختلافاً كبيراً. فالتصوير من الفضاء مثلاً ينجم عن اجتياز أشعة الشمس كامل ثخانة الغلاف الجوي للأرض ذهاباً وإياباً عند انطلاقها من مصدرها حتى وصولها إلى المستشعر، على حين يكشف المستشعر الحراري المحمول في الجو (airborne) عن الطاقة المنبعثة مباشرة من الأجسام الأرضية، أي ذهاباً فقط، لذا يكون المسار الجوي هنا قصيراً نسبياً. فالتأثير النهائي للغلاف الجوي يختلف باختلاف طول المسار، كما

يختلف باختلاف شدة إشارة الطاقة المراد استشعارها، واختلاف الظروف الجوية السائدة وأطوال الموجات المتدخلة في العملية. وهنا سوف نوضح فكرة مفادها ان الغلاف الجوي يمكن أن يؤثر تأثيراً كبيراً مع عوامل أخرى في شدة الإشعاع وفي تركيبه الطيفي المستخدم في أي جهاز استشعار. وتنتج هذه التأثيرات من خلال آليات التبعثر (scattering) والامتصاص (absorption) في الجو .

التبعثر : scattering

التبعثر في الجو هو انتشار عشوائي للإشعاع في الجو على شكل جزيئات ويحدث تبعثر رايلي (Rayleigh) عندما يتفاعل الإشعاع مع جزيئات في الجو ومع جزيئات أخرى أصغر تكون أقطارها أصغر من طول موجة الإشعاع المتفاعل. ويتناسب تأثير تبعثر رايلي عكساً مع الأس الرابع لطول الموجة . لذلك فإن قابلية تبعثر الموجات القصيرة بآلية تبعثر رايلي تكون أكثر من قابلية تبعثر الموجات الطويلة .

ومن مظاهر تبعثر رايلي زرقة السماء إذ لولا هذا التبعثر لظهرت السماء سوداء اللون . ولكن عندما تتفاعل أشعة الشمس مع الغلاف الجوي الأرضي فإن هذا الغلاف تكون بعثرته للموجات (الزرقاء) الأقصر، أكثر من بعثرته للموجات المنظورة (المرئية) الأخرى . وبناء على ذلك نرى السماء زرقاء .

وبعد تبعثر رايلي أحد الأسباب الرئيسية لضبابية الصور (المرئيات) فالضبابية من الناحية البصرية تقلل من وضوح المرئية أو تباينها (contrast) . ويؤدي ذلك في التصوير الملون إلى ميل المرئيات للزرقة الرمادية خصوصاً عند التصوير من ارتفاعات شاهقة.

وهناك نمط آخر من التبعثر يسمى تبعثر ميه (Mie) وهو يحدث عندما تصبح أقطار الجزيئات في الجو مساوية لطول موجات الطاقة التي يُستشعر بها.

ويعد بخار الماء والغبار من أهم أسباب تبعثر ميه (Mie) ويميل هذا التبعثر إلى التأثير في الموجات الأطول إذا ما قورن بتبعثر رايلي .

ويسيطر تبعثر رايلي في معظم الظروف الجوية، أما تبعثر ميه (mie) فتكون له أهميته في الظروف التي يكون فيها الجو غائماً.

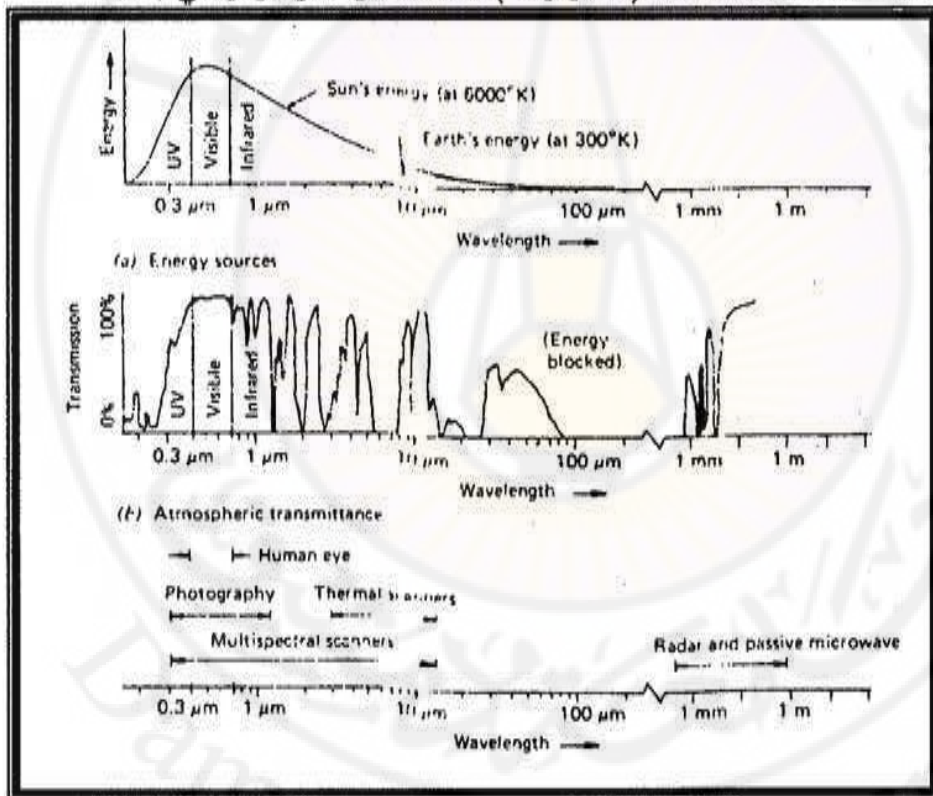
وهناك ظاهرة أكثر إزعاجاً هي التبعثر اللانقائي (nonselective scatter) وهو يحدث عندما يكون قطر الجزيئات التي تسبب التبعثر أكبر بكثير من طول موجات الطاقة التي يُستشعر بها. ومن مسببات هذا التبعثر مثلاً قطيرات الماء التي تتراوح أقطارها بين (5 و 100 ملم) وهي تُبعثر على السواء كافة الموجات المنظورة (المرئية) والموجات تحت الحمراء القريبة والمتوسطة. ولذلك يعد هذا التبعثر (غير انتقائي) من ناحية طول الموجة، ففي الموجات المنظورة تنتشر كميات متساوية من الضوء الأزرق والأخضر والأحمر فيبدو الضباب والغيوم بلون أبيض.

– الامتصاص Absorption :

ينجم عن الامتصاص في الغلاف الجوي، خلافاً للتبعثر، ضياع الطاقة في مكونات الغلاف الجوي. وهذا يتضمن عادة امتصاص الطاقة في موجة محددة. وأكثر ماصات أشعة الشمس كفاءة من هذه الناحية، هو بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والأوزون. ونظراً لأن هذه الغازات تنزع لامتصاص الطاقة الكهربائية في مجالات موجية معينة. فإنها تؤثر تأثيراً قوياً على المنطقة التي ندرسها طيفياً بأي جهاز من أجهزة الاستشعار عن بعد. ويسمى مدى أطوال الموجات التي يكون فيها الجو نفوذاً (Transmissive) للطاقة (النوافذ الجوية Atmospheric Windows)

ويبين الشكل (4-1) العلاقة بين مصادر الطاقة وخصائص امتصاص الغلاف الجوي فالشكل (a-4-1) يبين التوزيع الطيفي للطاقة التي تطلقها

الشمس والمعالن الأرضية. ويمثل هذان المنحنيان أكثر مصادر الطاقة استخداماً في الاستشعار عن بعد. أما في الشكل (1-4-b) فتبدو المناطق الطيفية التي يحجز الغلاف الجوي فيها الطاقة مظلمة. والحصول على المعلومات بالاستشعار عن بعد يقتصر على المناطق الطيفية غير المحتجزة، والمسماة النوافذ الجوية. لاحظ في الشكل (1-4-c) أن مدى حساسية العين بالطيف (المدى المنظور - المرئي) يتوافق بأن واحد، مع نافذة جوية ومع ذروة الطاقة من الشمس فالطاقة (الحرارية) المنبعثة من الأرض والتي يمثلها



الشكل 1-4 الخصائص الطيفية لمصادر الطاقة (a) وتأثيرات الغلاف الجوي (b) وأجهزة الاستشعار (c) (لاحظ أن مقياس طول الموجة هو مقياس لوغاريتمي)

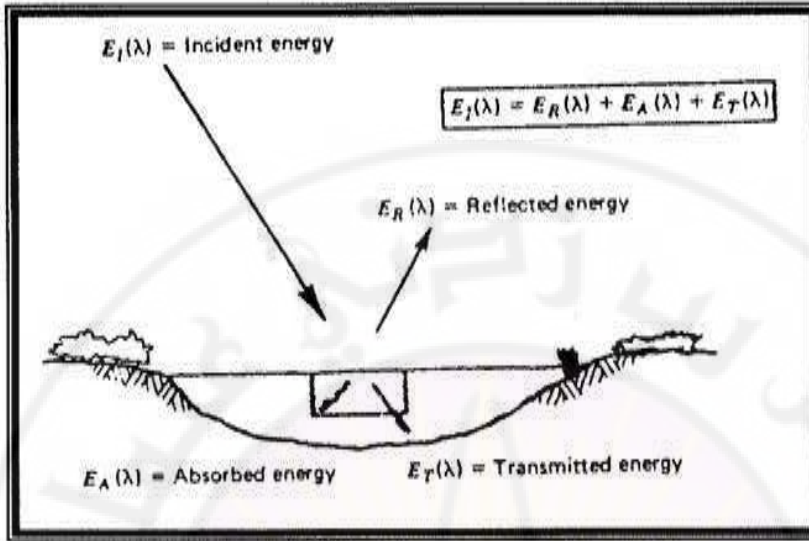
المنحني الصغير في الشكل (a) يتم الاستشعار بها من خلال النوافذ بين (3-5 مكم) و (8-14 مكم) باستخدام أجهزة مثل الماسحات الحرارية (The Rmal Scanners) .

أما الماسحات المتعددة الأطياف (Multispectral Scanners) فتتحمس بأن واحد، عبر عدة أطوال موجات ذات مدى ضيق يمكن تحديد موقعها في نقاط مختلفة، بدءاً من المنطقة الطيفية المنظورة (المرئية) حتى المنطقة الطيفية الحرارية. فالأجهزة الرادارية والمكروية المنفصلة تعمل من خلال نافذة توجد في المنطقة التي تتراوح بين (1م و 1 م) .

والأمر الهام الذي يجب ملاحظته في الشكل (1-4) هو التفاعل والاعتماد المتبادل بين المصادر الأولية للطاقة الكهربائية والنوافذ الجوية التي تمر من خلالها الطاقة إلى معالم سطح الأرض وتنتقل منها، وبين الحساسية الطيفية للمستشعرات المتوفرة لكشف الطاقة وتسجيلها، ولا يمكن انتقاء المستشعر الذي سيستخدم في أي عملية استشعار عن بعد بشكل عشوائي، إذ يجب الانتباه عوضاً عن ذلك إلى عدة أمور منها :

- 1 - إلى الحساسية الطيفية للمستشعرات المتوفرة.
- 2 - إلى وجود أو فقدان نوافذ جوية في المدى الطيفي الذي سيتم الاستشعار ضمنه.

3 - إلى مصدر الطاقة المتوفرة في هذا المدى وشدها وتركيبها الطيفي. ويجب أخيراً أن يتم اختيار المدى الطيفي للمستشعر اعتماداً على الطريقة التي تتفاعل بها الطاقة مع المعالم التي هي قيد الدراسة. وإلى هذه الناحية الأخيرة الهامة جداً يجب أن نوجه انتباهنا.



الشكل 5-1: التفاعلات الأساسية بين الطاقة الكهرومغناطيسية ومعالم سطح الأرض

1-4- تفاعلات الطاقة مع معالم سطح الأرض :

عندما ترد طاقة كهرومغناطيسية على معلم أرضي (هدف ما) محدد يمكن أن نلاحظ ثلاثة تفاعلات أساسية للطاقة مع هذا الهدف، وهذا ما يمثله الشكل (5-1) فيما يتعلق بجزء من كتلة مائية، حيث يلاحظ أن جزءاً من الطاقة الواردة ينعكس، وجزء آخر يُمتص، وينفذ جزء ثالث. فإذا طبقنا مبدأ حفظ الطاقة أمكننا صياغة العلاقة بين هذه التفاعلات الثلاث للطاقة كما يلي :

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

حيث E_I : الطاقة الواردة .

E_R : الطاقة المنعكسة .

E_A : الطاقة الماصة (الممتصة) .

E_T : الطاقة النافذة .

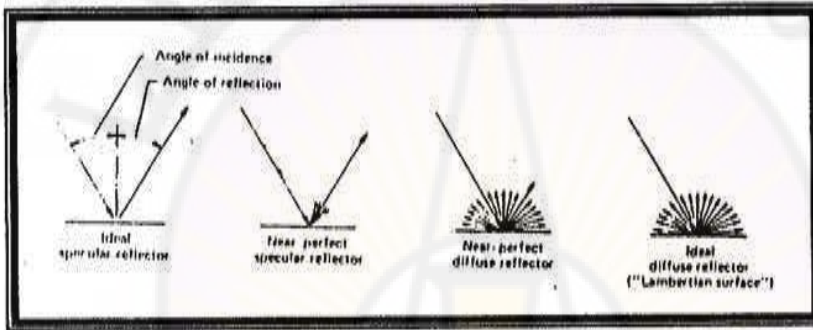
علماً أن كل مركبات الطاقة هي تابعة لطول الموجة (λ) وتعد هذه المعادلة، معادلة توازن للطاقة وهي تعبر عن العلاقة المتبادلة بين آليات الانعكاس والامتصاص والنفاذ.

إن للشكل الهندسي للجسم الذي يعكس الطاقة شأن كبير أيضاً. والمقصود هنا بالدرجة الأولى خشونة سطح الجسم. فالعواكس الملساء (Specular Reflectors) هي سطوح مستوية تعكس كالمرآة، تتساوى فيها زوايا الوارد والانعكاس. أما العواكس الناعمة (Diffuse Reflectors) فهي سطوح خشنة تعكس الأشعة في جميع الاتجاهات. ومعظم السطوح الأرضية ليست سطوحاً ملساء بشكل مطلق، كما أنها ليست سطوحاً ناعمة، وإنما هي سطوح متوسطة بين هذين الحدين الأعظميين. ويبين الشكل (1-6) الخصائص الهندسية للعواكس الملساء والعواكس شبه الملساء والعواكس شبه الناعمة وأخيراً العواكس الناعمة. والعلاقة القائمة بين خشونة السطح وطول موجة الطاقة الواردة إليه، هي التي تتحكم بخصائص أي من هذه السطوح. ففي مدى الموجات الراديوية الطويلة نسبياً تبدو الأرض الصخرية ملساء بالنسبة للطاقة الواردة، على حين يبدو الرمل الناعم في الجزء المنظور (المجال المرئي من الطيف) من الطيف خشناً. أي أن السطح يقوم بنثر الطاقة عندما تكون موجة الطاقة الواردة أصغر من تغير ارتفاعات السطح بكثير أو أصغر من حجم الجسيمات المكونة لذلك السطح.

وتحتوي الأشعة المنعكسة من السطوح الناعمة، معلومات طيفية عن (لون) السطح العاكس، على حين لا تحتوي الأشعة المنعكسة من السطوح الملساء مثل هذه المعلومات. لذا فأكثر ما يهتما في الاستشعار عن بعد هو قياس انعكاسية النثر (Reflectance Diffuse) لمعالم سطح الأرض.

ويمكن تقدير كمية خصائص انعكاسية معالم سطح الأرض بقياس الجزء المنعكس من الطاقة الواردة. وهذا يقاس بدليل طول الموجة، ويدعى الانعكاسية الطيفية وتحدد رياضياً بالعلاقة التالية :

$$\rho_{\lambda} = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)}$$



الشكل 6-1 الانعكاسية على سطوح منسأة أو ناثرة (يهمننا قياس انعكاسية النثر للأجسام)

حيث يُعبر عن قيمة الانعكاسية الطيفية (ρ_{λ}) بنسبة مئوية. ويدعى مخطط الانعكاسية الطيفية لجسم مابدلالة طول الموجة : منحني الانعكاسية الطيفية ويعطي شكل هذه المنحنيات فكرة عن الميزات الطيفية للأجسام، وله تأثير كبير في اختيار منطقة أو مناطق الموجات التي تستخدم لدى إجراء الاستشعار عن بعد في تطبيق محدد وهذا ما يوضحه الشكل (1-7) الذي يبين الشكل العام لمنحنيات الانعكاسية الطيفية لأشجار متساقطة الأوراق وأشجار دائمة الأوراق (هي الصنوبريات) .

1-5- تجميع المعطيات وتفسيرها:

Data Acquisition and Interpretation

ناقشنا حتى الآن المصادر الأساسية للطاقة الكهربائية وانتشارها في الغلاف الجوي وتفاعلها مع معالم سطح الأرض. ويتولد عن هذه العوامل مجتمعة (إشارات Signals) نريد أن نستخلص منها بعض المعلومات. وسندرس فيما يلي: طرائق تحري هذه الإشارات وتسجيلها وتفسيرها.

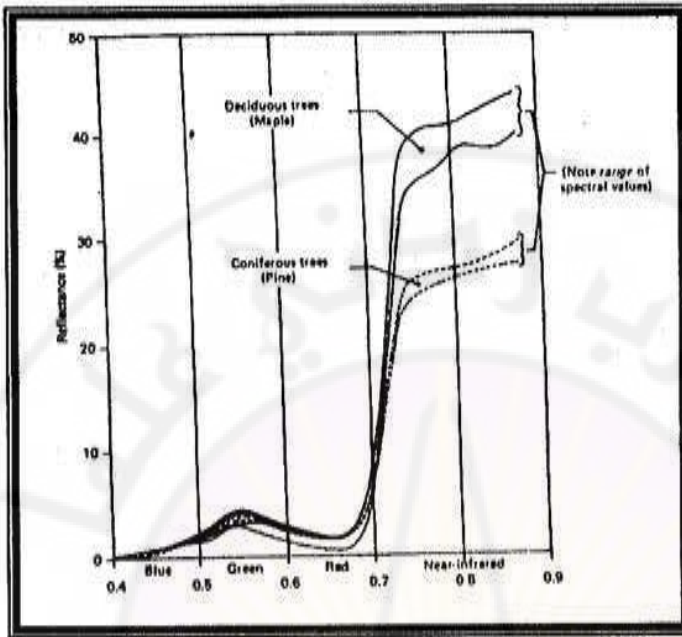
يمكن تحري الطاقة الكهربائية تصويراً أو إلكترونياً. وتستخدم طريقة التصوير تفاعلات كيميائية تتم على سطح فلم حساس للضوء، لتحري تغيرات الطاقة التي تحدث في المشهد. ولهذه الطريقة محاسنها الكثيرة نذكر منها :

1 - فهي طريقة بسيطة نسبياً .

2 - رخيصة التكاليف .

3 - تعطي تفصيلات مكانية عالية الجودة ومواصفات هندسية كاملة .

أما المستشعرات الإلكترونية فتولد إشارة كهربائية توافق تغيرات الطاقة التي تحدث في المشهد المدروس. والمثال المألوف للمستشعرات الإلكترونية هو آلة تصوير الفيديو. ورغم التعقيد الكبير للمستشعرات الإلكترونية وغلاء ثمنها إذا ما قيس بثمن أجهزة التصوير الفوتوغرافي فإن لها ميزات تتجلى باتساع مدى طيف تحسسها، وإمكان تحسين معايرتها، وقدرتها على بث الصور إلكترونياً.



الشكل (7-1) منحنيات الانعكاسية الطيفية الاجمالية لأشجار متساقطة الأوراق (ذات أوراق إبرية) لكل نمط من الأشجار مجال من قيم الانعكاسية الطيفية في كل طول موجة ولدى تظهير الصورة الفوتوغرافية نحصل على سجل للإشارات التي تم كشفها، وهكذا يقوم الفلم بمهمة آلة كشف وتسجيل في آن واحد. أما إشارات المستشعر الإلكتروني فيتم تسجيلها عامة على شريط مغناطيسي، وبذلك يمكن تحويل الإشارات إلى صورة (مرئية - Image) بتصوير المعطيات المعروضة على شاشة عرض تشبه التلفزيون أو باستخدام آلة تسجيل فلم متخصصة. وفي هذه الحالات يستخدم فيلم التصوير وسيلة للتسجيل فقط.

ويستخدم تعبير صورة فوتوغرافية (Photograph) في الاستشعار عن بعد لتدل فقط على المرئيات التي يتم تحريها وتسجيلها على فيلم. أما المصطلح الأعم (المرئية Image) فيستخدم ليبدل على أي تمثيل رسومي (Pictorial Representation) لمعطيات المرئية. وهكذا يسمى السجل

الرسمومي لما يعطيه الماسح الحراري (TheRmal Scanner)
(المستشعر الإلكتروني Electronic Sensor) مرئية حرارية TheRmal
Image وليس صورة حرارية فوتوغرافية (Thermal Photograph) لأن
الفيلم لا يمكن أن يكون الآلية الأصلية للتحري عن المرئية. ولما كان مصطلح
المرئية (image) هذا مرتبطاً بالنتيجة الرسومية فإن كل الصور الفوتوغرافية
هي مرئيات (Images) ولكن ليست كل المرئيات صوراً فوتوغرافية.

ويمكننا أن نرى مظاهر تفسير معطيات الاستشعار عن بعد قد تشمل
تحليل المعطيات الرسومية (المرئية Image) أو المعطيات الرقمية
(Digital data) أو الاثنين معاً .

لقد كان التفسير البصري لمعطيات المرئيات الرسومية هو الوسيلة
المستخدمة في الاستشعار عن بعد وقد استفادت الأجهزة البصرية من إمكانات
العقل البشري الضخمة لتقدير التوزيع المكاني لعناصر المنظر المصور. إن
المقدرة على إعطاء أحكام موضوعية، بالاعتماد على عناصر مختارة لمنظر ما،
هي الأساس في كثير من عمليات التفسير.

إلا أن تقنيات التفسير البصري لها بعض العيوب أيضاً، فهي تحتاج إلى
الكثير من التدريب، وتتطلب الجهد الكبير. ويعزى هذا بعضاً إلى القدرة
المحدودة للعين على إدراك قيم شدة اللون على المرئية، وإلى عدم قدرة المحلل
لتحليل المرئيات الطيفية الكثيرة في وقت واحد. لذلك يفضل عندما تتضمن
النماذج الطيفية معلومات غزيرة، يفضل عندها أن تُحلل المعطيات الرقمية
للمرئية إلى معطياتها الرسومية Pictorial .

ويبين الشكل (1-8) الخاصية الأساسية لمعطيات المرئية الرقمية.
فالبرغم من أن المرئية في (a) تبدو ذات شدة لونية مستمرة فإنها تتألف في
الواقع من عناصر (pixels) ذات بعدين وشدة كل عنصر منها توافق متوسط

(اللعان) أو الإشعاعية المقاسة إلكترونياً فوق مساحة الأرض الممثلة لكل عنصر (pixels) ففي الشكل (a-8-1) يظهر 320 صفّاً أفقيّاً و 480 صفّاً شاقولياً من البيكسلات (العناصر pixels). إنه من المستحيل تمييز كل عنصر على حدة في (a) إلا أن العناصر (البيكسلات) تلاحظ بسهولة في الصورة المكبرة المبينة في (b) و (c) التي توافق المساحة المحيطة بالحرف (x) المشار إليها في الصورة (a). وتمثل (b) صورة مكبرة مؤلفة من (19) صفّاً أفقيّاً $\times$ (27) صفّاً شاقولياً، وتمثل (c) صورة مكبرة ذات (10) صفوف أفقية $\times$ (15) صفّاً شاقولياً. أما كل مربع في المخطط (d) فيبين العدد الرقمي (DN) (digital number) الذي يؤمن متوسط الانعكاسية المقاسة لكل عنصر (pixel) في (c). وهذه القيم هي أعداد صحيحة موجبة تتولد من تحويل الإشارة الكهربائية الصادرة عن المستشعر إلى أرقام صحيحة موجبة باستخدام طريقة تسمى قلب إشارة التمثيل إلى رقم .

وتسجل الأعداد الرقمية (DN) التي تكون المرئية الرقمية عادة في مدى من الأعداد يمتد من 0 إلى 63 ، أو من 0 إلى 127 ، أو من 0 إلى 255 ، أو من 0 إلى 511 أو من 0 إلى 1023 . وتمثل مجالات المدى المذكورة مجموعة الأعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية ذات مجموعة الأعداد 6 و 7 و 8 و 9 و 10 بتات على التوالي أي:

$$64=2^6 , 128=2^7 , 256=2^8 , 512=2^9 , 1024=2^{10}$$

ويسهل في هذه الترتيبات (Format) العددية تحليل معطيات المرئية بالحاسوب.

إن استخدام تقنيات التحليل بمساعدة الحاسوب تسمح بدراسة أكثر تفصيلاً للنماذج (الطرز) الطيفية التي يقدمها الاستشعار عن بعد. كما تسمح

أيضاً بآتمّة عملية التحليل، فيوفر هذا كثيراً من الأموال التي كانت تصرف على تقنيات التفسير البصري. ومع ذلك فإن للحاسوب حدوده في تفسير النماذج (الطرز) المكانية، تماماً كما هو الحال في حدود القدرات البشرية في تفسير الطرز الطيفية. لذا فإن التقنيات العددية والبصرية تتّمم بعضها بعضاً. ويجب البحث عن التقنية أو مجموعة التقنيات الأكثر ملائمة لتطبيق عملي محدد.

الفصل الثاني ..

طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض

هناك عدة طرق للاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض ، ولقد ذكرنا في الفصل السابق الأسس الفيزيائية للاستشعار عن بعد وعن طبيعة الموجات الكهرومغناطيسية ودورها الرئيسي في عملية المراسح المستخدمة لهذا الغرض. إن الطرق العلمية المتبعة في الاستشعار عن بعد هي :

1 - طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض في المجال المرئي (المنظور) والقريب من الأشعة تحت الحمراء لموجات الطيف الكهرومغناطيسي.

2 - طرق الاستشعار عن بعد في المجال الغير مرئي (الغير منظور) لأشعة الطيف الكهرومغناطيسي. وتتضمن كل منهما مجموعة من الطرق الفرعية سوف نقوم بشرح مختصر لكل منها.

1-2- طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض في المجال المرئي والقريب من الأشعة تحت الحمراء :

تتضمن هذه الطرق المجموعة التالية:

أ - الرصد البصري.

ب - التصوير من الفضاء (المسح التصويري).

ج - المسح التلفزيوني. ويتم في الوقت الحالي أخذ معلومات أساسية وكثيرة في هذا المجال الطيفي من المسح ويرجع هذا بشكل خاص إلى المسح التلفزيوني والتصوير الفضائي. وتتمتع هذه الطرق بعدة محاسن تجعلها متفوقة على غيرها من الطرق، نذكر أهم هذه المحاسن :

1 - المجال المرئي الواسع

2 - تغطية مساحات كبيرة من سطح الأرض .

3 - قوة التمييز الأرضية العالية.

4 - إمكانية الحصول على الصور الفضائية والتلفزيونية بشكل دوري ومنتظم.

ونتيجة لهذه الميزات والقدرات التي تتمتع بها هذه الطرق لدراسة سطح الأرض، ويتم الحصول على صور (مرئيات) نموذجية خاصة في مجال دراسة البنية الجيولوجية لسطح الأرض .

لقد احتلت هذه الطرق من المسح الفضائي في السنوات القليلة الماضية مركز الصدارة بين مجموعة طرق الدراسات الجيولوجية الفضائية، وذلك نتيجة لما تتمتع به من ميزات جيدة خاصة وبعد وضع مستشعرات خاصة على المحطات المدارية الأرضية والأقمار الصناعية..... الخ ، ذات حساسية عالية وقوة تمييز أرضية لا تتجاوز السنتمترات.

أ - الرصد البصري :

يعتبر الرصد البصري إحدى الطرق المستخدمة في المجال الطيفي المرئي للاستشعار عن بعد، وتستخدم هذه الطريقة للتعرف السريع على المنطقة المراد دراستها، وذلك عن طريق طبيعة وتركيب صورة الهدف أو الجسم الجيولوجي، وتحديد القطاعات الأكثر مأمولية بهدف إجراء أبحاث ودراسات تفصيلية لاحقة، كما أن للرصد الفضائي البصري عدة محاسن يمكن أن نذكر بعضاً منها:

1 - مجال رؤيا واسع وقوة تمييز عالية (يمكن أن تقوى باستخدام أجهزة رصد خاصة) .

2 - إمكانية الرصد في مختلف أوقات وأيام السنة.

3 - يمكن أن يجري الرصد البصري الفضائي في أوضاع إضاءة الشمس المختلفة، بالإضافة إلى مختلف الظروف الجوية وبزوايا مختلفة.

لقد بدأ الرصد البصري من الفضاء لأول مرة وذلك أثناء القيام بالرحلة الفضائية الأولى إلى الفضاء الخارجي والتي قام بها رائد الفضاء السوفيتي يوري - أ - غاغارين وذلك في عام 1963 . واستمر هذا النوع من الرصد البصري الفضائي في الرحلات الفضائية اللاحقة. وتحدد إمكانية استخدام الرصد البصري من الفضاء من أجل الدراسات الجيولوجية بطبيعة محددة لدقة ملاحظة ونظر الإنسان الاختصاصي الراصد لهذه الأهداف.

ب - المسح بالتصوير من الفضاء :

يلعب هذا النوع من المسح دوراً أساسياً بين مجموعة طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض والجزء العلوي من القشرة الأرضية بالمجال المرئي لأشعة الطيف الكهرطيسي، حيث يمكن وبصورة واحدة الحصول على كمية هائلة من المعلومات ناتجة عن هذا النوع من المسح الفضائي، والتي لا يمكن أن تقارن مع أي نوع من أنواع المسح الاستشعاري. كما أن حجم ودقة المعلومات، المأخوذة بالتصوير من الفضاء تتعلق بعدة أمور، نذكر منها:

قوة التمييز الأرضية، والمحددة بإضاءة الريليف (السطح التضاريسي)، ودرجة سطوعه والخصائص الضوئية للعدسات، والخصائص التقنية للفيلم، وبمقياس المسح. كما تسمح الأجهزة الحديثة الموضوعة على الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية الخ بأخذ صور فضائية ذات قوة تمييز أرضية عالية حتى خمسة أمتار، أما إذا استخدمت عدسات ذات حساسية أعلى فيمكن أن نحصل على صور ذات قوة تمييز أرضية تصل إلى أقل من نصف متر وفي بعض الأحيان أقل من ذلك. ويستخدم مثل هذا النوع من الصور في تخطيط المدن والمنشآت الهندسية.

ج - المسح التلفزيوني :

يكرس المسح التلفزيوني من الفضاء بالدرجة الأولى لخدمات الأرصاد الجوية، حيث يمكن أن يعطي صوراً جيدة عن الغيوم وتحديد الجبهات الهوائية... الخ ، وإلى جانب ذلك يمكن أن تظهر معالم كثيرة لسطح الأرض. كما أنه من المعروف أن الصور التلفزيونية والتي لا يظهر عليها غيوم أو تكون الغيوم فيها قليلة نسبياً لا تكون هامة بالنسبة لاختصاصي الأرصاد الجوية، لقد أكد العالم (باشيلوف وعلماء آخريين) بأن المعلومات المأخوذة من الصور الفضائية التلفزيونية لا تفيد إلا القليل في الدراسات الجيولوجية. يتميز المسح التلفزيوني بإمكانية أخذ صور لسطح الأرض بشكل سريع ودوري وفعال ومجال رؤيا واسع بالإضافة إلى تكرار عملية المسح الدوري لأي منطقة أو إقليم.

— المسح المتعدد الأطياف MSS : Multispectral scanners

تستخدم الماسحات متعددة الأطياف (MSS) كما في الماسحات الحرارية، مستكشفات الطاقة الإلكترونية ، إلا أنها لا تقوم بتجميع المعطيات الحرارية تحت الحمراء فقط، وذلك لأنها صممت لتستشعر الطاقة في عدد من الحزم الطيفية في الوقت نفسه. وقد يتراوح مدى هذه الحزم بين الموجات فوق البنفسجية، مروراً بالطاقة المرئية (المنظورة) و تحت الحمراء القريبة والمتوسطة (mid - IR) حتى الأجزاء تحت الحمراء الحرارية من الطيف . يمكن تنفيذ المسح المتعدد الأطياف من الجو وذلك باستخدام طائرات خاصة بهذا المسح، ويمكن أيضاً تنفيذه من المنصات الفضائية . وتتميز أجهزة الاستشعار في هذا المجال عن التصوير الفوتوغرافي بما يلي :

1 - إن أجهزة التصوير الفوتوغرافي تكون محدودة بالمدى الطيفي من

(0.3 - 0.9 مك) أما في استخدام المستكشفات الإلكترونية، فإن المساحات المتعددة الأطياف توسع مجال أو مدى الاستشعار من (0.3 إلى 14 مك) تقريباً .

2 - إن أجهزة التصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات تستخدم جملأً ضوئية منفصلة لتجميع المرئيات (الصور) الطيفية كل على حدة، وهذا ما يقود إلى مشاكل تتعلق بضمان إمكان المقارنة بين المعطيات في المجالات المنفصلة مكانياً وراديومترياً. أما المساحات متعددة الأطياف فتستخدم الجمل الضوئية نفسها لتجميع المعطيات في كافة الحزم الطيفية في نفس الوقت.

3 - يصعب إلى حد ما معايرة معطيات التصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات راديومترياً لأنها تنجم عن التفاعلات الكيميائية الضوئية. أما معطيات الماسح المتعدد الأطياف فتتأثر بشكل الكتروني، ولذلك فهي أكثر قابلية للمعايرة. كما أن الترتيب (Format) الإلكتروني لمخرجات الماسح تسمح بتسجيل مدى أكبر من القيم.

4 - إن أجهزة التصوير الفوتوغرافي تتطلب وجود كمية من الأفلام على الطائرة ثم نقلها إلى الأرض لمعالجتها أما معطيات الماسح متعدد الأطياف فيمكن بثها إلكترونياً إلى محطات استقبال أرضية. ولهذه الخاصية أهميتها عند الاستشعار من منصات فضائية .

5 - تعطي أجهزة التصوير الفوتوغرافي المتعددة المجالات ، مرئيات تصويرية يمكن تفسيرها عادة " بصرياً " باستخدام منظار جمع الألوان (Color additive viewer) وبالرغم من صلاح هذه الطريقة في التحليل في عدد من التطبيقات ، إلا أن لاستعمالها حدوداً . فعندما يراد

تفسير عدد كبير من المعالم فقد يحتاج الأمر إلى تحليل أكثر من ثلاثة مجالات بأن واحد. وعند دراسة مناطق كبيرة ، يصبح التفسير البصري لأكثر من ثلاثة مجالات أمراً مزعجاً جداً . ونظراً لأن معطيات الماسح المتعدد الأطياف تكون بترتيب إلكتروني فيمكن أن تعالج بشكل رقمي لذلك يمكن تحليل المعطيات بتقنيات تعتمد الحاسوب ، إذ تكون نتائجها من حيث الكمية أكثر دقة من التفسير البصري و أكثر أتمتة . ولا يجد الحاسوب صعوبة في أن ينظر في مجموعات المرئيات ويقارن بعضها ببعض في وقت واحد .

أطلقت إدارة الطيران والفضاء الأمريكية ناسا (NASA) متعاونة مع وزارة الداخلية الأمريكية سلسلة من الأقمار الصناعية للكشف عن الموارد الطبيعية الأرضية وذلك في بداية عام 1967 وسميت آنذاك بسلسلة (ERTS) .

تقانة السواتل في الكشف عن الموارد الطبيعية الأرضية (Satellites Earth Resources Technology) و في عام 1975 أعادت إدارة الطيران والفضاء (ناسا) رسمياً تسمية برنامج (ERTS) باسم برنامج لاندسات (Landsat) لتمييزه عن برنامج سواتل سيسات (Seasat) المخطط له دراسة المحيطات . والآن أصبحت تسمى بسلسلة اللاندسات من 1 وحتى 7 .

ويلفت الجدول (2 - 2) الانتباه إلى خصائص مهمات لاندسات -1 حتى لاندسات -5 ومما تجدر ملاحظته أن تم، في هذه المهمات، إرسال ثلاثة أنماط مختلفة من المستشعرات في عدة تركيبات وهي :

1 - آلات تصوير الفيديو ذو الحزمة المرتدة (RBV)

Return Beam Vidicon

2 – الماسحات المتعددة الأطياف (MSS) Multispectral Scanners

3 – راسم الخرائط الغرضي (TM) Thematic Mapper

وبلخص الجدول (2-2) الحساسية الطيفية وقوة التمييز الأرضي لكل من هذه الأجهزة بالشكل الذي كانت فيه المهمات المختلفة.

وبحكم تشابه عمل لاندسات 1 و 2 و 3 وتشابه لاندسات 4 و 5 كذلك فإنه من الأسهل بحث هذين الجهازين على أنهما مجموعتان متميزتان. هذا وسنورد في فصل مستقل بعض أنواع الأقمار الصناعية المستخدمة في دراسة الموارد الطبيعية الأرضية.

إن للصور الفضائية المأخوذة بالماسح المتعدد الأطياف أهمية كبيرة في رسم الخرائط الجيولوجية، وذلك لأن بعض التشكيلات الجيولوجية تتمتع بصفات طيفية كافية وواضحة، وهذه تسمح بتحديد حدودها بشكل دقيق وواضح، كما تستخدم أثناء وضع الخرائط الليتولوجية للصخور المختلفة التركيب والمنشأ. كما يتم من خلال تفسير الصور المتعددة الأطياف دراسة الغطاء النباتي .

الجدول 1-2: خصائص لاندسات 1-5 حتى لاندسات 5

TABLE 2.1 Characteristics of Landsat-1 to -5 Missions

Satellite	Launched	Decommissioned	RGB bands	MSS bands	TM bands	Orbit
Landsat-1	July 23, 1972	January 6, 1978	1,2,3 (simultaneous images)	4,5,6,7	None	18 day/900 km
Landsat-2	January 22, 1975	February 26, 1982	1,2,3 (simultaneous images)	4,5,6,7	None	18 day/900 km
Landsat-3	March 5, 1978	March 31, 1981	A, B, C, D (one-band side-by-side images)	4,5,6,7,8*	None	18 day/900 km
Landsat-4	July 16, 1982	—	None	1,2,3,4	1,2,3,4,5,6,7	16 day/705 km
Landsat-5	March 1, 1984	—	None	1,2,3,4	1,2,3,4,5,6,7	16 day/705 km

*Band 8 (10.4–12.6 μm) failed shortly after launch.

الجدول 1-2 خصائص لاندسات 1-5 حتى لاندسات 5

المستشعر Seneor	المهمة Mission	Sensitivity (P.M)	Resolution (M) الميز
RBV	1.2	0.475-0.575	80
		0.580-0.680	80
		0.690-0.830	80
		0.505-0.750	30
	3		
MSS	1-5	0.5-0.6	79/82
		0.6-0.7	79/82
		0.7-0.8	79/82
		0.8-1.1	79/82
	3	10.4-12.6	240
TM	4.5	0.45-0.52	30
		0.52-0.60	30
		0.63-0.69	30
		0.76-0.90	30
		1.55-1.75	30
		10.4-12.5	120
		2.08-2.35	30

الجدول 2-2 المستشعرات التي استخدمت في رحلات

لاندسات 1 حتى لاندسات 5

وإظهار حدود انتشار الجليديات، ودراسة رطوبة التربة، ومستويات الفيضانات المؤقتة ورسم حدود الخزانات والبحيرات، وأنواع الترب.

2-2- طرق الاستشعار عن بعد لدراسة سطح الأرض بالمجال الغير مرئي لأشعة الطيف الكهرومغناطيسي :

تحتل هذه المجموعة من الطرق حيزاً كبيراً في مجال الدراسات الجيولوجية، حيث يمكن بمساعدتها الحصول على معلومات عن طيف الأشعة للأجسام الطبيعية الأرضية، وتحديد الحقل الحراري والخصائص الفيزيائية الأخرى لسطح الأرض. ونذكر منها : المسح بالأشعة تحت الحمراء، والمسح الراداري، والمسح الطيفي، والطرق الأخرى مثل الأشعة فوق البنفسجية، والطرق الإشعاعية ... إلخ. وسنقوم بدراسة كل طريقة على حدة باختصار.

1 - المسح بالأشعة تحت الحمراء (المسح الحراري) IR :

إن ما يهم أثناء المسح الحراري هو الإشعاع أو الطاقة الحرارية الصادرة عن المعالم الأرضية. ومع ذلك فإن الطاقة التي يشعها (يصدرها) جسم ما تنجم عادة عن الطاقة الواردة إلى هذا الجسم، وذكرنا سابقاً المبدأ الأساسي والذي ينص على أن الطاقة الواردة إلى سطح أي عنصر أرضي يمكن أن تتعرض إلى الامتصاص أو الانعكاس أو النفاذ. ونستطيع، حسب مبدأ حفظ الطاقة، أن نعبر عن العلاقة بين الطاقة الواردة ومصيرها لدى تفاعلها مع العنصر الأرضي بالمعادلة :

$$E_I = E_A + E_R + E_T \dots\dots\dots (1)$$

حيث E_I : الطاقة الواردة إلى سطح العنصر الأرضي.

E_A : الجزء من الطاقة الواردة الذي يمتصه العنصر الأرضي.

E_R : الجزء من الطاقة الواردة الذي يعكسه العنصر الأرضي.

E_T : الجزء من الطاقة الواردة الذي ينفذه العنصر الأرضي.

وبتقسيم المعادلة (1) على E_I نحصل على العلاقة التالية :

$$2 \dots \dots \dots \frac{E_I}{E_I} = \frac{E_A}{E_I} + \frac{E_R}{E_I} + \frac{E_T}{E_I}$$

وتمثل القيم الموجودة إلى يمين المعادلة (2) نسباً تساعدنا في وصف طبيعة تفاعلات الطاقة الحرارية، ونرمز إليها بالشكل التالي :

$$\alpha(\lambda) = \frac{E_A}{E_I}$$

$$\beta(\lambda) = \frac{E_R}{E_I}$$

$$\delta(\lambda) = \frac{E_T}{E_I}$$

حيث $\alpha(\lambda)$ = امتصاصية العنصر الأرضي.

$\beta(\lambda)$ = انعكاسية العنصر الأرضي.

$\delta(\lambda)$ = إنفاذية العنصر الأرضي.

ويمكننا الآن إعادة صياغة المعادلة (1) بالشكل التالي :

$$I = \alpha(\lambda) + \beta(\lambda) + \delta(\lambda)$$

وهي تحدد العلاقة بين خصائص امتصاصية العنصر الأرضي وانعكاسيته وإنفاذيته.

إن الشيء الأساسي في أجهزة الاستشعار الحرارية، المصورة أو اللامصورة، هو وجود شكل من أشكال مستكشفات الإشعاع. وتقوم المستكشفات بتحويل مستويات الإشعاعات الواردة إلى إشارات كهربائية يمكن تسجيلها بطرق مختلفة. وهناك مجموعتان من المستكشفات المتنوعة والمستخدمه في هذا المجال : مستكشفات حرارية Thermal (مقياس الإشعاع الحراري) ومستكشفات كوانتية أو فوتونية. وفيما يلي شرح لكل من هذين النمطين:

1 - المستكشفات الحرارية : وهي عبارة عن أجهزة تتغير درجة حرارتها استجابة لامتصاص الإشعاع الوارد ثم يتم رصد هذا التغير في درجة الحرارة كهربائياً. وتحتوي المستكشفات الحرارية في الحالات النموذجية على موارد تعتمد مقاومتها الكهربائية على درجة الحرارة. فكلما تغيرت مستويات الإشعاع الوارد تغيرت درجة حرارة مادة المستكشف، وتغيرت معها مقاومة المادة . ويتم رصد التغيرات في المقاومة بواسطة دارات كهربائية مناسبة، وتتميز مثل هذه الأجهزة من المستكشفات بدقتها الكبيرة، وبأن استجابتها لا تتعلق بطول موجة الإشعاع الوارد إليها. إلا أن العيب الأكبر في المستكشفات الحرارية هو استجابتها البطيئة نسبياً (الزمن الفاصل بين تغير مستوى الطاقة الواردة والتغير الناجم في الإشارة الكهربائية المرصودة).

2 - المستكشفات الكوانتية : فهي مستكشفات قادرة على الاستجابة السريعة جداً (أقل من 1 ميكرو ثانية). وتعمل المستكشفات الكوانتية، في الأساس على مبدأ التفاعل المباشر بين فوتونات الإشعاع الوارد إليها ومستويات الطاقة في حوامل الشحنة الكهربائية في مادة المستكشف . وبسبب مزايا هذه المستكشفات الفوتونية في الاستجابة السريعة .

الجدول 2-3 : خصائص المستكشفات الفوتونية الشائعة الاستعمال

النمط	المصطلح	المدى الطيفي الفعال (مكم)	درجة حرارة عمل المستكشف (K °)
جرمانيوم مغطس بالزئبق	Ge:Hg	14-3	(-243)30
التيمنويد	InSb	5-3	(-196)77
تيلوريد الزئبق والكادميوم	Mct أو HgCdTe أو ثلاثي المعدن	14-8	(-196)77

شاع استخدامها في أجهزة الاستشعار عن بعد. ومن العقبات الكبيرة التي تعترض عمل المستكشفات الفوتونية على الوجه الأمثل نذكر المجال الطيفي الضيق الذي تستجيب فيه، وضرورة تبريدها إلى درجات حرارة تقارب الصفر المطلق. ويحاط المستكشف عادة (بمرطب Dewer) يحتوي على الهيليوم السائل أو النتروجين السائل (والمرطب) وهو عبارة عن وعاء معزول ذو جدار مزدوج يقوم بدور القارورة الحافظة للحرارة (The Rmos) يمنع السائل المبرد من الغليان بسرعة. ويتضمن الجدول (2-3) مدى الحساسية الطيفية ودرجات حرارة العمل لثلاثة مستكشفات فوتونية شائعة يمكن شرطياً تقسيم أطوال الموجات المستخدمة في المسح بالأشعة تحت الحمراء إلى ثلاثة مجالات طيفية هي :

- أ - مجال طيفي قريب من 0.76 - 1.40 ميكرون .
- ب - مجال طيفي متوسط من 1.40 - 3.00 ميكرون .
- ج - مجال طيفي طويل من 3.00 - 1000 ميكرون .

— تفسير مرئيات تصوير الماسح الحراري :

لقد تمت بنجاح عمليات تفسير المرئيات الحرارية في كثير من التطبيقات، وهي تشمل أعمالاً متنوعة مثل تحديد أنواع الصخور وبنيتها، وتحديد مواقع الشقوق والفوالق، ووضع خرائط التربة وأنواعها ورطوبتها، وتحديد التسرب في قنوات الري، وتحديد الخصائص الحرارية للبراكين، وتحديد مواقع ينابيع المياه الحارة والباردة وفوارات المياه الحارة (Geysers) وتقدير طول المسالك الحارة في البحيرات والأنهار ومعرفة خصائصها، وتقدير اتساع حرائق الغابات وتحديد مواقع حرائق مناجم الفحم الحجري تحت الأرض.

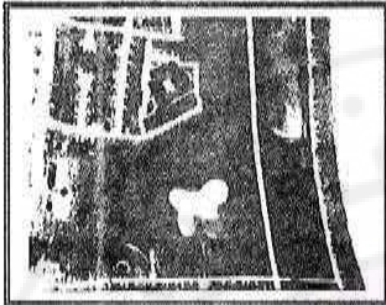
ويمكن إجراء دراسات المسح الحراري في أوقات مختلفة من اليوم. وهناك عوامل كثيرة تؤثر في اختيار أفضل الأوقات للحصول على المعطيات الحرارية، إذ يجب عند تخطيط المهمات وتفسير المرئيات أن نأخذ بالحسبان تغيرات درجة الحرارة اليومية (في أوقات مختلفة، الصباح الباكر، وقت الظهيرة، أثناء الغروب، ليلاً إلخ)

وتقوم أشعة الشمس المباشرة بتسخين الأجسام أثناء النهار بشكل متباين، حسب خصائصها الحرارية، وحسب امتصاصها لأشعة الشمس ، خصوصاً في جزئين من الطيف: الجزء المنظور (المرئي) والجزء تحت الأحمر القريب ويمكن أن تكون أشعة الشمس المنعكسة مفيدة بالنسبة للتصوير الذي يستخدم مجالاً من طول الموجات يقع بين (3 و 5 ميك).

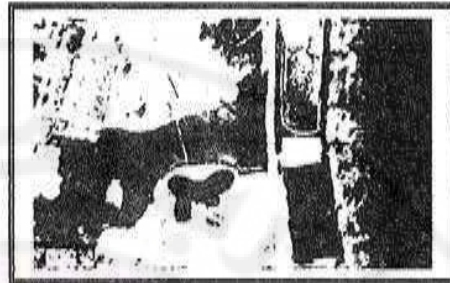
تمثل الشدات اللونية القائمة في المرئيات درجات حرارة الإشعاع الباردة، في حين تمثل الشدات اللونية الفاتحة درجات حرارة الإشعاع الساخنة، وهذا التمثيل هو الشائع في المخططات الحرارية، ولو كانت هناك بعض الاستثناءات .

إن النتائج التي تم الحصول عليها بمعطيات المسح الحراري أثناء الدراسات الجيولوجية هامة جداً، كما أن ازدياد قيمة الرطوبة يؤدي إلى نقصان كبير في حرارة السطح، ويمكن التحديد المباشر على الصور الحرارية وبتغير الثابت الحراري لسطح الأرض، تحديد أماكن الرطوبة، المرتبطة بتواجد المياه الجوفية، كما يمكن دراسة الشواذات الحرارية للأحواض المائية المكشوفة (بحيرات، سدود، أنهار، ومسطحات مائية .. إلخ) وأثناء تفسير الصور الحرارية، في مجال الجيولوجيا لا بد من توافر بعض الشروط في التشكيلات الجيولوجية المدروسة :

يجب أن تكون التشكيلات الجيولوجية المدروسة ذات عمر واحد وقريبة من بعضها في التركيب الليتولوجي، وأمور أخرى كالثابت الحراري الذي يجب

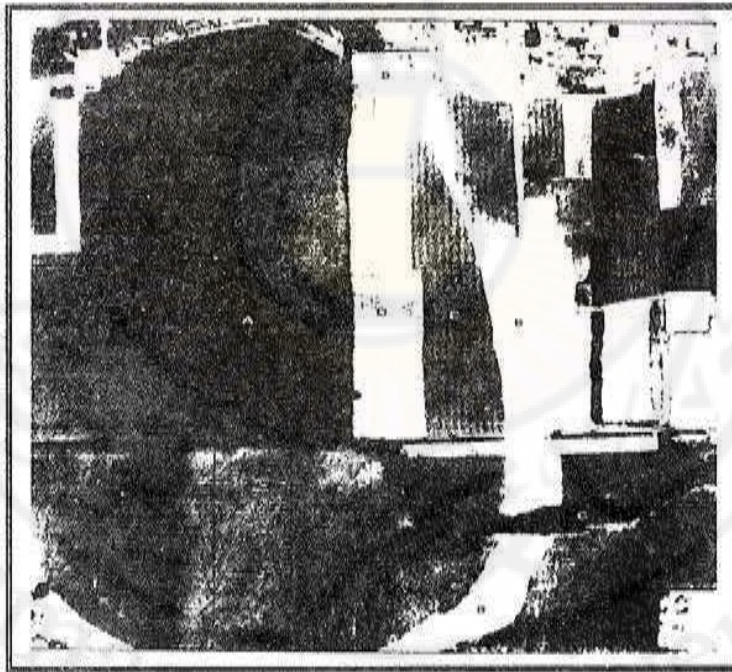


الساعة 9.45 مساءً أيلول (سبتمبر) 1971

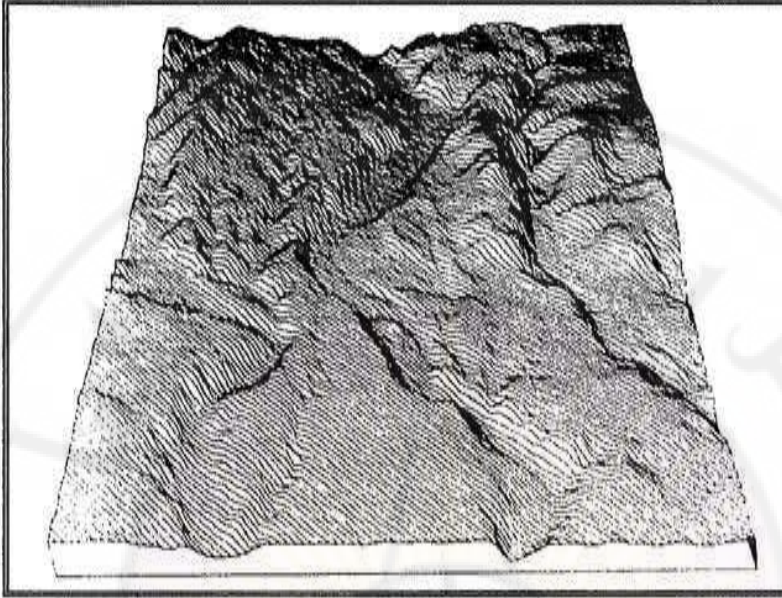


الساعة 2.40 بعد الظهر

الشكل 1-2 مرئيتان حراريتان نهائية ولييلية ميدلتون Middleton ويسكونس ارتفاع الطيران 600 م
حقل الرؤية اللحظي 5 ميلي راديا



الشكل 2-2 : مرئية حرارية نهائية ميدلتون Middleton ويسكونس الساعة 9.40 قبل الظهر .
18 أيلول (سبتمبر) 1971 ارتفاع الطيران 600 م حقل الرؤية 5 ميلي راديا
(عن المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي)



الشكل 2-3 نواتج لمظاهر أرضية رقمية بالطريقة المتأخرة (off-line) (a) خارطة منحنيات تسوية رسمت ألياً من معطيات الأرض ، على شكل ثلاثي الأبعاد 3d

أن يكون متقارباً، وبالتالي فهي تنعكس بشدة واحدة ورسومات متشابهة على الصورة الحرارية. كما يؤثر انحدار السطوح ورطوبة التربة تأثيراً أساسياً على طبيعة الثابت الحراري. وهذا بدوره يقود إلى أن السطوح الرطبة ربما تكون مرتبطة مع ظهور المياه الجوفية، وخاصة في المنخفضات الصغيرة والكبيرة، والتي ربما تكون مرتبطة بمناطق عالية التشقق والمرتبطة بالقطاعات والنطاقات الضعيفة تكتونياً.

2 - المسح الراداري :

تتألف كلمة الرادار (Radar) من جمع الأحرف الأولى للكلمات الإنكليزية التالية : (Radio Detection And Ranging) ومعناها الحرفي

تقصي المدى وتحديد به موجات الراديو . وقد تم تطوير الرادار، ليكون وسيلة لتقصي وجود الأجسام وتحديد مداها (مواقعها) باستخدام موجات الراديو. وتستلزم العملية إرسال دفعات أو نبضات قصيرة من الطاقة الميكروية بالاتجاه المطلوب وتسجيل قوة ومصدر الانعكاسات أو الأصداء الآتية من الأجسام الموجودة في حقل رؤية هذا الجهاز المدى الطيفي لأطوال موجاته بين 1م و 1 م إن أجهزة الرادار قد تعطي أو لا تعطي مرئيات، وهي تقام على سطح الأرض أو تركيب على طائرة أو مركبة فضائية، وأحد الأشكال الشائعة للرادارات الالمصورة هو النمط المستخدم في قياس سرعة المركبات وهذه الأجهزة تسمى أجهزة رادار دوبلر تستخدم لتحديد سرعة الجسم، انزياح تواتر ظاهرة دوبلر في الإشارات المرسله والمرتدة. ويتعلق انزياح تواتر دوبلر بالسرعة النسبية لمرسل الموجه والعاكس.

وهناك شكل آخر شائع للرادارات هو الرادار (المبيّن لمخطط المواقع PPI) وتكون هذه الرادارات مجهزة بشاشة دائرية، يظهر عليها موقع أصداء (echoes) الرادار لدى مسحها قطرياً. وتقوم هذه الأجهزة بتصوير خارطة متجددة لمخطط الرؤيا بصورة مستمرة للأجسام المحيطة بالهوائي الدوار. واستخدم أجهزة الرادار المبيّنة لمخطط المواقع (PPI) شائع في عمليات التنبؤ الجوي، وعمليات تنظيم الملاحة الجوية والبحرية. إلا أن هذه الأجهزة لا تناسب معظم تطبيقات الاستشعار عن بعد بسبب ضعف تمييزها المكاني.

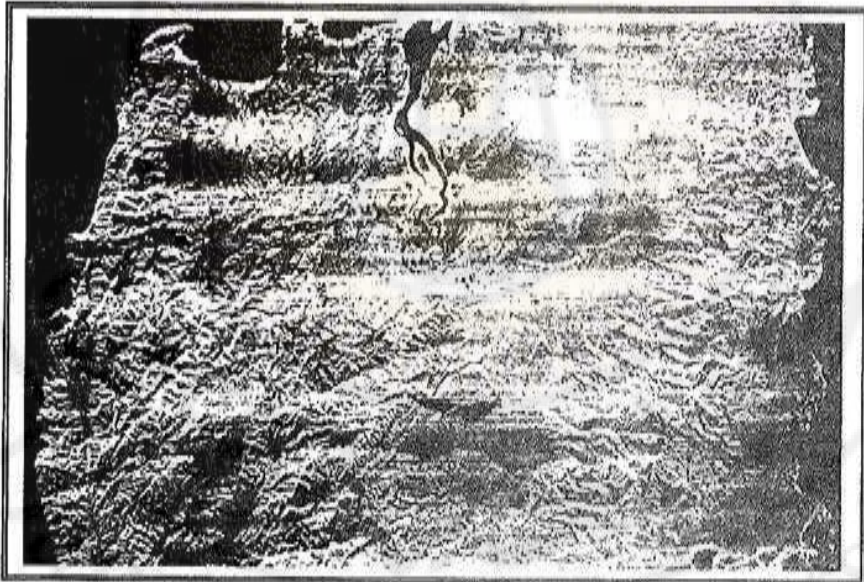
ويتحدد التمييز المكاني لجهاز الرادار، إضافة إلى أمور أخرى، بحجم الهوائي. فكلما كبر الهوائي، مهما كان طول الموجة، ازداد التمييز المكاني. ومن

اجل التغلب على هذه المشكلة تتم معظم عمليات الاستشعار عن بعد بالرادار من الجو، بأجهزة جانبية الرؤيا وتستخدم هوائيات مثبتة تحت الطائرة. وتسمى مثل هذه الأجهزة رادارات تتجه للجانب أو الرادارات الجانبية الرؤيا المحمولة جواً (SLAR) Side - looking airborne Radar وتتجم عن هذه الرادارات الأخيرة أشرطة (Strips) مستمرة من المرئيات تصور مساحات كبيرة من سطح الأرض مجاورة لخط طيران الطائرة. تطورت عمليات المسح الراداري الجوي في بداية الخمسينيات من القرن الماضي، وقد أصبح جهازاً نموذجياً، لا لقدرته على العمل في معظم الأحوال الجوية وحسب، بل لأنه جهاز مصور فعال يعمل في الليل والنهار أيضاً.

وبالرغم من تطور تقنيات الحصول على مرئيات الرادار الجانبي الرؤيا المحمول جواً (SLAR) وتحليلها، إلى حد معقد جداً، فإنه لا بد من الإشارة إلى أن تطبيق التقانة الرادارية في استشعار الموارد الأرضية ما يزال في تقدم مستمر. ونحن لا نزال لا نعرف بالضبط ما تحدده . قدرة الانعكاسية الرادارية (Radar Reflectivity) للموارد الأرضية المختلفة في الظروف المختلفة .

من التطبيقات الناجحة في عمل هذا المسح هو المسح الكامل لمقاطعة (دراين في بنما) وقد تم ذلك في عام 1967 وأدى إلى إعطاء مرئيات استخدمت لإنتاج فسيفساء لمنطقة من الأرض مساحتها 20.000 كم² (الشكل 2-4) وفي عام 1971 بدأ مسح راداري لفنزويلا لوضع خارطة من اليابسة مساحتها 500.000 كم² من الأراضي. وتم فيها كشف المصادر المائية ووضع خارطة لها، وخرائط جيولوجية. وهناك أمثلة كثيرة أخرى عن المسح الراداري وتطبيقاته في مجال الجيولوجيا في العالم .

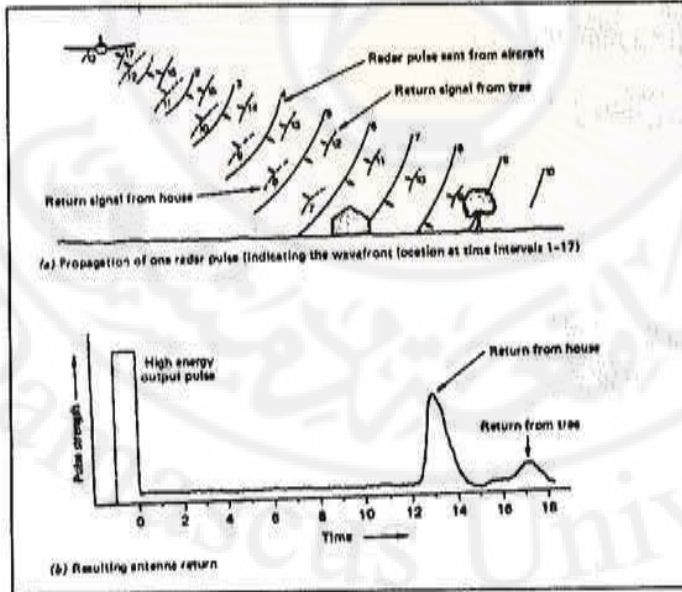
أما الاستشعار الراداري عن بعد من الفضاء فقد بدأ عند إطلاق سائل القمر الصناعي سيسات Seasat وذلك عام 1978 واستمر مع تجارب الرادار المصور المكوني (SIR) Shuttle Imaging Radar في الثمانينات . وبالرغم من انتشار التصوير الراداري على نطاق واسع فإن مرئياته غير متيسرة ولم تفهم الفهم الجيد كمرئيات طرائق التصوير الأخرى. إضافة إلى ذلك لم تُجر دراسات حول التأثيرات المشتركة لمجموع القياسات الضوئية والمكروية مع أن صفات المشهد التي تؤثر في الإشعاع الضوئي والمكروي تكون مختلفة ومتكاملة. وتوحي الخبرة، الحالية مع ذلك، إلى أن التصوير الراداري — لا سيما الذي يتم من منصات السوائل سيقوم بدور هام متزايد في تطبيقات إدارة الموارد الأرضية المختلفة.



الشكل 4-2 سيفيساء من المرئيات التقطت برادار جانبي الرؤية محمول جواً لمقاطعة داروين. بناما ، ارتفاع الطيران 8000 م، المجال K فتحة حقيقية 1:1150,000 (عن مؤسسة Westighouse للكهرباء)

— كيفية عمل الرادار الجانبي الرؤيا المحمول جواً (SLAR) :

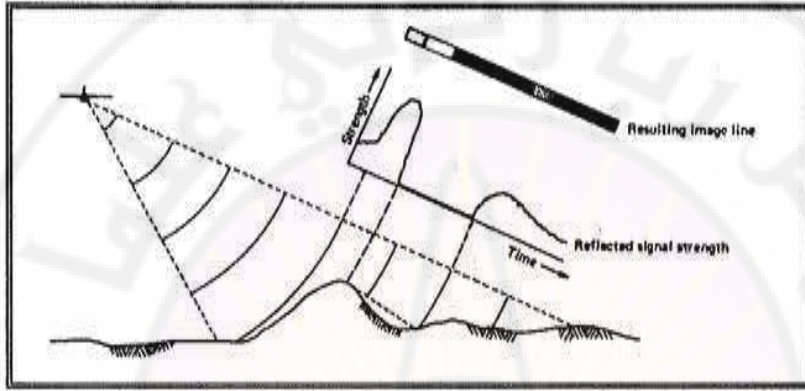
يبين الشكل (5-2) المبدأ الأساسي الذي يستند إليه عمل الرادار الجانبي الرؤيا المحمول جواً (SLAR). يبث الهوائي الطاقة المكروية بدفعات أو نبضات قصيرة جداً ويتم بث هذه النبضات العالية الطاقة خلال فترة زمنية من رتبة الميكرو ثانية (10^{-6} Sec) ويبين الشكل (5-2-a) انتشار إحدى النبضات وقد أشير إلى موقع جبهة الموجة مع مضي الزمن. فإذا بدأنا بالخطوط المستمرة (المرقمة من 1 إلى 10) فإن النبضة المرسله تتحرك قطرياً نحو الخارج مبتعدة عن الطائرة في حزمة موجهة. وبعد الزمن 6 بقليل تصل النبضة إلى البيت، فتبدو في بداية الزمن 7 ، موجة منعكسة (الخط المتقطع). وفي الزمن 12 تصل هذه الإشارة المرتدة إلى الهوائي، وتتسجل عندها على مخطط استجابة الهوائي (الشكل 5-2-b) وفي الزمن 9 جبهة الموجة المرسله على الشجرة، ويصل هذا (الصدى أو الإنعكاس) إلى الهوائي في الزمن 17.



الشكل 5-2 مبدأ عمل الرادار الجانبي المحمول جواً (SLAR)

وتتسجل للشجرة في الشكل (2-5-b) استجابة أضعف، لأن عاكسية الشجرة لموجات الرادار أقل من عاكسية البيت.

ويمكن، بقياس زمن ارتداد أصداء (انعكاسات) الإشارة إلكترونياً، تحديد المدى أو المسافة الفاصلة بين المرسل والأجسام العاكسة.



الشكل 2-6 تأثير العلاقة بين المستشعر ووضع الأراضي على تصوير الرادار الجانبي الرؤية المحمول جواً

1 - الخواص الهندسية للصور الرادارية:

إن من أهم الخواص لأية صورة رادارية هو خواص (الإضاءة الجانبية) لأرض ذات تضاريس متغيرة. وهذا ينشأ من التغيرات النسبية بين المشعر (الرادار) واتجاه التضاريس كما هو مبين في الشكل (2-6)

تنجم التغيرات المكانية في ميل التضاريس بتغير زاوية ورود (سقوط) الإشارة الرادارية، وينتج عن ذلك إشارة مرتدة قوية الميول التي تواجه المشعر. يبين الشكل (2-6) شدة الإشارات المرتدة بالنسبة لمخطط الزمن بحيث تكون إشارة الصدى متوضعة فوق التضاريس، بحيث يمكن أن نربط بينها وبين التضاريس التي تنتج عنها يوجد فوق الرسم خط الصورة (الخيال) الموافق،

حيث شدة الإشارة المنعكسة (الصدى) وقد تم تحويلها بالمخطط إلى قيم شدة إضاءة (Brightness). إن الاستجابة من نبضات الرادار بينت أن الأصداء الناجمة عن الميول التي تقابل المشعر (الرادار) ذات قيم مرتفعة ثم يعقبها فترة لا توجد فيها إشارات صدى (منعكسة) عائدة من القطعة التي هي حاجز للإنارة الرادارية، إن ظل الرادار هذا، هو أسود كلياً ومحدد وبصورة جلية وليس كالظلال في الصور الفوتوغرافية والتي هي مضاءة إضاءة ضعيفة من الضوء المنتثر في طبقات الجو ويتلو ظل الرادار المعتم استجابة ضعيفة سُجلت من التضاريس التي ليست متجهة تماماً إلى المشعر (الرادار).

إن تأثير هندسة الأرض بين المشعر (الرادار) والهدف لشدة الإشارات الرادارية المرتدة لها علاقة بنعومة السطح أو خشونته. وكذلك حسب مدى زوايا الورود المحلية. ففي زوايا الورود المحلية التي تتراوح بين 0 و 30 درجة، يسيطر الانحدار الطبوغرافي على التبعثر الراداري المرتد. وفي الزوايا التي تتراوح بين 30 و 70 درجة تسيطر خشونة السطح. أما في الزوايا الأكبر من 70 درجة فتسيطر الظلال الرادارية على المرتبة.

وبين الشكل (2-7) الانعكاس الراداري من سطوح مختلفة الخشونة والأوضاع وينص معيار رايلي على جواز اعتبار السطوح ((خشنة)) تقوم بدور عواكس مشتتة كما في الشكل (2-7-a) إذا زاد متوسط الجذر التربيعي لطول ارتفاع تغيرات السطح على ($\frac{1}{8}$ أو $\frac{\lambda}{8}$) طول موجة الاستشعار مقسوماً على تجيب زاوية الورود المحلية وتبعثر مثل هذه السطوح الطاقة الواردة في كافة الاتجاهات ويرتد جزء هام من الطاقة الواردة إلى الرادار. وتعد السطوح (ملساء) حسب معيار رايلي، وتقوم بدور عواكس ملساء (صقيلة) كما في الشكل (2-7-b) عندما ينقص متوسط الجذر التربيعي لطول ارتفاع

تغير السطح عن $(\frac{\lambda}{8})$ مقسوماً على تجيب زاوية الورود المحلية تقريباً .
وتعكس مثل هذه السطوح معظم الطاقة وتبعدها عن المستشعر
(الرادار) . فيفضي ذلك إلى إشارة مرتدة ضعيفة جداً . والجدول التالي يوضح
خشونة السطوح بالرادار ذو الرؤيا الجانبية المحمول جواً بزاوية ورود محلية
مقدارها 45 درجة .

متوسط الجذر التربيعي لتغير طول ارتفاع السطح	المجال K ($\lambda = 0.68$ سم)	المجال X ($\lambda = 3.2$ سم)	المجال L ($\lambda = 23.5$ سم)
0.05	ملساء	ملساء	ملساء
0.10	متوسطة	ملساء	ملساء
0.5	خشنة	متوسطة	ملساء
1.5	خشنة	خشنة	متوسطة
10.0	خشنة	خشنة	خشنة

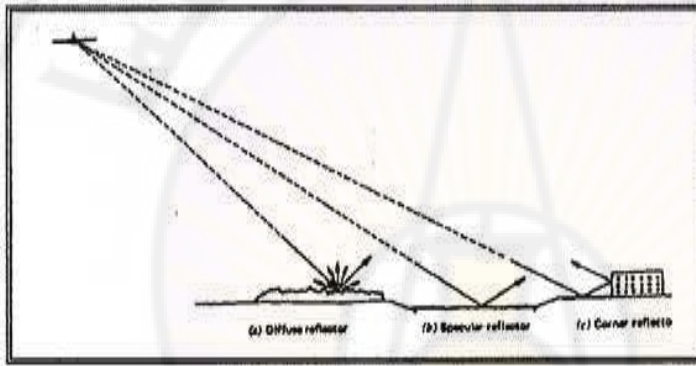
الجدول (2-4) خشونة السطوح بالرادار الجانبي الرؤبة المحمول جواً بزاوية
ورود محلية مقدارها (45)

الجدول 2-5 : أنواع المجالات الرادارية

رمز المجال	طول الموجة (سم)	التردد $\nu = c\lambda^{-1}$ EMHZ(106 Cyclec Sec ⁻¹)
Ka	1.1-0.75	26.500-40.000
K	167-1.1	18.000-26.500
Ku	2.4-1.67	12.500-18.000
X	3.75-2.4	8.000-12.500
C	7.5-3.75	4.000-8.000
S	15-7.5	2.000-4.000
L	30-15	1.000-2.000
P	100-30	300-1.000

2 - تفسير صور الرادار الجانبي الرؤيا المحمول جواً :

لقد حققت الصور الرادارية نجاحاً كبيراً في كثير من التطبيقات العملية، نذكر منها رسم خرائط المجموعات الصخرية الرئيسية والمواد السطحية ورسم خرائط البنيات الجيولوجية (تحديد الطيات والفوالق والشقوق) . ورسم مختلف أنماط الغطاء النباتي (الغطاء النباتي والمحاصيل) ، وتحديد أنماط الجليد البحري، ورسم خرائط شبكات التصريف المائية (من بحيرات وأنهار) ... الخ



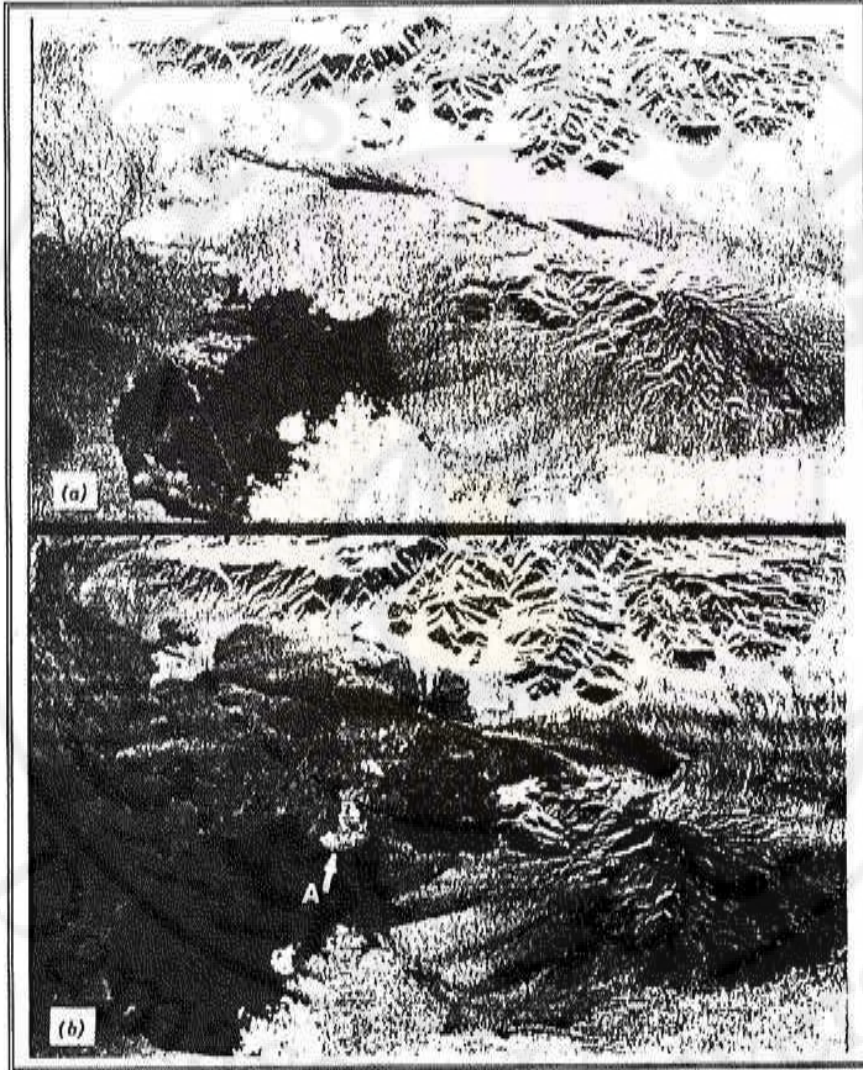
الشكل 2-7 : الانعكاس الراداري من السطوح المختلفة

ويمثل الشكل (2-8) صورة رادارية لمنطقة متنوعة التربة والصخور، إذا تبدو في أعلى المرئية تلال ذات طبقات صخرية مخددة .
ب - الاستشعار عن بعد بالرادار من الفضاء :

Radar Remote Sensing From Space

لقد شرحنا في الفقرات السابقة الاستشعار عن بعد بالرادار المحمول جواً (بالطائرات) وربما كان توافر المرئيات من الأجهزة المحمولة بالفضاء هو الدافع القوي لتطوير تطبيقات تصوير المرئيات بالرادار. إن إطلاق سلسلة الأقمار الصناعية من نموذج لاندسات (Landsat) في حالة المسح المتعدد

الأطراف، أدى إلى تزايد كبير في تقنيات تطبيق هذا المسح. وما نتوقه من التغطية المتكررة للأجهزة الرادارية المدارية (Orbital) الفضائية يحمل إمكانيات هامة لتقدم مشابه في تطبيقات التصوير الراداري. إن هندسة



الشكل 2-8 : مرئيتان لرادار جانبي الرؤية محمول جواً. منطقة فوهة بركان سنشايين، كاليفورنية المجال K الفتحة حقيقية 85.000:1 (a) استقطاب HH . (b) استقطاب VH (عن Westinghouse Electric Corp)

وخصائص الرادارات الجانبية الرؤيا المحمولة جواً (SLAR) الموصوفة سابقاً تنطبق أيضاً على التصوير الراداري من الفضاء. ولكن بسبب استخدام أجهزة الرادار ذو الفتحة الصناعية وحدها للاستشعار الراداري من الفضاء (إن الأجهزة ذات الفتحة الحقيقية لا تتصف بقوة تمييز كافية) فإننا نستخدم التعبير (الرادار ذو الفتحة الصناعية SAR) للدلالة على الأجهزة الرادارية الجانبية الرؤيا التي تعمل أيضاً من الفضاء. ويجب أن نلاحظ أيضاً أن زاوية رؤيا الرادار المحمول في الفضاء ليست زاوية وروده نفسها بسبب انحناء الأرض .

1 - أنواع الأقمار الصناعية المتخصصة في المسح الراداري الفضائي:

1 - سائل السيسات 1 : 1 - Sesat : كان سائل السيسات 1- الأول في سلسلة السوائل التي تم توجيهها لأبحاث علوم البحار. تم إطلاقه عام 1978 إلى مدار قرب القطب ارتفاعه 800 كم. وقد صمم السائل لتغطية لياية نهائية تتواليان (تتكرر ان) كل 36 ساعة، إلا أنه لم يدم سوى 99 يوم بسبب تعطل الجهاز، الأمر الذي حد من معطيات المرئيات التي قدمها هذا القمر. وكان أول إنجاز للسائل سيسات 1- هو حملة رادار ذو فتحة صناعية (SAR) باستقطاب HH يعمل بالمجال : (23.5 سم = L) . وقد صمم الجهاز لتصوير مرئيات عبر رقعة عرضها 100 كم بزاوية رؤيا تتراوح بين 20 إلى 26 درجة وقوة تمييز أرضية مقدارها 25 م في كل من المدى والسمت. وقد تم الحصول على مرئيات ممتازة تستعمل في بعض التطبيقات الجيولوجية، والموارد المائية، ورسم خرائط للغطاء النباتي، وتقدير المحاصيل الزراعية وبعض الاستخدامات الأخرى المتعلقة بمجال الأراضي. بالإضافة إلى تصوير المحيطات والظواهر الجوية، فشملت الأمواج الداخلية للبحار وحدود التيارات، والدوامات، والجبهات الهوائية، ومعالم الأعماق، والعواصف، والهطل المطري، وما تخلفه العواصف ... الخ انظر الشكل (2-9)



الشكل 2 - 9 مرئية رادار ذي فتحة صناعية (SAR) محمول على سيسات لجبال الأبالاش في
بنسلفانيا المجال L 19 آب (أغسطس) 1978 650.000:1 عن Nasa Jet
(Propulsion Laboratory

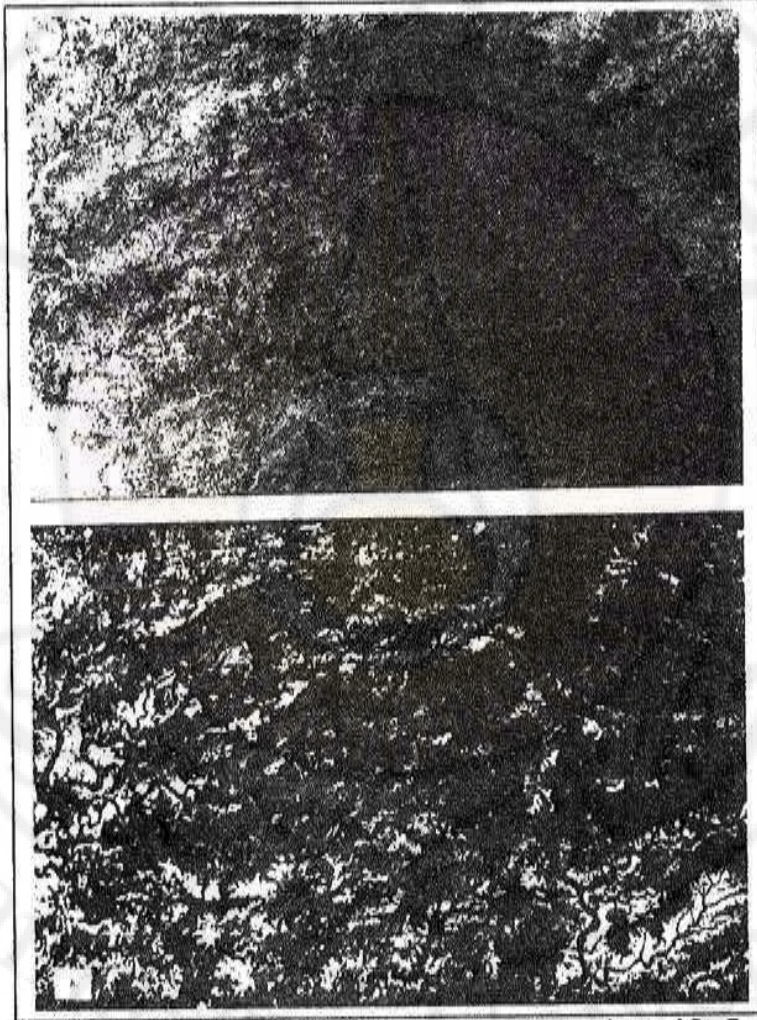
2 - التصوير الراداري من المكوك (SIR) :

: SHUTTLE Imaging Radar (SIR)

لقد أجريت عدة تجارب رادارية من الفضاء باستخدام سلسلة من أجهزة التصوير الراداري من المكوك (SIR). وكان مكوك الفضاء الذي أجريت منه تجارب (SIR - A) في عام 1981 على ارتفاع 260 كم يتميز بكثير من خصائص جهاز الرادار المحمول على سيارات. غير أن الفرق الأساسي بين هذين الجهازين يكمن في أن الهوائي (SIR - A) وطوله (9.4 م) كان ينير سطح الأرض بزاوية رؤيا أكبر (47 - 53 درجة) من زاوية هوائي السيارات. وقد استخدم جهاز ذي المجال ($L = 23.5$ سم) واستقطاب HH كما في السيارات وكان عرض رقعة التصوير (50 كم) وكان التمييز (40 م) في كل من المدى والسمت. وأمكن الحصول لأول مرة على مرئيات رادارية لكثير من المناطق الجبلية والمدارية والجافة .

ويمثل الشكل (2-10) مرئية لماسح متعدد الأطياف (MSS) محمول على لاندسات بالمجال (7) القريب من الأشعة تحت الحمراء (الشكل a) ومرئية (SIR - A شكل B) لجزء من منطقة الوديان في المملكة العربية السعودية والعراق. وهي منطقة من الأراضي الوعرة تتألف من صخور كربونائية محددة بشكل واسع (عدة أنماط من الحجر الكلسي والدولوميت) . كما تبدو واضحة شبكات التصريف المائية الجافة. بالإضافة إلى الطبقات الجافة والناعمة المولفة من الغرين (SiIT) والرمال التي رسبتها الرياح التي تغطي سرير النهر الجاف، وقد أدت إلى ارتداد (انعكاس) راداري ضعيف، أما الصخور الكربونائية المتكشفة قرب سرير النهر ذات السطوح الزاوية الخشنة فقد أدت إلى ارتداد راداري شديد ويساعد التباين بين الصخور الكربونائية ذات الشدة اللونية

الفاثحة وبين سرير النهر الجاف ذي الشدة اللونية القاتمة في تمييز نمط الصرف الشجري على المرئية الرادارية. ومع أن مرئية المجال السابع للاندسات (MSS) هي أحسن مرئية متوفرة لهذه المنطقة، إلا أنها تبدي تبايناً خفيفاً بين سرير النهر والصخور الكربونائية المجاورة.



الشكل 2-10 منطقة الوديان في العراق والمملكة العربية السعودية (a) مرئية ماسح متعدد الأطياف محمول على لاندسات المجال 7 (0.8 إلى 1.1 مك) 14 تموز (يوليو) 1973
630.000:1 (عن NASA Jet Propulsion Laboratory)

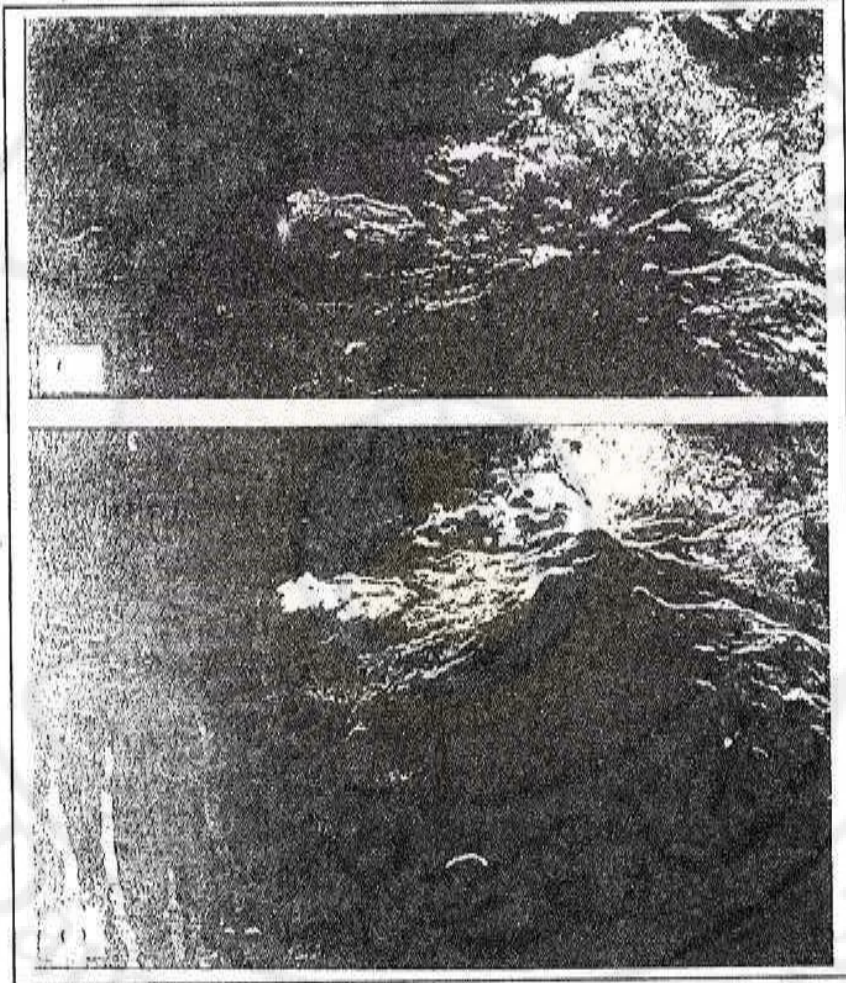
أما تجارب (SIR - A) التي أجريت من مكوك الفضاء في عام 1984 فقد استخدمت أيضاً جهازاً ذو مجال (L) مع استقطاب HH. إلا أن الفرق الرئيسي بين جهازي SIR - A و SIR - B كان مجهزاً بهوائي يمكن إمالته ألياً ليثبت إشاراته الرادارية نحو الأرض بزوايا رؤيا متغيرة (تتراوح بين 15 و 60 درجة) وهذا ما أتاح الفرصة لإجراء دراسات عملية كان الهدف منها معرفة تأثير زوايا الورود المختلفة في الارتداد (الانعكاس) الراداري. كما أتاح الفرصة، إضافة لذلك للحصول على مرئيات رادار مجسمة. وكان التمييز السمتي لرادار (SIR - B) 25 م وكان مدى التمييز يتغير من 14 م بزوايا رؤيا 60 درجة إلى 46 م. بزوايا 15 درجة .

ويمثل الشكل (2-11) مرئيتين من مرئيات (SIR - B) لجبل شاستا في كاليفورنيا، وهو عبارة عن بركان ارتفاعه 4300 م، شمالي كاليفورنيا. وتبين هاتين المرئيتين تأثير زاوية الورود على شدة الوضوح في الصورة.

أما تجارب (SIR-B) (المخطط لها أن تبدأ عام 1989) فقد صممت لتفحص الاستشعار الراداري المتعدد الموجات من الفضاء بأجهزة تعمل بأن واحد بالمجال ($L=23.5$ سم) وبالمجال ($c=5.7$ سم) . وتتغير زوايا رؤية (SIR - C) بزيادة درجة واحدة على التوالي بدءاً من 15 حتى 60 درجة، مع توفر إمكانات لأربعة استقطابات (HH و HV و VV و VH) . وستضيف جمهورية ألمانيا الاتحادية لحمولة المهمة جهازاً يعمل بالمجال X وباستقطاب VV .

إن أجهزة الرادار المحمولة على متن كل مكوك فضائي هي أجهزة تجريبية لتجميع معطيات خلال بضعة أيام فقط في المهمة الواحدة. أما السوائل

التي تقرر إطلاقها من قبل وكالة الفضاء الأوروبية والحكومة الهندية، ووكالة التصوير الفضائية الوطنية اليابانية فقد تم تصميمها لتجميع معطيات رادارية يومية. وسنذكر أسماءها فقط ERS-1 (وكالة الفضاء الأوروبية - رادارات (كندا) و ERS-1 (اليابان) كلها أجهزة رادارية ذات فتحة صناعية (SAR)



الشكل 2 - 11 مرئيتان من مرئيات SIR-B لجبل شاساتا في كاليفورنية المجال L تشيرين الأول (أكتوبر) 1984 300.000:1 (a) زاوية الورود 60 درجة (b) زاوية الورود 30 درجة

يلاحظ الاستنقاء الشديد لقمة الجبل في (b)

(عن NASA Jet Propulsion Laboratory)

— عناصر الاستشعار المكروي المنفعل :

Element of passive micro wave sensing

تعمل هذه المشعرات المنفعلة (passive) على نفس مجال الترددات الرادارية ولكن الاختلاف، هو أنها لا تصدر أية اشعاعات، وتعمل مثل مقاييس الأشعة الحرارية، ويبين الشكل (2-12) مجال الطيف للظواهر الطبيعية التي تنبعث منها الإشعاعات مهما تكن باهتة. وتتألف الأشعة المستقبلية من المشعرات الميكروية السلبية (غير الفعالة) من مصادر مختلفة (كما هو مبين في الشكل (2-13) :

1 — أشعة منبعثة من درجة حرارة السطح والمواد التي تؤلفه .

2— أشعة آتية من الجو .

3 — أشعة منعكسة من سطح الأرض، من الشمس أو من السماء.

ونظراً لتعدد مصادر الأشعة الميكروية التي تستشعرها المشعرات غير الفعالة ولضعف شدة إشاراتها فإنها تظهر كضجيج إذا ما قورنت بإشارة الرادار القوية، كما أن تفسير هذه الإشارات معقد ويبين الشكل (2-14) مخططاً لمشعر ميكروي غير فعال (passive). ويمكن تطبيق الاستشعار الميكروي الغير فعال كثيراً في مجال علوم البحار، وتقصي التلوث بالنفط، وقليلاً في الهيدرولوجيا .

3 — الليدار LIDAR :

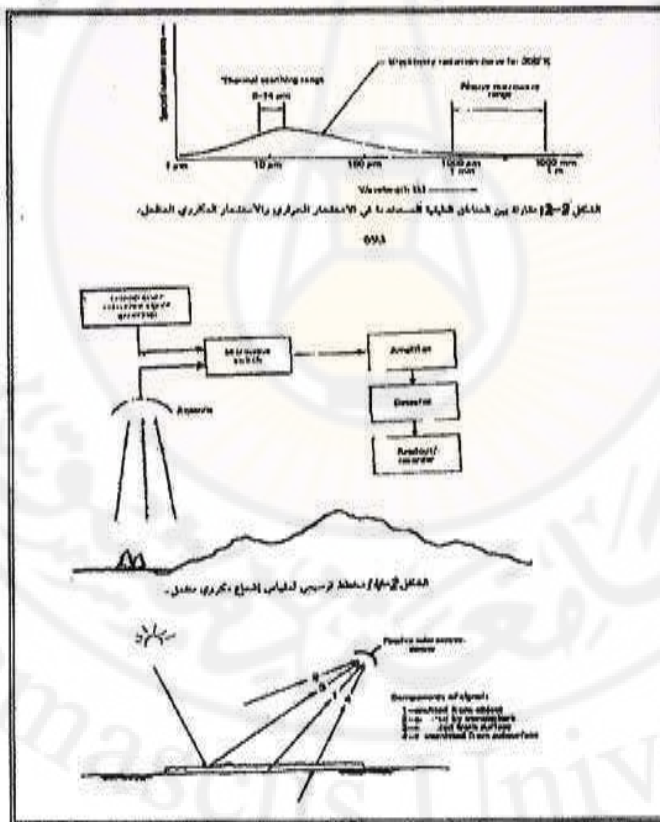
نود أن نذكر أيضاً جهازاً شبيهاً بالرادار هو الليدار وهو (تقصي الضوء وتحديد مداه) . إن أجهزة الليدار، مثل الرادار، وهي أجهزة استشعار عن بعد فعالة. لا تستخدم الطاقة الميكروية لإنارة الأراضي بنبضات ضوء الليزر. ويمكن أن يتم تشغيلها إما بأسلوب المسح أو بأسلوب رسم

منحنيات التغير (PROFILING)، كما في الأجهزة الميكروية المنفعلة (PASSIV) .

ويمكن أن نذكر من تطبيقاته الرئيسية، الرسم الدقيق لمنحنيات تغير أعماق المياه. ويتم تحديد عمق الماء من الزمن الذي تستغرقه رحلة النبضة في الماء ذهاباً وإياباً.

4 - طرق أخرى في المسح الاستشعاري :

هناك أنواع أخرى من المسح والتي يكون استخدامها محدد في مجال الدراسات الجيولوجية لكنها تسمح بأخذ معلومات محددة عن سطح الأرض .



شكل (2-13)

ينتمي إلى هذه المجموعة من أنواع المسح بالدرجة الأولى المسح بالأشعة فوق البنفسجية ،والمسح بأشعة الليزر .

أثناء إجراء المسح بالأشعة فوق البنفسجية نستخدم قسم من أشعة الطيف الغير مرئي الواقع بين مجال الطيف المرئي وأشعة رونتجن (0.38 - 0.2مكم) وتجرى قياسات الأشعة البنفسجية أثناء المسح الجوي والفضائي بهدف دراسة الخصائص الضوئية الأتموسفير (الغلاف الجوي) وأشعة الشمس ، وأجسام فضائية أخرى .

وحسب معطيات العالم : فيتشرب، يعطي التصوير بالأشعة فوق البنفسجية، على سبيل المثال إمكانية التعرف على الصخور الكربوناتيّة على خلفية الصخور الأخرى، طالما أنها تملك خصائص انعكاسية عالية نسبياً.

تعتبر أشعة الليزر الوحيدة اللون والمستخدمه في الدراسات الجيولوجية ذات أهمية قليلة ومأمولة في بعض الأحيان. ويسمح طول الموجات المسجلة عملياً وبشكل دائم بالقياس وبدرجة عالية من الدقة في قياس المسافة، وهذا يعطي إمكانية الرصد الجيوديزي (المساحي) المتكرر واختلاف الارتباط أو الانزياحات النسبية لبلوكات أرضية مستقلة من القشرة الأرضية (دراسة انزياح الصفائح التكتونية ومناطق الانهدامات ... إلخ) وتدقيق بارامترات مدارات الأرض وكواكب أخرى.

2-3- بعض أجهزة الاستشعار عن بعد المساعدة على فهم الطبيعة الطيفية للمواد والمعالم الأرضية:

وتشمل هذه الأجهزة ما يلي :

1- الراديومتر Radiometer : وهو عبارة عن جهاز يقوم بقياس الانعكاسات الطيفية للمعالم الأرضية في الحقل (على الأرض مباشرة) .

2- جهاز سبكترومتر Spectrometer : وهو أيضاً عبارة عن جهاز يقيس الانعكاسات الطيفية في الحقل والمختبر .

3- جهاز سبكترومتر بالأشعة تحت الحمراء (IRIS)
Infrared Intelligent Spectrometer (IRIS)

وسنشرح باختصار مبدأ عمل كل من هذه الأجهزة :

1- الراديومتر : إن أجهزة الراديو متر من حيث طريقة عملها ووضعها على سطح الأرض نوعان :

— الطريقة الأولى : يثبت الجهاز على الأرض بواسطة حامل، يمكن أن يكون هذا الحامل أحادي ويمكن أن يكون ثلاثي الأرجل على ارتفاع حوالي (1.5 م) عن سطح الأرض.

— الطريقة الثانية : في هذه الطريقة يحمل جهاز الراديومتر باليد ويعرف بـ (HHR) (Hand Held Radiometer) انظر الشكل (2-17) وفي كلا الحالتين يتم تسجيل قيم الانعكاسات الطيفية على مساحة أرضية تتراوح بين (1.5-2 م) وذلك تبعاً لمدى ارتفاع رأس القياس.

وهناك عدة أنواع من أجهزة الراديومتر، ومن أشهر أنواعه نذكر :

1- الراديومتر (CE — 310) (Cimel Radiometer CE — 310)

أما بالنسبة للمجالات الطيفية التي يعمل بها هذا الجهاز فهي نفس المجالات الطيفية التي تعمل بها أجهزة الاستشعار عن بعد المحمولة على القمر الصناعي الفرنسي سبوت . (Spot)

2- جهاز الـ إكسوتك — 100 :

Exotech-100 Landsat Ground Truth Radiometer

حيث يستخدم هذا الجهاز لفهم العلاقة بين معطيات الأقمار الصناعية اللانديسات (Mss) وخصائص المعالم الأرضية.

3- جهاز الراديو متر المحمول يدوياً : (HHRR)

ويستخدم هذا الجهاز لقياس الانعكاس الطيفي ضمن مجموعتين من أطوال الموجات هما

Gr1 : 0.55 و 0.63 و 0.67 و 0.87 و 0.9 MKM

Gr2 : 0.10 و 0.12 و 0.16 و 0.22 و 0.72 MKM

وأثناء القيام بالقياسات الراديومترية يجب أن نأخذ عدة أمور بعين الاعتبار مثل:

- 1- تاريخ إجراء الدراسة
- 2 - ساعة أو زمن أخذ هذه البيانات
- 3- الظروف المناخية
- 4 - زاوية أخذ بيانات الانعكاس، بالإضافة إلى ضرورة إجراء معايرة للجهاز قبل استخدامه (calibration) ويمكن تلخيص أهمية ودور القياسات الراديومترية المستخدمة في الاستشعار عن بعد على النحو التالي:
- 1 - تعتبر القياسات الطيفية الحقلية، وسيلة جيدة لفحص ودراسة الخصائص الطيفية لمنطقة الدراسة.
- 2- تساعد هذه القياسات على التنبؤ بنتائج التقسيم، أي عدد الوحدات الخرائطية المتوقع الحصول عليها عند إجراء تقسيم لمعطيات الأقمار الصناعية.
- 3- تساهم هذه القياسات في تحديد الألفية الأكثر قدرة على تمييز الوحدات أو المعالم الأرضية (Themes Or units).
- 4- تسهل دراسة منحنيات القياسات الانعكاسية فهم العلاقة بين المعطيات الرقمية للأقمار الصناعية وخصائص المعالم الأرضية.

ب - جهاز (الـ سبكترومتر Spectrometer) جهاز القياس الطيفي:

يتلخص مبدأ عمل هذا الجهاز بوجود مصدر ضوئي، يصدر أشعة ضوئية على العينة المراد قياس انعكاساتها الطيفية، ويقوم جهاز الكاشف (Detector or sensor) باستقبال الانعكاسات على جميع الأطوال الموجية من (صفر إلى 1.0 ميكرومتر أو 2.0 ميكرومتر) ويمكن استخدامه حقلياً ومخبرياً .

ج - جهاز سبكترومتر بالأشعة تحت الحمراء (IRIS) :

يقوم هذا الجهاز برسم منحنيات الانعكاسات الطيفية ضمن المجال الطيفي من (0.3 - 3.0 ميكرومتر) ، بالإضافة إلى تسجيل البيانات الرقمية لهذا المنحنى بصفة مستمرة، كما يمكن استخدامه في الدراسات الحقلية والمخبرية معاً، وبهذا يجمع بين خصائص الراديو متر من حيث الاستخدام الحقلية وخصائص جهاز الـ سبكترومتر من حيث القياس المستمر للانعكاسات الطيفية خلال إجمالي المدى الطيفي. وإن تمتع هذا الجهاز بالخصائص المشتركة بينه وبين جهاز الراديو متر يمكن أن نسميه : سبكترومتر راديو متر. شكل (2-14).

4- أجهزة تحديد المواقع الجغرافية (الأرضية) (GPS) :

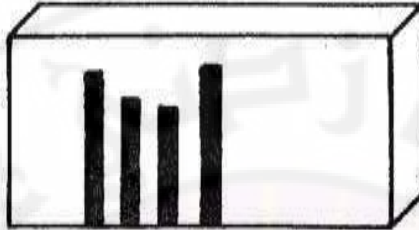
Global Positioning Satellite (GPS)

يستخدم مثل هذه الأنواع من الأجهزة في تحديد الإحداثيات الأرضية لمناطق الدراسة الحقلية (الميدانية) والتي تم تحديدها اعتماداً على دراسة وتفسير ومعالجة الصور الفضائية، ويتصل هذا الجهاز بحوالي 12 قمراً صناعياً، خاصة بتحديد الإحداثيات الأرضية، لذا يجب استخدام هذا الجهاز في الأجواء المكشوفة (خارج الغرفة)، كما يجب علينا تشغيله والانتظار لفترة لا تقل عن دقائق، قبل تسجيل الإحداثيات التي يعطيها الجهاز وذلك حتى يتسنى له الاتصال بهذه الأقمار. وتحقق القراءة الصحيحة بتوفر الاتصال بين الجهاز

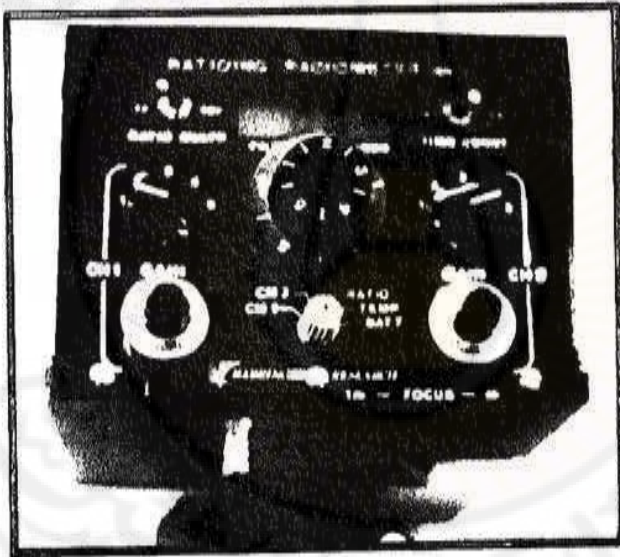
(Gps) وأربعة أقمار صناعية على الأقل، ويستدل على ذلك بعدد الهيستوغرامات التي تظهر على شاشة الجهاز وتختلف دقة الجهاز باختلاف أنواعه وأكثرها دقة هو جهاز : Differential Positioning Satellite وهناك أجهزة كثيرة تختلف حسب ثمنها .

ويمثل الشكل (2-15) جهاز تحديد الإحداثيات الأرضية بالاستعانة بالأقمار الصناعية . كما يمثل الشكل (2-16) شاشة الجهاز حيث يظهر عليها أربعة هيستوغرامات تدل على أن الجهاز يوفر الاتصال بأربعة أقمار صناعية. كما تمثل الأشكال (2,18) و (2,19) و (2,20) و (2,21) مجموعة من الأجهزة لقياس البصمات (الشدات) الطيفية على الأرض. يبين الشكل (2,22) منحنيات الانعكاس الراديومترية لبعض الصخور كما يبين الشكل (2,23) منحنيات الانعكاس لنفس صخور الشكل السابق (2,22) (تم قياسها عن طريق جهاز الراديومتر بالحقل).

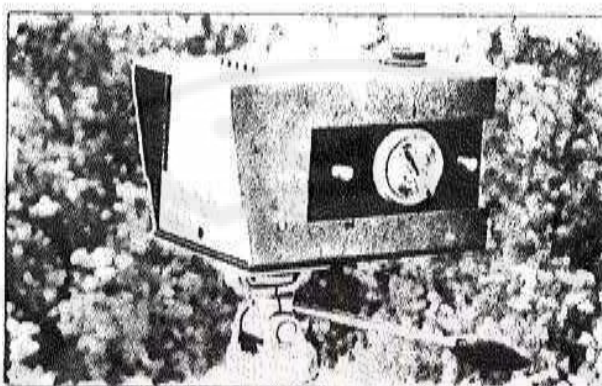




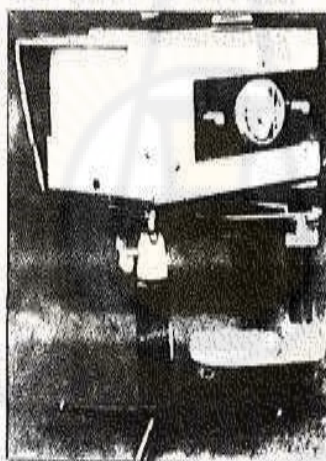
الشكل (2-16) شاشة الجهاز



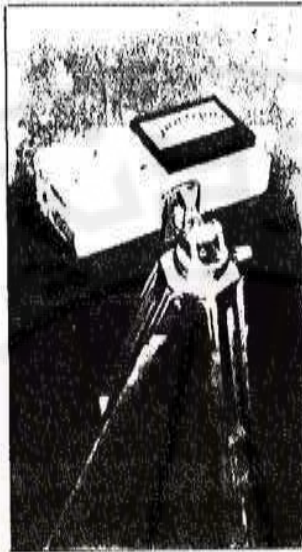
الشكل (2-17) الراديو الكندي الذي يحمل باليد



الشكل (18-2) ميكرو متمر حقل من طراز ISOX - 020



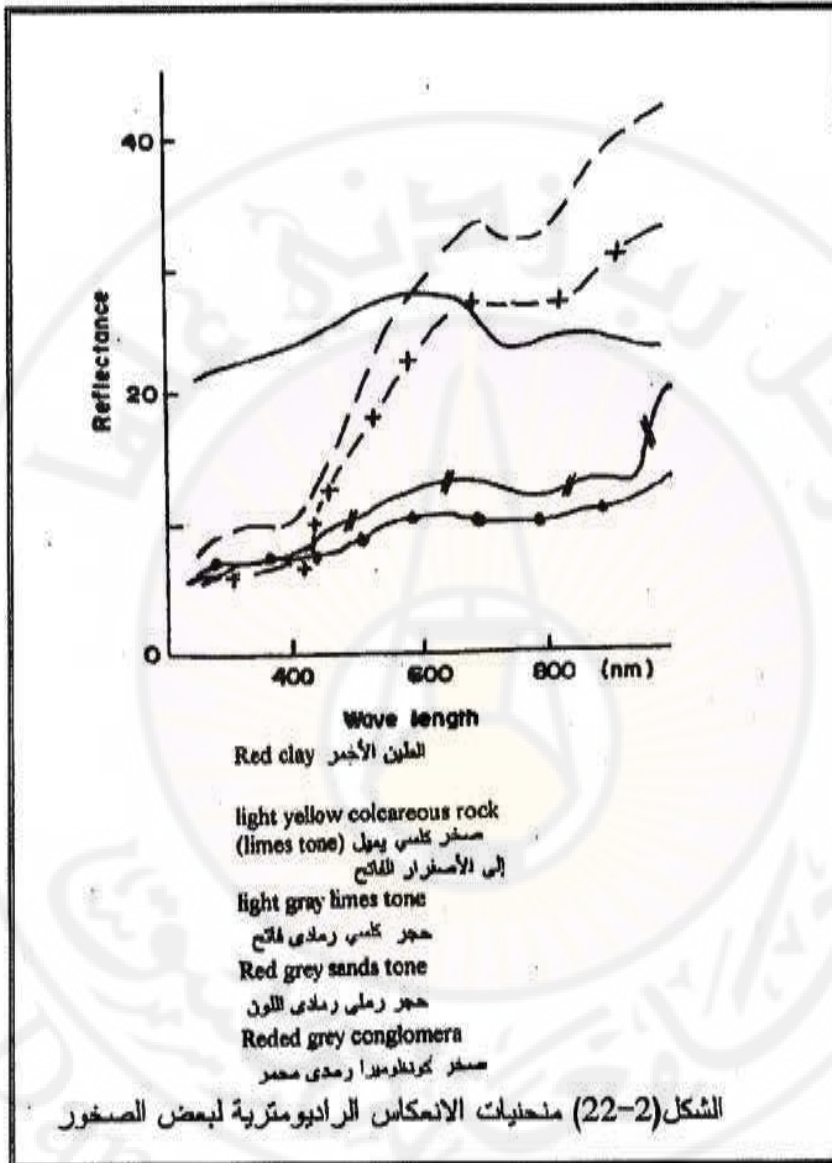
الشكل (19-2)

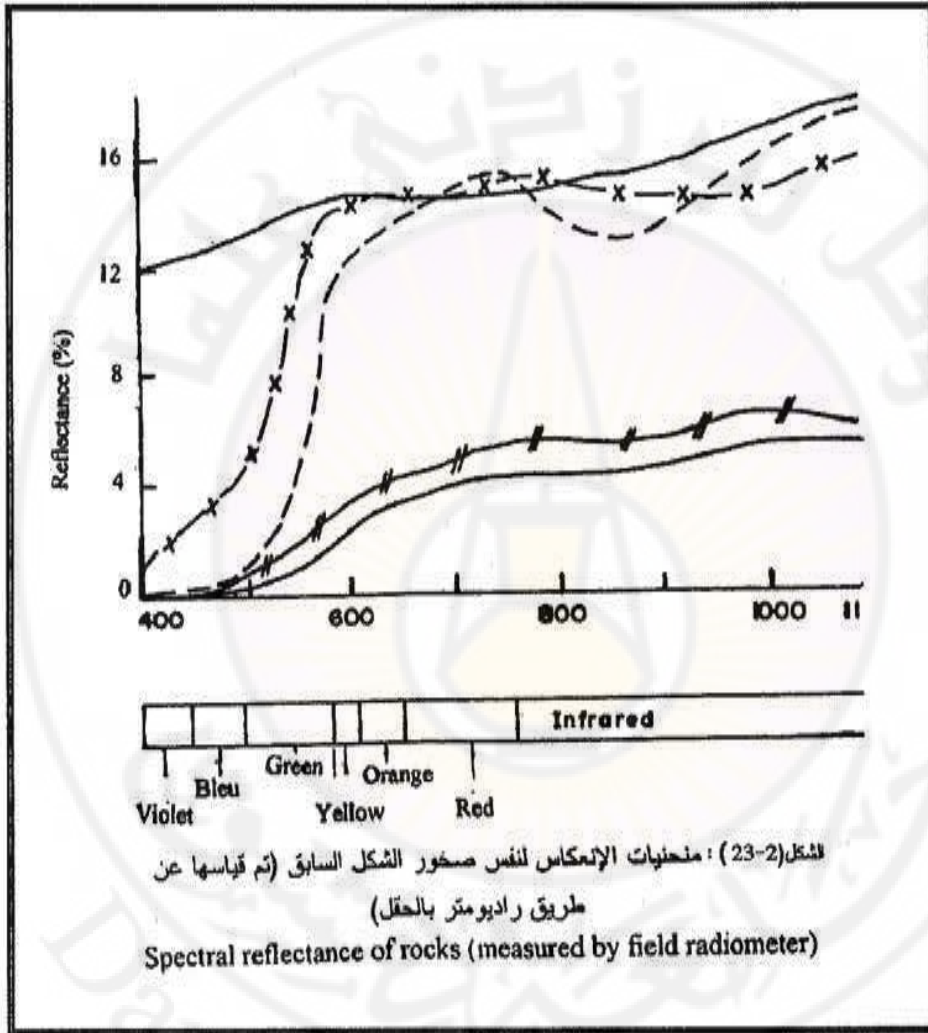


الشكل (20-2) سبيكتروميتر حثلي من طراز ISOX-010



الشكل (21-2) نظام سبيكتروميتر متعدد الأكتية





الفصل الثالث

آلات التصوير الجوية

Aerial Cameras

يمكن الحصول على الصور الجوية عملياً بأي آلة تصوير. وقد تم الحصول على عدد كبير من الصور الجوية الناجحة على متن طائرات خفيفة مجهزة بآلات تصوير /35 مم/ محمولة باليد. وإن ما تتصف به هذه الآلات من بساطة في التركيب وانخفاض في ثمنها وسهولة في استعمالها هو الذي جعل منها مستشعرات مثالية لدراسة مساحات صغيرة من الأرض (الحجم الحقيقي لمرئيات آلات /35 مم / هو (24×36 مم وعرض الفيلم هو 35 مم) ولتغطية مساحة أكبر بالآلة التصوير (35 مم) صنعت منصات متنوعة لهذه الآلة للحصول على مرئيات من الطائرات الخفيفة، والشكل (3-1) يبين مثل هذه المنصة التي يمكن تثبيتها على يسار الباب دون إجراء أي تغيير في الطائرة. وسنذكر فيما بعد أن آلات التصوير /70 مم / استخدمت أيضاً في بعض التطبيقات (الحجم الحقيقي لمرئيات هذه الأجهزة هو / 55×55 مم/). ومع ذلك فإن معظم عمليات الاستشعار عن بعد بالتصوير الجوي تستلزم آلات تصوير جوية دقيقة. وقد صممت مثل هذه الآلات خاصة لتصوير عدد كبير من الصور بتسلسل سريع ودقة سريعة.

وهناك أكثر من (100 نموذج) من آلات التصوير الجوية هي قيد الاستعمال الآن، ولكن يمكن تصنيفها في أربعة أصناف أساسية :

1 - آلات التصوير ذات اللقطة الأحادية العدسة

Single - lens Frame Cameras

2 - آلات التصوير ذات اللقطة المتعددة العدسات

Muli - lens Frame Cameras

3 - آلات التصوير ذات الشريط الفيلمي Strip Cameras

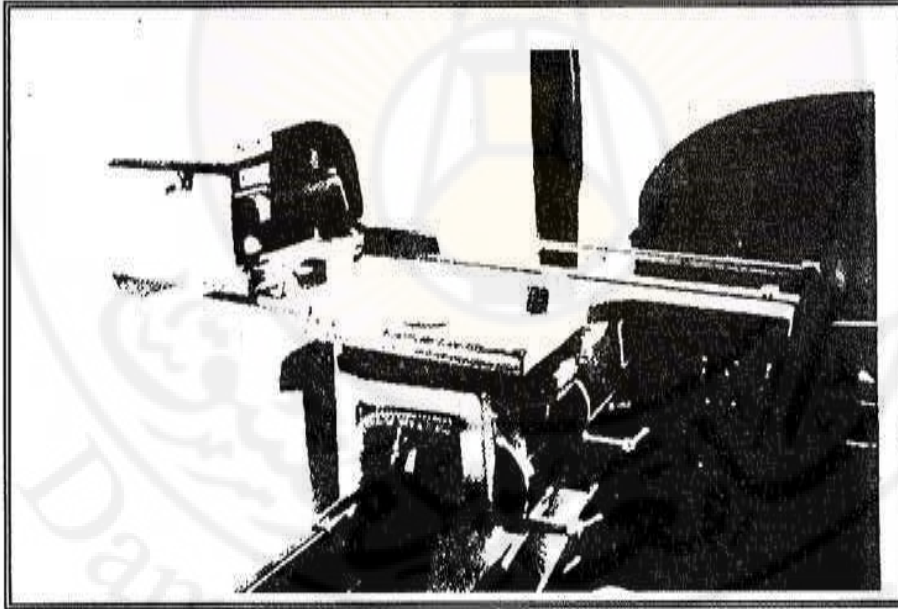
4 - آلات التصوير البانورامية (شاملة الرؤية)

Panoramic Cameras

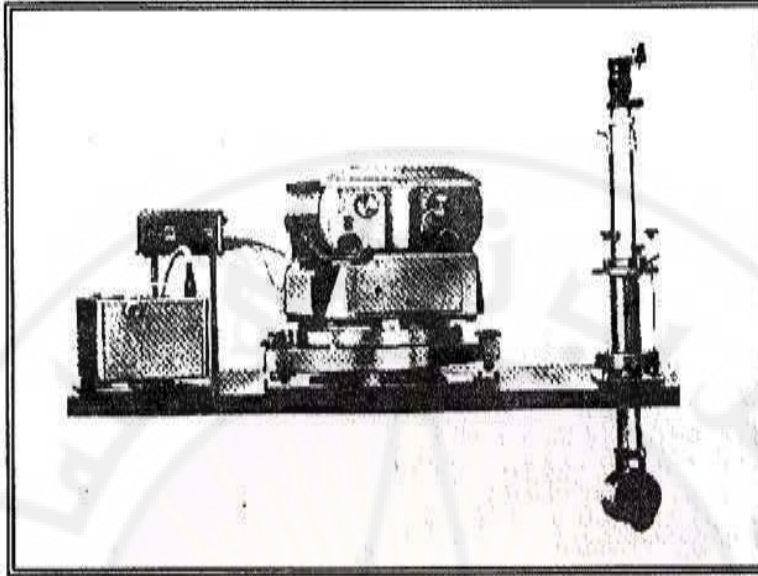
وسنشرح باختصار هذه الأنواع من الآلات ودورها في تصوير سطح الأرض.

3-1- آلات التصوير ذات اللقطة الأحادية : Single lens Frame Cameras

هي أكثر آلات التصوير المستخدمة في الوقت الحاضر. ويقتصر استخدامها للحصول على صور فوتوغرافية جوية للاستشعار عن بعد، عامة، كما يستخدم خاصة لغرض وضع خرائط مساحية Photogrametric Mapping. أو آلات التصوير لرسم الخرائط الكارثوغرافية (Cartographic) هي آلات تصوير ذات لقطة أحادية العدسة .



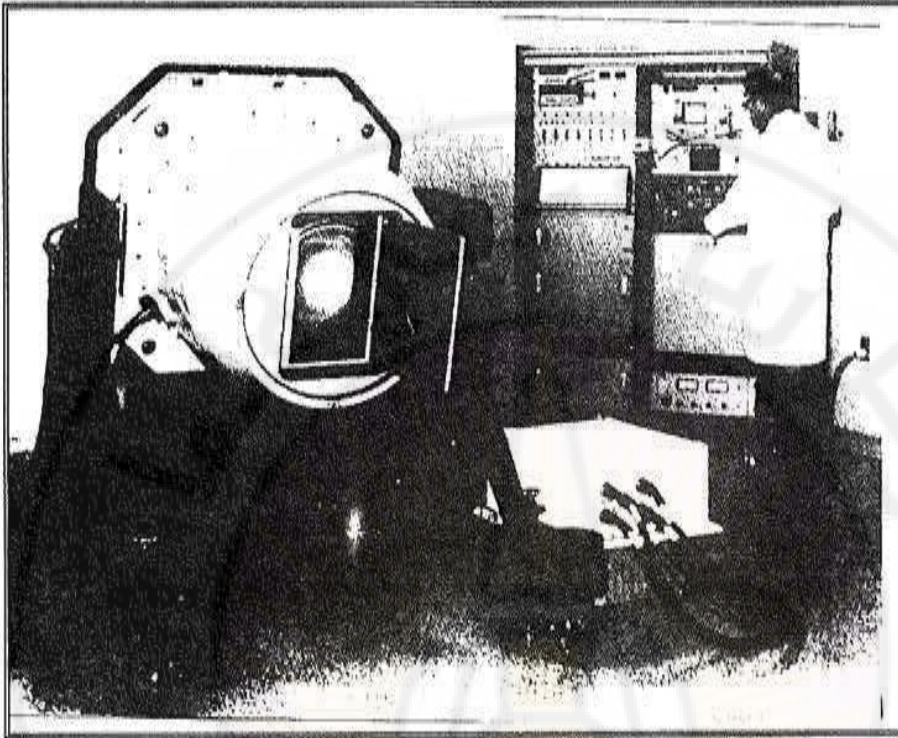
الشكل 3-1: حامل لآلة تصوير 35 مم مركبة على طائرة خفيفة للتصوير الفوتوغرافي الجوي الشاقولي. ويمكن زلق آلة التصوير على الحامل لتغيير الفلم والمرشحة.
(عن مخبر الاستشعار عن بعد في جامعة مينيسوتا)



الشكل 2-3 : آلة تصوير جوية لرسم الخرائط. زايس موديل RMX-A15/23، على حامل لتركيبها على طائرة وموقت مغلاق وتلسكوب ملاحية (عن مؤسسة كارل زايس) .



الشكل 3-3: القطع المكونة لآلة التصوير الجوي Wild RC-10
(عن مؤسسة Wild Heebrugg)



الشكل 3-4 : آلة تصوير كبيرة المقاس (LFC)
(عن ITEK للأجهزة البصرية)

صممت لإعطاء صور هندسية (Geometric) عالية الجودة، وتستخدم عدسات قليلة التشوه، تثبت في مكان ثابت بالنسبة لمستوى الفيلم. وإن مقاس الفيلم (المقاس المفترض لكل مرئية) هو عادة مربع طول ضلعه (230 مم)، في حين أن العرض الكلي للفيلم المستخدم هو 240 مم، ومخزن الفيلم يستوعب فلماً طوله 120 م. ويتم الحصول على لقطة التصوير (Frame of imagery) عند كل انفتاح مغلاق آلة التصوير. ويتم ذلك آلياً بصورة عامة بواسطة جهاز إلكتروني يسمى مؤقت المغلاق (Intervalometer) ويبين الشكل (2-3) آلة تصوير جوية نموذجية لوضع الخرائط.

كما يبين الشكل (3-3) القطع المختلفة لآلة تصوير جوية لوضع الخرائط وجسم آلة التصوير نفسه يمكن استخدامه مع عدة أنماط من مخاريط العدسات والمرشحات ومخازن الأفلام وموقتات المغلاق وأجهزة الرؤيا.

ويبين الشكل (4-3) آلة تصوير كبيرة المقاس (LFC) larg format camera وهي آلة تصوير لوضع الخرائط ذات هدف محدد صنعت لتقوم بالتصوير من ارتفاعات مدارية orbital. وقد صنعت في الأصل لتوضع في مدارها وتُشغل وتعاد إلى الأرض وهي مُحملة مع أجهزة أخرى، على مكوك الفضاء، ويمكن أيضاً وضعها على سفينة فضائية حرة الحركة (ويقوم ملاحو الفضاء بتغيير أفلامها) أو وضعها على طائرة عادية.

لقد أطلقت آلة التصوير الكبيرة المقاس (LFC) أول مرة على متن مكوك الفضاء في مهمته G-41 في عام 1981. وكانت التغطية الأرضية بهذا المقاس الكبير للفلم في هذه المهمة هي 360×180 كم عندما كانت سفينة الفضاء تطير على ارتفاع 235 كم. وغطت مساحة أرضية قدرها 750×285 كم. عندما كان ارتفاع طيرانها 375 كم. وتمت تغطية مجسمة أيضاً بهذا الجهاز بتراكبات مختلفة (20 و 40 و 60 و 80 %).

2-3- آلات التصوير ذات اللقطة المتعددة العدسات :

multi lens frame camera

تؤخذ الصور المتعددة المجالات (Multi band photography) بآن واحد من النقطة نفسها، ولكن باستخدام عدة تركيبات combinations من المرشحات والأفلام. وتظهر في الشكل (3-5) آلة تصوير متعددة العدسات مصممة للتصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات، في أربعة مجالات طيفية. ويبدو في الشكل (3-7) مثلاً عن الصور الفوتوغرافية التي التقطت بمثل هذه الآلات. وتمثل هذه الصور الفوتوغرافية منظرًا واحداً، وقد صور على فيلم غير

ملون (أبيض - أسود) حساس للأشعة تحت الحمراء بعد الترشيح للحصول على مجالات محددة من الموجات في المنطقة الزرقاء والخضراء والحمراء وتحت الحمراء القريبة من الطيف. إن هذا النوع من التصوير يزيد من إظهار التباين كما هو واضح في الشكل بين أنواع المعالم الأرضية المختلفة .



الشكل 3-5 : آلة تصوير ذات لقطة متعددة العدسات .

(عن مؤسسة Spectral Data Crop)

وتتمثل إحدى المشكلات الأساسية عند التصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات، بصعوبة تحليل الصور المتعددة للمنظر الواحد في آن واحد. لذلك صممت (أجهزة لرؤية جمع الألوان) لتساعد في تفسير هذه الصور، وهنا لن

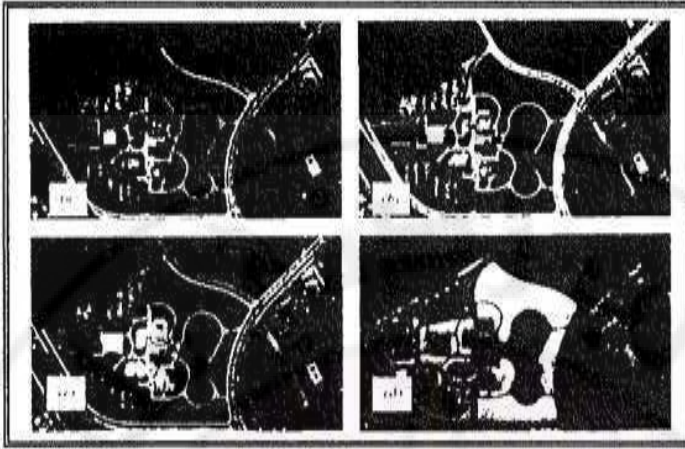
نتطرق إلى هذا الموضوع لأنه يدخل ضمن تقانات هندسة التصوير ومزج الألوان... الخ .

3-3- آلات التصوير ذات الشريط الفيلمي Strip Camera :

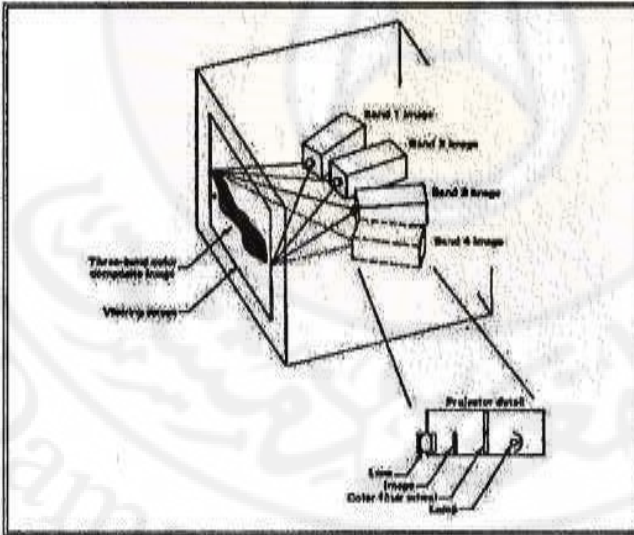
تسجل هذه الآلات كما هو واضح في الشكل (3-9) المرئيات بتحريك الفيلم أمام شق ثابت في المستوى المحرقي أثناء تقدم آلة التصوير إلى الأمام، ويبقى مغلاق آلة التصوير ذات الشريط مفتوحاً ما استمر التصوير. ويُزال الغبش (blur) من المرئية بإمرار الفيلم أمام الشق بسرعة تساوي سرعة المرئية المتحركة (بما يتناسب مع سرعة الطائرة) وهكذا تقوم آلة التصوير ذات الشريط بموازنة حركة الفيلم بما يتناسب مع حركة المرئية، ويتم تحديد زمن التعريض بتعديل عرض شق آلة التصوير.



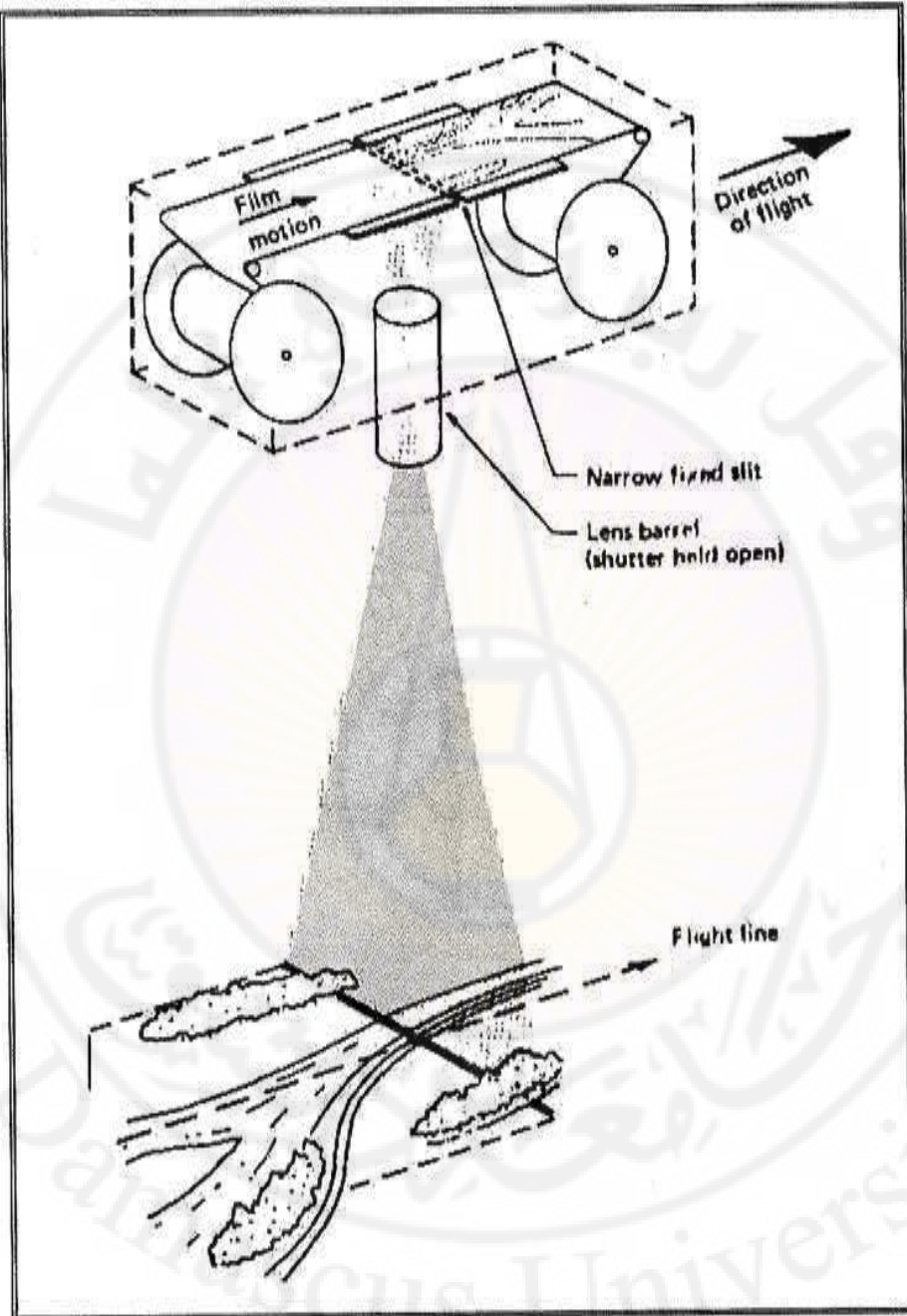
الشكل 3-6 مجسم مزدوج من آلة تصوير كبيرة المقاس. بحيرة ديغاردا Degarda وما يجاورها (إيطاليا 9 تشرين الأول (أكتوبر) 1984 1:780.000 (نفس مقياس المرئية الأصلية)
(عن ناسا و ITEK للأجهزة البصرية)



الشكل 3-7 : صور فتوغرافية جوية متعددة المجالات صورت على فلم غير ملون حساس للأشعة تحت الحمراء من خلال أربع مرشحات مختلفة . (a) مرشحة زرقاء (Wratten" 47 B) . (b) مرشحة خضراء (Wratten" 57 A) (c) ومرشحة حمراء (Wratten" 25 B) . (d) مرشحة تحت الحمراء (Wratten" 88 B) .
(عن International Imaging System)



الشكل 3 - 8 : رسم تخطيطي لمنظار جمع الألوان . يختار محلل المرئية المرئيتين أو الثلاثة مرئيات التي يرغب تركيبها ضوئياً . وفي كل جهاز إسقاط على حدة يمكن التحكم بالمعان وبمرشحة اللون وتسجيل المرئية

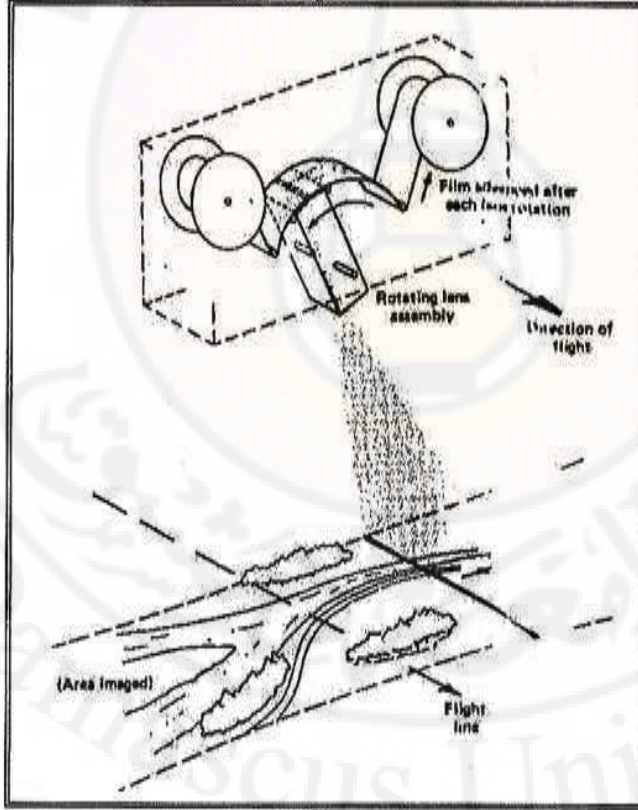


الشكل 3-9 : مبدأ عمل آلة التصوير ذات الشريط الفلمي

وتستخدم آلات التصوير ذات الشريط بكثرة في التطبيقات المدنية، عندما تكون هناك حاجة لدراسة البنيات الخطية المستقيمة، مثل اختيار الطرق الدولية السريعة أو خطوط نقل الطاقة. ومع ذلك فعند استخدام الآلات ذات الشريط على ارتفاعات عالية وبسرعات متوسطة تتشوه المرئيات عندما تغير الطائرة اتجاهها أو سرعتها أو ارتفاعها. إن هذا التشوه، مع ما طرأ من تحسين على آلات التصوير ذات اللقطة، يجعل تطبيقات التصوير ذات الشريط محدودة جداً .

3-4 آلات التصوير البانورامي : panoramic cameras :

وهي آخر أنواع آلات التصوير. وتشبه آلات التصوير ذات الشريط بأنها (تتظر) مساحة حقلية ضيقة نسبياً في زمن محدد من خلال شق ضيق .

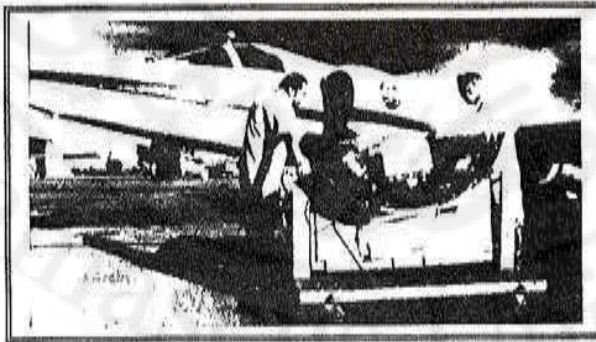


الشكل 3 - 10 مبدأ عمل آلة التصوير البانورامية

وتتغطي المساحات الأرضية بتدوير عدسة آلة التصوير أو بتدوير موشور أمام العدسة.

ويبين الشكل (3-10) أن الأرض تُمسح من جانب إلى جانب بشكل يعترض اتجاه الطيران اعتراضاً عمودياً. ويعرض الفلم على طول سطح منحنى يقع على مسافة من جملة العدسات الدوارة بمقدار البعد المحرقى لتلك العدسات ويمكن توسيع زاوية التصوير التي تغطيها آلة التصوير بحيث تمتد من الأفق إلى الأفق. ويتحرك شق التعريض على طول الفلم ما دامت العدسة تدور ويبقى الفلم ثابتاً خلال التعريض الواحد وعند الانتهاء من إحدى عمليات المسح يتقدم الفلم لأجل تعريض تال.

ويبين الشكل (3-11) آلة تصوير بانورامي ذات قضيب بصري أثناء تحميلها على طائرة الاستكشاف (U-2) العائدة إلى ناسا (NASA) وتتميز هذه الآلة بعدسة طول بعدها المحرقى /610مم/ ومجال رؤيا حقلية إجمالية قدره 120 درجة (60 درجة لكل جانب من جانبي خط الطيران). بفلم طوله (2000 م) ويؤدي استخدام هذه الآلة، المحمولة على طائرة أبحاث الناسا من ارتفاع (19800 م) إلى تغطية أرضية واسعة جداً تمتد إلى مسافة 34.3 كم على كل جانب من جانبي خط الطيران، ويمكن أن نستعمل هذه الآلة، كما هو مبين في الشكل (3-6) للحصول على تغطية مجسمة Stereoscopic للمنطقة نفسها.



الشكل 3 - 11 آلة تصوير بانورامية ذات قضيب بصري حملت على طائرة الاستكشاف U-2 التابعة لناسا (عن ITEK Optical System)

استعملت مثل هذه الآلات على شكل واسع للاستكشاف الجوي من ارتفاعات عالية كما استعملت لتصوير أكثر من نصف مساحة سطح القمر خلال بعثات أبولو التي قامت بها الناسا (NASA)

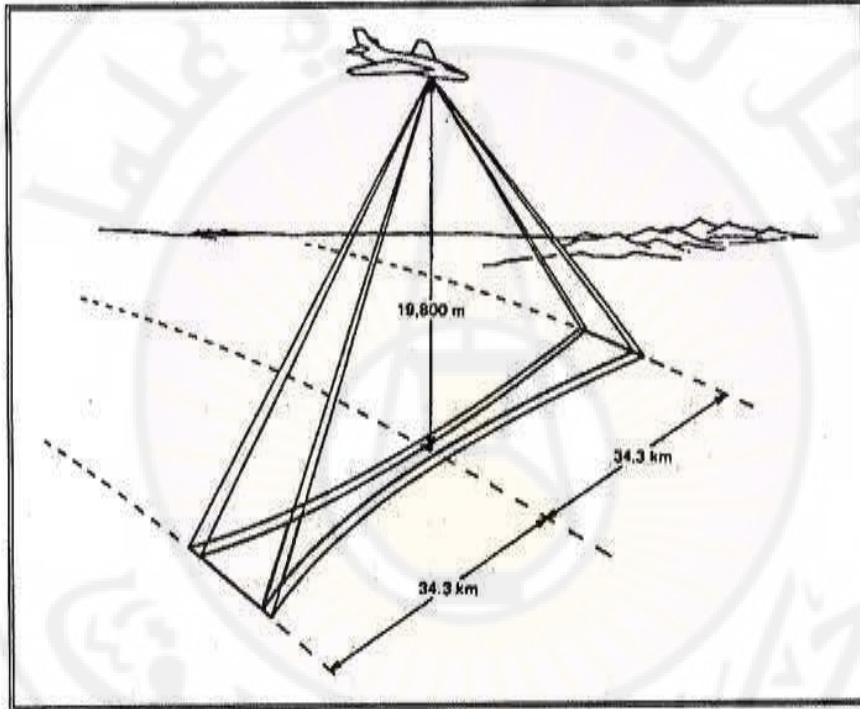
وتغطي آلة التصوير البانورامي مساحة من الأرض أكبر بكثير مما تغطيه آلات التصوير ذات اللقطة. كما تعطي بعدستها ذات حقل الرؤيا الأضيق، مرئيات ذات تفاصيل أكثر من مرئيات آلات التصوير ذات اللقطة. لذلك تعطي المرئيات البانورامية للأرض منظراً أوسع وأكثر تفصيلاً. وهذا ما يجعل من آلات التصوير البانورامي مستشعرات نموذجية لتحليل الصور الفوتوغرافية للمساحات الكبيرة. علماً أن عيب الصور البانورامية هو افتقارها إلى الدقة في ترتيب الأجسام، هذه الدقة التي تتمتع بها مرئيات آلات التصوير ذات اللقطة. واستخدمت صور هذه الكاميرا في كثير من التطبيقات مثل التلف المرضي الذي يصيب الغابات وفي مجالات حرائق الغابات .. الخ . أما عن أنواع الصور الجوية، فسوف يتم شرحها في القسم العملي التابع لهذا المقرر .

3-5- آلات التصوير اللافتوغرافي : Nonphotographic :

تتطلب عملية التصوير الفوتوغرافي، بالتعريف استعمال آلة تصوير لتسجيل معطيات مرئيات على فلم فوتوغرافي مباشرة وهذا ما تم شرحه في الفقرات السابقة. أما آلات التصوير اللافتوغرافي فتستخدم علبة آلة تصوير وعدستها، ولكنها تسجل معطيات مرئيات بواسطة مستشعرات حساسة للضوء، تولد إشارات كهربائية لا تخزن في فيلم فوتوغرافي وإنما في شريط مغناطيسي أو في اسطوانات حاسوب، أو أنها تلقم مباشرة لحاسوب رقمي.

1- صفيقات آلات التصوير للحالة الصلبة: Solid State array Cameras:

تستخدم آلات التصوير للحالة الصلبة (التي تعتمد على الخواص الإلكترونية للأجسام الصلبة) صفيقات (صفوف) من المستكشفات الأحادية أو الثنائية الأبعاد لأجهزة قارئة للشحنة (CDD) Charge Coupled Devices من أجل تجميع معطيات المرئيات والجهاز القارئ للشحنة (CDD)



الشكل 3 - 12 مخطط نموذجي للتغطية الأرضية باستعمال آلة تصوير بانورامية ذات قضيب بصري (المنطقة المظللة تمثل منطقة تراكب المرئيات) (عن رسوم ITEK Optical System)

عبارة عن رقاقة مكرو إلكترونية من السيليكون وهو مستشعر حالة صلبة يتحرى الضوء. فعندما يصطدم الضوء بسطح السيليكون تتولد شحنات إلكترونية ذات ساعات تتناسب مع شدة الضوء وزمن التعريض. وتستطيع الأجهزة القارئة للشحنة تسجيل مدى أوسع من الشدات الضوئية مما تسجله أفلام التصوير الفوتوغرافي أو آلات تصوير الفيديو (التلفزيون) .

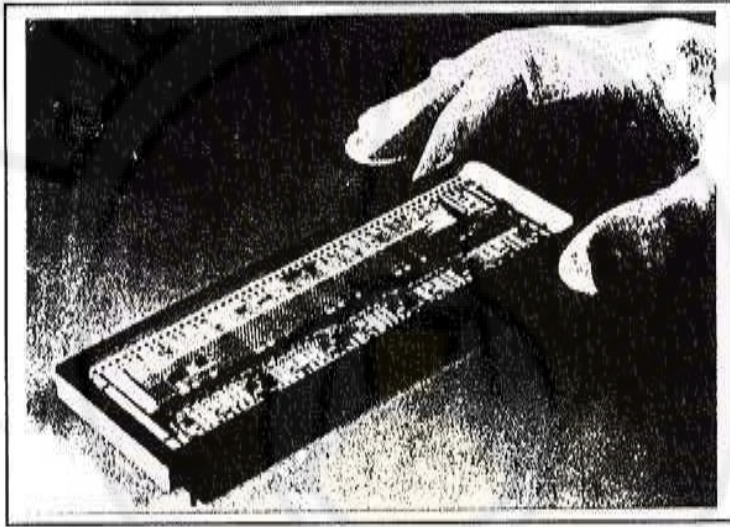
والشكل (3-13) الذي يبين قارناً للشحنة خطوطياً (أحادي البعد) 10240 عنصراً في الطول، يوضح الحجم الصغير لمستشعرات الجهاز القارن للشحنة. ونظراً لصغر حجم الأجهزة القارنة للشحنة وقلة وزنها من جهة ولمتانتها وحساسيتها للضوء من جهة أخرى. فإنها تستخدم في عدة أنواع من أجهزة الاستشعار عن بعد. فساتل سبوت Spot مثلاً يستعمل صفوف خطوية مؤلفة من 6000 عنصر (بيكسل pixel) في حالته البانوكروماتية ومن 3000 عنصر في الحالة المتعددة الأطياف (Mss) أم الماسح المصور المتعدد الأطياف الإلكتروني MEIS II فيستعمل صفوف خطوية مؤلفة من 1728 عنصر (Pixel).

2 - آلات تصوير الفيديو (Video Cameras) :

إن آلات تصوير الفيديو هي مستشعرات الكترونية تولد إشارة تلفزيونية معيارية باستخدام آلات تصوير صفيقة للحالة الصلبة ثنائية الأبعاد أو آلات تصوير فيد يكون وعند استخدام آلات تصوير الفيديو للاستشعار عن بعد من الجو يمكن إما استخدام آلة تصوير غير ملون (أسود وأبيض) أو آلة تصوير متعددة المجالات (ملون أو ملون بالأشعة تحت الحمراء) أو استعمال الكثير من آلات تصوير أحاديات المجال. وتظهر في الشكل (3-15) آلة تصوير فيديو متعدد المجالات نموذجية تتحسس الموجات ذات اللون الأخضر والأحمر وتحت الأحمر القريب، محاكية الاستجابة الطيفية للتصوير الفوتوغرافي الملون بالأشعة تحت الحمراء.

يتضمن التسجيل بالفيديو استعمال آلات تسجيل فيديو لتسجيل معطيات المرئيات إما من آلات تصوير صفيقة للحالة الصلبة أو من آلات تصوير فيديو، وتسجيل المرئية يمكن أن يستعمل أي ترتيب (Format) من أشكال ترتيب المعطيات. وأكثر أشكال الترتيب انتشار هو ترتيب معطيات VHS و Beta ولايات تسجيل الفيديو الجوية عدة مزايا، إذا ما قورنت بالمقاسين الصغيرين

(35 و 70 مم) للتسجيل الفوتوغرافي الجوي (الذي تم شرحه سابقاً) . ويمكن مشاهدة المرئية التي تم الحصول عليها في الطائرة أثناء الحصول على المعطيات. كما أن شريط الفيديو يكون معداً أيضاً للتحليل مباشرة بعد الطيران. فلا يحصل أي تأخير في المعالجة أو التداول. كما أن المرئيات الناجمة لا تكلف كثيراً. فأسعار المواد المستعملة عادة أقل من أسعار مواد التصوير الفوتوغرافي / 35 مم / التي تستعمل لتغطية المنطقة نفسها. وهناك

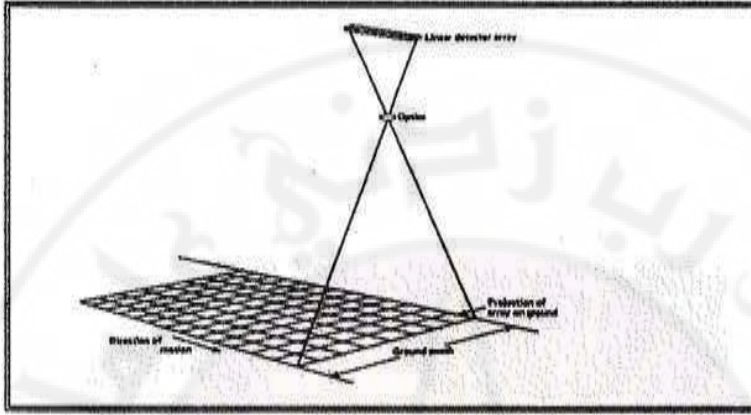


الشكل 3-13 جهاز قارئ للشحنة ذو صفيحة خطوية مؤلفة من 10240 عنصر في الطول لاستخدامه في آلة تصوير ذات صفيحة خطوية للحالة الصلبة .

(عن ITEK Optical System)

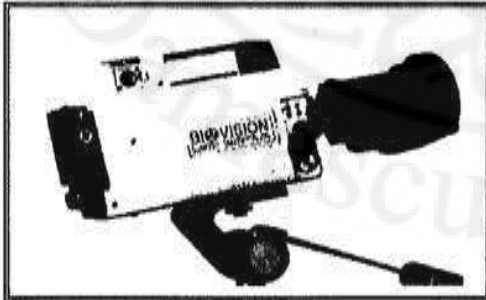
ميزة أخرى لأفلام الفيديو وهي إمكان التسجيل الصوتي عليها، وهذا يعني إمكان تسجيل تعليقات صوتية حول بعض المعالم أو المواقع أثناء تسجيل المرئية. والعيوب الرئيسية في التسجيل بالفيديو هي أن ميزاته أقل وسرعة مغلقه أبطأ ($\frac{1}{30}$ أو $\frac{1}{60}$ ثانية) في التسجيل بالفيديو مقابل $\frac{1}{500}$ ثانية

سرعة المغلاق النموذجي في التصوير الفوتوغرافي الجوي وهناك أمور أخرى تتعلق بالتطبيقات في الحقل الخ .



الشكل 14-3 طريقة المسح بالصفيفة الخطوطية (بالكنس المتقدم)

لقد كان التصوير الجوي العمود الفقري التاريخي للاستشعار عن بعد، كما أشرنا سابقاً ذلك بسبب توفره وتكامله الهندسي واستعمالاته المتعددة وتكلفته القليلة. إلا أن للتصوير الفوتوغرافي الجوي، كما في أي جهاز آخر للاستشعار، حدوداً معينة ومتطلبات خاصة. فالصور غالباً ما يصعب الحصول عليها وتداولها وتخزينها ومعايرتها وتفسيرها. ولكن تشير التوجهات التقنية اليوم، في الوقت نفسه، إلى أنه ستستعمل قريباً أجهزة التسجيل الرقمية في كثير من التطبيقات التي تستخدم فيها الآن الصور الفوتوغرافية الجوية. وعلى أي حال ننصح المهتمين بالاستشعار عن بعد أن يحصلوا على قدر كافٍ من المعلومات حول الخصائص التفسيرية والهندسية والراديو مترية للصور الجوية .



الشكل 15-3 : آلة التصوير فيديو متعددة المجالات

البعد المحرفي لعدستها الزوم يتراوح بين

10 و 100 مم (عن مؤسسة E.Coyote)

الفصل الرابع

□ الأقمار الصناعية لدراسة الموارد الأرضية

Earth Resources Technology Satellite

4-1 مقدمة :

ربما لم يعرف اشتراك تقنيتين على نطاق واسع في دراسات وتطبيقات هامة، كما حصل في اندماج تقنيتي الاستشعار عن بعد واستكشاف في الفضاء. وبالرغم من أن الكثير من مظاهر هذا الاشتراك ما يزال في مرحلة التطوير، فإن دراسة الأرض من الفضاء قد تحول من حقل البحث المجرد إلى حقل التطبيق اليومي ذي الانتشار الواسع. ونحن نعتمد الآن على مستشعرات محمولة في الفضاء في كثير من المهمات، التي تتضمن التنبؤ الجوي وتقدير المحاصيل واستكشاف المعادن فضلاً عن بعض التطبيقات المتنوعة مثل تقصي الملوثات ورصد المراعي ومراقبة الصيد التجاري، وتلوث البيئة وأمور كثيرة أخرى. وقد حدث ذلك في فترة قصيرة من الزمن، ولا يزال الاستشعار من الفضاء مستمراً في تطوره وذلك بإدخال تحسينات على المركبات الفضائية الجديدة ووضعها في مدارات حول الأرض .

وسنركز في هذا الفصل على أجهزة الاستشعار عن بعد المحمولة في الفضاء، السابقة والحالية والمتوقع صنعها، الهدف من تشغيلها بالدرجة الأولى ملاحظة الموارد الأرضية. وسنهتم بالدرجة الأولى بسواتل لاندسات landsat وسواتل سبوت spot . ولكننا سنذكر عمل بعض الأجهزة الأخرى التي يحتمل أن يكون لها دور كبير في رصد كرتنا الأرضية في المستقبل.

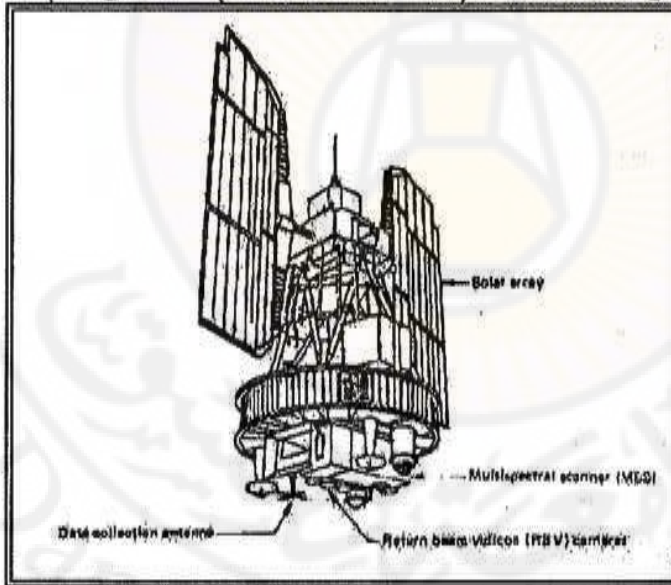
إن استعمال الأقمار الصناعية (السواتل) بمختلف أنواعها وأغراضها يوفر صوراً فضائية من أهم ميزاتها:

- 1 - تأمين رؤيا شمولية لا تحققها الصور الجوية .
- 2 - تأمين تغطية متكررة يؤمنها الدوران المستمر للتتابع الصناعية حول الأرض.

3 - سهولة الحصول على المعلومات وتسجيلها على أشرطة ممغنطة مما يسمح بإجراء المعالجة الآلية باستخدام الحاسبات الأمر الذي يشجع على تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد الحديثة في شتى المجالات والعلوم وعلى الأخص دراسة المصادر والموارد الطبيعية كالدراسات الجيولوجية والهيدروجيولوجية والزراعية. يعتبر برنامج لاندسات الأمريكي من أوائل برامج غزو الفضاء في مجال دراسة الموارد الأرضية ، حيث بوشر العمل فيه بأواخر الستينات تحت

اسم Earth Resources Technology Satellite

لقد تم إطلاق القمر الصناعي EARTS -1 في تموز عام 1972 وسمي فيما بعد ب لاندسات -1 (LANDSAT - 1) واستمر في عمله حتى عام 1978 . أما لاندسات -2 (LANDSAT - 2) فقد تم إطلاقه في كانون الثاني عام 1975 - واللاندسات -3 (LANDSAT - 3) فقد أطلق عام 1978 .

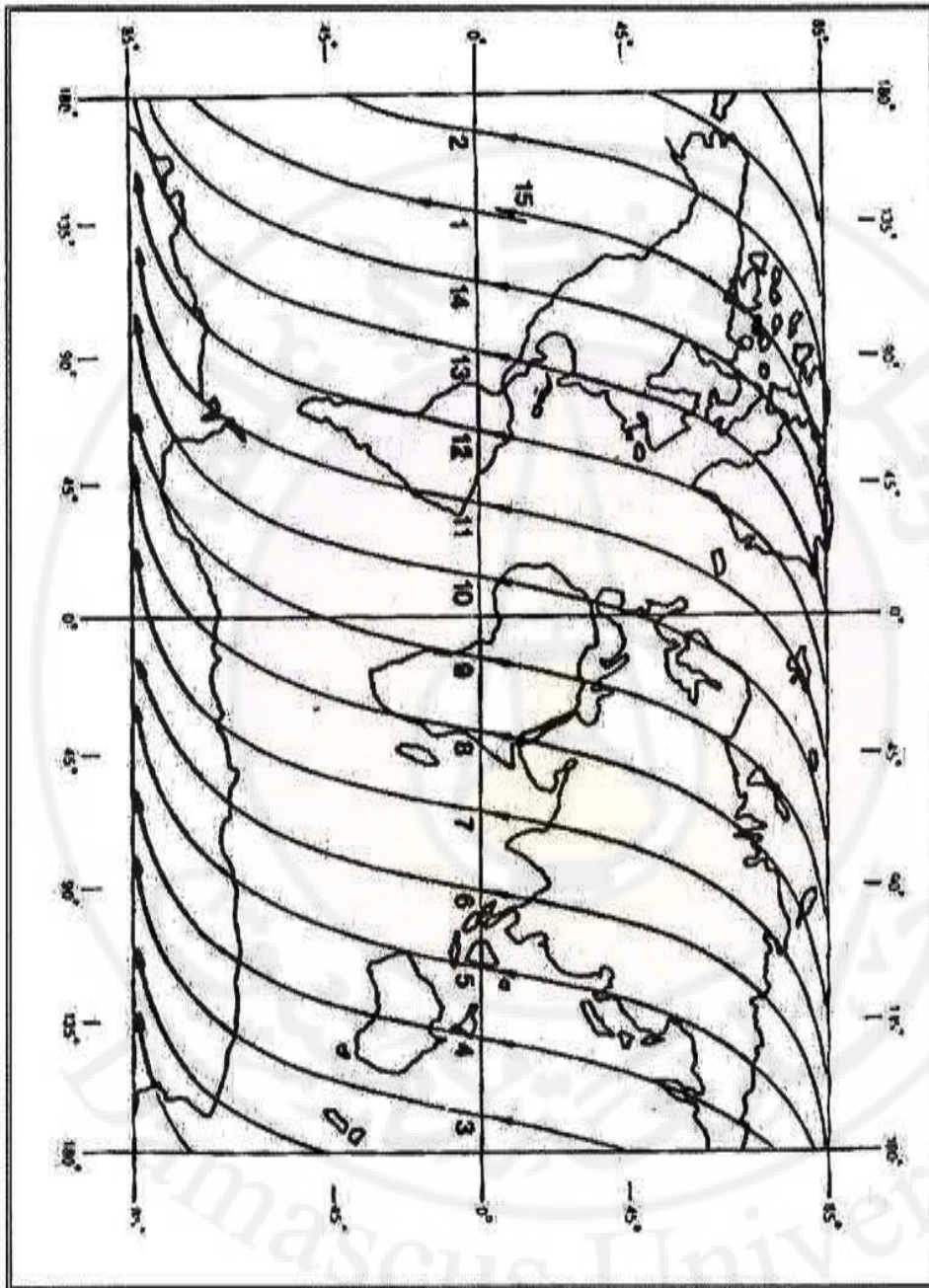


الشكل 1-4 : المخطط العام للاندسات 1 و 2 و 3 (landsat1-2-3) في وضعية المراقبة .

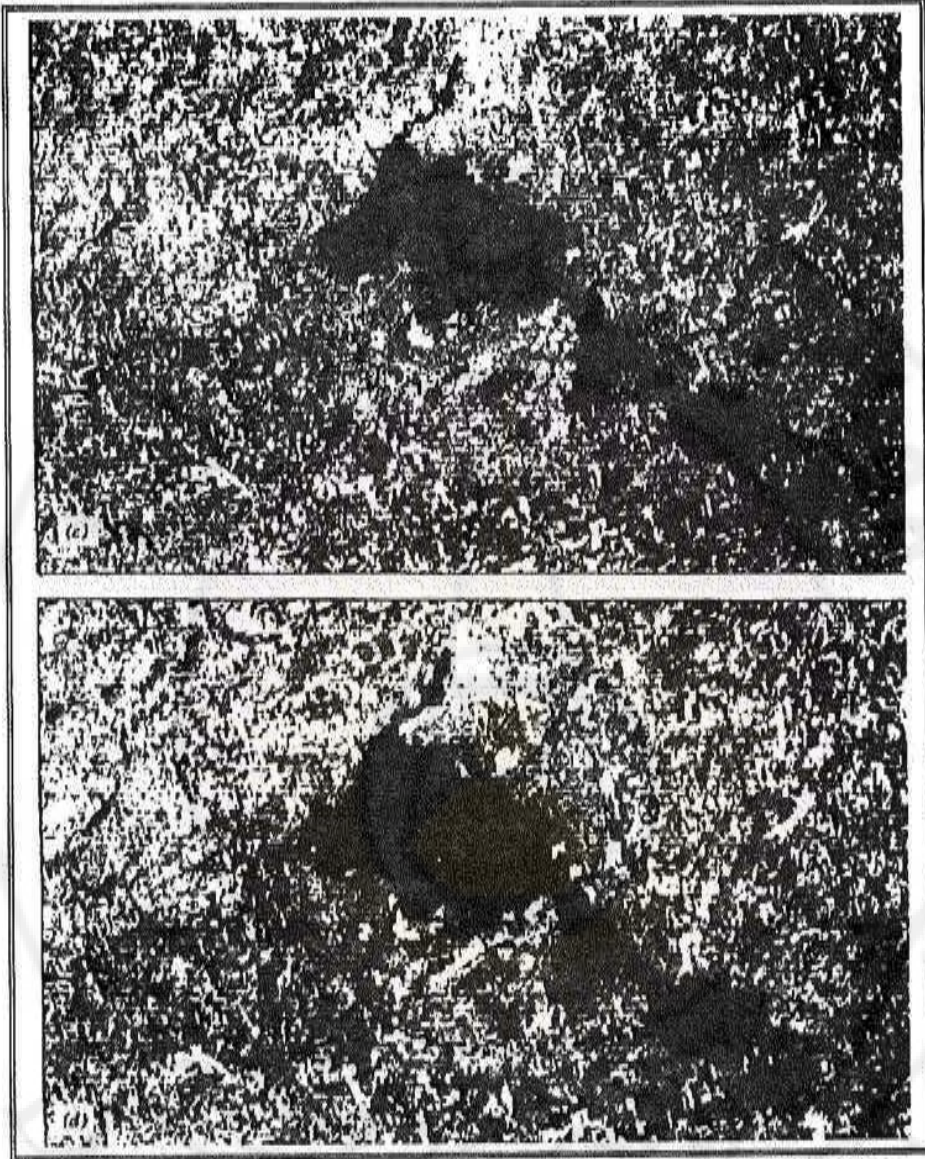
4-2 خصائص مدارات لاندسات 1 و 2 و 3 (landsat 1-2-3) :

يبين الشكل (1-4) المخطط العام لسوائل لاندسات الثلاثة 1 و 2 و 3 ويبلغ طول كل من هذه السوائل، والذي يشبه الفراشة، نحو (4 م) وقطره (1.5 م)، وتمتد ألواح الشمسية نحو (4 م) ويزن كل منها حوالي (815 كغ) وقد تم إطلاق هذه السوائل لتدور في مدارات دائرية على ارتفاع مفروض قدره (900 كم) (يتراوح الارتفاع بين 880 - 940 كم) وتمر مداراتها ضمن مجال يبعد 9 درجات عن القطبين الشمالي والجنوبي. وكانت تدور حول الأرض مرة كل (103 دقائق)، محققة بذلك (14) دورة في اليوم. وكانت السرعة الأرضية للسائل نحو (6.64) كم/ثانية.

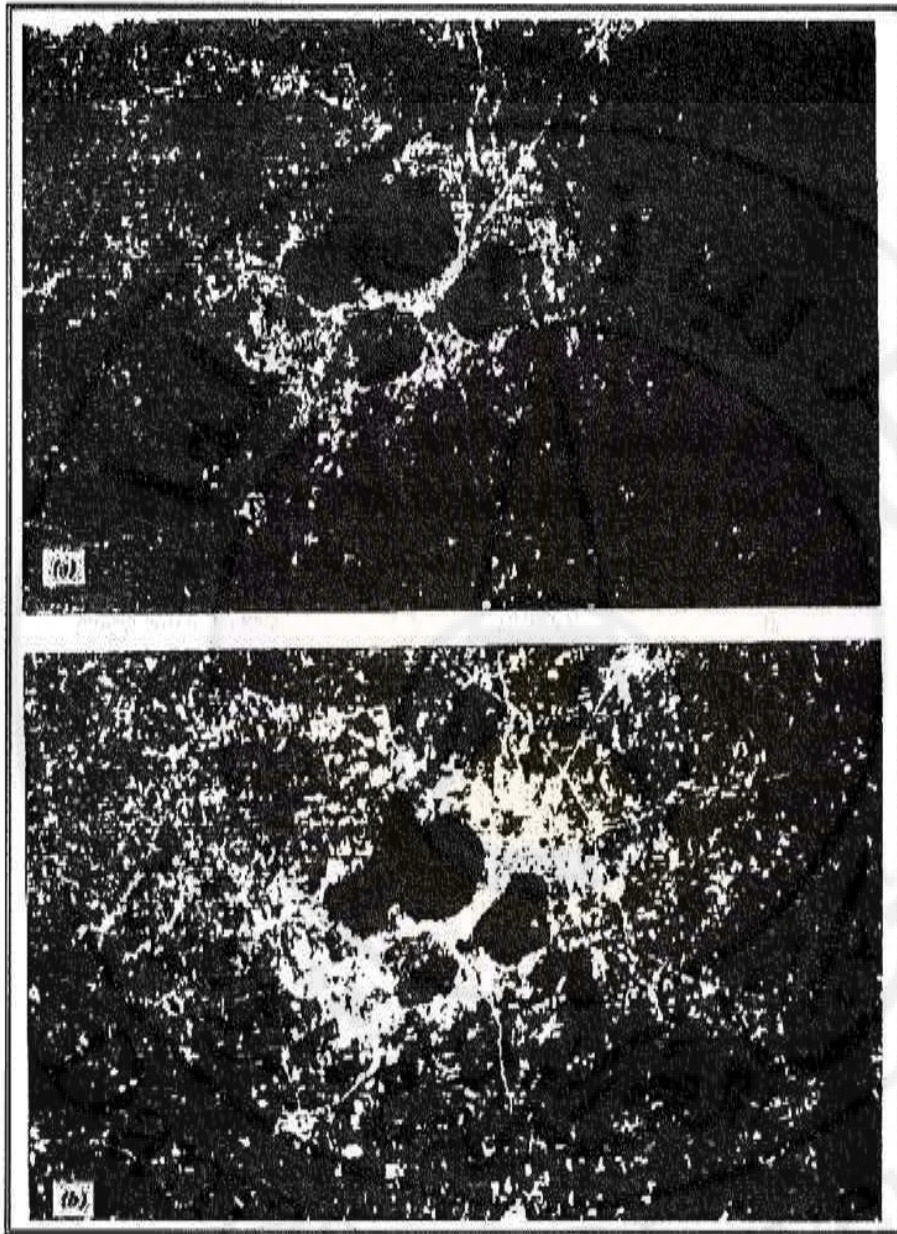
ويبين الشكل (2-4) المسارات الأرضية لمدارات السائل، من الشمال إلى الجنوب وهو يحققها في يوم واحد. ويمكن أن نلاحظ أن هذه المسارات تقطع خط الاستواء. صانعة مع الشاقول زاوية قدرها / 9 درجات /، كما تبعد المدارات المتتالية بعضها عن بعض في خط الاستواء نحو / 2760 كم /. كما يمكن ملاحظة ثغرات كبيرة في التغطية بالصور بين المدارات المتتالية في أي يوم من الأيام، لأن المستشعرات القائمة على السوائل تصور رقعة عرضها / 185 كم / فقط ومع ذلك فإن مدار السائل (القمر الصناعي) يتقدم نحو الغرب قليلاً كل يوم جديد ليتجاوز مدار اليوم السابق قليلاً (انظر المدار 15 في الشكل 2-4) وقد نجم عن هذه العلاقة القائمة بين مدار السائل ودوران الأرض مرئيات تتراكب مع مرئيات اليوم السابق، ويكون التراكب أعظمياً في خط العرض 81 درجة شمالاً وجنوباً (نحو 85 0/0) وفي حدوده الدنيا (نحو 14 %) في خط الاستواء.



الشكل 2-4 : المخطط النموذجي للمدار اليومي للاتصالات 1- و 2- و 3-
(مسارات النهار فقط)



الشكل 3-4 أربع صور لمشهد واحد التقطت بأربعة مجالات مختلفة لمساح MSS محمول على لاندسات ماديسون **Madison** ويسكونس وما حولها 13 تموز (يوليو) و 1974 1:400.000 (a) المجال 4 الأخضر . 0.5 حتى 0.6 مك (b) المجال 5 الأحمر 0.6 حتى 0.7 مك . (c) المجال 6 تحت الأحمر القريب حتى 0.8 مك المجال 7 تحت الأحمر القريب . 0.8 حتى 1.1 مك



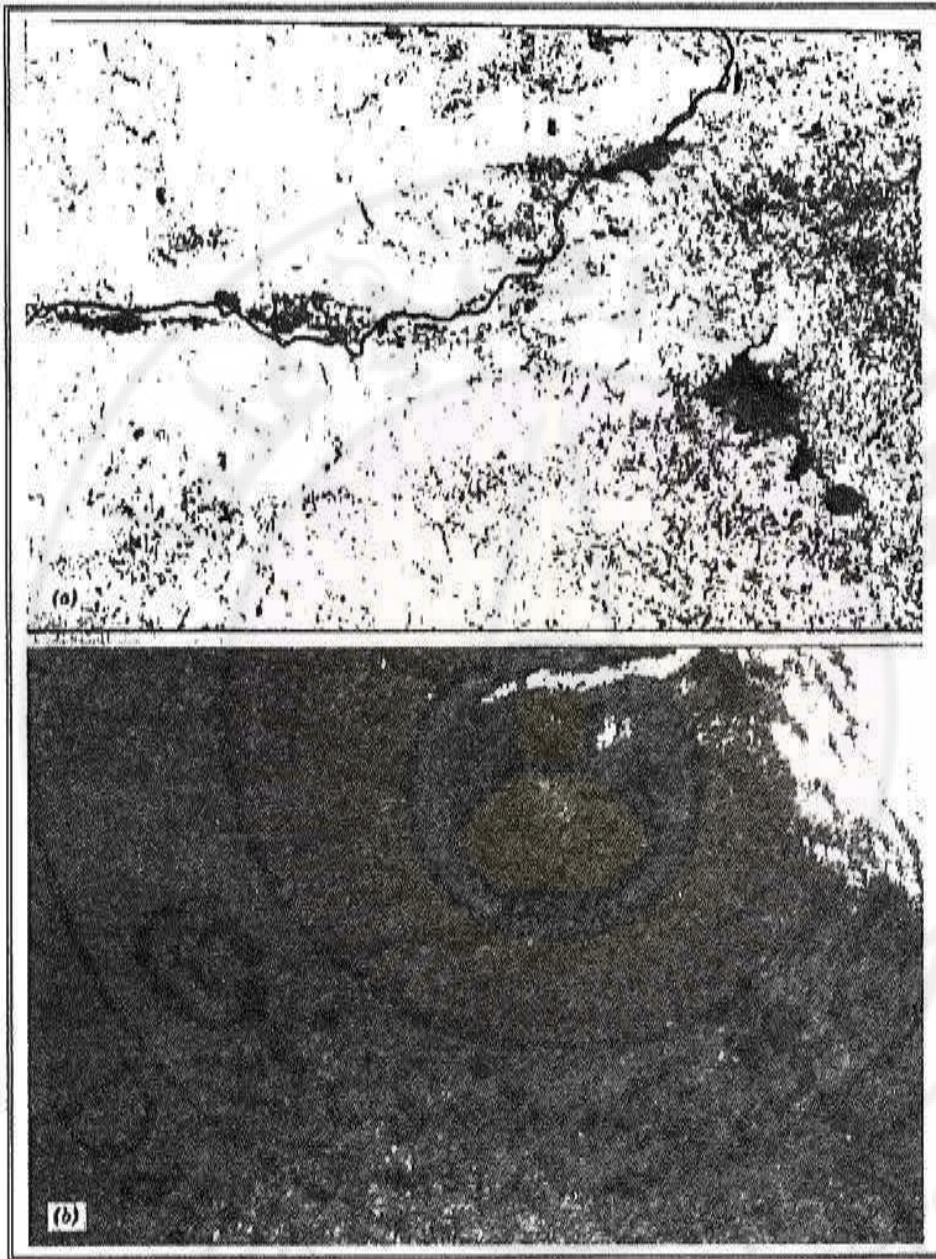
4-3- أجهزة الاستشعار (المستشعرات) المحمولة على متن لاندسات 1 و 2 و 3:
لقد تم إطلاق ساتلي لاندسات -1 و -2 وعلى متنها أجهزة استشعار متشابهة، فهما يحملان الأجهزة التالية :

1 - جهاز الحزمة المرتدة (جهاز فيديكون) : Return beam vidicon R B V
بثلاثة قنوات (ثلاثة نطاقات طيفية). يتألف جهاز R B V من ثلاثة آلات تصوير تشبه آلات تصوير التلفزيون مهمتها تصوير مساحة من الأرض، بأن واحد، أبعادها 185×185 كم وكانت قوة التمييز الأرضية المفترضة لآلات التصوير 80 م . وكانت الحساسية الطيفية لكل آلة تصوير مماثلة أساساً لحساسية كل طبقة على حدة من الفلم الملون الذي يتحسس الأشعة تحت الحمراء:
المجال الأخضر (0.475 إلى 0.575 ميك)
المجال الأحمر (0.580 إلى 0.680 ميك)
المجال تحت الأحمر القريب (0.690 إلى 0.836 ميك)
وهذه المجالات كانت تسمى : المجال 1 والمجال 2 والمجال 3 .

وتتميز مرئيات R B V برسم خرائط أكثر دقة من مرئيات الماسح متعدد الأطياف (MSS) على لاندسات، لأن الفيديكون (R B V) ذو الحزمة المرتدة يصور المشهد بكامله في نفس اللحظة تماماً كآلة التصوير. وتقوم محطات الاستقبال الأرضية الموزعة جغرافياً في مناطق محددة من العالم باستقبال المعلومات بشكل مباشر ومعالجتها، في حين تقوم المحطة الأرضية الرئيسية باستقبال المعلومات بشكل مباشر ومعالجتها، وتقوم أيضاً باستقبال المعلومات المختزنة وتتابع حركة هذه التوابع (السوائل) ومراقبتها.

2 - الماسح المتعدد الأطياف MSS :

لقد غطى الماسح متعدد الأطياف (MSS) على متن السوائل الثلاثة من لاندسات -1 و -2 و -3 رقعة عرضها 185 كم في أربعة مجالات موجية (طيفية) : مجالان في الطيف المرئي (المنظور) بطول: (4) المجال الأخضر (0.5 - 0.6 ميك) .



الشكل 4 - 4 مرئيتان بالمجال 7 لمساح MSS محمول على لاندسات جنوب غربي
ويسكونسن Wisconsin 1:1.000.000 (a) 1974 (b) 14 آذار (مارس) 1973

(5) المجال الأحمر (0.6 - 0.7 مك)

ومجالات في الطيف تحت الأحمر القريب بطول : (6) مجال تحت الأحمر قريب (0.7 - 0.8 مك)

(7) مجال تحت الأحمر قريب (0.8 - 1.1 مك)

وقد أعطي لهذه المجالات الأرقام 4و5و6و7. وقد أضيف إلى الماسح المتعدد الأطياف (MSS) على متن لاندسات -3 مجال حراري (المجال 8) يعمل في منطقة الطيف الذي يتراوح بين 10.4 و 12.6 مك. ولكن هذه القناة قد تعطلت بعد الإطلاق بوقت قصير. وهكذا قدمت أجهزة الماسح المتعدد الأطياف الثلاثة بالفعل معطيات في المجالات الأربعة نفسها. وقد استخدمت في الواقع نفس المجالات أيضاً في أجهزة (MSS) المحمولة على لاندسات -4و-5 ولكنها دُعيت هنا المجالات 1و2و3و4.

وبقوم الماسح المتعدد الأطياف (MSS) بمسح كل خط من الغرب إلى الشرق، على حين تضمن حركة المركبة الفضائية نحو الجنوب تقدم خطوط المسح على طول المسار. " ويتحدد " كل مشهد من الماسح المتعدد الأطياف المحمول على لاندسات من رقعة المعطيات المستمرة للماسح المتعدد الأطياف بحيث تغطي مساحة 185×185 كم تقريباً بترابك طرفي بين المشاهد المتتالية قدره 10 0/0 ويتألف المشهد المفترض من نحو (2340) خط مسح ويتألف كل خط من نحو 3240 عنصر (بيكسل PIXEL) لكل قناة. وحين أجريت أربع مشاهدات طيفية لكل عنصر أمكن الحصول على أكثر من 30 مليون مشاهدة . فإذا علمنا أن الحصول على المرئية الواحدة يحتاج إلى 25 ثانية تقريباً أدركنا المعدل الضخم لإنتاج المعطيات .

4-4- خصائص مدارات لاندسات - 4 - 5 :

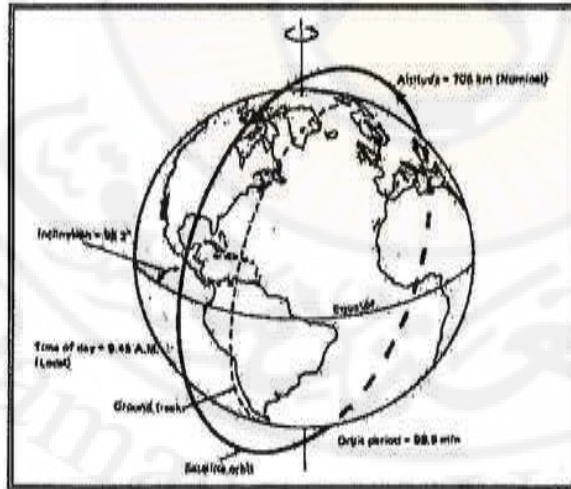
Orbit characteristics Of Landsat -4 and -5

أطلق الساتلان (القمران الصناعيان) لاندسات -4 و-5 كسابقهما

من السوائل .

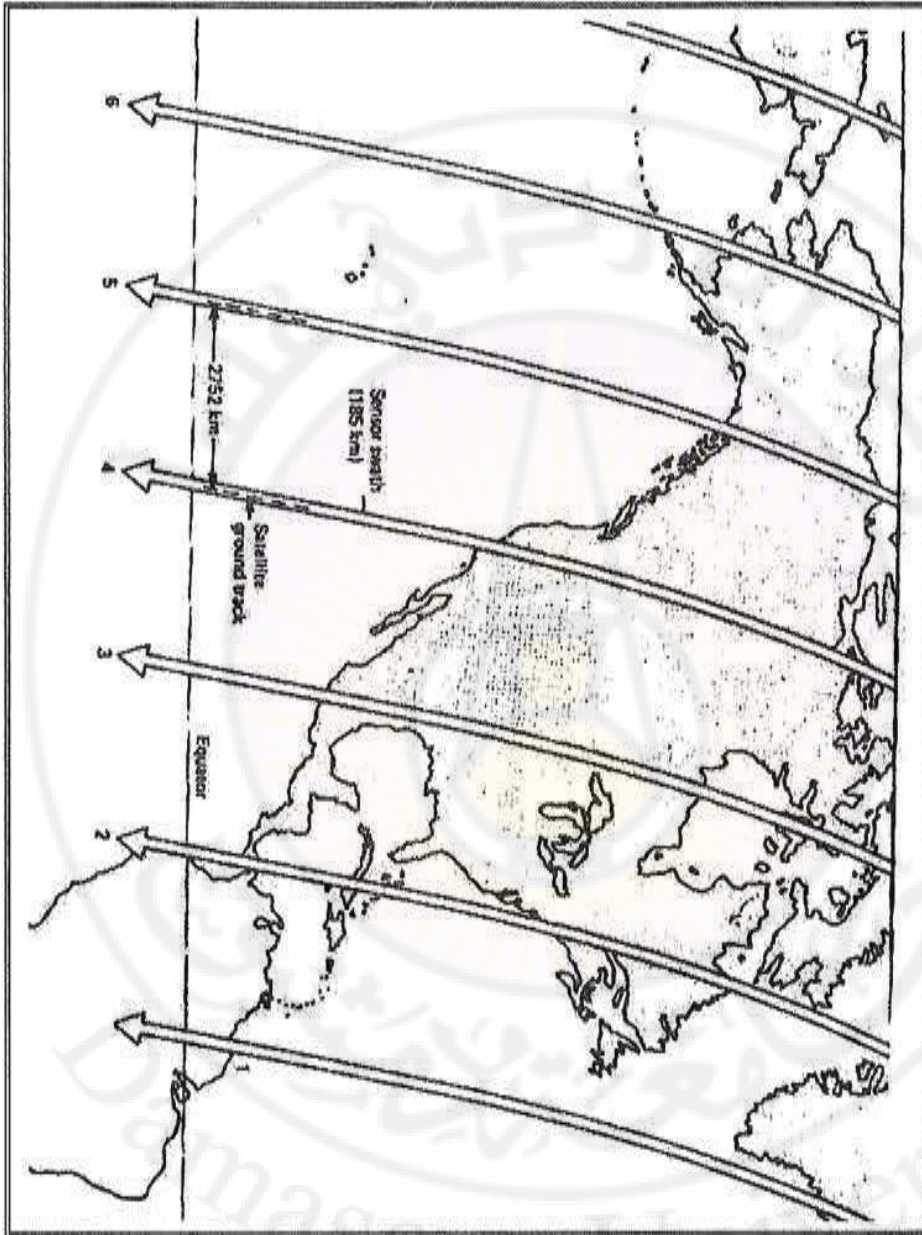
أطلق الساتل 4- عام 1982 والساتل 5- عام 1984 (ولهما نفس الخصائص من حيث الشكل والعمل)، في مدارات متكررة قرب قطبية ودائرية متزامنة مع الشمس. غير أن ارتفاع مداراتها خُفض من 900 كم إلى 705 كم. وقد تم اختيار هذه المدارات الأكثر انخفاضاً لإمكان استرجاع الساتلين بواسطة مكوك الفضاء وللمساعدة في تحسين قوة التمييز الأرضية للمستشعرات المحمولة على متنهما.

وكما هو واضح في الشكل (4-5) أن مدارات ساتلي لاندسات 4- و 5- تميل عن خط الاستواء بزاوية قدرها 98.2 درجة (أكثر من الوضع الشاقولي بـ 8.2 درجة). ويجتاز الساتل خط الإستواء من الجزء الشمالي من كل مدار إلى جزئه الجنوبي في الساعة (9.45) صباحاً حسب التوقيت الشمسي المحلي. وتستغرق دورة كل مدار نحو 99 دقيقة، بحيث يكمل الساتل ما يزيد قليلاً عن 14.5 دورة في اليوم الواحد . وبسبب دوران الأرض تقدر المسافة بين المسارات الأرضية للمدارات المتتالية على خط الاستواء بنحو 2752 كم (الشكل 4-6).

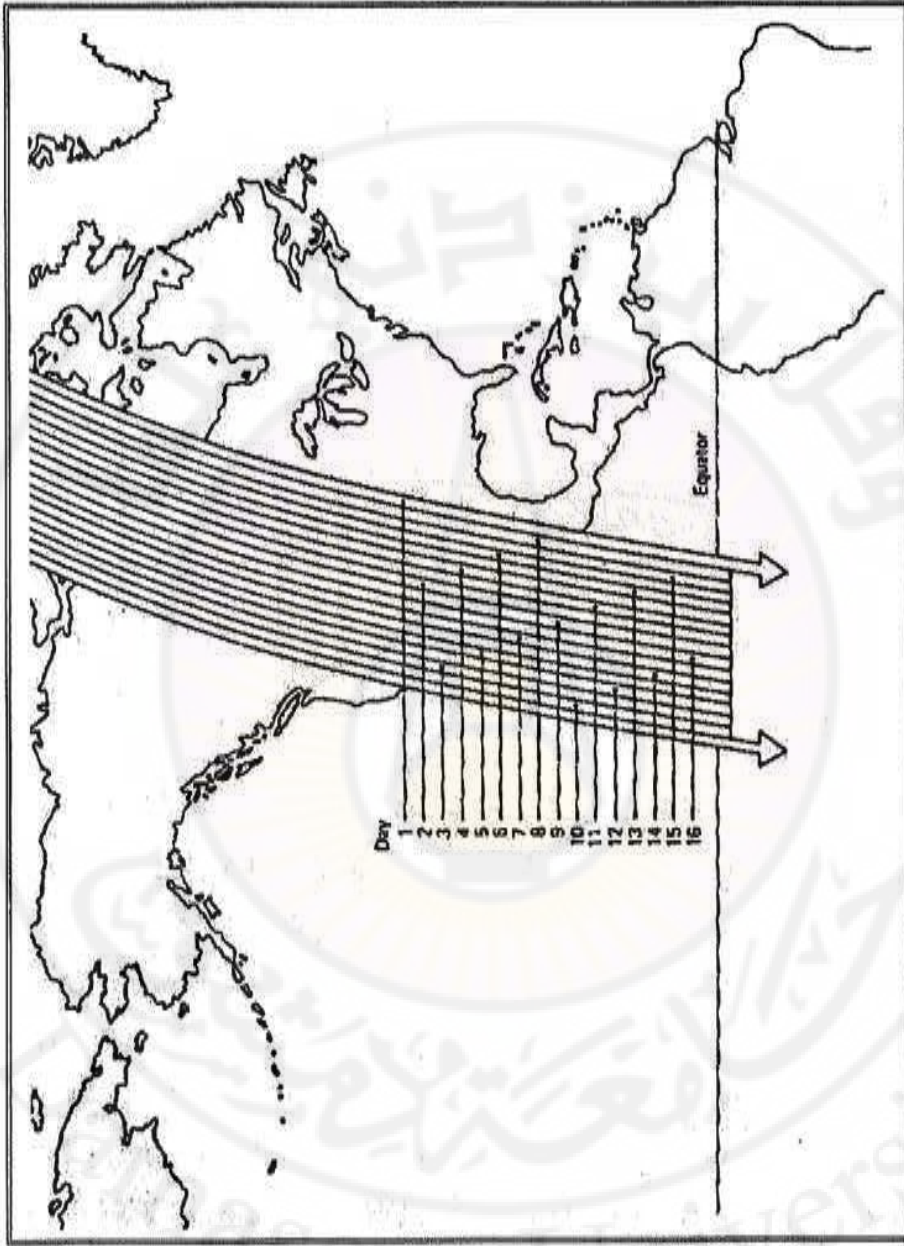


الشكل 4-5 : مدار ساتلي لاندسات 4- و 5- المتزامن مع الشمس .
عن مخطط من (NASA)

ويغطي مدار الساتل المذكور أعلاه إلى أن كل ساتل يغطي محيط الأرض كل 16 يوم. وقد تم تنظيم مداري الساتلين 4- و 5- بحيث يفصل بينهما زمن قدره 8 أيام، بصورة يمكن إجراء تغطية متعاقبة كل ثمانية أيام بالتبادل بين الساتلين، إذا كان الساتلان بحالة العمل. ويبدو في الشكل (4-7) أن الزمن الفاصل بين مدار كل مسار وآخر المسارات المتجاورة للساتل نفسه في سبعة أيام. ويختلف هذا الطراز من التغطية تماماً عما يجري في السواتل الثلاثة السابقة (لاندسات 1 و 2 و 3) التي تستغرق دورات مدتها 18 يوم بفاصل يوم واحد بين مدارات المسارات المتجاورة. واستناداً إلى ذلك تم تصنيف مرئيات ساتلي 4- و 5- وفق مجموعة ممرات لنظام مرجعي عالمي (WRS)، يختلف عن النظام الذي استخدم في المعطيات المرجعية لسواتل لاندسات 1 و 2 و 3 . ويتألف النظام المرجعي العالمي (WRS) لساتلي 4- و 5- من 233 ممراً ترقم من 001 إلى 233، من الشرق نحو الغرب، حيث يجتاز الممر 001 خط الإستواء في خط الطول 36 دقيقة و 64 درجة غرباً. ويستعمل هنا عدد من الصفوف نفسه المستخدم في النظام المرجعي العالمي السابق. بمعنى أن الصف (60) يتوافق مع خط الاستواء عند عقدة المدار النازل، ويبدأ الصف (1) من كل ممر بخط عرض الاستواء عند عقدة المدار النازل، ويبدأ الصف (1) من كل ممر بخط عرض 47 دقيقة و 80 درجة شمالاً.

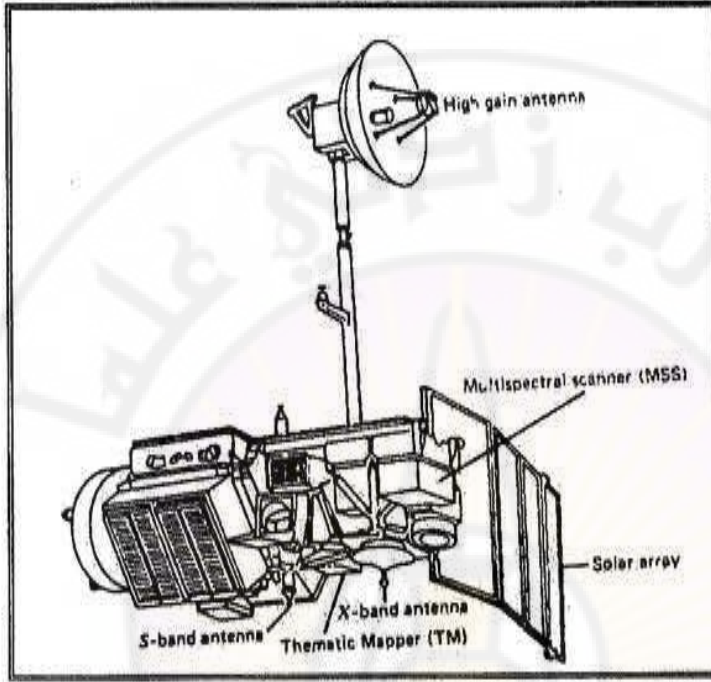


الشكل 4-6 : المسافة بين المسارات المتجاورة لساتلي لاندسات 4- و 5- في خط الاستواء تدور الكرة الأرضية مسافة 2752 كم باتجاه الشرق في منطقة خط الاستواء خلال الفترة الفاصلة بين مرورين (عن مخطط من NASA)



الشكل 4-7 توقيت تغطية المسارات المتجاورة لساتلي لاندسات 4- و 5- صورت الرقع المتجاورة في فاصلة زمنية قدرها 7 أيام (عن مخطط من NASA)

4-5- المستشعرات (أجهزة الاستشعار) المحمولة على متن لاندسات 4 و 5 - :



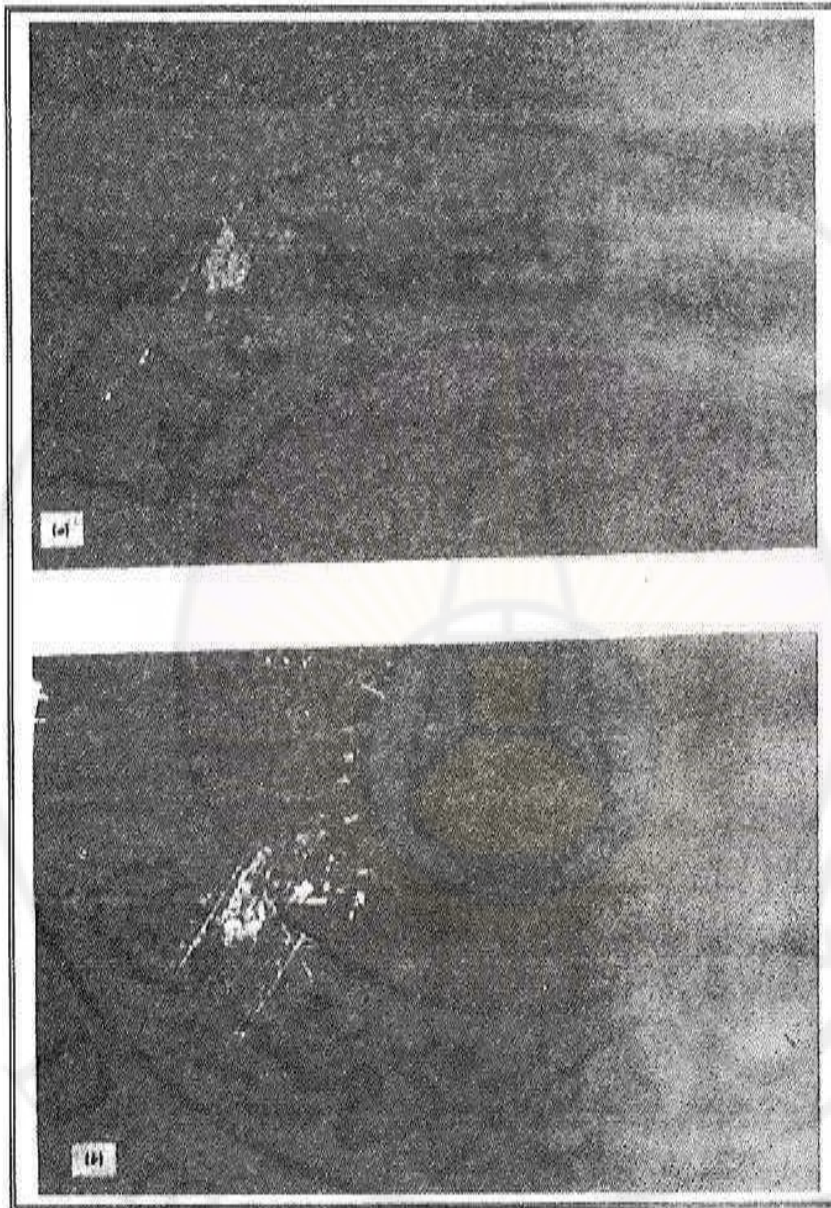
الشكل 4 - 8 : صورة مرصدي لاندسات 4 و 5 - (عن مخططات من ناسا)

يبين الشكل (4-8) تصميم ساتلي لاندسات 4 و 5 - الذي يقيم جهازى الماسح المتعدد الأطياف (MSS) ورأسم الخرائط الغرضي (TM). وتزن هذه المركبة الفضائية (2000 كغ) تقريباً، وتتضمن أربع لوحات شمسية أبعادها (1.5 × 2.3 م) مركبة على جانب واحد. ويمكن استخدام الهوائي العالي المردود البارز فوق المركبة الفضائية في نقل (ترحيل Rely) المعطيات من خلال سواثل اتصالات متزامنة مع الأرض الموجودة في جملة سواثل ارسال أو نقل المعطيات وتعقبها. (TDRSS). (والسواثل الوحيد الذي يعمل في هذه الجملة هو TDRS-1، الموضوع على خط طول 41 درجة غرباً ويقوم بتغطية تكاد تكون كاملة لنصف الكرة الغربية). وقد أمكن بث معطيات Mss و TM

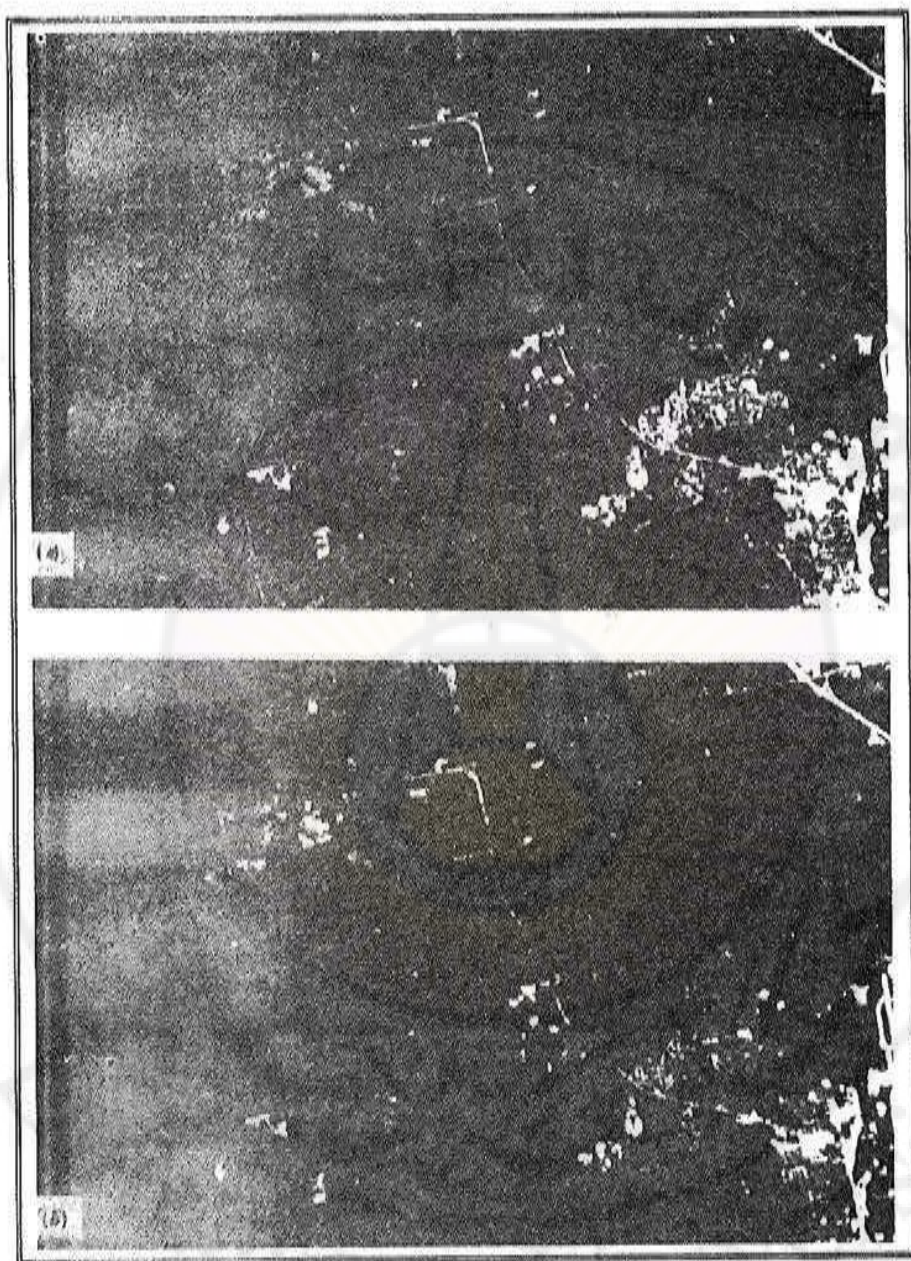
إلى محطات الاستقبال الأرضية مباشرة عبر هوائيات بالمجال X وبالمجال S موضوعه على متن الساتل. والسرعة التي ترسل بها المعطيات كبيرة : فالماسح المتعدد الأطياف (MSS) يرسل 15 ميغابايت في الثانية، ورسم الخرائط الغرضي (TM) يرسل 85 ميغابايت (تم إطلاق الماسح المتعدد الأطياف في هذه المهمات أساساً لضمان استمرار تدفق المعطيات لمحطات الاستقبال غير القادرة على استقبال معطيات راسم الخرائط الغرضي (TM) ومعالجتها.

وتتطابق تماماً مستشعرات الماسح المتعدد الأطياف (MSS) على متن ساتلي لاندسات 4- و 5- بصورة أساسية مع مستشعرات (MSS) القائمة على متن سواتل لاندسات السابقة (1 و 2 و 3). فقد تم الاحتفاظ بعرض رقعة المسار وقدرها 185 كم، عند المدار ذو الارتفاع الأدنى وذلك بزيادة حقل الرؤية الكلي إلى 14.92 درجة (بدلاً من 11.56 درجة في الأجهزة السابقة، الموضوعه على لاندسات (1 و 2 و 3). وقد عدلت أيضاً المجموعة الضوئية لجهاز (MSS) كي تعطي حقل رؤيا لحظي (IFOV) قدره 82×82 م لتتوافق بالضبط مع حقل الرؤيا اللحظي الذي تتميز به الأجهزة السابقة والذي يبلغ 79×79 متراً. وقد استخدمت المجالات الطيفية الأربعة نفسها لتجميع المعطيات بعد إعادة ترقيمها. بمعنى أن المجالات من 1 إلى 4 في الماسح المتعدد الأطياف على متن لاندسات 4- و 5- تتوافق مع المجالات 4 إلى 7 في أجهزة الماسح المتعدد الأطياف السابقة.

إن راسم الخرائط الغرضي (TM) هو ماسح متعدد الأطياف متطور جداً أجري عليه عدد من التحسينات في التصميم الطيفي والراديومترية والجيومترية بالنسبة للماسح المتعدد الأطياف (MSS) وتتيح لنا التحسينات الطيفية الحصول على معطيات في سبعة مجالات بدلاً من أربعة، إذ تقع المجالات الجديدة في القسم المرئي (المنظور) من الطيف (الأزرق)، والجزئين تحت الأحمر المتوسط والحراري منه.



الشكل 4-9 مدار ديترويت مشيفان وما حوله . 1:12.000 (a) المجال 5 من MSS المحمول
على لاندسات 3- (b) المجال 3 من المجال TM المحمول على لاندسات 4-



واستناداً إلى الخبرة التي تم الحصول عليها من معطيات (MSS) وعلى نتائج الدراسات الحقلية الكثيرة التي أجريت بمقاييس الإشعاع، تم اختيار مدى موجات راسم الخرائط الغرضي (TM) وتحديد مواقع مجالاته لتحسين قابلية التفريق بين معالم سطح الأرض الرئيسية. (الجدول في تفسير مرئيات MSS) ويمكن ذكرها:

- 1 - المجال الأزرق 0.45 - 0.52 مك . الأول .
- 2 - المجال الأخضر 0.52 - 0.60 مك . الثاني .
- 3 - المجال الأحمر 0.63 - 0.69 مك . الثالث .
- 4 - المجال تحت الأحمر القريب 0.76 - 0.90 الرابع .
- 5 - المجال تحت الأحمر المتوسط 1.55 - 1.75 مك الخامس .
- 6 - المجال تحت الأحمر الحراري 10.4 - 12.5 مك السادس .
- 7 - المجال تحت الأحمر المتوسط 2.08 - 2.35 مك السابع .

المجالات 6 و 7 يأتيان بالتسلسل من حيث طول الموجة لأن المجال 6 أضيف إلى راسم الخرائط الغرضي (TM) في عملية تصميم الجهاز الأساسية في وقت متأخر .

هناك فرق هام بين (TM) و (MSS) هو في عدد المستكشفات المستخدمة في مجالات الاستشعار المختلفة ففي حين يستخدم (MSS) لتسجيل المعطيات ستة مستكشفات في كل مجال طيفي (قنال طيفي) من مجالات استشعاره والتي هي أربعة (يصبح العدد الكلي للمستكشفات 24)، فإن راسم الخرائط الغرضي TM يستخدم 16 مستكشفاً لكل المجالات غير الحرارية وأربعة مستكشفات للمجال الحراري (العدد الكلي للمستكشفات 100) وبمعنى آخر يتم الحصول على 16 خطأ في كل مجال غير حراري وأربعة خطوط في المجال الحراري مع كل كنسة من المرآة الماسحة وتستخدم مستكشفات سيليكون من أجل المجالات من 1-4، وهذه تكون موضوعة ضمن تركيبة ثنائية لمستو

بوري أولي. أما مستكشفات المجالات من 5 إلى 7 فتكون موضوعة في تركيبة ثنائية لمستوي بوري تتضمن، لزيادة حساسيتها الراديومترية، تبريداً للإشعاع.

4-6 - ساتلي لاندسات 6 و-7 (Landsat -6 and -7) :

لقد تم اقتراح أن يقوم لاندسات 6 بحمل راسم خرائط غرضي محسن

(Enhanced thematic mapper (ETM)

وسيكون هذا الجهاز مماثلاً لجهاز راسم الخرائط الغرضي السابق (لاندسات 4-5) لكنه سيتضمن مجالاً بانكروماتياً إضافياً (مجاله من 0.5 - 0.86 ميكرومتر) ذو قوة تمييز أرضية قدرها 15 م . وربما أطلق مع الراسم الخرائط الغرضي المحسن (ETM) جهاز قوة تمييز ضعيفة (500 m) سيقوم بتصوير رقعة عرض وبتغطية أرضية بتواتر أعلى مما يفعله ETM لأي مساحة مفروضة.

وقد اقترح أن يقوم ساتل لاندسات 7 بحمل راسم خرائط غرضي محسن (ETM) قادر على استشعار حراري للأشعة تحت الحمراء بمجالات كثيرة. وتقتصر شركة المراقبة الأرضية بالسواتل (EOSAT) من أجل تجميع معطيات إجمالية، تشغيل كل من لاندسات 6 و-7 وعلى متنها آلات تسجيل شريطية عالية الجودة.

4-7 - برنامج ساتل سبوت : Spot Satellite Program :

لقد تم إطلاق أول قمر صناعي من سلسلة سبوت وذلك في عام 1986 على متن مركبة الإطلاق أريان. وبدأ هذا الساتل مرحلة جديدة في الاستشعار على شكل صفيحة خطية. وهو يستخدم تقنيات المسح على طريقة الكنس المتقدم (push broom scanning) كما كان أول جهاز مجهز بجملعة ضوئية يمكن تركيزها على نقطة، وذلك ما أتاح الرؤيا من جانب لجانب بعيداً عن نظير السم، كما أتاح التصوير المجسم لكامل المشهد من مسارين مختلفين للسواتل، الأمر الذي سمح بتصوير المنطقة نفسها، وسنشرح هذه الخصائص المختلفة لسبوت 1 في الفقرات التالية .

4-1 - خصائص مدارات سبوت 1 : (orbit characteristics of spot -1)

بعد مدار سبوت -1 ، كمدارات سواتل لاندسات، مداراً دائرياً قرب قطبي ومتزامناً مع الشمس. ويبلغ مدار الارتفاع المفترض لسبوت -1 832 كم ويبلغ ميله 98.7 درجة، ويجتاز سبوت -1 خط الاستواء في الساعة 15.30 صباحاً، حسب التوقيت المحلي للشمس، مع تأخير ضئيل عند اجتيازه خطوط العرض الشمالية وبتكبير ضئيل عند اجتيازه خطوط العرض الجنوبية. إذ يجتاز سبوت -1 مثلاً مناطق عند خط العرض 40 درجة شمالاً نحو الساعة 11.00 صباحاً، ومناطق عند خط العرض 40 درجة جنوباً نحو الساعة 10.00 صباحاً .

وبتكرار طراز دورات مدار سبوت -1 كل 26 يوم. وهذا يعني أنه يمكن تصوير كل نقطة على الكرة الأرضية بهذا التواتر إذا استخدمنا زاوية الرؤية نفسها. إلا أن الجملة الضوئية للجهاز التي يمكن تركيزها على نقطة توفر رؤيا منزاحة عن نظير السميت أثناء مرور الساتل المتكرر والمتناوب، الذي يتم في اليوم الأول واليوم الرابع (وأحياناً اليوم الخامس)، بحسب خط عرض المنطقة المشاهدة الشكل (4-10) فخلال 26 يوم مثلاً التي تفصل بين مرورين متتاليين للساتل فوق نقطة ما تقع على خط الاستواء مباشرة (خط عرض = 0°) توجد سبع فرص مشاهدة (اليوم D والأيام D + 5 + 10 ، 11+ ، 15+ ، 16+ و 21+). أما بالنسبة لنقطة موجودة على خط العرض 45 درجة فهناك 11 فرصة للمشاهدة (اليوم D والأيام D+1 ، +5 ، +6 ، 10+ ، 11+ ، 15+ ، 20+ و 21+ + 16 وأخيراً 21+). وهذه القابلية (لإعادة الزيادة) مهمة من ناحيتين:

* الأولى : أنها تزيد من تكرار احتمال تغطية المناطق التي يتعسر فيها التصوير بسبب الغيوم .

* الثانية : أنها تزودنا بفرصة لمشاهدة منطقة ما مرات كثيرة تتراوح بين يومين متتاليين، وعدة أيام حتى بضعة أسابيع. وهناك تطبيقات متعددة تتطلب إجراء ملاحظات متكررة ضمن هذه الحدود الزمنية، خصوصاً في مجال علم الزراعة وعلم الغابات .

4-8- المستشعرات المحمولة على متن سبوت - 1

Sensors Onboard Spot -1

يمثل الشكل (4-11) رسماً تخطيطياً لساتل سبوت - 1 تزن الأجهزة فيه تقريباً 1750 كغ تقريباً ، وتبلغ أبعاد الجزء الرئيسي منه $3.5 \times 2 \times 2$ متراً تقريباً.

أما طول اللوحة الشمسية الكلي فيبلغ 15.6 متراً تقريباً وقد صممت منصة سبوت بحث تناسب أي مستشعر يمكن أن يوضع عليها ، لذلك يمكن في رحلات سبوت اللاحقة ، تغيير تصميم المستشعر دون تغيير جذري في المنصة .

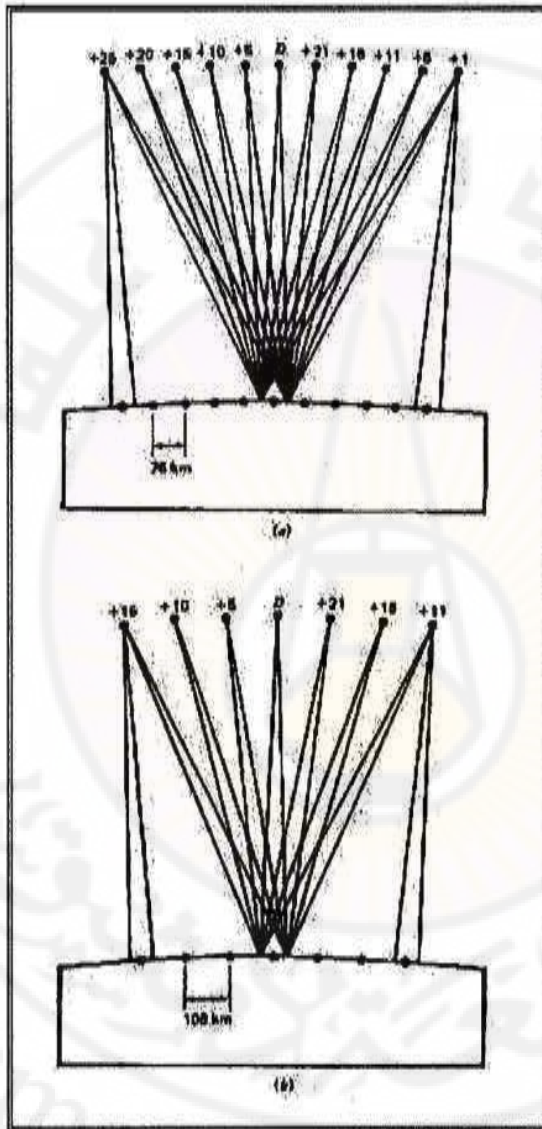
وتتألف حمولة المستشعر في ساتل سبوت -1 من جهازين متماثلين للتصوير المنظور (المرئي) لهما قوة تمييز أرضية عالية (HRV)
((high- resolution visible (HRV)imaging systems))

ومن مسجلات أشرطة مغناطيسية متممة ، وقد صمم كل جهاز من أجهزة (HRV) ليعمل بإحدى طريقتي الاستشعار :

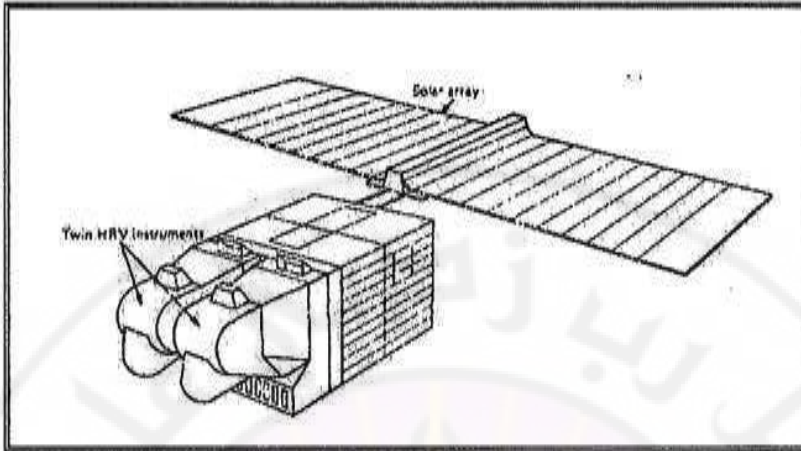
- 1 - طريقة (بانكروماتية) (غير ملون - أي أبيض وأسود) بقوة تمييز أرضية قدرها 10 م في المدى الذي يتراوح بين 0.51 - 0.73 مك .
- 2 - أو طريقة متعددة الأطياف (MSS) (الأشعة تحت الحمراء الملونة) بقوة تمييز قدرها 20 متراً في المدى الذي يتراوح بين 0.50 - 0.61 مك و 0.61-0.68 مك ، و 0.79-0.89 مك .

ويستخدم جهاز HRV المسح بالكنس المتقدم، الذي تم وصفه سابقاً. ولا يستخدم جهاز المسح بالكنس المتقدم المحمول على سبوت مرآة المسح، كما في أجهزة المسح ذات المرايا، وإنما تستخدم صفوف خطية من أجهزة الشحنة المقتترنة (CCD) مرتبة جنباً إلى جنب على طول خط عمودي على مسار مدار الساتل. ويتم الحصول على خط من معطيات المرئية باعتيان استجابة المستكشفات على طول الصفيفة، ويتم الحصول على خطوط التغطية المتتالية

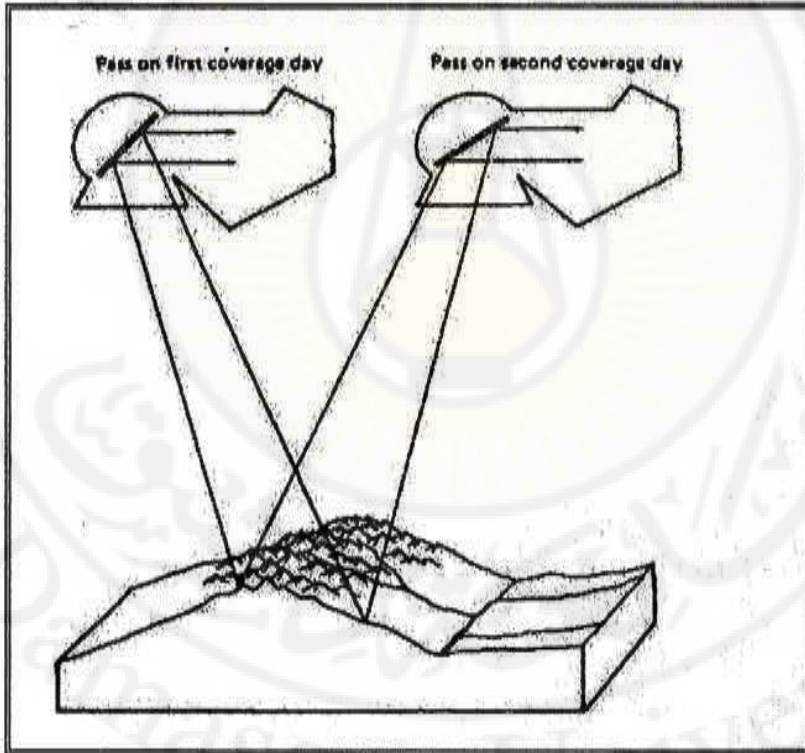
بتكرار الاعتيان على طول الصفيقة كلما تحرك السائل فوق الأرض. ويمتاز المسح المتقدم على أجهزة الكنس ذات المرآة بعدم حاجته لأجزاء متحركة .



الشكل 4 - 10 طراز مرور سيوت 1- (a) خط العرض = 45 درجة
(b) خط العرض = 0 درجة



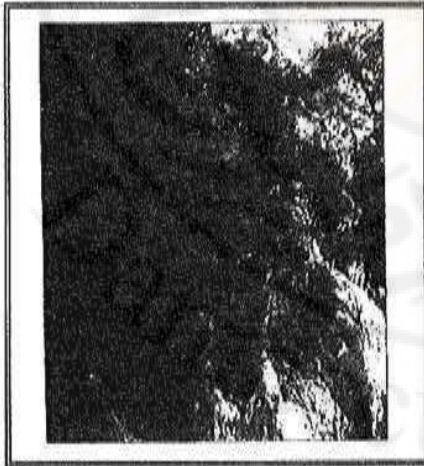
الشكل 4 - 11 صورة سبوت 1- (من مخطط المركز الوطني للدراسات الفضائية (CNES)



الشكل 4 - 12 إمكانات التصوير المجسم لسبوت 1- (عن مخطط من CNES)

ويمكن إجراء تصوير مجسم أيضاً بسبب قابلية جهاز HRV لرؤية المناطق البعيدة عن نظير السم. وهذا يعني أن مرئيات منطقة ما المسجلة في مسارات مختلفة للسائل يمكن رؤيتها مجسمة (الشكل 4- 12) ودراستها بالاستيريو سكوب التي تم وضعها في فقرة الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور الجوية.

أصبح من الواضح الآن أن جهاز سبوت 1- يوفر امكانات واسعة من حيث ظروف الرؤيا وأساليب العمل الطيفية. إن تسلسل الرصد الفصلي ليوم ما من أيام عمل السائل يُلقم للحاسوب القائم على متن سبوت 1-، ويقوم بهذا التقييم محطة التحكم الأرضية في تولوز (فرنسا) عندما يكون السائل ضمن حدودها. ويتم التحكم في تسلسل أيام تشغيل كل جهاز من جهاز HRV كل جهاز على حدة. وهذا يتضمن التحكم بزوايا رؤية الجهازين، وبأسلوب عملهما الطيفي (البانكروماتي أو المتعدد الأطياف) والتحكم بتوقيت التقاط المرئية وبأساليب إرسال المعطيات. ويتم إرسال المعطيات عادة بصورة مباشرة عندما يكون السائل ضمن حدود مطال محطة الاستقبال الأرضية (ضمن نصف قطر قدره 2600 كم تقريباً حول المحطة)



الشكل 4 - 13 زوج مجسم لمرئية بانكروماتية
من سبوت 1- 24 و 25 شباط (فبراير) 1986
ليبيا 1:21.000 عن
(SPOT Image Corporation)

وتستخدم آلات تسجيل الأشرطة المركبة على متن الساتل عندما يتم النقاط مرئيات من فوق مناطق خارج الحدود لمطال محطة الاستقبال الأرضية. وفي مثل هذه الحالات فإن معطيات المرئية المسجلة ترسل فيما بعد إلى محطة تولوز أو محطة كيرونا في السويد عندما يعود الساتل فيدخل في حدوده.

4-9- ساتل سبوت 3 و 4 - Spot-3 and 4 :

تم تصميم برنامج ساتل سبوت ، كنظيره برنامج لاندسات (Landsat) ، ليقدم معطيات متواصلة على المدى الطويل من خلال الأجهزة الكثيرة المتوقع إطلاقها. ولذلك تم تصميم ساتل سبوت 2- ليقوم بعمليات ساتل سبوت 1- نفسه إلا أنه اقترح إجراء عدد من التعديلات في تصميمه لتطبيقها في سبوت 3- و 4- ومن ضمن هذه التعديلات إضافة مجال قوة تمييزه الأرضية 20 متراً في الجزء تحت الأحمر المتوسط من الطيف (بين 1.58 — 1.75 ميك) والهدف من هذا المجال هو تحسين امكانات المعطيات الناجمة عن رصد الغطاء النباتي. وعلاوة على ذلك ستسجل مجموع المعطيات ذات قوة التمييز 10م و 20 م معاً على الساتل عوضاً عن تسجيلها أثناء المعالجة على الأرض.

وهناك اقتراح آخر يتعلق بساتل سبوت 3- و 4- وهو تضمين أجهزة HRV أداة جديدة ذات حقل رؤيا عريض (نحو 2200 كم) وتسجل هذه الأداة معطيات بعشرة بيتات (10 - bit) في خمسة مجالات طيفية هي :

- 1 — مجالات HRV المستخدمة الآن .
- 2 — مجال الأشعة تحت الحمراء المتوسطة التي تم وصفها سابقاً.
- 3 — المجال الأزرق (0.43 وحتى 0.47 ميك) المصمم لدراسات المحيطات .

وسيتم الحصول على تغطية متكررة لأي موقع مرة أو مرتين في اليوم، بحسب خط العرض. كما سيتم إنتاج مرئيات بقوة تمييز أرضية قدرها 1 كم لأجل الدراسات الإقليمية أو قوة تمييز 4 كم لأجل تغطية مساحات أكبر.

4-10- سواتل الرصد الجوي : Meteorological Satellites :

إن سواتل الرصد الجوي، أو سواتل الميٲسات Metsats ، التي صممت خاصة لتساعد في التنبؤ والرصد الجوي، تحمل عادة مستشعرات ذات قوة تمييز مكاني ضعيفة إذا ما قورنت بالأجهزة الموجهة لدراسة اليابسة. لكن تتميز سواتل الميٲسات، من جهة أخرى، بتغطية شاملة ذات تمييز زمني Temporal قوي جداً. ووفقاً لذلك أظهرت معطيات سواتل الميٲسات أن لها فائدة في التطبيقات المتعلقة بالموارد الطبيعية ، حيث يتطلب الأمر وضع مصورات متكررة لمساحات واسعة، دون الحاجة إلى تفاصيل دقيقة. وبصرف النظر عن مزايا سواتل الميٲسات في تصوير مساحات واسعة بقوة تمييز زمني قوي جداً، فإن قوة تمييزها المكانية الضعيفة يقلل، إلى حد كبير من كمية المعطيات التي لا بد من معالجتها من أجل تطبيق معين.

وقد أطلقت عدة بلدان أنماطاً متنوعة من سواتل الميٲسات من حيث مدى مداراتها وتصميمات أجهزة استشعارها. وسنكتفي فيما بقي من هذه الفقرة بمعالجة ثلاث مجموعات منها تمثل سواتل الميٲسات التي تشغلها الولايات المتحدة .

1- مجموعة نوي NOAA :

والتي دعيت بهذا الاسم نسبة للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي.
National Oceanic and Atmospheric Administration
وتعمل هذه السواتل في مدارات قرب قطبية متزامنة مع الشمس تشبه مدارات سواتل لاندسات وسبوت.

2- مجموعة سواتل GOES :

Geostationary Operational environmental Satellite

(وهي سواتل ببنية تقوم بعملياتها ضمن مدار ثابت للأرض) وهي ذات مسار غير متغير بالنسبة إلى الأرض وتبقى في موقع نسبي ثابت فوق خط الاستواء .

3- برنامج سواتل الرصد الجوي التابع إلى قوى الدفاع الجوي في الولايات المتحدة

U.S. Airforce Defence Meteorological Satellite Program (DMSP)

وتحمل هذه المجموعات الثلاث من السواتل عدداً من مستشعرات الرصد الجوي. وسنكتفي بمعالجة الخصائص الأساسية لهذه المستشعرات التي تستخدم غالباً في التطبيقات المتعلقة باستشعار اليابسة عن بعد.

أ- سواتل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي NOAA Satellites

أطلقت عدة أجيال من مجموعة NOAA وما يناسب هذا البحث هو مهمات NOAA-6 وحتى NOAA-10 التي حملت مقاييس إشعاع متطورة ذات قوة تمييز عالية جداً. (AVHRR) وكانت المهمات ذات الأرقام الزوجية تجتاز خط الاستواء من الشمال إلى الجنوب في النهار (7.30 صباحاً) والمهمات ذات الأرقام الفردية تجتاز خط الاستواء من الشمال إلى الجنوب في الليل (2.30 صباحاً)

وبين الجدول (1-4) الخصائص الأساسية لهذه المهمات وخصائص أجهزة AVHRR (الراديو متر المتطور ذو قوة التمييز الأرضية العالية جداً) و يلخص الشكل (4-14) الحساسية الطيفية لمقياس الأشعاع AVHRR المحمول على سائل NOAA بالنسبة للماسح المتعدد الأطياف (MSS) المحمول على سائل لاندسات ولرسم الخرائط الغرضي المحمول على لاندسات (TM) ولجهاز (HRV) المحمول على سبوت انظر الشكل (4-15) .

ب - سواتل GOES :

إن برنامج سواتل الرصد الجوي المتزامنة (SMS) Synchronous Meteorological satellites أو برنامج السواتل البيئية التي تقوم بعملياتها من مدار ثابت (GOES) هو برنامج تعاونت في تحقيقه NASA و NOAA وهو جزء من شبكة إجمالية من سواتل الرصد الجوي تبعد بعضها عن بعض نحو 70 درجة طولياً في جميع أنحاء العالم. وقد بدأ برنامج GOES SMS المحلي بتقديم معطيات مصورة Imaged Data في عام 1974. ويتألف هذا البرنامج من عدة مركبات فضائية حول الأرض على ارتفاع 36000 كم ، وهي تكون متزامنة مع دوران الأرض عند خط الاستواء وتشترك اليابان ووكالة الفضاء الأوروبية والاتحاد السوفيتي في تشغيل، أو التخطيط لتشغيل أجهزة مشابهة لإرسالها في مهمة مشتركة في نطاق المنظمة العالمية للرصد الجوي (WMO) World Meteorological Organization ويشاهد الساتل البيئي الذي يقوم بعملياته من مدار ثابت (GOES) من نقطته المفضلة قرصاً كاملاً لنصف الكرة الأرضية الشكل (4-16) .

— برنامج سواتل الرصد الجوي التابعة إلى قوى الدفاع الجوي (DMSP) :

تحمل سواتل DMSP عدداً من مستشعرات الرصد الجوي وتعطي أجهزة المسح الموجودة على متن هذه السواتل مرئيات في المجال الطيفي بين 0.4 و 1.1 ميك (المجال المرئي (المنظور) ومجال الأشعة تحت الحمراء القريبة) وفي مجال بين 8 و 13 ميك (مجال الأشعة تحت الحمراء الحرارية) . وتنتمتع هذه الأجهزة بقوة ، تمييز قدره 3 كم وتسمح مداراته القطبية المتزامنة مع الشمس بتغطية إجمالية ليلاً ونهاراً. والخاصة الفريدة التي تميز ماسح DMSP هي قدرته على التصوير الليلي في المجال المرئي (المنظور). ويحدث ذلك من خلال قابليته لأن (يضبط) مرئيات زاهية لظواهر مثل طرر أنوار المدن المبينة في الشكل (4-17) كما أمكن أيضاً ملاحظة بزوغ الفجر ورؤية البراكين، وحقول النفط والغاز، وحرائق الغابات بالمستشعر الذي يتحسس النور

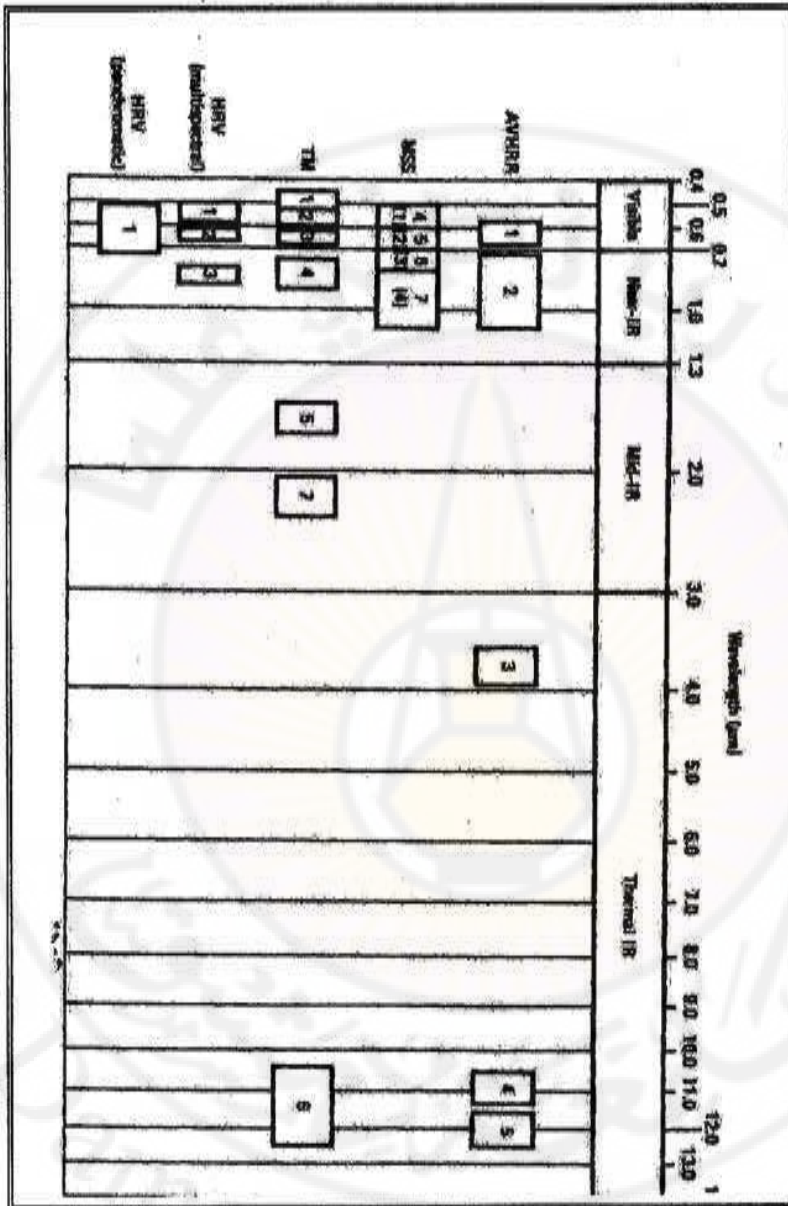
الضعيف وقد استخدمت المرئيات الحرارية للساتل DMSP ومرئيات الأشعة المنظورة النهارية في بعض التطبيقات المدنية كرسم خرائط توزيع الثلج .

الجدول 4-2: خصائص مهمات NOAA-6 حتى NOAA-10

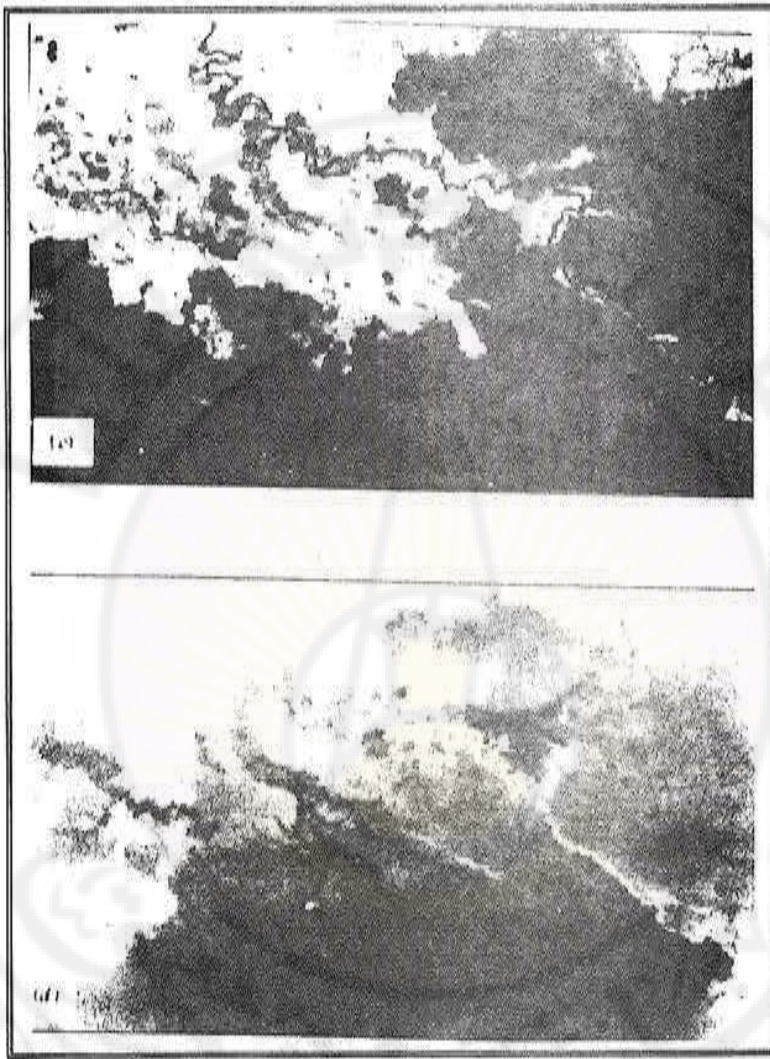
المتغيرات	السواتل 10,8,6	السواتل 9,7
الإطلاق	83/3/28,19/6/27/86/9/17	84,12/12,81/6/23
الارتفاع (كم)	833	833
زمن دورة المدار (دقيقة)	102	102
ميل المدار	98.9 درجة	98.9 درجة
عدد دورات المدار في اليوم	14.1	14.1
المسافة بين المدارات	25.5 درجة	25.5 درجة
الانزياح اليومي للمدار ^(a)	5.5 درجة شرقاً	3.0 درجة شرقاً
فترة تكرار دورات المدار ^(b) (بالأيام)	5-4	9-8
زاوية المسح من نظير السمات	55.4 °	55.4 °
زاوية الرؤية البصرية (ميلي راديان)	1.3	1.3
حقل الرؤية اللحظي في نظير السمات (كم)	1.1	1.1
حقل الرؤية اللحظي في أقصى بعد عن		
نظير السمات (كم) على امتداد المسار	2.4	2.4
عبر المسار	6.9	6.9
عرض الرقعة	2400 كم	2400 كم
التغطية	كل 12 ساعة	كل 12 ساعة
اجتياز خط الاستواء باتجاه الشمال (بعد الظهر)	7.30	2.30
اجتياز خط الاستواء باتجاه الجنوب (قبل الظهر)	7.30	2.30
قنوات AVHRR الطيفية		
1	0.68-0.58	0.68-0.58
2	1.10-0.72	1.10-0.72
3	3.93-3.55	3.93-3.55
4	11.5-10.5	11.3-10.3
5	القناة 4 مكررة	12.5-11.5

(a) اختلاف السواتل بسبب اختلاف توافر المدارات

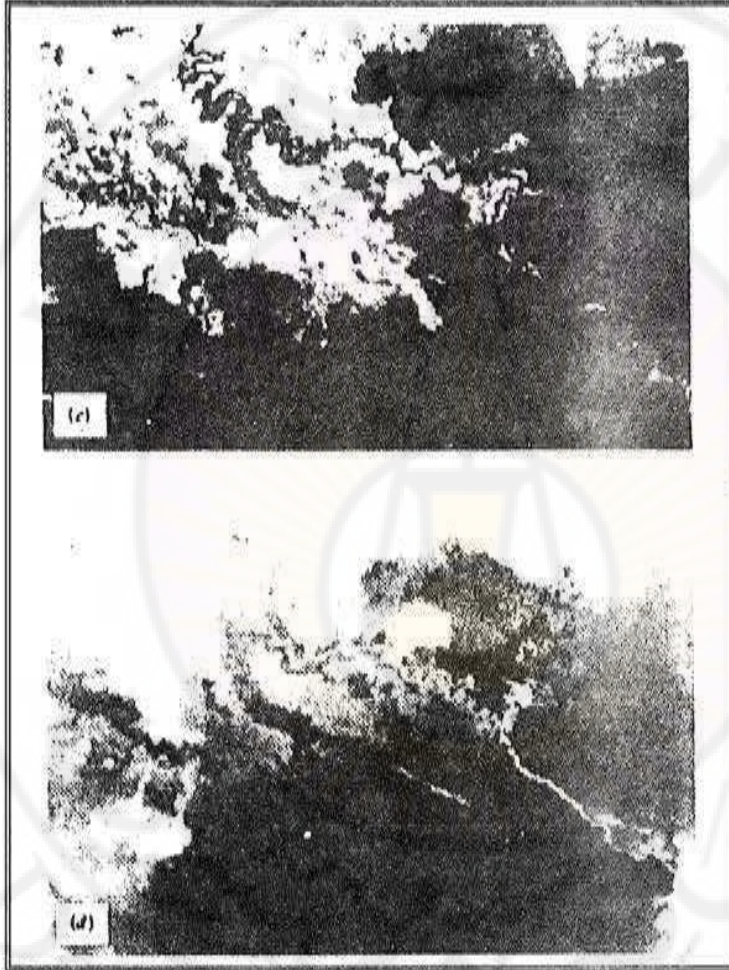
(b) سببها عدد وحدات المدار في اليوم وليس من الضروري أن تكون أعداداً صحيحة.



الشكل 4-14 ملخص الحساسية الطيفية لمقاييس الاشعاع AVHRR المحمول على NOAA و
MSS المحمول على لاندسات و TM المحمول على لاندسات
و SPOT HRV و



الشكل 4 - 15 مرئيات لمقياس الإشعاع AVHERR المحمول على سائل NOAA - 8 ، مع خريطة لدلتا المسيسيبي وما يجاورها، تاريخ المرئية 24 أيار (مايو) 1983 . (a) خارطة تبين مجاري ودلتات نهر المسيسيبي في الماضي والحاضر. (b) مرئية بالقناة -1 (الأشعة الحمراء) ، (c) مرئية بالقناة -2 (الأشعة تحت الحمراء القريبة) . (d) مرئية القناة -4 (الأشعة الحمراء الحرارية). (المصور عن [58] ، المرئيات عن (USGS EROS DATA Center) .

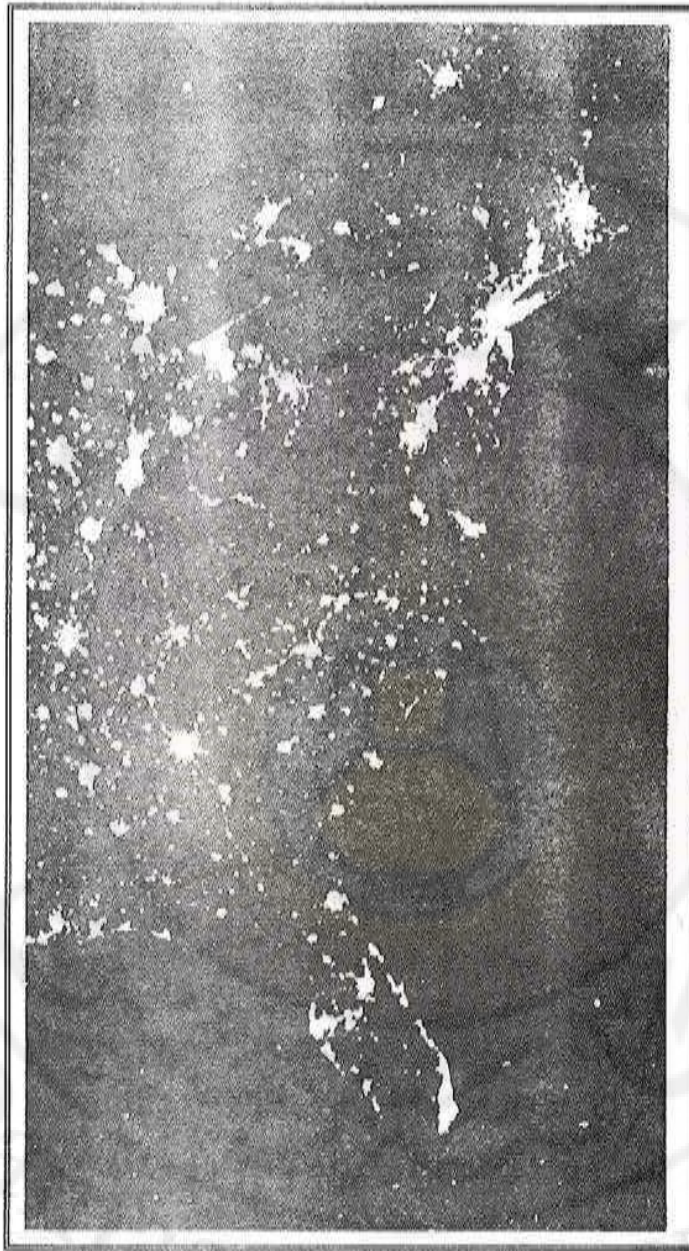


الشكل 4 - 16 مرئيات لمقياس الاشعاع AVHRR المحمول على سائل NOAA-8 مع خريطة لدلتا نهر
الميسيسيبي وما يجاورها ، تاريخ المرئية 24 أيار (مايو) 1983 . a - خارطة تبين مجاري ودلتات نهر
الميسيسيبي في الماضي والحاضر b- مرئية بالقناة - 1 (الأشعة الحمراء) c - مرئية بالقناة - 2
(الأشعة تحت الحمراء القريبة) d - مرئية بالقناة - 4
(الأشعة الحمراء الحرارية) (المصور عن [58]
المرئيات عن USGS EROS Data Cenrt)



الشكل 4 - 16 مرشبة من GOES-2 (المجال المنظور 0.55 حتى 0.7 ميك) لقرص نصف الكرة الأرضية يتضمن أمريكا الشمالية والجنوبية، 1 أيلول (سبتمبر) 1977 يبدو فيه اعصار واضح في خليج المكسيك

(عن NOAA National Enviromental Satellite , Data and Information)



الشكل 4 - 17 مرئية ليلية من برنامج سواتل DMSP لشرق الولايات المتحدة 17 نيسان (ابريل) 1981
المجال 0.4 حتى 1.1 كم 19.000.000 (عن US.Air Force and NOAA)

4-11 - سواتل رصد المحيطات Ocean Monitoring Satellites :

تؤثر المحيطات، التي تغطي أكثر من ثلثي سطح الأرض، كثيراً في المناخ وحالة الجو الإجمالية، ومع ذلك لا يعرف نسبياً عن هذا المورد الطبيعي إلا الشيء القليل. ويمكن بالتصوير من السواتل أن نزود بمنظر شامل لمساحات واسعة من المحيطات خلال فترة طويلة من الزمن. ومثل هذا العمل لا يمكن انجازه بتقنيات القياس الأوقيانوسية التقليدية.

لقد حمل سائل سيسات Seasat (الذي تم شرحه سابقاً) عدة أجهزة مخصصة لرصد المحيطات كانت تعمل بالجزء المكروي من الطيف. والسائل الآخر الذي كان يحمل مستشعرات لرصد المحيطات هو سائل نيمبوس Nimbus 7- وقد أطلق في عام 1978 وماسح لون المنطقة الساحلية:

Coastal Zone Color Scanner

الذي تم حمله على هذا السائل استخدم لتغطية استطلاعية محدودة. وقد صمم الماسح (CZCS) خاصة لقياس لون المناطق الساحلية من المحيطات ودرجة حرارتها. ويحتوي الجدول (4-2) على المجالات الستة التي عمل فيها الماسح CZCS وهي تتضمن مجالات في مناطق الأشعة المنظورة (المرئية) من الطيف، وتحت الحمراء القريبة، والحرارية. وكان عرض رقعة الجهاز 1566 كم وحقل رؤيته اللحظي في نظير السم 825 م .

ولقد برهن سائل سيسات والماسح CZCS بوضوح على قدرتها على قياس الخصائص الهامة للمحيطات من الفضاء. واعتماداً على هذه الخبرة، تقوم الولايات المتحدة الآن، ودول عديدة أخرى، بتصميم عدة أجهزة من السواتل تخصص لرصد المحيطات. والواقع أن إمكان رصد المحيطات على نطاق شامل وإقليمي يمثل هذه الأجهزة لن يؤدي إلى إدراكنا لدور المحيطات في دورة الكربون الإجمالية فحسب بل سيكون عوناً لنا على إدراك دورها في المناخ

الإجمالي. ومن الطبيعي أن أموراً اقتصادية كصيد الأسماك، والتنقيب عن النفط في عرض البحر، والتعدين البحري، ستفيد أيضاً من المعلومات التي تجمعها سواتل رصد المحيطات. وستقوم هذه الأجهزة أيضاً بدور أساسي في رصد موارد رواسب المحيطات وتلوث البحار، وهو أمر ضروري لحفظ البيئات البحرية وتجنب تلوثها.

الجدول (2-4) : المجالات الطيفية لماسح لون المناطق الساحلية CZCS

المتغير الرئيسي المقاس	طول الموجة (مكم)	القفال
امتصاص اليخضور (الكلوروفيل)	0.45 - 0.43	1
امتصاص اليخضور	0.53 - 0.51	2
Gelbstoff (مادة صفراء) .	0.56 - 0.54	3
تركيز اليخضور	0.68 - 0.66	4
الغطاء النباتي السطحي	0.80 - 0.70	5
درجة الحرارة السطحية	12.50 - 10.5	6

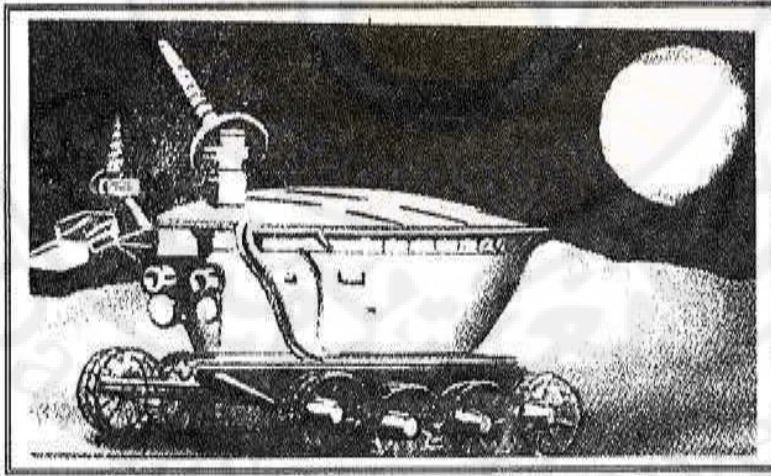
وفي الخلاصة يمكن القول بأننا شرحنا باختصار النواحي التقنية لأجهزة الاستشعار عن بعد عن الفضاء، في الماضي والحاضر، مع إمكانات تطبيقاتها في دراسة موارد الأرض. ولا بد أن يدرك القارئ، أننا في معالجة هذا الموضوع المعقد، كنا نتجنب كثيراً التفاصيل التقنية، وقد عمدنا، تسهيلاً للفهم، إلى معالجة الأجهزة الجوية والفضائية كل على حدة. ولاشك أن دراسة الموارد الأرضية تتطلب "جمع" المعطيات الأرضية والجوية والفضائية التي يتم الحصول عليها بالمستشعرات المختلفة في تشكيلاتها المتنوعة، مع معطيات طرائق الملاحظة الأخرى وكما يتطلب الرصد البيئي والاستثمار الناجح للموارد منهجاً متكامل فيه الملاحظات التي تم الحصول عليها بالاستشعار عن بعد مع الملاحظات التي تجري على سطح الأرض.

12-4 – مساهمات بعض الدول في مجال الفضاء:

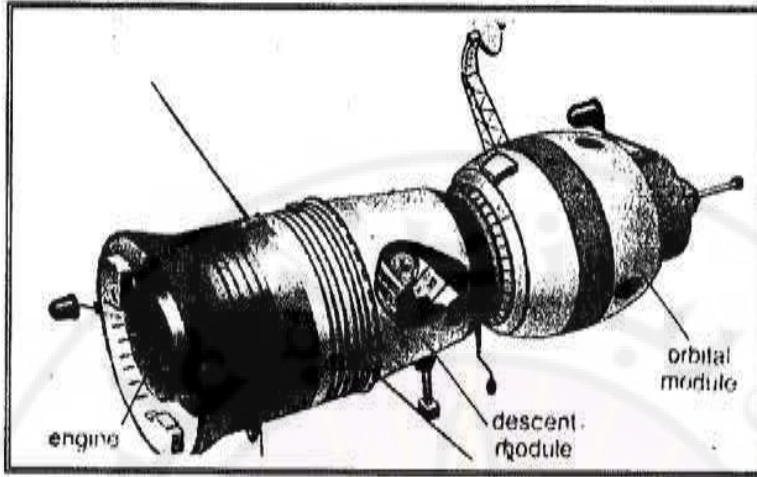
1 – الاتحاد السوفيتي السابق:

ويمكن أن نذكر الاتحاد السوفيتي السابق ومساهمته الكبرى في الدراسات الفضائية والاستشعار عن بعد، حيث أطلق عدداً كبيراً من الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية لأغراض مختلفة .

لقد دخل الاتحاد السوفيتي عصر الفضاء عام 1957 ، وذلك حين إطلاق أول تابع صناعي من سبوتنيك -1 (Sputnik -1) وذلك في 4 تشرين الأول من عام 1957 ، وبعد شهر من هذا التاريخ أطلق الكبسولة الفضائية سبوتنيك -2 والتي حملت أول حيوان إلى الفضاء (الكلبة - لايبكا) لتدور حول الأرض ، تبع ذلك إطلاق الكبسولة الفضائية من نوع فوستوك (VOSTOK) التي حملت أول إنسان إلى الفضاء الخارجي وهو رائد الفضاء السوفيتي يوري غاغارين (Yuri Gagarin) وذلك بتاريخ 12 نيسان 1961 ودار حول الأرض لمدة قصيرة، بعد ذلك تم إطلاق مركبة فضائية سوفيتية (تحمل ثلاثة رواد فضاء)



الشكل 4 - 18 عربة فضائية ذات عجلات سوفيتية من نوع لونوخود
(Lunokhod) مسارات على سطح القمر عام 1970 وعام 1973



الشكل 4 - 19 مركبة فضائية المأهولة السوفيتية من نوع (Soyuz) التي أطلقها الاتحاد السوفيتي في نيسان عام 1967

من نوع فوسخود (Voskhod - 1) وذلك في عام 1964. وتم إطلاق فوسخود في آذار عام 1965 وحملت هذه المركبة رائدي فضاء. تبع ذلك إطلاق العديد من الكبسولات الفضائية حملت إحداهما أول امرأة إلى الفضاء وهي (رائدة الفضاء السوفيتية : فالنتيا تيريشكوفا)، كما استطاع رواد فضاء سوفيت من القيام بأول سباحة في الفضاء - سبق ذلك تجارب قام بها رائد الفضاء السوفيتي (الكسي ليد ينوف) خلال رحلة الكبسولة الفضائية فوسخود - 2 - .

أما في مجال دراسة سطح القمر فإن الاتحاد السوفيتي كان قد أرسل إلى سطحه عربة سبر فضائية (Probe) من نوع لونا (luna) حيث تحطمت هذه المركبة على سطح القمر في أيلول عام 1959 . والتي قامت بالتقاط أول صورة فضائية لسطح القمر وذلك بتاريخ 1959 (تشرين 1). وتم بعد ذلك إرسال العربة الفضائية لونا - 9 (Luna - 9) التي كانت أول عربة هبطت

على سطح القمر وأرسلت صوراً إلى المحطات الأرضية بالزمن الحقيقي (Real Time) وذلك في شباط من عام 1966. أما المركبة الفضائية لونا 16 - (Luna16) فهي أول عربة تقوم بجمع صخور وتربة من سطح القمر بها إلى الأرض لدراساتها. بعد ذلك أرسل الاتحاد السوفيتي عربات تسير بواسطة عجلات من نوع لونوخود ، (Lunokhod 1-2) الأولى في عام 1970 والثانية في عام 1973، حيث سارت كل منها على سطح القمر وجمعت عينات صخرية والتقطت العديد من الصور الفوتوغرافية لسطح القمر .

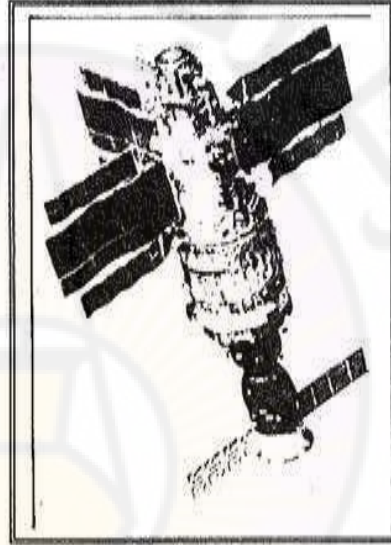
إلى جانب ذلك فإن الاتحاد السوفيتي قد أطلق عدداً من المركبات الفضائية المأهولة من نوع سيوز (Soyuz)، والتي لها قدرة على حمل ثلاث رواد فضاء. أرسلت المركبة الفضائية سيوز -1 (Soyuz-1) في نيسان 1967، تبع ذلك إطلاق عدد كبير من هذا النوع إلى الفضاء الخارجي، وقد تم تطوير هذا النوع من المركبات التي أطلق عليها اسم. سيوز - ت (Soyu - T) التي تستخدم لنقل رواد الفضاء إلى المحطات الفضائية المدارية من نوع ساليوت (Salyut)، ومير (MIR)، حيث أطلق الاتحاد السوفيتي محطة الفضاء ساليوت 1 (Salyut -1) إلى الفضاء الخارجي في نيسان 1971 بواسطة الصاروخ بروتون، تبع ذلك إطلاق سلسلة ساليوت 2،3،4،5،6،7،10،11،12،13. ثم طور الاتحاد السوفيتي محطة فضائية من نوع (mir) مير التي أطلقت في عام 1986، وقد استخدمت في عام 1987 خلال رحلة الفضاء السورية - السوفيتية المشتركة، والتي شارك فيها عن القطر العربي السوري رائد الفضاء السوري محمد فارس، وعن الجانب السوفيتي رائدي الفضاء - فيكتورينكو ستيبانوفيتس والكساندروف الكسندر بافلوفيتش) - وقد تم نقلهم إلى هذه المحطة بواسطة المركبة الفضائية الخاصة بنقل المؤن من نوع بروغريس. (Progress) هذا وقد قام الاتحاد

السوفيتي بتطوير المحطة الفضائية (مير) إلى نوع أكثر تطوراً هو مير كومبلكس (Mir Complex) مجمع مير الفضائي وذلك لإطالة مدة بقاء الرواد فيها وإطالة مدة تحمل رواد الفضاء في حالة انعدام الوزن، حيث أضافوا المركبة الانفصالية العلمية كفانت (Kavant) للالتحام مع محطة الفضاء (ميركومبلكس) إلى جانب التهام مركبة الفضاء



الشكل 4 - 21

المحطة المدارية " مير "



الشكل 4 - 20

المركبة الفضائية الناقلة (سابورت م.)

المتعددة الاستعمالات من نوع سبوز التي توصل طاقم المحطة والتهام شاحنة البضائع التلقائية من نوع بروغريس (Progress) .
لقد صمم الاتحاد السوفيتي وأطلق المكوك الفضائي الأول من نوع بوران (Buran) وذلك في تشرين ثاني عام 1988 من محطة بايكونور الفضائية، والذي يماثل في تصميمه المكوك الفضائي الأمريكي، إلا أنه لم يحمل

رواد فضاء، وقد دار حول الأرض دورتين ثم نفذ رجعة وهبوط تلقائيين. وقد توالى الأنشطة الفضائية السوفيتية في تصميم وإطلاق طائفة الفضاء (Space Plane) (بدون طيارين) الصغيرة والمتكررة الاستخدام والتي لها قدرة على حمل من 2-3 رواد فضاء إلى مدار منخفض حول الأرض ويمكنها أن تحط (تهبط) على مدرج عادي.

أما على صعيد الأقمار الصناعية الخاصة بدراسة التغيرات الجوية والمناخية فإن الاتحاد السوفيتي قد أطلق عدداً من هذه التتابعات من نوع ميتور (Meteor) وبريرودا (Priroda) لحمل أجهزة للتصوير في المجال المرئي وتحت الأحمر من ارتفاع (36000 كم) كما أنه أطلق سلسلة من التتابعات الصناعية من نوع كموزموس (Cosmos) تم إطلاق كوزموس 1 في 16 آذار 1962 وبمعدل 100 تابع صناعي سنوياً من هذا النوع، وذلك للأغراض العلمية وشؤون أخرى، إلى جانب ذلك فإنه أطلق اسم كوزموس (cosmos) على مركبات فضائية أخرى مثل (كوزموس 1260 ، 1268 ، 1374 ، 1443 ، 1445) .

ولقد طور الاتحاد السوفيتي صواريخه الحاملة للأقمار الصناعية والمركبات الفضائية ضمن برنامج الفضائي وذلك اعتباراً من SL-3 (الحمولة 6300 كغ)، (SL-4 ، SL-6) وفي إينيرجيا (SL-17) بحمولة 100.000 كغ. كما وتوجد في أنحاء الاتحاد السوفيتي شبكات مكثفة من المنشآت لدعم النشاطات الفضائية وذلك بتصميم التتابع الصناعية والصواريخ وإنتاجها مثال على ذلك (صواريخ ساليوت D-1 Salyut وبروتون و A-2 Soyuz) .

ويمكن أن نذكر بأن الاتحاد السوفيتي قد شارك الولايات المتحدة الأمريكية في عملية الالتحام الفضائي لمركبة الفضاء السوفيتية سايوز (Soyuz) ومركبة أبولو (Appollo) الأمريكية وذلك في عام 1975 (وأطلق على هذا البرنامج اسم (برنامج سايوز - أبولو) وكان لهذا الالتحام أهمية علمية كبيرة. وخلال الفترة من عام 1961 وحتى عام 1983 أطلق الاتحاد السوفيتي 72 مركبة فضائية وأكثر من ألف قمر صناعي لأغراض وأهداف متعددة دراسة الأحوال المناخية والجوية، ومراقبة المحيطات والاتصالات، ودراسة الأرض من الفضاء (استشعار الأرض عن بعد . RS) ، ودراسة الفضاء الخارجي وهناك العديد من الأهداف والأغراض الأخرى.

ولقد بدأ الاتحاد السوفيتي في تطوير تقنياته الخاصة بالصناعات الفضائية عما قبل وذلك في عام 1984، فقد قام بتنفيذ إطلاق مركبات فضائية متنوعة وتوابع صناعية بمعدل 80 عملية إطلاق خلال عام 1987. وقد اعتمد خطة جديدة تقضي بتوفير البنية الأساسية اللازمة لتحقيق وجود إنساني نشيط في الفضاء والإبقاء عليه بشكل مستمر ودائم (وذلك بتبديل الطواقم المتواجدة على المحطات المدارية بطواقم جديدة).

أما بالنسبة لتعاون الاتحاد السوفيتي مع الدول الأخرى في مجال الدراسات الفضائية فقد نفذ عدة نشاطات في هذا المجال مع كل من فرنسا (تم إرسال رواد فضاء فرنسيين وسوفيتي على متن محطات فضائية سوفيتية من نوع ساليوت) والهند (إرسال رواد فضاء هنود إلى الفضاء على متن محطات سوفيتية وتعاون في مجال إطلاق أقمار صناعية هندية، خاصة لدراسة الأحوال الجوية ودراسة مصادر الموارد الأرضية (IRS-1) وبناء محطات استقبال أرضية) إضافة إلى كافة الدول الاشتراكية (تعاون في إرسال رواد فضاء وتنفيذ برنامج انتركوزموس، وانترسبوتنيك) ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA) وفي عام 1987 ، نفذ الاتحاد السوفيتي برنامجاً فضائياً مع الجمهورية العربية

السورية (رحلة الفضاء السوفيتية - السورية المشتركة) . كما نفذ برنامج مشابه مع دول عديدة أخرى.

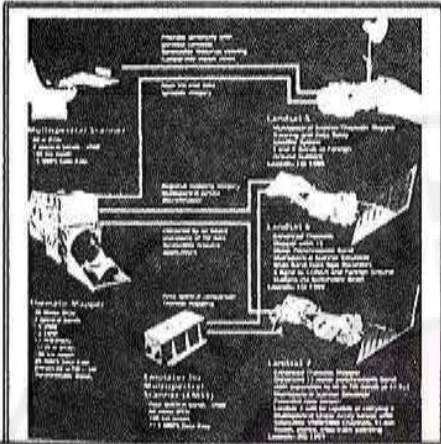
ونشير هنا إلى أنه يوجد في الاتحاد السوفيتي مركزان فضائيان رئيسيان لإطلاق المركبات الفضائية ومراقبة عمل الأقمار الصناعية وكذلك كافة الأنشطة الفضائية الأخرى وهما :

1 - مركز بايكونور (Baikonor) والذي يقع بالقرب من مدينة توراتام في كازاخستان .

2 - مركز بليسيتسك (Plesetsk) والذي يبعد 800 كم عن موسكو .
كما يستخدم الاتحاد السوفيتي عدة أنواع من الأجهزة العلمية (المستشعرات) الخاصة بمسح الموارد الأرضية لأغراض الاستشعار عن بعد نذكر أهمها :

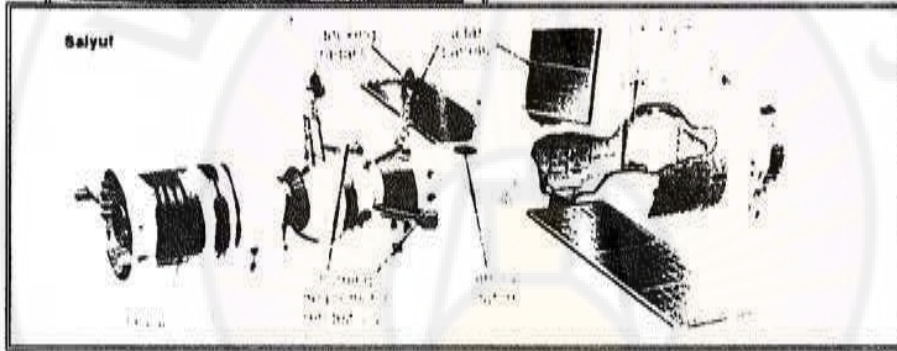
- 1 - كاميرا من نوع Cameras . MKF-6
 - 2 - كاميرا من نوع Cameras MKF-6M (معدلة)
 - 3 - أجهزة تصوير مساحية (Large Format Cameras) من نوع Kate-200 .
 - 4 - كاميرا من نوع Kate-140 (KT-140) .
 - 5 - كاميرا من نوع KFA-1000 .
- بالإضافة إلى تجهيزات رادارية كثيرة ومتنوعة.

- خصائص القمر الصناعي الروسي من نوع (SPIN-2) :
لقد توافرت المعلومات العلمية عن هذا القمر منذ عام 1988 إلا أنها لم تتوافر في الأسواق إلا في وقت متأخر وذلك بسبب التغيرات السياسية التي حصلت في الاتحاد السوفيتي السابق. وتتواجد معلومات هذا القمر على شكل صور (Images) أو على شكل معطيات رقمية (Digital data) ويتوافر



الشكل (4 - 22)

– التتابع الصناعية الأمريكية من
موقع لاندسات 5 ، 6 ، 7
لاندسات 5 أطلق في عام 1984



الشكل 4 - 23 المركبة الفضائية ساليوت Salyut

وهي مركبة فضائية سوفيتية مأهولة وضعت في المدار عام 1977 وتحمل ثلاث كاميرات

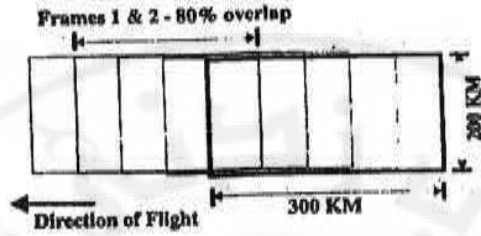
1 – الكاميرا الاولى : MKF - 6M

2 – الكاميرا الثانية : Zeiss MRB - 9/2323

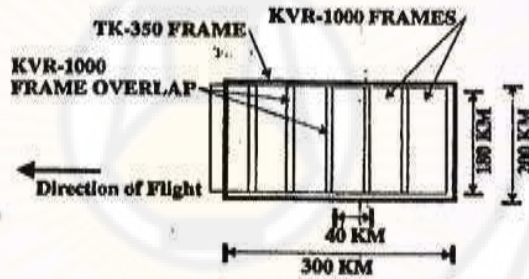
3 – الكاميرا الثالثة : Kate - 140

المجالات الطيفية لكل كاميرا مشروحة في فقرة خصائص المركبة ساليوت

نوعان من هذه الصور وذلك حسب قوة تمييزها الأرضية ، فهناك صور ذات
قوة تمييز أرضية عالية مقدارها 2×2 م وصور أخرى ذات قوة تمييز أرضية
 10×10 م ، علماً يتم أخذ هذه الصور في المجال الطيفي المرئي ، لذلك تعتبر
صوراً بانكروماتية ، وما يميز هذه الصور هي أنها مصححة هندسياً
(Geometric-corrected image) ولا تعاني من



الشكل (4-24) : المساحة الأرضية التي يغطيها منظر (للقمر الروسي SPIN-2) 300×200 كم وذات الدقة الإيضاحية 10×10 متر، ويتم التقاطه بكاميرا (Interbranch Association TK-350 Sovinformspnutnik, 1997)



الشكل (4-25) : للمساحة الأرضية التي يغطيها منظر (للقمر الروسي SPIN-2) 300×200 كم ويمكن طلب أجزاء منها ذات أبعاد 40×200 كم وذات الدقة الإيضاحية 2×2 متر، ويتم التقاطه بكاميرا (Interbranch Association TVR-1000 Sovinformspnutnik, 1997)

الإزاحة التصويرية أو الطبوغرافية، وتتميز أيضاً بنسبة عالية من التغطية (التداخل) وتقدر نسبة التغطية في هذا النوع من الصور بحوالي 80 % وذلك لامتلاكها نظام (Dual Camera System) والذي يسمح بالرؤيا المجسمة (الستريوسكوبية).

فيما يتعلق بالصور الفضائية ذات قوة التمييز الأرضية (2×2) يتم التقاطها باستخدام كاميرا من نوع / KVR - 1000 / بمقياس / 1:220.000 / وهي تغطي مساحة أرضية قدرها 180×40 كم (الشكل (4-24) أما الصور ذات قوة التمييز الأرضية / 10×10 م / فتؤخذ عن طريق كاميرا / TK - 350 / وهي تغطي مساحة من الأرض مقدارها 300×200 كم ومقياس الصورة المحصول عليها / 1:660.000 / شكل (4-25)

بالإضافة إلى الأنواع السابقة من صور القمر الصناعي (Spin - 2) هناك نوع آخر وهذا النوع يتمثل على شكل صور وليس معطيات رقمية وبالتالي لا يمكن إجراء معالجة أو تحليل لها. ومن الخصائص المميزة لهذا النوع من الصور هو قوة تمييزها الأرضية العالية التي مقدارها / 0.5×0.5 م / يعرف هذا النوع من الصور باسم صور الليجو (Lego Images). يستخدم هذا النوع من الصور في مجال تخطيط المدن، ومشاريع هندسية أخرى نظراً لما تتمتع به من قوة تمييز أرضية عالية وسوف نقوم بذكر بعض خصائص المركبة الفضائية السوفيتية ساليوت Salyut :

— خصائص المركبة الفضائية ساليوت Salyut :

هي مركبة فضائية سوفيتية مأهولة وضعت في المدار عام 1977 وتحمل المستشعرات التالية والمؤلفة من ثلاثة كاميرات : انظر الشكل (4 - 23)

1- الكاميرا الأولى: من طراز MKF - 6M وتتميز هذه الكاميرا بطول محرقى 125مم وهي ستة مجالات طيفية وهي :

1 - المجال الطيفي الأول من 0.460 - 0.500 ميكرومتر

2 - المجال الطيفي الثاني من 0.52 - 0.65 ميكرومتر

3 - المجال الطيفي الثالث من 0.58 - 0.62 ميكرومتر

4 - المجال الطيفي الرابع من 0.64 - 0.68 ميكرومتر

5 - المجال الطيفي الخامس من 0.70 - 0.74 ميكرومتر

6 - المجال الطيفي السادس من 0.79 - 0.89 ميكرومتر

تقوم هذه المركبة بمراقبة ودراسة المصادر الأرضية .

وقوة التمييز الأرضية 20×20 م ، أما مجال التغطية الأرضية فهو 140×200 كم

2 - الكاميرا الثانية : وهي من طراز / 2323 / ZEISS MRB - 9 / .

وهي عبارة عن كاميرا مساحية ذات طول محرقى 90مم وقياس الفيلم فيها يكون 23×23 سم .

3 - الكاميرا الثالثة : وهي عبارة عن كاميرا خاصة لوضع الخرائط، وذات بعد محرقى 140مم، وقوة التمييز الأرضية لها 60×60 م وتغطي رقعة من الأرض مساحتها 300×310 كم

انظر الشكل (4-23)

— القمر الصناعي السوفيتي ميتور : Meteor :

وهو تابع صناعي سوفيتي مهمته مراقبة الطقس، أطلق في تموز من عام 1980 على ارتفاع قدره 635كم، ويحمل ثلاث كاميرات:

1 - كاميرا من طراز Telemeter

2 - كاميرا من طراز MSU - 5

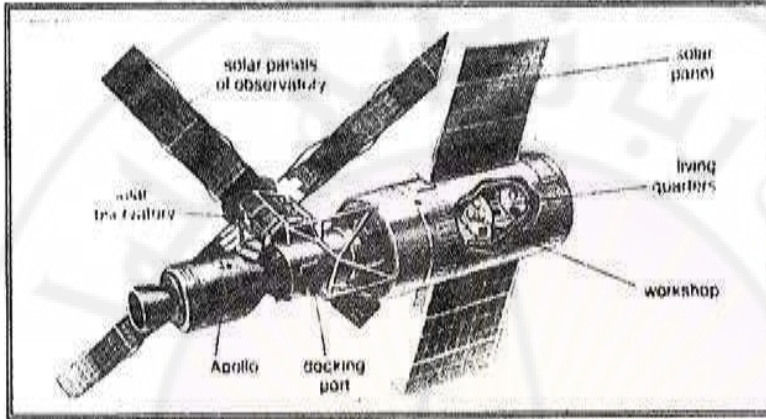
3 - كاميرا من طراز MSU - 5K

وزاوية ميل المدار 98 درجة، والفترة المدارية 98.8 دقيقة .

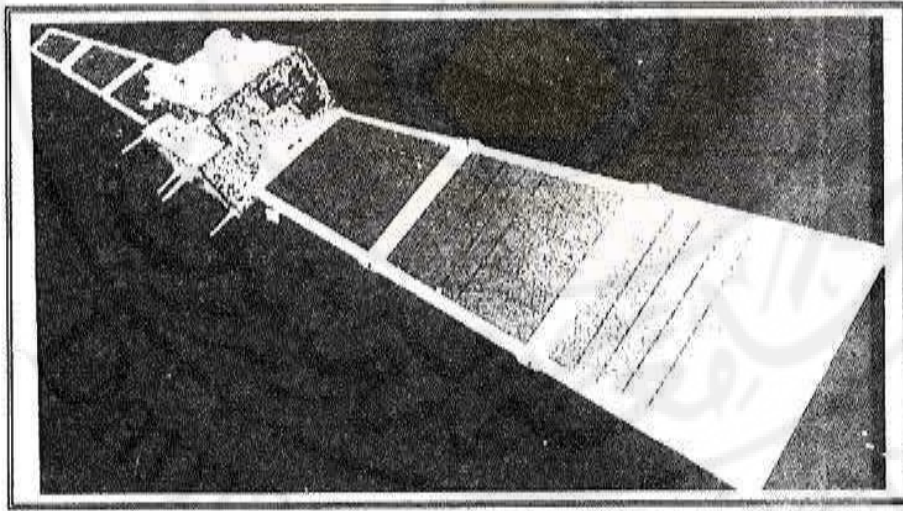
2 - الأقمار الصناعية الهندية : (India)

أطلقت الهند القمر الصناعي الخاص بدراسة الموارد الأرضية من نوع

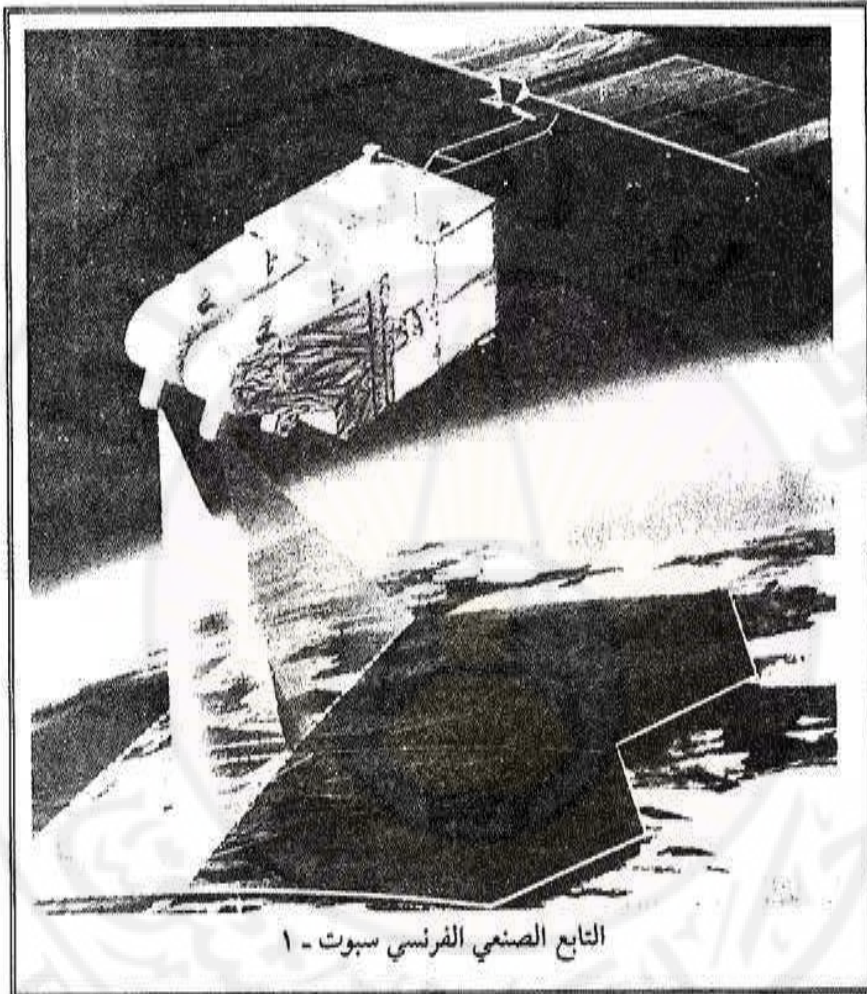
(Indian Remote Sensing Satellite) (IRS - 1 A)



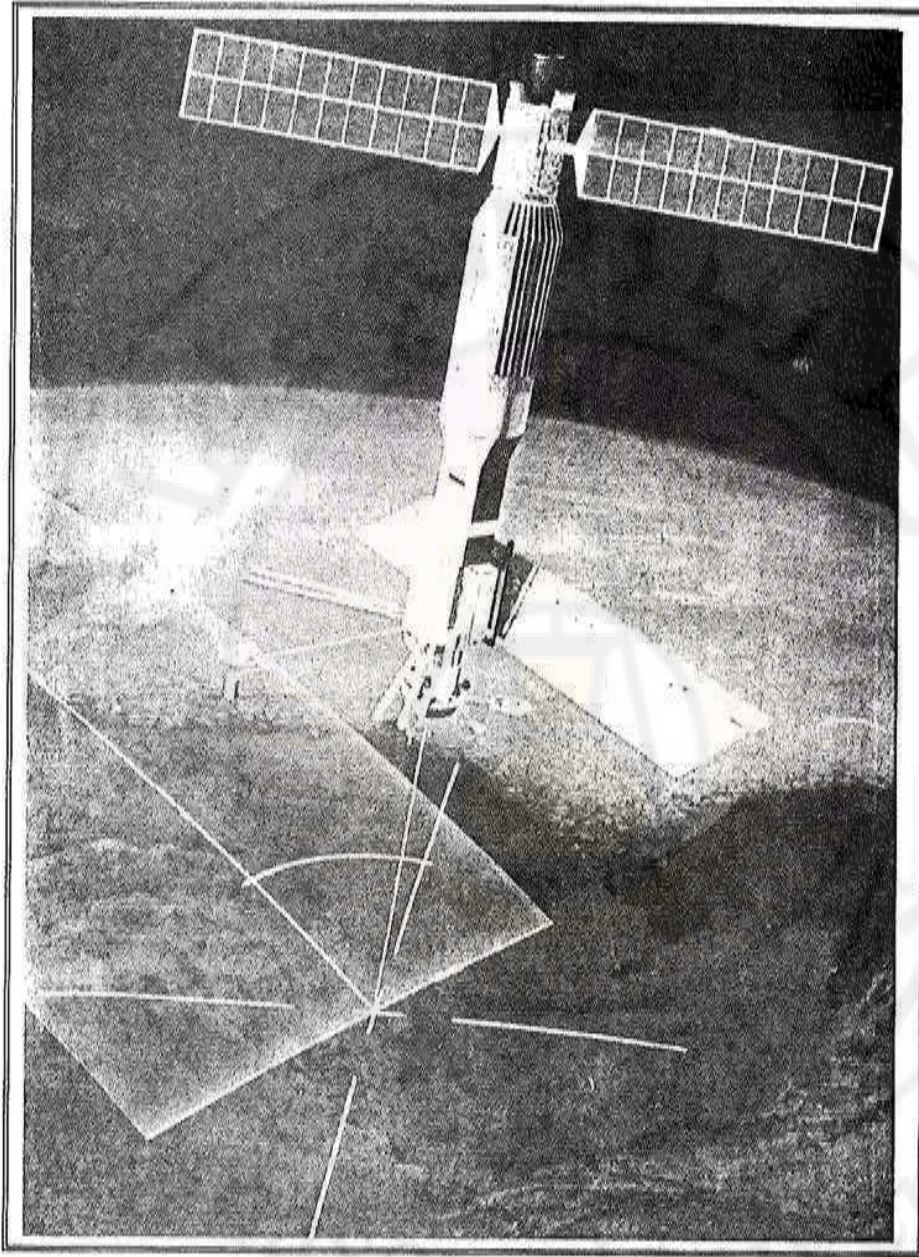
الشكل 4 - 26 محطة الفضاء الأمريكية سكاي لاب (Skylab) التي أطلقتها الولايات المتحدة في أيار 1973 وحملت مخبر الفضاء



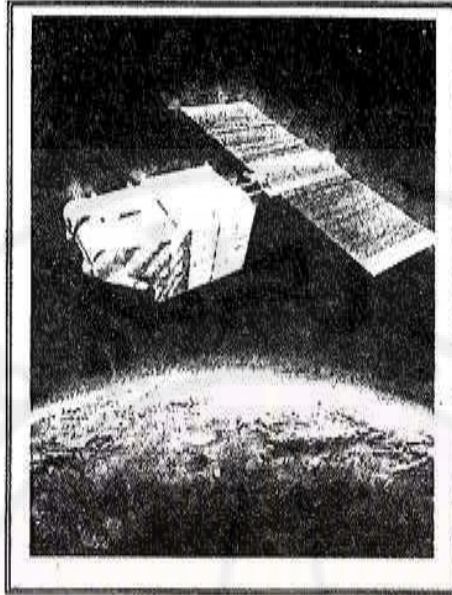
الشكل 4 - 24 التابع الصناعي الهندي (IRS - 1A)
The Indian Remote Sensing Satellite



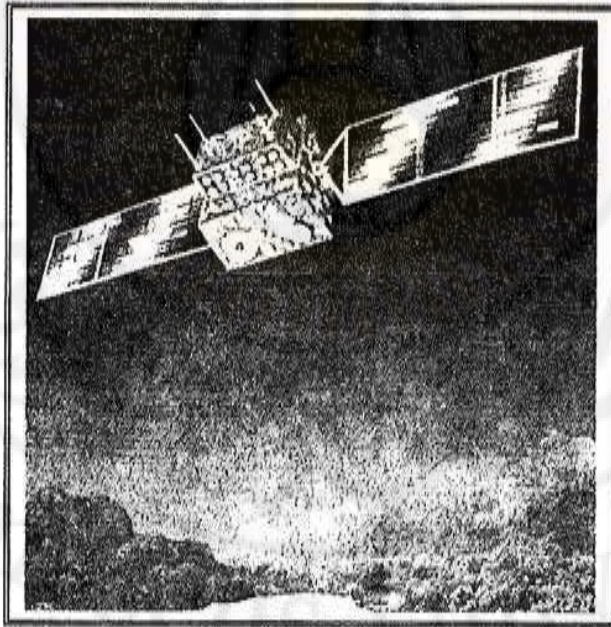
الشكل 4 - 28



الشكل 4 - 29 القمر الصناعي سيسات Seasat



الشكل 4 - 30 التابع الصناعي الفرنسي سبوت - 3



الشكل 4 - 31 التابع الصناعي الهندي IRS-IB

في 17 آذار 1988 في مدار قطبي، شمسي التزامن، على ارتفاع قدره 904 كم / عن سطح الأرض، وقد تم إطلاقه بواسطة الصاروخ السوفيتي فوستوك (Vostok) من قاعدة بايكانور في الاتحاد السوفيتي. كما سيتم إطلاق القمر (IRS - 2A) يعتبر مرحلة متقدمة في دراسة المصادر الأرضية لا سيما وأن الصور التي تم الحصول عليها من خلال التابع الصناعي لا تقل أهمية عن معلومات الأقمار الصناعية (الخاصة بالمصادر الأرضية) الأمريكية والسوفيتية والفرنسية، وتبعها إطلاق أقمار صناعية أخرى خاصة بمراقبة الطقس والمناخ وأخرى للاتصالات والتي أطلق عليها اسم شبكة التتابع الصناعية المتعددة الأغراض (INSAT - 1B) و (INSAT . 11.TS) والتي استكملت 1250 يوماً من الأداء قدمت خلال ذلك مساهمة فريدة من نوعها لعدة تطبيقات متنوعة ذات صلة بالاتصالات السلكية واللاسلكية والتلفزة والأرصاد الجوية والبيئة الإذاعي ومراقبة التلوث قبل وبعد حدوثها وتوجيه عمل الطائرات المدنية والبواخر... الخ.

إن شبكة (إنسات INSAT) تقدم إلى النظام العالمي للاتصالات السلكية واللاسلكية التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية المعلومات الواردة من المقياس الإشعاعي الهندي ذو القدرة التحليلية العالية جداً ويوجد في الهند العديد من مراكز معالجة المعلومات الرقمية للصور الفضائية وتدريب المهمتين بتقنيات الاستشعار عن بعد .

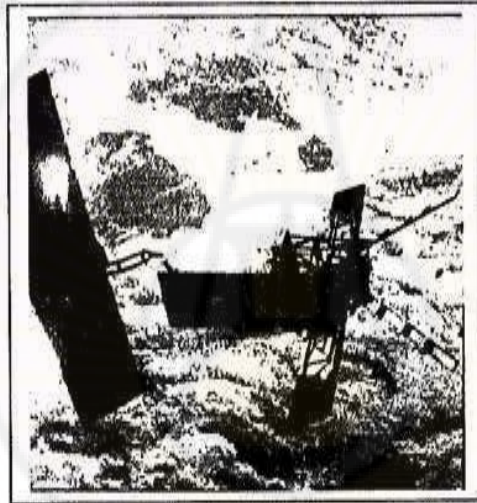
ـ بعض خصائص القمر الصناعي IRS - 1B :

أطلق هذا القمر عام 1991 في آب وهو ثاني تابع صناعي لدراسة الموارد الأرضية، ويدور بمدار قطبي ومتزامن مع الشمس على ارتفاع قدره 904 كم ويحمل جهازاً مسحاً :

(1 - Linear Imaging Self scanning LISS)

ويعمل هذا الجهاز ضمن أربعة مجالات طيفية (مرئية) :

- 1 - المجال الأول (الأزرق) 0.45 - 0.52 ميكرومتر
 - 2 - المجال الثاني (المجال الأخضر) 0.52 - 0.59 ميكرومتر
 - 3 - المجال الثالث (المجال الأحمر) 0.62 - 0.68 ميكرومتر
 - 4 - المجال الرابع (المجال تحت الأحمر القريب) 0.77 - 0.86 ميكرومتر
- ويتمتع بقوة تمييز أرضية قدرها 72.5 متر، والتغطية الأرضية 148 كم .

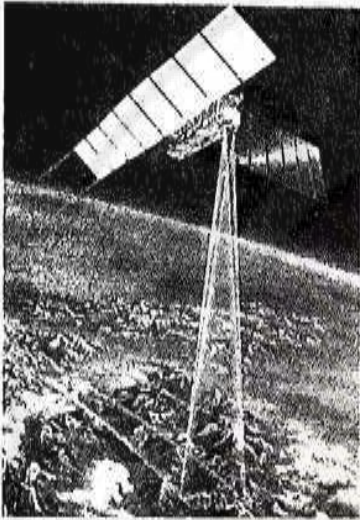


الشكل 4-33 التابع الصناعي الأوروبي ERS-2

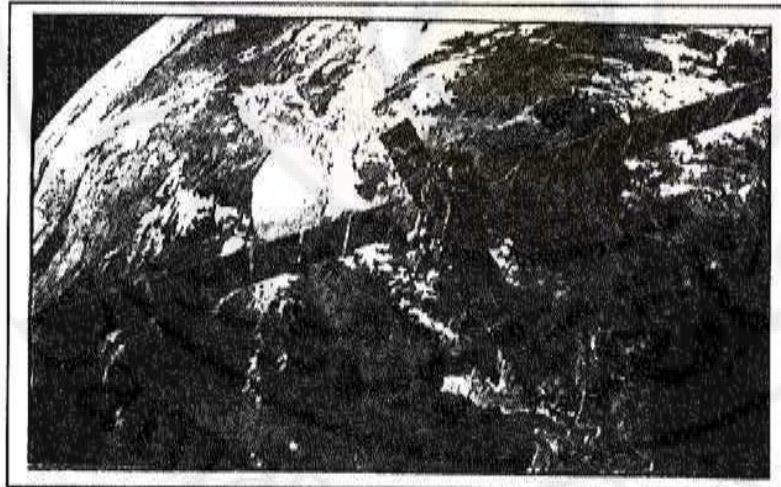
2 - جهاز تصوير خطي ذاتي المسح : Linear Imaging Self Scanning
LISS -2

ويعمل هذا الجهاز ضمن أربعة نطاقات طيفية ضمن المجالات من 0.45 وحتى 0.86 ميكرومتر (نفس المجالات السابقة في الجهاز LISS - 1) ويتمتع بقوة تمييز أرضية قدرها 36.25م والتغطية الأرضية 74 × 2 كم، أما التغطية المكررة فهي كل 22 يوم الشكل (4-31) ولقد تم إطلاق القمر الصناعي من نوع

(IRS - IC) في عام 1995 ويدور بمدار قطبي ومتزامن مع الشمس على ارتفاع 817 كم ويحمل جهاز تصوير خطي ذاتي المسح (LISS - 3) وبقدرة تمييز أرضية / 23م / وجهاز يعمل ضمن مجال الموجة القصيرة تحت الحمراء (SWIR) بقدرة تمييز أرضية / 70م / بالإضافة إلى كاميرا بانكروماتية بقدرة



الشكل 4 - 32
التابع الصناعي الياباني JERS - 1



الشكل 4 - 34
التابع الصناعي الكندي Radosat

تمييز أرضية / 10م / ومشعر ذو حقل عريض (WIFS) بقدرة تمييز / 188م / والتغطية المكررة كل 24 يوم لـ (3 - LISS) و 5 أيام (WIFS و PAN) .

3 - القمر الصناعي الياباني : (1 - JERS)

أطلق في عام 1992 على ارتفاع 570 كم راداراً من نوع (SAR - الرادار ذو الفتحة الصناعية) يعمل ضمن النطاق الطيفي / L = 25سم / ويمكن من خلاله الحصول على صور فضائية بقوة تمييز أرضية 75كم بالإضافة إلى وجود جهازي راديو متر :

الأول : راديو متر يعمل ضمن المجال الطيفي المرئي وتحت الأحمر القريب (VNIR)

والثاني : راديو متر يعمل ضمن الموجة القصيرة وتحت الأحمر (SWIR) وقوة التمييز الأرضية لكل من الجهازين 18م والتغطية الأرضية 75 كم الشكل (4-32) .

4 - القمر الصناعي الأوروبي 2 - ERS :

وهو ثاني قمر صناعي أوروبي تطلقه وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) في 21 نيسان 1995 من مستعمرة غويان الفرنسية، وذلك بواسطة الصاروخ الأوروبي أيريان -4، ويدور على ارتفاع 785 كم ويحمل راداراً (SAR - الرادار ذو الفتحة الاصطناعية) يعمل ضمن النطاق الطيفي / C، 5سم / ويمكن الحصول على صور فضائية رادارية بقدرة تمييز أرضية / 30م / وبتغطية أرضية 100×100 كم .

ويحمل التابع الصناعي (القمر الصناعي) على متنه أيضاً العديد من أجهزة القياس رادار لقياس الارتفاع Radar Altimeter وجهاز راديو متر،

ماسح على طول المسار ATSR وجهاز مراقبة طبقة (الأوزون) على المستوى العالمي GOME وجهاز عاكس ليزري LRR بالإضافة إلى بعض الأجهزة الأخرى. الشكل (4-33) .

5 - القمر الصناعي الكندي رادارسات : (Radarsat) :

وهو أول تابع صناعي كندي أطلق في أيلول 1995 وعلى ارتفاع 792 كم بمدار قطبي ومتزامن مع الشمس يحمل راداراً ذو فتحة اصطناعية (SAR) والنطاق الطيفي المستخدم حوالي 6 سم وبتردد (5.3 GHZ) وذات أربعة أنماط .

1 - قوة التميز الأرضية 100×100 م التغطية الأرضية 500 كم

2- قوة التميز الأرضية 40×28 م التغطية الأرضية 150 كم

3 - قوة التميز الأرضية 50×28 م التغطية الأرضية 100 كم

4 - قوة التميز الأرضية 10×10 م التغطية الأرضية 40 كم

التغطية المتكررة: يومياً فوق القطبين (الشمالي والجنوبي) وكل 3 أيام فوق كندا وكل 16 يوم فوق باقي الدول في العالم . الشكل (4-34)

6 - القمر الصناعي الصيني - البرازيلي :

(China - brazil Earth Resource Satellite)

وهو أول قمر صناعي مشترك بين البرازيل والصين، وقد تم إطلاقه عام 1995 على ارتفاع 778 كم وبمدار قطبي متزامن مع الشمس من قاعدة (Shanxi) على متن صاروخ (Long March) الصيني، ويحمل هذا القمر المستشعرات التالية :

1 - كاميرا من طراز (CCD) تعمل ضمن النطاقات الطيفية التالية :

1 - النطاق الطيفي الأول من 0.51 - 0.73 ميكرومتر (بانكروماتي)

- 2 - النطاق الطيفي الثاني من 0.45 - 0.52 ميكرومتر
 - 3 - النطاق الطيفي الثالث من 0.52 - 0.59 ميكرومتر
 - 4 - النطاق الطيفي الرابع من 0.63 - 0.69 ميكرومتر
 - 5 - النطاق الطيفي الخامس من 0.77 - 0.89 ميكرومتر
- التغطية الأرضية : 120 كم وقوة التمييز الأرضية 20 م أما التغطية المتكررة فكل 26 يوم .

2 - الماسح المتعدد الأطياف للأشعة تحت الحمراء :

Infrared Multispectral Scanner - IR - MSS

ويعمل ضمن النطاقات الطيفية الأربعة التالية :

النطاق الطيفي	المجال
1 - الأول	0.50 - 1.1 ميكرومتر - بانكروماتي
2 - الثاني	1.55 - 1.75 ميكرومتر
3 - الثالث	2.08 - 2.35 ميكرومتر
4 - الرابع	10.40 - 12.50 ميكرومتر - قوة التمييز في هذا المجال 60 م.

قوة التمييز الأرضية 80 م ، والتغطية الأرضية : 120 كم ، والتغطية المتكررة كل 26 يوم .

3 - المصور الحلقى العريض : Wide - Field Imager

ويعمل هذا الجهاز ضمن نطاقين طيفيين هما :

- 1 - 0.63 - 0.69 ميكرومتر .
 - 2 - 0.76 - 0.90 ميكرومتر .
- التغطية الأرضية 900 كم وقوة التمييز الأرضية / 2600 م / والتغطية المتكررة 3-5 أيام بالإضافة إلى بعض الأجهزة لكشف الطاقة الإشعاعية .

7 - مكوك الفضاء الأمريكي : Space Shuttle

لقد بدأ برنامج المكوك الفضائي في عام 1981 ومازال حتى الآن ضمن برنامج وكالة الفضاء الأميركية (NASA) لمراقبة الموارد الأرضية ويبلغ الارتفاع الوسطي للمكوك 250 كم ويحمل راداراً ذو فتحة صناعية (SAR) يعمل ضمن النطاقات الطيفية / X ، L ، C ، ويمكن منه الحصول على صور فضائية بقوة تمييز أرضية / 30 م / بالإضافة إلى أنظمة المسح بالأشعة تحت الحمراء الحرارية والأشعة المرئية وتبلغ سرعة المكوك 2700 كم / ساعة، ويدور يومياً 16 مرة حول الكرة الأرضية .

4-13 - نشاطات بعض المنظمات الدولية في مجال الدراسات الفضائية :

ونذكر منها :

1 - المنظمة العربية للاتصالات عبر الأقمار الصناعية (عربسات) (ARABSAT)

(Arab Satellite Communication Organization)

لقد تم إقرار إحداث منظمة العربسات بقرار من الجامعة العربية وذلك في نيسان من عام 1976، وتضم هذه المنظمة كافة الأقطار العربية الأعضاء في الجامعة العربية، ومركزها الرئيسي في مدينة الرياض في المملكة العربية السعودية .

وقد قامت المنظمة العربية (عربسات) بإطلاق تابعين صناعيين للاتصالات على ارتفاع 36000 كم من نوع (Geostationary) (عربسات 1- ، وعربسات 2-) ولديها تابع احتياط آخر، إن التابع الصناعي عربسات 1- يقع عند خط الطول E-19 درجة - والتابع الصناعي عربسات 2- يقع عند خط الطول E-26 (وقد أطلق القمر الصناعي عربسات 1- بواسطة الصاروخ

الفرنسي من نوع إيربان، كما أطلق عربسات -2 بواسطة المكوك الفضائي الأمريكي). وقد أنشأت المنظمة محطات مراقبة للتابعين الصناعيين : الأولى بالقرب من مدينة الرياض في السعودية والأخرى بالقرب من مدينة تونس في الجمهورية التونسية.

تقوم المنظمة منذ عام 1985 باستخدام هذين التابعين لتوفير كافة الخدمات المتعلقة بالاتصالات والتلكس والبرق الإذاعي والتلفزيوني والبرامج الثقافية والصحفية ... الخ إلى كافة الدول العربية.

2 - لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية:
أحدثت عام 1959 .

Commitet on the peaceful uses of outer space. (Copuos)
وهي تابعة للجمعية العامة للأمم المتحدة - (الجمهورية العربية السورية عضو فيها) (للاستخدامات السلمية) .

3 - برنامج انتركوزموس (Inter Cosmos):

برنامج للتعاون بين الدول الاشتراكية في استكشاف الفضاء للأغراض السلمية، أحدث عام 1970 مجالات الدراسة (فيزياء الأرض، المناخ، طب وبيولوجيا الفضاء، الاتصالات الفضائية استكشاف الأرض من الفضاء). وقد نفذت رحلة الفضاء السوفيتية السورية المشتركة ضمن برنامج انتركوزموس عام 1987 والتي شارك فيها عن سوريا رائد الفضاء السوري العقيد محمد فارس

4 - برنامج انترسبوتنيك (Intersputnik) المنظمة الدولية للاتصالات الفضائية:

أحدثت بقرار من الجمعية العامة للأمم المتحدة عام 1972، وذلك لتبادل المعلومات الهاتفية والبرق الإذاعي والبرامج التلفزيونية بين الدول الاشتراكية ومختلف دول العالم .

5 - المنظمة الدولية للاتصالات الفضائية عبر الأقمار الصناعية (انتلسات Intelsat)

تأسست هذه المنظمة عام 1964، وسوريا عضو فيها، عملها ضمن مجال البث التلفزيوني والاتصالات الهاتفية والتلكس ونقل المعلومات الصحفية والمالية والصحية والثقافية، من خلال عمل 24 ساعة متواصلة .

6 - المنظمة الدولية للتوابع الخاصة بدراسة البحار (انمرسات Inmarsat (Int, Maritime Satellite Organization)

أحدثت هذه المنظمة عام 1979. وتم أحداثها لتوفير الاحتياجات الخاصة بالملاحة البحرية وتوجيه السفن وخاصة في المناطق الجليدية والتنقبؤ عن الأخطار والكوارث التي تجابه السفن من أنواء وعواصف واصطدام بالجبال الجليدية. من أهم أقمارها الصناعية:

(Intelsat v - Mcs - A, Marecs -B- 2, Marecs A)

وتطير على ارتفاعات 36000 كم وتغطي المحيط الأطلسي والهندي والباسيفيكي ويشارك في توجيهها كل من اليابان وأمريكا وبريطانيا وروسيا وفرنسا ولها مراكز أرضية في عدد كبير من دول العالم.

7 - منظمة التقنية والزراعة التابعة للأمم المتحدة مركز الاستشعار عن بعد (FAO / RSC)

أحدثت في عام 1980 وتستخدم لتقديم الخدمات اللازمة لتطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الثروات الطبيعية المتجددة (تطبيقات زراعية ومائية وجيولوجية) ولقد ذكرنا بالتفصيل عن بعض الأقمار الصناعية التابعة لها مثل : لاندسات، سبوت، نوى NOAA وفينوسات، وقد قامت منظمة الفاو بتنفيذ مشاريع عديدة باستخدام الاستشعار عن بعد في الأقطار العربية (سوريا، مصر، السودان، العراق، المغرب، ليبيا) .

8 - برنامج الأمم المتحدة الإنمائي : (UNDP)

يقوم بتمويل الدول النامية لإقامة مشاريع خاصة بتكنولوجيا الفضاء والاستشعار عن بعد

9 - منظمة اليونسكو : (Unesco)

وهي منظمة دولية تابعة للأمم المتحدة تقوم بنشاطات علمية وثقافية وتعليمية وذلك بتنفيذ أعمال خاصة بالاتصالات عبر الأقمار الصناعية. مثلاً تطبيقات (RS) في علوم الأرض والمياه والبحار والمحيطات وعلم الآثار. ولها برنامج خاص أطلقت عليه اسم التطبيقات الجيولوجية للاستشعار عن بعد (GARS) وهناك برامج كثيرة أخرى .

10 - منظمة الصحة العالمية (WHO) : (World Health Organization)

وهي منظمة دولية تابعة لمنظمة الأمم المتحدة تهتم بتقصي المعلومات حول الأمراض المعدية (التي تنتقل بالعدوى) والصحة والبيئة والأوبئة والصحة المتأثرة بالإشعاع. وتستخدم منظمة الصحة العالمية تقنيات (RS) في مراقبة الأمراض الطفيلية المتبقية في القارة الأفريقية.

11 - وكالة الفضاء الأوروبية ESA (European Space Agency)

أحدثت عام 1975 بموافقة مؤتمر الفضاء الأوروبي وتضم / 11 دولة أوروبية / ولقد أخذت على عاتقها الأعمال التي كانت من اختصاص منظمة الأبحاث الفضائية الأوروبية (ESRO) واستخدام الفضاء للأغراض السلمية حصراً وتطوير وتنمية التعاون بين الدول الأوروبية في مجال تكنولوجيا أبحاث الفضاء المختلفة وبناء وإطلاق المركبات الفضائية المأهولة واستشعار الأرض عن بعد ومراقبة الأحوال المناخية والاتصالات وغيرها. مركزها مدينة باريس الفرنسية. وتضم المراكز التالية:

1 - مركز تكنولوجيا وأبحاث الفضاء الأوروبي (ESOC) في هولندا .

2 - مركز العمليات الفضائية الأوروبي (ESOC) في ألمانيا الغربية (دارمشتات).

3 - مركز استرجاع المعلومات (IRS) في إيطاليا (مدينة فراسكاتي) .
نذكر بعض أنواعها (علماً بأنه تم شرح بعضاً منها أعلاه) :

Fslp, Exosat, Geos, -2, IUE, ISEE -2, CEOS -1, Cos -B

ومراكب فضائية من نوع (ISO) ، (IRAS) وتوابع خاصة بالأحوال الجوية من نوع ميتوسات (Meteo sat) و (1,2 MOP)

وهناك توابع خاصة بدراسة الموارد الأرضية مثل : ESA Remote Sensing

1- Satellit ERS (ERS -2 عام 1992) وفي عام (1993 ERS -3) ومكوك الفضاء الأوروبي هرمس (Hermes).

بالإضافة إلى مجموعة أخرى من التوابع للدراسات الأخرى المختلفة : مثل : الاتصالات : القمر الصناعي (Orbital test Satellit (OTS) وثلاث توابع للاتصالات من نوع (ECS) (بث إذاعي، برامج تلفزيونية ...) كما أطلقت توابع صناعية من نوع (MARECS A,B). خاصة للاتصالات عبر المحيطات وغيرها كثير.

وأخيراً فإن وكالة الفضاء الأوروبية قد أطلقت منذ تأسيسها 40 صاروخ من نوع (إيريان) حملت أقماراً صناعية خاصة بالوكالة. كما أطلقت 35 صاروخ من نفس النوع حملت أقماراً صناعية لدول أخرى. ولديها برامج علمية كثيفة حول الاستشعار عن بعد وأبحاث الفضاء.

وأخيراً لابد من القول بأنه لا شك بأن معرفتنا قد ازدادت، أو ستزداد في أمور شتى، وذلك بفضل الاستشعار عن بعد من الفضاء، كالموارد الأرضية وإجراءات تحليلها. ولا يمكن حصر هذه الأمور لتتنوعها كل التنوع، بحيث يضيق المجال هنا عن ذكرها، ويكفي أن نذكر أن الاستشعار عن بعد من الفضاء، قد أحدث ثورة في فهمنا وأساليبنا في مجالات رسم الخرائط بأنواعها، والجيولوجيا، والجيوفيزياء، والموارد المائية، وتحليل استخدام الأراضي،

والزراعة والبيئة، وعلوم البحار، وكان له تأثير كبير في نظامنا التعليمي، وطرائقنا في البحث العلمي واتصالاتنا بالعالم وتعاوننا معه. والأمر الذي لا شك فيه، أن الاستشعار عن بعد قد وجد ليبقى وهو يتطور كل يوم (وربما سيأتي يوم وتصبح هذه المعلومات المطروحة بين أيدينا الآن قديمة بعض الشيء) ويزخر بما يضيف به من الفوائد الاقتصادية والاجتماعية والسياسية. لذلك فهو منطلقنا لفهم الأرض ومواردها وبيئتها .



الفصل الخامس ...

تفسير الصور الجوية والفضائية

5-1- تفسير الصور الجوية :

عندما ننظر إلى الصور الفوتوغرافية الجوية نشاهد أجساماً كثيرة ذات حجوم وأشكال مختلفة، يسهل تمييز بعضها، ولكن يصعب تمييز بعضها الآخر وهذا يعتمد على إدراكنا الشخصي وخبراتنا الخاصة. فإذا استطعنا أن نحدد هوية ما نشاهده على الصور وننقل هذه المعلومات إلى الآخرين فإننا نقوم بما يدعى "تفسير الصور الفوتوغرافية الجوية" فالصور الجوية تضم بين طياتها معطيات خاماً لا تصبح معلومات قابلة للاستخدام إلا بعد أن يعالجها عقل المفسر البشري.

5-1-1- أسس تفسير الصور الجوية :

تمثل الصور الجوية سجلاً مفصلاً لمعالم الأرض لحظة تصويرها. ويقوم مفسر الصور بفحصها بشكل منظم، وغالباً ما يفحص أيضاً بعض السجلات المساعدة كالخرائط وتقارير الملاحظات الحقلية. واستناداً إلى هذه الدارسة، يتم تفسير الطبيعة الفيزيائية للأجسام والظواهر التي تبدو في الصور. ويتم تفسير الصور حسب عدد من المستويات التي تختلف درجة تعقيدها، من مجرد تعرف بسيط للأجسام الموجودة على سطح الأرض إلى تعرف ما ينشأ من علاقات معقدة متبادلة بين العالم سطح الأرض وما تحت سطحها. ويختلف النجاح في تفسير الصورة حسب تدريب المفسر وخبرته، وحسب طبيعة الأجسام والظواهر المراد تفسيرها، وحسب نوع الصور المستخدمة. وأحسن المفسرين عامة، هم الذين يتمتعون بقدرة جيدة على الملاحظة والتخيل والصبر.

وتشمل الدراسة المنظمة للصور الفوتوغرافية الجوية الكثير من الخصائص الأساسية للمعالم الظاهرة في الصورة. وهذه الخصائص الدقيقة

والمفيدة لأي عمل نوعي، مع الأسلوب الذي ننظر إليها من خلاله، تعتمد على حقل التطبيق. ومع هذا فإن معظم التطبيقات تأخذ بالحسبان الخصائص الأساسية أو متغيراتها وهذه الخصائص تقسم حسب بعض المراجع إلى قسمين وفي بعضها الآخر تشرح على أنها دلائل تفسير واحدة .

أ- المؤشرات المباشرة المستخدمة في تفسير الصور الفوتوغرافية الجوية :

1 - الشكل : يدل على الشكل العام لكل جسم أو هيئته أو حدوده الخارجية وفي حالة الصور الفوتوغرافية المجسمة يحدد ارتفاع الجسم أيضاً شكله. وتتميز شكل بعض الأجسام تميزاً يمكن به تعرفه في مرئياته من خلال هذا المعيار فقط. ويعتبر الشكل من المؤشرات الأكثر استخداماً في التفسير. فمن خلال الشكل يمكن معرفة مثلاً: التشكيلات البركانية، والحدود الجيولوجية، والشقوق والفوالق والصخور الأندساسية الظاهرة على شكل قبة... الخ.

2 - الحجم أو (المقياس) : فلا بد من أخذه بالحسبان في نطاق مقياس الصورة. وأيضاً الحجم النسبية للأجسام على الصور الفوتوغرافية ذات المقياس الواحد.

تحدد أحجام ومقاييس الأجسام الجيولوجية على الصور الجوية والفضائية أحياناً بشكل تقريبي وذلك بمساعدة وسائل بسيطة، وذلك انطلاقاً من مقياس الصورة أو (عندما تكون زيادة الدقة ضرورية) بمساعدة أجهزة ستريوسكوبية خاصة. عند ذلك من الضروري الأخذ بعين الاعتبار، أن دقة تحديد الحجم تحدد بقوة التمييز الأرضي للصورة. فعلى سبيل المثال: إن الصور المحلية الحاوية على أصغر التفاصيل لا تزيد عن عشرات الأمتار وأحياناً أقل من ذلك بكثير،

يسمح مقياس وحجم الأجسام الجيولوجية إلى إنشاء فكرة حقيقية عن منشأها وخصائص بنية المنطقة .

3 - التوضع المتبادل للأجسام الجيولوجية:

يسمح التوضع المتبادل للأجسام الجيولوجية بتحديد مواقعها وأماكن توضعها بالإضافة إلى تحديد عمرها، كما يعطي صورة عن البنية والخصائص الجيولوجية لها، وتحديد نماذج الصخور فمثلاً : تعتبر الرسوم الخطية في الصورة ظاهرة مميزة لتطبق الصخور الرسوبية أو الصخور الأستحالية، وتسهل أحياناً هذه الخطوط من إمكانية تحديد تركيبها. كما أن الخصائص وعلاقات الارتباط المتبادلة للعناصر التكتونية، تحدد النموذج التكتوني للمنطقة المدروسة.

4- اللون والشدات اللونية:

يعتبر اللون (أو على الأصح الاختلافات اللونية بين العناصر المصورة المشكلة للصورة) على الصور الجوية والفضائية الملونة واحداً من المؤشرات الأساسية المساعدة في التفسير، لكن استخدامه أثناء الدراسات بهدف الجيولوجيا يتطلب حذراً شديداً، وذلك بسبب التغيرات الشديدة فيه. ويعتبر اللون (لون عناصر الصورة) مؤشراً أكثر فاعلية، من تناغمات (الشدات اللونية) اللون الأبيض والأسود للصورة. إن حساسية عين الإنسان اللونية (للصور الملونة) أعلى بكثير من تمييز اللون الواحد (أبيض وأسود). يمكن أن يكون لون الأهداف المتعددة الألوان غير ثابت (مستمر)، وخاصة إذا استخدم في المسح آلة التصوير ذات زاوية عريضة.

يتغير اللون على الصور الفضائية البيضاء والسوداء، من الأبيض إلى الأسود والملونة ونستطيع من خلال لون هذه الصخور تحديد تركيبها ورطوبتها بالإضافة إلى تحديد الصخور العائدة إلى عمر الرباعي والحديثة المغطية للصخور الأم. إن قوة وشدة اللون على الصورة وحسب معطيات م.ن . بتروسفينش تتعلق بعدة أمور منها :

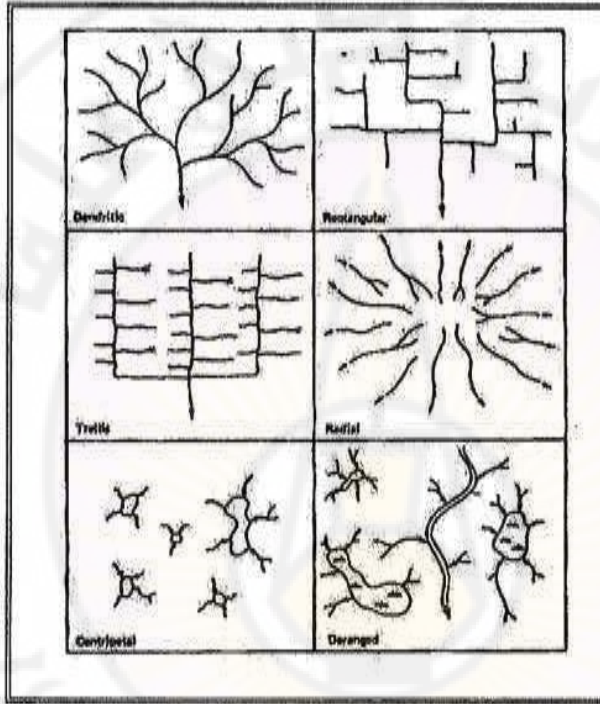
- 1 - لون السطح المصور (وبشكل أدق قدرة السطح الطيفية) .
- 2 - بنية وحالة السطح المصور .
- 3 - درجة إضاءة السطح بالأشعة الشمسية (تحدد بأوقات السنة وأيامها).
- 4 - بآلة التصوير المستخدمة، والأفلام ومواد التصوير الأخرى (أفلام - ورق... الخ)

ب - المؤشرات الغير مباشرة المستخدمة في تفسير الصور الجوية والفضائية:

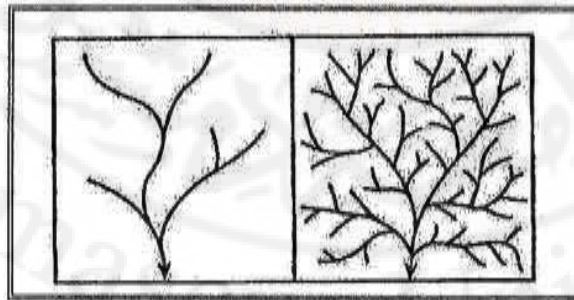
- 1 - الريليف: أو اللاندشافت (Landscape) (السطح التضاريسي الطبيعي):
وهو العلاقة المتبادلة بين هذه الأجسام والظواهر في الطبيعة (كيف تبدو في الريليف) يمكن أن يكون مثلاً لهذا المؤشر على سبيل المثال علاقة الغطاء النباتي ونوعيته بنوع التربة أي أن لكل نوع من الصخور غطاء نباتي يميزها عن الصخور الأخرى التي لها غطاء نباتي مختلف، وهنا يلعب دور التركيب الكيميائي للصخر نفسه دوراً في تحديد أنماط الغطاءات النباتية وملوحتها ورطوبتها. أو علاقة الريليف مع البنية الجيولوجية للأرض ودورها المشترك في تشكيل التربة. وغالباً ما يستخدم الريليف كمؤشر قوي في عمليات التفسير والتعرف على ظواهر مختلفة كثيرة. فباستخدام المؤشرات النباتية والرطوبة يمكن أن تجري أعمال بحث وتنقيب عن المياه الجوفية والمواد المفيدة الأخرى
- 2 - شبكات التصريف المائية :

تعتبر شبكات التصريف المائية من المؤشرات الهامة في تفسير الصور الفضائية والجوية حيث يمكن من خلالها التعرف على نوعية الصخور، وذلك من خلال تحديد نموذج التصريف فمثلاً إذا كان نظاماً شجرياً يمكن تحديد نوع الصخر بأنه كلسي مثلاً وإذا كان تكعيبياً فإن هذا ينتشر ضمن الصخور النارية ... كما يمكن من خلال التعرف على شبكات التصريف تحديد أنواعها ودرجة غير دقيقة كمية المياه الجارية فيها (من خلال تفسير وتحديد الشبكات ودرجاتها فهناك شبكة من الدرجة الأولى (أنهار ضخمة) وحتى المسيلات والجداول المائية. أيضاً يمكن تحديد عمق الأودية النهرية، وهذا يعطي فكرة عن قابلية

الصخور للحت والإنحلال. كما يمكن أيضاً تحديد بعض الفوالق عن طريق شبكات التصريف المائية، حيث يوجد أنواع من الأودية تسمى بالأودية الفالقية، وذلك حسب شكل ظهورها في الريليف أنظر الأشكال (1-5) و (2-5) و (3-5)

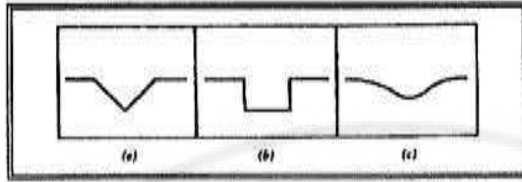


الشكل 1-5 طرز الصرف الستة الأساسية



الشكل 2-5 تمثيل طرز الصرف

(a) طرز الصرف المتشجر خشن النسبجة، (b) طرز الصرف المتشجر دقيق النسبجة



الشكل 5-3 ترسيم لمقاطع عرضية لأشكال الأخاديد (a) حصى ورمل (b) غرين . (c) غضار غريني

3 - النباتات :

تلعب النباتات دوراً بارزاً كمؤشر لتفسير كثير من الظواهر الطبيعية، وكما ذكرنا سابقاً أنه تنمو نباتات معينة على صخور معينة، فمثلاً هناك نباتات تميز الصخور الكلسية وأخرى تثبت على الصخور الغضارية وأخرى على الصخور النارية... الخ كما يمكن عن طريق النباتات تحديد رطوبة التربة، ونوعيتها .

4 - التربة :

إن للتربة دوراً لا يستهان به كمؤشر لتفسير كثير من الظواهر الطبيعية فمن خلال تحديد نوع التربة الذي ينعكس بخصائص طيفية معينة على الصور الفضائية، وبما أن التربة ناتجة من عمليات التجوية المختلفة فإنه بالإمكان تحديد نوع الصخر الأم الذي اشتقت منه هذه التربة، فمثلاً هناك عدة أنواع من التربة والتي يمكن أن تميز بسهولة على الصور الجوية والفضائية، كالتربة الكلسية، وتربة التشيرنوزول وتربة اللاتيريت... الخ .

5 - نتائج النشاط الزراعي للإنسان والمجموعات الأرضية الطبيعية :

يرتبط النشاط الزراعي للإنسان بظروف طبيعية محددة، ويظهر هذا النشاط على شكل ظواهر مميزة دالة على عمل الإنسان (ظواهر اصطناعية)، فعلى سبيل المثال نرى على الصورة من خلال توزيع بعض الأنواع من الزراعات في منطقة معينة وزراعات أخرى مختلفة في منطقة أخرى يمكن أن يعطي فكرة عن خصائص التربة (نوعية هذه التربة ومدى صلاحيتها للزراعة في كل من المنطقتين) ورطوبتها. وتفسر بوضوح على كافة الصور تقريباً

مناطق تغيرات الرطوبة وكثافة الغطاء النباتي، وانتشاره في المناطق الرطبة وعدمه في المناطق القاحلة والجافة .

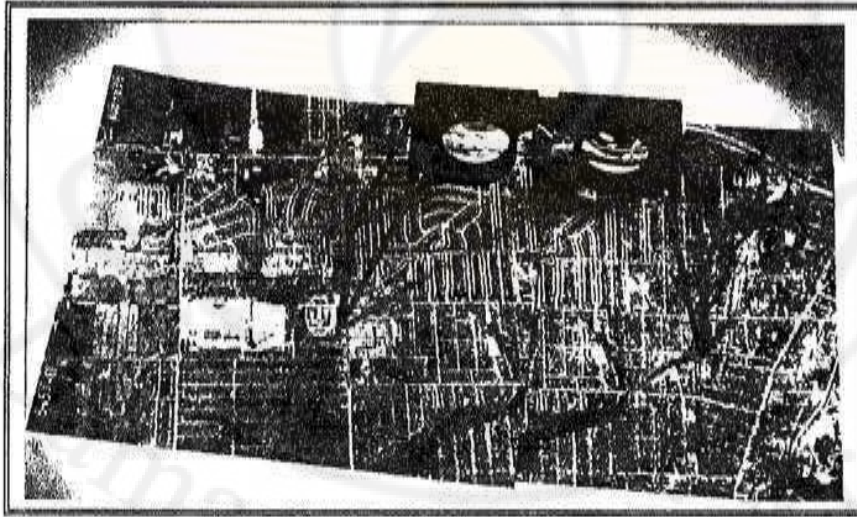
5-1-2- الأجهزة الأساسية المستخدمة في تفسير الصور الجوية وبعض الصور الفضائية المجسمة :

تهدف الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور إلى واحد من ثلاثة أهداف أساسية :

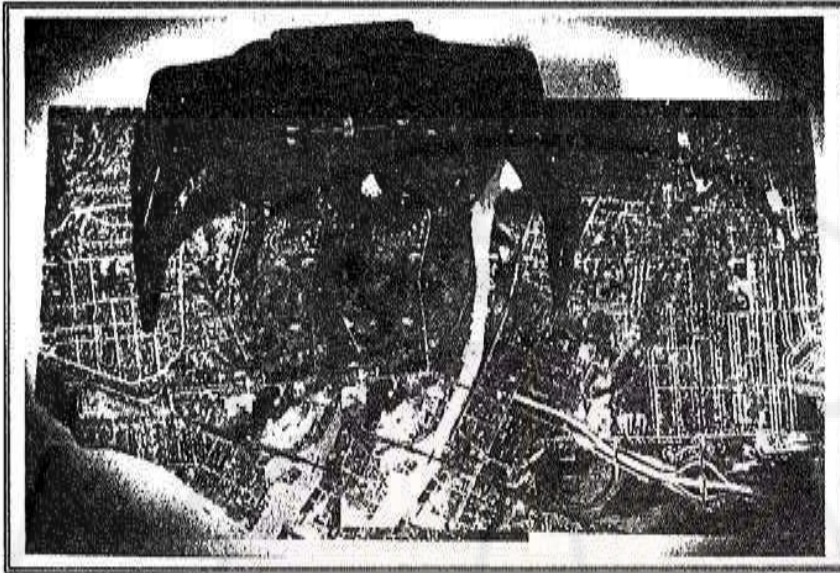
- 1 - رؤية الصور .
- 2 - إجراء القياسات .
- 3 - نقل المعلومات إلى خرائط أساس أو إلى قواعد المعطيات الرقمية

Data Bases Digital

وسنكتفي فقط بذكر أنواع هذه الأجهزة لأنه سيتم شرحها في الجلسات العملية لهذا المقرر. ويمكن أن نشرح باختصار مبدأ عمل المناظير المجسمة ذات العدسات Lens Stereoscopes (الستريوسكوب) شكل (4-5) و (5-5)



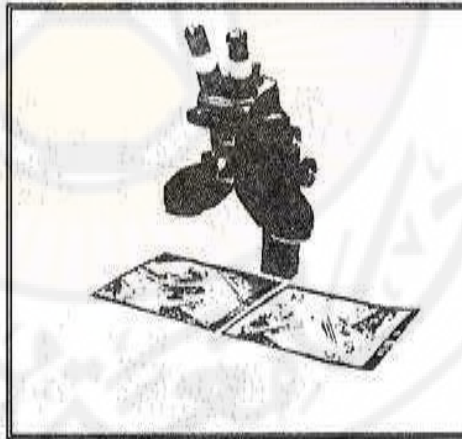
الشكل 5 - 4 منظر مجسم بسيط ذو عدستين



الشكل 5 - 5 منظار مجسم ذو عدستين يكبر مرتين . نموذج ابرامز CB-1



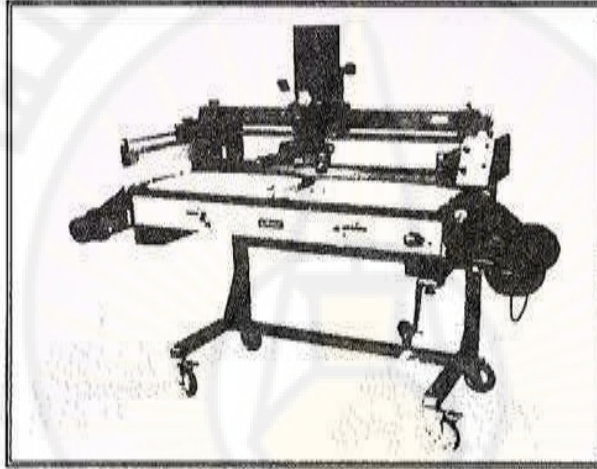
الشكل 5 - 6 منظار مجسم ماسح
ذو مرايا . Old delft



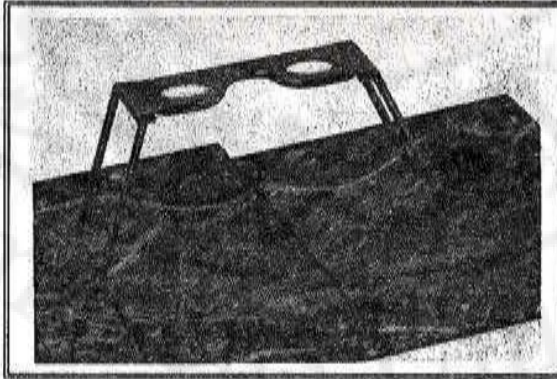
الشكل 5 - 7 منظار مجسم زوم نموذج
بوش ولومب SIS-95



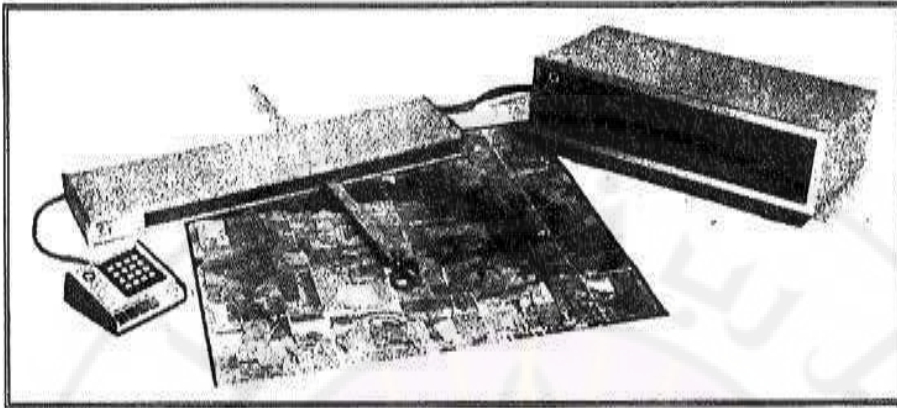
Stereomicrorometer (عن مؤسسة مارل زايس)



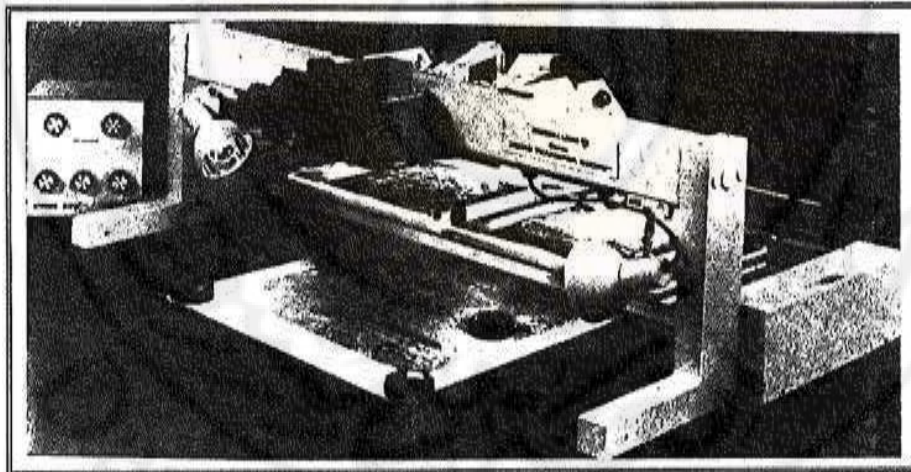
الشكل 5-8 طاولة ضوء ومنظار مجسم زوم، طاولة ريتشارد MIM-4 مجهزة
بمحرك لتحريك الفلم ومنظار مجسم نموذج بوش لومب 240 (عن Richards Corp)



الشكل 5-10 الستريوسكوب الجيبى



الشكل 5 - 11 جهاز مرقمن الكتروني للاحداثيات، قلم التكبير يبدو في مركز الصورة، ولوحة المفاتيح إلى اليسار، والمعالج الصفري ووحدة العرض إلى اليمين (عن Numonics Corp)



الشكل 5 - 12 منظار النقل الزومى المجسم (عن قسم المنتجات الضوئية العلمية، بوش ولومب)

يمكن حمل هذه الأجهزة، وهي رخيصة الثمن بالقياس إلى سواها من الأجهزة الأخرى ومعظمها صغير الحجم، مجهزة بحوامل قابلة للطي. ويمكن تغيير البعد بين العدسات من نحو 54 مم حتى 75 مم لتلائم المسافة الفاصلة بين عيني من يستخدم المنظار (الستريوسكوب). ويكون تكبير العدسات عادة في مثل هذه المناظير مرتين الشكل (5-4) ولكن يمكن تعديل ذلك. أما المنظار في الشكل (5-5) فيستخدم للتكبير مرتين أو أربع مرات بتغيير العدسات العينية، وأهم عيوب المناظير الصغيرة ذات العدسات أن الصورتين الفوتوغرافيتين يجب أن تكونا متقاربتين جداً لكي توضعاً بشكل صحيح تحت العدسات. لذلك لا يستطيع المفسر أن يرى كامل المساحة المجسمة التي تبديها الصورة الجوية ذات المقاس 240 مم دون أن يرفع حافة إحدى الصورتين. وتمثل الأشكال من (5-6) وحتى (5-12) مجموعة من الأجهزة الشائعة الاستعمال في مجال التفسير.

5-1-3- رسم الخرائط الجيولوجية : **Geologic Mapping**

تتميز الأرض بسطح متبدل شديد التعقيد، تتم تضاريسه الطبوغرافية وتركيب مادته عن مادة صخر الأساس والمواد غير المتماسكة التي توجد تحت كل جزء من هذا السطح، كما تتم عن عوامل التغير التي أثرت فيها. فكل نوع من الصخور، وكل تأثير للحركات الداخلية، وكل ظاهرة من مظاهر الانجراف والحت والترسيب، يحمل بصمة العمليات التي سببتها، وعلى من يقوم بوصف وتعليل مواد وبنيات الأرض، أن يميز مظاهر السطح الناجمة عن هذه البنيات. ومن خلال عمليات تفسير الصور الجوية ورسم الخرائط الجيولوجية يمكن تحديد هذه المواد والبنيات وتعليلها. ويتطلب رسم هذه الخرائط دوماً مقداراً هاماً من التحريات العقلية، إلا أنه يمكن تسهيل العملية كثيراً من خلال استعمال تفسير الصور الجوية.

لقد كانت أولى الصور الفوتوغرافية الجوية التي التقطت بهدف رسم خارطة جيولوجية هي التي استخدمت لرسم خارطة فيسفاينية لتغطية بنغازي

في ليبيا وذلك عام 1913، وأول استخدام للصور الجوية، عامة، إنما كان لرسم خرائط أساس لتجميع المعطيات الجيولوجية، وبخاصة المعطيات التي تطبق في التنقيب عن النفط. وكان قد بدأ بتفسير الصور الجوية في العشرينيات من القرن الماضي. إلا أنه لم يشع استخدام تفسير الصور وبرزت أهميته في رسم الخرائط الجيولوجية إلا في الأربعينيات من القرن الماضي .

يتضمن رسم الخرائط الجيولوجية تعرف أشكال الأرض وأنواع الصخور وبنياتها (طبقات وفوالق وشقوق) ورسم الوحدات والبنيات الجيولوجية على الخارطة أو أي مظهر آخر في مواقعها الصحيحة. فالتنقيب عن الموارد المعدنية هو أحد الحوافز لرسم الخرائط الجيولوجية. ونظراً لأن معظم الرواسب المعدنية السطحية منها أو القريبة من السطحية، أصبح معروفاً في المناطق التي يسهل الوصول إليها، فقد اتجه الاهتمام الآن نحو تحديد مواقع الرواسب المعدنية العميقة البعيدة عن سطح الأرض أو المناطق التي يصعب الوصول إليها، ولا بد من أجل ذلك، الاستعانة بالطرائق الجيوفيزيائية، التي تخترق الأعماق، ولتحديد مواقع الرواسب المحتملة، وإجراء السبر للتحقق من وجودها. ويمكن أن يزودنا تفسير المعالم السطحية التي تظهر في الصور الجوية ومرئيات السواتل Satellites ، بالكثير من المعلومات حول الوجود المحتمل للمعادن .

ويستعمل تفسير الصور المتعدد المراحل، عادة في الدراسات الجيولوجية، ففي مقدور المفسر أن يبدأ بتفسير مرئيات السواتل (الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية ...) (التي سيرد ذكرها لاحقاً) ذات المقياس 1: 250.000 حتى 1: 1000.000، ثم يتفحص الصور الفوتوغرافية الجوية المجسمة من ارتفاعات عالية بمقاييس من 1: 58.000 حتى 1: 20.000 لرسم الخرائط المفصلة .

ويتضمن رسم الخرائط صغيرة المقياس رسم البنيات والمظاهر الخطية الأرضية (اللينامنت Linaments)، أي إبراز معالم المظاهر الخطية الإقليمية

الناجمة عن الرصف الخطوطي Linear للمعالم المورفولوجية مثل الأنهار الكبيرة والجروف والسلاسل الجبلية والمعالم المميزة بشدتها اللونية التي تمثل، في كثير من المناطق، المظاهر السطحية للشقوق أو المناطق المتصدعة. ويمكن أن يتراوح طول البنيات الخطية (اللينيامنت) الرئيسية من عدة كيلومترات إلى مئات الكيلومترات. تحديد هذه المظاهر الخطية على الخرائط هاماً بالنسبة إلى عمليات التنقيب عن المصادر المعدنية. نظراً لأن الكثير من الرواسب الركازية، إنما تقع على طول المناطق المشققة والمتصدعة.



الشكل 5 - 13 صورة منخفضة الزاوية من سكاى لاب 4 شرق ايداهو وشمال غربي وايومينغ (تبدو فيها حدائق بيلوستون وجراند تيتون الوطنية) الساعة الرابعة بعد الظهر، 1 كانون ثاني (يناير 1974 ، المقاييس في مركز الصورة حوالي 1:5000.000 نسخة غير ملونة من أصل ملون (مرئية عن ناسا)

وهناك عدة عوامل تؤثر في الكشف عن البنيات الخطوطية (المظاهر الخطية) أهمها :

العلاقة الزاوية بين المظهر الخطوطي ومصدر الإضاءة . فتلك المظاهر التي يكون اتجاهها إلى مصدر الإضاءة ، لا يمكن كشفها بسهولة كذلك التي يكون اتجاهها عمودي . وتفضل الإضاءة المائلة ذات الزاوية الصغيرة نسبياً في الكشف عن المظاهر أو المعالم الخطوطية الضعيفة (اللينيامنت) ويبين الشكل (5-13) مثالاً للتصوير بأشعة الشمس المائلة بزاوية صغيرة تم التقاطها في الشتاء حيث يظهر الغطاء الثلجي بوضوح .

ويستعمل الكثير من المفسرين شبكة رونكي (Ronchi) لوضع خرائط المظاهر الخطية الأرضية (اللينيامنت) وتتألف هذه الشبكة من خطوط شعرية متصالبة انكسارية يوجد فيها 78 سطرأ في السنتيمتر المربع ، تزيد المعالم الخطوطية على المرئية وضوحاً أو ضعفاً . فعندما ترى المرئية من خلال الشبكة ، التي تحمل قريبة من العين ، تظهر المعالم الخطوطية الموازية لخطوط الشبكة وقد التحمت وضعفت، أما المعالم العمودية عليها فتتضح وتتجلى ، هذا وبالرغم من أن الرؤيا البسيطة (غير المجسمة) تناسب رسم خرائط البنيات الخطوطية، فإن رسم الخرائط الليتولوجية (خرائط الوحدات الصخرية) يتحسن كثيراً باستعمال الرؤيا المجسمة. وإن عملية تحديد نوع الوحدة الصخرية ورسمها على الخارطة، وكما هو مبين في الفقرات السابقة، يتطلب دراسة مرئيات المنطقة المراد دراستها بالمنظار المجسم (الستريوسكوب) وذلك لتحديد شكل تضاريسها (بما في ذلك نماذج التصريف المائية وأنسجتها) وشدها اللونية وغطاؤها النباتي الطبيعي. ويمكن تمييز معظم الوحدات الصخرية في المناطق العارية (الجرداء) استناداً إلى شكل تضاريسها (طبوغرافيتها) وخصائصها

الطيفية، وبخاصة ما يظهر في الأفلام الملونة أو الأفلام الملونة الحساسة للأشعة تحت الحمراء. أما في المناطق المغطاة بالنباتات، فإن هذا التمييز يصبح أكثر صعوبة بسبب اختفاء سطح الصخر تحت الغطاء النباتي، ويسبب بعض التغيرات الصغيرة التي تطرأ على الغطاء النباتي التي يجب أن تؤخذ بالحسبان. ولما كان 70 % من سطح الأرض يكسوه غطاء نباتي فإن التوجه الجيونيبياتي يكون هاماً في تمييز هذه الوحدات (المجموعات). وعلم النبات الجيولوجي (Geobotany) هو العلم الذي يدرس العلاقة بين متطلبات تغذية النباتات مع عاملين آخرين، هما : توفر المواد الغذائية في التربة والخصائص الفيزيائية للتربة، بما في ذلك توفر رطوبة التربة. وغالباً ما يستخدم توزيع الغطاء النباتي دليلاً غير مباشر (المؤشرات الغير مباشرة للتفسير تم شرحها في الفقرات السابقة) لمعرفة تركيب التربة والمواد الصخرية الموجودة تحته. والتوجه الجيونيبياتي في رسم الخرائط الجيولوجية باستخدام مرئيات الاستشعار عن بعد يمثل خير تمثيل للتعاون الكبير بين الجيولوجيين وعلماء التربة وعلماء النبات الحقلين، شرط أن يكون لهؤلاء خبرة في الاستشعار عن بعد (RS) . والمظهر الهام لهذا التوجه خاصة هو، تحديد الشذوذ في الغطاء النباتي، هذا الشذوذ الناجم عن المناطق المعدنة Mineralized . ويمكن أن يظهر الشذوذ الجيونيبياتي بعدة أشكال. نذكر منها :

- 1- التوزيع الشاذ لأنواع والمجتمعات النباتية أو لكل منهما على حدة
- 2- توقف نمو النبات والتنقلص في الغطاء النباتي أو كل منهما على حدة.
- 3- تغير صباغ الأوراق وحصول عمليات فيزيولوجية تؤدي إلى تغير لون الأوراق أو كل منهما على حدة

4- تغيرات شاذة في مظهر النبات العام ، مثل التورق المبكر (تفتح الأوراق) أو تأخير سقوط الأوراق أو تبدلات في فترات الإزهار مع النمو المتأخر المفاجئ للأوراق في الربيع أو بعده ، وأفضل تحديد لهذا الشذوذ هو ما يتم من خلال تحليل الصور المأخوذة في فترات متعددة خلال السنة مع التركيز على فترة النمو بدءاً من نمو الأوراق في الربيع إلى سقوطها في الخريف وباستخدام هذا التوجه يمكن تعرف حالات الغطاء النباتي الطبيعية وتحديد الحالات الشاذة بسهولة أكبر .

ويعتقد كثير من الجيولوجيين بأن الانعكاس في المجالات الطيفية من 1.6 - 2.2 مكم يكون هاماً خاصة في التنقيب عن المعادن وفي رسم الخرائط الليتولوجية (الصخرية) وهذه المجالات لا يمكن تصويرها ولكن يتم تحسسها بمستشعرات مثل راسم الخرائط الغرضي (Thematic Mapper (TM) المحمول على لاندسات (سيتم شرحه لاحقاً) ومقياس الطيف المصنوع المحمول جواً (تم شرحه سابقاً) وكذلك فإن فحص عدد من المجالات الضيقة في المناطق الحرارية الحمراء من الطيف قد يكون وسيلة المستقبل في تمييز أنماط الصخور و المعادن.

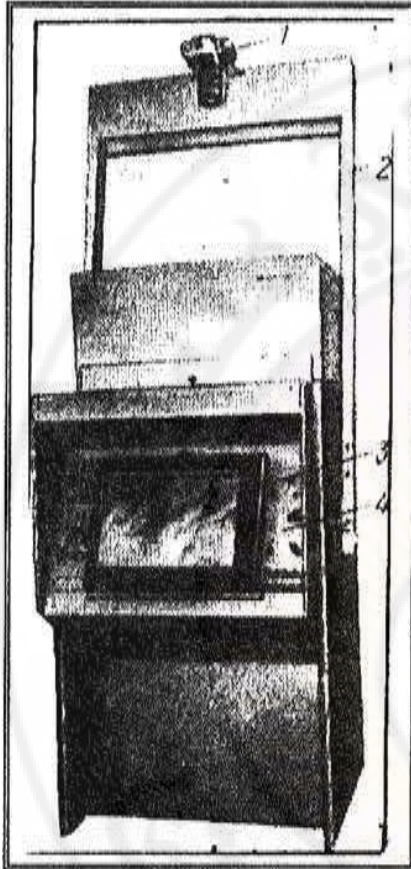
5-2- تفسير الصور الفضائية:

يعتمد مبدأ تفسير الصور الفضائية على نفس مبدأ تفسير الصور الجوية من حيث مؤشرات التفسير والدلائل المستخدمة فيه إلا أن الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور الفضائية مختلفة قليلاً كون معظم الصور الفضائية لا تحقق رؤيا مجسمة بسبب التغطية الهامشية القليلة . ما عدا صور سبوت (Spot) الفرنسية وصور القمر الصناعي الروسي / SPIN-2 / وأقمار أخرى (حيث يمكن دراستها ستريو سكوبياً) .

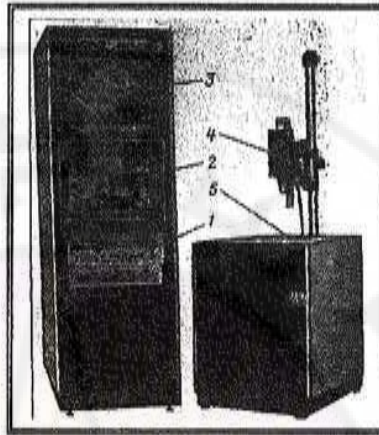
وسوف نذكر بعض الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور الفضائية :

- 1 - الستريوسكوب الضوئي ذو المناظير عالية الحساسية .
 - 2 - جهاز الـ دينيزيترون، يمكن أن يعطي شدة التباين اللوني في الصورة.
 - 3 - جهاز الستيريونومتري والكاميرات الكاشفة.
 - 4 - جهاز نظام المعلومات الآلي (ISI - 130) .
 - 5 - جهاز نظام التفسير الآلي ويسمى بـ (KTS).
 - 6 - جهاز التركيب الضوئي للألوان من طراز (MSP - 4S) .
 - 7 - استخدام أنظمة الـ GIS وتكاملها مع بيانات (RS).
 - 8 - استخدام الكمبيوتر للحصول على صور تركيبية ملونة.
- وسوف نقوم بشرح آلية عمل كل جهاز في الجلسات العملية، ولقد تم شرح بعض البرامج المستخدمة في عملية التفسير في فصل المعاملة الرقمية للمرئيات وقسم من هذه الأنظمة المستخدمة في الـ GIS وتكامل معطياتها مع معطيات الـ (Integration GIS and RS) .
- والشكل (5-14 - C و B و A) يبين بعض أنواع الأجهزة المستخدمة في تفسير الصور الفضائية.

- B -



- A -



نظام تفسير من طراز isi - 130

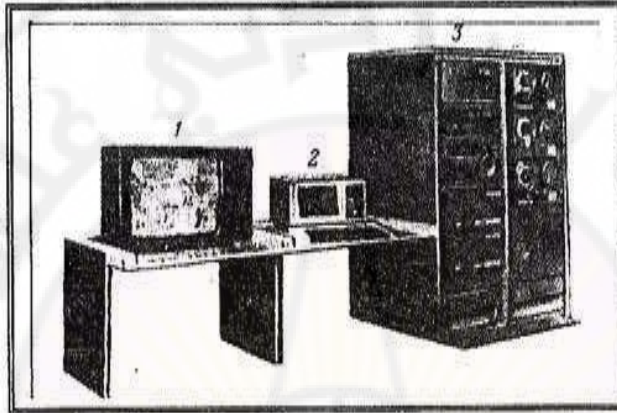
- 1 - مفاتيح التوجيه
- 2 - شاشة مونيتر من أجل إخراج المعلومات المفسرة
- 3 - شاشة ديسبلي
- 4 - كاميرا تلفزيونية
- 5 - طاولة مضاءة

جهاز التركيب اللوني الضوئي

MSP - 4S ذو الأنظمة الأربعة :

- 1 - كمره تصوير - ذراع قابلة للثني
- 3 - شاشة مضاءة 4 - مفاتيح التشغيل

- C -



مجموعة المعاملة الرقمية للصور الفضائية من طراز (KTS) (Pobotron)

1 - مونيتر - مجموعة إخراج المعلومات 2 - مجموعة المعالجة

3 - كومبيوتر

الشكل 5 - 14 نماذج لبعض الأجهزة المستخدمة في التفسير الآلي للصور الفضائية

5-2-1 - تفسير مرئيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول على لاندسات :

Landsat MSS Image Interpretation

قبل البدء بتفسير مرئيات لاندسات من نموذج (MSS) لابد من التنويه إلى المستشعرات التي استخدمت في رحلات لاندسات 1- وحتى لاندسات 5- والتعرف على المجالات الطيفية أثناء تفسير الصور بهدف الدراسات الجيولوجية.

المستشعر Sensor	المهمة الأولى والثانية والثالثة Mission	طول الموجة مكم Sensitivity	قوة التمييز الأرضية م - م Resolution (M)
RBV	1.2	0.475 - 0.575	80
		0.580 - 0.680	80
		0.690 - 0.830	80
	3	0.505 - 0.750	30
MSS	1-5	0.5 - 0.6	79 / 82
		0.6 - 0.7	79 / 82
		0.7 - 0.8	79 / 82
		0.8 - 101 (الأخضر)	79 / 82
	3	10.4 - 12.6 (الأحمر)	240
TM		0.45 - 0.52	30
		0.52 - 0.60	30
		0.63 - 0.69	30
		0.76 - 0.90	30
		1.55 - 1.75	30
		10.55 - 1.75	120
		2.08 - 2.35	30

الجدول (5-1) يمثل المجالات الطيفية للمستشعرات (RBV) و (MSS) و (TM)

الجدول (2-5) خصائص لاندسات 1- وحتى لاندسات 5-

ارتفاع المدار بـ كم	أقنية TM راسم الخرائط الغرضي	أقنية MSS	أقنية RBV الحزمة المرتدة (الغيد يكون)	تاريخ الإطلاق	القمر الصناعي (ساتل)
900 كم/18 يوم	NONE	4,5,6,7	1,2,3	23 حزيران 1972	LANDSAT-1
900 كم/18 يوم	NONE	4,5,6,7	1,2,3	22 كانون ثاني 1975	LANDSAT-2
900 كم/18 يوم	NONE	4,5,6,7,8	A,B,C,D	5 آذار 1978	LANDSAT-3
705 كم/16 يوم	1,2,3,4,5,6, 7	1,2,3,4	—	16 حزيران 1982	LANDSAT-4
705 كم/16 يوم	1,2,3,4,5,6, 7	1,2,3,4	—	1 آذار 1984	LANDSAT-5

الجدول (3 - 5) المجالات الطيفية لراسم الخرائط الغرضي (TM)

المجال	طول الموجة مكم	الموقع الطيفي المفترض	التطبيقات الرئيسية
1	0.45 - 0.52	أزرق	صمم لاختراق الكتل المائية، وتتميز التربة/ والغطاء النباتي ... الخ
2	0.52 - 0.60	أخضر	انعكاسية اللون الأخضر للغطاء النباتي
3	0.63 - 0.69	أحمر	تعرف منطقة امتصاص اليخضور
4	0.76 0.90	تحت الأحمر القريب	يفيد في تحديد أنواع الغطاء النباتي ونشاطه ومحتواه من الكتلة الحيوية، وتحديد الكتل المائية وتميز رطوبة التربة
5	1.55 - 1.75	تحت الأحمر المتوسط	يشير إلى محتوى الغطاء النباتي والتربة من الماء وفيد أيضاً في التمييز بين الثلج والغيوم
6 *	10.4 - 12.5	تحت الأحمر الحراري	يميز رطوبة التربة في رسم الخرائط الحرارية
7 *	2.08 - 2.35	تحت الأحمر المتوسط	يفيد في تمييز المعادن وأنواع الصخور وهو حساس للرطوبة في الغطاء النباتي .

* المجالات 7,6 يتأثران بالتداخل من حيث طول الموجة لأن المجال 7 أُنشئ إلى راسم الخرائط الغرضي في عملية تصميم الجهاز الأساسية في وقت متأخر.

تم تطبيق تفسير مرئيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول على لاندسات في كثير من المجالات، كالزراعة وعلم النبات، ورسم الخرائط والهندسة المدنية، والرصد البيئي، وعلم الغابات، والجغرافيا، والجيولوجيا، والجيوفيزياء، وتحليل الموارد الأرضية، والتخطيط لاستخدام الأراضي، وعلوم البحار، وأخيراً لتحليل الموارد المائية.

الجدول (4-5) مقارنة بين خصائص المرئيات (الجوية - الفضائية)

شكل المرئية (Format)	مقياس المرئية	المساحة التي تغطيها كل صورة بـ 2 كم .
1 - صور فوتوغرافية جوية قليلة الارتفاع من USDA - ASCS 230×230م	20.000:1	21 كم2
2 - صور فوتوغرافية جوية عالية الارتفاع من NASA (U - 2) أو RB - 57 (230 × 230 م)	120.000:1	2760 كم2
3 - مشهد (صورة) من لاندسات 185×185م	1000.000:1	34000 كم2

وبين الجدول (4-5) أن مقياس المرئية والمساحة التي تغطيها الصورة الواحدة تختلف كثيراً في مرئيات لاندسات عنها في الصور الفوتوغرافية الجوية التقليدية. إذ نحتاج، مثلاً، إلى أكثر من 1600 صورة فوتوغرافية جوية بمقياس 20.000:1 دون تراكب، لتصوير مساحة مرئية واحدة من الماسح المتعدد الأطياف MSS المحمول على لاندسات. وبسبب اختلاف المقياس وقدرة التمييز الأرضية، يمكن أن تكون مرئيات اللاندسات أدوات تفسيرية متممة وليس بديلاً عن الصور الجوية المنخفضة الارتفاع فوجود بعض المعالم الجيولوجية أو أهمية هذه المعالم التي تمتد عشرات أو مئات الكيلومترات أو وجودها وأهميتها معاً بوضوح على مرئية اللاندسات، قد تلاحظ على الصور الجوية المنخفضة الارتفاع، ولكن دراسة شكل المساكن من جهة أخرى، بالاعتماد على التصوير

الجوي، سيكون أكثر فعالية إذا تم استخدام الصور الجوية المنخفضة الارتفاع مما لو تم استخدام مرئيات اللاندسات، إذ لا يمكن تمييز البيوت بعضها عن بعض على مرئيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول على لاندسات فضلاً عن أن معظم مرئيات هذا الماسح لا يمكن رؤيتها مجسمة أي ببعدين، على حين يمكن الحصول على معظم الصور الفوتوغرافية الجوية بشكل أزواج مجسمة .

إن قوة التمييز الأرضية الفعالة (وهي أصغر مسافة بين معلمين (هدفين) متجاورين يمكن تمييز أحدهما عن الآخر) لمرئيات MSS المحمول على لاندسات هو 79 متراً تقريباً (وهو 30م تقريباً بالنسبة لمرئيات الفيدكون - الحزمة المرتدة RBV المحمول على لاندسات -3). ومع ذلك يمكن رؤية المعالم الخطوطية التي تبعد بعضها عن بعض بضعة أمتار، والتي لها انعكاسية تتباين بشدة عما يحيط بها، على مرئيات لاندسات (مثل الطرق ذات الاتجاهين، والجسور الخرسانية التي تجتاز الكتل المائية... الخ). وقد لا تظهر، في مقابل ذلك، أجسام يزيد قطرها كثيراً على 79م، إذا كان التباين في انعكاسيتها مع ما يحيط بها قليلاً جداً، كما أن المعالم التي يتم كشفها بأحد المجالات الطيفية قد لا تكتشف بمجال طيفي آخر.

ويعطي ماسح لاندسات متعدد الأطياف (MSS) باعتباره جهاز مسح خطي، مرئيات تبدي انزياحاً تضاريسياً أحادي البعد. ويمكن مشاهدة مرئيات لاندسات بشكل مجسم في مناطق التراكيب الجانبية (التغطية الجانبية) لمسارات المدرات المتجاورة فقط، بسبب وجود انزياح باتجاه المسح وليس باتجاه مسار الطيران، ويتغير هذا التراكب الجانبي من نحو 85% قرب القطبين إلى نحو 14% عند خط الاستواء وبناءً على ذلك لا ترى من الكرة الأرضية بحالة مجسمة إلا مناطق محدودة منها. كما أن المبالغة الشاقولية

Vertical Exageretion تكون صغيرة جداً لدى مشاهدة مرئيات لاندسات بشكل مجسم بالمقارنة مع الصور الجوية التقليدية. وينتج ذلك من الارتفاع الشاهق (900 كم) لمنصة الساتل بالمقارنة مع مراكز المرئيات .

وقد تم استخدام التصوير بالماسح المتعدد الأطياف (MSS) المحمول على لاندسات على نطاق واسع في إعداد الخرائط المساحية لبعض المناطق في العالم . ويجب انتقاء أنسب مجال من مجالات التصوير أو جملة مجالات منه، بالماسح المتعدد الأطياف (MSS) بحسب الحالة المدروسة.

فالمجالان 4 (الأخضر) و 5 (الأحمر) هما عادة أنسب المجالات لاستكشاف المعالم الحضارية كالمناطق والطرق والحفر الحصوية والمقالع، ويفضل المجال (5) عادة في مثل هذه المناطق.

* لأن الموجات الحمراء هي أفضل الموجات اختراقاً للغلاف الجوي وهذا، ما يؤدي إلى مرئيات ذات تباين أشد. أما في مناطق المياه العميقة الصافية فيكون اختراق المياه أنفذ في المجال (4) . على حين يكون المجال (5) متميزاً في إبرازه المياه المحملة بالغرين التي تصب في المياه الصافية، وأما المجالات (6 و 7) (من الطيف تحت الأحمر) فهما أفضل المجالات لتحديد الكتل المائية. ولما كانت طاقة الموجات تحت الحمراء القريبة لا تخترق الماء إلا قليلاً، ويتم امتصاصها ولا ينعكس منها إلا القليل، فإن معالم المياه السطحية تكون ذات شدة لونية قائمة جداً في المجالين (6 و 7) . كما تبدو الأراضي المستنقعية ذات المياه الراكدة أو التربة العضوية الرطبة التي ظهر الغطاء النباتي فيها حديثاً ذات شدة لونية قائمة في المجالين (6 و 7) تماماً كما تبدو

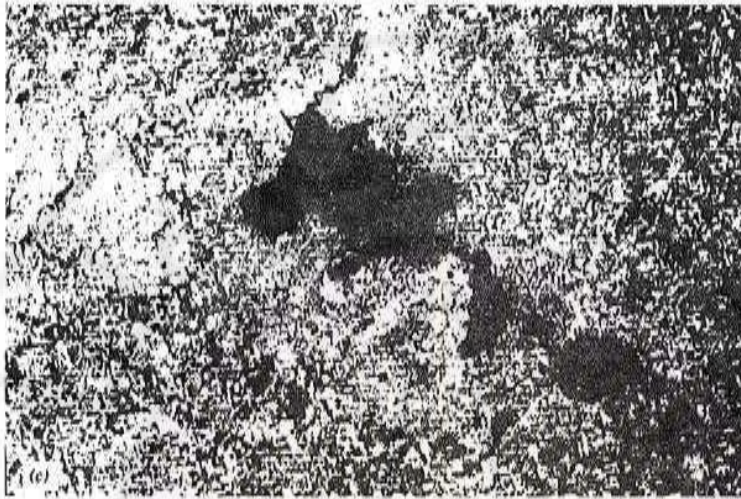
* السهولة تستعمل هنا أرقام مجالات الماسح متعدد الأطياف (MSS) على لاندسات 1 - 2 - 3 (7,6,5,4) وهي مكافئة للمجالات

4,3,2,1 للماسح متعدد الأطياف على لاندسات 5 - 4

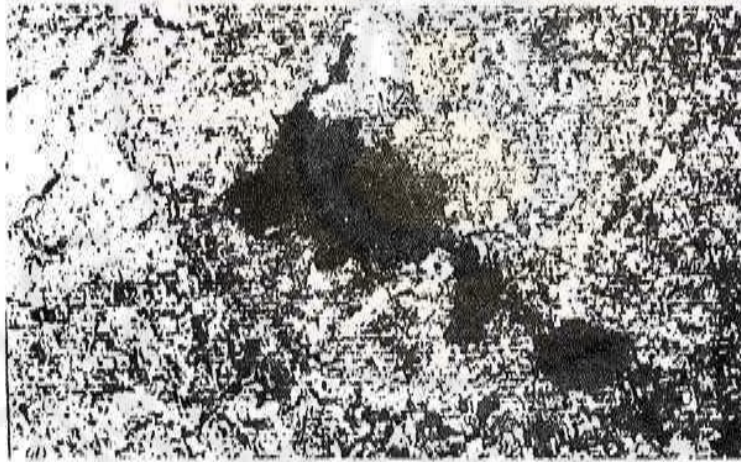
الأرصفة المغطاة بالاسفلت ومناطق التربة الجرداء الرطبة. ويكون للمجالين (5 و 7) أهمية في الدراسات الجيولوجية التي لا تستخدم إلا معطيات الماسح المتعدد الأطياف MSS المحمول على لاندسات. الشكل (5-15-d.c.b.a) .

إن كل سائل لاندسات يمر فوق نفس المنطقة على سطح الأرض خلال ساعات النهار /20 مرة / في السنة تقريباً ، ويعتمد العدد الحقيقي للمرات التي يتم فيها تصوير إحدى المناطق الأرضية في السنة على كمية الغيوم ، وزاوية الشمس، وعلى السائل هل هو في حالة التشغيل لدى مروره في مدارها، وهذا ما يفسح المجال لالتقاط عدد كبير من المرئيات من لاندسات لمناطق كثيرة في أزمنة مختلفة في السنة. وتحسن في الغالب عملية تفسير المرئيات باستخدام مرئيات تم الحصول عليها في زمنين مختلفين من السنة أو أكثر، لأن منظر سطح الأرض في كثير من المناطق التي يتغير فيها المناخ يكون مختلفاً باختلاف الفصول.

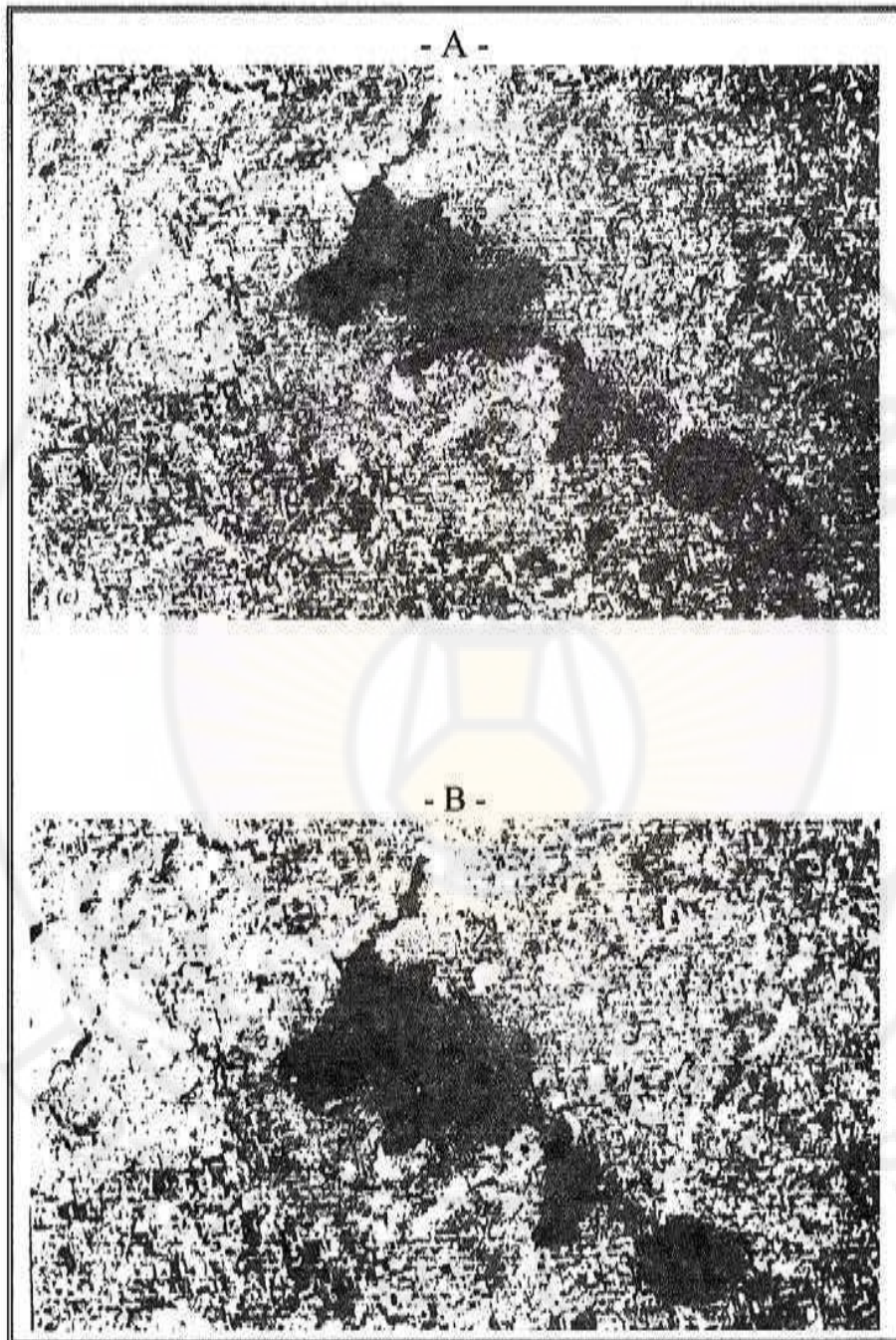
- C -



- D -

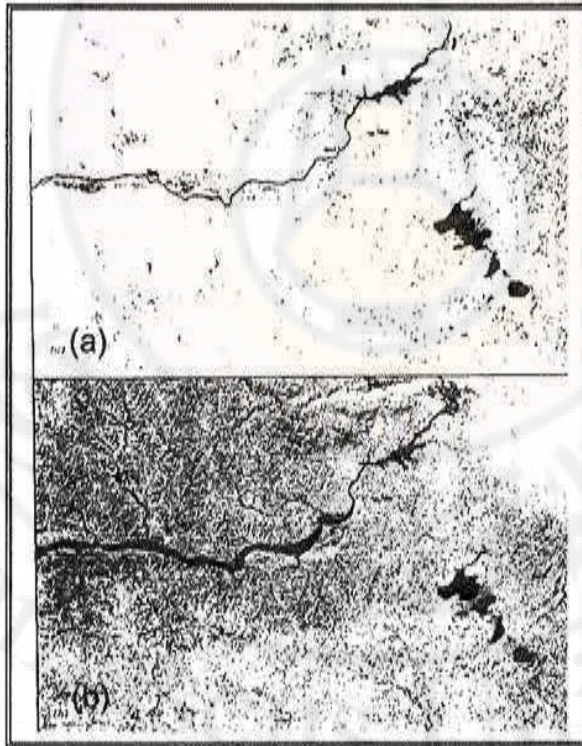


الشكل 5 - 15 أربع صور لمشهد واحد التقطت بأربعة مجالات مختلفة لمساح MSS محمول على لاندسات مايدسون Madison ويسكونسن وما حولها 13 تموز (يوليو) 1974 400.000:1 (a) المجال 4 الأخضر 0.5 حتى 0.6 ميك (b) المجال 5 ، الأحمر 0.6 حتى 0.7 ميك (c) المجال 6 تحت الأحمر القريب 0.7 حتى 0.8 ميك (d) المجال 7 تحت الأحمر القريب 0.8 حتى 1.1 ميك

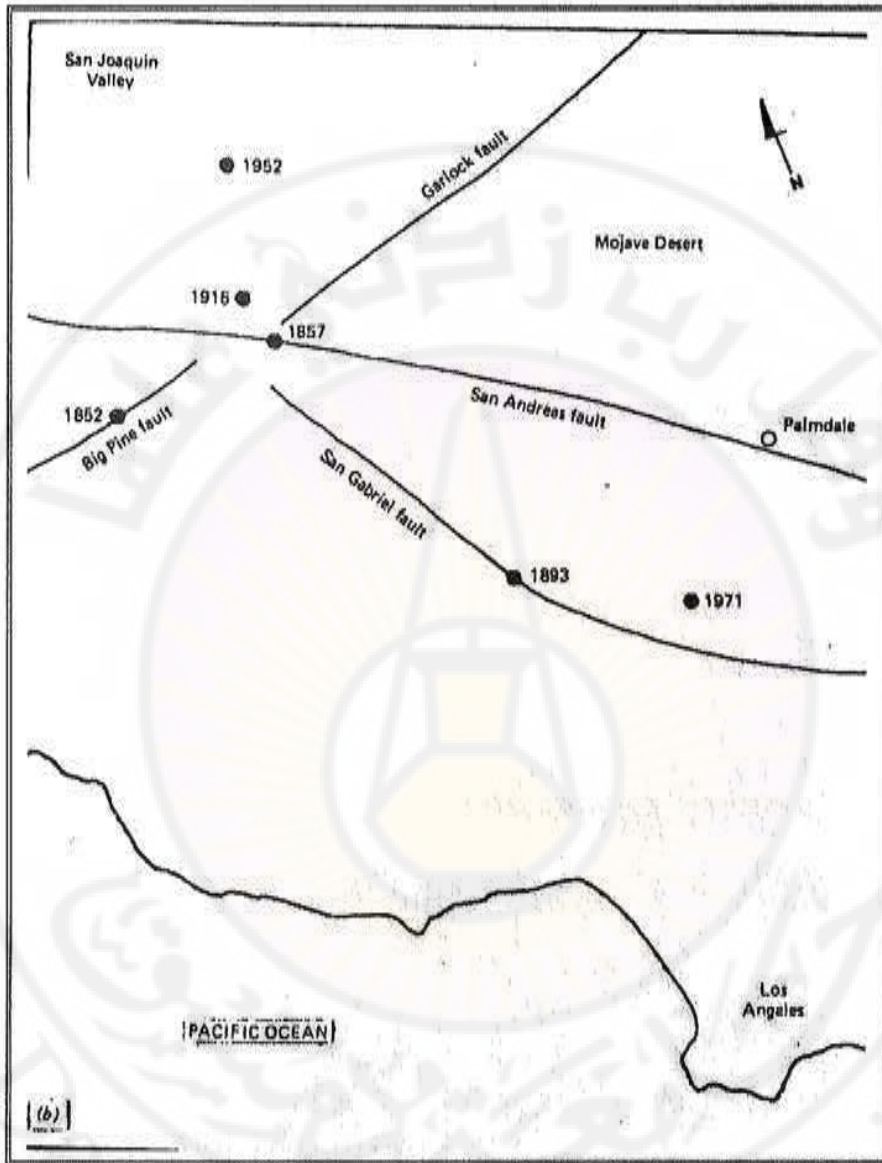


تبدو في الشكل (5-16 a-b) مرئيتان لجزء من نهر ويسكونسن النقطتا في المجال (7) في تموز 1974 وأذار 1973 . تبدو القنوات لهذا النهر المجدول، في مرئية تموز ، ذات شدة لونية قائمة جداً، وهي تشق طريقها متعرجة عبر المشهد من اليمين إلى اليسار. وكان صبيب النهر عند النقاط هذه المرئية 200م³/ثانية. وتبدو مرئية آذار، مياه فيضان الربيع وهي تفيض على ضفتي النهر وتطغى على السهل الفيضاني، وكان صبيب النهر (تصريف النهر) عند النقاط هذه المرئية 300م³/ثا، وهي غزارة يتوقع حدوثها في هذا النهر مرة كل أربع سنوات.

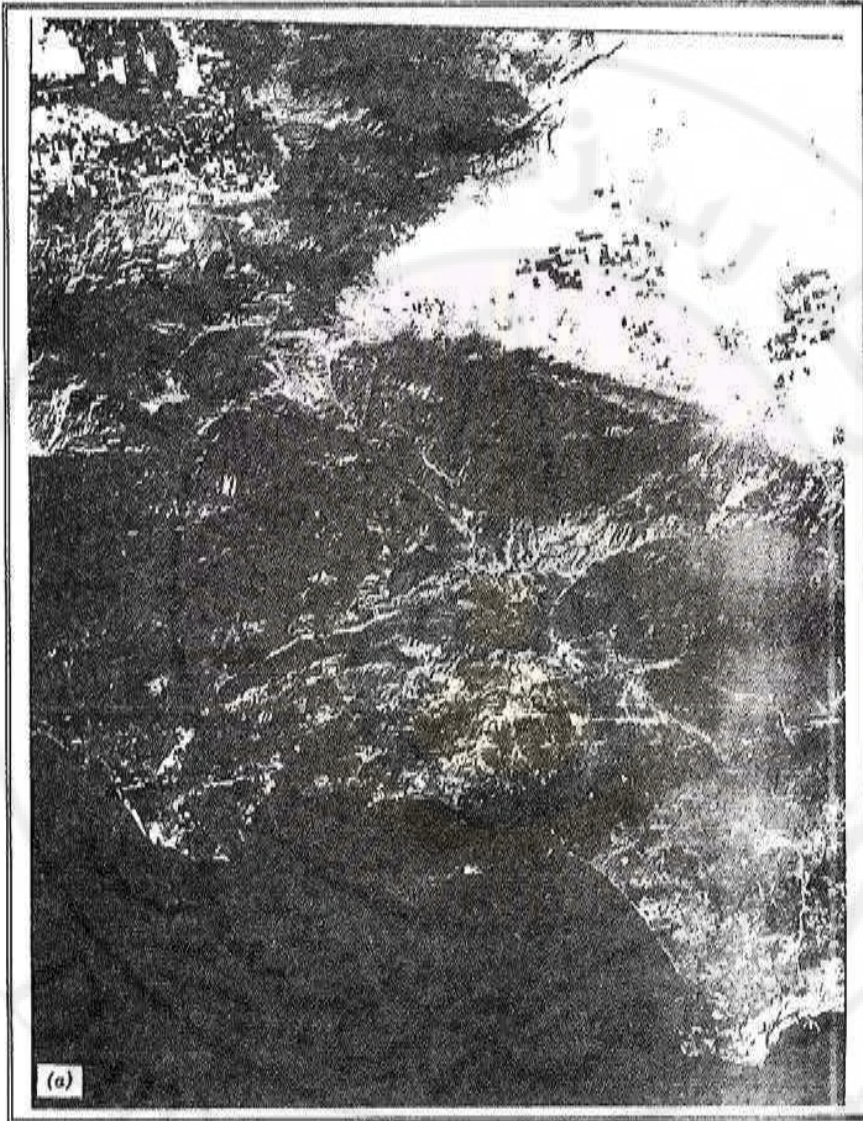
ويصور الشكل (5-17) معالم جيولوجية واسعة الامتداد ترى بوضوح على مرئيات لاندسات.



الشكل 5 - 16 مرئيتان بالمجال 7 لماسح MSS محمول على لاندسات جنوب غربي ويسكونسن Wisconsin 1:1.000.000 (a) 13 تموز (يوليو) 1974 (b) 14 آذار (مارس) 1973



الشكل 5 - 17 معالم جيولوجية واسعة الامتداد ترى على مرئية الماسح MSS محمول على لاندسات
(a) مرئية لاندسات بالمجال 5 لوس أنجلوس كاليفورنية وما يجاورها 21 تشرين أول (أكتوبر) 1972
1:1,000,000 (b) خارطة تبين الصدوع الجيولوجية الرئيسة ومواقع الزلازل .



فالشكل (5-17) هو مرئية لاندسات بالمجال (5)، تظهر فيها منطقة من شمال وشرق لوس أنجلس، كاليفورنيا. أما الشكل (5-17- b) فهو خارطة

للفواق الجيولوجية الرئيسية التي تُرى على مرئية اللاندسات المذكورة حيث حدثت حركات على طول مسارها ويبلغ طول فالق سان اندرياس المشهور، الذي ينصف هذه المرئية، نحو 1000 كم وفي عام 1906 حدث زلزال سان فرنسيسكو بسبب حركة حدثت على طول مسار هذا الفالق. والنقاط الست المبينة على هذه الخريطة تمثل مراكز الزلازل التي بلغت شدتها 9 درجات/ أو أكثر على مقياس ريختر Richter، كما تمثل السنة التي حدثت فيها. وقدرت الحركة التي حدثت على طول مسار فالق سان اندرياس عام 1877 بـ 10 أمتار/ (تحركت الأراضي على جانب المحيط الهادي من الفالق نحو الشمال بالنسبة للجانب القاري).

وتلاحظ على مرئيات لاندسات معالم دائرية كبيرة متنوعة (بنيات حلقية)، معظمها فوهات بركانية كبيرة Volcanic Calderas أو ندبات لفوهات اصطدام النيازك. تبدو في الشكل (5-18) حلقة مانيكواغان التي قطرها بحدود 66 كم/ شرقي وسط كوبيك. ويقوم هذا المنخفض الدائري بدور خزان للمياه (يبدو في هذه المرئية متجمداً ومغطى بالثلج) لتوليد الطاقة الكهربائية. ولا يمكن مشاهدة مثل هذه المعالم الواسعة بكاملها إلا من ارتفاعات فضائية. وكان يظن ان هذا الشكل هو بنية تكتونية بركانية. ويعتقد الآن أنه قد نجم عن اصطدام نيزك بسطح الأرض. وإذا ماتحقق أن حلقة مانيكواغان كانت نتيجة اصطدام نيزك كبير بسطح الأرض فإن ذلك سيزودنا بمعلومات تتعلق بالقمر لأن هذه الحلقة تساوي في حجمها كثيراً من الفوهات القمرية.

5-2-2- تفسير مرئيات راسم الخرائط الغرضي (TM) المحمول على لاندسات:

Landsat TM Image Interpretation

تفيد مرئيات راسم الخرائط الغرضي TM المحمول على لاندسات في تفسير مرئيات لتطبيقات أكثر كثيراً مما تفيد مرئيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول على لاندسات. ويعود ذلك إلى كثرة عدد المجالات الطيفية لراسم الخرائط الغرضي وإلى تحسين قوة تمييزه الأرضية إذا ما قورنت بالماسح المتعدد الأطياف (MSS) فمرئيات الماسح المتعدد الأطياف تكون أكثر فائدة في عمليات تحليل المساحات الكبيرة، كإعداد الخرائط الجيولوجية. أما الخرائط الأكثر تخصصاً، كالخرائط المفصلة لغطاء الأرض، فيصعب رسمها من مرئيات الماسح المتعدد الأطياف لأن عدداً كبيراً جداً من عناصر (بيكسلات Pixels) المعطيات الأصلية هي (عناصر مزيجة Mixed Pixels)، أي عناصر تحتوي على أكثر من نمط واحد من الغطاء. وحين ينقص حقل الرؤيا اللحظي لمعطيات TM تصغر المساحة التي تحتوي على عناصر مزيجة (بيكسلات مزيجة)، فيؤدي ذلك إلى زيادة دقة التفسير، كما يساعد تحسن التمييز الطيفي والراديومترى لراسم الخرائط الغرضي (TM)، في تفسير المرئيات.

ويشرح الشكل (5-19) التحسن الكبير في قوة التمييز بين حقل الرؤيا اللحظي للماسح المتعدد الأطياف، الذي مقداره 30×30 m. ويبين هذا الشكل مطار ديترويت، ميشيغان والمناطق القريبة منه كما تم تصويره في تاريخين مختلفين بواسطة (a) MSS المحمول على لاندسات 3- وبواسطة (b) TM المحمول على لاندسات 4- ويُرى على مرئية MSS حيث يبدو أنها مواقع من الضواحي حديثة التطوير. وهناك معالم كالحقول الزراعية لا يمكن تمييزها على مرئية MSS، ولكن يمكن مشاهدتها بوضوح على مرئية TM.



الشكل 5 - 18 مرئية بالمجال 6 من ماسح MSS محمول على لاندسات لحلقة مانيكواغان
Manicouagan شرقي وسط كويبك في كندا 20 نيسان (ابريل) 1974 1:1.000.000

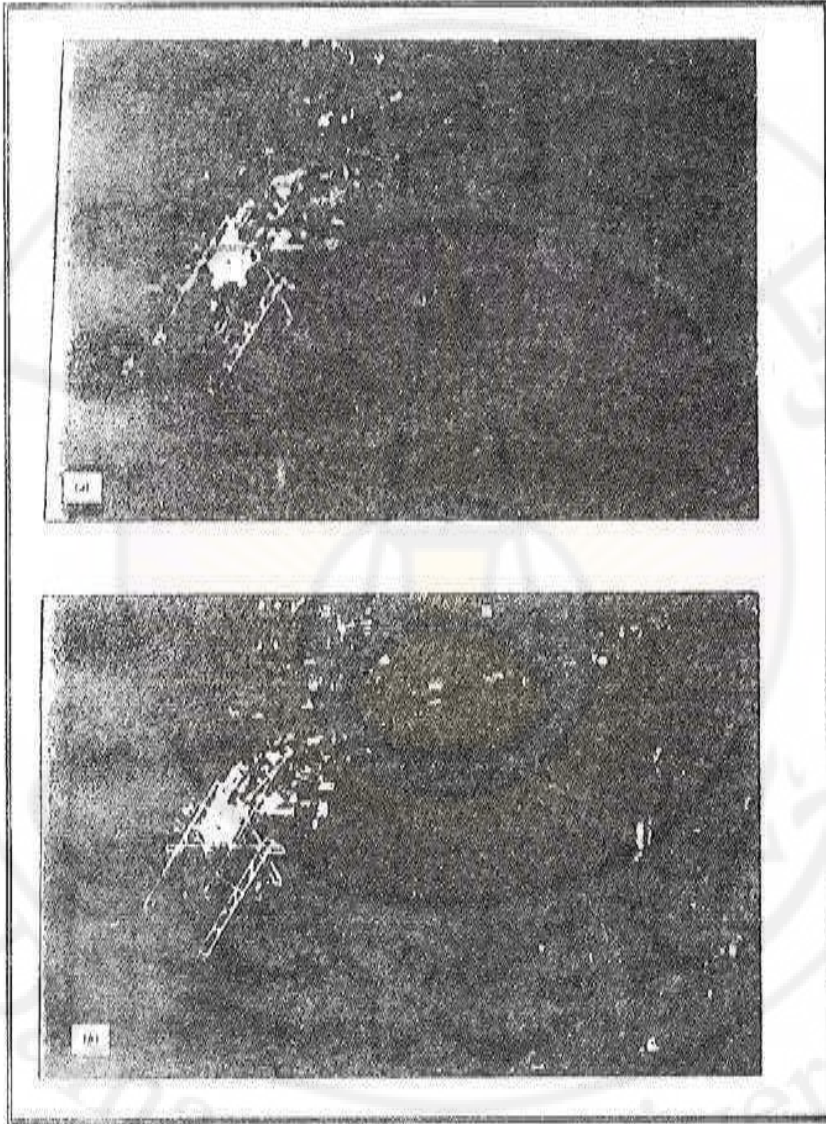
ولقد ذكرنا في الجدول (5-3) (المجالات الطيفية لـ TM) أن راسم الخرائط الغرضي TM يتمتع بموجات ذات مدى أضيق في مجالات TM الثلاثة، إذا قورن بالمجالات من 1 إلى 4 في MSS، كما يحتوي على مجالات إضافية في أربع موجات لا يغطي مداها مجالات الماسح المتعدد الأطياف MSS.

وبين الشكل (5-20) مجالات الراسم الغرضي السبعة في مرئية التقطت أثناء فصل الصيف لمنطقة متطرفة من المدينة قرب ماديسون، ويسكونسن. ويبين هذا الشكل الوضوح التام لمناطق المدينة وأشكال الحقول كما هو مبين في الشكل (5-19-b) وتمثل صور هذا الشكل السبع (من A وحتى G) المظهر المميز لكل مجال من المجالات السبعة المختلفة.

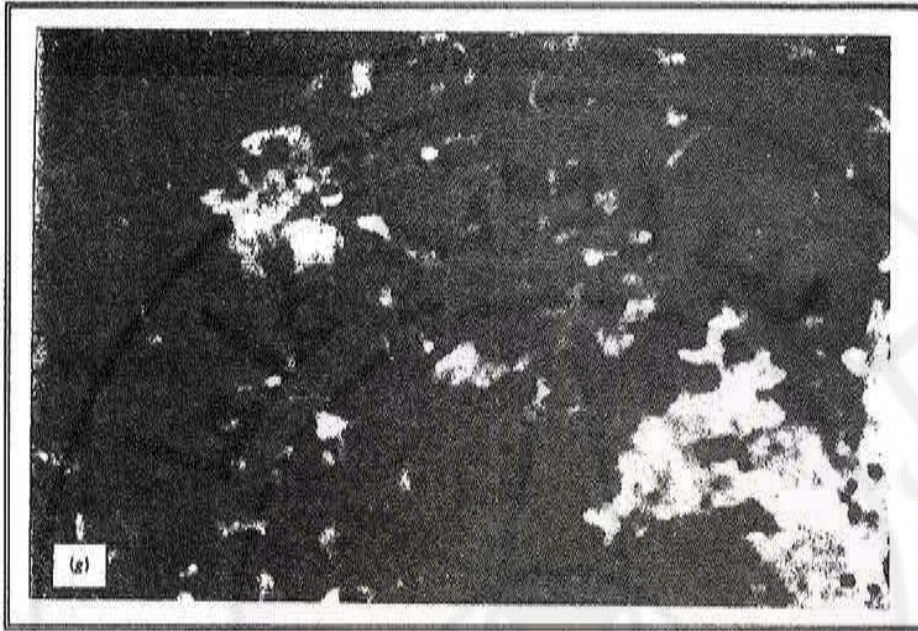
إن مياه البحيرة والنهر والبرك ذات اللون الأخضر المزرق (في المشهد الواقعي)، مثلاً لها انعكاسية متوسطة في المجالين 1 و2 (المجالان الأزرق والأخضر)، وانعكاسية ضعيفة.

في المجال 3 (الأحمر)، وليس لها في الواقع أي انعكاسية في المجالات 4 و5 و7 (المجال تحت الأحمر القريب والمتوسط)، أما انعكاسية الطرق وشوارع المدينة فتكون في حدودها الدنيا في المجال 4، على حين تكون الانعكاسية الإجمالية للمحاصيل الزراعية في حدودها القصوى في المجال 4. أما مرئية المجال الحراري 6 فهي أقل وضوحاً من مرئيات المجالات الأخرى، لأن حقل الرؤيا اللحظي لهذا المجال هو 120 m. لذلك فإن مظهر معالم هذه المرئية غير متميزة وذات حدود غير واضحة، لأن المعطيات أعيد ترتيبها Format الذي يميز المجالات الأخرى، وقدره 30 m/. إن ما نتوقع رؤيته على مرئية حرارية التقطت في الصيف وسجلت أثناء النهار هو ارتفاع حرارة الإشعاع للطرق

والمدن إلى درجتها القصوى، على حين تنخفض حرارة الإشعاع للكتل المائية إلى درجتها الدنيا.

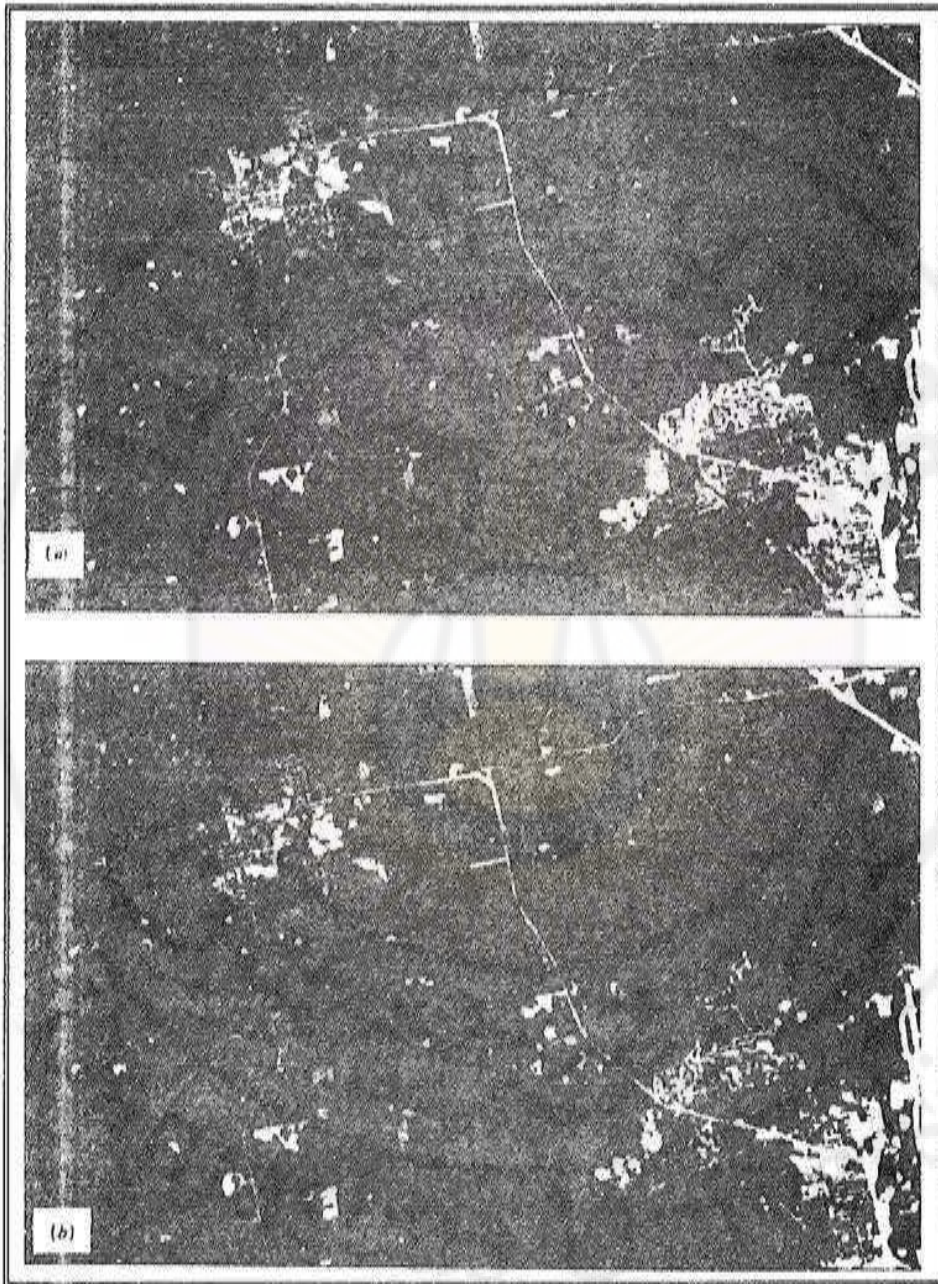


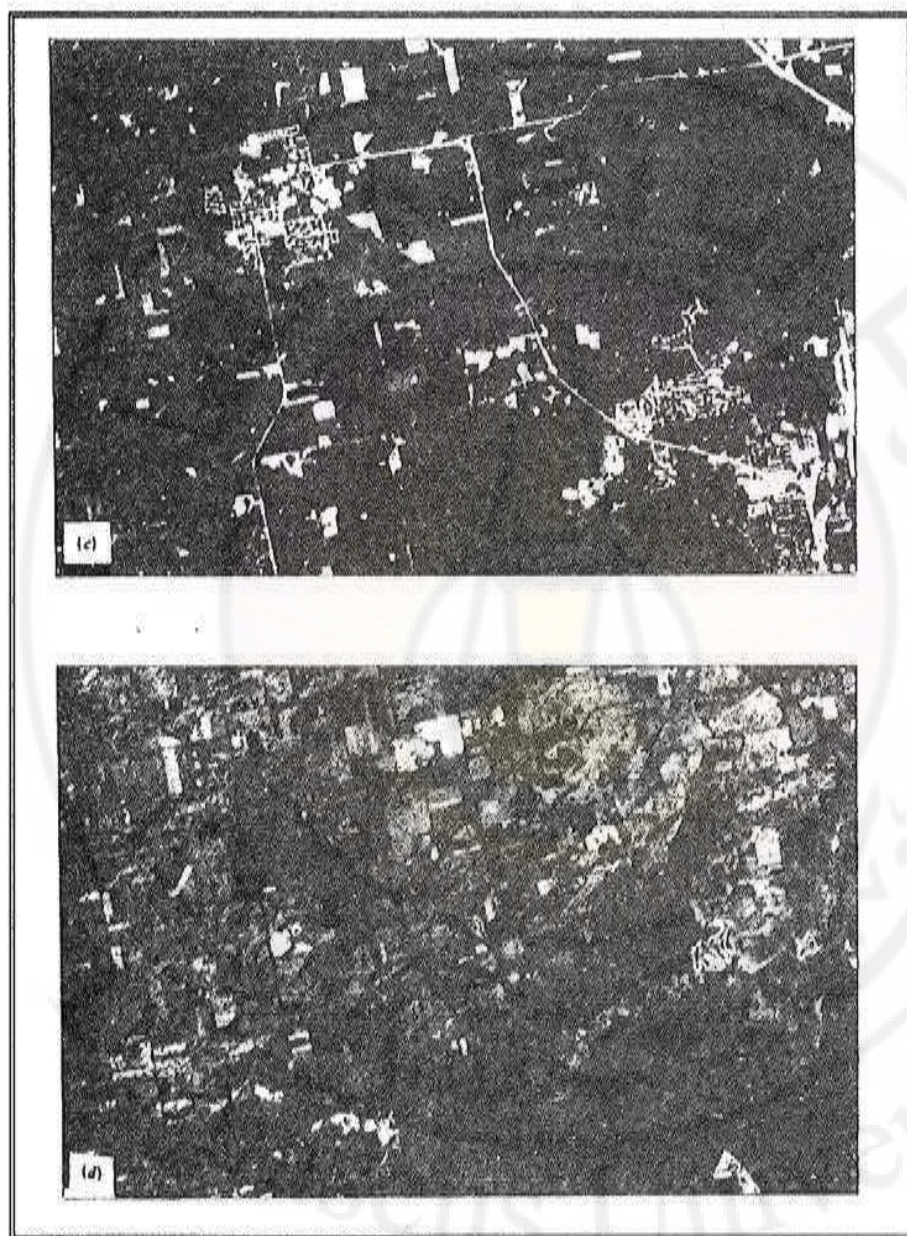
الشكل 5 - 19 مطار ديترويت - ميشيغان وما حوله 1:12000 (a) المجال 5 من MSS المحمول على لاندسات - 3 (b) المجال 3 من TM المحمول على لاندسات - 4 .

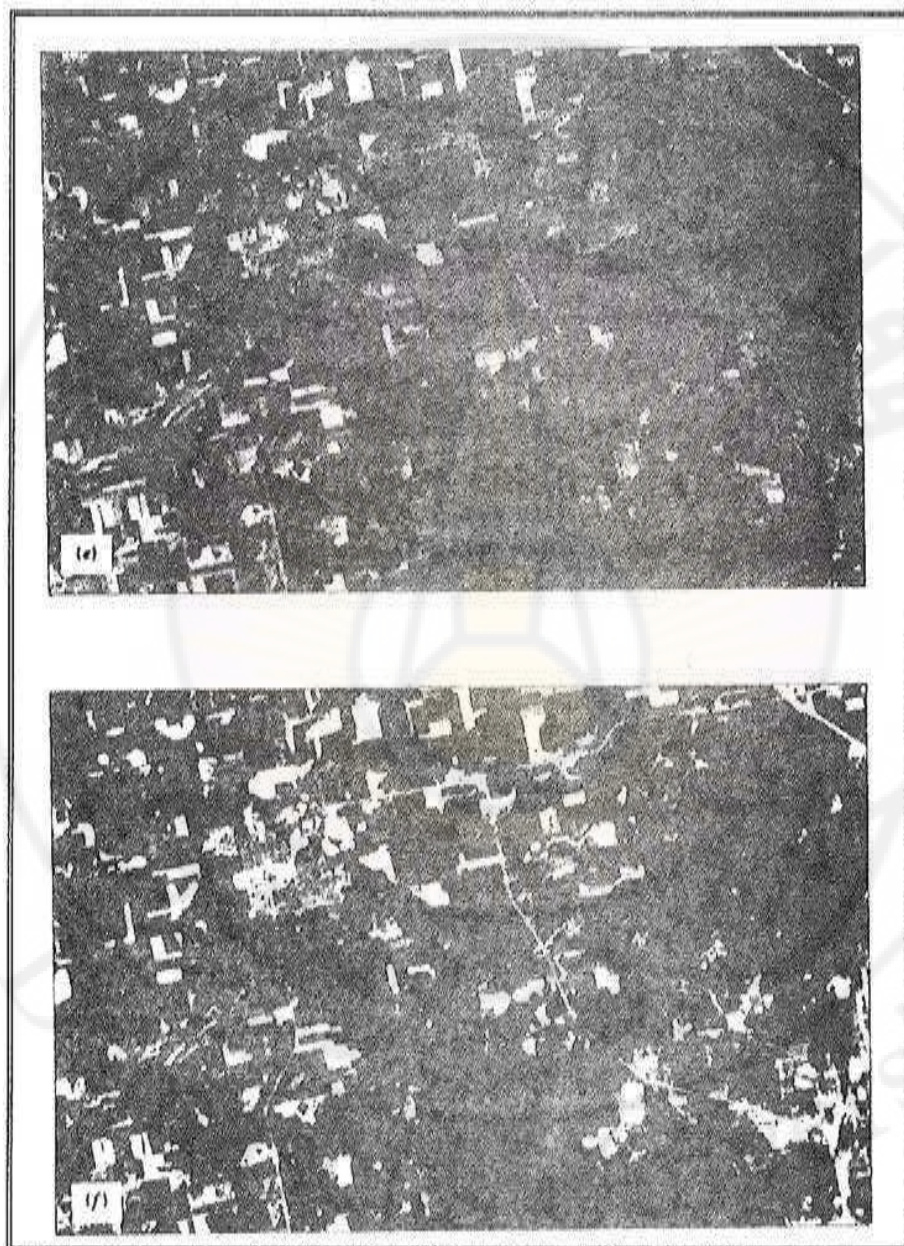


الشكل 5 - 20 المجالات المختلفة لرسم الخرائط الغرضي المحمول على لاندسات، ضواحي ماديون.
ويسكونسن 26 آب (أغسطس) 1984 . 1:115.000

- (a) المجال 1 0.45 حتى 0.52 مك (الأزرق)
- (b) المجال 2 0.52 حتى 0.60 مك (الأخضر)
- (c) المجال 3 0.63 حتى 0.69 مك (الأحمر)
- (d) المجال 4 0.76 حتى 0.90 مك (تحت الأحمر القريب)
- (e) المجال 5 1.55 حتى 1.75 مك (تحت الأحمر المتوسط)
- (f) المجال 7 2.08 حتى 2.35 مك (تحت الأحمر المتوسط)
- (g) المجال 6 10.4 حتى 12.5 مك (تحت الأحمر الحراري)







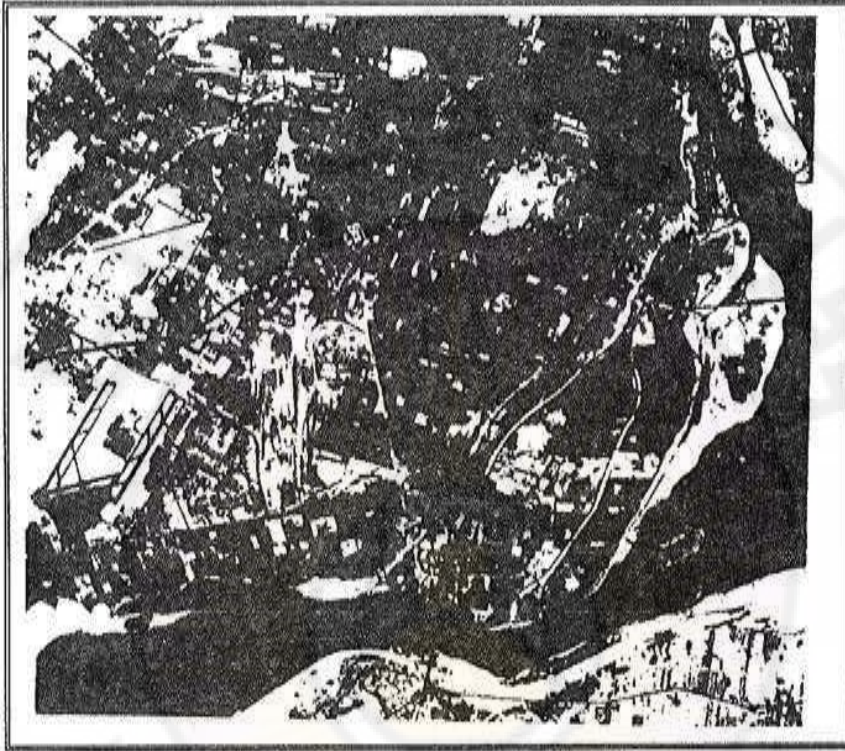
5-2-3- تفسير مرئيات H R V المحمول على سبوت: InterPretation Spot H R V Image

مقدمة :

تتألف حمولة المستشعر في سائل سبوت -1 من جهازين متمماتين للتصوير المنظور لهما قوة تمييز عالية (high- Resolution Visible(H R V) Imaging Systems) ومن مسجلات أشرطة مغناطيسية متممة وقد صمم كل جهاز H R V ليعمل بإحدى طريقتي الاستشعار: 1- طريقة بانكروماتية (صور غير ملونة، أبيض وأسود) وبقوة تمييز أرضية / 10m / في المدى الذي يتراوح بين 0.51 - 0.73 مكم
2 - طريقة متعددة الأطياف (الأشعة تحت الحمراء الملونة) بقوة تمييز قدرها / 20 m / في المجال الطيفي بين 0.50 - 0.61 مكم - والمجال 0.61 حتى 0.68 والمجال 0.79 وحتى 0.89 وسنشرح بشكل موجز آلية عمل الماسح في فقرة مستقلة.

إن ما يسهل استخدام معطيات سبوت لأغراض مختلفة هو إدماج الاستشعار المتعدد الأطياف لهذا الجهاز والذي يتمتع بقوة تمييز أرضية ممتازة وأمانة جيومترية وتزويدنا بالصور المجسمة والصورة المأخوذة في أيام متعددة. ويبين الشكل (5-21) قوة التمييز الأرضية العالية للصور البانكروماتية المأخوذة من سبوت -1، فتبدو مدينة مونتريال في كندا. لقد التقط هذا المشهد بعد ستة أيام من الإطلاق. وتبدو في هذه المرئية مناطق التطوير المختلفة بشدات لونية قاتمة على أرضية بيضاء. إن التفصيلات التي نرى في شبكة مدرج وممرات المطار في أسفل اليسار تبين قوة تمييز هذه الصورة الذي يبلغ / 10 m / في المجال 3 (الأحمر)، أما انعكاسية الطرق وشوارع المدينة فتكون في حدودها الدنيا مقارنة مع قوة

التمييز الأرضي لرسم الخرائط الغرضي (TM) المحمول على



الشكل 5 - 21 مرئية بانكروماتية من سبوت -1 لمدينة مونتريال ، كندا 27 شباط (فبراير) 1986
155.000:1 (عن spot Image Corporation)



الشكل 5 - 22 زوج مجسم لمرئية بانكروماتية من سبوت 1- 24 و 25 شباط (فبراير) 1986 ليبيا
210.000:1 (عن SPOT Image Corporation)

لاندسات والذي يبلغ / 30 m / وقوة تمييز الماسح المتعدد الأطياف (MSS)
المحمول على لاندسات الذي يبلغ / 80 m / وهما ظاهران في الشكل (5-19)
الذي يبين مطار ديترويت ، ميشيغان .

ويوضح الشكل (5 - 22) امكانية سبوت - 1 (Spot 1-) في التصوير
المجسم. وهو عبارة عن مرئيتين تؤولان زوجاً مجسماً النقطتا في اليومين الثالث
والرابع بعد الإطلاق إذ يبدو أعلى ووسط هاتين المرئيتين نجد متآكل في ليبيا،
ويبدو في الأسفل مراوح طمبية. كما يمكن مشاهدة بعض الحزوز العمودية
(على عرض الصورة) خصوصاً في المرئية اليسرى. ويوجد هذا الأثر الدخيل
(الصناعي) Arti fact في هذه المرئية، التي تم الحصول عليها في المراحل
الأولى من عمل الجهاز، لأن معالجة المشهد قد تمت باستخدام متحولات معايرة
قبل الطيران لتسجيل هذه (المجموعة من المعطيات الهندسية) ولأن كل
مستكشف من مستكشفات CCD لم يكن قد تم معايرته تماماً في ذلك الوقت
(سنشرح مستكشف CCD في فقرة منفردة) .



الفصل السادس ...

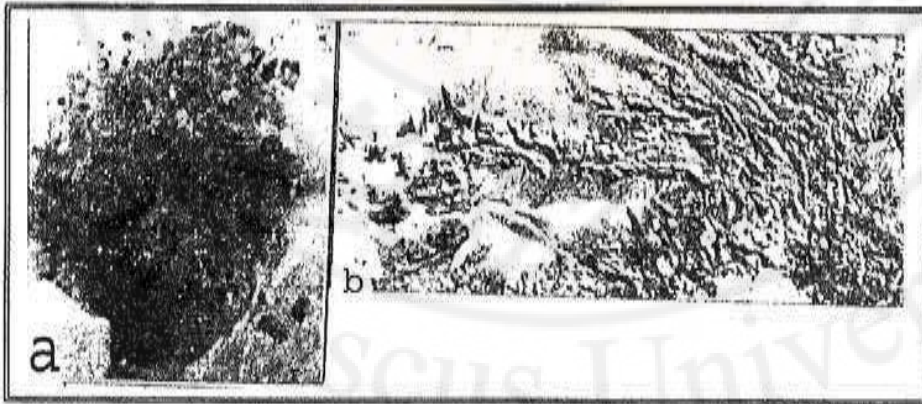
تطبيقات الاستشعار عن بعد في المجالات الجيولوجية المختلفة

6-1- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات البنيوية والتكتونية :
إن أكثر من 50% من المعلومات الجيولوجية المأخوذة عن طريق نتائج تفسير وتحليل الصور الفضائية نصب في مجال التكتونيك . ويمكن أن تزيد نسبة هذه المعلومات أكثر من هذا الرقم وهذا متوقف على مقياس الصور المستخدمة والخصائص الجيوتكتونية لها.
ومن المظاهر التكتونية الهامة والتي يمكن تفسيرها على الصور الفضائية نذكر المظاهر الخطية الأرضية أو الخطوط الأرضية والبنيات الحلقية ، والطيات والقوق ، والمناطق الأنهدامية والبنيات التكتونية الحديثة ، ودراسة الصفائح التكتونية ، والمناطق الخطرة زلزالياً ... الخ . وسنقوم بشرح بعض هذه الظواهر باختصار .

1- المظاهر الخطية الأرضية (لينيامنت Lineaments) :
عرّف العالم لاتمان Latman عام 1958 المظاهر الخطية الأرضية الطبيعية على أنها مظاهر خطية طبيعية تتألف من مظاهر طبوغرافية بما في ذلك قسم كبير من شبكات التصريف المائية المختلفة الدرجات ، أو مظاهر نباتية أو لون معين من التربة مصطفة على شكل خطوط مرئية على الصور الجوية أو الفضائية أو موزاييك من الصور الجوية ، وتُرى بوضوح على مسافة مستمرة تساوي على الأقل ميلاً واحداً (1.61 كم) ويمكن التعبير عنها بخطوط مستمرة أو متقطعة تمتد لعدة أميال. كما عرف العالم هوبس Hops هذا المصطلح بشكل آخر يتطابق مع التعريف الأول. وفي الفترة الأخيرة قام العلماء عام 1977 :

(أوليري وفريد مان وبون) بدراسة مشتركة لتغيير معنى المظاهر الخطية الأرضية وانفقوا على أن هذه الخطوط تقسم إلى نوعين بسيطة ومركبة. فالبسيطة تكون ذات نمط واحد من المعالم. مثال: ظهور وادي مجرى مائي على شكل خط مستقيم على الصور الجوية والفضائية أو المنحدرات الطبوغرافية أو الجروف... وهكذا. أما المظاهر الخطية المركبة فتكون مؤلفة من أكثر من نمط بسبب وجود اختلافات التباين اللوني للمعالم السطحية. مثال ذلك اجتماع شبكات التصريف المائية والنتوءات الصخرية وسلاسل التلال أو الجبال. أما تعريف العالم لاتمان عام 1958 فأتى مرتكزاً على نقطتين أساسيتين اللتان تعتبران مفتاحاً للتعريف وهما:

- 1 - أن المظهر الخطي يجب أن يكون طبيعياً وليس اصطناعياً ناتجاً عن أنشطة الإنسان المختلفة مثل (الطرق ، والأتوسترادات، طرق السكك الحديدية... الخ)
- 2 - أن المظهر الخطي يمكن أن يكون متقطعاً جزئياً ولكن يجب أن يعبر عنه بشكل مستمر لمسافة تساوي على الأقل 1.61 كم طوياً.



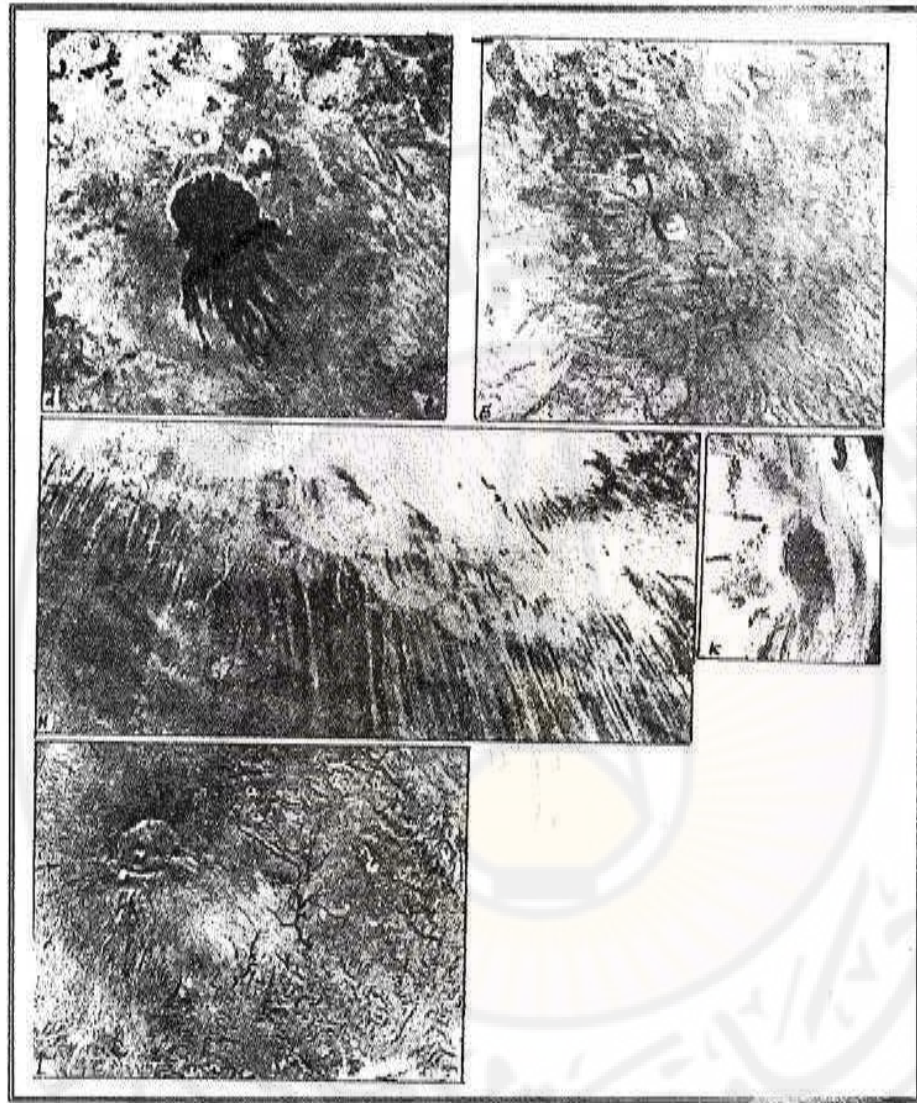


الشكل (6 - 1) خصائص الصخور البركانية وانعكاساتها على الصور الفضائية

مأخوذة من المركبة الفضائية (جيمين وأبولو)

a - صخور بركانية وفوهات بركانية عديدة (المكسيك) b - صخور بركانية (كاليفورنيا) c - حقول

انتشار صخور بركانية في شمال المكسيك وجنوب أريزونا



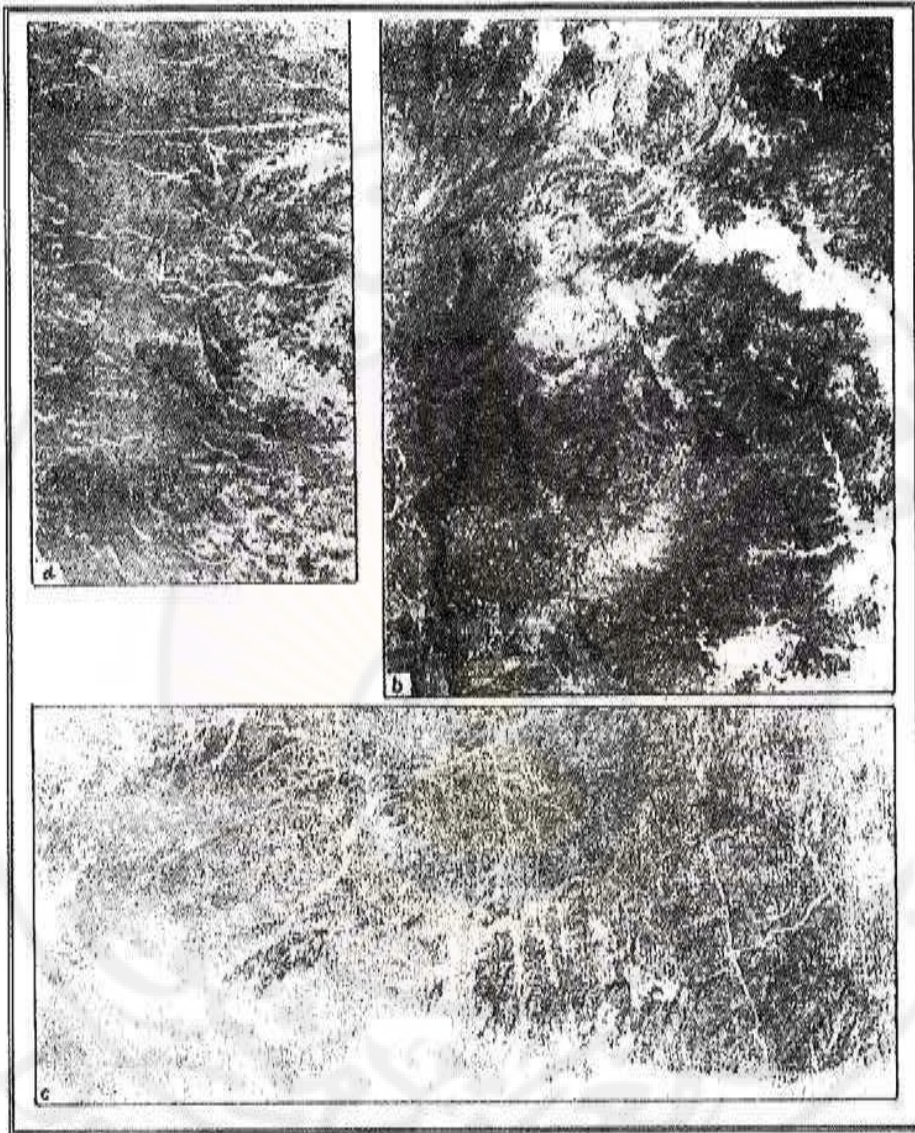
D - تدفق اللافا ضمن صخور ما قبل الكامبري (الكتلة النوبية العربية) .

E - فوهة بركان جبل مارا وتشكيلات بركانية حديثة على سفوحه.

H - كتلة بركانية (تيبستي ، الصحراء المركزية) حيث تبدو تيارات اللافا على سفوحه وفوهات وأقماع بركانية صغيرة

K - كتلة بركانية (جبل قارقاف ، شمال الصحراء المركزية) مُعقد بتشكيلات بركانية حديثة

L - فوهة بركانية (أيبي - كوسي - الصحراء المركزية)



الشكل (6 - 2) انعكاس الصخور الاستحالية المطوية العائدة للكامبري على الصور الفضائية (جيمين)

- a - كتلة أهاغار (الصحراء المركزية) .
- b - الكتلة العربية النوبية ، كتلة الجزيرة العربية واليمن .
- c - الكتلة العربية النوبية (سيناء) .

لقد وضحت الدراسات الحديثة أن هناك مشاكل في المصطلحات والتعاريف التي وضعها العالم لاتمان للمظاهر أو المظاهر الخطية. الأولى هي: أن التحويل إلى وحدات مترية قد خلق وحدات مشوشة ومركبة، والنقطة الثانية هي: أن تعبير آثار للشقوق يفترض بشكل ملازم وجود علاقة مع الشقوق الصخرية، وهذا ما لا يمكن تبريره.

والنقطة الثالثة هي: أنه من المفروض والمطلوب التمييز ما بين المظاهر الخطية المحلية والإقليمية الكبيرة جداً، إلا أن المظاهر الخطية ذات الطول أقل من 1.61 كم عموماً لا يمكن كشفها على الصور الفضائية. إلا أنه ونتيجة لتطور تقنيات الاستشعار عن بعد في السنوات القليلة الماضية تم وضع مستشعرات ذات قوة تمييز أرضية عالية الدقة تؤدي إلى كشف مظاهر خطية أقل من ذلك بكثير. والنقطة الرابعة هي : أن تعاريف لاتمان لا تأخذ المظاهر الخطية التي تظهر بشكل غير مباشر وبالتالي فهي غير مستمرة (متقطعة) بعين الاعتبار بالتحديد، أما المشكلة الأخيرة: فهي أن المظاهر الخطية المستخدمة من قبل الإنسان وأنشطته المختلفة مثل الطرقات والأنستردادات والسكك الحديدية من الصعب عادة تحديدها على صور الأقمار الصناعية لذا يجب افتراض الصفة الطبيعية لبعض المظاهر عند التحليل لصور الأقمار الصناعية.

أثناء تحليل وتفسير الصور الجوية والفضائية بهدف الدراسة التكتونية والبنوية نعتمد بالدرجة الأولى على تفسير شبكة المظاهر الخطية الأرضية ووضع مخطط لها ويمكن بعد ذلك التحقق من هذه المظاهر إن كانت فوالق وشقوق محلية أو إقليمية باستخدام كافة المعطيات المتوفرة عن منطقة الدراسة مثل الدراسات الجيوفيزيائية (جاذبية ، مغناطيسية) أو استخدام التدقيق الحقلية لإثبات صحة هذه المظاهر وتطابقها مع الفوالق.

2 - تحديد البنيات الحلقية Circular Features :

يظهر أثناء تحليل وتفسير الصور الفضائية خاصة بنيات على شكل حلقات منفصلة أو متصلة الحدود الخارجية، وأقواس وبنيات أهليلجية وبيضوية... الخ نطلق على كافة هذه المظاهر اسم البنيات الحلقية (Circular Features). لقد تم تصنيف هذه البنيات حسب حجومها ومقاييسها ومنشأها، كما صنفنا حسب شكل ظهورها في الريليف (السطح الطبوغرافي) فهناك بنيات مقببة (على شكل هضاب وتلال) وبنيات أخرى تتوضع في الريليف على شكل منخفضات. ولقد اختلفت المراجع في تحديد طبيعة ومنشأ ومقياس هذه البنيات إلا أنها متفقة في أغلب النقاط بشأن هذه البنيات. وسنذكر هنا تصنيف هذه البنيات حسب الحجم والمقياس والشكل، وأماكن التوضع (المنشأ) .. الخ .

1 - تصنيف البنيات الحلقية حسب الحجم والمقياس :

يمكن أن تقسم البنيات الحلقية الظاهرة على أي صورة فضائية حسب حجمها ومقاييسها إلى :

أ - بنيات حلقية ضخمة يتراوح قطرها من 50 - 120 كم .

ب - بنيات حلقية متوسطة يتراوح قطرها من 10 - 50 كم.

ج - بنيات حلقية صغيرة يتراوح قطرها من 1 - 10 كم .

وهناك تصانيف أخرى في بعض المراجع إلا أنه يقترب من التصنيف المعروف.

2 - تصنيف البنيات الحلقية حسب أشكال ظهورها في الطبوغرافيا (الريليف):

أ - بنيات حلقية قلبية الشكل (إيجابية)

ب - بنيات حلقية على شكل منخفضات (سلبية).

ج - بنيات حلقية مختاطلة أو مشتركة (جزء من البنية يظهر على الطبوغرافيا بشكل قبة أو مرتفع والجزء الآخر على شكل منخفض).

3 - تصنيف البنيات الحلقية حسب منشأها (أي ضمن أي نوع من الصخور متوضعة):

أ - بنيات حلقية مرتبطة بالصخور النارية (وهنا أود أن أشير إلى أن أغلب البنيات ترتبط بالصخور النارية).

ب - بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الاستحالية (المعقدات الأوفوليتية وبعض أنواع الصخور الاستحالية الأخرى) .

ج - بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الرسوبية (وهنا ترتبط هذه البنيات بشبكات التصريف المائية وهذا هام جداً في كشف بعض أنواع الأماكن المفيدة).

د - بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الملحية (أيضاً يمكن كشف الكثير من القباب الملحية عن طريق تفسير هذه البنيات) .

توضع هذه البنيات في مخطط والذي تم تفسيرها لاحقاً من أجل التأكد من كافة البنيات التي تم تفسيرها والبحث عن أصلها ومنشأها ... ويحتاج هذا إلى دراسات تفصيلية دقيقة باستخدام الطرق الجيوفيزيائية والخرائط الجاذبية والمغناطيسية المتوفرة عن منطقة الدراسة بالإضافة إلى التدقيق الحقلية المفصل لكشف ما هية هذه البنيات. تعتبر البنيات الحلقية هامة جداً في الكشف عن كثير من الثروات المعدنية واللامعدنية وكشف حقول نفطية وأحواض مائية. وهناك أمثلة عالمية كثيرة في هذا المجال .

الشكل (6-1) يُظهر توزيع الشقوق والمظاهر الخطية والبنيات الحلقية ضمن الصخور النارية.

3 - دراسة الصفائح التكتونية: Plate Tectonic

تم دراسة الصفائح التكتونية بتقنيات الاستشعار عن بعد وتعتبر هذه التقنيات ناجحة جداً في هذا المجال حيث يمكن تحديد نطاقات التماس بين الصفائح التكتونية وكشف هذه النقاط بدقة. بالإضافة إلى تحديد الفوالق الإقليمية الضخمة المرافقة لهذه الصفائح وتحديد المناطق الخطرة زلزالياً وذلك عن طريق تحديد الانزياحات الأفقية والشافولية الحاصلة ضمن هذه الصفائح. هناك أمثلة كثيرة في العالم عن مثل هذه الدراسات. نذكر مثلاً منها: منطقة عفار AFAR. تعتبر منطقة مثلث عفار الملتقى الثلاثي لمحاور انتشار خليج عدن ووادي الانهدام الأثيوبي والبحر الأحمر حيث تنتشر الصفائح العربية والنوبية (Nubia) والصومالية عبر هذه المحاور. تقع معظم منطقة مثلث عفار تحت مستوى سطح البحر ولكنها منفصلة عن البحر الأحمر وخليج عدن بهورست داناكيل (Danakil Horst) وهورست (Aisha Horst) المؤلفين من الصخور البلورية. أعطت دراسة مثلث عفار بالصور الفضائية نتائج جيدة وجديدة حول البنية التكتونية والجيولوجية لهذه المنطقة.

4 - دراسة التكتونية الحديثة :

تعتبر دراسة التكتونية الحديثة لأي منطقة من الدراسات الهامة والاستراتيجية وذلك لتحديد المخاطر الزلزالية التي تتعرض لها القشرة الأرضية بشكل دوري ومستمر. وتلعب الصور الجوية والفضائية دوراً كبيراً في تحديد الانزياحات والحركات التكتونية الحاصلة في مرحلة التطور التكتوني الحديث للقشرة الأرضية، كما تلعب دوراً في تحديد الفوالق والشقوق والنطاقات البنيوية النشيطة في الوقت الحالي ودورها في كشف وتحديد العديد من الثروات الباطنية. بالإضافة إلى تحديد نقاط تقاطع الفوالق والتي أثبتت التجارب العلمية والعملية بأن هذه النطاقات غنية بالمياه الجوفية التي نحن بأمس الحاجة إليها في الوقت

الحالي. سنذكر تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة التكتونية الحديثة في سوريا في فصل تطبيقات الاستشعار عن بعد في سوريا.

6-2 - تفسير المرئيات بهدف الدراسات الليتولوجية والستراتغرافية:

يستطيع مفسر الصور أن يتعرف على أنواع الصخور والأراضي المختلفة ويرسم الحدود بينها وذلك من خلال تفسير عناصر الصورة (Pixel) والمؤلفة من (الطبوغرافيا، وأنماط التصريف المائية ونسجها، والانجراف والشدة اللونية للصورة، والغطاء النباتي، واستخدام الأراضي) وعلى مفسر الصورة أن يأخذ بالحسبان دوماً كلاً من العناصر المذكورة أعلاه على انفراد ومجموعة بعضها مع بعض لكي يقدر نوعية الصخور. فإذا ما اكتسب في ذلك بعض الخبرة طبق هذه العناصر غالباً بصورة عفوية بعد أن يكون المفسر قد طور الوسيلة التي يميز بها بعض أنواع الصخور التي تتكون في المرئية بصورة آلية تقريباً. أما في المناطق المعقدة فيجب على المفسر ألا يتخذ قرارات سريعة حول أنواع الأراضي والصخور، بل عليه أن يأخذ بالحسبان، وبغاية الخصائص الطبوغرافية، وطرز الصرف والانجراف والشدة اللونية والغطاء النباتي الظاهرة على الصورة.

ومع كل ما ذكر أعلاه من قرائن ودلائل لتفسير الصور لابد من الاستعانة بالتدقيق الحقلي إذ أنه من غير المتوقع أن يتم ذلك من تفسير الصور وحدها، ولذلك لابد للمفسر من العودة إلى الخرائط المتوفرة عن المنطقة المدروسة ومنها الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية وخرائط التربة. وأن يجري تدقيقاً حقيقياً لها. ومن أهم المساعدات التي تقدمها المعلومات المستقاة من تفسير الصور الجوية والفضائية بهدف التعرف على أنواع الصخور والأراضي هي اختصار الوقت والمال والجهد. وتسمح تقنيات تفسير المرئيات بوضع خرائط

جيولوجية لأي منطقة وذلك في فترات لا يكون فيها المناخ مناسباً لإجراء مسوحات جيولوجية حقلية، كما تسمح بالإعداد لعمليات حقلية أغنى حصيلة.

وهنا لا بد من الإشارة إلى تصنيف بعض أنواع الصخور التي يمكن تمييزها وتحديد حدود انتشارها في الطبيعة لأن كل صخر يختلف عن الصخر الآخر بتركيبه وخصائصه ونشأته وشدته الطيفية وبالتالي تبدو الصخور بكافة أنواعها (رسوبية، اندفاعية، استحالية) على الصور الجوية والفضائية بشدات لونية مختلفة — ولذلك يجب دراسة كل نوع من أنواع هذه الصخور وتحديد حدودها ومساحات انتشارها.

I — الصخور الرسوبية :

إن الصخور الرسوبية الرئيسية التي سيتم التعرف عليها عن طريق تفسير الصور الفضائية والجوية هي: الحجر الرملي Sandstone والغضار الصفحي Salte والحجر الكلسي Limestone. ويجب الإشارة إلى أن الصخور الرسوبية هي أكثر أنواع الصخور تكشفاً وانتشاراً على سطح الأرض فهي تغطي نسبة 75% تقريباً من سطح اليابسة، بينما تغطي الصخور النارية 20% تقريباً منها وتغطي الصخور المتحولة 5%.

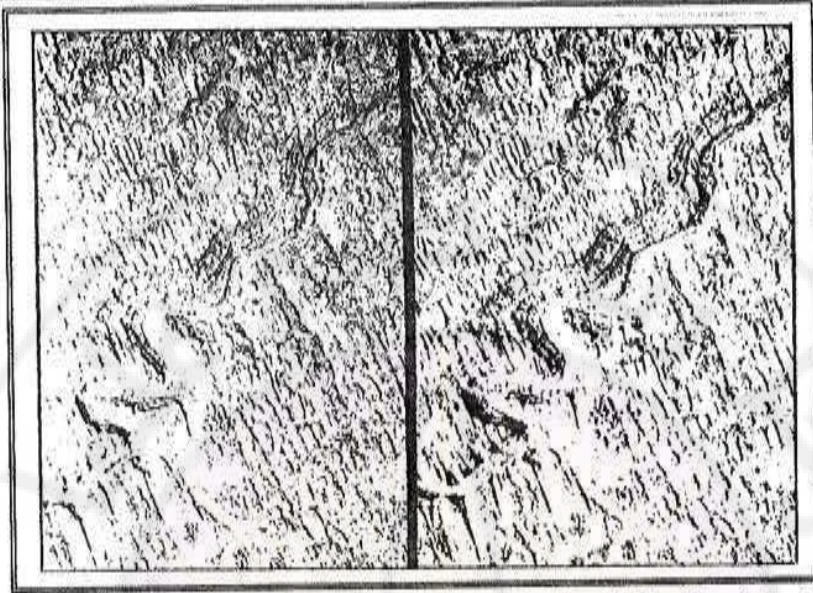
1 — دراسة طبقات الحجر الرملي الأفقية على الصور الفضائية والجوية:

طبوغرافياً تبدو طبقات الحجر الرملي الأفقية على شكل تلال جرداء، ضخمة مسطحة القمة نسبياً ذات منحدرات شاقولية تقريباً أو شديدة الانحدار، وتتميز بنظام تصريف شجري خشن، تتحكم فيه سطوح الفواصل، ونظام تكعيبي متعامد غالباً ما ينجم عن اتجاهات الفواصل المتعامدة. تنتشر الأخاديد على سطوح طبقاته وهي قليلة وبشكل حرف V إذا وجدت في التربة المتبقية وتبدو على الصور بشدات لونية فاتحة ناجمة عن اللون الفاتح للصخر وعن صرف داخلي ممتاز لكل من التربة المتبقية وصخر الحجر الرملي. قد يظهر الحجر

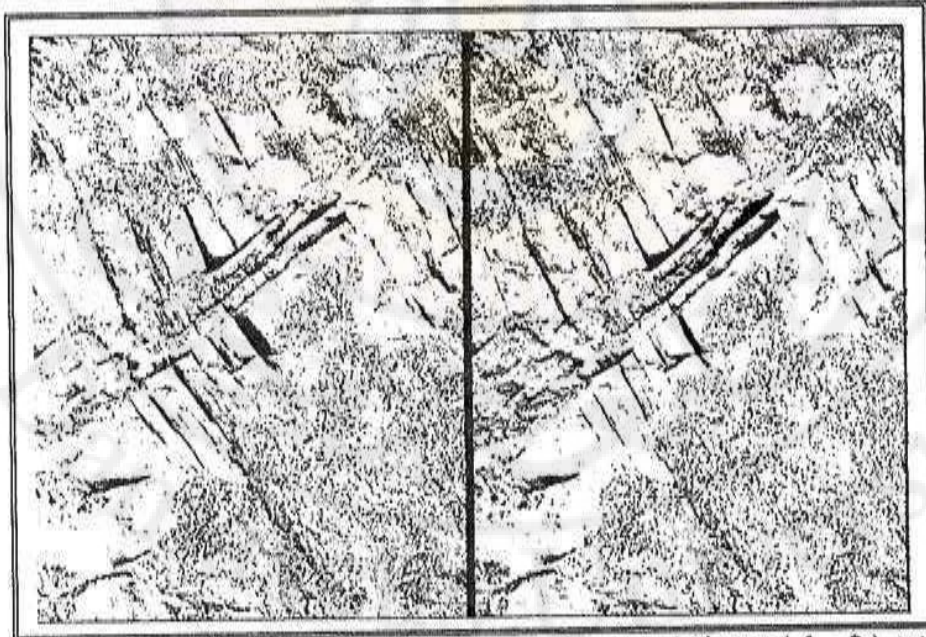
الرملي المحمر (نتيجة وجود بعض الأكاسيد وخاصة الحديدية) في المناطق الجافة بشدة لونية قائمة نسبياً على الأفلام البانوكروماتية. ويظهر الغطاء بسبب الأشجار الكثيفة الموجودة على الحجر الرملي في المناطق الرطبة قائماً في العادة، لكن المفسر في هذه الحالة ينظر إلى تيجان الأشجار لا إلى التربة أو سطح الصخر. وقد يلتبس على المفسر بالحجر الرملي أحياناً فيراه صخر غرانيت. انظر الأشكال (3-6) و (4-6)

2 - تفسير الصور الجوية والفضائية بهدف التعرف على طبقات الغضار الصفحي الأفقية:

طبوغرافياً تبدو طبقات الغضار الصفحي في المناخ الجاف متخددة (Dissected) بنعومة وتتميز مجاري المياه الأخدودية بجوانب شديدة الانحدار ناجمة عن جريان سطحي سريع ينشأ من هطل مطري غزير وقصير الأمد وفي المناخ الرطب تكون التلال مستديرة منتظمة أو معتدلة أو ضعيفة الانحدار. تتميز بنظام تصريف شجري ذو مجاري مائية قليلة التعرج، وذو نسيج دقيق في مناطق المناخ الجاف ومتوسط إلى دقيق في مناطق المناخ الرطب. كما تتميز بأخاديد في التربة المتبقية، ومقاطع دائرية قليلة الاستدارة. تبدو طبقات الغضار الصفحي على الصور الفضائية بشدات لونية مختلفة كثيراً ولكنها تكون بصورة عامة قائمة إذا ما قورنت بالشدة اللونية للحجر الرملي والحجر الكلسي، وقد تشير الشدات اللونية المختلفة إلى سطوح التطبق. تكون المناطق الجافة جرداء عادة إلا من النباتات الصحراوية بينما تغطي المناطق الرطبة مزروعات وغابات كثيفة، أحياناً يلتبس على المفسر بالغضار الصفحي فيرى أنه لوس Loess. انظر الأشكال (5-6) و (6-6).



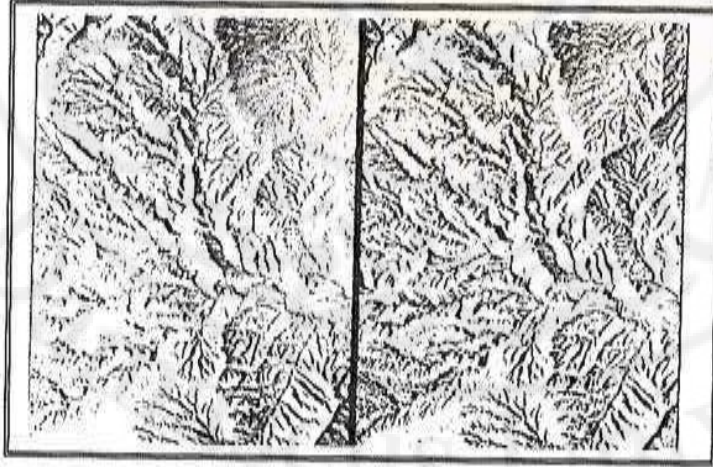
الشكل (3 - 6) : طبقات أفقية من الحجر الرملي في منطقة ذات مناخ جاف. جنوب يوتا، أيلول (سبتمبر)
1952. 1:20000 زوج مجسم (صور من USGS)



الشكل (4 - 6) : طبقات أفقية من الحجر الرملي في منطقة ذات مناخ جاف. مقاطعة غارفيلد، Garfield،
يوتا، تموز (يوليو) 1960 1:30800 زوج مجسم (صور من USDA-ASCS)

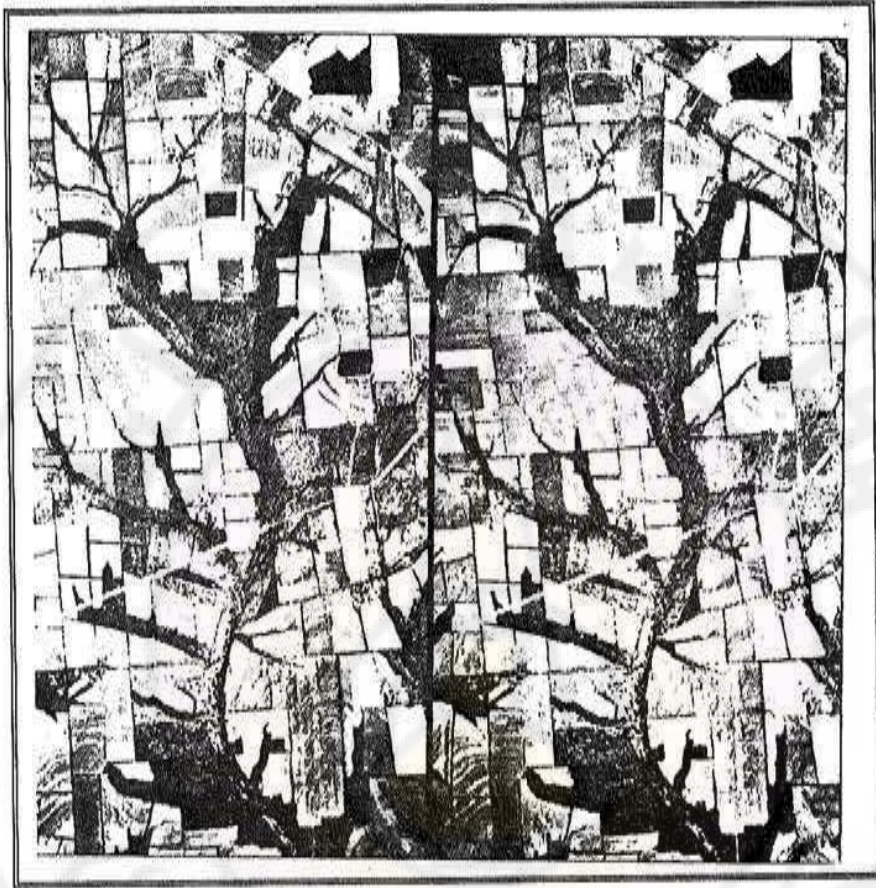
3 - تفسير المرئيات بهدف التعرف على الصخور الكلسية ذات التطبق الأفقي: تشير هذه الدراسة إلى الحجر الكلسي القابل للانحلال في المناطق ذات المناخ الرطب. طبوغرافياً تبدو طبقات الحجر الكلسي الأفقية على شكل سطح قليل التموج، يظهر عليه كثير من الحفر والنقرات المستديرة تقريباً ويتراوح عمقها عادة بين (3 و 5 م) وقطرها بين (5 - 50متراً) وتتميز بنظام صرف شعاعي ويكون لكل حفرة (جوبة) مجاريها المائية التي تصب فيها، المجاري السطحية قليلة جداً، والمجاري السطحية الواردة من التضاريس أو الأنواع الأخرى من الصخور المجاورة يمكن أن تختفي تحت الأرض عبر الجوبات (الحفر) عندما تصل هذه المجاري المائية إلى مناطق الحجر الكلسي. تتكون ضمن التربة المتبقية ذات النسيج الدقيق أخاديد ذات مقاطع عرضية ضعيفة الاستدارة.

تبدو على الصور بشدات لونية مبرقشة بسبب العدد الكبير من الحفر والنقرات (الجوبات) وتتراوح بين الرمادي الفاتح والغامق وذلك بسبب وجود غطاء نباتي أو انعدامه. أما قعر الحفر والنقرات فيتميز بألوان رمادية قائمة وذلك لوجود رطوبة عالية في أكثر الأحيان. الأشكال (6-7) و (6-8).

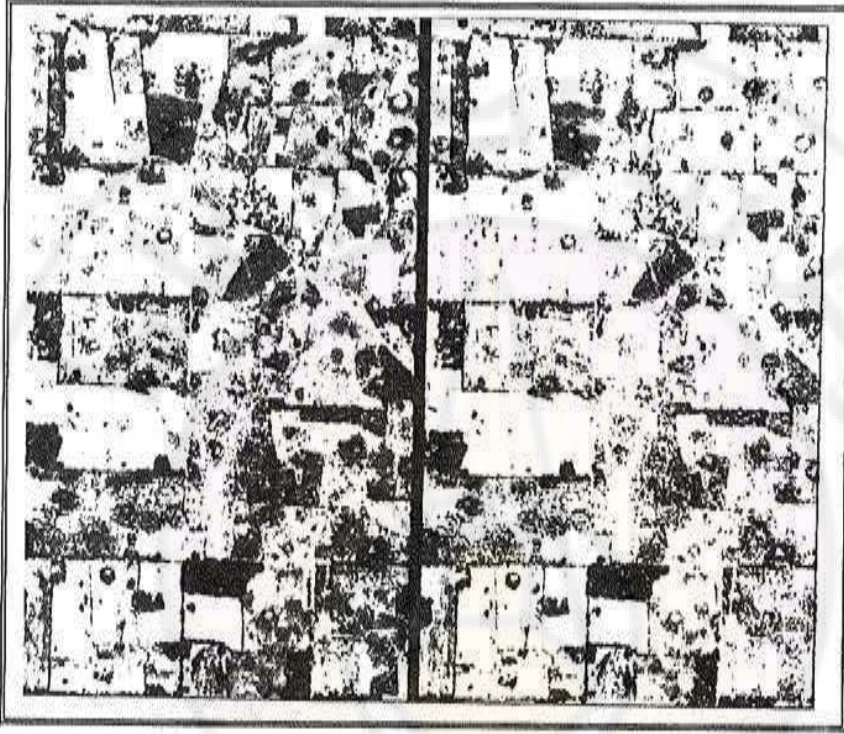


الشكل 6 - 5 : طبقات أفقية من الغضار في منطقة ذات مناخ جاف. يوتا . تشرين ثاني (نوفمبر) 1952 . 1 : 26.700

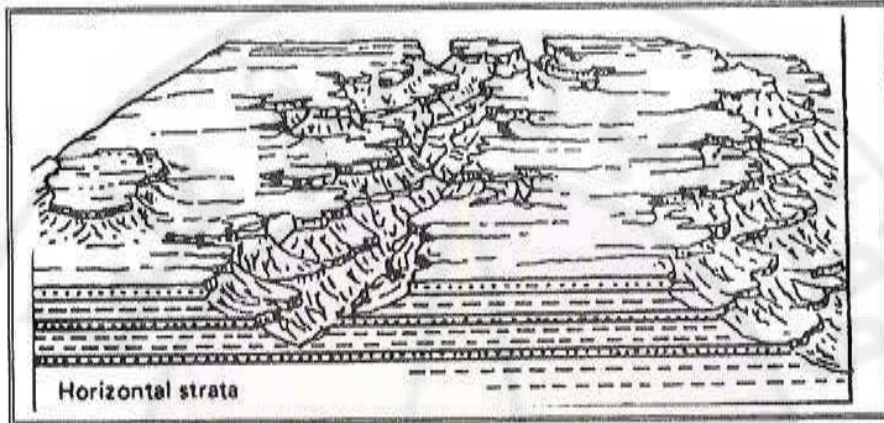
صورة مجسمة (صور من USGA)



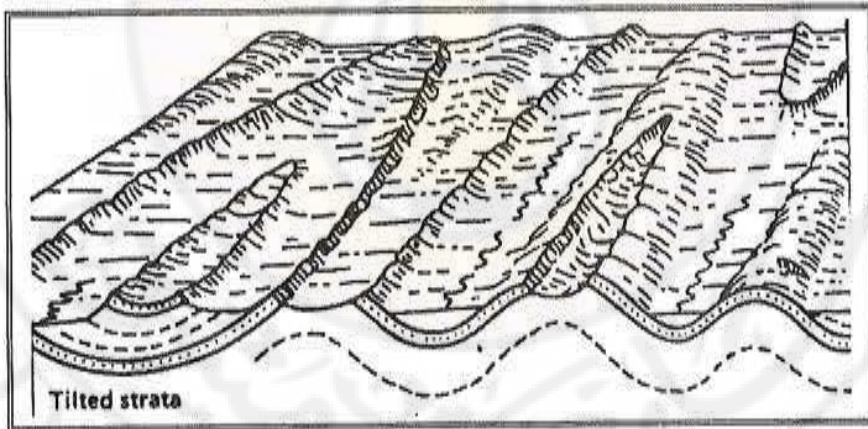
الشكل 6 - 6 : طبقات أفقية من الغطاء الصلحي في منطقة ذات مناخ رطب. مقاطعة هنتردون Henterdon
نيوجرسي حزيران (يونيو) 1963 36,400:1 صورة مجسمة (صور من USDA-ASCS)



الشكل 6 - 7 حجر كلسي قابل للتحلل أفقي التطبيق في مناخ رطب، مقاطعة هاريسون، إنديانا، أيار (مايو)
1960 20.000:1 صورة مجسمة (صور من USDA - ASCS)



(A)



(B)

الشكل 6 - 8 : رسم تخطيطي يوضح مظهر طبقات الصخور الرسوبية الأفقية والمائلة
(رسم الأصل ان ستراهلر Strahler)

4 - تفسير الصور بهدف التعرف على طبقات الصخور الرسوبية المائلة :

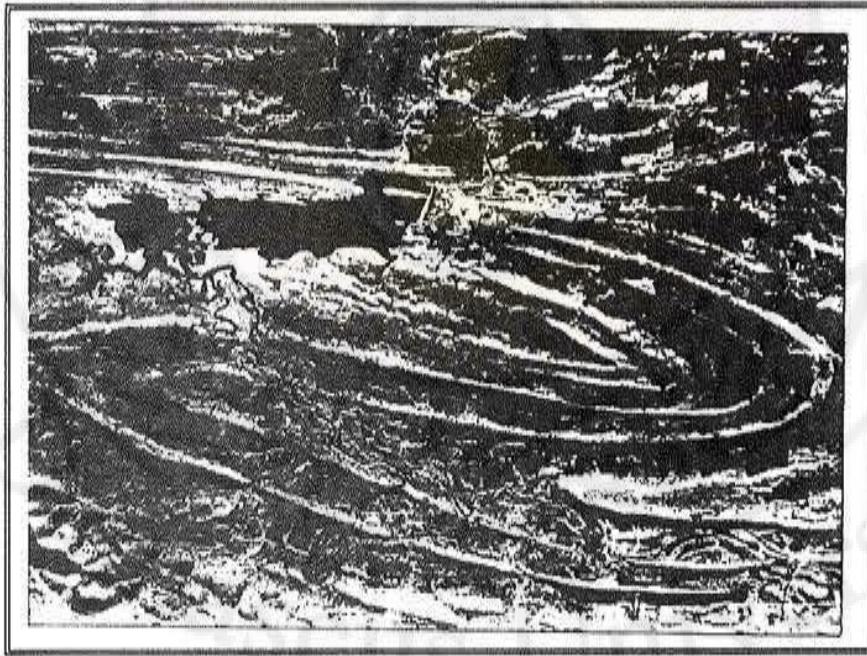
طبوغرافياً تبدو الطبقات المائلة للصخور الرسوبية على شكل سلسلة من الهضاب المستقيمة أو المنحنية. وتتميز بنظام تصريف شجري خشن أو متوسط وأحياناً تكعيبي ومجاري المياه الرئيسية تمتد على طول قيعان الأودية. وتسيل مجاري المياه الثانوية حسب انحدارات الميل أو الجروف وترفد المجاري الرئيسية بزوايا قائمة يختلف الانجراف حسب نوع التربة المثبتة. تختلف الشدة اللونية للصورة حسب نوع الصخر. أما الغطاء النباتي واستخدام الأراضي فيختلف حسب نوع الصخر، عند وجود الصخور الرسوبية على شكل طبقات مائلة في المناطق ذات المناخ الرطب تكون عادة هضاب قليلة الارتفاع من الحجر الرملي مغطاة بالغابات وتكون أودية الغضار الصفحي مغطاة بالمزروعات. (الأشكال (6 - 9) و (6 - 10) .

II - تمييز الصخور النارية على الصور الفضائية والجوية :

تتكون الصخور النارية نتيجة تبرد ثم تصلب المَهْل (الماغما) Magma الذي هو عبارة عن كتلة منصهرة لمادة الصخور، وتقسم الصخور النارية إلى مجموعتين : صخور مندسة (Intrusive) وصخور منبثقة (متدفقة) (Extrusive) تتكون الصخور النارية المندسة عندما لا تصل المَهْل إلى سطح الأرض بل تتصلب في تجاويف أو شقوق كونتها المَهْل بدفعها للصخور المجاورة أو بإذابته أو حله لها مُشكلةً كتلاً تسمى الباتوليت والاكوليت وذلك حسب حجم وتوضع هذه الكتلة. أما الصخور النارية المنبثقة (المتدفقة) فتتكون عندما تصل المَهْل (الماغما) إلى سطح الأرض عن طريق النشاط البركاني أو التسرب إلى السطح عبر الشقوق .

الفصل السادس : تطبيقات الاستشعار عن بعد في المجالات الجيولوجية المختلفة

توجد الصخور النارية المندسة عادة على شكل كتل ضخمة نتيجة تبرد الماغما المنصهرة ببطء شديد وتصلبها وتحولها إلى بلورات كبيرة. وتتداخل البلورات بعضها ببعض فتكون صخوراً قاسية كثيفاً خالياً من الفجوات. وتتكشف الصخور النارية المندسة عند انجراف وإزالة المواد المغطية لها . وتبدو الصخور النارية المنبتقة (المتدفقة) بأشكال متنوعة من الصخور البركانية، بما في ذلك صبات الحمم (اللابات Lava Flows) ومخاريط اللابات Lava cones ومخاريط الخبث البركاني Cinder cones ومخاريط الزجاج البركاني Spatter cones ومخاريط الطف البركاني Tuff cones ورواسب الرماد البركاني. ولقد كان تبرد هذه الصخور أسرع من تبرد الصخور المندسة ولذلك كانت بلوراتها أصغر .



الشكل 6 - 9 مرئية رادارية تظهر فيها الصخور الرسوبية المطوية في منطقة ذات مناخ رطب جبال أوشيتا Ouchita مقاطعة لوفلور أوكلاهوما . 1:170.000 (مرئية من NASA)



الشكل 6 - 10 طبقات مائلة من الحجر الرملي متداخلة مع طبقات الغضار الصفحي (طية محدبة)
في منطقة ذات مناخ جاف. مقاطعة فريمونت Fremont ، وايومينغ ، تشرين أول (أكتوبر)
1948 . 47.200:1 صورة مجسمة (صور من USGS) .

1- إمكانية التعرف على الصخور الغرانيتية عن طريق تفسير الصور الجوية والفضائية :

تبدو الصخور الغرانيتية على شكل تلال ضخمة مستديرة غير متطبقة مقببة الشكل تختلف ارتفاعات ذراها، وهي ذات منحدرات شديدة، وتحتوي في الغالب على فواصل كثيرة بأشكال غير منتظمة أو قليلة الانحناء، وقد تكون الفواصل منخفضة طوبوغرافية تتجمع فيها التربة وتنمو فيها النباتات وتجري فيها المياه. تتميز الصخور الغرانيتية بنظام تصريف شجري خشن النسيج ، كما يمثل المجاري المائية للانعطاف حول قواعد التلال القبية الشكل وتتكون قنوات الصرف الثانوية على طول خطوط الفواصل، الأخاديد قليلة فيما عدا المناطق ذات التربة المتبقية الأعمق. أما الشدة اللونية للصورة: تتميز الصخور الغرانيتية بشدة لونية فاتحة بسبب اللون الفاتح للصخر أما المنخفضات التي تتكون على طول خطوط الفواصل فتظهر بشدة لونية قاتمة. أما الغطاء النباتي فيبدو على شكل نباتات متناثرة في المناطق ذات المناخ الجاف، أما المناطق ذات المناخ الرطب فيغلب فيها وجود غابات مع بعض التكتشفات الصخرية الجرداء، وقد يتكون الغطاء النباتي في المنخفضات المتكونة على طول بعض الفواصل (والسبب لوجود كميات من التربة نتيجة التجوية) .

قد يلتبس على المفسر مظهر الصخور الغرانيتية أحياناً فتبدو له كأنها طبقات أفقية من الحجر الرملي إلا أن هناك فروقاً أساسية بين الغرانيت والحجر الرملي يمكن تلخيصها بالتالي :

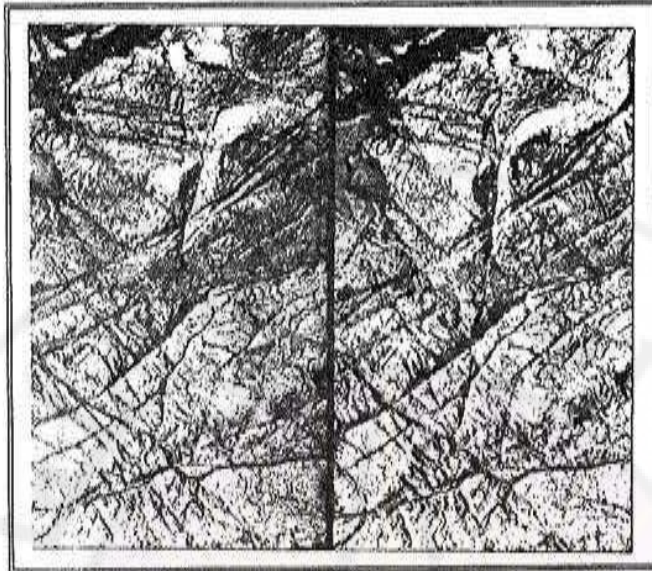
1 - التطبيق : تكون الصخور الغرانيتية غير متطبقة على حين يكون الحجر الرملي متطبقةً.

2- الطبوغرافيا : تختلف ارتفاعات ذرى تكشفات الصخور الغرانيتية على حين تشكل الصخور الغطائية النجود من الحجر الرملي ويكون للصخور الغرانيتية جروف قليلة الانحدار على حين تكون للحجر الرملي جروف شاقولية، تكون التضاريس الدقيقة Microfeatures للصخور الغرانيتية مستديرة، على حين تكون في الحجر الرملي كتلية .

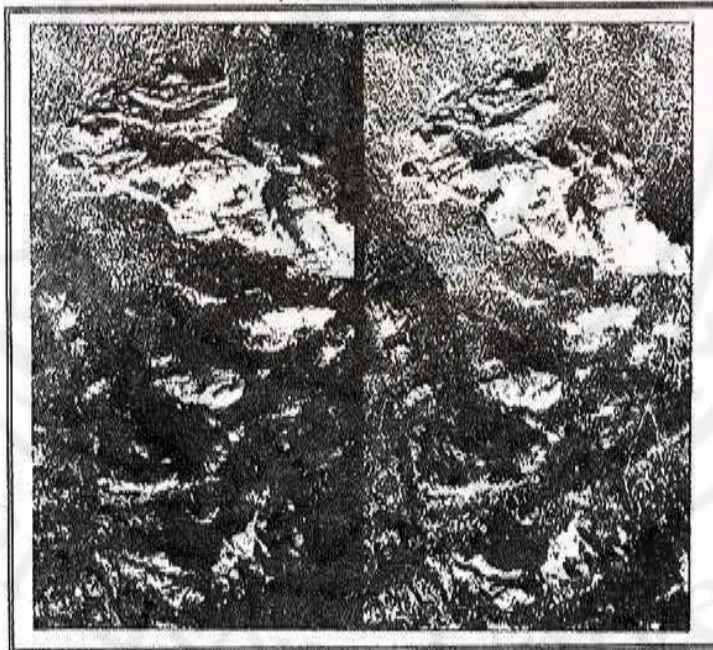
3 - نماذج الفواصل : يكون نموذج الفواصل في الصخور الغرانيتية غير منتظم ترافقه منخفضات خطوطية واضحة، على حين يكون نموذج الحجر الرملي مؤلفاً من اتجاهين أو ثلاثة اتجاهات رئيسية . الأشكال (6 - 11) و (6 - 12) .

2 - امكانية التعرف على صبات اللابات (عدا البازلت الفيضي) بتفسير الصور الجوية والفضائية :

تبدو صبات اللابات على شكل سلسلة من الصبات اللسانية الشكل، قد تتراكم وتتطبق وترافقها في الغالب مخاريط خبيثة Cinder Comses ومخاريط الزجاج البركاني Spatter cones تكون اللابات للزجة (الأنديزيت والريوليت) صبات ثخينة ذات حواف واضحة شديدة الانحدار . تتميز اللابات بنظام صرف داخلي جيد وقلما يوجد نظام صرف جيد التكون (الشكل) أما الشدة اللونية للصورة والغطاء النباتي: تبدو اللابا الغير متأثرة بالتجوية والعميقة الغطاء النباتي ذات شدة لونية قائمة في حالة البازلت ومتوسطة في الأنديزيت وفاتحة في الريوليت، وتكون الصبات الحديثة الخالية من الغطاء النباتي عامة ذات شدة لونية أكثر قتامة من الصبات ذات الغطاء النباتي المتأثرة بالتجوية الأشكال (6 - 13) و (6 - 14) و (6 - 15) و (6 - 16)



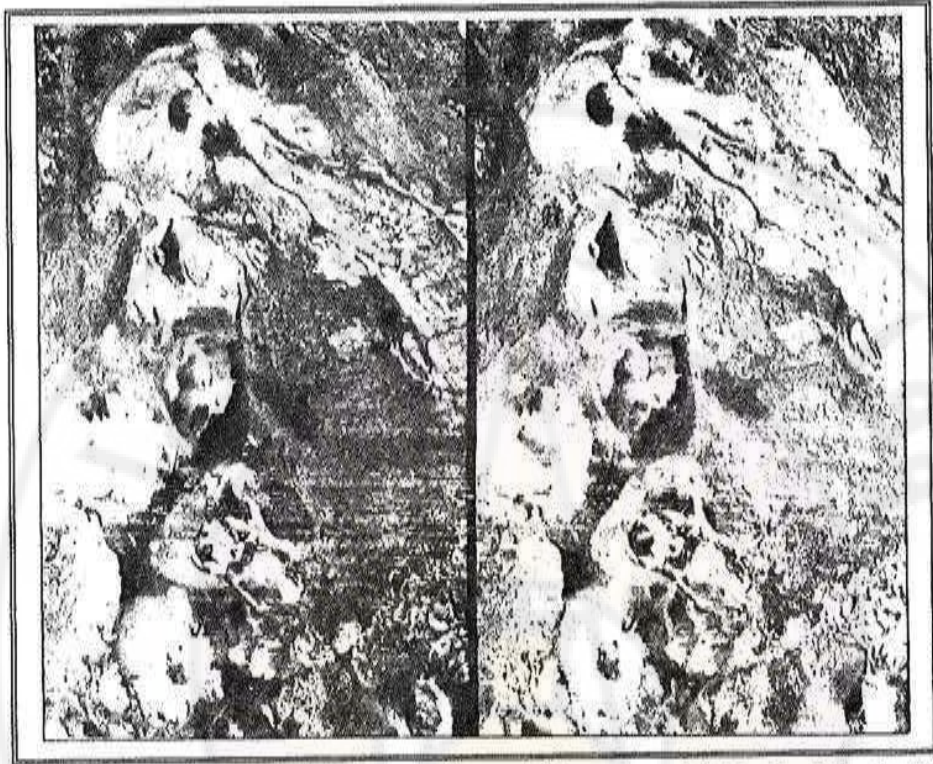
الشكل 6-11 صخور غرانيتية في منطقة ذات مناخ جاف . وايومينغ تموز (يوليو) 1974 1:37,000 صورة مجسمة
(صورة من USGS)



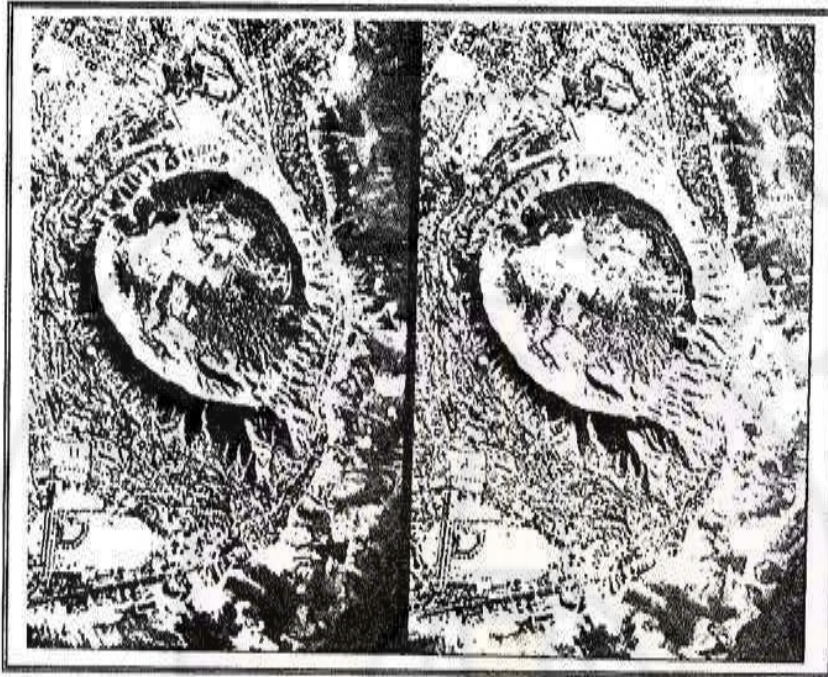
الشكل 6 - 12 صخور غرانيتية في بلاك هيلز مقاطعة بينينغتون Pennington داكوتا الجنوبية .
آب (أغسطس) 1962 1:20,000 صورة مجسمة (صور من USDA-ASCS)



الشكل 6 - 13 : صبة من لابة لزجة في منطقة ذات مناخ جاف، مقاطعة سيسكيو Siskiyou كاليفورنية
آب (أغسطس) 1955 33.000:1 صورة مجسمة (صور من USDA-ASCS)



الشكل 6 - 14 مخاريط خيشية وصبات من اللابات، حديقة هاليكالا الوطنية، جزيرة مووي Maui هاواي ،
كانون ثاني (يناير) 1965 صورة 28,600:1 مجسمة (صور من USDA-ASCS)



الشكل 6 - 15 مخروط الكلف البركاني ، هونولولو، هاواي ، شباط (فبراير) 1965 1:25.000 صورة
مجسمة صورة مجسمة (صور من USDA-ASCS)

3 - تفسير المرئيات بهدف التعرف على البازلت الفيضي :

يبدو البازلت الفيضي طبوغرافياً على شكل سطح مستو تقريباً، يتقطع في الغالب بمجاري مائية كبيرة تشكل أودية عميقة. ويبدو البازلت الفيضي أحياناً على شكل نجوم مرتفعة. يمكن رؤية التشقق المتعامد على جدر الأودية (الصور الجوية بمقياس 1/20.000) والجروف. يتميز البازلت الفيضي بنظام تصريف على شكل مجاري مائية سطحية قليلة جداً بسبب الصرف الداخلي الممتاز (نتيجة وجود الشقوق فيه) ويبدو البازلت على الصورة الجوية والفضائية بشدات لونية قاتمة وترى هذه الشدة اللونية عادة بشكل واضح على طول جدر الأودية وسطوح الجروف لأن سطح الأرض تغطيه على الأغلب بعض النباتات ولا سيما عند وجود غطاء من التربة الناتجة على التجوية. قد يلتبس على المفسر أحياناً نجوم البازلت الفيضي فيراها نجومات تتوجه طبقات من الحجر الرملي ويمكن تلخيص الفروق الأساسية عند التمييز بين نجوم البازلت الفيضي والنجوم المغطاة بطبقة من الحجر الرملي على الصور بما يلي :

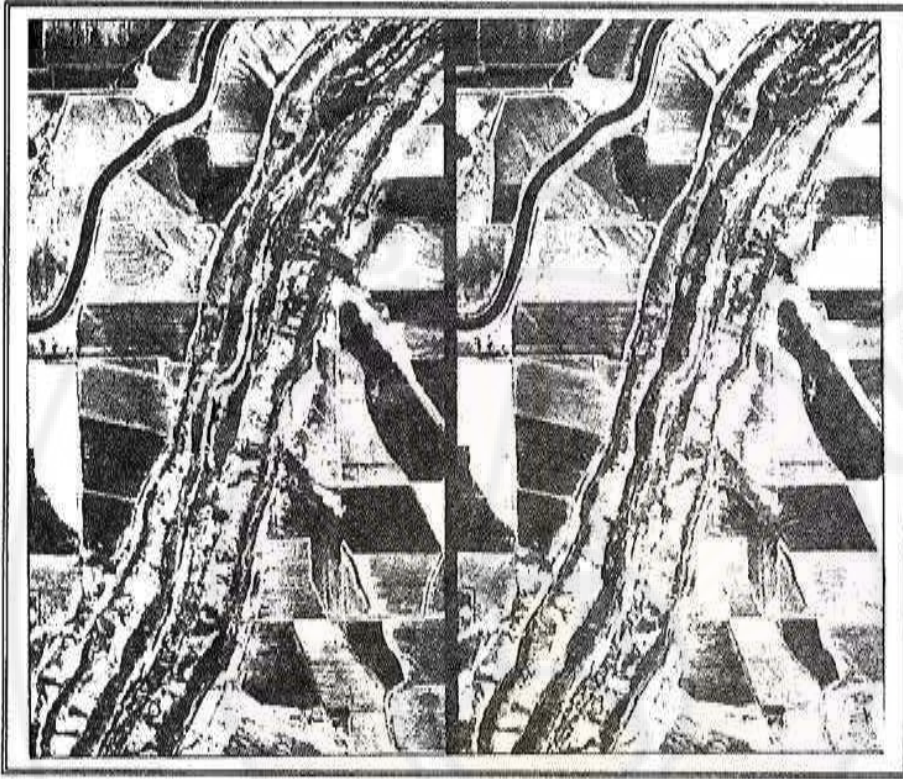
1 - الشدة اللونية للصخر الغير مغطى بنبات أو طبقة من التربة (الأجرد) :

يبدو البازلت هنا ذو شدة لونية قاتمة، على حين شدة الحجر الرملي اللونية فاتحة.

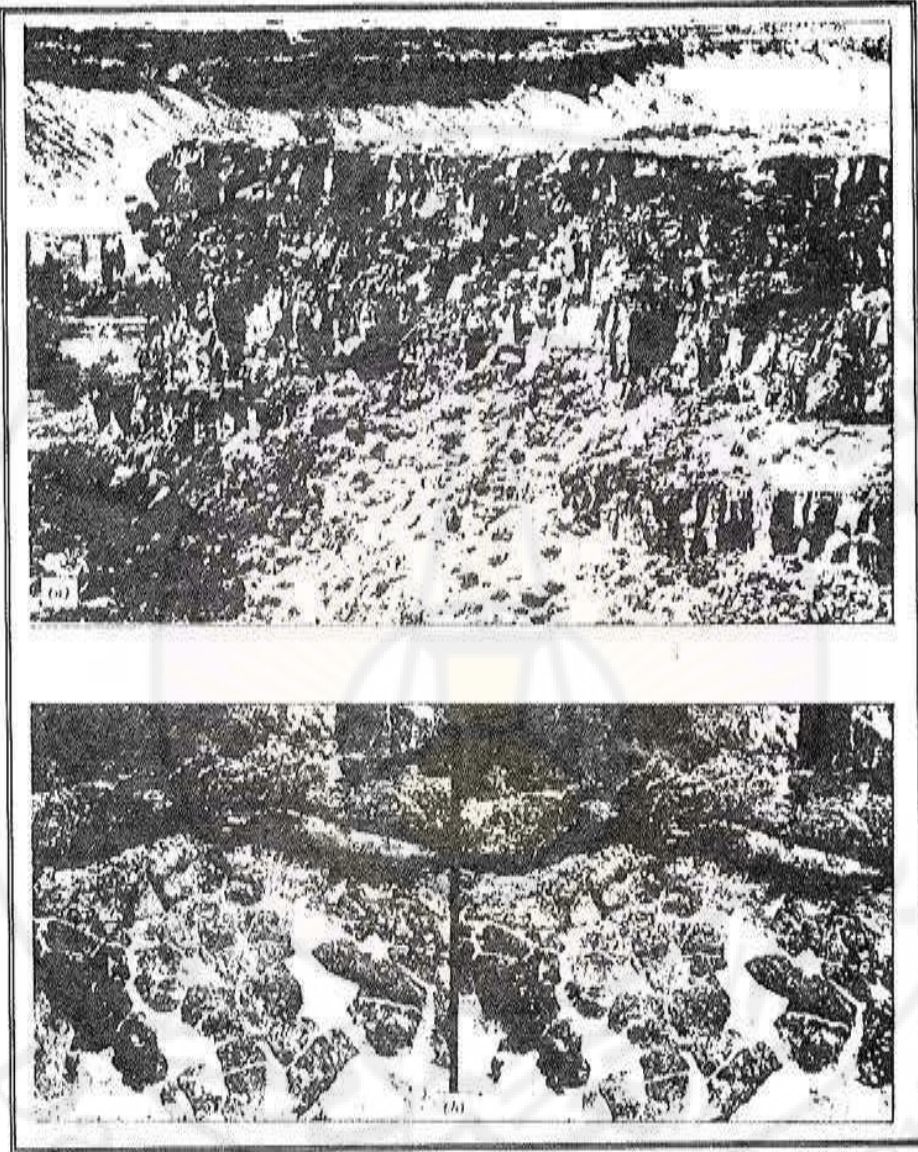
2 - تشقق الصخر : يبدي البازلت الفيضي تشققات متعامداً على حين تكون للحجر الرملي تشققات عديدة واسعة الامتدادات ذات اتجاهين أو ثلاثة اتجاهات رئيسية ونتيجة لذلك يبدي خانق (واد عميق ، كانيون canion) البازلت الفيضي وحواف الجروف مظهراً مسنناً، على حين يبدي خانق الحجر الرملي وحواف الجروف مظهراً كتلياً.

3 - نظام الصرف : يتميز البازلت الفيضي بشكل أساسي، بنظام صرف داخلي، أما الحجر الرملي فيتميز بنظام صرف شبه شجري قليل التشعب (متعامداً أو زاوي)

الأشكال (6 - 16) و (6 - 17) .



الشكل 6 - 16 نجد مروي من البازلت الفيضي في منطقة ذات مناخ جاف ، مقاطعتي جيروم Gerome وتوين فولز Twin Falls أيداهو ، تموز (يوليو) 1957 ، 1:20,000 صورة مجسمة صورة مجسمة (صور من USDA-ASCS)



الشكل 6-17 بازلت فيضي ، خانق ستيك ريفر قرب توين فولز Twin Falls إيداهو، آب
(أغسطس) 1977 . (b) صورة مجسمة .

4 - تفسير المرئيات بهدف التعرف على الصخور المتحولة (الاستحالية) :

من الصخور المتحولة الشائعة الانتشار يمكن أن نذكر : الكوارتزيت ، والأردواز ، والرخام ، والغنيس ، والشبست . وتتكون هذه الصخور الاستحالية أساساً من صخور رسوبية سابقة أو نارية، تحولت بفعل الضغط والحرارة (استحالة اقليمية أو استحالة محلية) . وقد يساهم في هذا التحول أحياناً تأثير كيميائي أو اجهادات القص Shearing Stresses وتكون المعادن في أي صخر مستقرة في مجال معين من الحرارة والضغط. وعند تعرضها لدرجات عالية من الحرارة والضغط يطرأ على الصخور السابقة تحول ينجم عنه تركيب معدني جديد ذو تركيب وبنية جديدين. ولقد تم تقدير الشروط الضرورية الصغرى لتغير وتحول الصخور النارية والرسوبية إلى صخور استحالية بدرجات حرارة أعلى من 100 درجة مئوية مع ضغط يعادل الضغط المتوفر على عمق 3 كم من سطح الأرض . أما الشروط القصوى الضرورية فقدرت بحرارة 800 درجة وضغط يعادل ما هو متوفر على عمق 35 كم تحت سطح الأرض . علماً بأنه أعلى من هذه الشروط تتكون الماغما (المهل) و التي لاحقاً تؤدي إلى تشكل الصخور النارية عند تسربها أو انبثاقها إلى السطح أو تحته.

تبدو معظم الصخور الاستحالية على الصور الفضائية و الجوية على شكل خطوط أو أحزمة أو عصابات مميزة يمكن رؤيتها من خلال الملاحظات الحقلية وهذا ما يميزها عن الصخور الرسوبية والنارية.

تنتشر معظم الصخور الاستحالية في جميع أنحاء العالم . ولن نشرح مع ذلك كيفية التعرف عليها عن طريق الصور ، لأن وجودها محدود ، إضافة إلى أن التعرف عليها بالصور أصعب من التعرف وتفسير الصخور الرسوبية

والنارية ، فضلاً عن أن تقنيات تفسير الصخور المتحولة غير موثوق بها تماماً .
الشكل (6-2) ص 194

3-6 - تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الدراسات الجيولوجية الهندسية:
تعتبر حالياً الصور الفضائية والجوية قاعدة هامة في الدراسات الحديثة تستند إليها أعمال تخطيط المدن ، وإنشاء معظم الطرق الرئيسية والسكك الحديدية والمطارات الجوية والقنوات المائية ومد الأنابيب وإقامة الشبكات الكهربائية والمنشآت الكهرومائية . ويلجأ المهندسون المختصون في هذه الأمور كثيراً إلى تقنيات (RS) عند اختيار مواقع تشييد هذه المنشآت . وأيضاً يلجأون أثناء البحث عن متطلبات هذه المنشآت (المواد الأولية اللازمة للبناء) مثل الحجارة والرمال والحصى . ويلجأوا إلى تقنيات (RS) أيضاً عند مراقبة التغير والتطور في المدن والمناطق المأهولة من أجل حل مشاكل النمو والتزايد السكاني . وسنقوم بدراسة بعض المشاريع التي يمكن دراستها عن طريق استخدام معطيات الـ (RS) ونذكر منها :

1 - إقامة السدود والخزانات الكهرومائية :

إن توزع المنشآت الكهرومائية يرتبط بالسطح التضاريسي للأرض (الطبوغرافيا) ، وبكمية الهطول المطري السنوي ، وكما هو معروف توجد محطات توليد الطاقة الكهربائية في المناطق الجبلية ، حيث يكون انحدار النهر أو المجاري المائية الرافدة شديداً و الهطول المطري غزيراً ، أما في المناطق ذات المناخ الجاف وعندما يكون انحدار النهر قليلاً يقل تواجد المنشآت الكهرومائية ويقتصر الأمر هنا على إنشاء السدود بغية حجز المياه خلفها من أجل الاستعمالات المختلفة . وهنا تلعب تقنيات (RS) دوراً هاماً في تحديد الموقع الأمثل لإقامة السدود والخزانات الكهرومائية، ويمكن استخدام صور جوية

الفصل السادس : تطبيقات الاستشعار عن بعد في المجالات الجيولوجية المختلفة

مختلفة المقياس وصور فضائية من نوع سبوت لأنها تحقق رؤيا مجسمة (ستريوسكوبية) من أجل تحديد المعالم الطبوغرافية للمنطقة وتتمتع بقوة تمييز أرضية عالية تصل إلى 20م أو أقل أو صور القمر الصناعي الروسي (SPIN-2) من صور الليغو (Lego) ذات قوة التمييز الأرضية العالية والتي تصل إلى 2م وأقل من ذلك .

2 - اختيار مواقع الطرقات الرئيسية:

إن استخدام الصور الفضائية والجوية لاختيار مواقع جديدة للطرق العامة والأوتوسترادات. والشوارع الرئيسية يمكن أن يتضمن ثلاثة مراحل متميزة وهي:

1 - المسح الاستطلاعي والاستكشافي الإقليمي.

2 - دراسات ما قبل الإنشاء واختيار الموقع.

3 - دراسة مفصلة للموقع الذي تم اختياره.

وجدير بالذكر بأن كل مرحلة من هذه المراحل تعزز الموقع المختار أكثر من المرحلة التي تسبقها. وتعتبر المهمة الأساسية في اختيار الموقع المناسب هي تكيف مسار الطريق وملائمته مع المعالم الأرضية للمنطقة، بشكل تكون فيه عمليات الإنشاء والتنفيذ أكثر اقتصادية.

تلعب المعالم الجغرافية الطبيعية - الفيزيوغرافية - دوراً في تحديد الموقع الجديد وتكاليف إنشاؤه وهي:

1 - انحدار الأراضي وعدم انتظامها.

2 - نوع التربة وسماكتها ورطوبتها.

3 - خصائص الشبكة المائية السائدة في المنطقة.

4 - المعالم الطبيعية المعرّقة للعمل، كالممرات الجبلية، وتحديد مواقع

الجسور والأنفاق.

5 - مواقع توافر المواد الأولية اللازمة لتنفيذ هذه المشاريع.

وفي هذا المجال تلعب الصور الجوية ذات المقاييس الكبيرة دوراً في تحديد كثير من هذه المظاهر وخاصة الطبوغرافية حيث يمكن استخدام صور جوية بمقياس 1/10.000 أو صور بمقياس 1/15.000 وخاصة أثناء الدراسات الاستطلاعية للمشروع.

أما في المراحل اللاحقة فيمكن استخدام صور ذات مقاييس كبيرة تتراوح بين 1/15000 و 1/2500 وهي المقاييس الأكثر شيوعاً في تنفيذ مثل هذه الدراسات. ومن ثم نقوم بدراسة تفصيلية للموقع المختار وهذا يتم في المرحلة الثالثة، والتي تتضمن تفسيراً أدق لشبكة المسيلات المائية والتربة وكل مايتعلق بالنواحي الجيولوجية، وتستخدم الصور ذات المقياس الكبير من أجل إعداد المخطط الطبوغرافي للطريق بحيث يغطي هذا المخطط شريطاً عرضه 0.1 - 1 كم تقريباً، على طول الطريق المقترح. ويتراوح مقياس الخرائط اللازمة في هذه المرحلة الهندسية من 1/500 وبفرق ارتفاع بين منحنيات التسوية (خطوط الكونتور) 0.5م إلى 1/500 وبفرق ارتفاع بين منحنيات التسوية 3م. ويمكن استخدام مثل هذه المخططات الطبوغرافية في رسم مسار الطريق المقترح ورسم كافة الأعمال الهندسية الإنشائية اللازمة. ومن خلال استعمال الصور الجوية والشريط الطبوغرافي ، يكون المهندس واثقاً من أن كافة المسارات المحتملة الأخرى قد تم أخذها بعين الاعتبار وأن المسار الأمثل قد جرى اختياره بدقة بعد إجراء المقارنة والتقييم الصحيح. وبهذا الشكل تكون الصور الجوية قد قدمت خدمات كبرى في هذا المجال واختصرت أعمال مسح أرضية مضيئة ومكلفة.

3 - إنشاء الجسور :

تمتاز جسور الطرق الرئيسية والسكك الحديدية بأشكال وتصاميم متنوعة كثيرة تختلف حسب الكلفة والنوع وكثافة المرور وحدود الحمولات وتوفر مواد البناء في المنطقة موقع إقامة هذه المنشآت، والارتفاع الأدنى الذي يسمح للمركبات والقطارات أو السفن بالعبور تحت هذه الجسور.

ففي المناطق الطبوغرافية الشديدة الانحدار، يشكل إنشاء الجسور الإنفاق الأعظمي من مجموع تكاليف شق طريق جديد أو إقامة خط من السكك الحديدية. وعندما يتم إنجاز هذه الجسور للاستثمار والتخديم فإن أي إصلاح أو توسيع لاحق يصبح مشكلة هندسية صعبة. ومن الجدير بالذكر أنه عند شق طريق أو إقامة خط للسكك الحديدية فإنه يتم أولاً إنشاء الجسور اللازمة. إن القصد من وراء هذا الإنشاء المبكر هو إتاحة الفرصة للورشات الفنية بمتابعة عملها وتأمين ممر مبدئي خاصة في المناطق المأهولة وتجنب ازدحام واختلاط المرور عند التقاطعات مع الطرق الأخرى. ومن خلال ما ذكر أعلاه تتضح أهمية اختيار الموقع المناسب لمسار الطريق ومواقع إنشاء الجسور والأعمال الهندسية الأخرى .

4 - خطوط الطاقة (الكهربائية) :

إن اختيار مسار خطوط الطاقة يخضع إلى مبدأ المسافة الأقصر التي تصل بين النقاط أكثر من خضوعه إلى درجة الانحدار الطبوغرافي. وتساعد تقنيات (RS) ونظام (GIS) نظام المعلومات الجغرافي، المهندسون في إيجاد الموقع المناسب لإقامة الأعمدة والأبراج وترتيبها على استقامة تؤمن المسار الأقصر.

وهنا يكون اهتمام المؤسسات والجهات المعنية بتنفيذ هذه المشاريع مُنصباً نحو تقليص التكاليف اللازمة لإنشاء هذه الخطوط ولشق الطرق الضرورية لصيانتها وفحصها. ففي المناطق التضاريسية الوعرة، يفضل غرس الأعمدة عبر الأودية، وتكون غالباً المناطق البارزة في الريليف غير مفضلة وذلك بسبب تعرضها لأخطار العواصف والعوامل الجوية الأخرى كالصواعق والبرق. فإذا كان المهندس المختص في هذا المجال ملماً بالصعوبات التي تواجه اختيار وإنشاء خطوط الشبكات الكهربائية فإنه سوف يجد أنه بالإمكان تحديد المسار المناسب باستخدام الصور الفضائية ذات المقياس الكبير ويفضل الصور ذات الرؤيا المجسمة (الستريوسكوبية) ، وهذا ما يتحقق بصور القمر الصناعي سبوت وأقمار أخرى، بالإضافة إلى قوة التمييز الأرضية العالية تصل إلى أقل من 10م / والاستعانة أيضاً بصور موزاييك الصور الجوية للمنطقة موضوع الدراسة والبحث. وعندما يتم اختيار هذا المسار يجري الاستطلاع أو التأكد الأرضي من صلاحيته. وقد برهنت التجربة العملية والممارسة أن الاستطلاع يكون أكثر مردوداً إذا بُذل مزيد من الوقت والجهد في أعمال التفسير والتحليل الستريوسكوبي لصور المنطقة.

إن الهدف الرئيسي من تحليل الصور الجوية والفضائية (معطيات RS) والاستطلاع الأرضي هو إيجاد موقع مناسب يجنب الأعمدة والأبراج أخطار الحت والتعرية والرياح العاتية والقوى الطبيعية الأخرى. ومن المفضل عدم وضع الأعمدة في المستنقعات والسبخات الملحية أو في الموقع التي تكون فيها التربة رطبة أو معرضة للانزلاقات الأرضية. وكافة أنواع الانهيار الكتلي، والتعرية النشطة، والبعيدة عن أماكن الكوارث الطبيعية الحديثة.

إن الموقع النموذجي لإقامة الأعمدة والأبراج هو الأراضي المستوية أو ذات الانحدارات اللطيفة والتي تكون فيها الطبقات الصخرية القاسية على عمق حوالي خمسة أمتار أو أقل من ذلك، وبحيث تكون التربة التي تغطي هذه الطبقات ذات تصريف مائي وثبات جيدين. وبغية العثور على مواقع تشييد الأبراج التي تحقق هذه الشروط، يجب أن يكون المحلل أو المفسر قادراً على تحديد أنواع المواد التي تغطي الأرض، وعليه أن يفتش باهتمام خاص عن مناطق المستقعات والفيضانات وتقاطع الأنهار والتكشفات الصخرية، وعن المناطق التي تقل فيها سماكة التربة عن ثلاثة أو خمسة أمتار، ويفضل أن لا تكون التربة عضوية أو متمعدنة، ولا بد من وصف ومسح هذه الظواهر بشيء من التفصيل، وفي المناطق المعرضة للأخطار الطبيعية يمكن اتخاذ الإجراءات والاحتياطات الواجب اتخاذها لحماية الخط. ففي المناطق الصحراوية تواجه الأعمدة والأبراج المقامة على التلال أو الكثبان الرملية خطر هبوب العواصف الرملية، لذا يجب اتخاذ الإجراءات المناسبة عند قاعدة هذه الأبراج التي تضمن بقاءها شامخة.

5 - مد الأنابيب :

إن المسائل التي يجب معالجتها عند تحديد المسار الأمثل لخطوط الأنابيب، تختلف عن تلك المسائل التي تواجهها المنشآت الهندسية الأخرى. بحيث توضع الأنابيب تحت سطح الأرض بغض النظر عن درجة الانحدار الطبوغرافي، وغالباً ما يقع المهندسون أثناء تنفيذ مشاريع خطوط الأنابيب بكثير من الأخطاء، سببها السرعة في الاستطلاع والتحقق الأرضي، ونادراً ما يطلب هؤلاء المهندسون القيام بالتصوير الجوي لمنطقة مد الأنابيب، ويتم الاستطلاع في بعض الحالات بالرصد المباشر باستخدام طائرات منخفضة الارتفاع. إلا أن

هذه الطريقة لا تقدم المعلومات التفصيلية اللازمة لتحديد المسار المناسب، ومن أجل تنفيذ أعمال الاستكشاف يفضل استخدام موزاييك لصور جوية متوفرة عن منطقة الدراسة، وبالاعتماد على خبرة ومهارة المفسر أو المحلل وعلى طبيعة منطقة المشروع، يقدم الفوتوموزاييك معلومات دقيقة ومقبولة. أما في حالة مد الأنابيب عبر مناطق شاسعة فإن الصور الفضائية ذات الرؤيا الشمولية الواسعة (تغطية مساحة أرضية واسعة) والمقاييس الصغيرة المأخوذة بواسطة التتابع الصناعية الأرضية (لاندسات - سبوت وأخرى) تكون مفيدة جداً في اختيار المسار الأمثل.

إن العامل الرئيسي الذي يجب أخذه بعين الاعتبار عند مد الأنابيب هو الانتباه إلى التكتشفات الصخرية القاسية، التي قد تعترض مسار الأنابيب وتحديد مواقع هذه التكتشفات من خلال تفسير الصور الجوية. في هذه الحالة يؤدي حفر مثل هذه الصخور إلى ارتفاع تكاليف المشروع، كما يسبب أحياناً أخرى تأخراً غير مقبول في مدة تنفيذه.

يقدم مفسر الصور أيضاً معلومات مفيدة حول أنواع التربة والمستويات المائية التي قد تعترض أعمال الحفر أو تهاجم الأنابيب، وكذلك وجود المواد العضوية أو الأملاح القلوية والمواد البيتومينية التي تحتوي على نسب ذات أهمية من الكبريت.

ففي البدايات الأولى لأعمال مد الأنابيب، كانت الأنابيب تغلف أو تظلى بغية حمايتها من التآكل، ولقد تبين نتيجة الاختبارات والتجارب أن طرق الحماية هذه ليست فعالة تماماً، إذ أن الأنابيب الموجودة ضمن نوع معين من التربة قد تحافظ على جودتها فترة تزيد عن العشرين مرة إذا وجدت هذه الأنابيب ضمن نوع آخر من التربة، وهناك أيضاً عدة طرق للحماية، تخفف من تآكل الأنابيب

الناتج عن نوع التربة، إلا أن هذه الطرق لا تقضي نهائياً على مشكلة التآكل ، ولذلك كان من الضروري اختيار النوع الملائم من التربة التي تؤثر بشكل ضعيف على الأنابيب مما يطيل بقائها سالمة.

وبحسب مفسر الصور إلى خبرة جيدة ومهارة فائقة في تمييز أنواع الترب المناسبة لمد خطوط الأنابيب. وبشكل عام على مفسر الصور أن يقوم بتحديد نوعية الأراضي التالية:

- 1 - مناطق التربة السميكة (غطاء التربة المغطي للصخور الأم)
 - 2 - مناطق الحت الريحي أو المائي التي قد تهاجم الأنابيب.
 - 3 - مناطق تقاطع الأنهار وشبكات التصريف المائية المتعلقة بالأنهار.
 - 4 - مناطق التربة العضوية أو المناطق الرطبة والمستنقعات.
 - 5 - منحدرات المواد اللحيقة المعرضة للانزلاقات والانزلاقات
 - 6 - مناطق التربة المؤلفة من المواد المنقولة والرمال الشاطئية.
 - 7 - المناطق صعبة الوصول إليها والتي تحول دون سير الآليات والتجهيزات اللازمة للإنشاء والصيانة.
 - 8 - المناطق الطبوغرافية ذات الانحدارات الشديدة.
 - 9 - مناطق التربة التي قد تصبح غير سالكة لمرور الآليات خلال وبعد فصل الأمطار.
 - 10 - مناطق توفر المواد اللازمة للبناء والصخور التجمعية.
- كما يجب على المفسر أن يقوم بتصنيف المواد الموجودة على سطح الأرض وبالقرب من السطح وذلك لاختيار الآليات والتجهيزات التي سوف يحتاجها العمل لحفر الخنادق.

6 - إقامة الخطوط الحديدية :

تفيد الصور الفضائية والجوية أيضاً في تحديد المسار المناسب لإقامة السكك الحديدية. إن التقنيات المستخدمة لاختيار مواقع الطرق الرئيسية والجسور والمنشآت الكهربائية والتي تبدأ بالمسح الاستطلاعي وتنتهي بتحديد الموقع المناسب على الأرض يصلح تطبيقها لتحديد المسار الأمثل لخطوط السكك الحديدية مع وجود بعض الاختلافات التي تتعلق بطبيعة هذا العمل الهندسي، حيث يتطلب مد الخطوط الحديدية بشكل رئيسي البحث عن مناطق قليلة الانحناء أو الانعطاف وضعيفة الميل أو الانحدار، إلى جانب توفير المعلومات الأساسية حول استعمالات الأراضي ومصادر مواد البناء وتضاريس سطح الأرض، ونمط شبكة التصريف المائية السائدة في المنطقة، وتقييم الكوارث الطبيعية الحديثة التي تعرضت لها المنطقة كالألزال والبراكين والفيضانات وغيرها.

7 - تخطيط المدن:

يعرف مصطلح تخطيط المدن على أنه ترتيب المنشآت العمرانية لمدينة ما بشكل يلبي الحاجات الاقتصادية والاجتماعية المتغيرة ويكفل التوسع العمراني المستقبلي في خطط التنمية الصناعية.

وعلى الرغم من أن الجهات والإدارات المعنية في المدن قد اعتمدت ولفترة طويلة الخرائط ذات المقياس الكبير (خرائط طبوغرافية ومساحية) في تنفيذ مشاريع البناء والإسكان، إلا أن استخدام تقنيات تفسير معطيات (RS) ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) وإيجاد نظام تكاملي بينهما يعطي نتائج جيدة ودقيقة في هذا المجال. فيجب استخدام صور ذات مقياس مناسب لهذه الغاية. حيث تؤمن الصور المجسمة (الستريوسكوبية) رؤيا منظورية للمدينة وما يحيط بها، وهذا ما يؤمن التحليل الأفضل للقضايا الاقتصادية، والاجتماعية، ومعرفة

التوزع الأمثل للمناطق السكنية وتأمين متطلبات الصناعة والخدمات العامة. وقد أثبتت الصور الفضائية المأخوذة بالقمر الصناعي الروسي (SPIN - 2) جدارة وفاعلية كبيرة في هذا المجال حيث تتمتع بقوة تمييز أرضية عالية 10×10 م وفي صور أخرى تسمى الليغو (Lego) فهذه الأخيرة تتمتع بقوة تمييز أرضية عالية 0.5×0.5 م. وهي تستخدم بكثرة في هذا المجال.

8 - أنواع المرئيات المستخدمة في التحليل والتفسير لإقامة المشاريع الهندسية المنوه عنها أعلاه :

من أجل المشاركة الفعالة في الأبحاث والدراسات الهامة التي تساهم في فهم وحل المشاكل المعقدة للمشاريع الهندسية، يجب تقييم أهمية الحاجة إلى تطبيق (RS) و (GIS) وفي حالات خاصة نظام (GPS). كذلك يجب تعيين مستوى الارتفاع المطلوب للحصول على هذه الصور وتحديد نوعيتها أيضاً وذلك بما يتلائم مع غايات الدراسة وأهدافها. فقد تقتصر بعض الدراسات تارة على تفسير الصور المأخوذة من فوق أسطح المباني (في حال المشاريع الصغيرة) وتارة أخرى على تفسير الصور المأخوذة بواسطة آلات التصوير المحمولة على متن الطائرات وعلى ارتفاعات مختلفة، ومرة أخرى، على تحليل الصور الفضائية التي يتم الحصول عليها من الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية. كذلك فقد تفي الصور النظامية - الأبيض - والأسود بالغرض المطلوب، وذلك حسب نوع المشروع الهندسي المراد إقامته، وأحياناً يستوجب الأمر ضرورة تأمين الصور الملونة أو صور تحت الحمراء أو الحرارية أو الرادارية أو صور الليغو (Lego) ذات قوة التمييز العالية أثناء تخطيط المدن ومشاريع أخرى.

1 - الصور النظامية (الأبيض - والأسود) :

استخدمت الصور الجوية العادية - الأبيض والأسود (وهي تغطي المجال الطيفي المرئي من $0.4 - 0.7$ ميكرومتر) لفترة طويلة ولا تزال تستخدم حالياً في التفسير نظراً للفائدة التي تقدمها هذه الصور بالإضافة إلى سرعة الحصول عليها وقلة تكاليفها وبساطة تقنيات وأجهزة تحليلها وتفسيرها.

يمكن توفير نوعيات جيدة من هذه الصور وذلك باستخدام المرشحات المختلفة وعلى الأخص مرشح طرح اللون الأزرق، ويقتصر الحصول عليها خلال فترة ضوء النهار، وتعتبر الظروف الجوية، كظهور الغيوم والضباب والسديم ، من أهم المشاكل التي تواجه هذا النوع من الصور، خاصة وأن انتشار السديم في أجواء المدن والمناطق المأهولة يكون أعظمياً بسبب وجود الملوثات الغازية والسائلة وغيرها.

2 - صور الألوان الطبيعية :

تغطي صور الألوان الطبيعية المجال المرئي أيضاً من $0.4 - 0.7$ ميكرومتر، وتفيد هذه الصور كثيراً في دراسة المدن والمناطق العمرانية وذلك بسبب التباين الناتج عن تعدد الألوان الذي يمتاز به هذه الصور. وبالمقارنة مع صور الأبيض - الأسود تعتبر أيضاً الظروف الجوية عائقاً يعترض الحصول على نوعيات جيدة من الصور الملونة. يكون الارتفاع (ارتفاع التصوير) ونوع الفيلم والمرشحات المستخدمة، من العوامل الهامة التي تزيد أو تقلل من تأثير هذه الظروف.

3 - صور تحت الحمراء الملونة :

تغطي صور تحت الحمراء الملونة المجال الطيفي من (0.5 - 0.9 ميكرومتر)، ولا يوجد أدنى شك حول فائدة صور تحت الحمراء الملونة في مجال الدراسات المتعلقة بتخطيط المدن ومناطق التجمع السكاني. لقد ساعد التطور الحديث في صنع المرشحات والأفلام الحساسة وتقنيات الإظهار كثيراً في الحصول على نوعيات جيدة من صور تحت الحمراء الملونة والتخلص من تأثيرات السديم. ويحتاج إظهار هذه الصور أجهزة ومخابر خاصة مما قد يجعل توفيرها أمراً مكلفاً بالمقارنة مع صور الأبيض - الأسود النظامية.

4 - صور تحت الحمراء الحرارية :

تغطي صور تحت الحمراء الحرارية المجال الطيفي من (8 - 14 ميكرومتر) وتستعمل هذه الصور بشكل واسع في دراسة تلوث البيئة وكشف مصادر الطاقة أو تسربها، ومجال استخدامها في تخطيط المدن لا يزال محدوداً.

يمكن الحصول على الصور الحرارية في الليل والنهار، وتعتبر الغيوم عائقاً في توفير صور حرارية ذات نوعية جيدة وتسبب صعوبة أثناء التفسير. كما أن الحصول على هذه الصور مرتفع التكاليف نسبياً بسبب تعقيد المستشعرات الحرارية المحمولة على متن الطائرات أو السوائل، وغلائها وصعوبة صيانتها مقارنة مع مستشعرات المجال الطيفي المرئي.

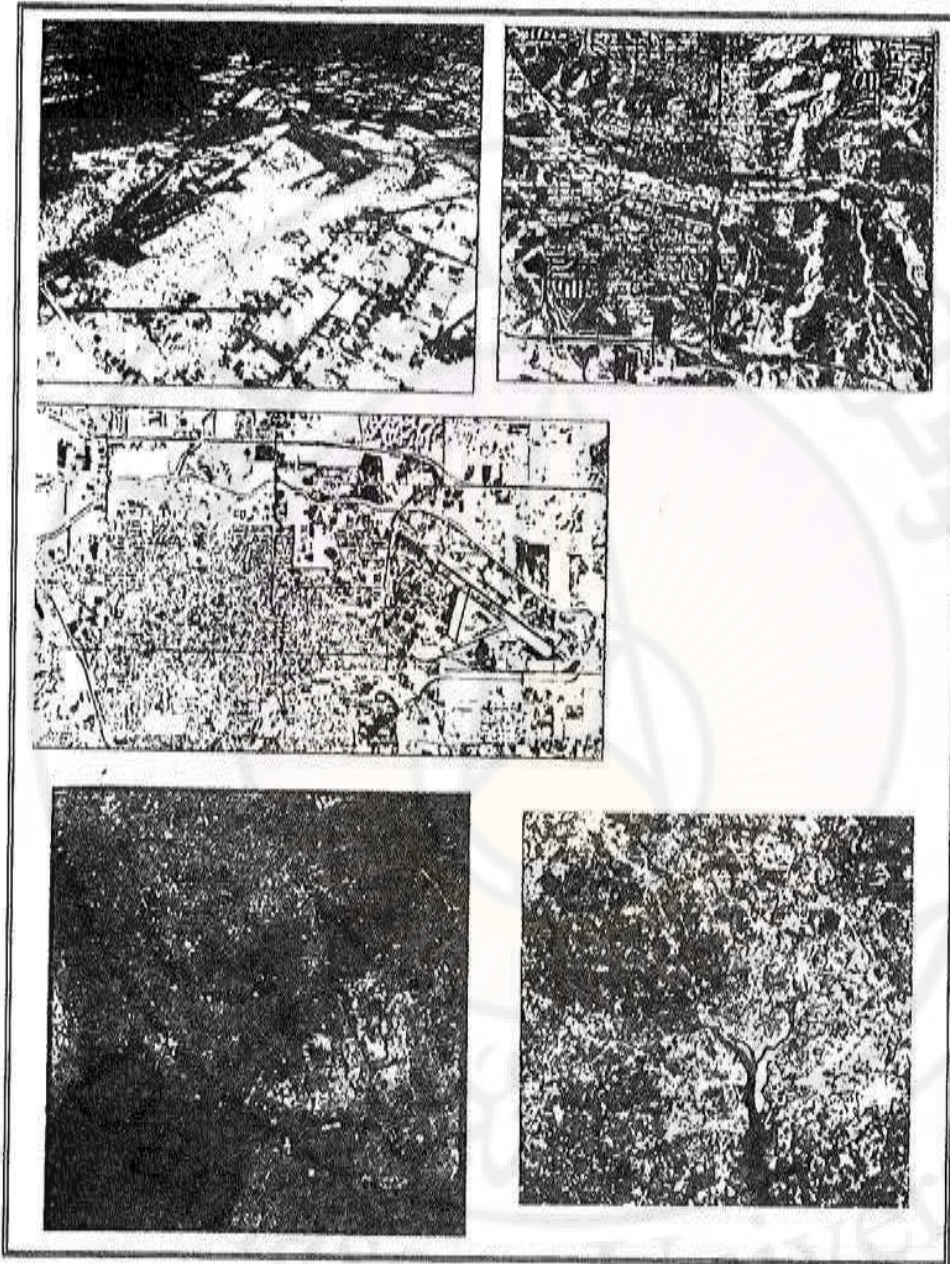
5 - الصور الرادارية : Radar Images :

تغطي الصور الرادارية المجال الطيفي الميكروي من (0.8 سم - 30 سم) وتعتبر هذه الصور مفيدة وناجحة في الدراسات الخاصة بالمدن والمناطق السكنية، وذلك بسبب إمكانية الحصول عليها ليلاً ونهاراً وفي

كافة الظروف والأحوال الجوية، إلا أن ارتفاع تكاليف الحصول عليها وقلة توفرها يجعل الاستفادة منها في هذه الدراسات محدودة.

تتعلق قوة التمييز الأرضية في الصور الجوية بمختلف أنواعها بارتفاع التصوير أو بالمقياس، حيث تتراوح قوة التمييز الأرضية فيها بين عدة سنتيمترات وحتى بضع عشرات من الأمتار، في حين تبلغ قوة التمييز الأرضية المأخوذة بواسطة القمر الصناعي لاندسات 3,2,1 من 79م إلى 80م وفي لاندسات 6,5,4 تبلغ قوة التمييز الأرضية 30 متراً. وفي القمر الصناعي سبوت من 10 - 30 متراً وفي صور القمر الصناعي الروسي 2 - SPIN 10م وفي نوع آخر من هذه الصور 0.5 متر. مما يتيح آفاقاً جديدة للاستفادة من الصور الفضائية والجوية ذات قوة التمييز العالية في دراسات المشاريع الهندسية المختلفة.

تؤكد الأمثلة الواردة في هذا البحث أهمية تفسير معطيات (RS) ومعطيات (GIS) و (GPS) في مختلف مراحل إنجاز المشاريع الهندسية وتشجع على نقل وتطبيق التكنولوجيا العلمية الحديثة لضمان صحة التخطيط وسلامة التنفيذ لكافة المشاريع الهندسية المراد تنفيذها.



الشكل 6-18 نماذج من الصور الفضائية المستخدمة في الدراسات التي تساهم في حل المشاكل المعقدة للمشاريع الهندسية

6-4- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في التنقيب عن النفط والغاز:

لقد اعتمدت الأعمال الأولية للتنقيب عن النفط والغاز على الطرق التقليدية وهي المسوحات الإقليمية والاستطلاعية الواسعة، وعلى الطرق الجيوفيزيائية الاهتزازية، والتي كانت تستغرق زمناً طويلاً وتكلفة مالية باهظة، وقبل توفر المعلومات المستقاة من تحليل وتفسير الصور الفضائية التي تم الحصول عليها باستخدام كافة تقنيات التصوير الفضائي، استخدم الباحثون ومنقبو النفط والغاز الصور الجوية لتحقيق هذه الغاية غير أن الصور الجوية لم تكن متوفرة في أي بلد من بلدان العالم نظراً لوجود بعض العوامل نذكر منها :

1 - بعض الصعوبات لأجراء مسح جوي تصويري في بعض البلدان منها : عدم توفر التقنيات اللازمة لإجراء مثل هذا النوع من المسوحات.

2 - التكاليف المالية الباهظة للمسح الجوي التصويري.

3 - طول الفترة الزمنية لإنجاز المسوحات التي تغطي مساحات كبيرة من الأرض.

بالإضافة إلى هذه الصعوبات والمعوقات فإن الشركات المنقبة عن النفط وجدت أيضاً صعوبات جمة في معالجة وتفسير معلومات الصور الجوية واستخدامها في برامج الاستطلاع والتنقيب، حيث أنه يلزم عشرات الآلاف من الصور الجوية لتغطية الرقعات الأرضية التي تجري ضمنها أعمال التنقيب عن النفط والغاز الذي يستغرق أشهراً عدة.

إن نفس المنطقة الإقليمية الواسعة التي تجري ضمنها أعمال التنقيب يمكن تغطيتها بعدد قليل من الصور الفضائية والتي يستغرق تفسيرها وتحليلها فترة زمنية قصيرة قد لا تتجاوز الأسابيع. حيث أن الصورة الفضائية من نوع

MSS . (متعدد الأطياف) مثلاً تغطي مساحة من الأرض قدرها 34000 كم، بمقياس مليون/1 وهذا ما يعادل 1600 صورة جوية بمقياس 1:20000 لتغطية نفس المنطقة. ومن تفسير الصور الفضائية يمكن تحديد الأحواض الرسوبية والاتجاهات البنيوية الإقليمية والبنيات التكتونية المحلية وكذلك تقديم المعلومات القيمة حول الوضعية الطبوغرافية والباليوغرافية باستخدام التقنيات التي تتطور مع مرور الزمن بشكل سريع .

وبعد الانتهاء من دراسة وتفسير وتحليل الصور الفضائية التي حددت من خلالها المناطق المأمولة نفطياً وغازياً فإن الخطوات المتبعة عادة لدى العديد من شركات التنقيب عن النفط والغاز للحصول على دراسات أكثر تفصيلاً حول المناطق المأمولة تتلخص كما يلي:

- 1 - مقارنة نتائج تحليل الصور الفضائية مع الخرائط الجيولوجية والبنيوية والمورفولوجية المتوفرة عن المنطقة المدروسة والإطلاع على الدراسات والنشرات السابقة والمتعلقة بالمناطق المأمولة.
- 2 - دراسة الصور الرادارية والجوية لأكبر مقياس ممكن للحصول على معلومات تفصيلية لكل منطقة أمل على حدة .
- 3 - توجيه فرق حقلية للتنقيب في مناطق الأمل المحددة ودراستها عن كثب وعلى الطبيعة مباشرة ويتضمن ذلك إجراء مسوحات محلية بمقاييس كبيرة للحصول على معلومات أكثر تفصيلاً ، مع إجراء دراسات مخبرية حقلية (صخور ، مستحاثات)
- 4 - تنفيذ مسح جيوفيزيائي مغناطيسي ، حيث تساعد معلومات الصور الفضائية في توجيه خطوط الطيران في الإتجاه الأمثل لتقييم وتحديد الاتجاهات التكتونية الإقليمية.

- 5 - يتم بعد ذلك مقارنة نتائج الدراسات التي نفذت في الفقرات 1-2-3-4 حيث يتم حصر مناطق الأمل من الدرجة الأولى والثانية ويمكن إجراء مسوحات ثقلية (جاذبية) جوية إذا لزم الأمر بعد الانتهاء من تفسير الخرائط المغناطيسية.
- 6 - إجراء مسح جيوفيزيائي اهتزازي (سيسمي) في مناطق الأمل من الدرجة الأولى ويتم ذلك بعد تدقيق كافة المعلومات السابقة بشكل متكامل، حيث أن أعمال هذا المسح باهظة التكاليف.
- 7 - بعد استكمال كافة الأعمال المذكورة في الفقرات من 1-6 يتم التحديد النهائي لمناطق تنفيذ الحفر الاختباري يلي ذلك الاستكشافي ...الخ.
- من هنا نلاحظ أن حلقة الوصل في أعمال التنقيب عن النفط والغاز هي معلومات الصور الفضائية ذات الرؤيا الواسعة والشمولية.
- وهنا لابد من ذكر بعض الطرق المورفولوجية ومالها من أهمية في تحديد كثير من البنيات وخاصة بعد الحصول على صور فضائية مجسمة (ستريوسكوبية) من عدد كبير من الأقمار الصناعية مثل: سبوت (SPOT) و (SPIN - 2) وأقمار أخرى ولابد من تنفيذ مثل هذه الدراسات اتباع الخطوات التي تم ذكرها أعلاه بالإضافة إلى الطرق التالية:
- 1 - الطرق البنيوية الجيومورفولوجية.
 - 2 - الطرق الباليوجيومورفولوجية.
 - 3 - الخرائط البنيوية الجيومورفولوجية.
- لقد تم اكتشاف آبار نفطية كثيرة في العالم (سنورد أمثلة عنها) بسبب مظهرها الطبوغرافي، وكذلك الحال في بنيات القباب الملحية، حيث تظهر بوضوح على الصور الجوية والفضائية وذلك على شكل شواذات لونية مختلفة

عما يحيط بها من المعالم أرضية وتظهر على شكل بنيات حلقيه أو أشكال شبه دائرية وبيضوية وقوسيه، وإذا تم تفسير هذا البنيات والشواذات اللونية على الصور الفضائية أو الجوية تحتاج إلى دراسات وتدقيق حقل للتأكد من أصلها ومنشأها وعلاقتها البنيوية والجيولوجية ومن ثم إلى دراسات أكثر تفصيلاً (دراسات جيوفيزيائية) .

فمن المتوقع أن يكون المرتفع الطبوغرافي المفسر على الصور عبارة عن مرتفع تكتوني (محدب) ويعد هذا الأمر مبدأ جيداً، إلا أن هناك احتمال لحدوث انعكاس (انقلاب) طبوغرافي. ويمكن الاعتماد على تباين ألوان البنيات والمعالم الأرضية الأخرى في رسم معالم الطيات المحدبة والبنيات القبية، في مناطق الغابات المدارية الكثيفة، حيث تحول الغابة دون رؤية الطبوغرافيا بشكل جيد.

لقد تم كشف العديد من الطيات والبنيات القبية المتميزة بمظهر طبوغرافي بارز. ولابد للجيولوجيين أن يجدوا دليلاً يلقي ضوءاً على تجمع النفط بصورة أكثر دقة مما تلقى البنيات الجيولوجية، وتشمل إحدى هذه الطرق:

1 - تحليل نظام التصريف السطحي، تحليلاً تفصيلياً من تفسير الصور الجوية والفضائية ذات قوة التمييز الأرضية الكافية والتغطية الكبيرة وهذا ما توفره كثير من الصور الفضائية مثل صور لاندسات وسبوت. ويشمل ذلك فحصاً تفصيلياً لأنظمة التصريف ونسيجه وأنظمة الأنهار، فضلاً عن البحث عن شذوذ أنظمة التصريف أو الانحرافات المحلية في التصريف العادي،. فقد تعكس هذه الانحرافات (تغير الاتجاه في شبكات التصريف) في أنظمة التصريف تأثير تحكم بنية محلية.

كما أن تحليل نظام التصريف له قيمة ولاسيما في المناطق التي تميل فيها طبقات الصخر ميلاً لطيفاً وتكون التضاريس الطبوغرافية طفيفة. ويكون التصريف المتوقع في منطقة رسوبية شجرياً إلى حد ما، ويشكل الابتعاد عن هذا النظام عادة شذوذاً في التصريف قد يدل على بنية إقليمية ويؤخذ وجود أنظمة شاذة كمؤشر على تغيرات صخرية محلية، ومنها التصريف الحلقي والتصريف المركزي كما هو الحال في طيات المحدثات الفالقية، والتصريف الشعاعي العكسي والتصريف المنحرف والترتيب المركزي للروافد الصغيرة. ولا يمكن اعتبار أي شذوذ ورد ذكره أعلاه في أنظمة التصريف دليلاً إيجابياً على تأثير البنيات المحلية ولكن أي منها قد يثير شكاً في وجود انحراف محلي عن البنية الإقليمية. وبالتالي فهذا يتطلب دراسة ميدانية مفصلة، يمكن على ضوءها تأكيد وجود بنية محلية أو انعدامها. ويبين الشكل أنظمة التصريف حول أربعة بنيات معروفة في حوض نهر باو در في وايومنك يتضح وجودها على الأكثر من تكيف التصريف مع البنية. الشكل (6-19).

2 - طريقة التحليل البنيوي الجيومورفولوجي:

إن التحليل البنيوي الجيومورفولوجي يظهر بعض البنيات، حيث يعتمد على مبدأ تعاقب البنيات القديمة مع الأكثر قدماً، واتصال هذه البنيات ونشاطها مع البنية الجيولوجية. ويوضح الشكل (6-20) هذه العلاقة النماذج الأساسية للبنيات المورفولوجية الانتيكلينالية المحلية.

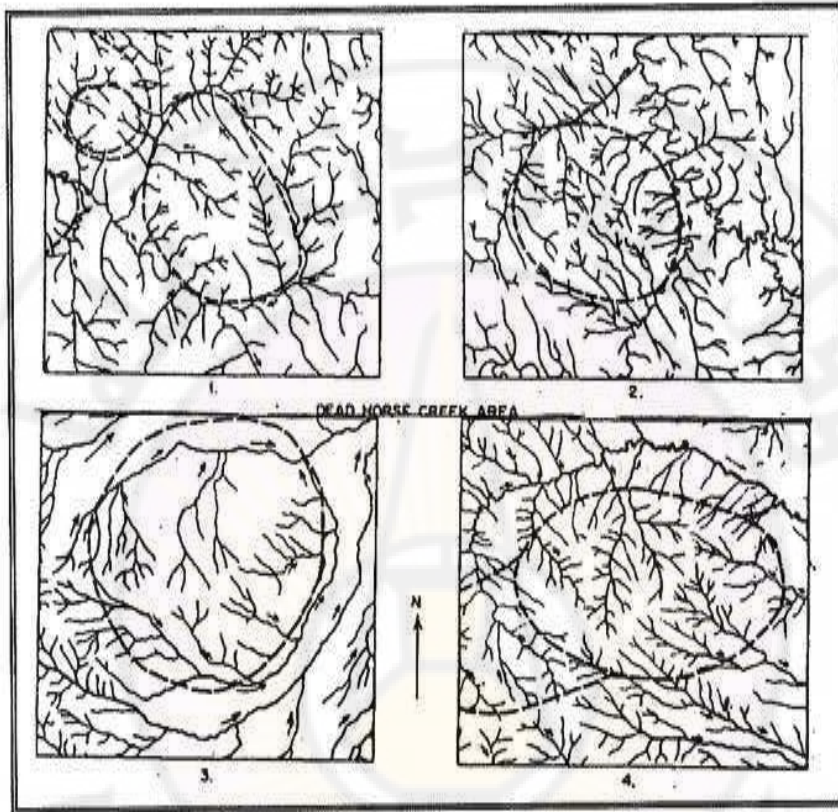
وبالإضافة إلى التحليل البنيوي الجيومورفولوجي نلاحظ أن بعض البنيات التي تأثرت بعمليات الحت المختلفة، والتي أزلت كمية كبيرة من الرسوبيات المغطاة للبنية، وهذا يؤثر ويشوه الشكل الخارجي لهذه البنية.

ويوضح الشكل (6-21) نموذج القبة (البنية) وذلك بسبب عمليات الحث والتعرية لبنية انتيكلينالية.

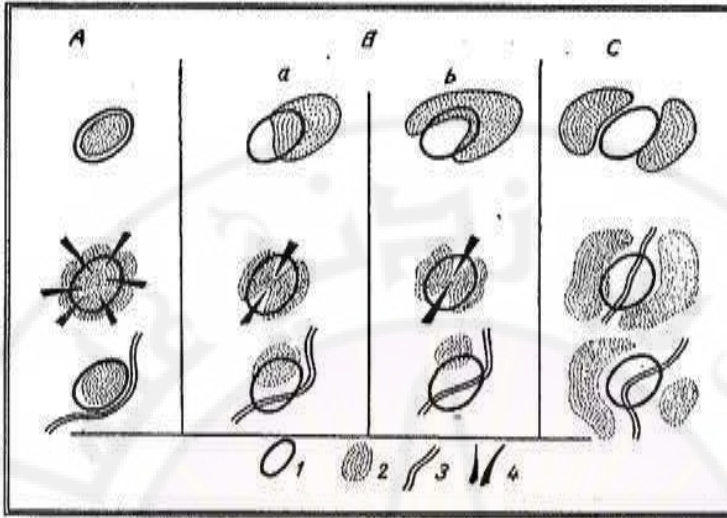
3 - بعض الأمثلة عن تطبيقات الاستشعار عن بعد في الكشف عن النفط والغاز في العالم:

1 - في كينيا :

لقد استكملت الشركات العاملة للتنقيب عن النفط والغاز في كينيا أعمال التصوير الجوي والدراسة الحقلية لتحديد مناطق الأمل النفطية وذلك في عام 1972، وعند توفر صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات (1) من نوع MSS (متعدد الأطياف) بالإضافة إلى (R B V)، الحزمة المرتدة عام 1973، قامت الشركات المعنية بإجراء موزاييك للصور الفضائية (مجموعة من الصور الفضائية المتجاورة توضع جميعها على مخطط واحد) يغطي كامل كينيا شكل (6-22) والذي تم تفسيره وتحليله. أظهرت نتائج هذا التفسير والتحليل بأن نماذج شبكات التصريف المائية في المنطقة المدروسة هي المرجع الرئيسي للدراسات الجيولوجية اللاحقة.

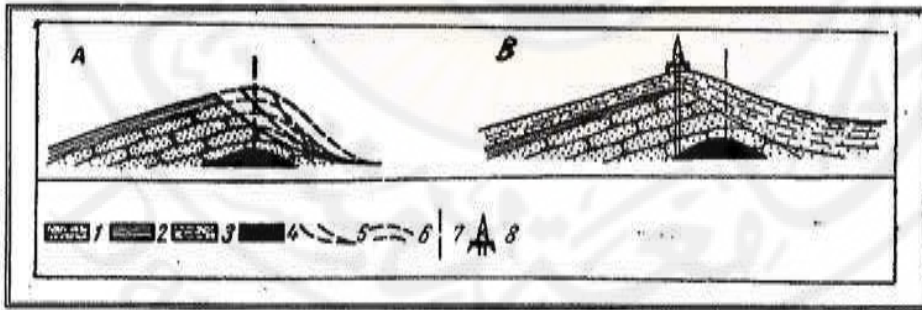


الشكل 6 - 19 خرائط تصريف المياه تظهر شذوذاً في التصريف يعكس أثر بنية صخر الأساس المحلي .



الشكل 6 - 20 النماذج الأساسية للبنيات المورفولوجية والانتيكлинаية المحلية.

- A : بنية مورفولوجية مباشرة (بيضوية)
 B : بنية مورفولوجية من نموذج انتقالي . a - قريبة من البنية المباشرة
 b - قريبة من الدائرية
 C - بنيات مورفولوجية مستديرة تقريباً (دائرية)
 1 - محيط البنية (تحت السطح) 3 - أنهار
 2 - القطاع الناهض من الريليف (على السطح) 4 - أودية



- الشكل 6 - 21 شكل يمثل نموذج انزياح القبة (البنية) وذلك بسبب التعرية والحت لبنية
 الانتيكлинаية . A - الجراف السفح (الجناح) المائل للبنية الانتيكлинаية بسبب الحت والتعرية .
 B - شكل الطية المغطاة بالتوضعات والمغطاة للبنية الانتيكлинаية .
 1 - 2 - 3 : طبقات وتوضعات رسوبية مختلفة في الصفات الفيزيائية
 4 - طابق النفط . 5 - بروفيل الأودية المائية . 6 - وضع البنية القبلية المجروفة .
 7 - محور البنية . 8 - بئر محفورة وفق محور البنية

لقد أفادت معطيات الصور الفضائية بالكثير من المعلومات الجيولوجية التي لم تظهر خلال الدراسات التي تمت قبل استخدام الصور الفضائية فقد تم تحديد المظاهر الخطية الأرضية (لينيامنت Lineaments) التي تتواجد خلال كامل مساحة كينيا. وهذا واضح على المخطط المحلل المرفق شكل (23-6) والتي تم التأكد منها بعد إجراء المسح الجوي المغناطيسي، ويبين الشكل (24-6).

أ - صورة فضائية - قناة - 5 - يتضح عليها فالق (Lagh Bogal) والمحور على الخارطة التفسيرية شكل (25-6) ذو الاتجاه شمال - غرب .
إن الفالق المذكور لم يكن ظاهراً على الخرائط الجيولوجية السابقة حيث يشير إلى حدود الحوض الرسوبي الذي أكدته المسوحات الجيوفيزيائية المغناطيسية والجاذبية اللاحقة .

2- في جمهورية مصر العربية :

يبين الشكل (A-26-6) موزاييك الصور الفضائية التي تغطي الجزء الشرقي من القطر المصري محدد عليه إحدى رقع التنقيب التي مساحتها حوالي 4.600 كم² والتي تمتد من البحيرات المرة الكبرى في الشمال الشرقي إلى فرع دمياط المتفرع من نهر النيل في الشمال الغربي من موزاييك الصور الفضائية والذي يشكل مع فرع الرشيد دلتا ذات المناطق الزراعية الكثيفة .

ومن خلال التدقيق في الصور الفضائية عن منطقة الدراسة تبدو المنطقة مغطاة بصخور كلسية تعود للأوسين تحوي الكثير من المظاهر الخطية الأرضية (لينيامنت) الشكل (B-26-6) وهذا المخطط ناتج عن تحليل وتفسير موزاييك الصور الفضائية .

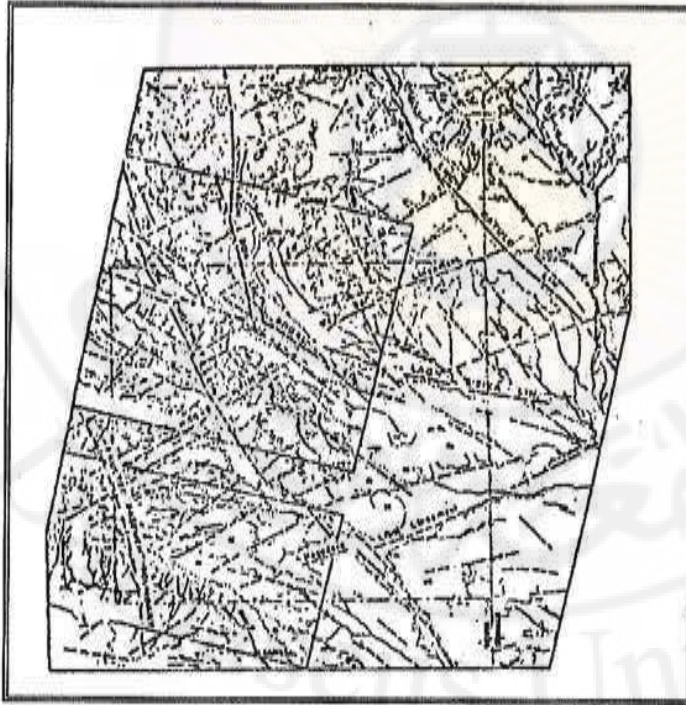
لقد بينت معطيات الصور الفضائية وضعيات تكتونية تفصيلية لم تكن ظاهرة على الخرائط الجيولوجية السابقة مما ساعد في أعمال التنقيب في المنطقة المذكورة ، حيث تطابقت نتائج المسوحات الجوية المغناطيسية والجاذبية مع نتائج تفسير الصور الفضائية في تحديد المعالم التكتونية التي أشارت إلى مواقع

مأمولة للتنقيب عن النفط كالمصائد الفالقية الواضحة في الجزء الشرقي من رقعة التنقيب.

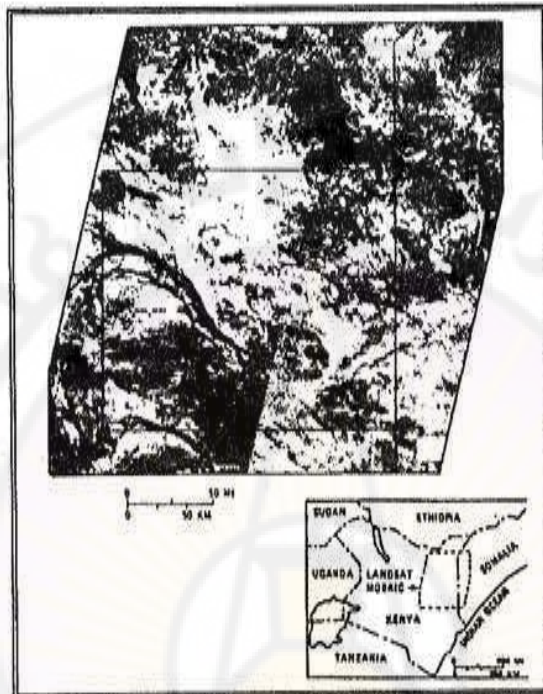
وهناك أمثلة عالمية عن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ودورها في الكشف عن حقول النفط والغاز في العالم وسنورد دور هذه التقنية في الدراسات النفطية في الجمهورية العربية السورية وذلك في فصل الدراسات الفضائية في سورية .

5-6 - تفسير المرئيات بهدف البحث و التنبؤ عن المواد المفيدة :

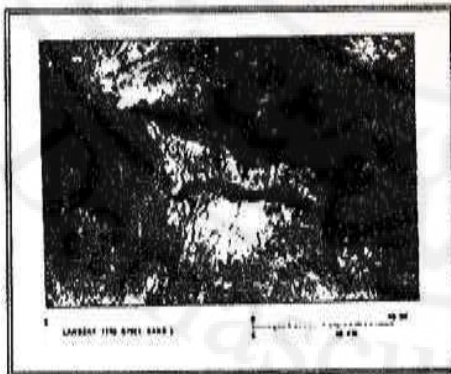
يعتمد استخدام الصور الفضائية في الوقت الحالي بهدف البحث والتنقيب عن المواد المفيدة على إمكانية إظهار وتحديد البنيات التكتونية على الصور الفضائية أو تحديد الأجسام الجيولوجية المتحركة بطبيعة توزع وانتشار أماكن التمددات . فعلى سبيل المثال من



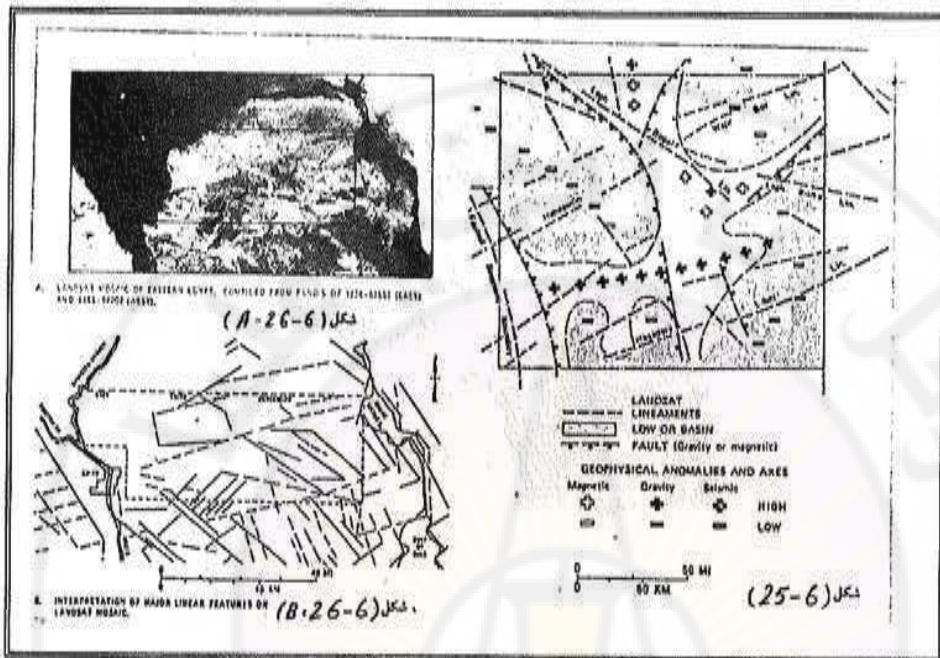
شكل (6 - 23)



الشكل (6 - 22)



الشكل (6 - 24 - A - B)



المعروف أنه على أساس التحليل والمعاملة الإحصائية لكافة المعلومات المرجعية، أن حوالي 50% من أماكن التوضعات المعدنية تقع على نقاط تقاطع الفوالق والشقوق الضخمة والنسبة العظمى من هذه التمعينات مرتبطة مع التشكيلات المغمائية، وفي السنوات القليلة الماضية تم اثبات ارتباط تمعدنات خاصة مع البنيات الحلقية الضخمة. أما في ما يتعلق بالبحث والتنبؤ عن النفط والغاز فهناك مؤشرات خاصة تدل على وجوده وهذه المؤشرات هي بنيوية بحتة منها تواجد نهوض ضخمة معقد بأشكال إيجابية محلية (محدب) ومحدد بمجموعة من الفوالق والشقوق.

— كل هذه المعلومات الجيولوجية تلعب دوراً في تحديد وانتشار قسم كبير من المواد المفيدة الموجودة في القشرة الأرضية . وهي تشاهد وتفسر بشكل جيد

على الصور الفضائية وعلى أساس كل هذه المعايير والدلائل يمكن أن نحصل على معلومات كافية. لتحديد وتوجيه أماكن التنقيب عن المواد المفيدة .

وعند دراسة إمكانية التعرف على مكامن المواد المفيدة عن طريق الصور الفضائية تم استخدام مواسح من الفضاء ومن الطائرات أظهرت هذه المواسح نطاقات تركز التمعينات الحامضية في ولاية (أريزونا الأمريكية) ولقد تمت عملية المسح باستخدام فيلم ملون خاص سمح بكشف وتحديد حدود هذه النطاقات المتمعدنة وذلك عن طريق تفسير وتحليل طبيعة لونها.

يعتمد تفسير الصور الفضائية (المرئيات) من أجل التنبؤ على مكامن المواد المفيدة بالدرجة الأولى على تحليل منشأ التمعدن وذلك بهدف إظهار قوانين تشكل مكامن المواد المفيدة. وباستخدام الصور الفضائية يمكن دراسة وتحديد هذه القوانين وذلك ضمن إطارين:

الأول إقليمي والثاني محلي. فيما يتعلق بالبحث الإقليمي فهو يهدف إلى تحديد الخصائص التمعدينية المنشأ وأماكن انتشارها العام على مساحات واسعة من الأرض وتحديد النطاقات الضخمة وبعض الأقاليم فيها . أما فيما يتعلق بالبحث المحلي عن مثل هذه التمعينات فيجب معرفة السبب المؤدي إلى انتشار وتمركز مثل هذه الظواهر المعدينية في قطاعات محدودة من المنطقة الموجودة بها وإجراء دراسة أولية لتقدير نوعيتها.

من أجل حل هذه المسائل (البحث الإقليمي والمحلي) هناك مجموعة من العوامل إضافة إلى المعلومات المأخوذة من الصور الفضائية (المرئيات) والتي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار وتلقي الضوء على بعض الأمور التالية:

1 - العوامل البنيوية - التكتونية أو دراسة حدود البنية المتمعدنة

(العناصر البنيوية والفوالق والشقوق)

2 - العوامل المغماتية.

3 - العوامل الليتولوجية - الستراتغرافية.

فيما يتعلق بالعوامل المغماتية والليتولوجية - الستراتغرافية - يجب الأخذ بعين الاعتبار أثناء دراستها الصخور الحاوية على التمعينات، التي يمكن أن تكون مرتبطة من جهة مع مظاهر معدنية ليتولوجية وستراتغرافية محدودة ومن جهة أخرى مع مجموعات من صخور مغماتية. أحياناً لا يمكن تحديد كل نماذج الصخور من الصور الفضائية (المرئيات)، في هذه الحالة يلعب إظهار وكشف حدود البنيات المتمعدنة دوراً رئيسياً في تحديد الصخور الحاوية على تمعدنات في نطاقات تماسها مع صخور أخرى.

1 - العوامل البنيوية التكتونية :

يسمح التفسير البنيوي التكتوني للصور الفضائية أثناء دراسة المكامن المفيدة والذي يمكن إجراؤه على أساس تحديد النطاقات البنيوية المتمعدنة، انطلاقاً من تحديد النطاقات التكتونية. ففي الوقت الحالي وبمساعدة الصور الفضائية (المرئيات) هناك إمكانية حل المسائل التالية:

- 1 - التحديد الدقيق لنطاق البنيات المتمعدنة على أساس معطيات حديثة مأخوذة من الفضاء .
- 2 - تتبع نطاقات تمعدنية معروفة مرتبطة مع فوالق عميقة، وأخذ معلومات إضافية عن استمرار مثل هذه النطاقات، ونقاط التقاطع داخل البنية وهكذا ...

- 3 - دراسة ديناميكية الحركات التكتونية القديمة وتأثيرها على المخطط البنيوي الحديث إضافة إلى دراسة النطاقات البنيوية المتمعدنة القديمة

وتأثيراتها . فعلى سبيل المثال هناك ارتباط بين الفوالق العميقة في الحزام الألبى وبعض تمعدنات الزئبق.

2 - العوامل المغماتية :

طالما أن تحديد النطاقات المتمعدنة كما ذكرنا يحدد أساساً بطبيعة نشاطها التكتوني المغماتي، فإن حل مثل هذه المسألة بمساعدة الصور الفضائية يمكن أن يتم عن طريق علاقة محددة بين الجسم المتمعدن وشكله، وحجمه وبنية الجسم المغماتي المتمعدن باختصار إن لكل ظاهرة معدنية شكل معين في الريليف يميزها عن غيرها من التمعينات فمثلاً فقد تم تعيين عرق الرصاص في استراليا بحافة مرتفعة بارزة، وعروق أخرى من المرو تتميز بحافات بارزة. أثناء حل مثل هذه المشاكل يلعب دوراً كبيراً تحديد حدود التشكيلات المغماتية وهو دراسة علاقاتها البنيوية ووضعها في البنية العامة للإقليم موضع الدراسة.

3 - العوامل الليتولوجية - الستراتغرافية :

من المعروف أن بعض النماذج من المواد المفيدة ذات ارتباط وثيق مع مجموعات ليتولوجية - ستراتغرافية محددة فعلى سبيل المثال : تقترن تشكيلات اليشب مع مكامن البيريت Fes2 - والنحاس - وغالباً ما ترتبط عروق الكوارتزيت العائدة لما قبل الكامبري مع خامات الحديد والحجر الكلسي والصخور النارية.

إن مثل هذه التشكيلات الجيولوجية، ربما تكون دلائل فعالة للنتبؤ عن أي نوع من أنواع المواد المفيدة مع توفر بعض العوامل الأخرى المساعدة على كشف وتحديد مثل هذه الخامات.

4 - بعض الأمثلة عن تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال تحديد بعض

أنواع الخامات المفيدة :

1 - الكشف عن خامات النحاس والرصاص والتوتياء:

تعتبر خامات النحاس والرصاص والتوتياء والفضة من بين المعادن الهامة في الصناعة ويمكن أن تقسم من حيث المنشأ والتشكل إلى ثلاثة أقسام:

1 - تكون هذه الخامات مترافقة مع الغازات الكباريتية في الصخور البركانية وفوق الأساسية .

2 - مترافقة المنشأ في الصخور الرسوبية المضيفة كالغضار الصفحي في الأغوار الانهدامية وفي طبقات البازلت المتداخلة مع الغضار البيريتي التي يصل طولها حوالي عشرة كيلومترات وعرضها ثلاثة كيلومترات.

3 - متشربة في صخور الأرصفة الشاطئية الكربوناتيّة وعلى الأخص الدولوميت حيث يتم التشرب في درجات منخفضة من الحرارة.

يعتبر استخدام أجهزة المسح متعدد الأطياف (MSS) التي تغطي المجال الطيفي 1.6 و 2.2 ميكرومتر وكذلك الكواشف الحرارية بالأشعة تحت الحمراء ذات قدرة التمييز الأرضي الفعالة تحديد الصخور البركانية والنطاقات الليمونيتية وتمييز الهالات البيريتية والصدأ الناجم عن أكاسيد الحديد... الخ .

2 - الكشف عن خامات القصدير:

يوجد القصدير في العروق المرافقة للاندساسات الربوليتية والأجسام الغرانيتية وفي العروق الكالسيدوانية المتبقية المكانية، الناتجة عن تجوية الصخور الحاوية على هذه الفلزات.

من تقنيات الاستشعار عن بعد التي يمكن استخدامها في كشف مثل هذه التعدادات يمكن استخدام أجهزة المسح متعددة الأطياف MSS وتأمين الرؤيا

المجسمة في تحديد المراكز البركانية الريولوتية والصدوع والفوالق والشقوق المرافقة.

كما أن دراسة الصور الحرارية تحت الحمراء واستعمال المجال الطيفي بين 1.6 - 2.2 ميكرومتر ضروري في التمييز بين الصخور الريوليتية والغرانيتية وفي التعرف على النطاقات الغضارية والسيليسية الناجمة عن التحول الهيدروترمالي الذي قد يكون مرافقاً مع تمعدنات القصدير.

3 - الكشف عن خامات الفضة والذهب :

تعتبر هذه الخامات من المعادن الثمينة التي ترتفع قيمتها ويزداد الطلب عليها.

تقسم هذه الخامات المتشكلة في درجات حرارة منخفضة إلى ثلاثة أنواع وذلك حسب أشكال تواجدها في الطبيعة:

1- على شكل عروق أو مائة للشقوق والفوالق أو مبعثرة ضمن الصخور البركانية ذات التركيب الريوليتي والأنديزيتي.

2 - على شكل حبات ناعمة مبعثرة في السيلت أو الحجر الكلسي الدولوميتي أو في التوضعات الحتية المكانية (التوضعات الناتجة عن عمليات الحت والتي بقيت في مكانها لم تنتقل بعد) يمكن الكشف عن مثل هذه الخامات بطرق الاستشعار عن بعد وذلك باستخدام الصور الحرارية ذات الأطوال الموجية بين 1.6 - 2.2 ميكرومتر وهذا يفيد في تمييز صخور الريوليت والأنديزيت والدولوميت.

4 - الكشف عن خامات الحديد باستخدام الصور الفضائية والجوية:

كما هو معروف توجد معظم خامات الحديد على شكل عدسات في الطبقات الرسوبية أو مترافقة مع الصخور البركانية مثل أكسيد الحديد

المغناطيسي. أما الكشف عنها بواسطة الاستشعار عن بعد فيتم باستخدام الصور من نوع MSS متعدد الأطياف. كما يمكن استخدام الصور الرادارية المأخوذة عن طريق الرادار ذو الرؤيا (الفتحة) الجانبية (SLAR) وأيضاً يمكن استخدام أجهزة قياس الشدة المغناطيسية المحمولة على المركبات الفضائية في إجراء المسح المغناطيسي السطحي الذي يفيد كثيراً في توجيه أعمال التنقيب عن خامات الحديد.

5 - الكشف عن خامات البوكسيت باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد :

إن الخام الرئيسي المستخدم لاستخراج معدن الألمنيوم هو البوكسيت وهذا ينتج عن تجوية الصخور الألومينية بفعل تسرب المياه سواء السطحية أو الجوفية على الخام نفسه والذي يؤدي بدوره إلى عمليات التجوية المختلفة المؤدية إلى تشكيل هذه الفلزات تتألف الصخور الأم الحاوية على الخام من السيانيت النيفيليني ومن اللافا البازلتية ومن الغضاريات المتبقية في الكهوف الانحلالية والفجوات الكارستية.

تستخدم في الكشف عن خامات البوكسيت بشكل رئيسي أجهزة المسح متعدد القنوات ذات القدرة العالية للتمييز الأرضي وتأمين الرؤيا الستيريوسكوبية ضروري من أجل مسح الوحدات المورفولوجية وتمييز مناطق التعرية الحديثة التي تغطيها الغضاريات الألومينية والتكشفات السيانتية وتمييز نظام شبكات التصريف المائية أيضاً.

6- أهمية الاستشعار عن بعد في الكشف عن خامات الفوسفات :

من المعروف أن تشكل خامات الفوسفات يحتاج إلى أحواض ذات شروط معينة من حيث الوضع الجيولوجي والجيوكيميائي والمناخي ويستثمر على هيئة طبقات مختلفة السماكة متداخلة مع الصخور الكربوناتية الرسوبية.

وللكشف عن هذا الخام بطرق الاستشعار عن بعد نستخدم الماسح المتعدد الأطياف ذو قدرة التمييز الأرضية العالية وأطوال الموجات المفيدة في الكشف هي 1.6 - 2.2 ميكرومتر .

وأصبح الآن من السهل جداً التعرف وكشف الشواذات اللونية التي تدل على وجود الصخور الفوسفاتية وذلك بتطبيق المعاملة الرقمية للصور وإجراء التحسينات المختلفة عليها والحصول على الصور الملونة المركبة. هذا ويمكن كشف وتحديد العديد من الخامات المفيدة (المعدنية واللامعدنية) وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونكتفي بذكر بعض منها على سبيل المثال:

الكشف عن خامات النيكل واللاتيريت، وخامات البوتاس، وخامات الكبريت، وخامات الفحم، والملح والجص والصخور الملحية، والرمال والحصى والغضار، وخامات اليورانيوم.

6-6 - تفسير الصور الفضائية (المرئيات) بهدف دراسة الجيومورفولوجيا :

يعتمد تفسير الصور الفضائية بهدف الدراسات الجيومورفولوجية على دراسة شكل الريليف (سطح الأرض) والذي يظهر بشكل واضح على الصور الفضائية. لقد تمت الدراسات الجيومورفولوجية بواسطة الصور الفضائية من قبل عدد كبير من الباحثين. ومن المسائل الجيومورفولوجية الأساسية والتي يمكن دراستها عن طريق الصور الفضائية يمكن أن نذكر:

- 1 - دراسة المظهر الخارجي للريليف (لسطح الأرض) — الوضع على الأرض توجهه ومقياسه وأمور أخرى.
- 2 - دراسة منشأ أشكال مستقلة من الريليف بالإضافة إلى نماذج الريليف.
- 3 - دراسة طبيعة تطور أشكال مستقلة ونماذج الريليف .

4 - دراسة تأثير العوامل الجيولوجية المشكلة للريليف على تشكيل نماذج

وأشكال الريليف .

5 - دراسة الانتشار الجغرافي لأشكال أولية بسيطة، وأيضاً نماذج الريليف

على مستوى إقليمي ومحلي أيضاً وارتباطها مع الظروف المناخية.

إن قسماً كبيراً من المسائل الجيومورفولوجية المطروحة للحل يمكن التوصل إلى حلها وذلك عن طريق تفسير الصور الجوية والفضائية إن لم يكن كلها وذلك في حدود إمكانية هذه الطريقة والمتصلة بمقياس معين وقوة تمييز أرضية معينة للصورة الفضائية.

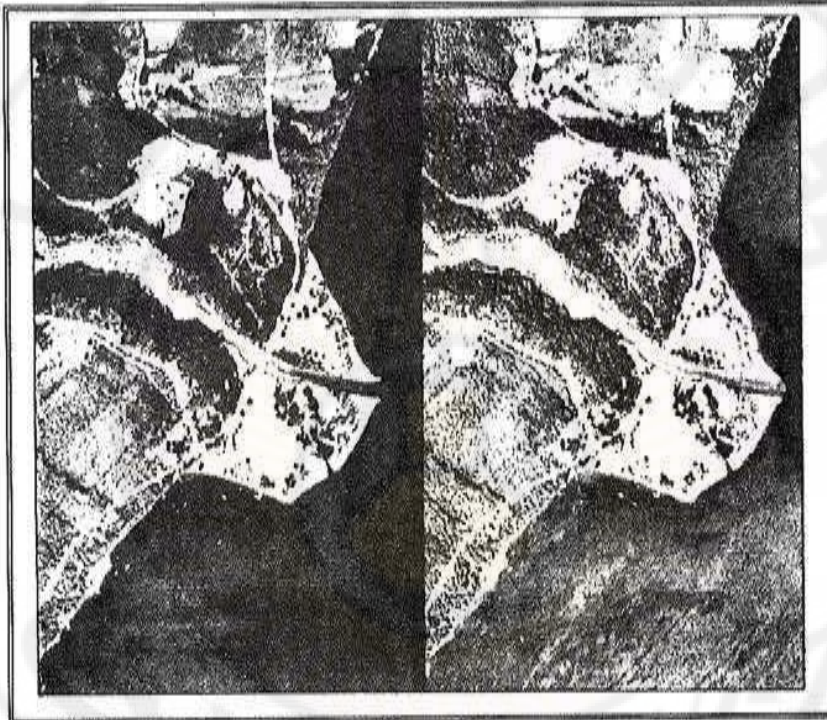
فمن خلال تفسير الصور الفضائية في مجال الجيومورفولوجيا هناك إمكانية تحديد أشكال الريليف التالية : أشكال الريليف التابعة لشبكات التصريف المائية. أشكال الريليف في المناطق الساحلة والبحرية والساحلية البحرية. الريليف البحري - الريليف في مناطق الكارست . أشكال الريليف في مناطق الجليديات. الريليف في مناطق انتشار رسوبيات الألوفي الريليف في أماكن الانهيارات الأرضية. وسنشرح باختصار كل نوع من هذه الأنواع.

1 - أشكال الريليف التابعة لشبكات التصريف المائية :

تظهر الأودية النهرية على الصور الفضائية بشكل مميز فهي تبدو على شكل منحنيات متعرجة أو مستقيمة عريضة أو رفيعة وذلك حسب عرض المجرى المائي . وتبدو في المناطق القاحلة بلون أكثر قتامة من الصحراء المحيطة بها، وهذا يرتبط بارتفاع نسبة الرطوبة ضمن المجرى المائي ونسبة التشجير المحيط بمجرى النهر.

أما الأشرطة النهرية والمصاطب النهرية المتوضعة على ضفاف المجرى تفسر على الصور الفضائية على شكل (أثلام) خطوط محززة وعلى

شكل خطوط متقطعة. أما في المناطق الرطبة فتفسر المجاري المائية بلون أكثر فتاحة مقارنة مع المناطق المحيطة بالمجرى والمغطاة بالنباتات .
أما الدلتا النهرية فتبدو بشكل واضح على الصور الفضائية نظراً لأشكالها المميزة فإما على شكل مثلث أو مروحي أو إصبعي أو خليجي .. الخ



الشكل 6-25 دلتا قوسية في منطقة ذات مناخ رطب. مقاطعة تومبكينز TOMPKINS نيويورك . تموز (يوليو) 1964 1:20.000 صور مجسمة (صور من USDA - ASCS)

وتبدو على الصور الفضائية المناطق المناخية القاحلة (الجافة) بلون أفتح من لون الأراضي المحيطة بها . وبسهولة يمكن التعرف عليها . على سبيل المثال دلتا النيل ودلتا الميسيسيبي الخ .

أما المجاري المائية المؤقتة فتبدو على الصور الفضائية على شكل خطوط مستقيمة أو منحنية وذلك حسب المجرى وبلون أكثر فتاحة من الوسط المحيط بها .

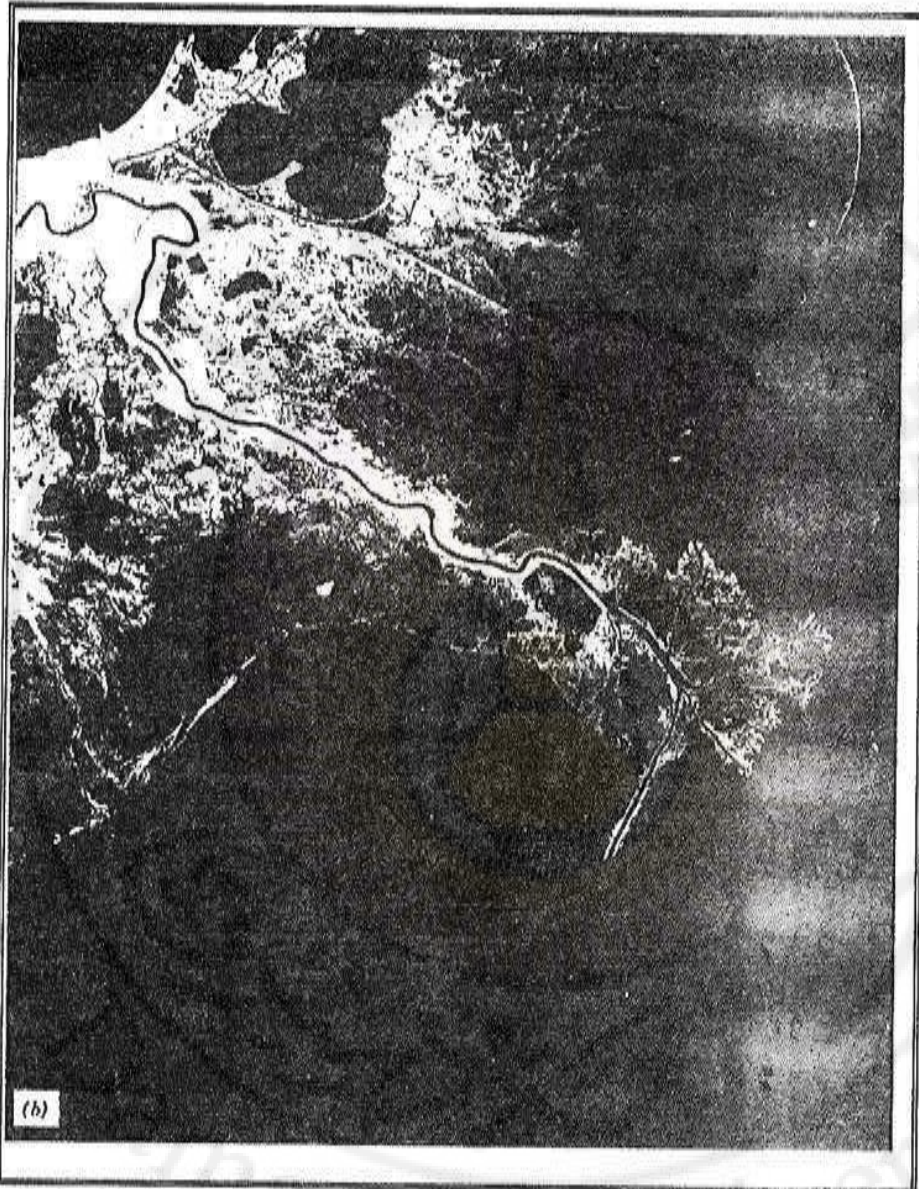
2- أشكال الريليف في المناطق الساحلية البحرية والبحيرية :

تبدو السهول الساحلية البحرية والمؤلفة غالباً من توضعات رملية على الصور الفضائية على شكل أشرطة (أحزمة) بلون رمادي فاتح أما الحاجز الرئيسي بين البحر واليابسة فيفسر على الصور على شكل خط ممتد على طول الساحل . الأشكال (6-25) و (6-26)

3- أشكال الريليف في مناطق الرواسب الريحية :

تتكون الرواسب الريحية نتيجة إنجراف ونقل وترسب المادة غير المتصلبة (المفككة) بفعل الرياح وأهم هذه الرواسب الكثبان الرملية sand dunes ورواسب اللوس loess تبدو الكثبان الرملية المجردة من الغطاء النباتي فاتحة جداً على الفلم البانوكروماتي ويظهر في الغالب تباين





الشكل 6 - 26 دلتا متفرعة نهر الميسيسيبي ، وخليج المكسيك أسفل نيو أورليانز (a) المجال 5
(أحمر) من ماسح متعدد الأطياف ، محمول على لاندسات (b) المجال 7 (تحت أحمر قريب) من ماسح
متعدد الأطياف ، محمول على لاندسات 16 كانون ثاني (يناير) 1973 1:1100.000
(مرئيتان من NASA)

واضح بين الكثبان الرملية وما يحيط بها من المواد وينجم هذا عن توافر رطوبة التربة ونوع الغطاء النباتي وكثافته. وعموماً لا يكون للكثبان الرملية المنتقلة غطاء نباتي، أما الكثبان المستقرة فيغطيها نباتات عشبية أو شجيرات . الشكل (6-27) كثبان رملية عرضانية في منطقة ذات مناخ جاف. مقاطعة نافاجو Navajo أريزونا (صور مجسمة) .

تبدو في الشكل (6-27) كثبان رملية عرضانية في مناطق ذات مناخ جاف. واتجاه الرياح التي كونت هذه الكثبان كان من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين وتوجد الكثبان في واد بين مرتفعات مؤلفة من الحجر الرملي. الأشكال (6-28) و (6-29) و (6-30)

4 - أشكال الريليف في مناطق انتشار رواسب اللوس:

من المعروف أن سطح رواسب اللوس الثخينة غير المتقطعة ضعيف التموج وهو مؤلف من أعراف متوازية تقريباً يبعد بعضها عن بعض نحو 500 إلى 1000م وهي متراصفة بصورة عرضانية مع اتجاه الرياح. تكون رواسب اللوس القليلة الثخانة غطاء للصخور وللمواد المفككة (من نوع الكونغلوميرا) الموجودة تحتها ولذلك فإن سطح الأرض المتكون منها يتبع تضاريس هذه المواد. ومع ذلك فإن رواسب اللوس تتجرف بحيث تجعل الأراضي ملساء مستوية إذ تبقى رواسب رقيقة على الأعراف ورواسب أثخن في الأودية. يمكن تمييز رواسب اللوس على الصور بشدات لونية فاتحة بسبب صرف التربة الداخلي الجيد وتتاين في الغالب الشدة اللونية لأسفل الأخاديد وجدرانها والمناطق المرتفعة بسبب الأنماط المختلفة للنباتات (مثل الأشجار مقابل الأعشاب) .

5 - تفسير الصور (المرئيات) بهدف التعرف على مراوح الطمي :

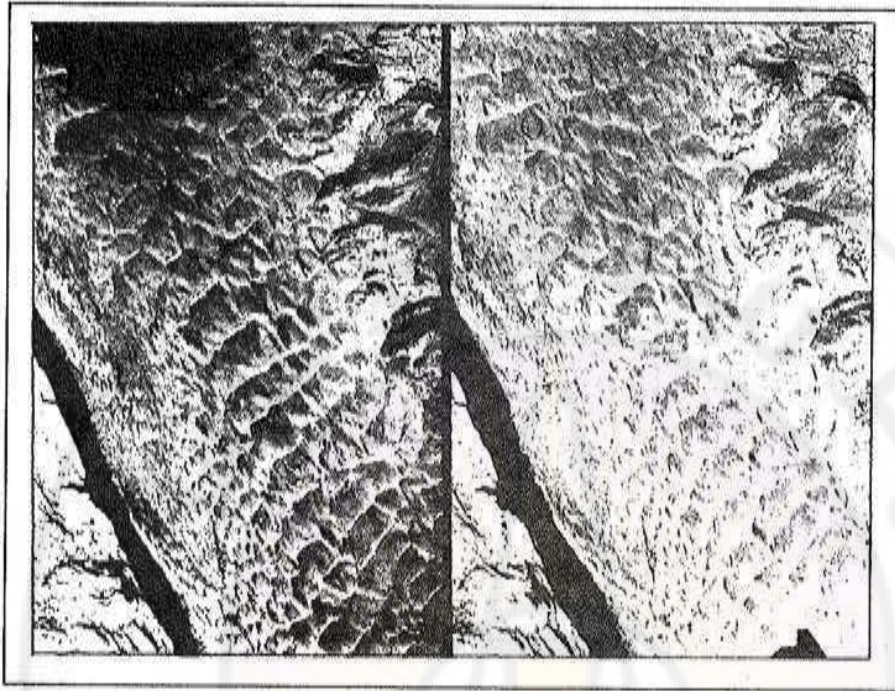
من خلال النظر إلى أي صورة جوية أو فضائية نلاحظ أشكالاً مروحية يمكن التعرف عليها بسهولة يتراوح انحدارها بين 2 و 15 % عند الابتعاد عن القمة ، تتميز هذه المراوح بنظام صرف سطحي داخلي محدد مع أخاديد قليلة ، روافد المجاري الرئيسية كثيرة وتكون الشدة اللونية للصورة فاتحة بشكل عام ، وقد تبدو قنوات فروع المجاري (الروافد) المائية بشدة لونية أكثر قتامة ويوضح الشكل (6-31) هذه المراوح .



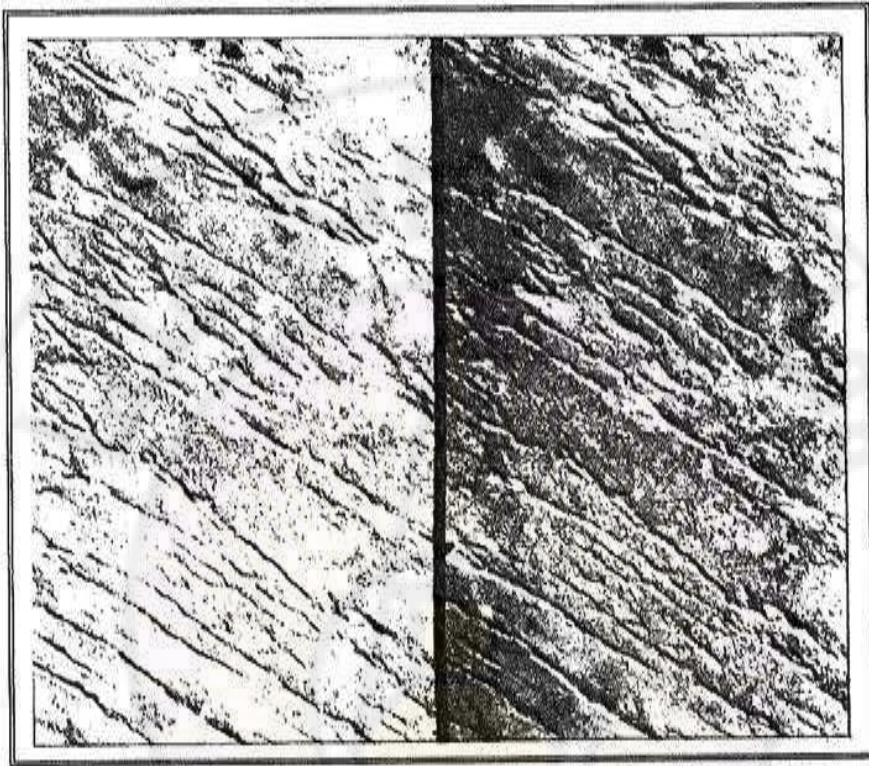
الشكل 6 - 31 مراوح طميية في منطقة ذات مناخ رطب، مقاطعة إنيو Inyo كاليفورنية ديث فاله. تشرين الأول (أكتوبر) 1952 صورة مجسمة (صور من USGS)

6 - تفسير المرئيات بهدف التعرف على السهول الفيضية :

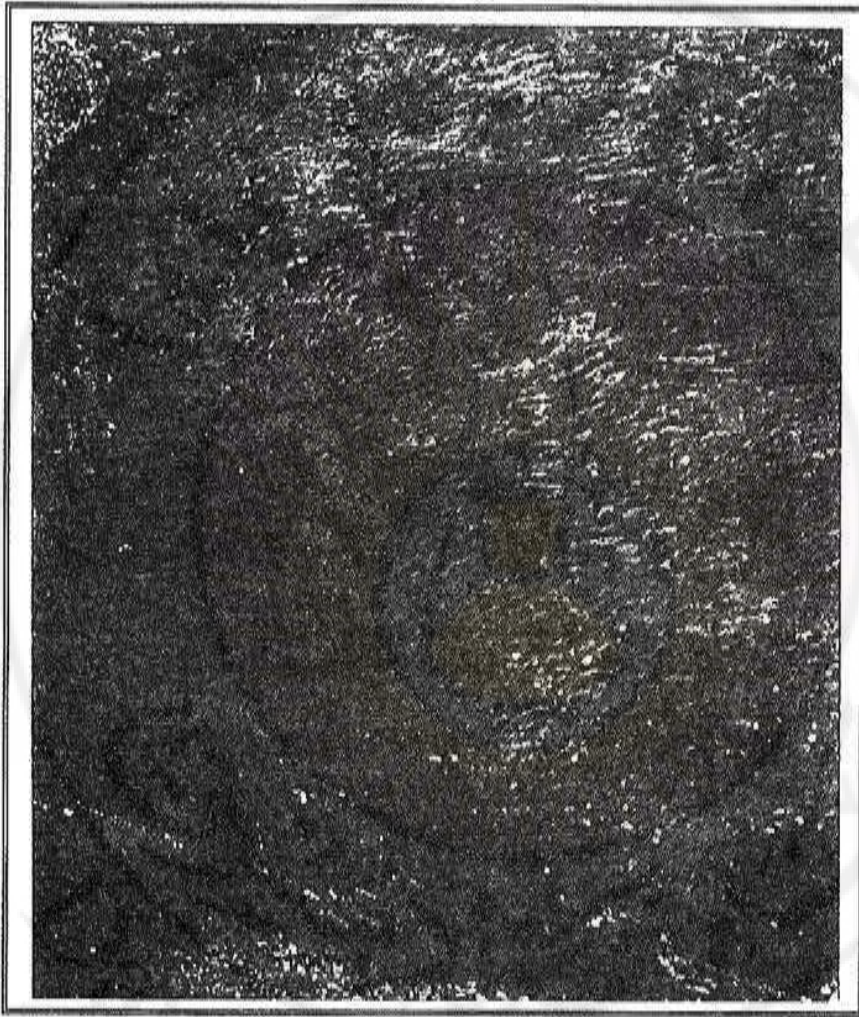
طوبوغرافياً تكون السهول الفيضية عادة منبسطة مع تدرج خفيف في الميل يساير المجرى المائي. أما الضفاف فقليلة الارتفاع، ويترسب ما تحمله المياه من مواد في أخفض نقاط السهل الفيضي . أما عن طبيعة الصرف فإن النهر الرئيسي يجري ضمن واديه الذي يشكل السهل الفيضي وقد توجد على السهول الفيضية العريضة مجاري مائية ثانوية (من الدرجة الأولى والثانية ...) قرب الأطراف الخارجية للسهل الفيضي والتي تجري لمسافة طويلة قبل أن ترفد المجرى المائي الرئيسي ويندر أن يوجد نمط صرف متكامل مرتبط بالمجرى المائي الرئيسي بسبب مستويات المياه الجوفية المرتفعة ومستويات الأراضي وبسبب الفيضان الدوري والمتكرر على السهل الفيضي . أما إمكانية التعرف على السهول الفيضية على المرئيات فإنها تتميز بطراز معقد من الشدات اللونية وهذا التنوع يشير إلى تنوع التربة ومحتواها من الرطوبة. تتميز رواسب الضفاف المحدبة بشدة لونية فاتحة يمكن أن تتناوب مع شدات لونية أكثر قتامة في المنخفضات الموجودة بين الضفاف المحدبة. أما الضفاف الطبيعية فتبدو بشدات لونية أفصح من رواسب المياه البطيئة المحيطة بها. كما تتميز البحيرات الهلالية .



الشكل 6 - 27 كتبان رملية عرضانية في منطقة ذات مناخ جاف . مقاطعة نافاجو Navajo أريزونا أيلول
(سبتمبر) 1951 26.700:1 صورة مجسمة (صور من USGA)



الشكل 6 - 29 كثران رملية طولانية في منطقة ذات مناخ جاف، كرييت ساند ديونس ناشيونال مونيومنت
Great Sand Dunes National Monument ، كولورادو أيلول (سبتمبر) 1955 20.000:1
صورة مجسمة (صور من USDA - ASCS)



الشكل 6 - 30 كثبان رملية عرضانية وساعة الامتداد في غربي وسط نهراسكة، أيار (مايو) 1973
1:1000.000 صورة في المجال 7 (أشعة تحت حمراء قريبة) من ماسح متعدد الأطياف من لاندسات
(مرئية من ناسا)

والمنعطفات المهجورة بشدات لونية رمادية متجانسة إذا امتلأت بالماء الرائد أو ذات شدة لونية قائمة إذا امتلأت بتربة عضوية. الأشكال (32-6) و (33-6)

7 - تفسير المرئيات بهدف التعرف على الترب العضوية :

كما هو معروف تتواجد الترب العضوية في المنخفضات كمناطق الركام الجليدي الهامشي وركام أرضية الجليديات والسهول الفيضية (وخصوصاً في المنعطفات المهجورة والبحيرات الهلالية) وفي المنخفضات بين الكثبان الرملية، والمنخفضات بين الأعراف الشاطئية وجوبات الحجر الكلسي والحفر الوعائية والمستنقعات ... الخ طبوغرافياً تبدو على شكل سهول منبسطة وتتميز بنظام تصريف سيئ جداً على شكل أخاديد قليلة فإذا ما أريد استخدامها لأغراض زراعية فيجب اتباع نظام صرف اصطناعي. تتميز بشدات لونية قائمة جداً في حال عدم وجود غطاء نباتي. أما إذا ما تواجدت النباتات فيها والتي هي من نوع الأعشاب المحلية والبردي والشجيرات فيتغير لونها وتبدو بمظهر رمادي فاتح مبرقش . كما تتميز المناطق المجففة الزراعية بطراز معين من أقنية الصرف الاصطناعية والمناطق المزروعة (شكل 6-34) .

6-7- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الهيدرولوجية:

إن تطبيقات الاستشعار عن بعد في علم المياه سوف يزداد ارتباطاً بشبكة البيانات الهيدرولوجية بدءاً باستعمالات الاستشعار عن بعد في قياسات التدفق وانتهاء بأجهزة دراسة علم المياه لتقدير ودراسة الصفات الهيدرولوجية لأحواض المياه المجهولة. كما أن تطبيق أساليب الاستشعار عن بعد على علم المياه ومصادر المياه سوف يصبح عنصراً مهماً في إيجاد نظام عام أكثر للتنبؤ ورصد

الأحداث الجوية الهيدرولوجية مثل الأعاصير واحتراق الغابات والجفاف وعمليات نقل الأراضي المغطاة بالثلوج أو الجليد.

إن مثل هذه التطبيقات يمكن أن يقدمها الاستشعار عن بعد بواسطة الأقمار الصناعية التي تدور في الفضاء حول الكرة الأرضية وترسل صورها المختلفة باختلاف الانعكاسات الطيفية للمواد الموجودة على سطح هذا الكوكب. ومن المسائل الهيدرولوجية الأساسية والتي يمكن حلها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد يمكن أن نذكر:

1 - تحديد مناطق الفيضانات الخطرة : ويتم ذلك باستخدام صور فضائية مختلفة من نوع MSS والمساعدة بخرائط طبوغرافية للمنطقة المغمورة بمياه الفيضانات .

2 - تحديد صفات مجرى النهر وعمق المياه : من الممكن تحديد العديد من صفات مجاري الأنهار باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد مثلاً : عرض المجرى المائي والعمق، وشبكات التصريف ودرجاتها، درجة اضطراب النهر، والتموج... الخ . ويمكن الاستفادة من التصوير الجوي المتعدد الأطياف MSS في تخطيط الطبوغرافيا النهرية. ونعتمد بالدرجة الأولى في التفسير على التغير اللوني للصورة، والتغير الحراري والانعكاس الموجي، وارتداد أشعة الليزر، وهذه الطرق الأربعة يمكن تطبيق اثنتين منها بنجاح وهما الانعكاس الموجي، والتغير اللوني.

3 - قياس مقدار تدفق النهر: وذلك عن طريق الرصد لمياه النهر في فترات مختلفة من السنة وذلك باستخدام الصور الجوية والفضائية المأخوذة على مدار السنة.

4 - التساقط (الهطول) المطري :

إن الحصول على قياسات دقيقة للتساقط هو من الأهداف التي تسعى إليها أبحاث الأرصاد الجوية وهي أيضاً حاجة مثمرة في عالم الهيدرولوجيا التي تعتمد غالباً على تلك البيانات النموذجية . لقد فتحت الصور المرسلة من الأقمار الصناعية الخاصة بدراسة الأحوال الجوية في كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق فتحت عالماً جديداً في الحصول على بيانات الغيوم وأنظمة الجبهات الهوائية. هذا وبتطبيق تقنيات (RS) يمكن تقييم الهطول المطري الإقليمي من خلال مساحة غطاء السحب والغيوم للمنطقة، ومن قيمة كمية الانعكاس الطيفي، ودرجة حرارة الغيوم، وانخفاض قيمة درجة حرارة سطوع سطح الأرض ضمن المجال الموجي الميكروي، وتعتبر الملاحظات والمراقبات الأرضية الرادارية عموماً ضرورية للتقييم الدقيق للهطول المائي المحلي. هذا ويمكن الحصول على كافة هذه البيانات وذلك عن طريق الصور (المرئيات) المأخوذة من الأقمار الصناعية مثل (GOES) و (NOAA - 5) و (TIROS - N) و (NIMBUS - 6,7) وميتيور بالإضافة إلى معطيات الموجات الدقيقة الميكروية للجملة غير الفعالة (المنفعلة) المتاحة من القمر الصناعي نيمبوس فقط .

5 - الثلج (SNOW) والجليد :

يعتبر الثلج من أحد المتغيرات المعقدة والصعبة القياس لعلماء الهيدرولوجيا، الذين يتنبؤون بمناسيب المياه، إذ أن كمية، وتوزيع الثلج، والمكافئ المائي منه، ونسبة الماء، والسماكة والكثافة، كلها تلعب دوراً كبيراً في تقدير كمية الماء المكافئة لكمية الثلوج بواسطة المسح بأشعة غاما (γ) في

النرويج والاتحاد السوفيتي وبعد ذلك في أمريكا أيضاً وهذه الطريقة تعتمد أساساً على خاصية الامتصاص في الماء والثلج لاشعاعات غاما الطبيعية .

ويمكن باستخدام تقنيات (RS) من :

- 1 - وضع خرائط امتداد الثلج ومساحة المنطقة المغطاة بالثلوج. ويمكن الحصول على هذه المعلومات من صور الأقمار الصناعية لاندسات ومعطياتها الرقمية ، وصور الأقمار الصناعية المناخية الخاصة بالأرصاد الجوية ومعطياتها الرقمية ، وهنا يعتبر غطاء الغيوم والسحب مجال عجز واضح وكبير للاستخدام والتطبيق العملي في المناطق الجبلية .
- 2 - يمكن تقييم زمن ومعدل ذوبان الثلوج في مناطق السهول من خلال درجة حرارة التراكبات الثلجية ومن درجة حرارة السطوح للموجات الميكروية الدقيقة . ويمكن تحقيق هذه الأغراض وذلك عن طريق المعطيات المتاحة في مجال الأشعة تحت الحمراء الحرارية الخاصة بالقمر الصناعي هيكام (الهندي HCCM) و [GOES] و [NOAA-S] و [Tiros-N] [NiMBus-6-7 ومعطيات الموجات الميكروية الدقيقة للجملة غير الفعالة (المنفعلة) المتاحة من القمر الصناعي نيمبوس. ولقد أنشئت أسس ومبادئ هذا التطبيق مؤخراً، إلا أننا نحتاج إلى أبحاث إضافية في المناطق ذات التضاريس الجبلية حيث يكون التطبيق العلمي في هذه المناطق هاماً خاصة للتنبؤ بجريان الأنهار والجداول المائية. كذلك نحتاج إلى أبحاث أخرى موسعة في المناطق السهلية للكشف عن الأراضي المجمدة وذلك من أجل التنبؤ بالفيضانات.
- 3 - يمكننا وضع الخرائط للمناطق الثلجية المغطية للبحار ومراقبتها الدورية، وتقدير تركيزها ودراسة شكلها ومورفولوجيتها، وتقييم ظروف وشروط

الجليد المغطي للأنهار والبحيرات ومصبات الأنهار كميًا. و جرد المناطق الجليدية والراقبة الدورية البيئية لهذه المناطق . ويمكن تحقيق هذه الأمور و ذلك عن طريق صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات ومعطياته الرقمية وهيكلها ، ومعطيات الأقمار الصناعية المناخية الخاصة بالأرصاد الجوية، ومعطيات الموجات الميكروية الدقيقة للجملة غير الفعالة (المنفعلة) المتاحة من القمر الصناعي نيمبوس، ويعتبر تطبيق هذه الطريقة هاماً في مناطق الملاحة واستخدام الأنهار في التنقل وكذلك للقيام بدراسات طاقة وقوة الموازنة المائية.

6 - رطوبة التربة : Soil Moisture :

يمكن إجراء دراسة رطوبة التربة وذلك بوضع مخططات تغيرات رطوبة التربة، ويستعمل لهذه الغاية أفلام الأشعة تحت الحمراء (Color Infra Red Film) الملونة والأبيض والأسود. لقد حصل العلماء المهتمون في مجال دراسة رطوبة التربة على صور ذات نوعية جيدة من المساح المتعدد الأطياف (MSS) للقمر الصناعي لاندسات (Landsat)، وهناك نظام لحساب رطوبة التربة والذي يعتمد على مبدأ المسح الجوي بأشعة غاما (γ) .

7 - استخدام تقنيات (RS) في دراسة المياه السطحية والبحيرات، والتجمعات المائية، والسدود ...) :

يمكن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة المسطحات المائية حيث يمكننا إجراء :

1 - جرد وتحديد مناطق التجمعات المائية ومساحاتها، بالإضافة إلى البحيرات الكبيرة والصغيرة وتحديد التغيرات الفصلية والسنوية في المنطقة، وتقييم

التغيرات الطارئة على حجم المياه. ونستخدم في هذا المجال صور من نوع لاندسات ومعطياته الرقمية، إلا أن كشف ودقة القياس هنا مرتبطة بقوة التمييز الأرضية والمساوية لـ 80 متراً، و وجود أجسام نباتية في الماء، بالإضافة إلى التشويش الناتج عن التربة الرطبة والظلال الناتجة عن وجود تضاريس جبلية أو نائثة.

2 — رسم أنماط شبكات التصريف المائية في مناطق الدراسات المورفولوجية الخاصة بالجدول والأنهار وتجمعات المياه، ويمكننا إجراء هذه الدراسات من صور الأقمار الصناعية من سلسلة لاندسات حصراً في القناة / رقم 7 / للماسح متعدد الأطياف (MSS)، والصور الملونة التركيبية (ألوان كاذبة)، كما يمكننا عن طريق صور حزمة الفيدكون المرتدة (RBV) للقمر الصناعي لاندسات. ويمكن هنا وعلى هذه الصور رؤية أنماط التصريف المائية وكثافتها بوضوح وتفاصيل أدق أكثر من رؤيتها في حال استعمال الخرائط ذات المقياس الكبير .

3 — يمكن عن طريق صور الماسح متعدد الأطياف (MSS) للقمر الصناعي لاندسات، وصور الحزمة المرتدة (الفيدكون RBV) لنفس القمر، من تنفيذ المراقبة الدورية لخط الشاطئ وأماكن القنوات المائية وهجرتها (هجرة بعض الأنهار والأقنية عن طريق القرصنة النهرية والأسر النهرية) وتغير مجراها من مكان لآخر. وتتعلق قدرة المراقبة الدورية هنا بقوة التمييز الأرضية والمساوية لـ (30 م) في حال صور حزمة الفيدكون المرتدة (RBV) و 80 متراً في حال صور الماسح (MSS).

4 — يمكن أن تعطي صور اللاندسات وصور القمر الصناعي الخاص بالأرصاد الجوية (ميتيور ، نيمبوس) نظرة شاملة إقليمية لتأثير الفيضان

والتخريب الذي يسببه عند حدوثه في منطقة ما. وهنا لا بد من أن نذكر أن قوة التمييز الأرضية هنا (للاندسات) غير كافية للدراسات الهيدروليكية وللتقييم التفصيلي للتخريب الذي يسببه الفيضان، إلا أنه يمكن استعمال صور القمر الصناعي لاندسات للتخطيط من أجل الحصول على معطيات أخرى من مصادر إضافية غير الأقمار . وحديثاً يمكن استخدام GIS بالإضافة إلى بعض معطيات GPS .

5 - تساعد معطيات اللاندسات الرقمية (مرئيات رقمية) من تحديد أعماق المياه الصافية من خلال تطبيق امتصاص الضوء، وهنا تعتبر القياسات الخاصة بالأعماق والمراقبات والملاحظات الحقلية لشروط وظروف القاع ضرورية في هذا المجال.

6 - تساعد صور الماسح المتعدد الأطياف (MSS) للقمر الصناعي لاندسات، وصور الحزمة المرتدة (الفيديكون RBV) لنفس القمر أيضاً والمعطيات الرقمية له على الكشف عن الينابيع الموجودة تحت المسطحات المائية.

8 - تحديد معالم سطح المياه :

1 - تمكنا المعطيات المأخوذة من الماسح المتعدد الأطياف للاندسات من دراسة النباتات والبقع الزيتية، بالإضافة إلى معطيات القمر هيكام (HCCM) ومعطيات القمر الصناعي للأرصاد الجوية للكشف عن البقع الزيتية الكبيرة جداً من خلال الصورة المأخوذة بالأشعة تحت الحمراء الحرارية. يمكن عن طريق تفسير هذه المعطيات والصور الكشف عن البقع الزيتية البترولية وغيرها من البقع الزيتية في المياه والأجسام المائية عموماً، وجرد ومراقبة المناطق الكبيرة للنباتات العائمة والنباتات الهائلة مراقبة دورية. وهنا لا بد من أن نذكر بأن الأفتنية الطيفية للقمر الصناعي لاندسات

ضعيفة الكشف عن البقع الزيتية عموماً، إلا أنه وضعت بعض الخرائط

لبعض البقع الزيتية في بعض مناطق العالم باستخدام صور اللاندسات.

2- تمكنا معطيات الأقمار الصناعية لاندسات، وأقمار الأرصاد الجوية في

مجال الطيف المرئي وفي قناة الأشعة تحت الحمراء القصيرة، من الكشف

عن التغيرات والاختلافات الطارئة في حالة البحر كما ترى من خلال

انعكاس الشمس على الجسم المائي كمرآة، يجب أن يكون ارتفاع الشمس

عموماً أكبر من 55 درجة فوق مستوى الأفق .

9 - تحديد النوعية الفيزيائية للمياه باستخدام تقنيات (RS) :

1- يمكن تحديد النوعية الفيزيائية للمياه باستخدام صور الماسح المتعدد الأطياف

(MSS) للقمر الصناعي لاندسات ومعطياته الرقمية أيضاً، بالإضافة إلى

معطيات القمر الصناعي نيمبوس -7 من خلال الماسح الخاص بألوان

المناطق الساحلية، هذه الصور والمعطيات تمكنا من رسم ألوان الماء

وأنماط وأشكال عكر المياه ، وتفسير دوران دوامات المياه وأنماط التيارات

المائية، وتقييم كمية الحياة السمكية والبحرية، ودراسة سلوك الموارد

الملوثة والإنتاجية البيولوجية وكمية الرسوبيات قرب مصبات الأنهار وفي

المناطق الساحلية، جرد ومراقبة حالة الحياة النباتية والحيوانية المائية في

البحيرات والتجمعات المائية مراقبة دورية، ومراقبة المواد المألثة

للتجمعات المائية مراقبة دورية ، وحتى الآن لم يتم تماماً تفهم الصور

الشاملة المتكاملة للأقمار الصناعية في الحصول على قياسات لألوان المياه

وعكرها، ولم تستغل الاستغلال الكافي.

2- القياسات الكمية لعكر المياه شاملة بذلك العكر الناتج عن المواد الحية

البلانكتونية والمواد المعلقة الأخرى ويمكن تحقيق هذه القياسات عن طريق

المعطيات الرقمية للقمر الصناعي لاندسات، والقمر الصناعي نيمبوس -7، وتعتبر عدة قياسات أرضية حقلية وقياسات التحقق الأرضي عموماً ضرورية في هذا المجال.

3 - تتم مراقبة أنماط التيارات الحرارية في البحيرات ومصبات الأنهار والمناطق الساحلية وتقييم الثروة السمكية البحرية وأعدادها، وذلك عن طريق تفسير الصور المأخوذة بالأشعة تحت الحمراء الحرارية للقمر هيكام (HCCM) والقمر الصناعي نيمبوس -7 والقمر GOES و (NOAA-5) و (TIRUS) وهنا تعتبر المعطيات الرقمية والتحقق الأرضي الحقلية أعمالاً ضرورية للحصول على نتائج كمية جديدة.

10 - دراسة التبخر والنتح النباتي عن طريق تقنيات (RS) :

1 - نحصل على كمية التبخر المائي الجوي من القمر الصناعي تيروس -N (TIRUS -N) والمعطيات الحرارية من الأقمار الصناعية الخاصة للأرصاد الجوية، أما معطيات الانعكاس الطيفي فمن خلال القمر الصناعي لاندسات والأقمار الصناعية الخاصة بالأرصاد الجوية.

ومن هذه المعطيات يمكن تقييم التبخر والنتح النباتي من خلال نموذج تمثيلي (موديل) جوي، وقياسات كمية الكائنات الحية النسبية أو من خلال الانعكاس الطيفي السطحي النسبي وقياسات درجة الحرارة، وهنا في هذا المجال نحتاج إلى أبحاث إضافية أخرى لتحديد أفضل طريقة للتطبيق ولتحسين دقة التقييم والتقدير الكمية .

2 - يمكن تقييم كمية الرطوبة في التربة السطحية وما قرب السطحية من خلال القياسات الحرارية وقياسات الموجات الميكروية الدقيقة . ويتم تحديد هذه القياسات من معطيات الموجات الميكروية الدقيقة للجملة غير الفعالة

(المنفصلة) في القمر الصناعي نيمبوس - 7 ، والصور المأخوذة بالأشعة تحت الحمراء الحرارية ومعطياتها الرقمية المأخوذة من القمر الصناعي GOES و (NOAA - 5) ، وتيروس - ن (TIRUS - N) ونيمبوس . وتعتبر بعض القياسات الحقلية مطلوبة وضرورية في هذا المجال من التطبيقات ، كما نحتاج إلى أبحاث إضافية أخرى للتقييم الكامل لتأثيرات النباتات ولتحسين دقة التقييم والتقديرات الكمية .

11- استخدام تقنيات (RS) في استعمال الأراضي والغطاء الأرضي :

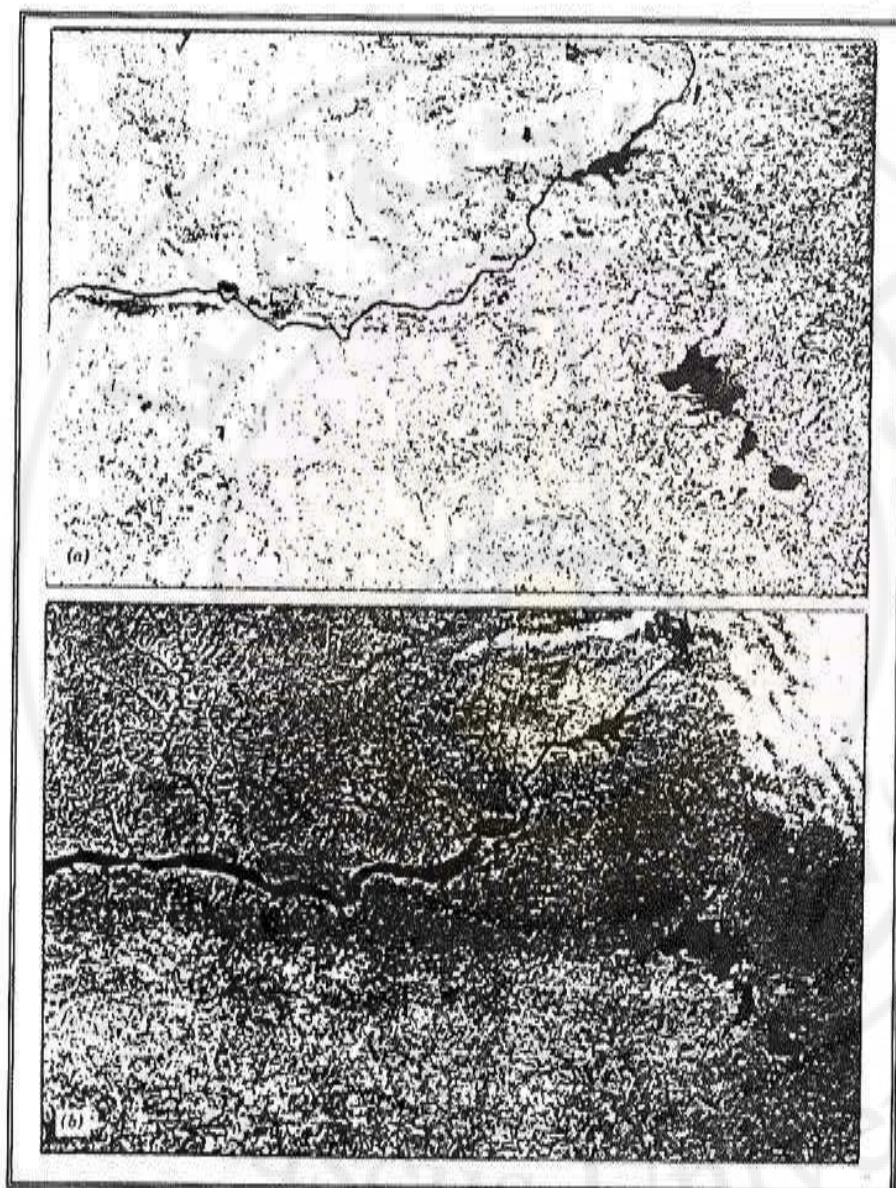
1- تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي ، من خلال دراسة وتفسير صور الأقمار الصناعية لاندسات ومعطياتها الرقمية بالإضافة إلى صور القمر الصناعي سبوت حيث يمكن من خلالها جرد ورسم خرائط للغطاء الأرضي واستعمال الأراضي متضمنة في ذلك التربة الجرداء والمناطق المزروعة بالمحاصيل الزراعية وأنظمة الري المركزية الدائرية الحديثة ، ومناطق الأراضي الرطبة جداً . ومراقبة التأثيرات البيئية لتحسين وتطوير وإدارة مصادر المياه مراقبة دورية . وتحديد الزيادة في استعمال المياه في مجال الري . وهنا يمكن تحسين دقة التصنيف بما يلي :

1 - دمج معطيات صور الأقمار الصناعية مع المعطيات الطبوغرافية ، وتصحيح قيم كمية الإشعاع في معطيات الأقمار الصناعية بالنسبة لميل سطح الأرض .

2 - دمج معطيات صور الأقمار الصناعية للمنطقة ذاتها في أوقات مختلفة من السنة . وهنا يتم استخدام 8 أغطية طيفية لمعطيات القمر الصناعي لاندسات للتصنيف الآلي بدلاً من القنوات الأربعة .

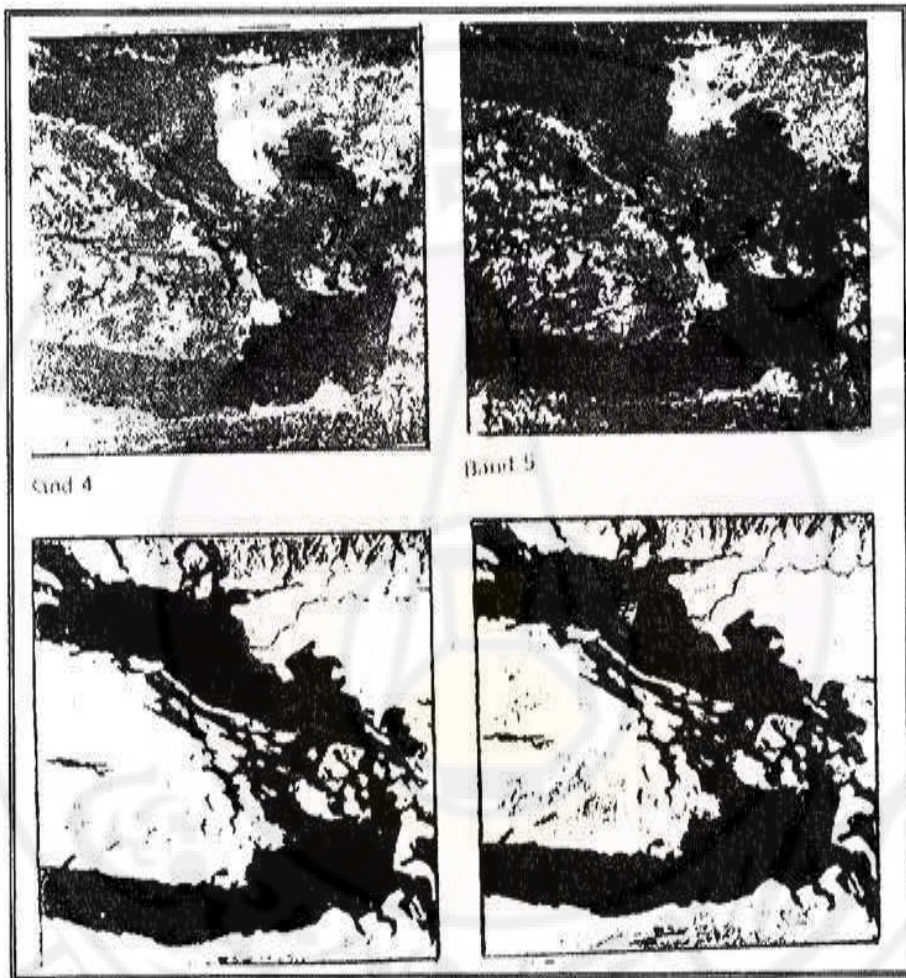
- 3 - التطبيق والتصنيف المنفصل لأنواع متشابهة طيفياً للغطاء الأرضي.
 - 4 - تصحيح معطيات القمر الصناعي لاندسات للظروف والشروط الجوية والأشعة الشمسية.
 - 5 - استخدام كلا النوعين من طرق المعالجة الآلية وطرق التفسير اليدوي للحصول على فوائد ومحاسن كل إجراء.
 - 12 - تقييم النسبة المئوية لمناطق الأراضي الكريمة. وجرى مساحات مصادر الرسوبات وتحديد مواقع المواد الملوثة اللافتية:
- ويتم باستخدام صور الأقمار من نوع سبوت ولاندسات. وهنا نحتاج إلى معلومات من أجل التحقق الأرضي المحلي للوصول إلى دقة تزيد عن 90 % للتصنيف في المستوى .
- وأخيراً ومن خلال ما تم شرحه أعلاه نجد أن الاستشعار عن بعد (RS) يمكن أن يطبق لدراسة كافة أجزاء الدورة الهيدرولوجية، فمن خلاله نستطيع القيام بتطوير وتحسين الطرق الخاصة بتقدير الهائل المطري، ودراسة ذوبان الثلوج، والجريان المائي السطحي، ودراسة التبخر في الجو، ودراسة العكر المائي، والرطوبة في التربة أيضاً، وهناك تطبيقات أخرى حديثة، تشمل الكشف عن الجليد المظмор في المناطق القطبية، وحساب حجم المياه في البحيرات ودراسة شكل الجداول والأنهار في المناطق المدارية، كذلك هناك طرق عديدة لحساب الموازنة المائية الهيدرولوجية للأرض، وطريقة لفهم وتوزيع وحركة جليد البحار، وتحسين الدقة في التصنيف الخاص بالغطاء الأرضي وذلك عن طريق دمج معطيات (RS) حول التربة مع المعطيات الطبوغرافية ومعطيات (GIS) بالإضافة إلى معطيات الأجهزة المساعدة

وغير ذلك من التطبيقات التكنولوجية الحديثة الأشكال (6 - 35)
و (6 - 36) .



Landsat MSS Band 7 Images 1\1000.000 South Western

الشكل (6 - 35)



الشكل (6 - 36)

6-8 - تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد في الدراسات الهيدروجيولوجية :

يمكن استخدام تقنيات (RS) في التنقيب عن المياه الجوفية وتعتمد بالدرجة الأولى على معرفة قوانين تشكل المياه وتوزعها وانتشارها. يمكن أن نطلق مصطلح مكن المياه الجوفية على تلك القطاعات من القسم العلوي للقشرة الأرضية، والممتدة لمساحات واسعة، وذلك تحت تأثير العوامل الطبيعية والاصطناعية، والتي تكون أماكن ملائمة لتجمع كميات كبيرة من المياه الجوفية، كافية للاستخدامات الاقتصادية المختلفة، وتقسم مكامن المياه الجوفية إلى عدة نماذج (حسب أماكن تواجدها) وذلك حسب علاقتها وارتباطها مع البنية الجيولوجية والجغرافية والجيومورفولوجية. ويمكن أن نذكر الأماكن الأساسية التي يمكن أن تتجمع فيها المياه الجوفية العذبة : في الأودية النهرية الجافة والمستمرة الجريان، الأودية القديمة والحديثة، والأحواض الارتوازية، والمراوح اللحية والمناطق المكرسة، والمنخفضات البين جبلية، والبنيات التكتونية، بالإضافة إلى النطاقات والقطاعات الأرضية ذات الشقوق والتصدعات العالية، والكتل والمعقدات الرملية الصحراوية وشبه الصحراوية، وبين المورينات في التوضعات الجليدية، ومناطق التجلد الدائم.

هذا ويمكن تقسيم أحواض المياه الجوفية من حيث احتياطياتها إلى ثلاثة أنواع:

- 1 - أحواض مياه جوفية سطحية تتوضع أغلب الأحيان بالقرب من السطح، ويمكن كشفها وتحديدتها بسهولة على الصور الفضائية عشرات الأمتار.
- 2 - أحواض مياه جوفية متوسطة المساحة والحجم.
- 3 - أحواض مياه جوفية صغيرة الحجم والمساحة.

يعتمد استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد من أجل البحث والتنقيب عن المياه الجوفية على عدة قوانين نذكر منها :

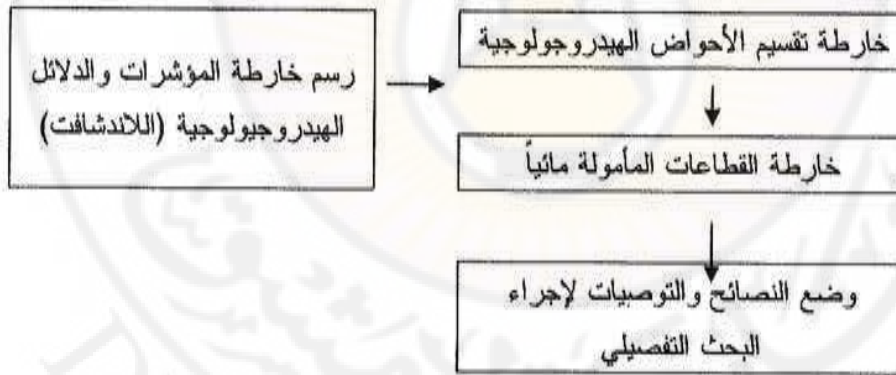
- 1 - يجب دراسة ومعرفة قوانين توزيع وتشكل أحواض المياه الجوفية.
 - 2 - تفسير المؤشرات الدالة على أماكن تواجد المياه الجوفية.
- يقصد بقوانين التوزيع والتشكل، ذلك التوزيع المكاني والزمني الثابت والارتباط المنشأ للمياه الجوفية مع البنيات الجيولوجية والمعقدات الطبيعية الأرضية لمختلف المستويات. وبناءً على هذه العلاقات، تتكون لدينا مجموعة من المؤشرات الهيدروجيولوجية، التي تعتبر أساساً هاماً من أجل تفسير الصور الجوية والفضائية في هذا المجال.

كما وتلعب الخريطة الهيدروديناميكية دوراً أساسياً في هذه الدراسات فهي تحمل معلومات كثيرة ومن خلالها يمكن أن نقوم بتحديد مناطق التغذية الإقليمية والمحلية بالإضافة إلى تحديد مناطق النقل (الترازيت) والصرف، ويمكن أن تتضمن معلومات عن تغير خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية، مثل التركيب الكيميائي، ودرجة الملوحة، وعمق التوضع وأمور كثيرة أخرى.

إن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الدراسات الهيدروجيولوجية يتم على عدة مراحل، ففي المرحلة الأولى من البحث نقوم بدراسة إقليمية شاملة وعامة للبحث عن أماكن توزيع المياه وذلك باستخدام المؤشرات الدالة على وجودها (النباتات، شبكات التصريف ... رطوبة التربة ... الخ) أما المرحلة الثانية فنقوم بإجراء البحث التفصيلي عن أماكن توزيع المياه، حيث نكون في المرحلة الأولى قد حددنا مناطق الأمل عن وجود مياه أو عدمها حسب درجة مأموليتها. ويمكن ذكر الإجراءات اللازمة لدراسة المرحلتين.

I - المرحلة الأولى : تتضمن هذه المرحلة من البحث ما يلي :

- 1- رسم خارطة اللاندشافت (Landscap) (التضاريس الطبيعية الأرضية) وتضم هذه الخارطة كافة المؤشرات الهيدروجيولوجية المتواجدة في اللاندشافت.
- 2- رسم خارطة هيدروجيولوجية خاصة، وتتضمن هذه الخارطة تقسيم الأحواض الهيدروجيولوجية، ومسح هيدروجيولوجي شامل للمنطقة موضوع البحث.
- 3- رسم خارطة القطاعات الأرضية المأمولة للبحث عن المياه الجوفية، وحسب درجات أمل وجود المياه فيها منطقة أمل رقم (1) ورقم (2) الخ
- 4- وضع النصائح والتوصيات من أجل إجراء البحث التفصيلي عن المياه الجوفية.



(شكل 6 - 37) مخطط يوضح استخدام الطرق الجوية والفضائية أثناء البحث الإقليمي عن المياه الجوفية .

II – المرحلة الثانية : مرحلة البحث التفصيلي عن المياه الجوفية

باستخدام (RS) :

يتميز البحث التفصيلي عن المياه الجوفية بالاستخدام الخاص للصور الجوية والفضائية ونذكر من هذه الميزات ما يلي:

1 – درجة الدقة في التفسير والدراسة، والتي يجب أن تكون كافية لتحديد محيط نقاط المراقبة والتفتيش على الأرض .

2 – يجب أن تكون المساحات المدروسة تفصيلياً صغيرة.

3 – الأخذ بعين الاعتبار، الأوضاع الجيولوجية والتضاريس (اللاندشافت) والمتشابهة نسبياً بخصائصها، التي يمكن أن تتجمع فيها كميات مائية.

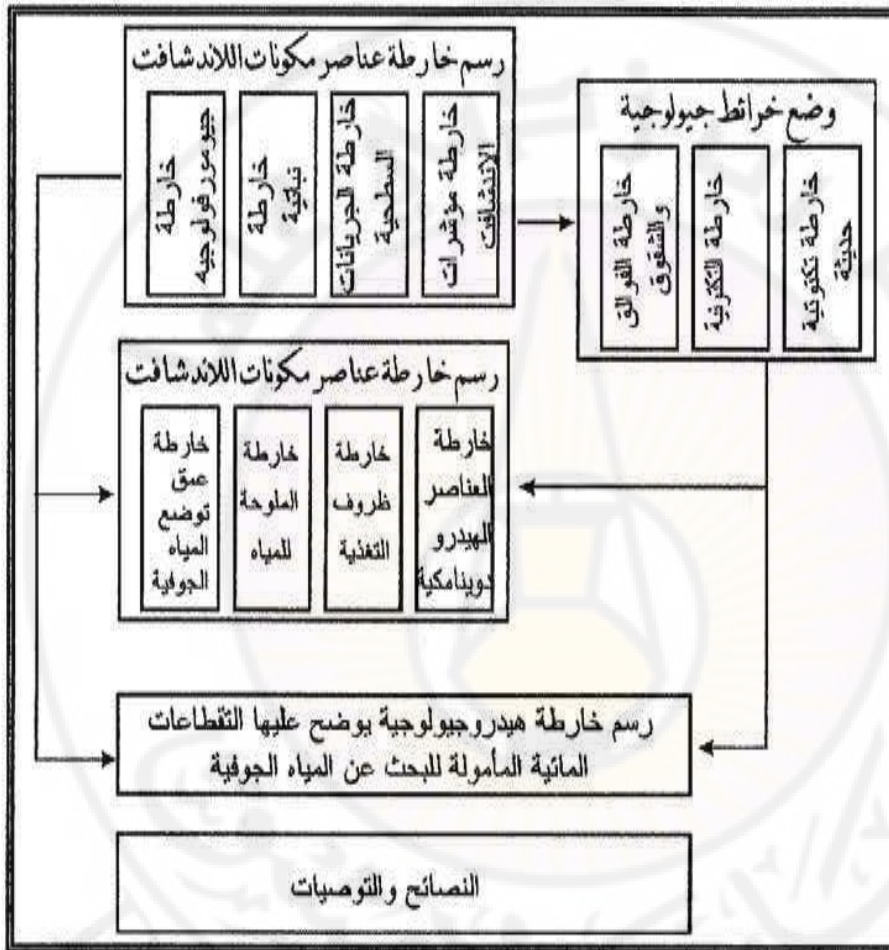
وباستخدام الصور الجوية والفضائية أثناء البحث التفصيلي عن أماكن تجمع المياه الجوفية يمكن أن نحدد بعض المسائل الأساسية التي يمكن حلها بمساعدة هذه التقنيات نذكر منها:

1 – البحث عن القطاعات التي تنتشر فيها الصخور الأم والمتشابهة إلى حد كبير بخصائصها الفيزيائية والكيميائية والمنشائية ... الخ .

2 – تحديد مناطق أصغر مساحة في القطاعات المحددة سابقاً بالدراسات الإقليمية يمكن أن تكون مناطق أمل وإجراء دراسات تفصيلية لاحقة.

3 – تقدير عمق توضع المياه وعناصر التوازن المائي للمياه الجوفية .

وبين الشكل (6-38) مخطط استخدام الطرق الجوية والفضائية أثناء البحث التفصيلي عن المياه الجوفية، موضحاً عليه أنواع الخرائط التي يمكن رسمها باستخدام تقنيات (RS) .



الشكل 6 - 38 مخطط استخدام الطرق الجوفية والفضائية أثناء إجراء البحث التفصيلي عن المياه الجوفية

ويمكن إيراد بعض تطبيقات الاستشعار عن بعد في بعض الأماكن التي تم ذكرها، مثل : المياه الجوفية في الأودية النهرية (القديمة والحديثة)، والمياه الجوفية في الكتل والمعقدات الرملية، ونطاقات الشقوق والفوالق الحاملة والمشبعة بالمياه الجوفية في المراوح اللحيقية، والمياه في مناطق انتشار الكارست...الخ. ونذكر منها :

1 - يمكن الكشف عن البنيات الجيولوجية الإقليمية في أي منطقة ورسم حدودها ونستخدم في هذا المجال صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات، والموزاييك المركب الناتج عن الصور لدراسة البنية الجيولوجية الإقليمية لمنطقة ما، بالإضافة إلى صور الأرصاد الجوية لدراسة البنية الجيولوجية للقارات، وتستخدم معطيات الأقمار المذكورة بشكل واسع لدراسة المياه الجوفية، ويجب أن ينتج عن التفسيرات المطبقة فهم أفضل وأوضح للعمليات التكتونية والديابيزية التحولية وكذلك الحال بالنسبة لتأثير العمليات التي تؤدي إلى وجود المياه الجوفية في منطقة ما وحركتها من مكان لآخر.

2 - التنقيب عن المياه الجوفية الضحلة (القليلة العمق) وذلك بتفسير الأشكال المورفولوجية على سطح الأرض وأنماط شبكات التصريف المائية والبنية والكثافة الخاصة بهذه الأنماط، ومن خلال أنواع النباتات وأشكالها وأنماطها (وقد ورد هذا في المخطط التفصيلي المرفق) ويمكن تنفيذ هذه الدراسات وذلك عن طريق صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات وموزاييكها (الصور الفسيفسائية المركبة) وتستخدم هذه الطريقة في كثير من مناطق العالم. كما تستخدم الصور الحرارية.

3 - تقييم ملوحة المياه الجوفية الضحلة، من خلال القشرة الملحية ومواقعها ومواقعها، ونوعها، ومن خلال كثافة النباتات، ويتم هذا باستخدام

صور اللاندسات (Landsat) ومعطياتها الرقمية بالإضافة إلى بعض القياسات الأرضية والملاحظات الحقلية والتحقق الأرضي مطلوب في هذا المجال من الدراسات .

4 — الكشف عن التسربات المائية الجوفية الضخمة وكذلك عن المياه الجوفية الحارة (الجيوثرمالية) من خلال أنماط وأشكال ذوبان الثلوج الشاذة. وتستخدم في هذا المجال صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات ومعطياتها الرقمية. وهنا تتوضح أيضاً أنماط وأشكال الذوبان النتيجة المتكاملة لكافة المصادر الحرارية في المنطقة والتي تشمل التدفق والجريان الحراري للأرض ووجود مياه جوفية على أعماق ضحلة .

5 — المياه الجوفية في مناطق انتشار الكارست والصخور الكلسية والتوضعات الجليدية في الأراضي الكلسية :

يمكن فهم المشاكل المائية في الأراضي الكلسية عندما نفهم التضاريس وأشكالها بصورة تامة إذ لا يتباين صخر في قدرته على إعطاء الماء أكثر من الصخر الكلسي، وذلك لأن نفوذية الصخر الكلسي رئيسية من ناحية وثنائية أو مكتسبة من ناحية أخرى.

تعتمد النفوذية الأولية على وجود قنوات (فراغات) أولية تربط داخلياً بين التوضعات الكلسية التي يتكون منها الصخر. وتنتج النفوذية الثانوية من الفواصل والشقوق التكتونية التي تكونت بتأثير عمليات تكتونية (العمليات الباطنية أو الداخلية) . ومن فتحات ثانوية تكونت بواسطة انحلال الصخور الكلسية على طول الفواصل وسطوح الطبقات .

إن فتحات الانحلال بنفوذيتها المتزايدة ذات أهمية ليس في الطبوغرافيا الحالية فحسب بل في معالم الكارست المطمورة أيضاً. وبالتالي فإن إمكانية

التعرف على طبوغرافيا الكارست القديمة المطمورة حالياً تصبح مهمة في تقدير احتمالات الحصول على المياه في بعض المناطق. إذ أن مثل هذه الأراضي التي انخفضت دون مستوى المياه الباطنية ذات مورد مائي ثابت يعطي كميات كبيرة من المياه، والذي يحدد أفضل مورد للمياه الجوفية في أراضي الكارست هو مدى تطور الكارست في منطقة معينة.

ففي المراحل الأولى من تطور الكارست. نلاحظ أن تحول الجريان السطحي إلى مجاري باطنية لم يتقدم كثيراً بعد. ولكن عند تقدم الدورة الكارستية تتحول نسبة متزايدة من الجريان السطحي إلى ممرات الانحلال المفتوحة وتصبح الأنهار السطحية قليلة العدد ووقتية في الغالب. عندئذ تصبح ينابيع الكارست مصدراً رئيساً للمياه. وفي الواقع إن كثيراً من الينابيع في بعض مناطق سوريا هي من هذا النوع (نهر العاصي من سلسلة جبال لبنان، وينابيع السلسلة الساحلية.) ومن المهم أن نحدد مصدر الينابيع وذلك بوضع بعض المواد الملونة (كالفلورسين) في الماء، الذي يدخل الحفر الغائرة وحفر الابتلاع المجاورة وإجراء اختبارات في مختلف الينابيع لتحديد مصدر تغذيتها بالماء. وإن معرفة البنية الجيولوجية للمنطقة ضرورية هنا لأن الماء السطحي يتحرك بسهولة أكثر من اتجاه الانحدار الإقليمي للطبقات من حركته عكس الميل. أما في مناطق الجليديات فيتم الحصول على المياه الباطنية في أمريكا الشمالية من التوضعات الجليدية، وتعتمد امكانية الحصول على كميات كبيرة من المياه الباطنية في مناطق التعرية الجليدية على مدى معرفة أنواع التوضعات التي يمكن الحصول منها على مثل هذه الكميات. وبالإضافة إلى ذلك لا بد من فهم تاريخ المنطقة الجيولوجي في الأزمنة الجليدية والأزمنة التي سبقتها. وتعطي سهول الكسح الجليدي وتوضعات الوديان والحصى التي تفصل بين الطفل

الجليدي كميات كبيرة من الماء على الأكثر. كما أن الأودية المظمورة التي تكونت قبل وبعد الزحف الجليدي يمكن أن تكون مصدراً لكميات كبيرة من المياه الباطنية. ويمكن تنفيذ هذه الدراسات باستخدام صور لاندسات ومعطياتها الرقمية بالإضافة إلى الصور الحرارية. وبالنسبة لأماكن توضع المياه المذكورة أعلاه فلا داعي لشرحها لأنها موضوع كتاب منهجي كامل في هذا المجال.

6-9 - تطبيقات الاستشعار عن بعد في الجيولوجيا البيئية :

قبل البدء في تعريف الجيولوجيا البيئية والمجالات العلمية التي تدرسها لابد من تعريف البيئة وعلم البيئة، والتلوث، حيث تشكل هذه المحاور الثلاثة موضوع جيولوجيا البيئة.

— البيئة : هي الوسط الذي يعيش فيه الإنسان ويحصل على مقومات حياته ويمارس فيها علاقته مع الآخرين.

— علم البيئة : هو العلم الذي يهتم بدراسة التفاعل بين الكائن الحي والوسط الذي يعيش فيه.

— التلوث : تعني كلمة تلوث إدخال مواد ملوثة بالأنشطة الإنسانية إلى البيئة، مما يؤدي إلى عدد من التغيرات في الهواء الجوي والماء والأرض. وهناك تلوث يحدث نتيجة للأنشطة التي يمارسها الإنسان بهدف التنمية والبناء والاستثمار. وتلوث يحدث نتيجة كوارث طبيعية.

1 - علم الجيولوجيا البيئية :

يعتبر علم الجيولوجيا البيئية أحد الفروع الهامة في علم الجيولوجيا والذي يقوم بتوظيف المعلومات الجيولوجية في دراسة المشاكل البيئية الناتجة عن الكوارث الطبيعية مثل : الزلازل، والبراكين والفيضانات، والانزلاقات الأرضية بالإضافة إلى المشاكل البيئية الناتجة أثناء العمليات المنجمية واستخراج

الموارد والثروات الطبيعية المختلفة كما يمكن أن نذكر المشاكل البيئية الناتجة من الاختيار العشوائي لمواقع تصريف المخلفات والنفايات بأنواعها المختلفة (صناعية، زراعية، منجمية، حيوانية، بشرية ...)

2 - مجالات علم الجيولوجيا البيئية :

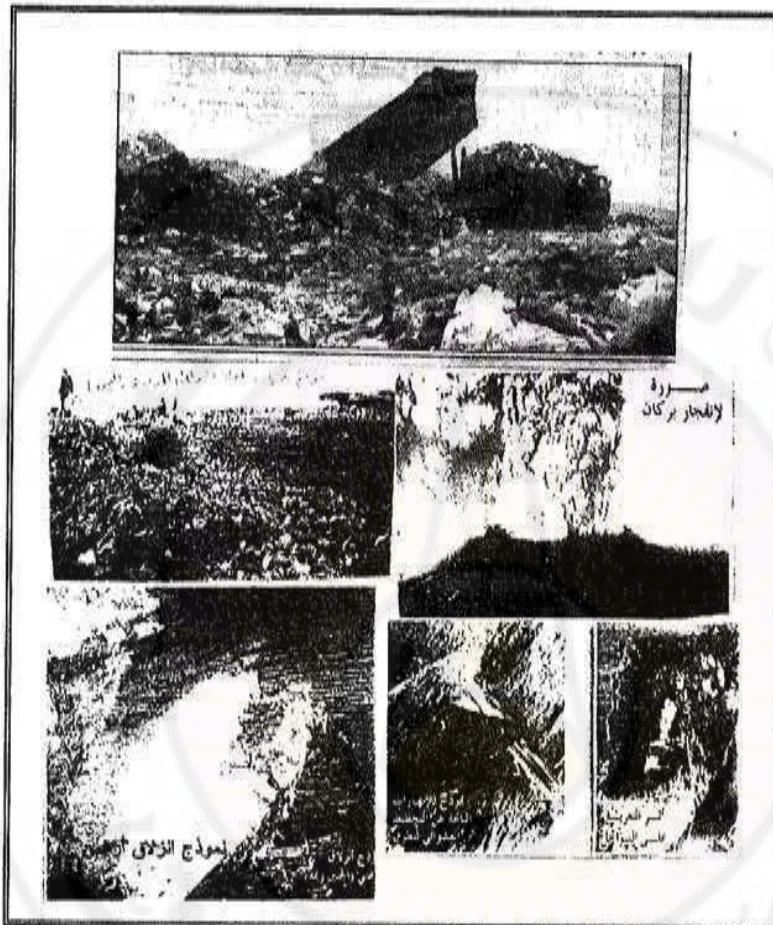
هناك عدة مجالات لعلم الجيولوجيا البيئية سنورد باختصار شديد بعضاً منها:

2 - 1 مجال تنفيذ الخرائط الجيولوجية :

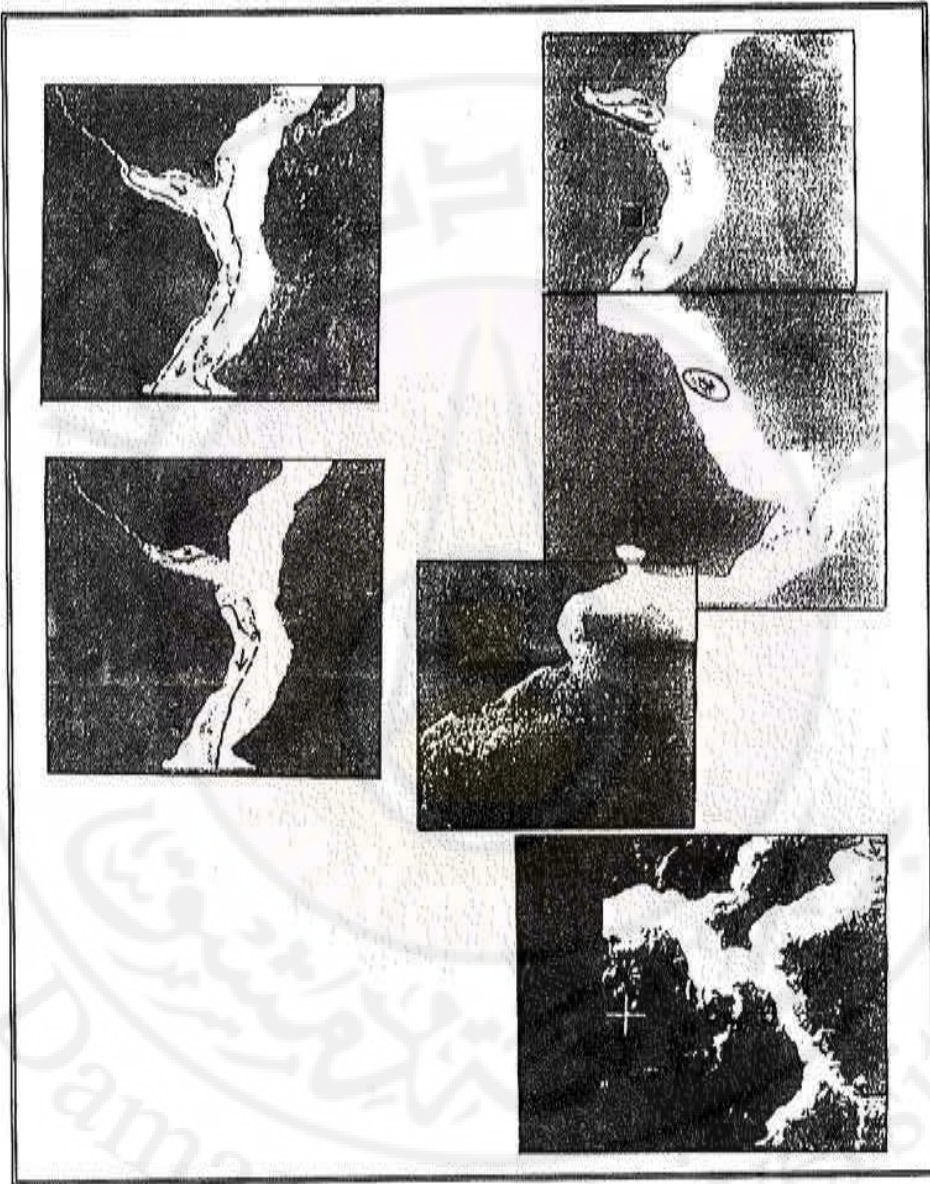
ويهتم هذا المجال بتنفيذ ورسم الخرائط الجيوببيئية، حيث يمكن أن تعطي مثل هذه الخرائط معلومات تفصيلية للمناطق المراد دراستها، ويتم اختيارها حسب أهميتها واستغلالها كمناطق توسع عمراني، أو مناطق سياحية، ومدن صناعية، ومناطق استثمار منجمي.....الخ وتشمل الخرائط الجيوببيئية مجموعة من الخرائط منها :

- 1 - الخرائط الجيوهندسية .
- 4 - خارطة الخامات المعدنية واللامعدنية .
- 2 - خرائط التربة .
- 5 - خارطة تتضمن أهم مصادر التلوث .
- 3 - خارطة المصادر المائية .

وبعد إسقاط كافة النتائج والبيانات على الخرائط المتنوعة المذكورة، تعطى أولويات العمل لمناطق البناء والتوسع العمراني، والزراعي، والمشاريع الاستثمارية، وأماكن تواجد المياه ومواقع توزيع الخامات والثروات الطبيعية وتحديد صلاحية هذا الموقع أو ذاك من عدم صلاحيته لقيام وتنفيذ مشروع ما .

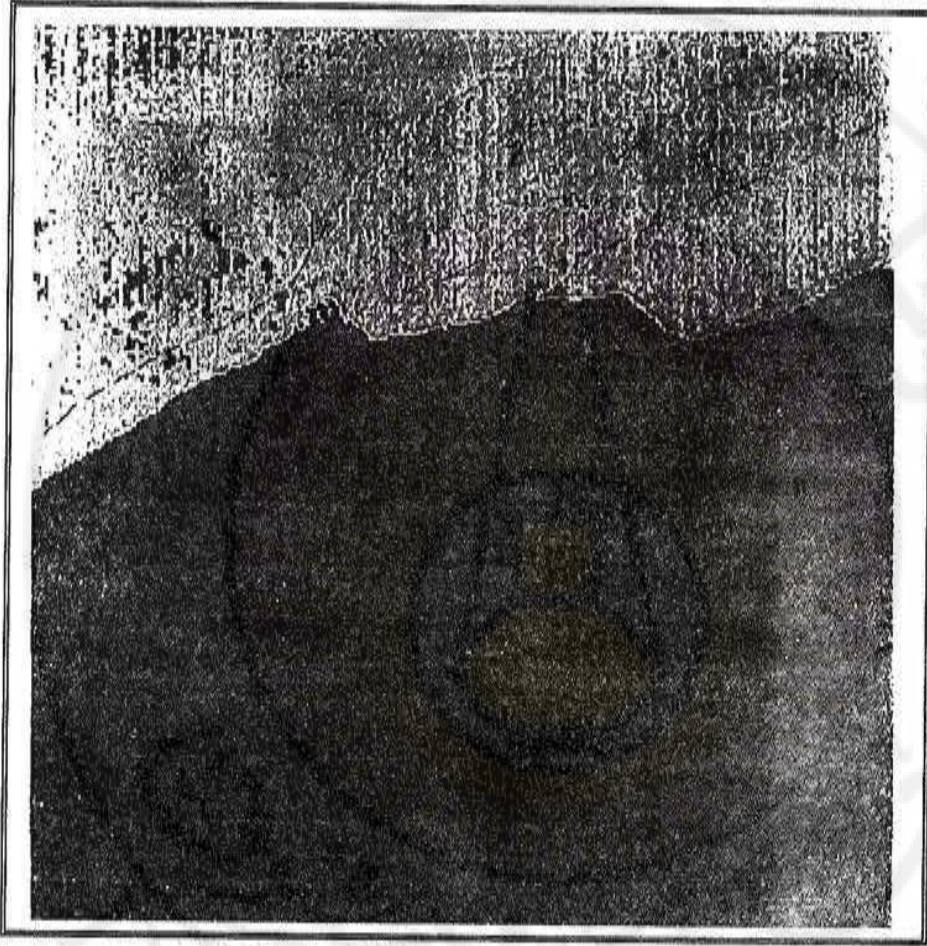


(A)
الشكل (6 - 39 A, B, C)



(B)

مسارات المياه الحارة التي تحمل معها مواد كيميائية (الألوان البيضاء المحاطة
بخط منقط) ومستمر (أماكن الأسهم)



(C)

صورة فضائية معالجة من نوع TM باستخدام أسلوب الـ **Masj** تبين وجود حالات التلوث باللون الرمادي المبرقش الصورة الناتجة عن المواد الفوسفاتية المتسربة إلى المياه الشاطئية خلال تحميل خامات الفوسفات في الموانئ البحرية (اللون الأسود : اليابسة . اللون الرمادي : مياه البحر . اللون الأبيض : الممتد على طول خط الشاطئ) (الأبيض المتعرج) مياه شاطئية ضخمة العمق الأرقام 1 و 2 على شكل هالة **Plume** يدل على انتشار آثار التلوث بالمواد الفوسفاتية.

2-2 - مجال العمليات الاستخراجية للثروات الطبيعية (الأعمال المنجمية) :

ويهتم هذا المجال بوضع دراسات جيوبئية للمواقع المراد استغلالها وتقييمها بيئياً ووضع الحلول المناسبة لها لضمان حماية البيئة من التلوث، والموارد الطبيعية من خطر الهدر العشوائي لها ويمكن على سبيل المثال لا الحصر أن نذكر : المقالع التابعة لمصانع الإسمنت وأعمال استخراج المواد الأولية المستخدمة في صناعة الأسمنت، فهناك مقالع الحجر الكلسي وما تنثيره من غبار وبقايا مواد ضارة، ومقالع الغضار، ومقالع البازلت ، والحجر الرملي، والحصى.....الخ والأعمال المنجمية في مناجم الفوسفات، ومقالع الرخام، ومناجم الملح. وهناك أمثلة كثيرة .

2 - 3 - مجال دراسة الكوارث الطبيعية والآثار الناجمة عنها :

يهتم هذا المجال بدراسة الكوارث والتعرف عليها وما يصاحبها من مخاطر وآثار وتدمير وتلوث للبيئة بشكل عام وإيجاد الحلول المناسبة للتخفيف من مخاطرها . ويمكن أن نذكر على سبيل المثال : الزلازل، والنشاطات البركانية، الانزلاقات والانهيارات الأرضية، والفيضانات، وعمليات التعرية بكافة أنواعها وأشكالها المؤثرة على المظاهر الطبيعية، والسواحل البحرية، والتصحّر.....الخ .

2-4 - مجال دراسة مواقع تصريف المخلفات (صناعية، زراعية، حيوانية، بشرية منجمية...الخ) :

يهتم هذا المجال بدراسة واختيار المواقع المناسبة لتصريف المخلفات بأنواعها الصلبة والسائلة والإشعاعية وذلك لتلافي المخاطر البيئية من جراء التصريف العشوائي لهذه المخلفات .



الفصل السابع ...

نظام المعلومات الجغرافي (GIS) ونظم تحديد المواقع على سطح الأرض (GPS)

Geographic Information System GIS and GPS

7-1 - نظام المعلومات الجغرافي (GIS) :

إن المعلومات التي يتم الحصول عليها من عمليات تفسير الصور الجوية والفضائية توضع في معظم الحالات، " بشكل خارطة " . ويشير هذا إلى رغبة مدير المشروع عادة في أن يعرض المعلومات التي حصل عليها وأن يحللها بإطار مكاني. وقد لا يتطلب ذلك أكثر من تحويل المعلومات المكتسبة يدوياً، إلى خرائط طبوغرافية بالاستعانة بالمسطرة أو أدوات بسيطة أخرى. وهكذا تقدم الخارطة المعطيات المفسرة في إطار جغرافي.

وقد يُطلب أحياناً، إضافة إلى وضع المعطيات بشكل خرائط، ربط المعالم المتعددة للموارد على أساس موحد. وتوضيحاً لذلك نبحث في المعلومات التي يحتاج إليها الهيدرولوجي الذي يرغب في دراسة الانجراف والترسيب في أماكن تجمع الأمطار. والمهم في مثل هذه التطبيقات، أن نستطيع تحديد المصادر المحتملة للرواسب. ويتطلب هذا التحديد على الأقل دراسة الانحدار الطبوغرافي وقابلية التربة للانجراف وخصائص جريان المياه السطحية على كامل منطقة تجمع المياه. فوجود الخرائط الطبوغرافية لأماكن تجمع المياه (مياه الأمطار) والخرائط المفصلة لتربيته وخرائط غطاء الأرض يوفر المعطيات الأولية اللازمة للدراسة. وكثيراً ما تختلف مع ذلك، مقاييس الخرائط بعضها عن بعض.

ويحتاج المحلل، إضافة إلى حله مشكلة المقياس هذه، إلى معلومات يستمدّها من كل من خرائط المصادر المتوفرة، بدلاً من المعطيات الأصلية التي تم تسجيلها على الخارطة. أي إن معلومات " الانحدار " يجب استخلاصها من معلومات " خطوط أو منحنيات التسوية " Contour " على الخارطة ومعلومات " قابلية انجراف التربة " تستنبط من " نوع التربة " و إمكانية الجريان السطحي من

غطاء الأرض (بما في ذلك عمليات إدارة الأراضي)، لذا لابد للهيدرولوجي، كي يتوصل إلى معلومات أساسية لتحليلها، أن يتحقق مما يلي :

1 - من أجل كل مصدر من مصادر المعلومات، أن يتم وصل الخرائط التي تغطي أماكن تجمع مياه الأمطار بعضها مع بعض بعناية لتكون خارطة كبيرة واحدة لكل نوع من المعطيات (خطوط أو منحنيات التسوية، التربة، غطاء الأرض). ثم تخطط حدود مناطق تجمع مياه الأمطار على كل خارطة معلومات ثم تحول إلى مقياس واحد، إما بإعادة رسمها أو بإعادة تصويرها.

2 - تستخلص فيما بعد المعلومات الضرورية من خرائط المصدر، إذ يحدد الانحدار من خطوط التسوية الموجودة على الخارطة الطبوغرافية، وتستخلص قابلية انجراف التربة من خارطة التربة ومن جدول يتضمن قابلية انجراف كل نوع من أنواع التربة وتستخلص إمكانية الجريان من خارطة غطاء الأرض باستخدام جدول يتضمن معدلات الجريان لكل نوع من أنواع الغطاء.

أي تحديد شبكات التصريف المائية ونماذجها ودرجاتها، لأن كل نموذج من شبكات التصريف المائية يحدد نوع معين من الصخور.

3 - يقوم المحلل بعد ذلك " بإدماج " المجموعات الثلاث من المعلومات التي استنتجها. وهذا يتضمن ربط مجموعات المعلومات لكل مناطق تجمع مياه الأمطار بعضها ببعض، لتحديد المناطق التي تشير مجموع خصائصها إلى الإمكانية العالية لانجراف تربتها : مثل الانحدارات الشديدة وتركيبات التربة الشديدة الانجراف، وغطاء الأرض .

لقد كانت تنجز عملية إدماج المعلومات في الماضي بطريقة غطاء الخارطة الشفاف (ورقة شفافة overly Method Map)، إذ تحضر أولاً مجموعة من المعلومات التي تم استخلاصها، على صفحة خارطة شفافة. ويتم ترميز هذه الخرائط بشدات لونية رمادية تختلف بحسب درجة الحالة المدروسة أو شدتها. فالمنحدر الأشد ميلاً في منطقة ما، مثلاً، يرمز على غطاء الانحدار الشفاف بلون

أكثر قتامة. ثم تدمج العوامل الثلاثة بتركيب الأغشية الشفافة. وتشير أقدم المناطق على الخارطة المركبة إلى مجموعة العوامل التي تمثل أكثر المناطق احتمالاً لمصدر الرواسب.

والميزة الأساسية في طريقة غطاء الخارطة الشفاف هي عدم الحاجة للكثير من الأجهزة المتخصصة. لكن تعترضها بعض الصعوبات. فإرجاع المعطيات إلى مقياس وشكل موحدين واستخلاص الخصائص القابلة للتطبيق تستغرق زمناً طويلاً وتكلف مالياً كثيراً. وقد لا يكون بالإمكان تطبيق الأغشية الشفافة على دراسات أخرى لأنها قد صممت من أجل تحليل معين. وكما أن طريقة الغطاء الشفاف محدود المردود عندما تستخدم للموازنة التفريقية بين العوامل المختلفة في مجال النمذجة Mode Ling. ويصعب أخيراً تحويل نتائج تحليل الغطاء الشفاف إلى معطيات رقمية، لأن الحساب اليدوي للمساحات على الخارطة المركبة يمكن أن يستغرق زمناً طويلاً.

وقد تقلصت مصاعب طريقة الغطاء الشفاف اليدوية كثيراً بترميز معلومات الأراضي بالحاسوب فالمعطيات المتعلقة بالأرض والمسجلة بحسب الموقع تسمى معطيات أرضية مرجعية. Geo - Referenced أو معطيات أرضية مرمزة Geo - Coded وقد تكون مواصفات الموقع في مثل هذه المعطيات بسيطة جداً، وكان تكون مثلاً عنوان شارع، ولكنها قد تكون معقدة جداً، مثل مرجع المسح الجيوديزي Geodetic Survey Reference. وتدعى هذه المجموعة من المعطيات المرتبة حسب المكان الملف الأرضي المعتمد على الأرض geo - based ويدعى النظام المصمم ل تخزين هذه المعلومات ومعالجتها وعرضها، نظام المعلومات الجغرافي (GIS) geographic Information System . ويعتمد هذا النظام عادة على الحواسيب. ويضم الشكل (7-1) بعض الأنماط المتعددة للمعطيات التي يمكن أن يتضمنها نظام المعلومات الجغرافي.

لاحظ أنه لا بد لدعم عملية النمذجة المتنوعة أن يكون نظام المعلومات الجغرافي قادراً على تداول كل من المعطيات المكانية والمعطيات الوصفية أو الخاصة المتعلقة بالمعالم.

الشكل (7-1) : يبين أمثلة لأنماط المعطيات التي يمكن تطبيقها في نظام المعلومات الجغرافية (مع أمثلة من معلومات يمكن استخلاصها موضوعاً بين قوسين).

أ - معالم مساحية:

- 1 - ارتفاع التضاريس (الانحدار ، المظهر)
- 2 - أنماط الترب (النفاذية، التركيب، العمق، الإمكانية الزراعية).
- 3 - غطاء الأرض (إمكانية الجريان، موطن الحياة البرية)
- 4 - جيولوجية صخر الأساس (الموارد المعدنية، الاستقرار)
- 5 - قطع ملكية الأراضي (استخدام الأراضي، قيمة الأراضي)
- 6 - الهيدرولوجيا السطحية (المياه المكشوفة، المستنقعات، سهول الفيضان)
- 7 - الهيدرولوجيا تحت السطحية (منطقة تزويد الطبقة المائية، مصادر المياه المحتملة)

- 8 - المناخ الإجمالي (درجات الحرارة، الهطول المطري)
- 9 - المناخ المحلي (جيوب الصقيع، مناطق الضباب)
- 10 - مناطق خاصة Zoning district (تقييدات استخدام الأراضي، مخططات استخدام الأراضي)

- 11 - مناطق المياه والمجاري (إمكانية الخدمات)
- 12 - كراسات الإحصاء (معطيات اجتماعية واقتصادية)

ب - معالم خطوية Lines :

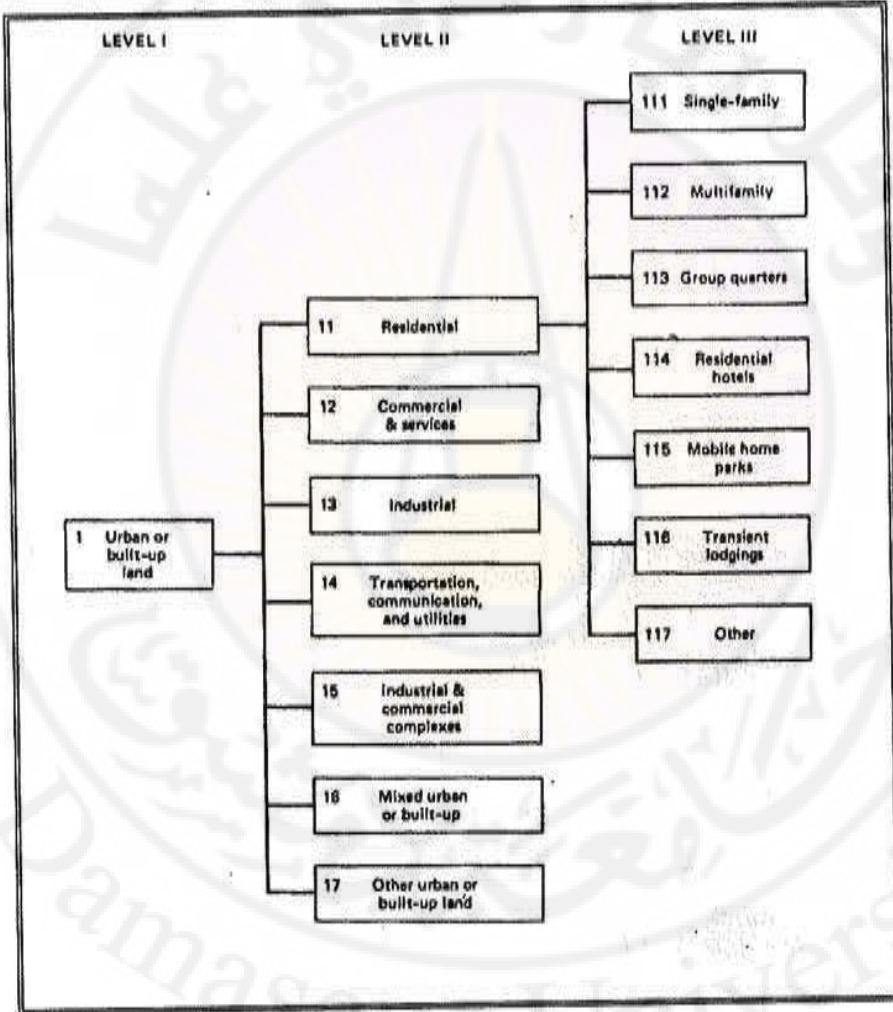
- 1 - شبكة النقل - (إمكانية الخدمة - السفر القريب)
- 2 - إمكانية الاستفادة (إمكانية الخدمة)
- 3 - مجاري المياه (قربها)

4 - الخط الشاطئي (الموارد الترفيهية)

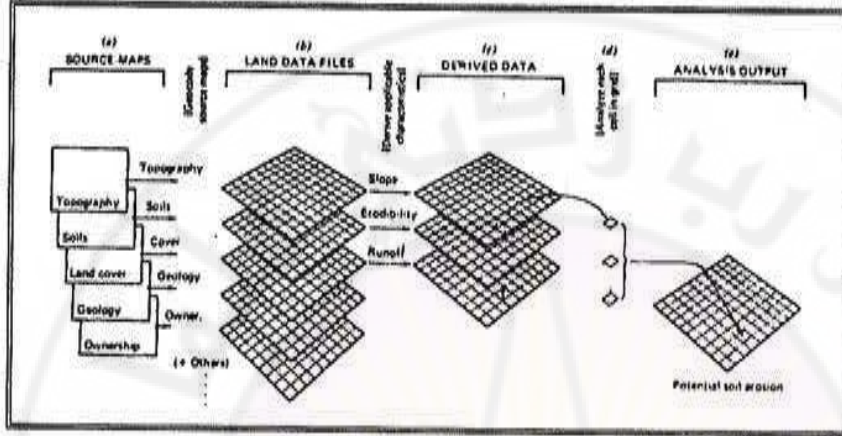
ج - معالم نقطية (متميزة) :

1 - الموقع التاريخية - مناطق طبيعية فريدة - العمليات المنجمية.

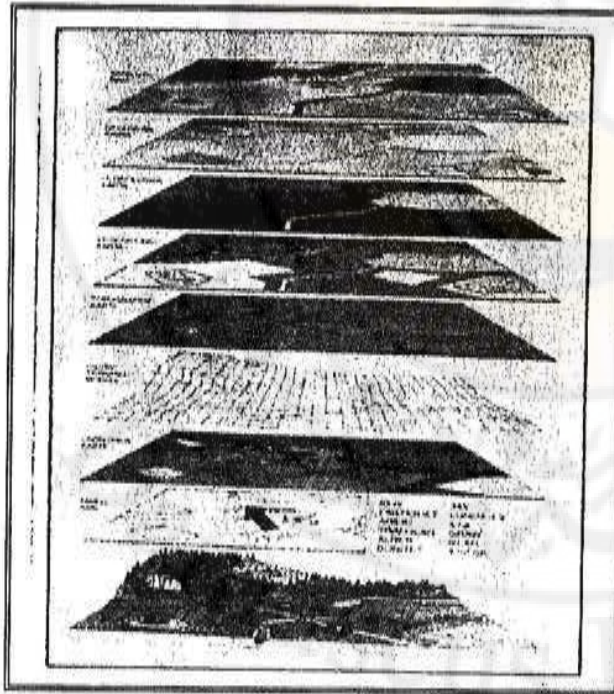
شكل 7 - 1 : مقاسات Format مرئيات التفسير الممثلة لمستويات تصنيف استخدام الأراضي وغطاء الأرض



الشكل (7 - 1) مثال عن نظم استخدام الأراضي وغطاء الأرض



الشكل 7 - 2 : طريقة التحليل باستخدام المعطيات الأرضية المرمزة . (A)



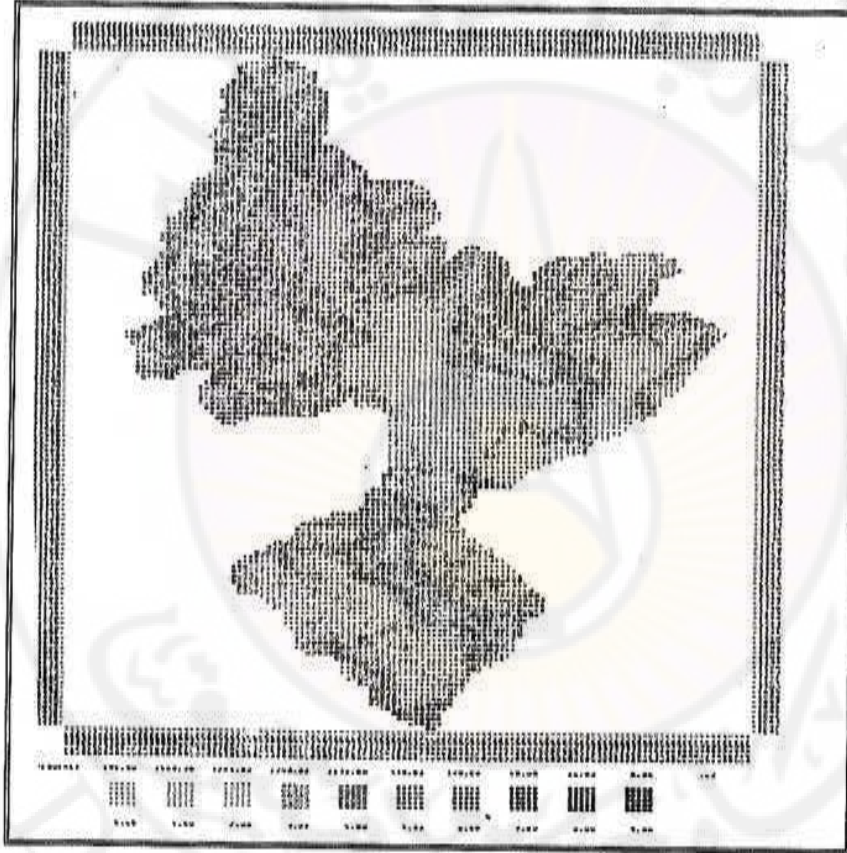
(B)

مجموعة مترابطة من مستويات المعلومات الهيدرولوجية والجيولوجية والتربة والارتفاعات والطرق والكارتوغرافيا النفس المنطقة والحصول على المنظر الشامل .

ويبين الشكل (7-2) فكرة إحدى الطرائق التي يحل بها الحاسوب المعطيات المرجعية في مثالنا المتعلق بدراسة احتمالية انجراف التربة. ففي هذا الرسم رُمزت خرائط المعطيات (a) بالحاسوب بالنسبة لشبكة (b) وترمز خرائط المعطيات بتسجيل مجموعة المعلومات في ملف غطاء التربة. ومتوسط الارتفاع من الملف الطبوغرافي. قد تكون عملية الترميز الأرضي للمعطيات Data Geocoding مرهقة وذات تكلفة عالية. إلا أنه إذا تم ذلك يصبح تحليل المعطيات المرمزة أمراً سريعاً ودقيقاً. وبهذه الخطوات المذكورة أعلاه تكون عملية مطابقة أنواع المعطيات قد تمت بترميز الخرائط على شبكة عامة. ويعد تفسير الخصائص المدروسة (الانحدار، وقابلية الانجراف، والجريان) ابتداء من المعطيات الأصلية عملية سهلة بالنسبة للحاسوب. ويتم تحليل الغطاء الشفاف أو التحليل المركب الناجم بتقدير قيم المعطيات الموجودة ضمن كل خلية في أرضية الشبكة المركبة. ويمكن إجراء دراسة ترجيحية من أجل زيادة شأن المتغيرات الأكثر أهمية. وغالباً ما تعرض مخرجات الشبكة الناشئة على أرضية شفافة ذات رموز مطبوعة تتناسب درجة قتامتها (كثافتها) مع قيم المخرجات. وفي هذه الحالة يمكن انتقاء نماذج أو طرز الرموز القائمة لتمثل أكثر المناطق المحتمل أنجرافها. ويمكن الحصول على المخرجات أيضاً على راسمة Line Plotter أو شاشة عرض ملونة أو مسجلة على فيلم دقيق.

وإضافة إلى المخرجات الرسومية يمكن تحويل نتائج التحليل بسهولة إلى قيم كمية، لأن الحاسوب يستطيع حساب المساحات بتعداد بسيط لخلايا الشبكة ثم تضرب النتيجة بمساحة كل خلية. وتحدد مواقع المناطق ذات الأهمية الخاصة من خلال عناوين خلايا الشبكة " grid Cell Addresses " وتمثل الأشكال (7-3) وحتى (7-6) مطبوعات Printouts حاسوبية، تبين طريقة التحليل المبينة في الشكل (7-2) وقد طبقت على أماكن تجمع مياه الأمطار في فيزانت برانش في

ويسكونسن وتبلغ مساحة هذا المستجمع 6136 هكتاراً، 75 % منها أراضي زراعية، و20 % أراضٍ مكشوفة غير زراعية (غابات، ومستنقعات، وأراضي مكشوفة أخرى) ، و5 % أراضي مطوّرة . ويحدث انجراف شديد للتربة في هذا المستجمع أثناء فترات سقوط الأمطار الغزيرة، وتقتلع كميات كبيرة من الغرين .



الشكل 7 - 3 مطبوعة حاسوبية تبين الاتحاد الطبوغرافي في مستجمع الأمطار في فيزانت برانش.
الرموز الأكثر تمثل المنحدرات الأكثر



الشكل 7 - 4 : مطبوعة حاسوبية تظهر قابلية الجراف التربة في مستجمع الأمطار في فيزيانت برانش. الرموز الأتقم تمثل الترب الأكثر قابلية للاتجراف



الشكل 7 - 5 مطبوعة حاسوبية تظهر امكانية الجريان في مستجمع الأمطار في فيزانت برانش.
الرموز الأتمة تمثل الجريان الأكثر احتمالاً



الشكل 7 - 6 مطبوعة حاسوبية تظهر امكانية انجراف التربة في مستجمع الأمطار في هيزانت برانش. تم الحصول على هذا التحليل المخرج بجمع الأشكال السابقة الثلاثة رقمياً . الأقطم تمثل انجراف التربة الأكثر احتمالاً.

والغضار من الأرض وتنقلها المجاري المائية لتصب في بحيرة مندوتا (Mendota) بشكل مواد صلبة معلقة والأشكال من (3-7) إلى (5-7) هي أمثلة للمعطيات التي تم الحصول عليها والتي نحصل منها على مخرجات التحليل analysis outputs (الشكل 6-7) فالشكل (3-7) يبين الانحدار الطبوغرافي في خلية لهكتار واحد ويعطينا الشكل (4-7) إمكانية الجريان. ويرمز كل نمط من هذه المعطيات، ثم تدخل إلى الحاسوب كواحدة من عشرة مجموعات (ترمز من 0 إلى 9) وتعرض مطبوعة الحاسوب المعطيات بشكل رموز مختلفة الكثافة. فالشكل (3-7) مثلاً. يبين النسبة المئوية للانحدار في كل خلية باستخدام الرمز " 0 " ليمثل انحداراً قدره 5 %، والرمز " + " يمثل انحداراً مقداره من 1 إلى 2 %، والرمز " - " يمثل انحداراً مقداره 3-4 %، وهكذا. من أجل السويات العشرة. وإن تكرر كل من معطيات هذه السويات في كل أنماط المعطيات الثلاثة (الأشكال 3-7) وحتى (5-7) إنما هو مثبت في مقابل عبارة "التردد Frequency أسفل المطبوعة الحاسوبية. فنشاهد مثلاً أن 195 هكتاراً من أرض المستجمع مستوية (انحدارها 0 %) و 1508 هكتاراً يتراوح انحدارها بين 1-2 % و 1281 هكتاراً يتراوح انحدارها بين 3-4 % وهكذا. أما الشكل (6-7) فقد تم الحصول عليه بإدماج قيم الأنماط الثلاثة من المعطيات (الانحدار الطبوغرافي وإمكانية الانجراف ، وإمكانية الجريان) في كل خلية على حدة وعرض النتيجة في مطبوعة طابعة حاسوب خطية بعشرة سويات. وتمثل الرموز الأفتح في الشكل (6-7) المناطق ذات الإمكانية القليلة لانجراف التربة، وأما الرموز الأغمق فتمثل المناطق ذات الإمكانية العالية لانجراف التربة. وقد منح كل من العناصر الثلاثة للمعطيات في هذا المثال، شأنًا واحدًا. ومع ذلك يمكن أن يكون لكل نمط من المعطيات أهميته الخاصة المختلفة.

وبدراسة الشكل (6-7) يمكن من يهيمه انجراف التربة في أماكن تجمع مياه الأمطار والترسيب الغريني في البحيرة، أن يحدد مواقع المناطق التي تعاني مشاكل الانجراف أكثر من غيرها . فكل خلية في بنك المعطيات لها موقع

جغرافي محدد بإحداثياته في نظام مركاتور للأحداثيات الجغرافية العالمية (توجد الأحداثيات على هيئة أعداد خماسية الأرقام ، وهي تشكل إطار المطبوعة). فإذا احتوت المعطيات الأساس على معلومات عن من يملك الأرض، أمكن معرفة مالكي الأراضي التي تعترضها أكبر المشاكل.

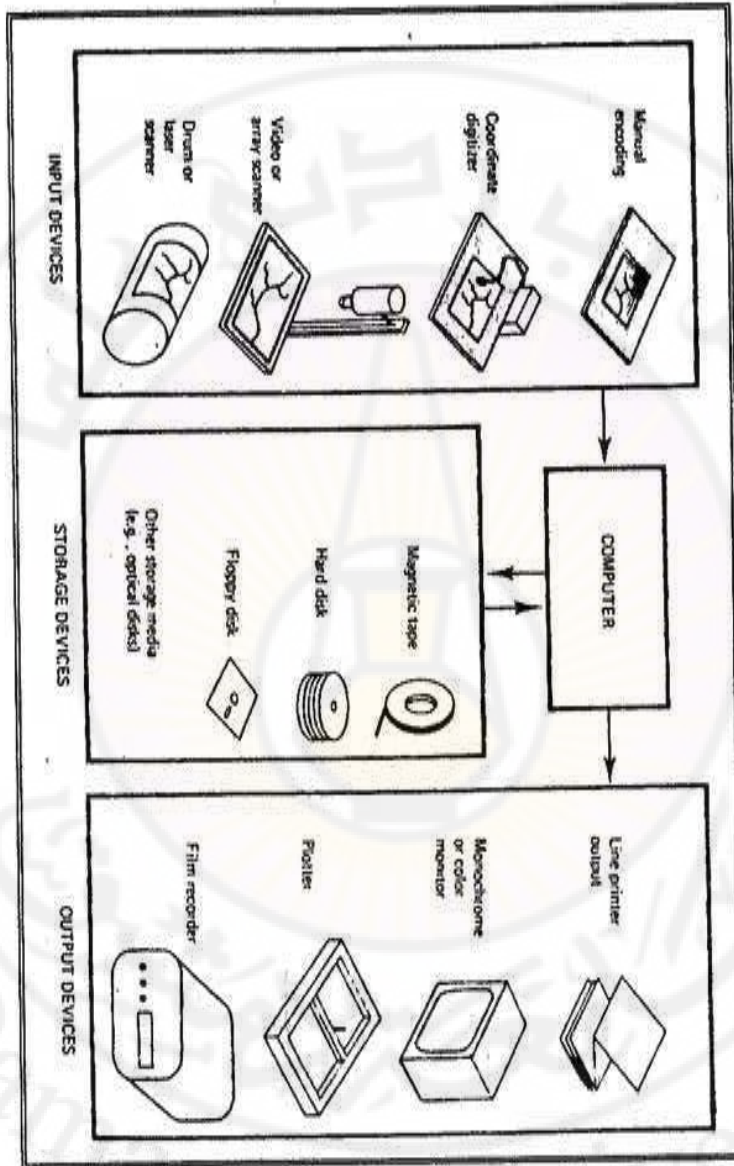
ويمكن تحليل المعطيات الأرضية المرمزة geo-coded data بأشكال أخرى كثيرة . فالحاسوب يمكنه مثلاً أن يرسم مشاهدة منظورية محاكية للمناطق ابتداءً من ملف المعطيات الطبوغرافي . ويمكن إضافة لذلك، إضافة غطاء الأرض أو معطياته مستشعرة عن بعد مأخوذة من ملف آخر إلى المشهد المنظوري وبهذه الطريقة يمكن تحليل تغيرات مقترحة في الغطاء النباتي أو في طبوغرافية الأرض، وذلك لتقويم الأثر البصري للتغيرات. وبالطريقة نفسها يمكن أن يحسب الحاسوب مشهداً أو منطقة ينظر إليها من نقطة معينة أو على طول طريق ما ، ابتداءً من معطيات طبوغرافية. وتفيد خرائط المشاهد، كثيراً في تقدير الأثر البصري للمعالم المقترحة مثل خطوط الطاقة أو المناجم المكشوفة.

إن عمليات التحليل التي يمكن إجراؤها على المعطيات الأرضية المرجعية لحدود لها في الواقع، من العدد أو الشكل أو التعقيد. ويمكن تقسيم هذه الأنشطة عامة إما إلى تحليل سطحي Surface analysis وإما إلى تحليل غطائي Overlay analysis فالتحليل السطحي يستلزم دراسة العلاقات المتبادلة بين عناصر المعطيات في طبقة معطيات واحدة. مثال ذلك: إن تجميع وتصنيف المعطيات الأولية للتربة إلى مجموعات تتعلق بقابلية التربة للانجراف هو أحد أشكال التحليل السطحي. أما تراكم معطيات الانحدار وقابلية التربة للانجراف وقابلية الجريان فهو شكل بسيط من أشكال التحليل الغطائي الشفاف. ويمكن القارئ أن يفكر في كثير من عمليات التحليل السطحي والتحليل الغطائي الشفاف الأخرى التي لها علاقة بالمجال الخاص المدروس. ويمكن في جميع الحالات أن نطلب من الحاسوب أن يجري مقارنات وحسابات لمجموعة معطيات متعددة المدخلات

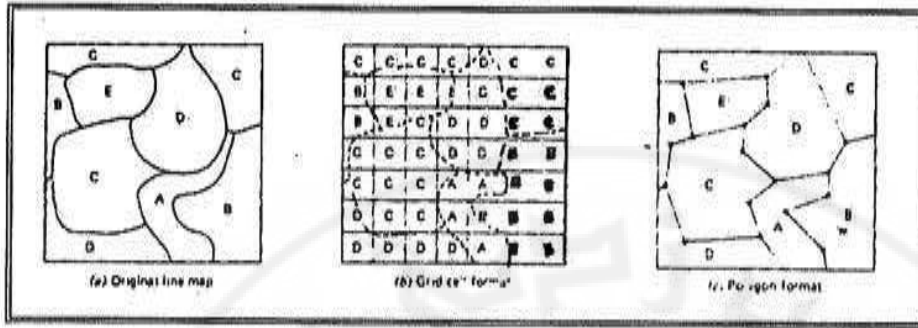
Multiple inputs التي قد تكون مرهقة جداً إذا استخدمت لإجرائها طرائق أخرى من التحليل. إضافة لذلك، فإنه يمكن تقدير كافة نتائج عمليات تحليل الحاسوب كمياً وتحديد موقعها مكانياً، إضافة إلى أنها قابلة للتعديل كلما توفرت المعطيات. وبسبب مرونة ودقة أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) التي تعتمد الحاسوب، فإنها تطبق في كثير من مشاريع إدارة الموارد. وتعد هذه الأنظمة نموذجية في تطبيقات كتحليل قدرة وملائمة الأراضي، وتقدير الأثر البيئي، واختيار المواقع الصناعية، ومواقع طرق النقل، وخطوط نقل الطاقة، وتحليل مواقع المقاسم (Subdivisions)، وتخطيط المناطق المكشوفة، وتحليل مواطن الحياة البرية، وتخطيط موارد المعادن وإدارة الأراضي والغابات. وبسبب الكلفة الأولية لعمليات الترميز الأرضية geo - coding فإن طريقة نظام المعلومات الجغرافي (GIS) ضرورة لا يمكن الاستغناء عنها في كثير من التطبيقات بسبب تزايد الضغوط على استخدام الموارد وإدارتها وجاهزية الحصول على الموارد الحاسوبية.

يوضح الشكل (7-7) بشكل تخطيطي، بعض الأجهزة المستخدمة في تحقيق نظام المعلومات الجغرافي، إذ تضم أجهزة مدخلات Input Devices تستخدم لترميز المعطيات التي ترد بشكل جداول أو خرائط وأجهزة تخزين المعطيات الرقمية، وأجهزة مخرجات رسومية graphic output devices . ويمكن استخدام الكثير من ترتيبات ترميز المعطيات data encoding formats بهدف الترميز الأرضي لمعطيات الأراضي geo - coding of land data وأهم ما يجب أخذه بالحسبان هو معرفة ما تتألف منه المعطيات أي مؤلفة من معالم نقطية (متميزة) point features أم خطوطية lines أو مساحية areal . ومن أمثلة المعالم النقطية نذكر المواقع التاريخية والمناطق الطبيعية الفريدة من نوعها وقد لا تأخذ هذه المواقع شكل " نقاط " إلا أن هذه المعالم تنفرد بمواقعها المتميزة جداً. أما المعالم الخطوطية، مثل خطوط النقل والقنوات المائية، فيمكن

ترميزها على هيئة سلسلة من القطع الخطوطية المستقيمة تدعى
" الوصلات links "



الشكل 7 - 7 الأجهزة الأساسية المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية



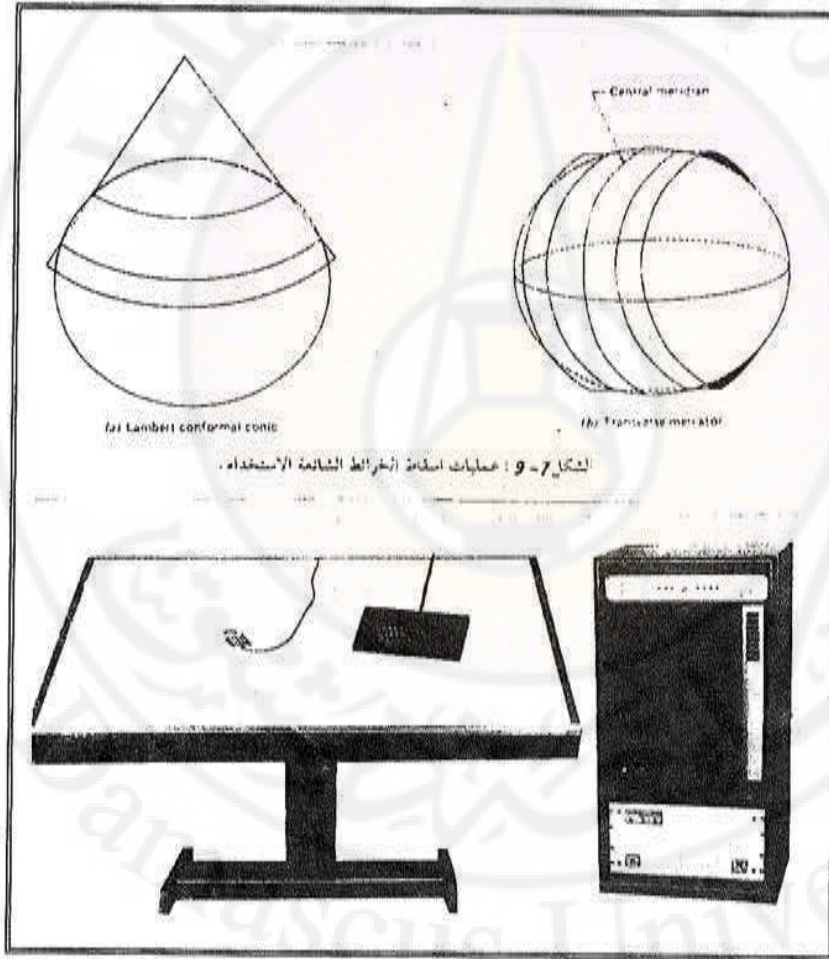
الشكل 7 - 8 : ترتيبات الترميز الشبكي والمضلعي

ويأخذ الكثير من معطيات الموارد شكلاً مساحياً. ويبين الشكل (7-8) اثنين من الترتيبات المستخدمة في ترميز المعطيات المساحية (a) أما الشكل (7-8 ، b) فيوضح ترتيب الشبكة الخلوية Grid Cell format أو شبكة تربيعية raster format التي كنا قد شرحناها في مثالنا. ونكرر فنقول إن الصنف السائد من المعلومات يسجل لكل خلية في مصفوفة المعطيات data matrix . ويجب أن نلاحظ أنه كلما أصبحت الشبكة أكثر نعومة أضحت الموصفات الجغرافية أكثر دقة في ملف المعطيات. أما الشبكة الخشنة فتتطلب مساحة تخزين أقل، إلا أنها تصف المعطيات الأصلية وصفاً جغرافياً أقل دقة. كذلك عندما نستخدم شبكة خشنة جداً فإننا قد نشاهد في الخلية الواحدة عدة أنماط من المعطيات. لذا قد يكون من الضروري أن نذكر النسبة المئوية لعدة أنماط هامة من المعطيات. لذا قد يكون من الضروري أن نذكر النسبة المئوية لعدة أنماط هامة من المعطيات التي توجد في كل من خلايا الشبكة. وهذا ما يُعقد عمليات الترميز والتحليل. وبصورة عامة، إن حجم الخلية المستخدمة في الترتيب الشبكي grid format إنما يفرض عامة حدوداً على مدى التحليل الذي يمكن إجراؤه على المعطيات المخزونة.

ويبين الشكل (7 - 8 - C) ترتيب المضلعات أو ترتيب المتجهات Vectors في ترميز المعطيات. وباستخدام هذا الترتيب تتحول حدود المعالم إلى مضلعات مستقيمة الجوانب تقربها إلى المعالم الأصلية. وفي طريقة الترميز الطبوغرافي Tobological Coding ترمز هذه المضلعات. بتحديد إحداثيات رؤوسها، التي تسمى العقد nodes، والتي يمكن وصلها بعضها ببعض لتؤلف أقواساً arcs حيث تتوضع فيها المضلعات بالأقواس الواصلة. ويوفر هذا الترتيب وصفاً أكثر دقة لحدود هذه المعالم، ويتطلب مساحة أقل لتخزين المعطيات مما يحتاج إليه الترتيب الشبكي، إلا أن معطيات الترميز المضلعي أقل طواعية لطريقة التحليل بالغطاء الشفاف، ولذا فإن كثيراً من الأنظمة تستخدم ترتيب المضلعات لإدخال الخرائط وتحويل المعطيات إلى ترتيب شبكي تمهيداً للتحليل بطريقة الغطاء الشفاف.

وبغض النظر عن الترتيب المستخدم، هناك عدة طرائق يمكن من خلالها رد معطيات الأراضي إلى مرجع جغرافي. ويمكن أن يكون التحديد اسمياً " nominal " أو يحدد بالاسم وفي هذه الحالة يربط المرجع بصورة غير مباشرة بنظام إحداثيات الأرض. ومن أمثلة المراجع الإسمية: عناوين الشوارع، وأرقام مناطق الإحصاء، ورموز المناطق البريدية zip codes . وترد عادة معطيات الموارد إلى مرجع إحداثيات أرضية، باستخدام نظام إحداثيات نسبي أو حقيقي ويعتمد نظام الإحداثيات النسبي (Relative Coordinate System) على شبكة grid تحدد للمنطقة المدروسة بصورة عشوائية . ولما كان يتعذر ربط المعطيات بسهولة بمجموعات أخرى من المعطيات كان لهذا النهج من المعالجة كثير من العيوب أما نظام الإحداثيات الحقيقية absolute coordinate System فيرد المعطيات إلى نظام إحداثيات جغرافي محدد. وهذا يتضمن، عامة، إسقاط خارطة على مستو (planar map projection)، مثل نظام إحداثيات UTM

المذكور على مجموعة من 60 منطقة في العالم، كل منها تغطي 6 درجات من خطوط الطول بشرط من الشمال إلى الجنوب. وغالباً ما يستخدم في الولايات المتحدة نظام الإحداثيات المستوية للولايات state plane coordinate system وهو يتألف من 120 منطقة صُممت لتمثل أحسن تمثيل قطاعات في كل ولاية على حدة. وتستخدم طريقة إسقاط لامبرت المخروطي المتوافق وإما طريقة إسقاط مركاتور المستعرض أو كليهما وذلك حسب شكل كل ولاية.



الشكل 7 - 10 : مرفق دقيق للإحداثيات (عن مؤسسة ألتك Altek)

ويبدو في الشكل (7-9) مقارنة بين هذين النوعين من إسقاط الخرائط. ففي إسقاط لامبرت المخروطي المتوافق يتم إسقاط الأرض على مخروط يتقاطع مع سطح الأرض في اثنتين من خطوط العرض. ويكون المقياس على طول هاتين الدائرتين مضبوطاً. وإذا كان خط العرض متقاربين في الاتجاه شمال جنوب فمقياس الخارطة سيكون مضبوطاً بشكل معقول مهما كانت المسافة التي تمتد بالاتجاه شرق - غرب لذا يفيد إسقاط لامبرت في وضع خرائط للولايات المتحدة التي تمتد بالاتجاه شرق - غرب ويقال عن هذا الإسقاط إنه " متوافق conformal " لأن المقاييس متساوية في كافة الاتجاهات.

أما إسقاط مركاتور المستعرض فيستخدم سطحاً اسطوانياً يتقاطع مع الأرض على طول خطين متوازيين لدائرة الزوال أو خط الطول، ويسمى هذا السطح دائرة منتصف النهار المركزي central meridian. ويكون المقياس في هذه الحالة مضبوطاً على طول خطي التقاطع بالاتجاه شمال - جنوب .

وهناك طرائق كثيرة لترميز المعطيات الجغرافية بالحاسوب، أو تحويلها إلى أرقام (رقمنة digitization) وأحدى هذه الطرائق هي الرقمنة اليدوية manual digitization ، إذ توضع شبكة إحداثيات شفافة فوق كل خارطة معطيات قبل الترميز. فإذا كان المطلوب ترميز معلم نقطي، أو معلم خطوطي، أو معلم مضلع، فإن الإحداثيات التي تحدد المعلم تقاس عندها على الغطاء الشفاف ويمكن ترميز معطيات الترتيب الشبكي بوضع الصنف السائد في كل خلية من خلايا الغطاء الشفاف في جدول. ثم يتم إدخال معلومات الفئة المسجلة وقيم الإحداثيات إلى الحاسوب. وميزة الطريقة اليدوية أنها لا تحتاج إلى جهاز تلقيم مخصص، أما العيب فيها الوقت الطويل الذي تستغرقه بالنسبة إلى الطرائق الأخرى، خصوصاً إذا كان من الضروري ترميز معطيات مفصلة.

والطريقة الأجدى لترميز معطيات الأراضي هي التحويل نصف الآلي إلى أرقام (الرقمنة النصف آلية). وتستخدم بهذه الطريقة مرقماً دقيقاً للإحداثيات الشكل (7-10) الذي يسجل باستمرار سينات وعينات x, y "موقع" مؤشر متحرك cursor (موجود في منتصف الطاولة في الشكل) وتوضع خارطة معطيات على طاولة المرقم (جهاز الترقيم) وتتم متابعة المعالم يدوياً من قبل من يشغل الجهاز. وتحول قيم المدخلات بواسطة حاسوب صغير إلى إحداثيات الخارطة وتسجل على شريط مغناطيسي (بمين الشكل 7-10) ويرافق الجهاز المبين في الشكل المذكور لوحة مفاتيح من أجل إدخال معطيات التعليق والحواشي. ومن الواضح أن التحويل الرقمي نصف الآلي يختصر الوقت أكثر من الطريقة اليدوية. ويمكن تشغيل العملية ذاتياً أيضاً (أتمتها) بتزويدها بأجهزة رقمنة آلية automatic digitizing system ويتم التحويل إلى أرقام بواحد من عدة أجهزة (مثلاً آلة تصوير فيديو أو مجموعة مسح اسطوانة أو ماسح بأشعة ليزر) وتوصل هذه الأجهزة عادة إلى شاشة عرض تسمح للقائم على العمل بتنسيق المعطيات. وفي كل طريقة من هذه الطرائق لابد من المقارنة وحسن الاختيار بين التكاليف الأصلية وتكاليف صيانة الأجهزة المتخصصة والفعالية العملية في عملية الترميز الأرضي geocoding process .

وغالباً ما نحصل على المعلومات عن الأراضي مباشرة في شكل يمكن استخدامها في الحاسوب. فالمعطيات الرقمية للارتفاعات، مثلاً متوفرة لمعظم الولايات المتحدة من مركز معلومات الخرائط الوطني في مصلحة المساحة الجيولوجية للولايات المتحدة (USGS) وتتألف هذه المعطيات من ارتفاعات مرمزة بترتيب الشبكة الخلوية grid cell format بقوة تمييز مكاني متنوع (مثلاً خلايا 30م على بلوكات تربيعة 7.5×7.5 دقيقة) .

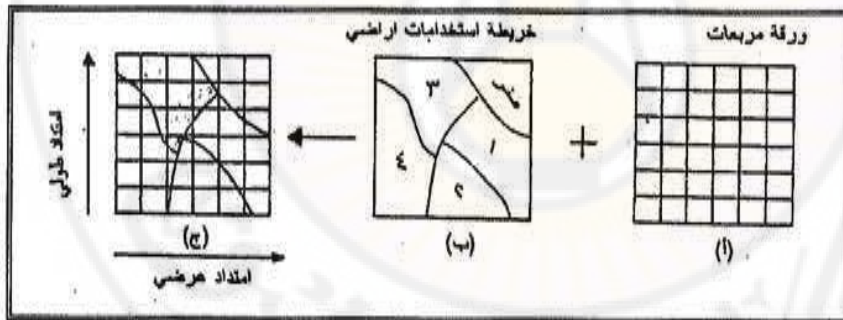
وفي هذا الفصل يجب أن نشير إلى أننا عالجت المفاهيم الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية، وحدها أما الدراسة التفصيلية فهي موضوع كتب ومقررات بأكملها (courses). ولما كان الحيز هنا يحد من وصف هذه الأنظمة وصفاً تفصيلياً، فسوف نقوم بشرح العلاقة الهامة بين الاستشعار عن بعد وبين أنظمة المعلومات الجغرافية في فصل المعاملات الرقمية للمرئيات. و يمكن توضيح الخطوات العملية التي تتبع في إعداد لبيانات مساحية والموضحة في الشكل 7-8 مثال:

- 1 - نفرض وجود استخدامات أراضي بمدينة ما (كما هو واضح في الأشكال السابقة) والمطلوب إعداد ملف معلومات بطريقة الـ (raster GIS) يدوياً وإدخال الملف إلى الحاسب الآلي. ولإنجاز هذا العمل نحتاج إلى وجود ورقة شفافة مقسمة إلى مربعات صغيرة كما هو واضح في الشكل (7-11-أ) وأيضاً الخريطة الواضحة في الشكل (7-11-ب) .
- 2 - نثبت الخريطة على لوحة رسم، ونضع ورق شفاف على الخريطة، ونعطي للمربعات التي تغطي استخدام متشابهة أرقاماً تسلسلية كرموز للتمييز بين الاستخدامات المختلفة وذلك حسب التصنيف التالي :

الرقم	نوع الاستخدام
صفر	مناطق خالية
1	وحدات سكنية
2	مناطق ترفيهية
3	حدائق ومنقرعات
4	مناطق فيها مؤسسات تعليمية

وعليه يكون الشكل النهائي كما هو واضح في الشكل (7-11-ج) والآن كيف يمكن إدخالها إلى الحاسب الآلي، إنه من المهم في هذا المجال دراسة البيانات التي يحتويها الشكل (7-11-ج) السابق، حيث تعتبر أرقام عادية ترمز لنوع استخدام الأرض السائد، وعند محاولة إدخالها إلى الحاسب الآلي يمكن أن نتبع طريقة تقليدية وذلك بتكوين ملف من نوع ASCII File بواسطة إحدى برامج معالجة النصوص (Word Processing)، حيث يتم إدخال البيانات على أساس الامتداد الطولي للترميز (run length encoding) مع ملاحظة إدخال البيانات على هيئة زوج من الأرقام، الرقم الأول (أولهما) يعبر عن عدد الخانات الممتدة طولياً، والعدد الآخر يعبر عن القيمة المقابلة للخانات المتشابهة، وعليه يكون الملف كالتالي:

حتى نهاية الملف : 15 - 31 - 42 - 14 - 33 - 41 - 13 - 35 -
04 - 34 - 50 - 033 -



الشكل 7 - 11 فكرة تركيب ملف المعلومات المساحية Raster Data File

وتُفسر هذه الأرقام بأن الترميز يبدأ من الركن الشمالي الغربي (أو الزاوية العليا اليسارية) لشبكة المربعات، والرقم الأول والأفقي العلوي هو (3) وهو يتكرر في الصف الأفقي 3 مرات واضح في الشكل (7-11-ج) والرقم صفر (0) يتكرر

5/ مرات/ ... و هكذا حيث المربع المقابل بالاستخدام (نوعية الاستخدام وحدات سكنية، مناطق ترفيهية ، حدائق ومنزهات الخ) وعدد مرات تكراره . وهناك طريقة أخرى للإدخال إلى الحاسب الآلي، وهي إدخال الأرقام متتابعة أفقياً (أي أخذ كل خط أفقي وحسب الاستخدام) مع ترك مسافة خالية بين كل رقم والرقم الآخر، وعليه يمكن أن يكون شكل الملف كالآتي :

حتى نهاية الملف 333 00000 3333 0000 33333 111

يمكن استبدال الأرقام بحروف هجائية ليبدل كل حرف على استخدام ما ، وفي حالة الخرائط الخاصة بالارتفاعات التضاريسية أو ذات القيم التي تحتوي على كسور عشرية يمكن الاعتماد على الأرقام مع الاعتماد على النقطة بدلاً من العلامة العشرية بين الرقم الصحيح والكسر. بعد ذلك يتم قراءة الملف بإحدى نظم معالجة البيانات المساحية (raster data processing) إلا أن مثل هذه النظم التي تتعامل مع هذه الملفات محدودة، فمن النادر الاعتماد على هذه الطريقة التقليدية اليوم، خاصة بعد تقدم الوسائل التكنولوجية الحديثة في مجال معالجة المرئيات الفضائية.

ولابد هنا من الإشارة إلى أن إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية المساحية تتركز في مجالات أربعة نذكرها بدون شرح وهي :

- 1 - مجال إدخال المعلومات input of data
- 2 - مجال إدارة قواعد البيانات data base mangement
- 3 - مجال إجراء عمليات تحليلية خاصة على البيانات operation on data layers
- 4 - مجال إخراج البيانات والنتائج output of data and results



الشكل (7 - 12) يوضح المتطلبات الأساسية اللازمة لنظام المعلومات الجغرافي

ولقد تم شرح بعض البرامج المستخدمة في (GIS) وذلك في فصل المعاملات الرقمية للمرئيات يمكن الإطلاع عليها والاستفادة منها (نذكر هنا بعضاً منها) :

- 1 - برنامج : ERDAS
- 2 - برنامج : ARC / INFO
- 3 - برنامج : PCARC / INFO
- 4 - برنامج : ARC OBJECTS
- 5 - برنامج : ESRI
- 6 - برنامج : ARC CAD
- 7 - برنامج : ARC VIEW

يعتبر البرنامج (7) واحداً من العديد من برامج نظام المعلومات الجغرافي (GIS) وهو برنامج هام وتعود هذه الأهمية إلى كونه نقطة وصل أو تكامل بين معلومات (GIS) و (RS)، إضافة لذلك فإنه يفضل طبع نتائج معالجة بعض برامج (RS)، ويمتاز بسهولة الاستخدام والقدرة على حساب وإحصاء مكونات الوحدات الخرائطية حسب معطيات (GIS) إلى مواضيع ومكوناتها من الملامح (وقد تم شرحه في فصل المعاملات الرقمية للمرئيات).

2-7 - نظم تحديد المواقع على سطح الأرض (GPS).

Global Positioning System

تعتبر البيانات التي تم الحصول عليها بواسطة أقمار الملاحة وتحديد المواقع على سطح الأرض (Navigation Satellite) والمسماة (GPS-Satellite) من أهم المصادر المعلوماتية التي تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في الوقت الحاضر. لقد اهتمت الحكومة الأمريكية متمثلة بوزارة الدفاع والمؤسسة الأمريكية لشؤون الملاحة منذ عام 1973 بتطوير نظم الملاحة وتحديد المواقع على سطح الأرض بواسطة الأقمار الصناعية والتي وصل عدد الأقمار لهذا الغرض إلى / 24 / قمر صناعي تتيح البث لمدة 24 ساعة متواصلة دون التقيد بظروف الطقس، حيث تصل دقتها الأرضية (قوة التمييز الأرضية) ما بين 1-10م بل أيضاً عند توفر متطلبات خاصة تتيح دقة تصل إلى سنتيمترات قليلة (بحدود 5-10سم في بعض المراجع) .

ولم تقتصر فوائد هذا النوع من الأقمار على الأغراض العسكرية والملاحية فحسب، لكن أيضاً يمكن للمستخدمين المدنيين من الاعتماد عليها في أبحاثهم الحقلية بواسطة أجهزة يدوية سهلة النقل والتي تسمح بتحديد الآتي:

- 1 - تحديد الإحداثيات الجغرافية للمواقع.
- 2 - تحديد ارتفاعات المواقع بالنسبة لمستوى سطح الأرض.
- 3 - الاتجاه والسرعة للظواهرات على سطح الأرض.
- 4 - المسار الخطي إلى مركز الهدف المراد الوصول إليه.
- 5 - تقدير وقت الوصول إلى الهدف.
- 6 - انحرافات وانحناءات المسار.
- 7 - نوع القمر الصناعي وبياناته.
- 8 - توقيت وقت العمل.

9 - تاريخ العمل.

10 - أمور أخرى. مثل التوجيه بواسطة عبارات نصية مختصرة.

وبناء على هذه المعلومات الهامة التي يمكن الحصول عليها من أجهزة (GPS)، تعتبر نظم تحديد المواقع على سطح الأرض (GPS) في غاية الأهمية للمجالات التي تعتمد على ضرورة تحديد المواقع والسرعات والاتجاهات والتوقيت للظواهر الساكنة والمتحركة، وتأتي المجالات التالية في مقدمة التطبيقات المتقدمة التي تستفيد من نظم الـ GPS ، نذكر منها: رياضة الجبال، الملاحة البحرية والجوية، تحديد وتوجيه المركبات (السيارات)، ومجال حصر المعلومات الجيولوجية، ونظام الـ GPS في نظم المعلومات الجغرافية، ومجال الإحصاء والتعداد السكاني، ومجال المعلومات البيئية، ومجال المعلومات المساحية والهندسية، وسنشرح بعضاً من هذه المجالات (مجالات تطبيق الـ GPS)

1 - استخدام نظام الـ (GPS) في مجال حصر المعلومات الجيولوجية:

تساهم نظم الـ (GPS) في حصر المعلومات الجيولوجية وذلك بتسجيل بيانات حول الارتفاع التضاريسي، وشبكات التصريف المائية، اتجاه الطبقات، سمك الطبقات، الامتداد الطولي والعرضي للطبقات المختلفة، الانزياحات الأرضية، حيث يتم تخزين كافة هذه البيانات وقراءتها بأجهزة الحاسب فيما بعد أو إرسالها مباشرة (الزمن الحقيقي Real - Time) بواسطة أجهزة الـ GPS والمسماة (Motoral LDT 1000) والتي تعطي دقة تتراوح ما بين 1-10م.

2 - استخدام نظم الـ GPS في مجال المعلومات الجغرافية (GIS) :

تمثل نظم الـ (GPS) وسيلة جمع وحصر معلومات في مجالات علمية مختلفة وذلك للمساهمة في تصميم قواعد معلومات بأسرع وسيلة ممكنة وعلى درجة عالية من الدقة، وتمثل قواعد المعلومات التي تم إعدادها في هذه الحالة

عنصراً هاماً في إنجاح نظم الـ (GIS) والتي تعتمد على المعلومة من حيث نوعيتها، وكميتها، وموقعها على سطح الأرض.

وبناء على هذه الميزات فإن أجهزة الـ (GPS) وخاصة المعروفة باسم (Motoral LDT 1000) هي أنسب النظم وخاصة لما تتيحه من مخرجات معلوماتية (ملفات output files) صالحة للقراءة في نظم عديدة لنظم المعلومات الجغرافية مثل Arc / INFO , ERDAS وأيضاً نظم التصميم بمساعدة الحاسب المشهورة باسم أوتوكاد (Auto Cad) وهي مخزنة على كارت ذاكرة (Memory Card) قابل للقراءة مباشرة بأجهزة الحاسب الشخصية وملحقاتها.

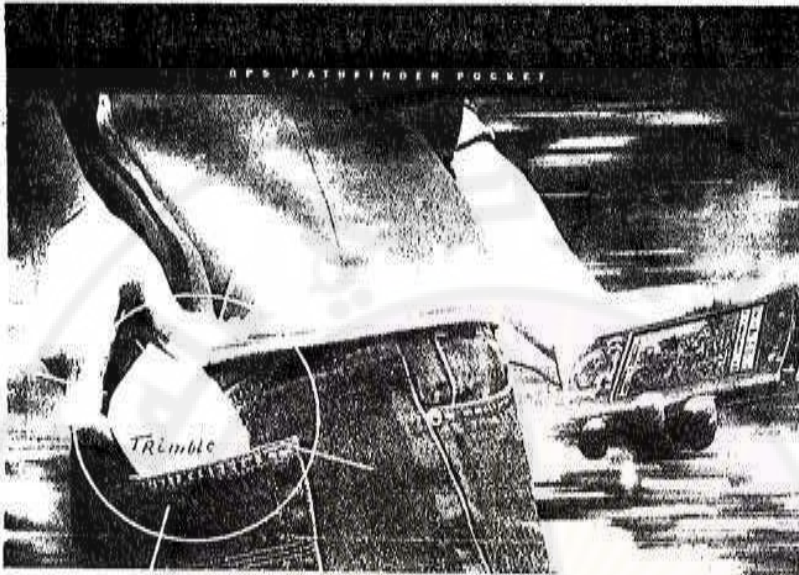
ومن هنا اتسع استخدام هذه الأجهزة في المجالات التطبيقية المختلفة والتي تحتاج في الأساس إلى بحث ميداني Field , Work مثل :

الهندسة المعمارية – هندسة الجبال – الطبوغرافيا – علم البيئة – هندسة المساحة – الجيولوجيا التطبيقية – حصر المعلومات البيئية – اقتصاديات الغابات والأخشاب – هندسة أنابيب الخدمات بأنواعها – اقتصاديات الزراعة والمياه – تخطيط خطوط الخدمات بأنواعها.

3 – استخدام الـ (GPS) في المعلومات البيئية : (Environmental data)

هنا وفي هذا المجال عند تصميم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يتطلب الأمر الإلمام بالمعلومات البيئية التي تحدد شخصية (هوية) المكان الجغرافية وما يتعلق بذلك من مؤشرات بشرية وطبيعية، فمثلاً عند إعداد نظام معلومات جغرافي عن التركيب السكاني لإقليم ما، يتطلب الأمر منا الإلمام بالموضوعات التالية :

- 1 – الظروف الطبيعية التي تسود في الإقليم من جفاف وتساقط (هائل مطري وغيره ...) والموارد الطبيعية، التي تؤمن الاستقرار السكاني لارتباطها بنمط الاستفادة أو استغلال تلك الموارد في الإقليم.



**GPS THAT SLIPS INTO YOUR POCKET,
WITHOUT DIGGING INTO YOUR WALLET.**

شاشة الجهاز التي
تظهر الأحداثيات.
الأرضية وعدد
الأقمار الصناعية
المتصلة بالجهاز



جهاز تحديد الأحداثيات الأرضية بالاستعانة بالأقمار الصناعية
(Global Positioning Satellite (GPS)

الشكل 7 - 13 بعض نماذج أجهزة (GPS)

- 2 - النفوذ البشري في الإقليم وسبل استغلال الإنسان للبيئة المحيطة به.
- 3 - الظهير الطبيعي والبشري للإقليم ومدى التأثير بينهما وخاصة الهجرة اليومية أو المؤقتة أو الدائمة ومدى أثر كل منها على التركيب السكاني للإقليم.
- 4 - الملامح الاقتصادية والنشاطات السكانية ومدى تأثيرها على التركيب السكاني.
- 5 - الطبيعة المعمارية في الإقليم وتوزيع السكان في الوحدات المعمارية.
- 6 - الجغرافيا الطبيعية في الإقليم والأوبئة والحشرات المستوطنة وأثرها على صحة السكان وعلى فئات العمر المختلفة والتي بدورها قد تؤثر مباشرة على التوازن في التركيب السكاني للإقليم.
- 7 - الملوثات البيئية المختلفة على مستوى الهواء واليابسة ومدى أثرها على الاستقرار السكاني في الإقليم.
- 4 - استخدام الـ (GPS) في المعلومات المساحية والهندسية :
ترتبط عملية نجاح نظم المعلومات الجغرافية بالمعلومة من حيث نوعيتها، ودرجة دقتها ، ودقة مطابقتها مع الإحداثيات الجغرافية لموقعها على سطح الأرض. وتلعب المعلومات المساحية بأنواعها الأرضية والجوية والفضائية دوراً بارزاً في تصميم وإعداد نظم المعلومات الجغرافية، فالقياسات والمساحات والمواصفات العددية للظواهر الجغرافية المختلفة من حيث الامتداد والاتساع والارتفاع إلى جانب ربطها بموقعها الجغرافي الحقيقي على سطح الأرض هي إحدى متطلبات نظم المعلومات الجغرافية. وعليه يتوجب علينا تحديد المحاور المعلوماتية المساحية والهندسية التي تتطلبها نظم المعلومات الجغرافية بغرض تبسيط المهمة على المبتدئين في إعداد وتصميم نظم المعلومات الجغرافية وهذه المحاور (سوف يتم ذكرها بدون شرح) هي : 1 - نظم الإحداثيات بأنواعها
2 - نظم ترتيب الخرائط العالمية
3 - مساقط الخرائط (بأنواعها) .



المعالجة الرقمية للمرئيات

Digital Image Processing

1-8 - مقدمة :

تتضمن المعالجة الرقمية للمرئيات التعامل مع المرئيات الرقمية وتفسيرها (وقد ورد بشكل مختصر في الفقرة تحت عنوان تجميع المعطيات وتفسيرها). بالاستعانة بالحاسوب. لقد بدأ هذا الشكل من الاستشعار عن بعد في الستينيات، قام به عدد محدود من الباحثين وذلك لتحليل معطيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول جواً وصور فوتوغرافية جوية مرقمنة (digitized) إلا أنه كان لابد من انتظار إطلاق القمر الصناعي لاندسات -1 عام 1972، وتوفر معطيات المرئيات الرقمية بكثرة، لاستخدامها في تطبيقات استشعار اليايسة عن بعد. وفي ذلك الوقت، لم تكن فكرة معالجة المرئيات الرقمية واستخدامها في مراحلها الأولى وحسب بل كانت، إلى ذلك، أسعار الحواسيب الرقمية باهظة جداً وكفاءتها في الحساب منخفضة جداً قياساً بالحواسيب الحديثة. أما الآن فقد توفرت أجهزة الحواسيب والبرمجيات بأسعار منخفضة وبكفاءة عالية، كما كثرت المصادر لمعطيات المرئيات الرقمية وتنوعت. وتفاوتت هذه المصادر أجهزة سواثل الموارد الأرضية التجارية، ومصادر سواثل التنبؤ الجوي، ومصادر معطيات الماسحات المحمولة جواً، ومصادر معطيات آلات التصوير الخالة الصلبة المحمولة جواً، إلى مصادر معطيات المرئيات التي تنتجها مقاييس الكثافة المكروية الماسحة، وآلات تصوير الفيديو ذات قوة التمييز العالية. ويمكن معالجة أشكال هذه المعطيات وتحليلها باستخدام التقنيات التي سيتم شرحها في هذا الفصل.

إن موضوع المعالجة الرقمية للمرئيات واسع جداً، ويتضمن في الغالب إجراءات يمكن أن تكون معقدة رياضياً. وهدفنا في هذا الفصل هو الإطلاع على المبادئ الأساسية لمعالجة المرئيات الرقمية دون الدخول في التفاصيل الرياضية.

إن الفكرة الأساسية التي تكمن وراء معالجة المرئيات الرقمية بسيطة جداً. إذ يتم تلقيح المرئية الرقمية للحاسوب، بالتسلسل عنصراً عنصراً (pixel) وقد تم برمجة الحاسوب لإدخال هذه المعطيات على شكل معادلة أو مجموعة معادلات، ثم خزن نتائج الحساب لكل عنصر (pixel). وهذه النتائج تكون مرئية رقمية جديدة يمكن عرضها على شاشة أو تسجيلها بترتيب صوري pictorial كما يمكن استخدامها فيما بعد في برامج إضافية والأشكال المتاحة لاستخدام المرئيات الرقمية في الحقيقة غير محدودة. لكن يمكن تصنيف كل هذه الإجراءات في نمط واحد أو أكثر وسنذكرها لاحقاً .

— بنية المرئية (تركيب الخيال) Image Structure :

يمكن أن نفكر أن أية مرئية، مؤلفة من مساحات متساوية وبالغة الصغر (عناصر الصورة) مرتبة في خطوط منتظمة وأعمدة، يتحدد مكان أي عنصر موجود على الصورة (أو بيكسل Pixel) بنظام المحاور (x, y) (محاور السينات والسينات)، وتكون نقطة الأصل (Origin) في الزاوية العليا اليسرى في مرئيات اللاندسات.

إن لشدة إضاءة أو سطوع (Brightness) كل عنصر في الصورة (بيكسل) قيمة عددية تتراوح بين الرقم صفر (0) للون الأسود إلى قيمة أعلى للأبيض. إن أية مرئية يمكن وضعها الآن، بدقة بحدود عددية على نظام ثلاثة محاور فالـ (y,x) تحدد موضع الخلية (البيكسل Pixel) والـ (z) يعطي قيمة شدة المقياس الرمادي . (Gray Scale) يمكن لأية مرئية أن تسجل بصورة أساسية على هذا الشكل الرقمي كما هو الحال في مرئيات اللاندسات. إن أية مرئية مسجلة على فيلم فوتوغرافي يمكن تحويله على شكل عددي (بنية)

(Numerical Format) بطريقة معالجة تسمى الترقيم أو الرقمنة (Digitization) .

— كيفية الترقيم : Digitization Procedure :

إن عملية الترقيم، هي عملية تحويل أية مرئية مسجلة على فيلم فوتوغرافي (رادار، أشعة تحت الحمراء الحرارية، صور جوية... الخ) إلى أعداد في مصفوفة مرتبة. ويمكن لأي نوع من الخرائط أن يرقم، وبصورة عامة تسجل المعلومات المرقمة (Digitization Information) على شريط مغناطيسي ولكن البطاقات أو الأشرطة الورقية المثقبة يمكن استخدامها لحجوم صغيرة من المعلومات وهي طريقة قديمة .

يمكن تصنيف نظم الترقيم إلى فئات عامة ثلاث:

- 1 — اسطوانة : Drum
- 2 — السرير المسطح : Flat Bed
- 3 — النقطة الطائرة : Flying Spot

يتألف نظام الترقيم الاسطواناني من : اسطوانة دوارة مثبتة، وعربة متحركة تحمل منبعاً ضوئياً، ومن كاشف (الشكل 8-1) مشابه لمقياس الضوء الفوتوغرافي، يوضع الفيلم (السالب أو الموجب) فوق الفتحة في الاسطوانة وتتوضع العربة عند زاوية الفيلم، وعندما تدور الاسطوانة يقيس الكاشف شدة التغيرات للضوء المرسل التي تتسبب من التغيرات في كثافة الفيلم .

إن كل دورة للاسطوانة، تسجل خط مسح (Scan Line) للمعطيات للفيلم عند نهاية كل دورة، يعطي المرمز (Encoder) إشارة إلى نظام السوق الميكانيكي. (Drive Mechanism) والذي يقدم العربة بعرض خط مسح واحد لتبدأ الدورة التالية.

يتحدد عرض الخط بالفتحة الضوئية (Optical Aperture) للكاشف والتي هي بصورة نموذجية مربع بضلع 50 ميكرومتر. إن الإشارة الكهربائية التمثيلية (Analog Electrical Signal) للكاشف والتي تتغير تبعاً لشدة الفيلم تؤخذ بشكل عينات (Sampled) كل فترة 50 ميكرون على طول خط المسح، وترقم وتسجل

بقيم رقمية على شريط مغناطيسي، تسجل كل قيمة رقمية بواسطة سلسلة من الجزيئات (Bits) والتي هي تتابع منظم للأحاديث والأصفر 0-1 Ordered Sequence of .

يمثل كل جزء (Bit) أس من أساس 2 (Exponent of The Base 2) وبصورة عامة تستخدم سلاسل من ثمانية أجزاء (8 = 256 مستوي) لتمثل قيم المقياس الرمادي. (Gray Scale Value) .

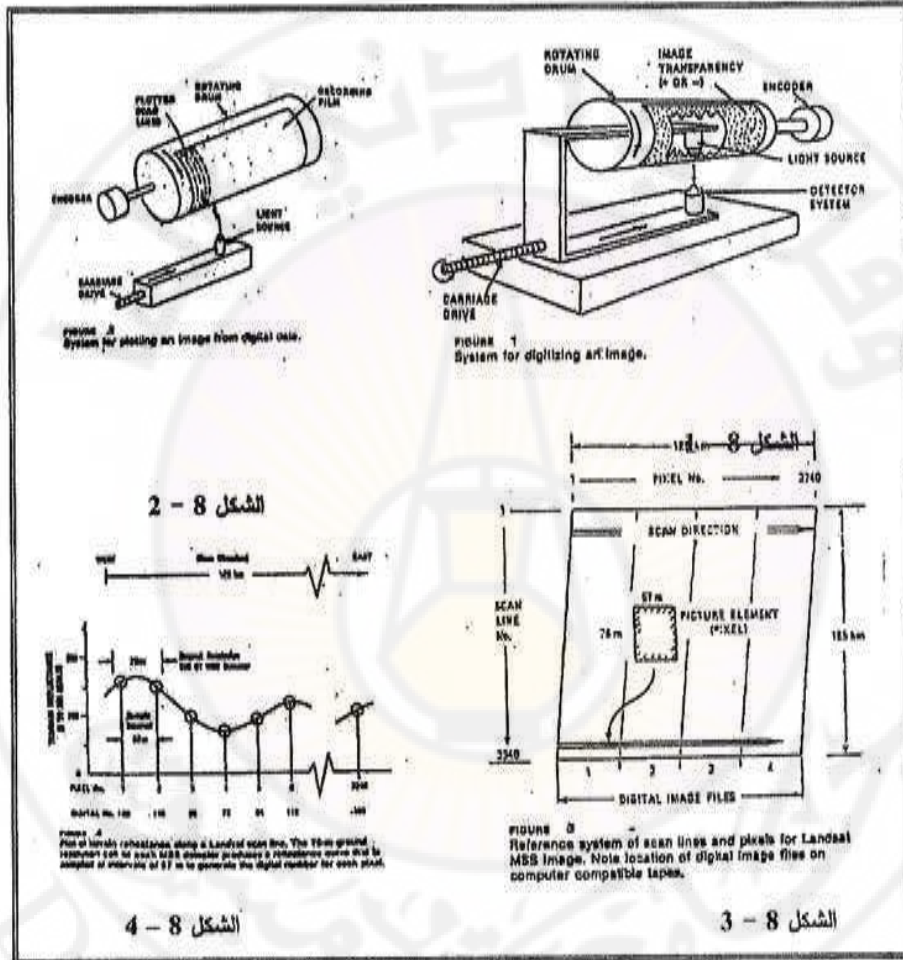
الصفر للأسود والـ 255 للأبيض، وتسمى مجموعة من ثمانية أجزاء (Bit) بالـ (Byte) وبذا تتحول مرئية الفيلم إلى مصفوفة منتظمة من عناصر الصورة (بيكسل Pixel) والتي يمكن إيجادها بخطوط المسح باتجاه محور الـ (Y) وعدد البيكسل في اتجاه محور الـ (x)

ولصورة فوتوغرافية نموذجية أبعادها 23 سم × 23 سم إذا حوّلت إلى مرئية رقمية بفترات عينية (محور العينات) تحوي حوالي (21 مليون بيكسل) . يعاد تعبير شدة منبع ضوء المرقم، عند بدء كل خط مسح لتعويض أثر تغيرات منبع الضوء. إن المرقمات الأسطوانية هي بالعادة سريعة، وذات مردود عالي ورخيصة نسبياً. كما يمكن إجراء معاملة رقمية على الصور الملونة وذلك على كل قيمة من ألوانها الأساسية باستخدام مرشحات للألوان، الأزرق، الأخضر والأحمر.

توضع فوق الكاشف. وينتج عن ذلك تسجيلاً رقمياً لكل لون أساسي أو لطول موجة قنال.

وفي حال أجهزة الترقيم من نوع السرير المسطح (Flat Bed Digitizer) يركب الفيلم على حامل يتحرك في الاتجاه لكل من المحورين (X و Y) بين منبع ضوئي وكاشف ثابتين إن هذه الوسيلة أبطأ وأعلى من المرقمات الأسطوانية ولكنها بصورة عامة أكثر دقة. تستخدم بعض الأنظمة الضوء المنعكس للحصول على صور رقمية بورق غير شفاف (Opaque).

هذا ويوجد نظام ترقيمي آخر هو ماسح النقطة الطائرة (Flying Spot Scanner) والذي هو بالأساس كاميرا تلفزيونية معدلة والتي تمسح (Scan) إلكترونياً المرئية الأصلية في الاتجاهين (x و y). إن إشارة الجهد الناجم لكل



خط تكون على شكل رقمي ومسجلة. يمكن للمرئية الرقمية ، أن نقرأ في حاسب الكروني وأن تُجرى عليها مختلف عمليات المعالجة . إن معطيات المعالجة يجب أن تعرض بعد ذلك كمرئية على شاشة أو أن ترسم على فيلم وسيتم شرح ذلك لاحقاً.

— كيفية تكوين المرئية Image Generation Procedure :

تحويل المعطيات الرقمية للمرئية إلى نسخة ورقية قاسية (Hard Copy) بواسطة كاتب فيلم (Film Writer) والتي تعمل بطريقة عكسية لعمل المرقم. يركب الفيلم المسجل على اسطوانة (Drum) كما في الشكل (8-2) وفي كل دورة للأسطوانة يتعرض خط ماسح على الفيلم بواسطة منبع ضوئي حيث يتم تعديل الضوء بواسطة قيم البيكسل (Pixel) الرقمية الموجودة على الفيلم، عند إكمال كل خط مسح، تتقدم عربة المنبع الضوئي لتبدأ خطأً تالياً. يُحمض الفيلم المعرض للضوء (يعالج) لينتج شفافية، حيث منها سيتم الطباعة وتكبير الصورة. إن رواسم النقطة الطائرة تنتج مرئية بواسطة حزمة إلكترونية حيث تمسح هذه الحزمة فيلماً مثبتاً على شكل Raster Pattern ماسح. يطبق هذا النظام أيضاً ليعرض المرئية على شاشة تلفزيونية بحيث يتاح للمفسر أن يرى المرئية المعالجة في الزمن الحقيقي (Real Time) دونما الحاجة للانتظار لرسم الفيلم وتحميضه وطباعته.

— بنية مرئية اللاندسات Landsat Image Format :

إن الفائدة الأساسية لمرئيات اللاندسات متعددة الأطياف (MSS) أنها مسجلة مباشرة بشكل رقمي Digital Numbers على شريط مغناطيسي، ويُسهل هذا تطبيق برنامج المعاملة بواسطة الحاسوب .

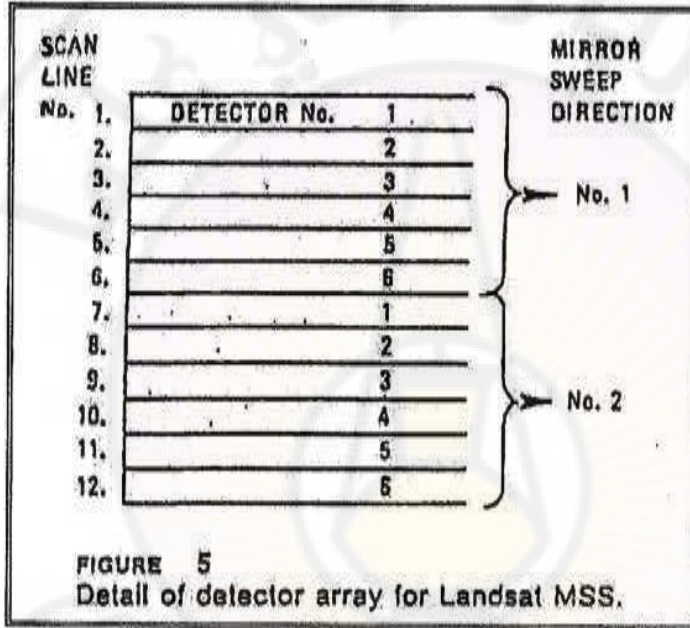
إن المראה الحساسة للماسح متعدد الأطياف (MSS) في اللاندسات تمسح (تكنس) الأرض بزاوية قائمة على مسار مدار التابع (أنظر الشكل 8-3) وتسجل المعطيات فقط أثناء المسح للمنطقة الشرقية من المسار. كما أن خطوط المسح والتي هي بطول 185 كم تشكل شرائط مستمرة للمرئية وبذا هي مقسمة إلى 2340 خط، وكما هو معروف فإن قوة التمييز الأرضية لمرئيات

اللاندرسات هي 79×79 م، ومن تقسيم خط التغطية على قوة التمييز الأرضي نحصل على الرقم 2340 م .

تنتج الطاقة الشمسية المنعكسة من المساحة الأرضية على الكاشف استجابة تتغير في المطال بصورة تتناسب وشدة الطاقة المنعكسة ويوضح الشكل (8 - 4) قسماً من خط مسح تظهر عليه التغيرات للانعكاسات الأرضية في 79 م (والذي هو قوة التمييز الأرضية للكاشف) كبعد لخلية تمييز أرضية (بيسل Pixel) ويسمى المنحني الذي يبين الانعكاس بدلالة المسافة على طول خط المسح بالبيان التمثيلي (Analog Display) لأن المعطيات (Data) مبنية بكميات مقاسة بصورة مباشرة. كما تختلف البيانات الرقمية (Digital Display) بأنها تسجل المعطيات على شكل عددي (رقمي). وتتحول المعطيات التمثيلية (Analog Data) إلى معطيات رقمية بأخذ عينات (Sampling) البيانات التمثيلية بفترات منتظمة وتسجيل القيمة لكل عينة على شكل رقمي. كما تؤخذ عينات الإشارات التمثيلية في التابع لاندرسات كل 57م وتحول إلى معطيات رقمية ترسل إلى محطات الاستقبال الأرضية. وكما هو واضح في (الشكل 8-4) أن أخذ عينات خط المسح يعطي 3240 بيكسل، (185000م ÷ 57) كل منها يتوافق مع عدد رقمي يمثل الانعكاس.

تأخذ الإشارة التمثيلية عينات عند أية فترة وحددت هذه النسبة بالقيمة (1.4) وهي نسبة التمييز في الخلية الأرضية والمساوية لـ 79م إلى مسافة العينة المساوية لـ 57م ($1.4 = 57 / 79$) عملياً ونظرياً بأنها مناسبة لتمثيل الإشارة التمثيلية. فإذا كانت هذه النسبة أعلى، فلا تفيد في تحسين المعطيات الرقمية بصورة ملحوظة وإذا كانت هذه النسبة أخفض، فإن نوعية المعطيات الرقمية ستخفض. ولقد حُدد التمييز المكاني للمرئية بـ 79×79 م لتمييز الخلية

الأرضية. تعكس مرآة المسح الضوء على مصفوفة مؤلفة من ستة كواشف لكل قناة من أغطية الطيف الأربعة. كما هو مبين في الشكل (8-5) إن ميزة هذا التصميم تكون بتخفيض عدد مرات المسح (الكنس) للمرأة وسرعة مسح المرأة بنسبة (6) لكن سيئة هذا التصميم تكمن في أن منحني استجابة الكاشف قد تختلف عن استجابة الكواشف الخمسة الباقية مما يؤدي إلى أنه في



الشكل 8 - 5

كل كاشف خط سادس يمكن أن يكون أقل أو أشد سطوعاً (إضاءة). ويمكن بطرق رقمية تصحيح هذا العيب في المرئية ويسمى — : (Sixth line Banding) حزم الخط السادس وسيتم مناقشته لاحقاً .
يمكن تصنيف نظم معالجة المرئيات إلى عدة طرق وذلك حسب أهميتها وتسلسلها ونذكر من هذه الطرق:

- 1 — تقويم المرئيات وترميمها : Image Rectification and Restoration
- 2 — تحسين المرئيات : Image Enhancement

Image Classification

3 - تصنيف المرئيات

data Merging

4 - إدماج المعطيات

وسنشرح باختصار دور كل من هذه الطرق في تحسين ومعالجة المرئيات.

2-8 - تقويم المرئيات وترقيمتها : Imag Rectification and Restoration

إن الهدف من هذه العملية هو تصحيح معطيات المرئيات مما أصابها من تشويه أو تردد من عملية التصوير. ومن الواضح أن طبيعة هذه الإجراءات المطبقة على آلة تصوير الحالة الصلبة (Solid State) ذات المصفوفات الخطية، أو على معطيات الماسح المتعدد الأطياف، تختلف كثيراً عن الإجراءات المطبقة على معطيات سائل لاندسات أو سيوت أو سائل التنبؤ الجوي. ولن نحاول وصف كافة الإجراءات المتخذة لتقويم المرئيات وترميمها، هذه الإجراءات المطبقة على كل من الأجهزة ذات المستشعرات المختلفة الأنماط، بل سنعتمد إلى معالجة هذه العمليات تحت عناوين عامة منها :

أ - التصحيح الهندسي Geometric Correction

ب - التصحيح الراديومثري Radiometric Correction

ج - إزالة التشويش Noise Removal

أ - التصحيح الهندسي : Geometric Correction

تحتوي المرئيات الرقمية الخام (المرئيات التي لم تخضع إلى تصحيحات وإزالة تشويش) عادة على تشوهات هندسية شديدة بحيث لا يمكن باستطاعتنا وضع الخرائط من خلال تفسير معطياتها. وتتراوح مصادر هذه التشوهات بين تغير ارتفاع منصة المستشعر، ووضعها، وسرعتها، وبين بعض العوامل مثل التشوه البانورامي، وانحناء سطح الأرض، وانكسار الأشعة في الغلاف الجوي، والانزياح التضاريسي، واللاخطونية Nonlinearity في مسح (كنس) المستشعر لحقل رؤيته اللحظي. والغاية من التصحيح الهندسي هي تصحيح التشوهات التي تسببها هذه العوامل، بحيث تجعل المرئية المصححة موحدة هندسياً مع الخارطة. ويتم تنفيذ التصحيح الهندسي عادة على مرحلتين:

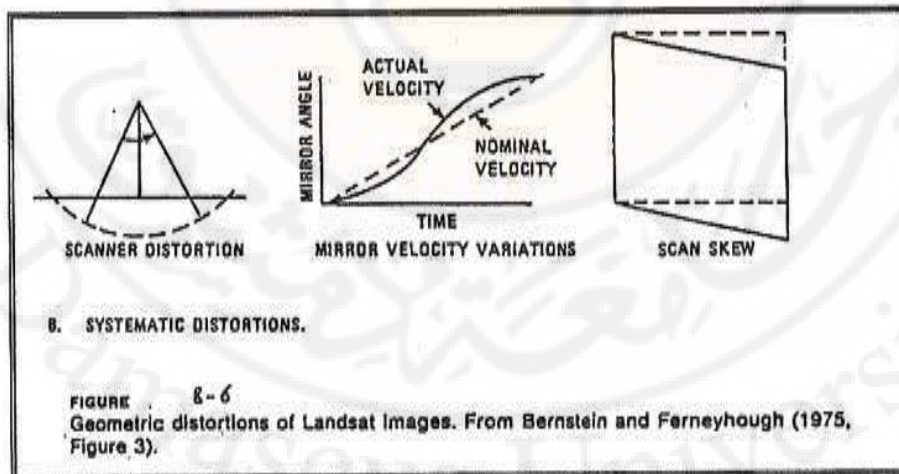
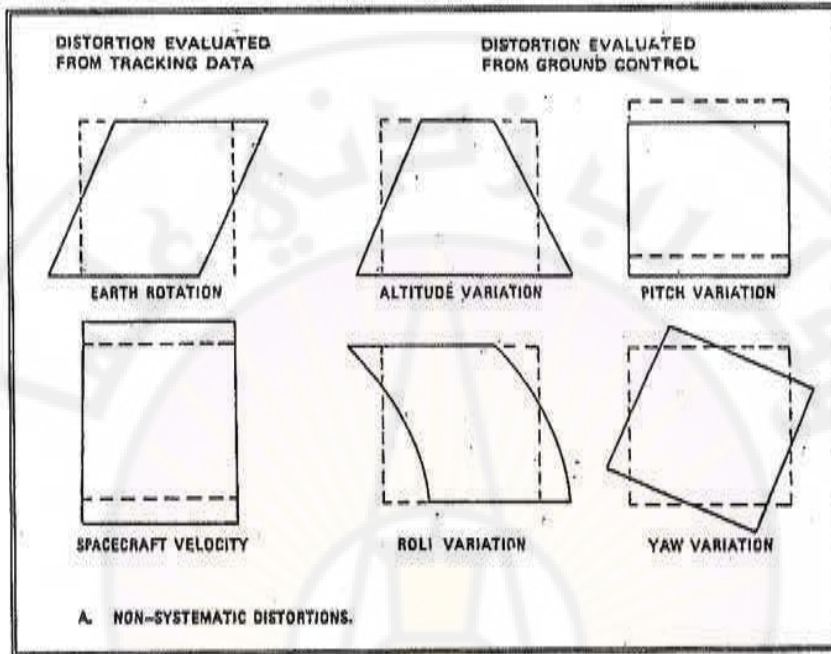
— في المرحلة الأولى: نأخذ في هذه المرحلة بالحسبان التشوهات المألوفة أو المتوقعة.

— وفي المرحلة الثانية: نعالج في هذه المرحلة التشوهات العشوائية (Random) أو غير المتوقعة.

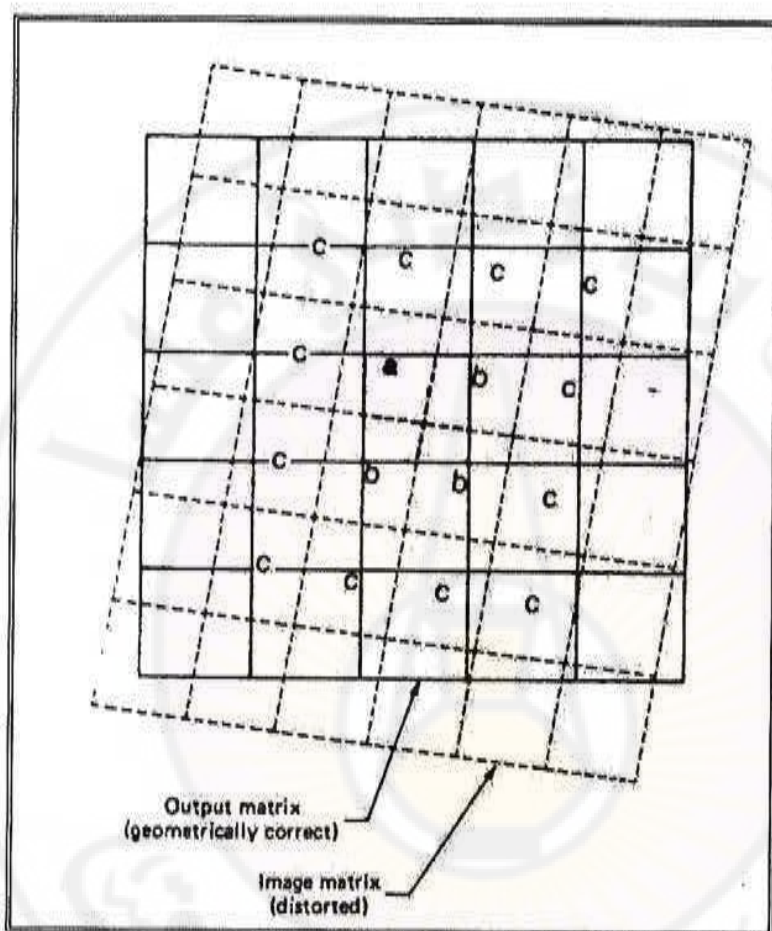
ففي المرحلة الأولى : يمكن إدراك التشوهات المألوفة وتصحيحها بسهولة، وذلك بتطبيق صيغ يتم الحصول عليها بنمذجة مصادر التشوه رياضياً. ومن المصادر المألوفة الهامة للتشوه الذي يحصل عند المسح المتعدد الأطياف من الارتفاعات التي تصلها السوائل، مثلاً، هو دوران الأرض تحت السائل باتجاه الشرق أثناء التصوير. وهذا ما يجعل الماسح يعطي، في كل كنسة (مسحة) بصرية، مساحة من الأرض تقع إلى الغرب من الكنسة السابقة قليلاً، وهذا ما يسمى "تشوه الانحراف Skew Distortion" وعملية إزالة الانحراف "Deskewing" من المرئيات الناجمة تستدعي إزاحة كل خط من خطوط المسح المتتالية، قليلاً نحو الغرب. وينجم عن هذا التصحيح مظهر متوازي أضلاع منحرف لمعطيات الماسح المتعدد الأطياف المحمول جواً على السائل شكل (6-8)

في المرحلة الثانية : يتم تصحيح التشوهات العشوائية وبقياء التشوهات غير المعروفة وذلك بتحليل نقاط تحقق أرضية (GCP) Ground Control Points جيدة التوزيع توجد على المرئية. إن نقاط التحقق الأرضية على المرئية، كما في نظيراتها بالنسبة للصور الفوتوغرافية الجوية، هي معالم أرضية معروفة، يمكن تعرفها بدقة على المرئيات الرقمية المصورة. ومن المعالم التي تعد نقاط تحقق جيدة نذكر تقاطعات الطرق السريعة والمعالم الساحلية المتميزة. ويتم، في عملية التصحيح، تحديد مواقع عدة نقاط تحقق أرضية بدلالة إحداثيات المرئية (العدد العمودي والأفقي) على المرئية المشوهة وبدلالة إحداثياتها الأرضية (تقاس عادة من خارطة بدلالة إحداثيات مركاتور المستعرضة العالمية (UTM) أو خطوط الطول والعرض) . ثم تخضع هذه القيم إلى تحليل إنكفاءات التربيقات

الأصغرية لتحديد معاملين لمعادلتي تحويل إحداثيات يمكن استخدامها لربط
إحداثيات الخارطة الصحيحة هندسياً، بإحداثيات المرنية المشوهة. وعندما



الشكل 8 - 6



الشكل 8 - 7 مصفوفة عناصر الخرج الصحيحة هندسياً متراكبة فوق مصفوفة عناصر الدخل الأصلية المشوهة

يتم تحديد المعاملين لهاتين المعادلتين يمكن تقدير إحداثيات المرئية المشوهة بدقة، لأي موقع على الخارطة. ويعبر عن ذلك رياضياً كمايلي:

$$x = f1(x, y)$$

$$y = f2(x, y)$$

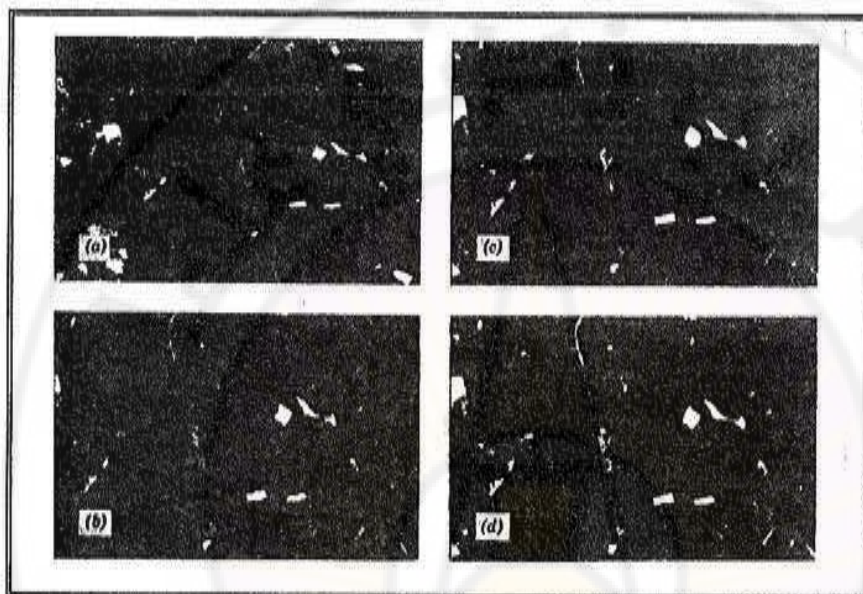
حيث : (x, y) = إحداثيات المرئية المشوهة (عمودياً وأفقياً) .

(x, y) = إحداثيات الخارطة الصحيحة.

$$f1, f2 = \text{دالات التحويل} .$$

وبدیهی أن تبدو المعادلتان السابقتان وكأنهما جاءتتا مقلوبتين لأنهما تصفان كيفية تحديد أوضاع المرئية المشوهة الموافقة لأوضاع الخارطة الصحيحة أو غير المشوهة وهذا ما يتم فعلاً أثناء عملية التصحيح الهندسي. فنحن نحدد أولاً مصفوفة خرج غير مشوهة من وحدات خارطة " فارغة " ثم نملأ كل وحدة بالمستوى الرمادي للعنصر (البكسل) أو العناصر المطابقة، في المرئية المشوهة.

ويمثل الشكل (7-8) طريقة إعادة اعتيان تقدر قيماً لعدة بيكسلات تحيط بـ بيكسل مفروض من مرئية الدخل لإيجاد عدد رقمي (DN) " تركيبی " ينسب لعنصره المطابق في مرئية الخرج. إن تقنية " الاستكمال المزدوج الخط"، تأخذ متوسط أبعاد الأعداد الرقمية للعناصر (البكسلات) الأربع الأقرب المشار إليها بالأحرف a , b في مصفوفة المرئية المشوهة في الشكل (7-8). وهذه العملية بكل بساطة تكافئ الاستكمال الخطي الثنائي الخط. وينجم عن هذه التقنية، كما يبدو في (الشكل 8-8، c) مرئية أعيد اعتيانها تتمتع بمظهر أفضل. على أنه يمكن مصادفة بعض المشاكل عند التحليل اللاحق للمعطيات لتعرف النماذج الطيفية، بسبب تغير المستويات الرمادية في المرئية الأصلية (لذلك تتم إعادة الاعتيان في الغالب، بعد عمليات تصنيف المرئيات لاحقاً).



الشكل 8 - 8 نتائج إعادة الاعتيان (a) معطيات الماسح MSS الأصلية . (b) ترتيب الجوار الأقرب
(c) استكمال مزودج الخط . (d) طي مكعبي . (عن مؤسسة IBM)

ب - التصحيح الراديومتري : RadioMetric Correction :

إن نمط التصحيح الراديومتري المطبق على أي مجموعة معطيات لمرئيات رقمية يختلف كثيراً، كما في التصحيح الهندسي، بحسب المستشعرات. ومن الأمور التي تضاهيها في الأهمية أن الأشعاعية المقيسة بأي جهاز يوجد فوق أي جسم تتأثر ببعض العوامل، مثل تغيرات إنارة المشهد، وأحوال الغلاف الجوي، ووضع الرؤيا وخصائص استجابة الجهاز. إن لبعض هذه التأثيرات، كتغيرات وضع الرؤيا أهمية في حال تجميع المعطيات من الأجهزة المحمولة جواً، أكبر منها في حال الحصول على المرئيات من السوائل. كما أن ضرورة إجراء تصحيح أي من هذه التأثيرات أو كلها إنما تعتمد مباشرة على التطبيق المراد إجراؤه.

ففي حال الاستشعار عن بعد من السوائل باستخدام الجزء المنظور أو تحت الأحمر القريب من الطيف، يفضل في الغالب عمل فسيفساء (موزاييك) من المرئيات التقطت في أزمنة مختلفة أو دراسة التغيرات في انعكاسية معالم الأرض في أزمنة أو مواقع مختلفة. وفي مثل هذه التطبيقات، لا بد من " تصحيح زاوية ارتفاع الشمس " لتقدير موقع الشمس في الفصول المختلفة بالنسبة للأرض. الشكل (8-9).

وبهذه الطريقة يتم تصحيح معطيات المرئيات التي تم الحصول عليها من زوايا إنارة شمسية مختلفة وذلك بحساب قيم لمعان العناصر (البكسلات)، على افتراض أن الشمس كانت في السميت في كل مرة يجري فيها الاستشعار (التصوير).

ج - إزالة الضجيج : Noise Removal :

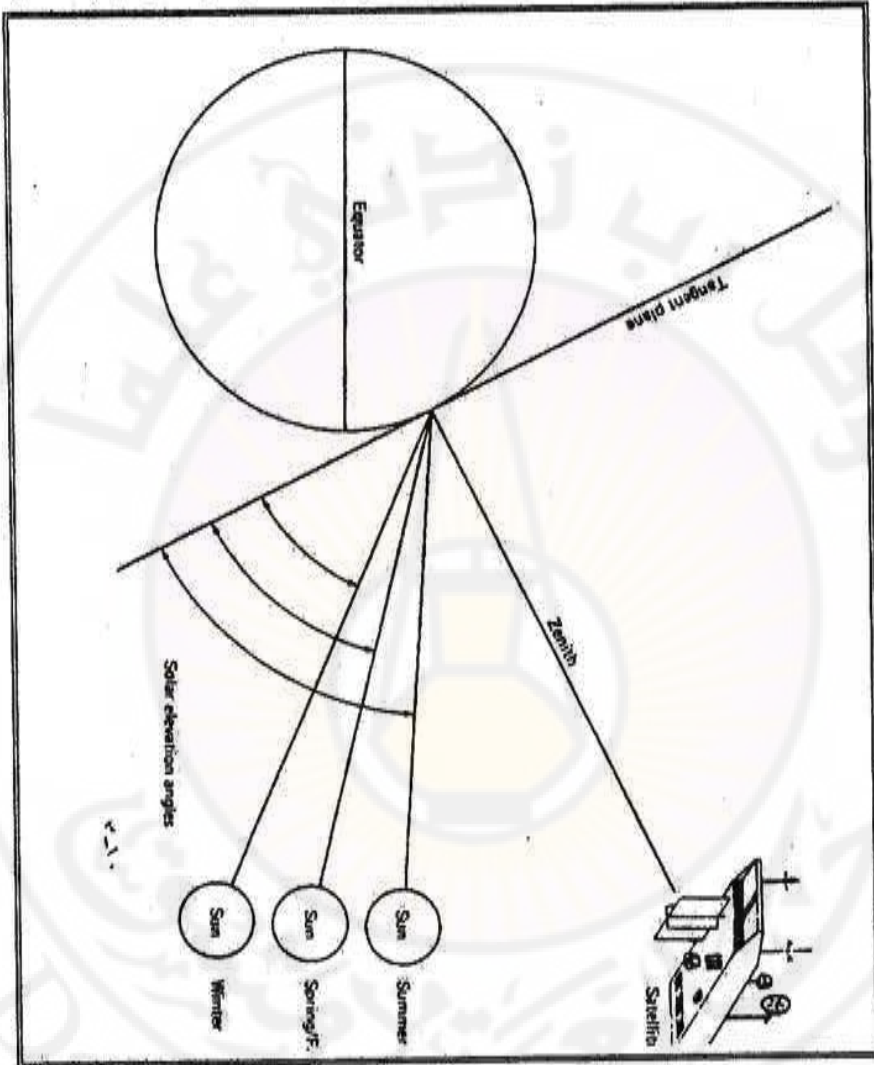
يُعرف ضجيج المرئية بأنه أي اضطراب غير مرغوب فيه في معطيات المرئية ينجم عن قصور أو خلل في الاستشعار (المسح)، أو في رقمنة الإشارة

(ترقيم الإشارة) أو في عملية تسجيل المعطيات. وتتراوح مصادر الضجيج بين الانزياح الدوري للمستكشف أو تعطله، وبين التداخل الإلكتروني بين مكونات المستشعر، وبين " غصّات " أي (فترات التوقف المؤقت المتقطعة) في تسلسل بث المعطيات وتسجيلها . ويمكن أن يؤدي الضجيج إلى تردي محتوى المرئية الرقمية من المعلومات الراديومترية الحقيقية ، أو تؤدي إلى حجبها تماماً . لذلك فإن إزالة الضجيج يسبق عادة أي تحسين لاحق لمعطيات المرئيات أو تصنيفها . والهدف هو ترميم المرئية لتصبح أقرب ما تكون إلى المشهد الأصلي .

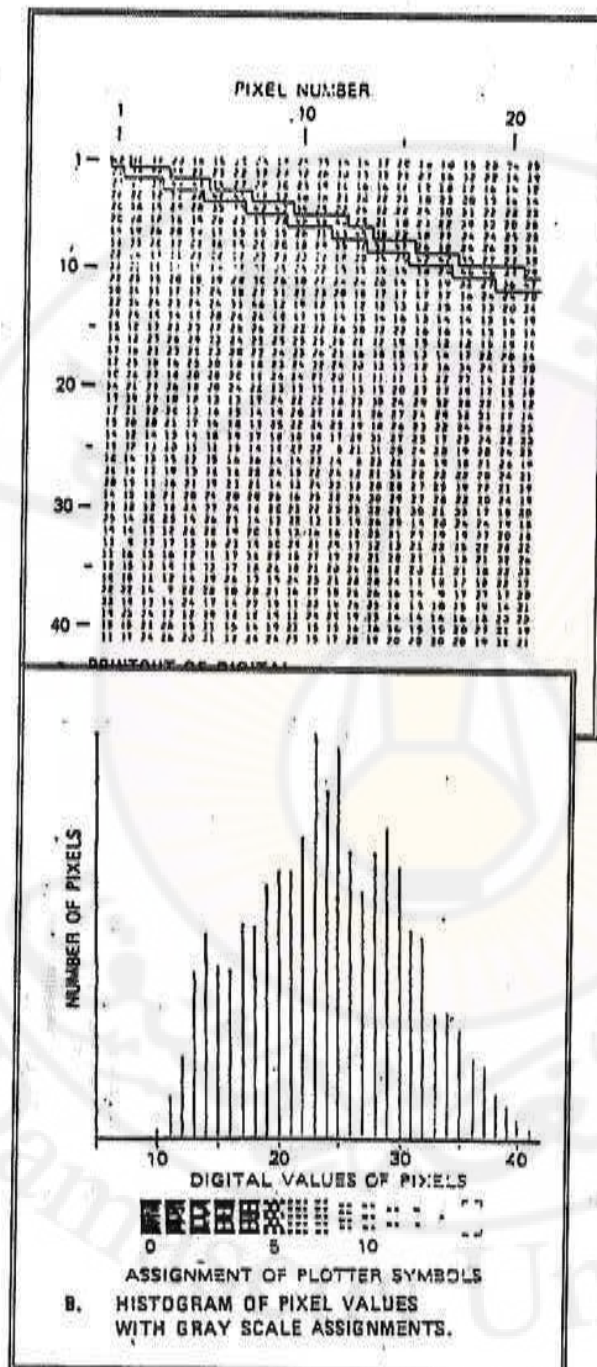
وتعتمد طبيعة تصحيح الضجيج اللازم في أي حالة مفترضة ، كما في طرائق الترميم الجيومتري ، على معرفة نمط الضجيج ، وهو ضجيج مألوف (دوري) أو عشوائي أم هو مزيج من النمطين . فالمساحات المتعددة الأطياف (MSS) التي تمسح عدة خطوط مسح (كنس) بأن واحد ، مثلاً ، تنتج معطيات تحتوي غالباً على "بنية شرائطية" "Striping" أو "عصائبية Banding" بصورة دائمة أو دورية . وهذا ماينجم من تغير استجابة كل مستكشف من المستكشفات المستخدمة في كل مجال . وتكثر مثل هذه المشاكل خاصة في مجموعات المعطيات الأولى للماسح MSS المحمول على لاندسات . وعلى الرغم من أن المستكشفات الستة التي استخدمت في كل مجال قد تمت معايرتها ومطابقتها سلفاً قبل الإطلاق ، فإن الاستجابة الراديومترية لواحد أو أكثر من المستكشفات كانت عرضة للانزياح مع الزمن، وهذا ما يؤدي إلى قيم أعلى أو أدنى نسبياً على طول كل سادس خط مسح في معطيات المرئيات . وفي هذه الحالة هناك معطيات مؤكدة في خطوط المسح المختلفة لابد من تصحيحها بالنسبة إلى الملاحظات المجاورة لها .

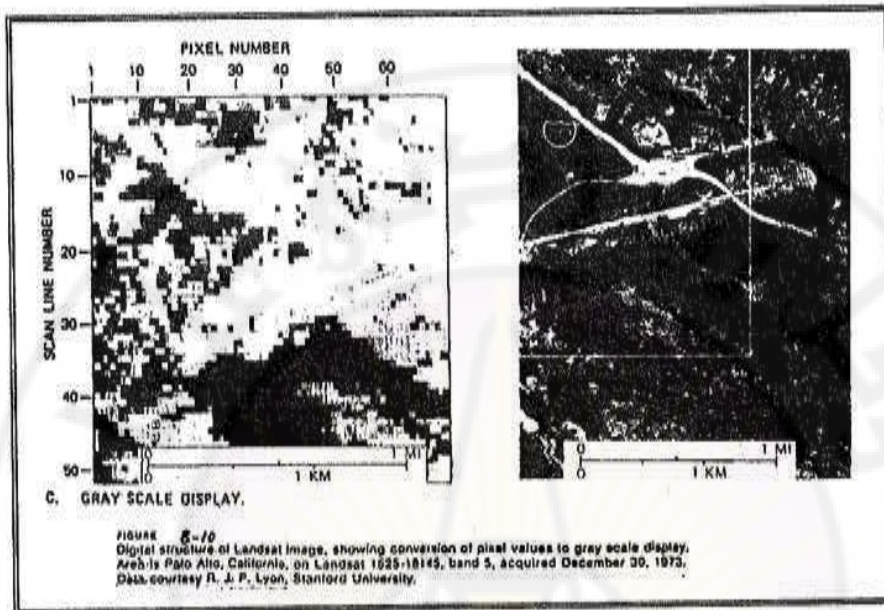
وقد تم تطوير عدة طرائق لإزالة البنية الشرائطية DESTRIPIING للتعامل مع الشبكة التي وصفناها سابقاً . ومن هذه الطرائق أن ننشئ مجموعة من الهيستوغرامات للمرئية واحداً لكل مستكشف له علاقة بمجال معين . وهذا يعني، بالنسبة لمعطيات الماسح MSS وفي مجال مفترض، إنشاء هيستوغرام واحد

لخطوط المسح 13,7,1 ... الخ وهيستوغرام آخر لخطوط المسح 14,8,2 ... الخ
وهكذا ثم يقارن بين القيم الوسطية لهذه الهيستوغرامات ومتوسطها بغية تحديد



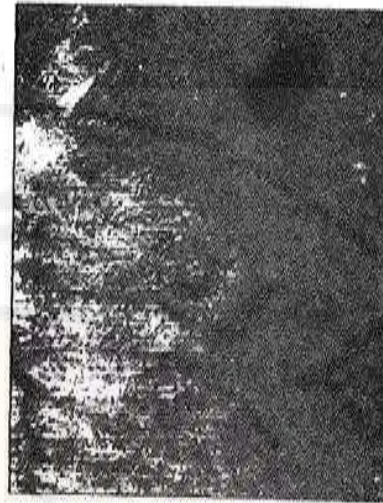
الشكل 8 - 9 تأثير التغير الفصلي في زاوية ارتفاع الشمس (عن مخططات ناسا)





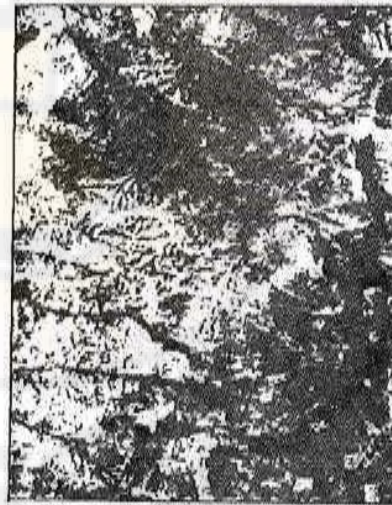
الشكل 8 - 10

1 22 17 26 18 23 26 26 26 25 22 27 24 24
24 24 25 24 26 20 23 26 24 26 24 25 19 19
23 21 22 32 31 26 27 22 24 23 23 22 23 20
13 16 24 32 27 23 24 22 18 23 22 23 23 19
14 21 30 31 25 22 24 23 23 24 23 23 22 22
18 20 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26
16 19 33 31 27 25 25 23 20 23 24 24 25 26
19 16 20 24 27 27 25 22 25 25 23 21 25 30
17 18 21 20 22 23 24 23 22 23 23 23 21 23
23 19 17 20 16 15 24 24 23 23 23 23 24 24
23 24 18 20 18 18 23 27 24 23 23 22 23 23
12 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24
21 21 21 21 24 21 20 27 20 22 19 19 19 22
24 23 18 23 25 22 24 23 23 24 25 19 20 19
22 22 23 23 23 22 23 19 24 23 17 23 23 25
19 17 23 23 17 20 18 24 19 13 19 17 19 18
14 18 19 17 19 16 20 19 20 14 13 18 16 18
30 26 24 24 24 27 23 23 23 23 23 23 23 23
20 18 17 17 23 18 17 17 20 18 17 19 18 18
25 24 14 20 23 15 14 25 25 18 16 20 16 17
23 21 27 23 23 23 23 23 20 18 14 14 19 17
18 18 24 14 19 20 18 17 17 19 14 14 14 19
18 18 17 26 27 18 20 19 19 25 17 19 19 17
24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24
22 18 18 20 18 20 19 20 18 17 19 18 19 17
20 12 22 21 19 23 23 23 14 19 20 18 14 15
23 24 23 23 16 19 17 19 18 21 18 17 18 18
23 18 14 18 24 18 19 20 17 16 18 18 19 13
14 20 14 17 23 27 27 23 18 20 17 17 23 23
30 26 24 24 24 27 23 23 23 24 23 23 23 23
18 19 20 19 19 14 19 19 19 22 18 22 22
19 21 19 18 18 19 18 13 18 21 19 23 25 19
14 20 21 24 23 21 21 21 20 21 18 18 18 20
16 23 31 32 25 23 19 26 20 20 19 19 19 19
14 17 21 24 22 22 22 23 20 19 20 23 22 23



A. BEFORE DIGITAL PROCESSING.

1 22 17 20 18 23 26 26 26 26 25 22 27 24 24
24 24 25 24 26 20 20 26 24 28 24 26 19 19
23 21 22 32 31 28 27 22 24 23 23 22 23 20
13 16 24 32 27 23 24 22 18 23 22 23 23 19
14 21 30 31 25 22 24 23 23 24 23 23 22 22
18 20 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26 26
16 19 33 31 27 25 25 23 20 23 24 24 25 26
19 16 20 24 27 27 25 22 25 25 23 21 25 30
17 18 21 20 22 23 24 23 22 22 23 23 23 23
23 19 18 20 16 19 24 24 23 23 23 23 24 24
23 24 18 20 18 18 23 27 24 23 22 22 23 23
12 22 22 20 20 22 22 22 22 24 22 20 22 14 22
21 25 21 21 24 21 20 27 20 22 19 19 19 22
24 20 18 23 24 22 24 23 23 24 23 19 20 19
22 22 23 23 23 22 23 19 23 20 17 23 23 20
19 17 23 23 17 20 16 24 19 17 19 17 19 18
18 18 19 17 19 18 20 19 20 14 17 18 14 18
18 18 18 14 16 20 14 20 18 22 18 18 18 20
20 18 17 17 20 18 17 17 18 17 19 18 18
25 24 18 23 23 19 18 25 20 18 16 20 18 17
23 21 23 23 23 23 22 23 20 18 18 18 19 17
18 19 24 14 19 20 18 17 17 19 17 19 18 19
18 18 17 20 20 18 20 19 19 20 17 19 19 17
24 22 15 20 15 22 18 22 18 22 18 22 22 18
22 16 17 20 18 20 19 23 18 17 19 18 19 17
20 12 20 21 19 20 20 20 19 19 20 18 14 15
23 24 23 23 14 19 17 19 18 21 16 17 16 16
23 18 19 18 24 14 19 23 17 16 14 18 19 13
14 20 18 17 23 22 22 23 18 23 17 17 23 23
30 18 18 22 18 20 14 18 16 18 14 14 20 22 22
18 14 20 19 19 14 19 19 22 18 18 22 22
19 21 19 18 18 19 18 13 18 21 19 23 25 19
14 20 23 24 23 21 21 21 20 21 18 18 18 20
14 21 31 32 25 23 19 20 20 20 19 19 19 19
14 17 14 26 22 22 22 23 20 19 20 23 22 23



B. AFTER DIGITAL PROCESSING.

FIGURE 8-12

Removal of sixth-line banding by correcting gain level of detector number 6. Printouts on the left represent a portion of the image, Landsat 1084-17233, band 6, southeast Montana. Image processed at Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.

المستكشف (أو المستكشفات) التي تسبب الخل. ويمكن بعد ذلك تحديد معامل (أو معاملات) ضبط التدرج الرمادي لضبط هيستوغرام (أو هيستوغرامات) خطوط المسح المختلفة لتصبح مشابهة لهيستوغرامات خطوط المسح النظامية في معطيات المرئية. ويطبق معامل الضبط هذا على كل عنصر (بيكسل Pixel) موجود في خطوط المسح المختلفة، في حين لا يتم تغيير العناصر الأخرى الشكل (8 - 11) و (8 - 12) و (8 - 13) .

وتعترضنا أحياناً من المعطيات الرقمية مشكلة أخرى من ضجيج الاتجاه الخطوطي هي " النقطة الخطية Line drop " إذ يلاحظ في هذه الحالة عدداً من العناصر المتجاورة (البكسلات) في أحد الخطوط (أو على طول خط كامل) تحتوي على أعداد رقمية زائفة أعلى أو أقل من القيم الموجودة في الخطوط قبل وبعد هذا الخط ، وتعالج هذه المشكلة عادة باستبدال الأعداد الرقمية المختلفة بمتوسط قيم العناصر (البكسلات) الموجودة في الخطوط التي فوقها وتحتها مباشرة.

(وتسمى هذه الطريقة، بطريقة : أ-حذف الخط السادس Sixth Line Dropouts) :



الشكل 8 - 13

إن خطوة التصحيح في طريقة حذف الخط السادس تتلخص كالتالي: إن لكل بيكسل (عنصر Pixel) في الخط المحذوف كما ذكرنا تؤخذ القيمة الوسطى من قيمة البيكسل في الخط الواقع قبل الخط المحذوف وقيمة البيكسل في الخط الواقع بعده وتعوض في البيكسل التي قيمتها (صفر) في الخط المحذوف انظر الشكل (B-11-8) ونحصل على مرئية مصححة لكل خط سادس. إن برنامج الاستعادة هذا يمكن أن يطبق على أي خط مسح يحذف بصورة عشوائية ولايتبع أي تشكيلة رتيبة.

ب - حزم الخط السادس (التعصيب) Sixth Line Banding :

إن الكواشف الستة لكل قنال طيفي قد غيرت بدقة وتوافق، عند إطلاق التابع لاندسات لكن كما ذكرنا مع الوقت يتغير عبارها إلى مستوى أعلى أو أخفض مما ينتج عنه ما يسمى عصابة الخط السادس. إن من مساوئ المرئية والعائد لهذا السبب مبينة في الشكل (A-12-8 -) حيث تكون قيمة (أو عدد) الكاشف السادس (6) قد زاد إلى ضعف القيمة في الكواشف الأخرى، وهذا يؤدي إلى إضاءة هذا الخط بقيمة ضعف متوسط المشهد إن هذه المعطيات صالحة في الخطوط العاطلة ولكن يلزمها تصحيح لتتوافق مع المشهد العام. ومن الطرق التي يمكن تطبيقها لتصحيح هذا الخطأ هو إجراء مسح روتيني على المرئية وبصورة متعمدة لخطوط المسح، مطالات البيكسل (Pixel)، فإن أي انزياح عن القيم الطبيعية يمكن تمييزه وحساب عامل التصحيح في الشكل (B-12-8) بضرب مطال كل خط سادس بعامل التصحيح والمساوي لـ $\frac{1}{2}$ ليعطي قيمة رقمية مصححة، وبالتالي الحصول على المرئية المصححة. كما توجد طريقة أخرى تقوم برسم هيستوغرام لقيم الأعداد الرقمية (DN) لكل ستة كواشف والفرق بين متوسط القيم يستخدم لتمييز وتحديد عامل التصحيح. كما في الشكل (B-10-8) .

ج - انتقال خط المسح : Scan Line offsets

تنتقل خطوط المسح في بعض المرئيات عشوائياً أو بصورة دورية مما يؤدي إلى عيوب غير عادية وخاصة عند تكبير المرئية إلى مقياس 1:250.000 أو أكبر .

ويبين المثال في الشكل (8-13-A) أنه قد تم تكبيره إلى مقياس 1:100.000 لاستخدامه كخريطة أساس، وهذا الشكل قد انخفضت نوعيته بشكل كبير بسبب أن عدة خطوط مسح قد انتقلت إلى اليمين بحدود (1كم) أو أكثر وهذه الانتقالات بخطوط المسح واضحة إلى شرقي البحيرات في الشكل (8-13-A) ويبدو في الشكل (8-13-B) الشكل المصحح الناجم عن إعادة التعبير بدقة لبداية كل خط مسح.

د - التصحيحات الجوية : Atmospheric Correction :

يطرأ التناثر الجوي المنتخب على أطوال الموجات الأقصر من موجات الضوء، ففي مرئيات اللاندسات MSS يطرأ التناثر الأعظمي على القنال الطيفي رقم (4) (0.5 - 0.6 ميكرومتر) بينما يطرأ على القنال (7) (0.8 - 1.1 ميكرومتر) تناثر جوي أقل .

تتحسن نسبة التباين للمرئيات بتصحيح آثار فرق التناثر، ويتبع في سبيل ذلك طريقتان تقنيتان لتحديد عامل التصحيح (Correction factor) لتناثر الجو (الضباب أو السديم) في أقنية الماسح المتعدد الأطياف MSS المختلفة وهاتان الطريقتان موضحتان في الشكل (8-14)

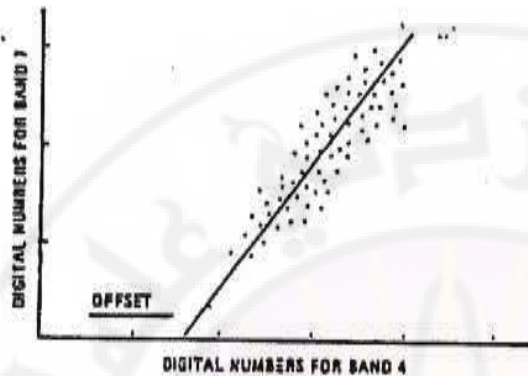
تعتمد كلتا الطريقتان، على حقيقة أن القنال رقم (7) خالية من تأثيرات الجو والتي يمكن التأكد والتحقق من قيم الأعداد الرقمية (DN) للأجسام المائية الصافية أو ظلال المنحدرات. إن قيمة (DN) للمياه والظلال في القنال (7) إما قيمة العدد صفر أو العدد واحد.

طبقت الطريقة الأولى لتصحيح السديم (الشكل 10-A) على مساحة في المرئية التي لها ظلال بسبب التضاريس الطبوغرافية ولكل (بيكسل Pixel) .
نرسم القيمة العددية الرقمية (DN) للقنال (7) على محور العينات والقيمة

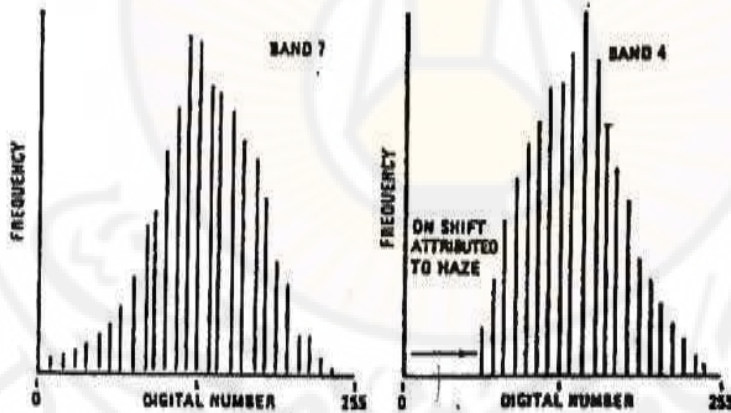
للـ (DN) للقنال (4) على محور السينات (X)، ونرسم خط مستقيم يمر بأكبر عدد من النقاط باستخدام الخط المستقيم ذي المربعات الأصغرية. إذ لم يكن يوجد سديم في القنال رقم (4) فإن الخط المستقيم يمر من نقطة البداية للمحورين (العينات والسينات) ولكن تقاطع الخط المستقيم مع محور السينات (قيم DN للقنال (4) لا يكون عند نقطة البداية كما هو مبين بالشكل (8-14 - A) بمقدار الضباب (السديم) على هذه القنال (4) ولتصحيح ذلك تطرح هذه القيمة من كل قيمة (DN) لكل بيكسل لمرئية القنال (4)، وتكرر هذه العملية على القناة (5) والقنال (6) بالنسبة للقنال (7). إن هذه الطريقة تتطلب استخدام الحاسوب عدة مرات.

أما الطريقة الثانية لتصحيح الضباب (السديم) فهي استخدام طريقة الهيستوغرام لكل من القنال (7) والقنال (4). كما هو مبين في الشكل (8-14 - B) إن قيم الـ DN في الهيستوغرام للقنال (4) لا يوجد فيها الرقم صفر (0) وإن ذروة المنحني Peak مزاحة إلى اليمين (نحو القيمة الأعلى لـ DN) لوجود أثر الضباب الإضافي.

تبين القنال رقم (4) أيضاً زيادة في تواتر البيكسلات في الجانب المنخفض (اليساري) من الهيستوغرام. إن سبب عدم وجود قيم للـ (DN) تحت هذا المستوى يعود إلى الإنارة من ضوء التناثر المتسبب من الجو. ولأجل القنال (4) يحدث ذلك عند قيمة (H) للـ DN تطرح هذه القيمة من كل قيمة (DN) لكل بيكسل Pixel من مرئية القنال رقم (4) لتصحيح الضباب. وتكون القنال رقم (5) قيمة التصحيح (7) والقنال رقم (6) تكون قيمة التصحيح بالعادة (3). إن هذه الطريقة (الهيستوغرامات) صعبة إذا لم يكن يوجد في مرئية القنال (7) ظلال لمنحدرات أو مياه بحيث تكون قيمة الـ DN أصفراً .



- A. PLOT OF BAND 7 VERSUS BAND 4 FOR AN AREA WITHIN THE IMAGE THAT HAS SHADOWS. OFFSET OF THE LINE OF LEAST-SQUARES FIT ALONG THE BAND 4 AXIS IS ATTRIBUTED TO ATMOSPHERIC SCATTERING IN THAT BAND.



- B. HISTOGRAMS FOR BANDS 7 AND 4. THE LACK OF LOW DN'S ON BAND 4 IS CAUSED BY ILLUMINATION FROM LIGHT SCATTERED BY THE ATMOSPHERE (HAZE).

Figure 8-14
Methods for determining atmospheric corrections on individual Landsat bands.

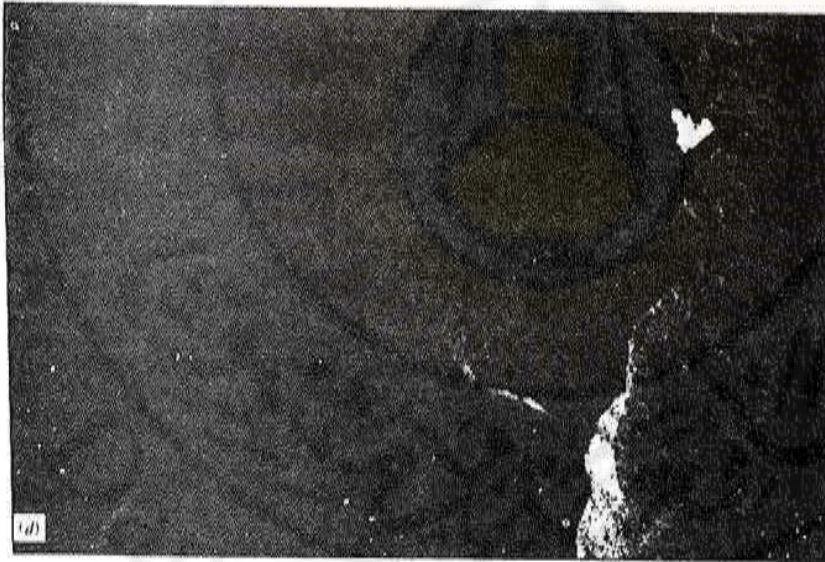
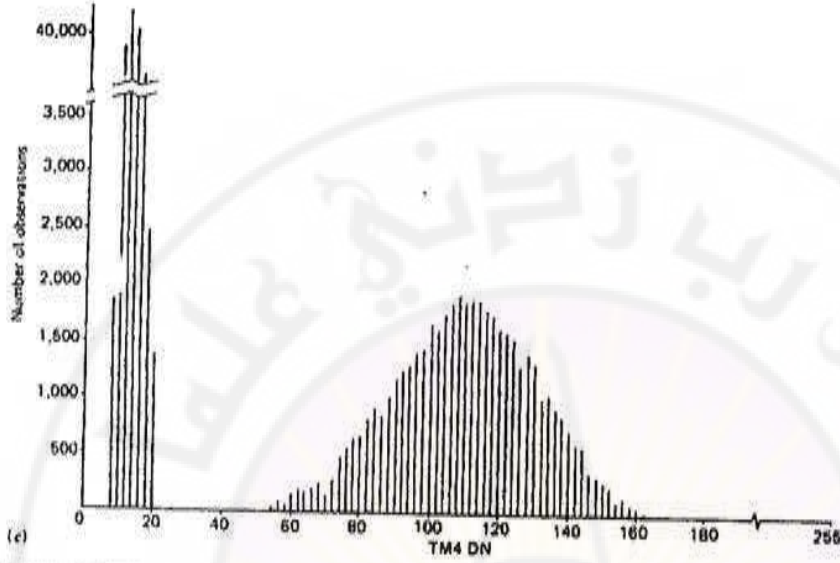
الشكل 8 - 14

3-8 - تحسين المرئيات (تعزيز) Image Enhancement :

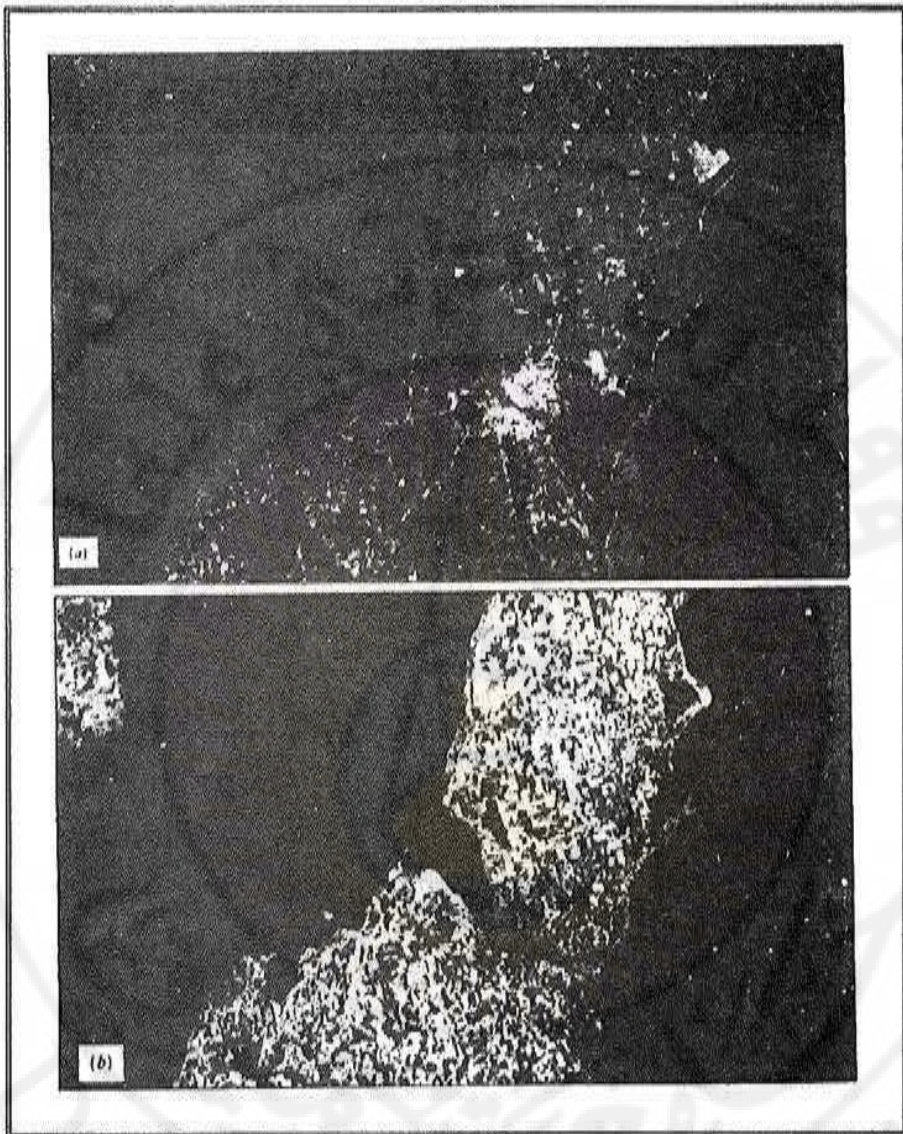
يهدف تحسين المرئيات، كما ذكرنا سابقاً، إلى تحسين قابلية التفسير البصري للمرئيات وذلك بزيادة التمييز بين معالم المشهد. وتحاول عملية التفسير البصري للمرئيات المصورة المحسنة رقمياً الوصول إلى أفضل تكامل يقوم بين العقل البشري والحاسوب. فالعقل يمتاز بتفسير رائع للخصائص الحيزية على المرئية، وهو قادر على أن يتعرف، بالاصطفاء، المعالم الغامضة أو غير المتميزة. إلا أن العين عاجزة عن تمييز الفروق الراديومترية أو الطيفية الضئيلة التي يمكن أن تميز مثل هذه المعالم. ويهدف التحسين بالحاسوب إلى التضخيم البصري لهذه الاختلافات الضئيلة ليسهل إمكان ملاحظتها.

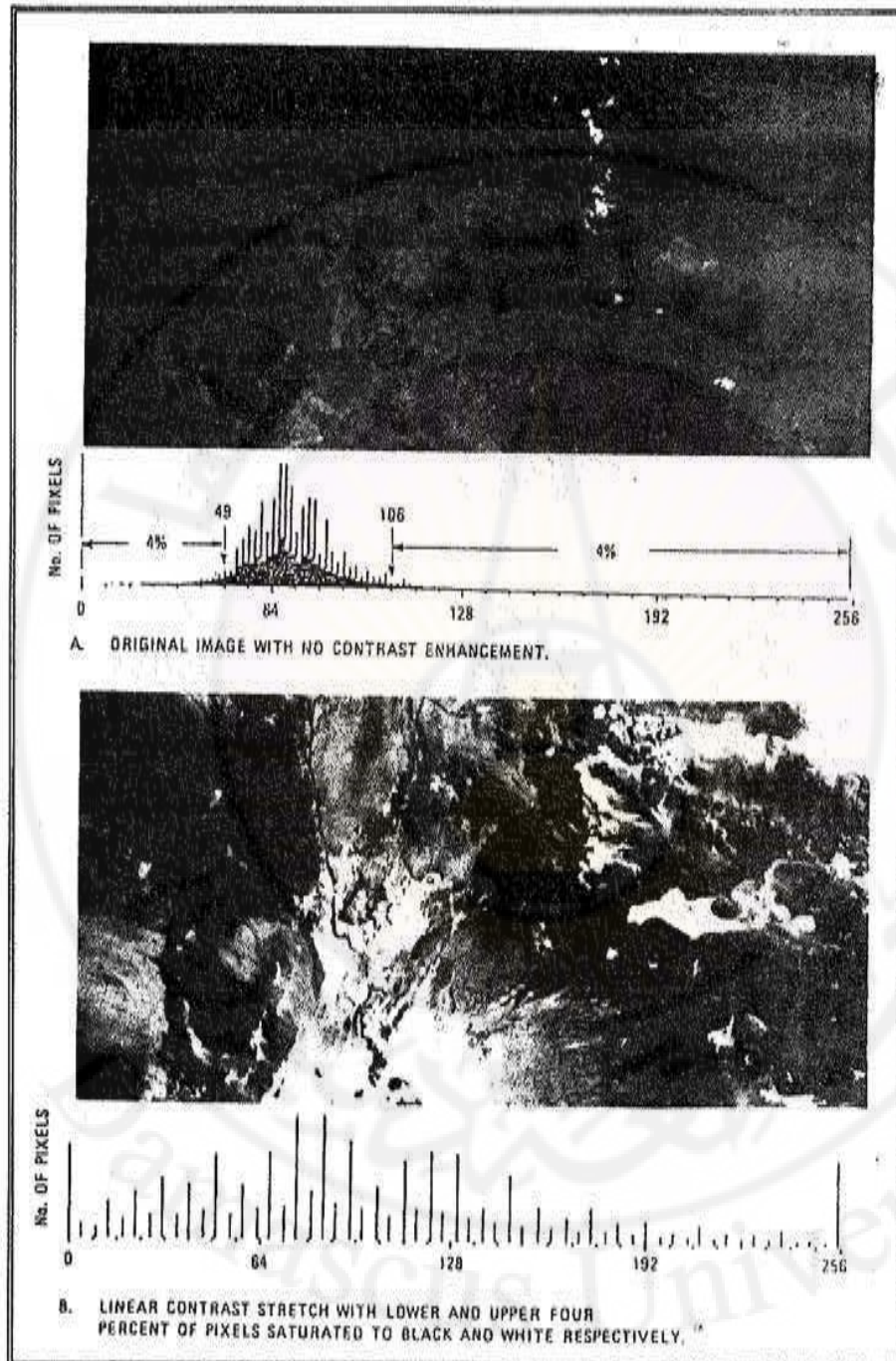
إن طرائق تحسين المرئيات وخيارات العرض المتيسرة لمحلل المرئيات لا يمكن في الواقع حصرها. ولكن يمكن جمع معظم تقنيات التحسين إما في عمليات النقطة بعينها Points Operations أو في عمليات الجوار (العمليات المحلية Operations Local) فعمليات النقطة المحددة تعدل قيمة لمعان كل عنصر (Pixel) في مجموع معطيات المرئية كلاً على حدة. أما "عمليات الجوار" فتعدل كل عنصر (Pixel) اعتماداً على قيم لمعان ما بجاورها. ويمكن تطبيق أي من شكلي التحسين على المرئيات الأحادية المجال Single Band Images (الأحادية اللون Mono - chrome) أو على كل جزء من أجزاء الصور المركبة المتعددة المرئيات Multiple Image Composites. ويمكن أيضاً تسجيل المرئيات الناجمة أو عرضها ملونة أو غير ملونة. هذا وإن اختيار طريقة التحسين (أو طرائق التحسين) المناسبة لأي تطبيق يعتبر فناً. وهو يمثل في الغالب أمراً يرتبط بشخصية المحلل.

ويتم تطبيق عمليات التحسين عادة على معطيات المرئيات بعد إنجاز إجراءات الترقيم المناسبة. فإزالة التشويش، خاصة، يجب أن تسبق معظم عمليات التحسين ويبقى المحلل دونها تحت رحمة التشويش. وسنبحث فيما يلي، ما يطبق من تقنيات التحسين الرقمي، أكثرها شيوعاً.

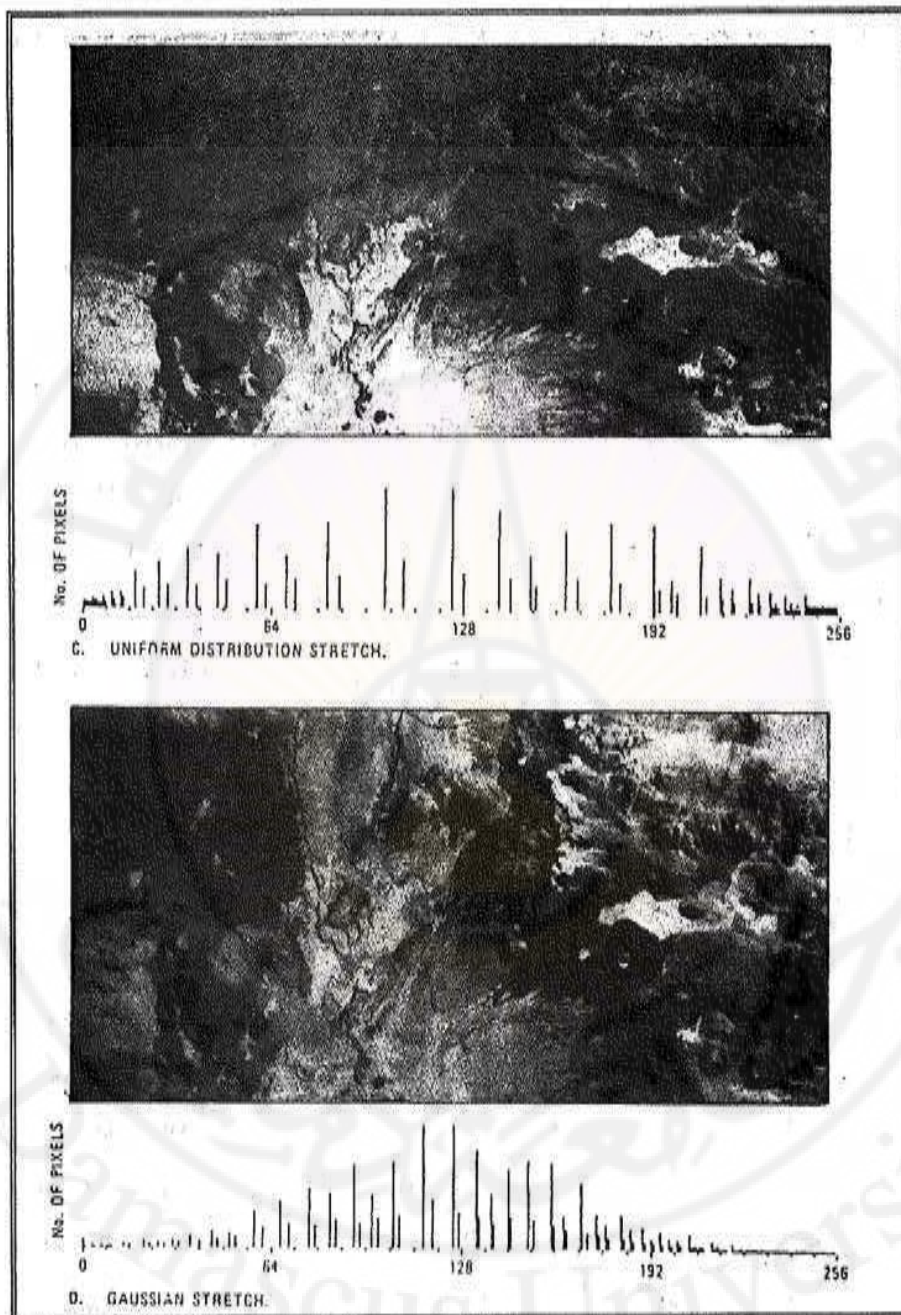


الشكل 8-15 : تحديد عتبة المستوى الرمادي من أجل التقسيم الثنائي للمعربة. (a) مرئية أصلية من TM1 تحتوي على توزيع مستمر من الشدائد الرمادية. (b) مرئية من TM4. (c) هستوغرام لمعربة من TM4. (d) تغيير لمعان المناطق المعالجة فقط في مرئية من TM1.





الشكل 8 - 16



الشكل 8 - 16

ويمكن جمع هذه التقنيات في :

- 1 - معالجة التباين Contrast Manipulation .
- 2 - معالجة الحيز بين العالم Spatial feature Manipulation .
- 3 - معالجة تعدد المرئيات Multi - Image Manipulation .

1 - معالجة التباين : Contrast Manipulation :

1 - تحديد المستوى الرمادي Gray - Level Thresholding :

يستخدم تحديد عتبة المستوى الرمادي من أجل " تقسيم " مرئية الدخول إلى صفتين : صف يضم العناصر (البكسلات) التي تكون قيم مستوياتها الرمادية أقل من قيمة المستوى الذي يحدده المحلل، وصف يضم قيم البكسلات التي تكون قيم مستوياتها أعلى من هذه القيمة.

وتظهر في الشكل (8-15 - a) مرئية من راسم الخرائط الغرضي TM1 تبدي مدى واسعاً من المستويات الرمادية على اليابسة والماء على السواء ولنفترض أننا نرغب في إظهار اختلافات اللمعان في هذا المجال في المناطق المائية وحدها. وبسبب تداخل كثير من المستويات الرمادية لليابسة والماء، فإنه يستحيل فصل هذين الصفتين باستخدام عتبة تم تحديدها في هذا المجال. ولا ينطبق هذا على مجال TM4 الشكل (8-15-B) والهستوغرام للأعداد الرقمية لمرئية TM4 (الشكل 8-15-C) يبين أن الماء يمتص بشدة الطاقة الواردة الموجودة في المجال تحت الأحمر القريب المذكور (أعداد رقمية منخفضة)، على حين تكون اليابسة شديدة الانعكاسية (أعداد رقمية مرتفعة) والعتبة المحددة بالعدد الرقمي $DN = 40$ تسمح بفصل هذين الصفتين في معطيات TM4. ويمكن تطبيق هذا التصنيف الثنائي على معطيات TM1 لنمكن من عرض اللمعان في المناطق المائية وحدها وهذا ما يوضحه الشكل (8-15-B) حيث تم ضبط جميع قيم البكسلات للراسم TM1 في هذه المرئية على الرقم صفر (أسود) اعتماداً على تصنيفها في الحجاب الثنائي للراسم TM4 أما قيم البكسلات للراسم TM1 فقد تم حفظها من أجل العرض.

أيضاً يبين الشكل (8 - 16 - A) والذي هو عبارة عن مرئية لاندسات بالقفال رقم (4) من جبال الأندير والتي انتجت من معطيات الـ (CCT) بدون تعزيز التباين. يبين الهستوغرام المرفق عدد البيكسلات التي توافق قيم الإضاءة لـ (DN) أن 92 % وسط الهستوغرام يحوي مجال قيم الأعداد الرقمية من 49 حتى 106 والتي تستخدم فقط 23 % من مجال الإضاءة الكلي وبعملية حساب بسيطة يمكن الحصول على هذه النسبة أي :

$$(106 - 49 = 256 \div 23 = 23 \%)$$

يعود لهذا المجال المحدود من قيم الإضاءة نسبة التباين الخطي Linear Contrast Stretch كما هو مبين في الشكل (8 - 16 - B) .

إن قيم الـ DN في المجال المنخفض للهستوغرام الأصلي مخصصة إلى القسم الأسود النهائي. وقيم الـ DN في المجال العالي للهستوغرام مخصص إلى القسم الأبيض النهائي. في هذا المثال أن القيمة الأدنى 4 % (249) تخصص للأسود (أي تعطى قيمة الصفر) والقسم العلوي 4 % (106 DN) يخصص للأبيض (يعطى قيمة 255) ، إن قيمة بقية البيكسلات توزع خطياً بين هاتين النهايتين (الأبيض والأسود) كما هو مبين في الشكل (8 - 16 - B) في الهستوغرام والمرئية المعززة (المحسنة) .

ب - (إعداد شرائح للمستويات (أو تشريح وتقطيع الكثافة) Level Slicing : تعرف هذه الطريقة : على أنها عملية تحويل شدة اللون الرمادي (Gray Tone) المستمر لمرئية ما إلى سلسلة من شرائح الكثافة التي لها مجال رقمي معين . ويمكن عرض كل شريحة على جهاز عرض بلون منفصل أو برمز مطبوع وأن تكون محاطة بخطوط مناسبة (Contour Lines) .

إن إعداد الشرائح هو عبارة عن تقنية للتحسين ، تقسم فيها الأعداد الرقمية الموزعة على طول المحور X للهستوغرام المرئية إلى سلسلة من الفواصل أو الشرائح (Slices) يحددها المحلل . ثم تعرض كل الأعداد الرقمية التي تقع ضمن حدود إحدى الفواصل في مرئية الدخول على أنها عدد رقمي واحد

في مرئية الخرج . وينجم عن ذلك أننا إذا قررنا وجود ست شرائح مختلفة ، فإن مرئية الخرج تحتوي على ستة مستويات رمادية مختلفة فقط . وتبدو النتيجة ، إلى حد ما ، على شكل خارطة ذات منحنيات تسوية (خارطة كونتورية) ، ماعدا المناطق فيما بين الحدود التي تحتلها بيكسلات يتم عرضها بالعدد الرقمي نفسه . ويمكن أيضاً إظهار كل مستو (شريحة) بلون خاص به .

ويشرح الشكل (8-17) تطبيق إعداد شرائح المستويات على الجزء " المائي " من المشهد المبين في الشكل (8-15) فقد تم تقسيم معطيات TM_1 إلى شرائح متعددة في المناطق التي حددها سابقاً الحجاب الثاني للراسم TM_4 على أنها مياه . وتستخدم عملية إعداد شرائح المستويات كثيراً في عرض مرئيات الأشعة تحت الحمراء الحرارية لبيان درجات الحرارة المختلفة مُرمزة بمستويات رمادية مختلفة أو (ألوان مختلفة) .



الشكل 8 - 17 تطبيق إعداد الشرائح على المعطيات TM_1 في مناطق حددت على أنها مياه في الشكل 8 - 15

جـ بسط التباين : Contrast Stretching :

تعمل أجهزة عرض المرئيات وتسجيلها، في الحالات النموذجية، في مدى يضم 256 مستوى رمادي (وهو أكبر عدد يمكن تمثيله في عمليات ترميز حاسوبية ذات 8 بتات) ونادراً ما تُبسط معطيات أي مستشعر في مرئية واحدة على كامل هذا المدى. لذلك يهدف بسط التباين إلى تمديد المدى الضيق لقيم اللعان الموجودة عادة في مرئية الدخل على مدى أوسع من القيم الرمادية. وتكون النتيجة مرئية خرج تم تصميمها لإبراز التباين بين المعالم التي تعني محلل المرئية، ولشرح عملية بسط التباين نتصور وجود جهاز استشعار افتراضي تتراوح مستويات مخرجاته من المرئيات بين صفر و 255 .

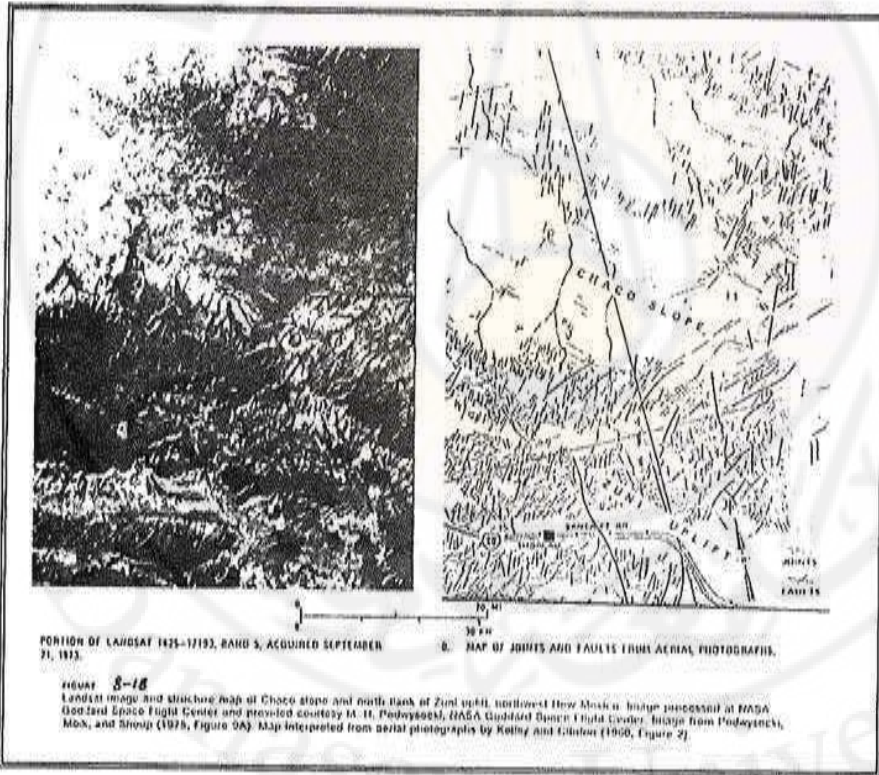
2 - معالجة الحيز بين المعالم (المكاني والاتجاهي) Spatial Feature

: Manipulation

أ - الترشيح (التصفية) الحيزي (المكاني) : Spatial Filtering :

تقوم المرشحات الحيزية بإبراز معطيات المرئيات ذات التكرار الحيزي المتنوعة أو بطمسها، خلافاً للمرشحات الطيفية التي تقوم بوقف الطاقة أو تمريرها في مدى طيفي متنوع. ويعني تعبير التكرار الحيزي (خشونة Roughness) التغيرات في الشدة اللونية التي توجد في المرئية. أي أن المستويات الرمادية في هذه المناطق تتغير فجأة في عدد قليل نسبياً من العناصر (البيكسلات) (كما يحصل عبر الطرق أو على حدود الحقول مثلاً). أما المناطق " الملساء Smooth " من المرئية فهي التي تتمتع بتكرار حيزي (مكاني) منخفض حيث تتغير المستويات الرمادية تدريجياً على عدد كبير نسبياً من العناصر (البيكسلات) (كما هو الحال في الحقول الزراعية الواسعة أو الكتل المائية مثلاً). وقد صُممت " مرشحات منخفضة التمرير Low-

pass Filters " لإبراز المعالم المنخفضة التكرار (تغيرات لمعان المناطق الواسعة) أو طمس المركبات العالية التكرار في المرئية (التفصيلات الحيزية) أما " المرشحات العالية التمرير High - pass Filters " فتقوم بعكس ذلك تماماً. فهي تبرز المركبات المفصلة العالية التكرار في المرئية وتطمس المعلومات المنخفضة التكرار الأكثر عمومية. فالترشيح الحيزي (المكاني) هو عملية محلية (Local) من حيث أن قيم العناصر (البيكسلات) في إحدى المرئيات الأصلية قد تم تعديلها بالاستناد إلى المستويات الرمادية في عناصر الجوار.



الشكل 8- 18

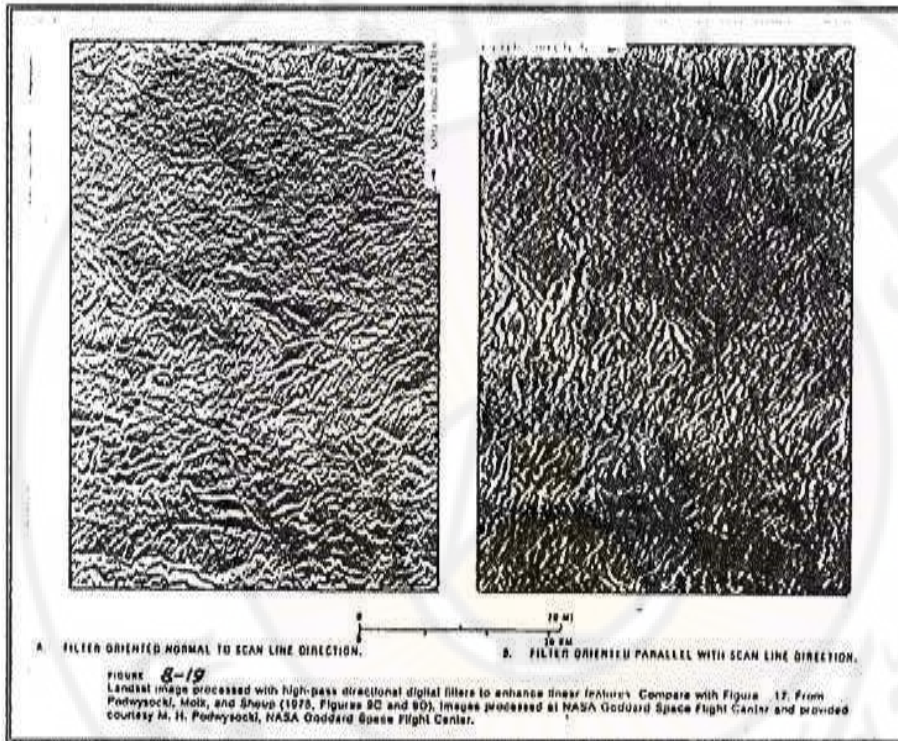
يبين الشكل (8 - 18) تطبيق مرشحات التمرير العالي الموجه ولقد طبق عمل مرشح التمرير العالي الموجه (Linear H.P. Filters) على معطيات المرئيات الرقمية في الاتجاه العمودي لاتجاه خط المسح من الشرق إلى الغرب (شكل 8 - 19 - a) وموازي لاتجاه خط المسح (شكل 8 - 19 - b) فبالإضافة إلى الفوالق فإن المرشح يُحسّن أيضاً بعض الظواهر الطبوغرافية الموجهة وبعض الظواهر الطبيعية. إن طبيعة التوجيه للمرشحات موضحة بالأوتوستراد وخط السكة الممدود الموازي لاتجاه خط المسح في القسم الجنوبي الغربي من المرئية. إن هاتين الظاهرتين مُحسّنة بواسطة المرشح بالاتجاه العمودي لاتجاه خط المسح (شكل 8-19-A) ولكنها مطموسة بالمرشح الموازي لخط المسح (شكل 8-19-B) بينما الطريق وخط السكة الممدودين من الجنوب إلى الشرق على زاوية حادة لاتجاه كلا المرشحين تكون محسنة بالتساوي على مرئيتي المرشحين .

ب - الطي Convolution : ليس الترشيح المكاني (الحيزي) إلا أحد التطبيقات الخاصة لعملية عامة في معالجة المرئيات تسمى (الطي) ويتضمن طي المرئية الإجراءات التالية :

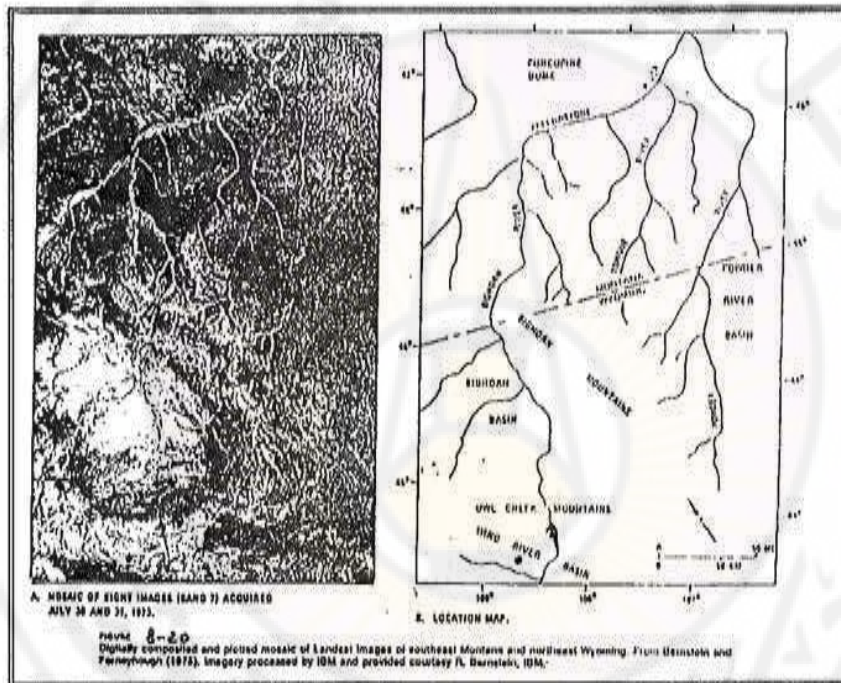
- 1 - إقامة نافذة متحركة تحتوي على صفيف (صفوف) من المعاملات (Coefficients) أو عوامل ترجيح (Wighting Factors) . وتسمى مثل هذه الصفيفات (دالات العملية Operators) أو كرنلات (Kernels) وهي عادة عناصر (بيكسلات) مقاسها ذو أعداد مفردة (أي 3×3 ، 5×5 ، 7×7) .
- 2 - يحرك الكرنل على جميع أنحاء المرئية الأصلية، ويتم الحصول على العدد الرقمي في مركز الكرنل في مرئية خرج ثانية (مطوية Convoluted) بضرب كل معامل في الكرنل بالعدد الرقمي الموافق له في المرئية الأصلية، ثم جمع كل

النتائج الحاصلة. ويتم انجاز هذه العملية من أجل كل عنصر (بيكسل Pixel) في المرئية الأصلية.

ويمثل الشكل (8 - 21) كرنل مقاسه 3×3 بيكسل جميع معاملاته تساوي $1/9$. إن طي أي مرئية بهذا الكرنل سيفضي بكل بساطة إلى أخذ



الشكل 8 - 19



الشكل 8 - 20

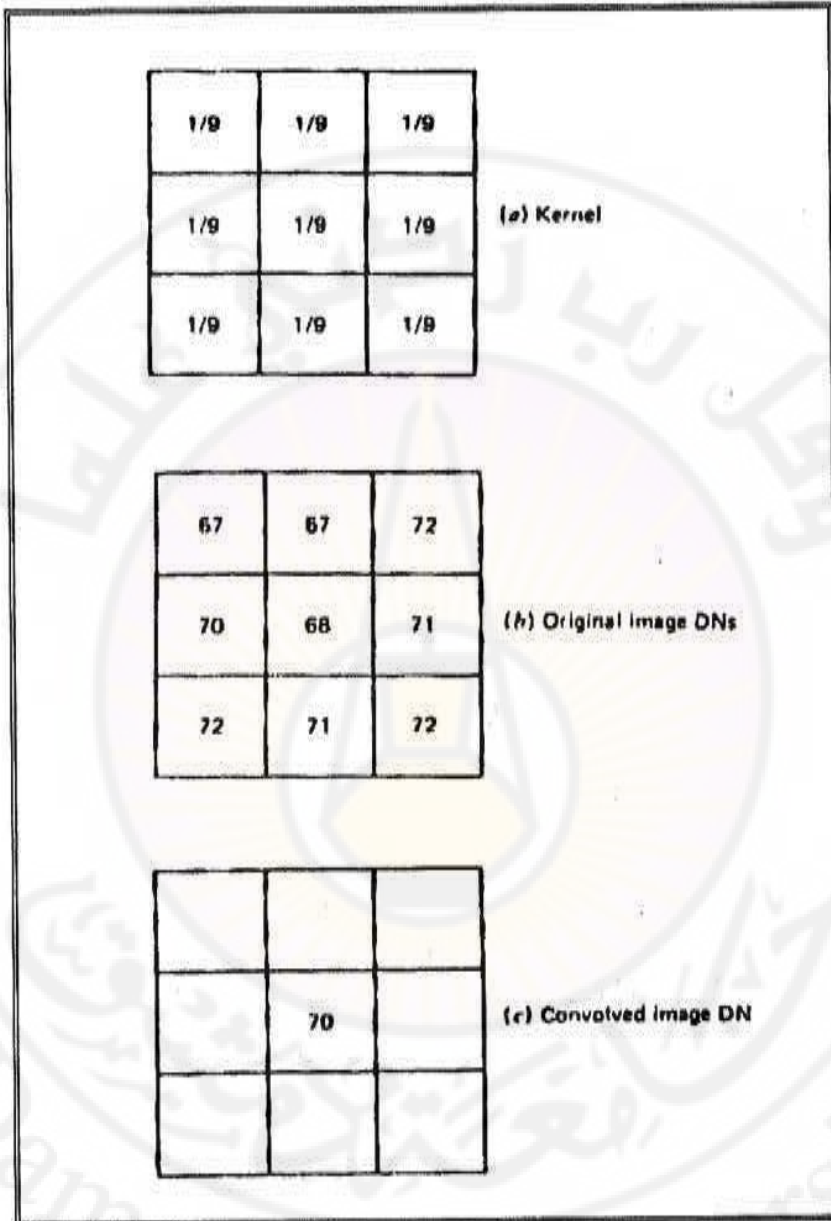
متوسط القيم في النافذة المتحركة. وهذا الإجراء هو الذي كان قد استخدم لإعداد التحسين المنخفض التكرار المبين في الشكل السابق. ومع ذلك يمكن إعداد مرئيات أخرى ذات تكرار مكاني (حيزي) واضح بكل بساطة، وذلك بتغيير معاملات الكرنل Kernel المستخدمة في إنجاز الطي .

جـ تحسين الحواف : Edge Enhancement :

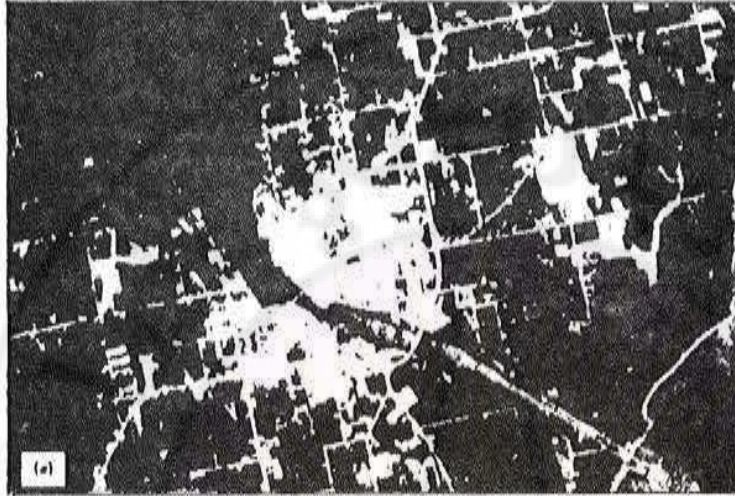
يعتبر تحسين الحواف فن آخر للتأكيد على دقة تغيرات المقياس الرمادي، حيث تتغير قيمة الخلايا (البيكسل) المجاورة بأكثر من قيمة محددة للعتبة. إن الحدود السطحية مبينة على شاشة عرض المرئية بخطوط المناسبة (خطوط الكونتور وخطوط تدرج المقياس الرمادي أو تغير اللون) .

رأينا أن المرئيات ذات المركبات المرتفعة التكرار تبرز التفاصيل المكانية في المرئيات الرقمية. وهذا يعني أن هذه المرئيات تزيد في تباين الجوار وتكون أفضل من المرئيات الأصلية غير المحسنة في رسم المعالم الخطوطية أو الحواف في معطيات المرئيات. ومع ذلك فإن المرئيات ذات المركبات المرتفعة التكرار لا تحتفظ بمعلومات اللعان المنخفضة التكرار التي تتضمنها المرئية الأصلية. وتسهم المرئيات ذات الحواف المحسنة في الاحتفاظ بتباين الجوار ومعلومات اللعان ذي التكرار المنخفض. ويتم إنتاجها بإضافة adding back قيم اللون الرمادي في المرئية الأصلية إلى مرئية ذات مركبات مرتفعة التكرار للمشاهد نفسه. وهكذا يطبق تحسين الحواف، بالحالات النموذجية، في ثلاث مراحل :

1 - يتم إنتاج مرئية ذات مركبات مرتفعة التكرار تحتوي المعلومات عن الحافة. ولإنتاج هذه المرئية يتم اختيار مقاس الكرنل اعتماداً على خشونة المرئية. فالمرئيات الخشنة تستدعي استعمال مرشحات صغيرة المقاس (مثلاً 3×3 عنصر) على حين تستخدم مرشحات كبيرة المقاس (مثلاً 9×9 عنصر) في المرئيات " الملساء " .



الشكل 8 - 21 مفهوم الطي : تظهر شبكة (كرنل) ذات 3×3 عُنصورة وكلها ذات معاملات تساوي $1/9$ العُنصورة المركزية في المرئية المطوية (في هذه الحالة) تحتوي على وسطي الإعدادات الرقمية ضمن شبكة



الشكل 8-22: مكونات التكرار في مرئية ناتجة من تغيير الكرنل kernel المستخدم في الطي. (a) مرئية أصلية. (b-d) تحسينات ينتجها فيها التكرار على التباين.

الشكل (8 - 22)

2- يضاف ثانية added back جزء من المستوي الرمادي، أو كله، في كل بيكسل من المشهد الأصلي، إلى المربعية ذات المركبات المرتفعة التكرار (لمن يقوم بتحليل المربعية أن يختار نسبة المستويات الرمادية الأصلية التي سيضيفها ثانية) .

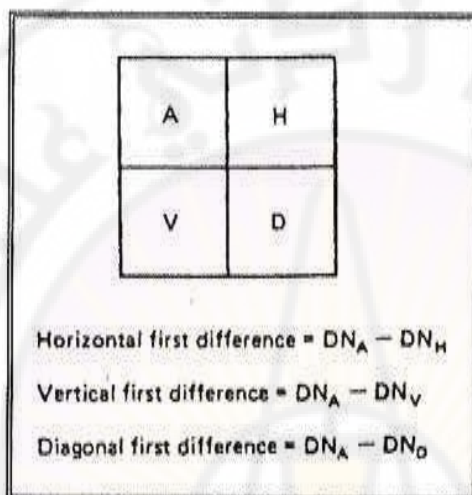
3 - يتم بسط تباين المربعية المركبة. وهذا ما يفضي إلى مربعية تحتوي على تحسين تباين الجوار للمعالم المرتفعة التكرار وتحتفظ أيضاً بمعلومات للمعان ذات التكرار المنخفض في المشهد.

وهناك تقنية تحسين أخرى تهدف إلى إبراز الحواف في معطيات المربعية هي : التفريق الاتجاهي الأولى directional First differencing ويتم في هذا الإجراء المقارنة بين كل عنصر (بيكسل Pixel) في المربعية بصورة دورية، وأخرى تجاورها مباشرة، ثم عرض الاختلاف بدلالة المستويات الرمادية في مربعية الخرج. وهذه العملية شبيهة من الناحية الرياضية بتحديد أول مشتقات المستويات الرمادية بالنسبة إلى اتجاه معين. ويمكن أن يكون الاتجاه أفقياً أو شاقولياً أو قطرياً .

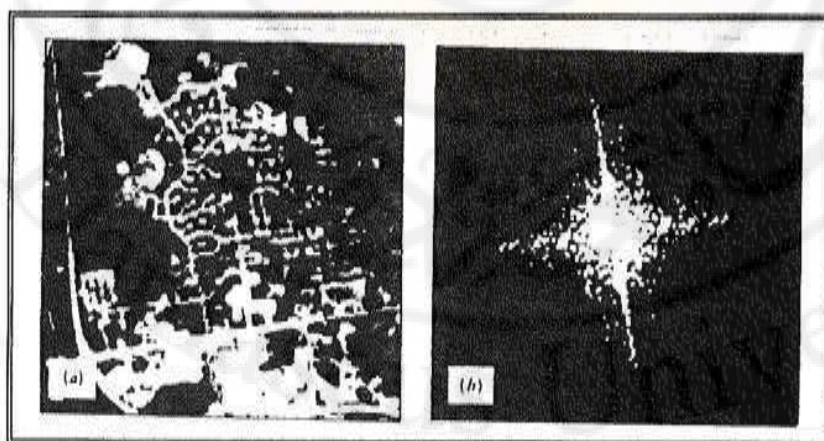
وفي الشكل (8 - 23) ينجم الفرق الأفقي الأول للعنصر (البيكسل) A من طرح العدد الرقمي (DN) في العنصر H من العدد الرقمي في العنصر A . وينجم الفرق الشاقولي الأول من طرح العدد الرقمي في العنصر V من العدد الرقمي في العنصر A . وينجم الفرق القطري الأول من طرح العدد الرقمي في العنصر D من العدد الرقمي في العنصر A .

ويجب أن نلاحظ أن الفروق الأولى يمكن أن تكون موجبة أو سالبة، لذلك يضاف عادة إلى الفرق، من أجل العرض، عدد ثابت، مثل متوسط قيمة المعروضة (127 من أجل معطيات ذات 8 بتات) . إضافة إلى ذلك، ولما

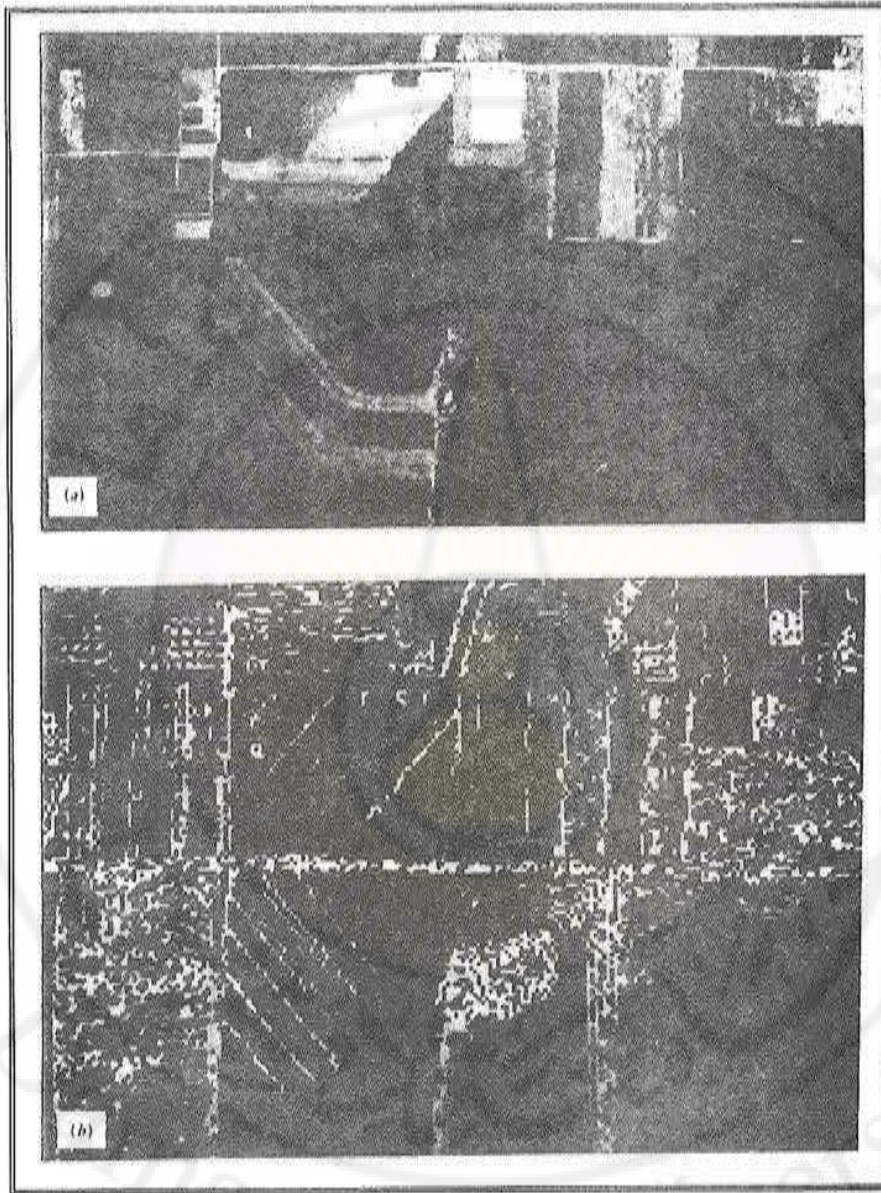
كانت الفروق بين عنصر وآخر هي في الغالب فروق صغيرة جداً، فإن المعطيات في المرئية المحسنة تمتد في الغالب على مسافة يسيرة جداً حول متوسط قيمة المعروضة، ولذلك يجب تطبيق بسط التباين على مرئية الخرج .



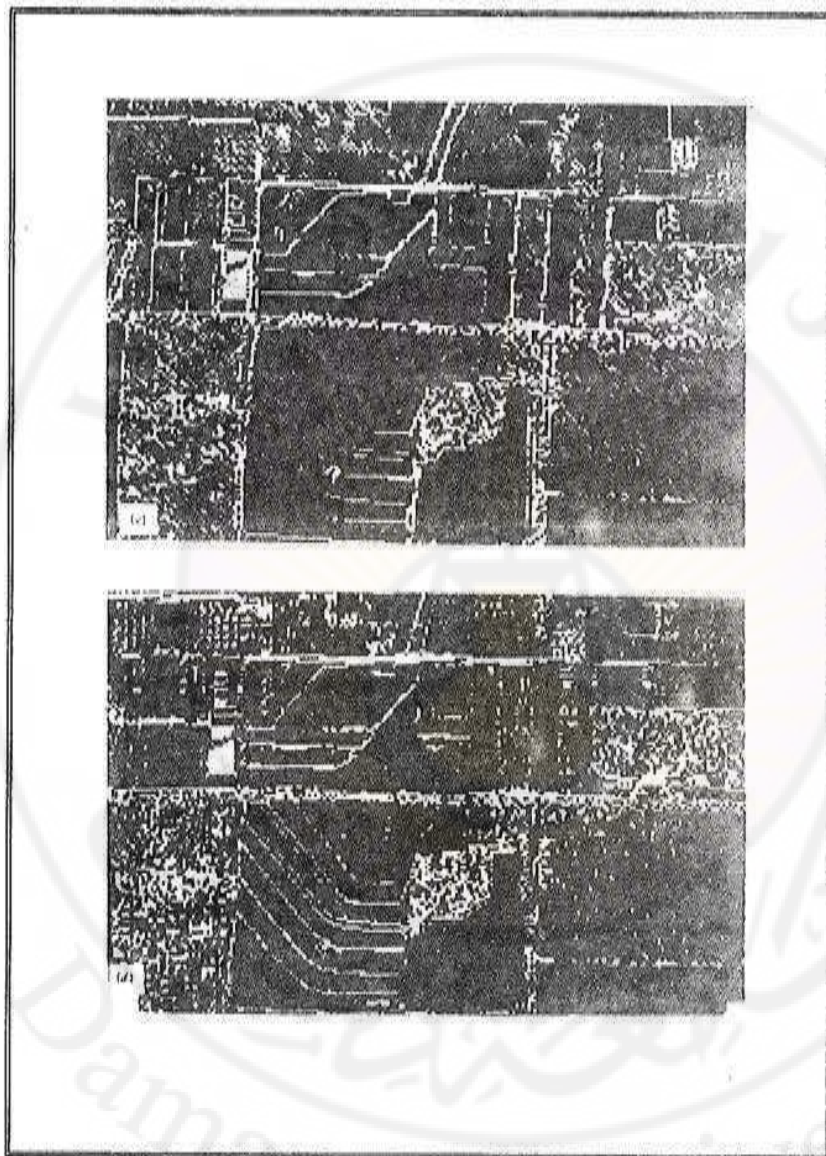
الشكل 8 - 23 : عناصر أولية (A) وعنصورة مرجعية (H و V و D) تستخدم لإيجاد الفرق الأول الأفقي والشافقولي والقطري على التتابع .



الشكل 8 - 24 : تطبيق تحويل فورييه . (a) المرئية الأصلية . (b) طيف فورييه للشكل a



الشكل 8 - 25 : أثر الفرق الأول الاتجاهي (a) المرئية الأصلية (b) الفرق الأول الأفقي . (c) الفرق الأول الشافولي (d) الفرق الأول القطري .



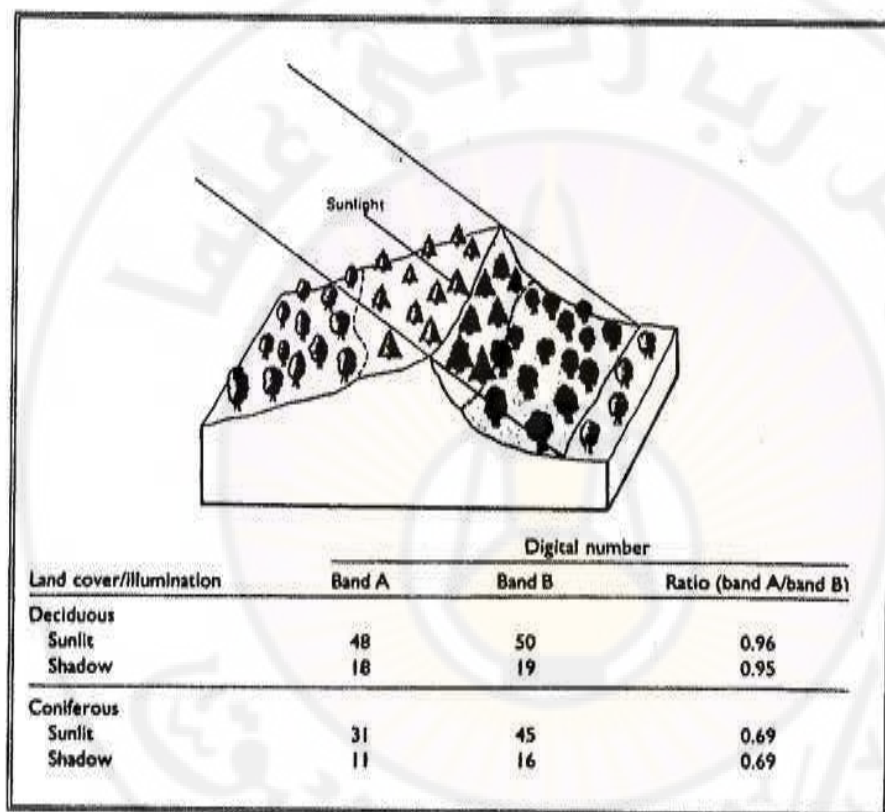
وتبرز مرئيات الفرق الأول الحواف التي تكون عمودية على اتجاه التفريق وتخفف الحواف الموازية لإتجاه التفريق. ففي المرئية ذات الفرق الأول الأفقي مثلاً تُفضي الحواف الشاقولية إلى تغير كبير في المستوي الرمادي بين عنصر وآخر. ولكن الفروق الشاقولية الأولى للحواف نفسها، من جهة أخرى تكون صغيرة نسبياً (وربما كانت صفراً) .

٤ - تحليل فورييه Fourier Analysis :

يتم تطبيق معالجة الحيز (المكان) بين المعالم بالشكل الذي بحثناه حتى الآن، في المجال المكاني (Spatial domain) أي المكان الإحداثي x و y للمرئية والحيز الإحداثي البديل الذي يمكن استخدامه لتحليل المرئية هو المجال التكراري (Frequency domain) وفي هذه الطريقة يتم فصل المرئية إلى مركبات تكرر مكاني مختلفة وذلك بتطبيق عملية رياضية تدعى تحويل فورييه. إن الوصف الكمي لكيفية حساب تحويلات فورييه هو خارج نطاق هذا البحث. وترقى هذه العملية من حيث المبدأ، إلى إيجاد دالة مستمرة من خلال رسم قيم الأعداد الرقمية المختلفة تنطبق على كل محور سيني و عيني (x و y) في المرئية . إن القمم والمنخفضات على طول أي محور سيني أو عيني يمكن وصفها رياضياً بجمع موجات جيبية جب و تجب ذات شدات وترددات وأطوار مختلفة. وينجم تحويل فورييه من حساب شدة وطور كل تكرار مكاني في المرئية. وبعد فصل المرئية إلى مركبات تكرارها المكاني، فإنه يمكن عرض هذه القيم بشكل مخطط تبعثر ثنائي الأبعاد يسمى (طيف فورييه Fourier Spectrum) .

وبمثل الشكل (8 - 24) مرئية رقمية (a) وطيف فورييه لها (b) إذ رسمت التكرارات القليلة في المشهد في مركز الطيف ورسمت التكرارات

الكثيرة بالتدرج نحو الخارج. وتفضي المعالم المتراصفة أفقياً في المرئية الأصلية إلى مركبات شاقولية في طيف فورييه، وتفضي المعالم المتراصفة شاقولياً في المرئية الأصلية إلى مركبات أفقية في طيف فورييه .



الشكل 8 - 26 : تخفيض تأثير إنارة المشهد من خلال إجراء النسبة الطيفية

— معالجة تعدد المرئيات Multi - Image manipulation :

أ — إجراء النسبة الطيفية : Spectral Rationing : إن المرئيات المنسوبة طيفياً هي مرئيات مُحسنة تتجم عن تقسيم قيم الأعداد الرقمية في أحد المجالات الطيفية على القيم التي تقابلها في مجال آخر وقد شرحنا سابقاً فكرة النسبة الطيفية في إطار القياس الإشعاعي الفوتوغرافي، ووضحنا آنذاك أن الميزة الرئيسية

لمرئيات النسبة الطيفية أنها تمرر الخصائص الطيفية أو اللونية لمعالم المرئية مهما تغيرت شروط إنارة المشهد.

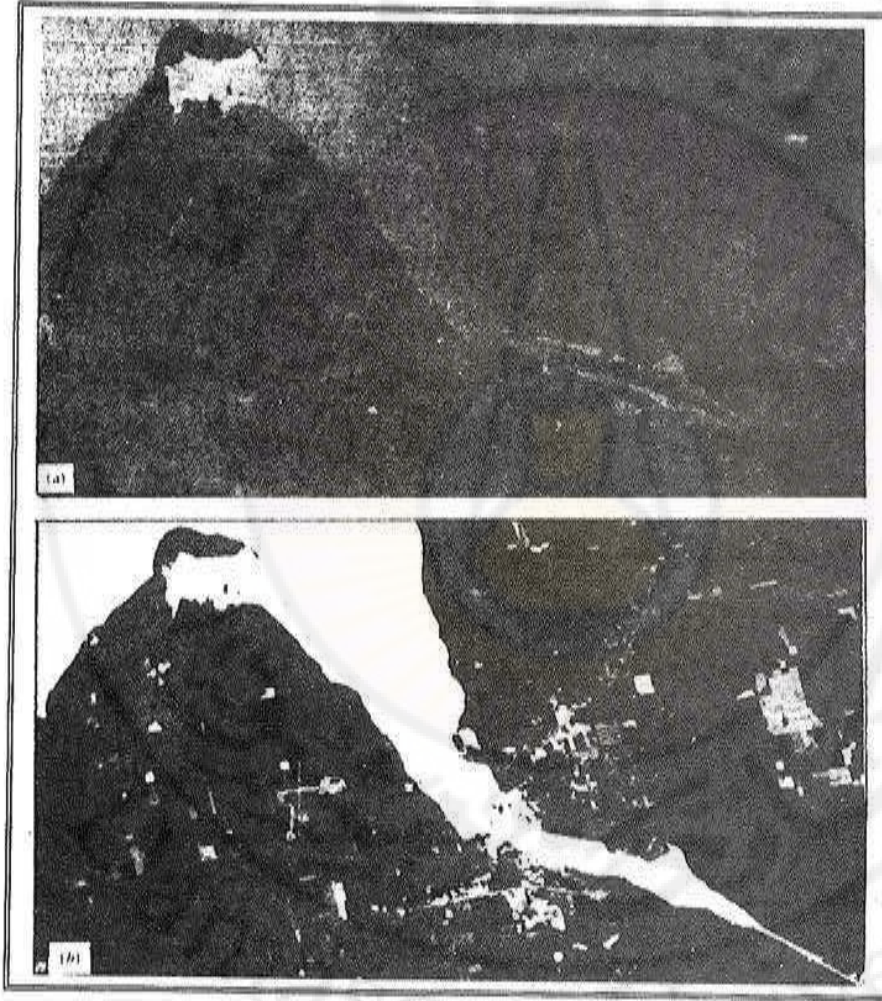
ويشرح الشكل (8 - 26) هذا المفهوم، الذي يبين نمطين مختلفين من غطاء الأرض (أشجار متساقطة الأوراق وأشجار صنوبرية) مبسطين على جانبي خط ذورة الجبل أحدهما مضاء بأشعة الشمس والآخر واقع في الظل. والأعداد الرقمية (DN) التي لوحظت لكل نمط من الغطاء النباتي تكون بالفعل أقل في المنطقة الظليلة منها في المنطقة المضاءة. ومع ذلك فإن قيم نسبة كل نمط من الغطاء تكون متطابقة تقريباً، مهما كانت شروط الإضاءة (الإنارة). لذلك فإن مرئية النسبة الطيفية للمشهد تعوض بشكل فعال تغير اللعان الذي تسببه التغيرات الطبوغرافية وتبرز المحتوى اللوني للمعطيات.

تفيد مرئيات النسبة الطيفية، غالباً في تمييز التغيرات " الطيفية " الضعيفة في المشهد، هذه التغيرات التي تحجبها تغيرات لمعان المرئيات التي تم الحصول عليها في كل مجال من المجالات الطيفية أو في المرئيات المركبة الملونة العيارية.

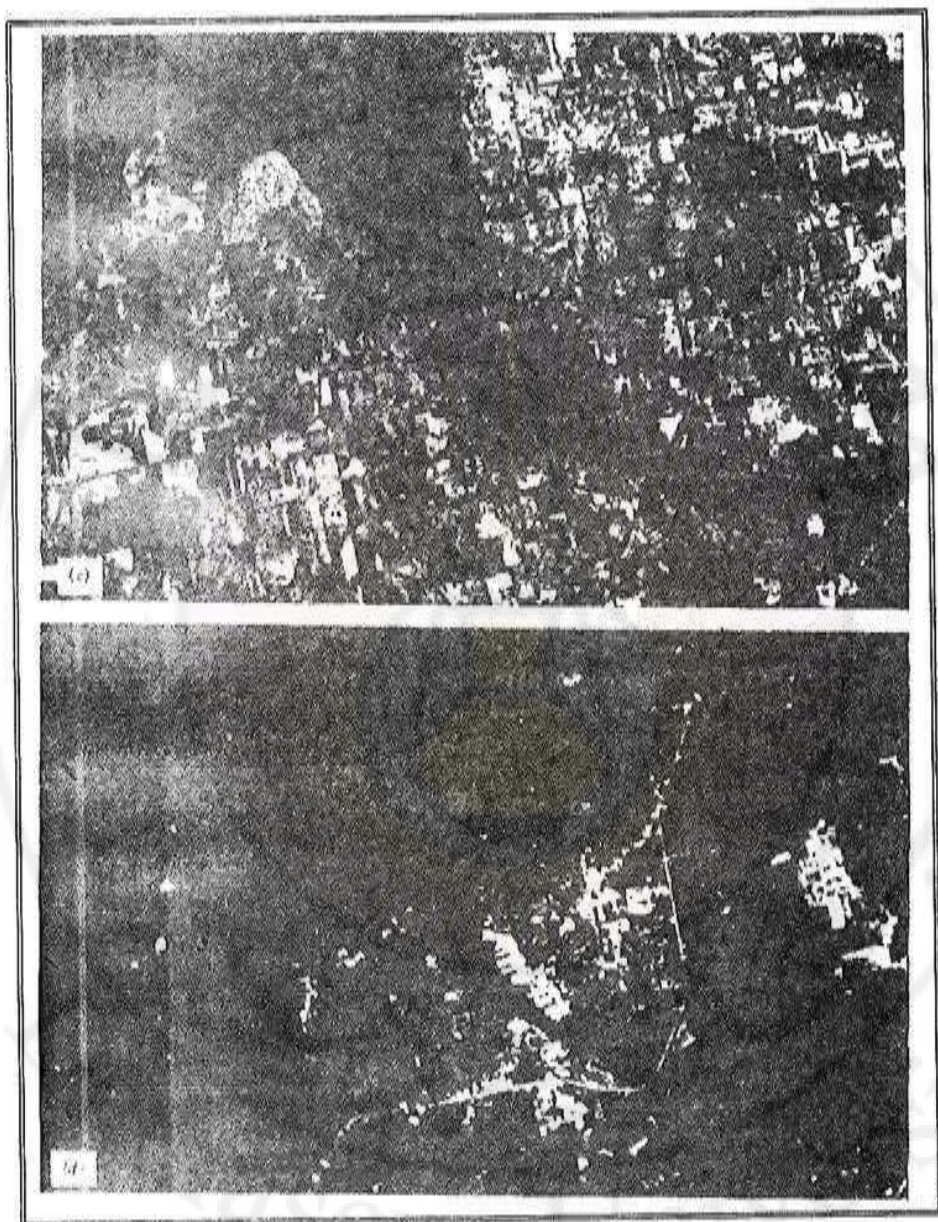
ومن الواضح أن فائدة أي نسبة طيفية تعتمد على الخصائص المميزة لانعكاسية المعالم والتطبيق الذي يجري تحقيقه كما يختلف شكل وعدد تركيبات النسبة المتيسرة لدى محال المرئية بحسب مصدر المعطيات الرقمية. إن عدد النسب المختلفة التي يتسنى الحصول عليها من (n) مجال من مجالات المعطيات هو (n-1) فهناك إمكانية للحصول على (1 - 4) 4 أو 12 تركيبة نسبة محتملة لمعطيات الماسح MSS المحمول على لاندسات (ست أصلية وست متبادلة). ومن أجل المجالات الاحرارية الستة لمعطيات راسم الخرائط الغرضي (TM) المحمول على لاندسات أيضاً (1 - 6) 6 أو 30 تركيبة .

وتبدو في الشكل (8 - 27) أربعة نماذج لمرئيات النسبة الطيفية تم الحصول عليها من معطيات راسم الخرائط الغرضي. وتبين هذه المرئيات قيماً

أعلى من النسبة الطيفية في الشدات اللونية الأفتح. فالشكل (a) يبين نسبة TM_1/TM_2 أما الشكل b فيمثل النسبة TM_3/TM_4 وهكذا ... ويمكن استخدام مرئيات النسبة الطيفية أيضاً لإنتاج صور مركبة ذات ألوان كاذبة وذلك بإدماج ثلاث مجموعات من معطيات النسبة الطيفية الأحادية اللون.



الشكل 8 - 27 مرئيات نسبة طيفية تم الحصول عليها من معطيات TM محمول على لاندسات تم التقاطها يوم 18 تموز (يوليو) 1984 قرب خليج Sturgeon ويسكونسن يتم عرض قيم النسب العالية بشدات لونية فاتحة (a) TM_1/TM_2 (b) TM_3/TM_4 (c) TM_5/TM_2 (d) TM_3/TM_7



— محاكاة اللون العادي للمرئية : Simulated normal color image :

إن عدم وجود قنال بلون أزرق في نظام المسح المتعدد الأطياف (MSS) يحول دون تحضير تركيب اللون الطبيعي للمرئية من اللاندسات. وتوجد هناك طريقة لحساب تركيب المرئية في مجال الطيف الأزرق . وتعتمد هذه الطريقة على أخذ قيمة كل بيكسل (Pixel) في القنال (5) والقنال (6) نسبة القيمتين يُصنف كل بيكسل على أساس قيمة النسبة لكل عنصر كالتالي :

— تصنف الخلايا (Pixels) ذات القيمة المنخفضة كالنباتات .

— تصنف الخلايا (Pixels) ذات القيم المتوسطة كالترربة والصخور .

— تصنف الخلايا (Pixels) ذات القيم العالية كالمياه .

وكما هو معروف يوجد لكل صنف من هذه التصنيفات (نباتات ، ترربة ، صخور ، مياه ... الخ) منحني انعكاسي طيفي تجريبي (Emperical Spectral Reflecance Curve) وهذا يُمكن الحاسوب من استقراء قيمة اللون الأزرق لكل بيكسل، تشكل هذه القيمة مرئية زرقاء اللون مركبة، وتسجل بعد ذلك لمرئيات اللون الأزرق والأخضر (قنال رقم 4) والأحمر قنال رقم (5) ثم تعرض بضوء مناسب لتشكل مرئية تحاكي اللون الطبيعي.

— الموزاييك الرقمي Digital Mosaics :

تحضر موزاييك اللاندسات العادية بتوافق، وتراكب الصور المطبوعة من مرئيات مفردة. ويسبب اختلاف التباين وشدة اللون بين المرئيات المتجاورة نموذجاً يشبه رقعة الشطرنج وهذا شيء عام في تركيب الموزاييك، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتقنية التحسين لتحضير الموزاييك رقمياً. تدمج المعطيات الرقمية لمرئيات اللاندسات المترابطة في مصنف واحد (One file) والذي يمكن بعدها رسمه على قطعة واحدة من فيلم .

تسجل المرئيات المتجاورة هندسياً، كل واحدة للأخرى بتمييز نقاط تحكم أرضية في مناطق التراكب (Overlap)، وبعدها يعدل البيكسل هندسياً ليوافق الخريطة المعروضة المرغوب فيها . والخطوة التالية هي حذف الخلايا (Pixels) المضاعفة من المصنف الرقمي (الملف) لمساحات المرئيات المتداخلة . وبعدها يطبق شد التباين الأمثل على جميع الخلايا (Pixels) لإنتاج مظهر منتظم على كافة صورة الموزاييك ويبين الشكل (8 - 20 - A) موزاييك رقمي جُهِز بهذه الطريقة من القنال (رقم 7) لثمانية مرئيات، مواقعها مبينة على الخريطة . شكل (8 - 20 - b) .

— استخلاص المعلومات : Information Extraction :

إن استعادة المرئية وعمليات التحسين تستخدم الحواسيب الالكترونية لتأمين مرئيات مصححة ليراها المفسر الإنساني. ويجب أن نعلم أن الحواسيب لا تصنع القرارات في هذه العمليات، إلا أن عمليات استخلاص المعلومات تستخدم امكانية الحواسيب في صنع القرار، لتعيين واستخلاص أجزاء محددة من المعلومات. وإن الشخص العامل يجب أن يعطي تعليمات إلى الحاسب ويجب أن يُقِيم المميز والمهم من استخلاص المعلومات .

تجري عمليات الاستعادة والتحسين بصورة منفصلة على كل قناة من أُنْية الـ MSS الأربعة . ويجري عمل طرق استخلاص المعلومات بأن واحد على الخلايا الموافقة (Corresponding Pixels) لقنالين أو أكثر . إن هذه العملية سهلة في معطيات اللاندسات لأن الخلايا (Pixels) في أُنْية الـ MSS الأربعة مُسجلة مكانياً لبعضها البعض وسجلت بنظام ماسح واحد .

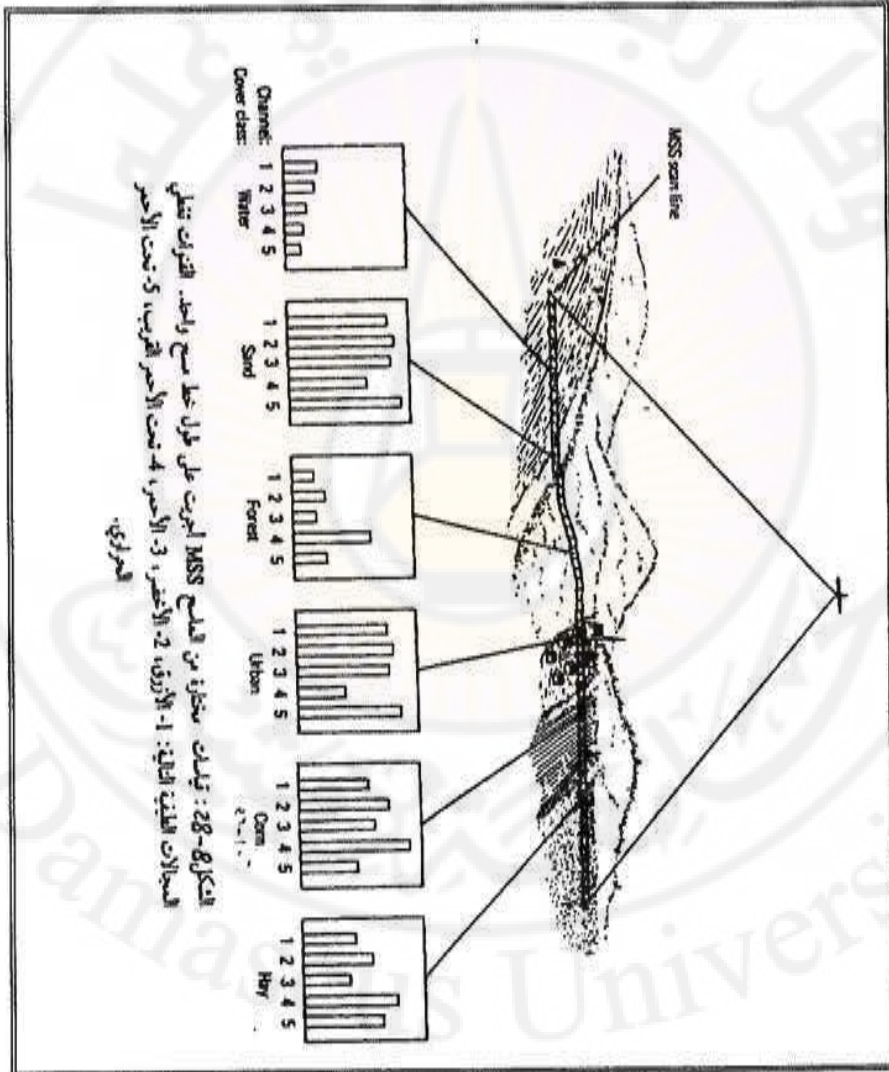
8 - 4 تصنيف المرئيات Image classicification :

إن الهدف العام من تصنيف المرئيات هو جعل عناصر المرئية (Pixels) جميعاً ، بصورة آلية في أصناف من غطاء الأرض، أو موضوعات (Themes) وتستخدم المعطيات المتعددة الأطياف عادة لإنجاز التصنيف. وفي الواقع تستخدم الطراز الطيفي ضمن معطيات كل عنصر أساساً عددياً للتصنيف. وهذا يعني أن الأنماط المختلفة للمعالم تظهر تركيبات مختلفة من الأعداد الرقمية اعتماداً على خصائص انعكاسيتها الطيفية الخاصة بها وإصداريتها. وعلى ضوء ذلك، لا يُعدّ " الطراز Pattern " الطيفي أبداً صفة جيومترية ، وإنما يشير تعبير الطراز إلى مجموعة القياسات الإشعاعية التي يتم الحصول عليها لكل عنصر (Pixel) في مجالات الموجات المختلفة. ويدل تعبير (تعرف الطراز الطيفي) على مجموعة إجراءات التصنيف التي تستخدم هذه المعلومات الطيفية لكل عنصر، واحداً فواحداً ، أساساً للتصنيف الآلي لغطاء الأرض.

ويتضمن " تعرف الطراز الحيزي (المكاني) " تصنيف عناصر المرئية اعتماداً على علاقتها المكانية بالعناصر (Pixels) المحيطة بها. وقد تأخذ طرائق التصنيف المكانية بالحسبان بعض المظاهر مثل بنية ونسجة المرئية وقرب العنصر ومقاس المعلم وشكله واتجاهه وتكراره ومحتواه . وتحاول هذه الأنماط من طرائق التصنيف أن تكرر (Replicate) التركيب المكاني الذي يفعله المحلل البشري أثناء عملية التفسير البصري للمرئية. وبناء على ذلك تكون الأنماط أكثر تعقيداً وتتطلب من الحسابات فوق ما تتطلبه عمليات تعرف الطراز الطيفي.

ويستخدم " تعرف الطراز الزمني " ، الوقت ليساعد في تعرف المعالم. فعند مسح المحاصيل الزراعية مثلاً قد تسمح بعض التغيرات الطيفية والمكانية التي تحدث أثناء فصل النمو بأن نفرق، على المرئيات الملتقطة بتواريخ مختلفة، ما يستحيل تفريقه على مرئيات النقاط بتاريخ واحد. فالحقل الذي يحتوي على قمح شتوي إذا مازرع حديثاً في الخريف، وهو يشابه من الناحية الطيفية حقل

الألفا في الربيع، لا يمكن تمييزه عن التربة العارية، وإن تفسير المربعات التي التقطت في أي من التاريخين على حده لن يكون ناجحاً مهما كان عدد المجالات الطيفية . إلا أنه إذا تم تحليل معطيات من كلا التاريخين معاً فإنه يمكن تعرف حقول القمح الشتوي بسهولة، بسبب عدم وجود غطاء حقل آخر يمكن أن يكون عارياً في آخر الخريف وأخضر في آخر الربيع .



وكما ذكرنا تستخدم المعطيات المتعددة الأطياف عادة لإنجاز هذا التصنيف وسوف نشرح التصنيف متعدد الأطياف لمرئية اللاندسات:

تسجل الانعكاسات الطيفية على أطوال موجات مختلفة للأقنية الأربعة لكل خلية (Pixel) في مرئية اللاندسات. وهنا يمكن أن يختص كل بيكسل ببصمته الطيفية والتي تُحدد بالانعكاسية النسبية في مختلف أطوال موجات الأقنية، إن التصنيف المتعدد الأطياف هو عملية استخلاص معلومات تحلل البصمة الطيفية Spectral Signature وبعدها تصنف الخلايا (البيكسلات) إلى فئات ذات بصمات متشابهة. إن النوعين العاملين للتصنيف هما التصنيف المراقب و التصنيف غير المراقب .

1- التصنيف المراقب : Supervised Classification :

يستخدم هذا التصنيف المعلومات المستقلة لتحديد معطيات التدريب التي سبق استخدامها لإنشاء فئات التصنيف . يمكن أن تكون المعلومات المستقلة (independent) معطيات انعكاسات طيفية لفئات التصنيف ، و مصدر المعلومات الآخر هو معرفة المساحات المرئية . ترمز لكل فئة تصنيف مرغوبة . تسمى مثل هذا الموقع بمساحات التدريب .

و لتسهيل دراستنا للتصنيف المراقب سنستخدم مثلاً افتراضياً، سنفترض أننا نحلل معطيات ماسح MSS محمول جواً ذي خمسة أقنية و تنطبق هذه الإجراءات نفسها على معطيات الماسح MSS أو راسم الخرائط الغرضي (TM) المحمولين على لاندسات أو على معطيات HRV المتعدد الأطياف المحمول على سبوت SPOT.

و يبين الشكل (8-28) موقع خط واحد من معطيات الماسح MSS تم جمعها فوق منطقة مؤلفة من عدة أنماط من أغطية الأرض و قد قاس الماسح

mss انعكاسية المشهد لكل عنصر (pixel) من العناصر المبينة على طول هذا الخط بشكل أعداد رقمية تم تسجيلها في كل مجال من مجالات الاستشعار الطيفية الخمسة : الأزرق و الأحمر و الأخضر و تحت الأحمر القريب و تحت الأحمر الحراري . و تظهر تحت خط المسح أعداد رقمية نموذجية تم قياسها فوق ستة أنماط مختلفة من أغطية الأرض . و تشير المستطيلات الشاقولية إلى قيم اللون الرمادي النسبية في كل مجال طيفي .

و تمثل هذه المخرجات الخمسة و صفاً إجمالياً لطرز الاستجابة الطيفية للمعالم الأرضية المختلفة على طول خط المسح . فإذا كانت هذه النماذج الطيفية متميزة من أجل كل نمط من المعالم ، فإنها يمكن أن تكون أساساً لتصنيف المرئيات .

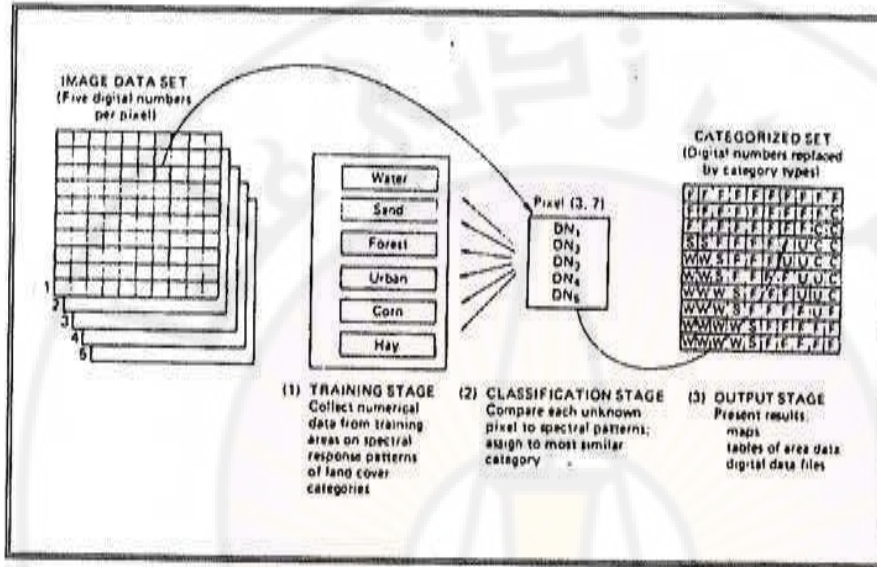
و يلخص الشكل (8-29) المراحل الثلاث الأساسية في عملية نموذجية لتصنيف مراقب . ففي مرحلة التدريب : 1- يحدد المحلل مناطق تدريب يعتبرها ممثلة، و يضع صفاً عددياً للخصائص الطيفية لكل نمط من أنماط أغطية الأرض التي هي قيد الدراسة في المشهد .

2_ يوضع كل عنصر (pixel) في مجموعة معطيات المرئية في الصنف الذي يشبهه من غطاء الأرض إلى حد بعيد . و إذا كان العنصر الـ pixel لا يشبه أي مجموعة من مجموعات معطيات التدريب فتصنف على أنها (مجهولة) . ثم يسجل اسم الفئة التي صنف فيها كل عنصر من عناصر المرئية في الوحدة الموافقة لمجموعة المعطيات المفسرة (مرئية الخرج output image) .

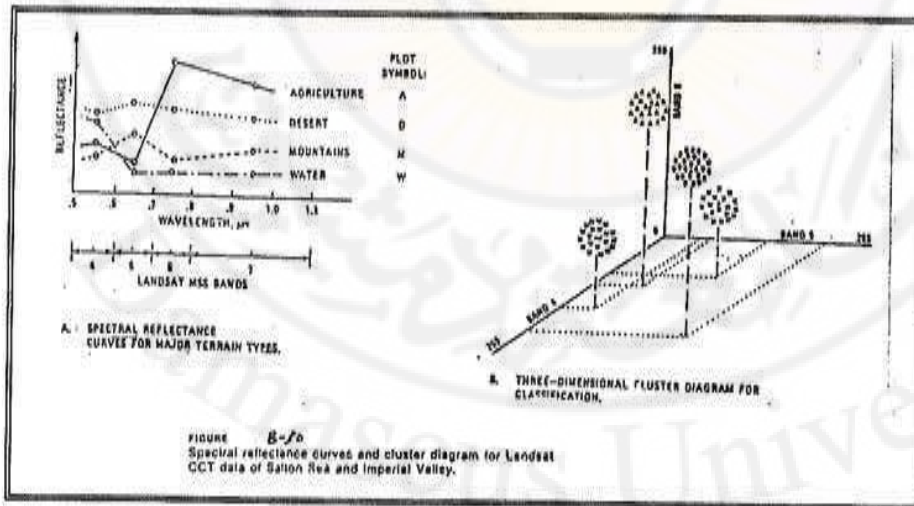
وهكذا تستعمل مصفوفة المرئية المتعددة الأبعاد لتكوين مصفوفة موافقة من أنماط الفئات المفسرة لغطاء الأرض .

3- و بعد تحديد فئات مجموعات المعطيات كلها ، يتم عرض النتائج في مرحلة الخرج (Output Stage) و يمكن استخدام النتائج ، لكونها بالأسلوب الرقمي ، في عدد من الطرائق المختلفة . والأشكال الثلاثة النموذجية لمنتجات الخرج هي الخرائط الغرضية وجداول إحصاءات المشهد برمته ، أو أجزاء منه للأصناف

المختلفة من غطاء الأرض ، و ملفات المعطيات الرقمية المراد ادخالها في نظام المعلومات الجغرافي (GIS) . و في هذه الحالة الأخيرة يصبح " خرج Output " التصنيف دخلاً " Input " لنظام المعلومات الجغرافي .

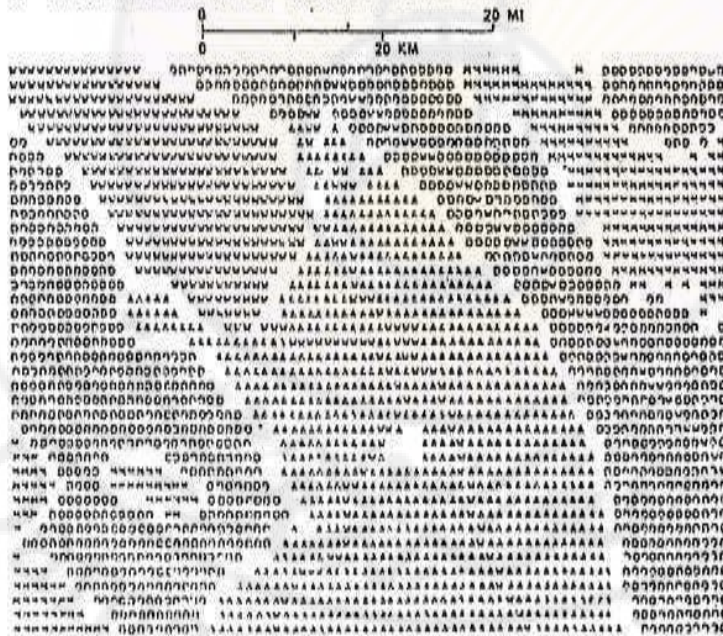


الشكل 8 - 29 المراحل الأساسية في التصنيف المراقب





A. LANDSAT 1052-17486, BAND 5, ACQUIRED SEPTEMBER 13 1972.



D. CLASSIFICATION USING THE CLUSTER DIAGRAM OF FIGURE 7.25D.
A=AGRICULTURE, O=DESERT, M=MOUNTAINS, W=WATER, B=BLANK=UNCLASSIFIED

FIGURE 8-31
Digital classification of Lancelotti's data for Saiton Sea and Imperial Valley, California.

2- التصنيف غير المراقب Unsupervised Classification :

نستخدم في التصنيف غير المراقب الخصائص الستاتيكية فقط كأساس للتصنيف ، و يحدد الحاسب بمفرده فئات التصنيف ، و لهذه الطريقة أهمية كبرى و فائدة عندما لا يكون لدى المحلل أية معلومات مستقلة عن المشاهد ، و يمكن أن يقسم التصنيف غير المراقب إلى نوعين :

1- تصنيف وسيطي (Parametric Classification) و الذي يفترض أن يكون له نموذج رياضي (موديل رياضي Model)

2- تصنيف غير وسيطي (Non Parametric Classification) و الذي يفترض أن يكون عدم تقيده بنموذج أو موديل رياضي .

ويعتبر التصنيف غير الوسيطي التقنية الأكثر قوة ، لأنه يتميز بأفتراضات أقل .
يمثل الشكل (A-31-8) مثلاً بسيطاً عن التصنيف المتعدد الأطياف

المراقب و الذي يستخدم مرئية لاندسات تغطي مساحات من جنوب كاليفورنيا (بحر ، وادي ، و جبال ، ومساحات صحراوية) و كما هو معروف أن معطيات التدريب لها أطياف أنعكاسية عامة للمياه والزراعة و الصحراء والجبال انظر الشكل (A-30-8) و لقد تم رسم نقاط المعطيات عند مركز المجال الطيفي لكل قنال من أقنية اللاندسات MSS الأربعة . ورسم الطيف الأنعكاسي في الشكل (B-30-8) في الفراغ ذي الأبعاد الثلاث (X , Y , Z) باستخدام القيم للأقنية (4 ، 5 ، 6) كمحاور إن النقاط المستمرة (Solid Dots) هي المحلات الهندسية للأطياف المبينة في الشكل (A-30-8) و يفترض أن العينات التي تعود إلى كل صنف تشكل عنقوداً (Cluster) ضمن فراغ القرار (Decision Space) تمثل العناقيد المبينة في الشكل (B-30-8) أشكالاً اهليلجية (Ellipsoids) حيث تتبع أبعادها لتناثر العينات ضمن العنقود ، كما أن سطح

الشكل الأهلجي يشكل محيط القرار و الذي تقع ضمنه كل نقاط ذلك الصنف.

يسترجع الحاسب أثناء تصنيف الأشرطة المغناطيسية (CCT) قيم الأطياف الأربعة لكل خلية بكسل (Pixel) و يحدد مكان الخلية (Pixel) في رقعة التصنيف . وإذا ما وقعت العناصر (pixel) في أحد محيطات القرار أو العناقد فإنها تصنف تبعاً لذلك . و الخلايا التي لا تقع ضمن محيط قرار ما فإنها تعتبر غير مصنفة Unclassified و عملياً يحسب الكمبيوتر الاحتمالات الرياضية التي تخص كل خلية ما باحتمال تصنيف ، فإذا زاد الاحتمال عن عتبة محددة ، فإن الخلية تخصص إلى هذا الصنف . و تطبيق هذه الطريقة على المعطيات الرقمية ينتج خريطة تصنيف كما في الشكل (B-31-8) وفي هذا المثال ينخفض حجم المعطيات إلى مجموعات وسطية للخلايا (Pixels) المتجاورة و تستخدم هذه القيمة في التصنيف ، و من الملاحظ أن الفئة غير المصنفة و المبينة بالفراغات البيضاء تقع على الحدود بين التصنيفات حيث أن الخلايا تحوي أكثر من نوع من التضاريس .

5-8- إدماج المعطيات Data Merging :

يتم تحسين الكثير من التطبيقات لمعالجة المرئيات الرقمية من خلال إدماج المجموعات المتعددة للمعطيات التي تغطي المنطقة الجغرافية نفسها . ويمكن أن تكون هذه المجموعات بأشكال مختلفة . وسندرس باختصار عمليات إدماج المعطيات التالية :

- 1- إدماج المعطيات المتعددة التواريخ Multitemporal Data Merging .
- 2- طرائق كشف التغير change Detecion Procedures .
- 3- إدماج المرئيات المتعددة المستشعرات Multisencor Image Merging .
- 4- إدماج المرئيات مع المعلومات المساعدة

Merging Of Image Data and Ancillary Information

5- إدماج معطيات الاستشعار عن بعد في أنظمة المعلومات الجغرافية

$$(GIS) + (RS)$$

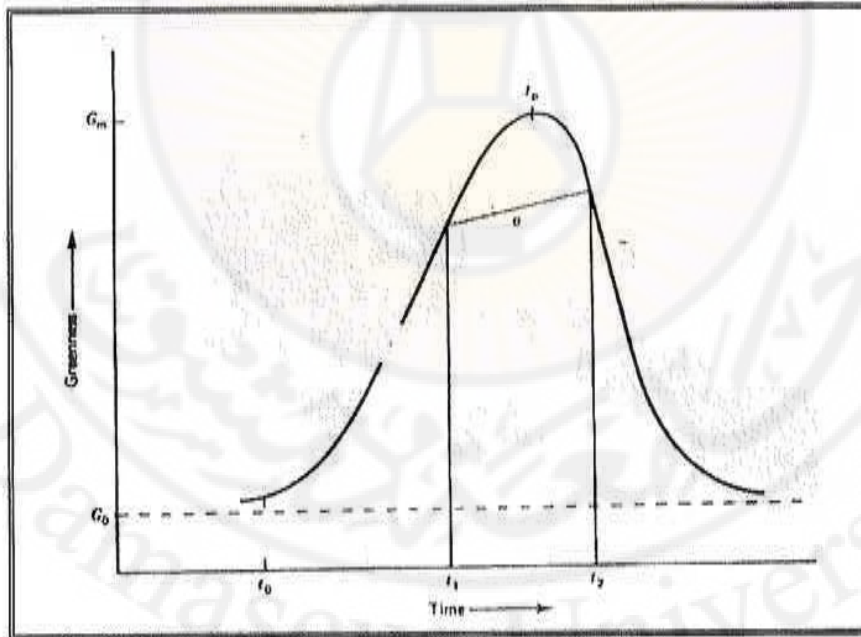
1 - إدماج المعطيات المتعددة التواريخ :

إن إدماج المعطيات المتعددة التواريخ هي وسيلة من وسائل تحسين تصنيف المرئيات. ويتم في مثل هذه العمليات تسجيل مرئيتين أو أكثر تم الحصول عليها بالمستشعر نفسه في تواريخ مختلفة، وتستخدم جميع معطيات المرئيات من تواريخ مختلفة (أو جزء من هذه المعطيات) في عملية التصنيف. ومن الطرائق الفعالة للتعامل مع المعطيات المتعددة الأزمنة. سنورد مثلاً على تصنيف بعض المحاصيل الزراعية وهي " طريقة المخطط البياني المتعدد الأزمنة " Multitemporal Profile وتعتمد هذه الطريقة على النمذجة الفيزيائية لتأثير الزمن على كل طراز أو نموذج من نماذج الاستجابة الطيفية للمحاصيل. وقد وجد أن تأثير الزمن في خضرة المحاصيل السنوية هو تأثير سيني (سيغماوي) Sigmoid وهذا واضح في الشكل (8-32) على حين تكون الترب (GO) في منطقة مفترضة ثابتة تقريباً (بداية الأخضرار). وهكذا يمكن نمذجة الخضرة في أي زمن مثل T بدلالة خضرة الذروة (G_m) (الخضرة الأعظمية)، ومن خضرة الذروة (T_p) وعرض (6) المخطط البياني بين نقطتي الانعطاف. نقطتا الانعطاف (T_1, T_2) ترتبطان بمعدل تغير الخضرة بين الفترة الأولى من فصل النمو وبين بداية مرحلة الشيخوخة والرموز gm و tp و σ تفسر أكثر من 95 % من المعلومات في المعطيات الأصلية، لذلك يمكن استخدامها في التصنيف بدلاً من نماذج أو طراز الاستجابة الطيفية. وهذه الرموز الثلاثة

مهمة لأنها لا تنقص كمية المعطيات الأصلية وحسب، بل تزودنا أيضاً بمتحولات يمكن ربطها مباشرة بالمتغيرات الزراعية الفيزيائية.

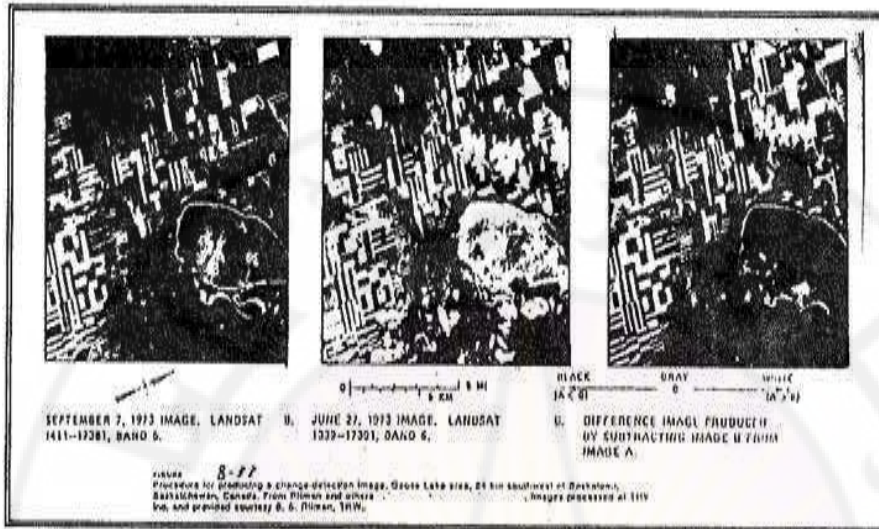
2 - طرائق كشف التغير :

يتضمن التغير استخدام مجموعات معطيات متعددة الأزمنة لتمييز المناطق التي يتغير غطاؤها الأرضي بين تواريخ التصوير. وتتراوح أنماط التغير، التي قد تكون هامة، بين الظاهرات القصيرة الأمد، مثل غطاء من الثلج أو فيضان ما، وبين الظاهرات الطويلة الأمد، مثل تطوير ضواحي المدن أو التصحر. ومن الطرائق المستخدمة في تمييز التغيرات التي تحصل بين تاريخي تصوير تتضمن تصنيف كل مرئية بصورة مستقلة، وتسجيل النتائج، وتحديد مواقع العناصر (Pixels) التي تغير تصنيف غطاء أرضها بين تاريخي التصوير.

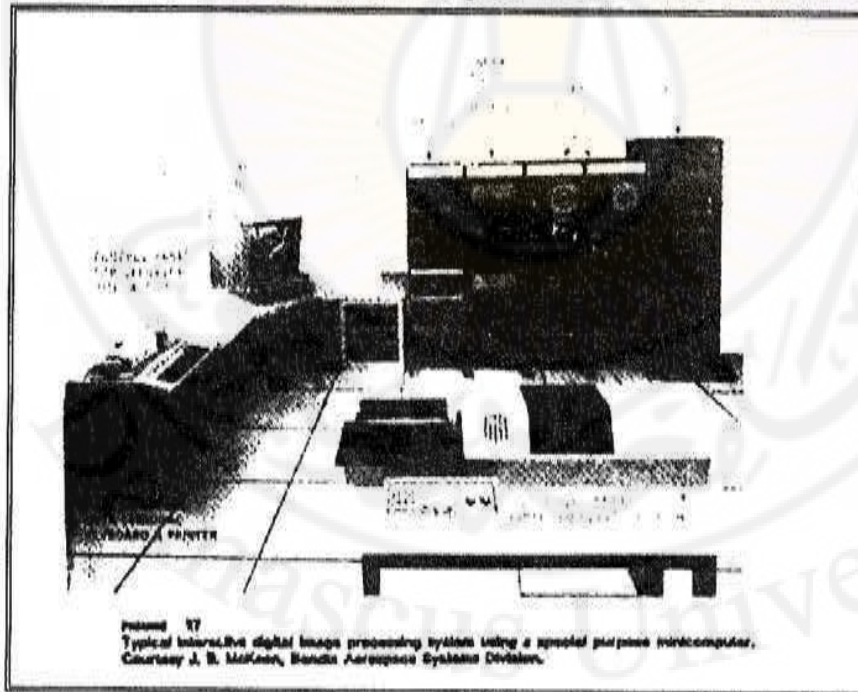


(T_0) = تاريخ البدء الطيفي (T_p) زمن ذروة الخضرة (الخضرة الأعظمية G_m)

(G_m) = عرض المخطط البياني (σ)



الشكل 8 - 33

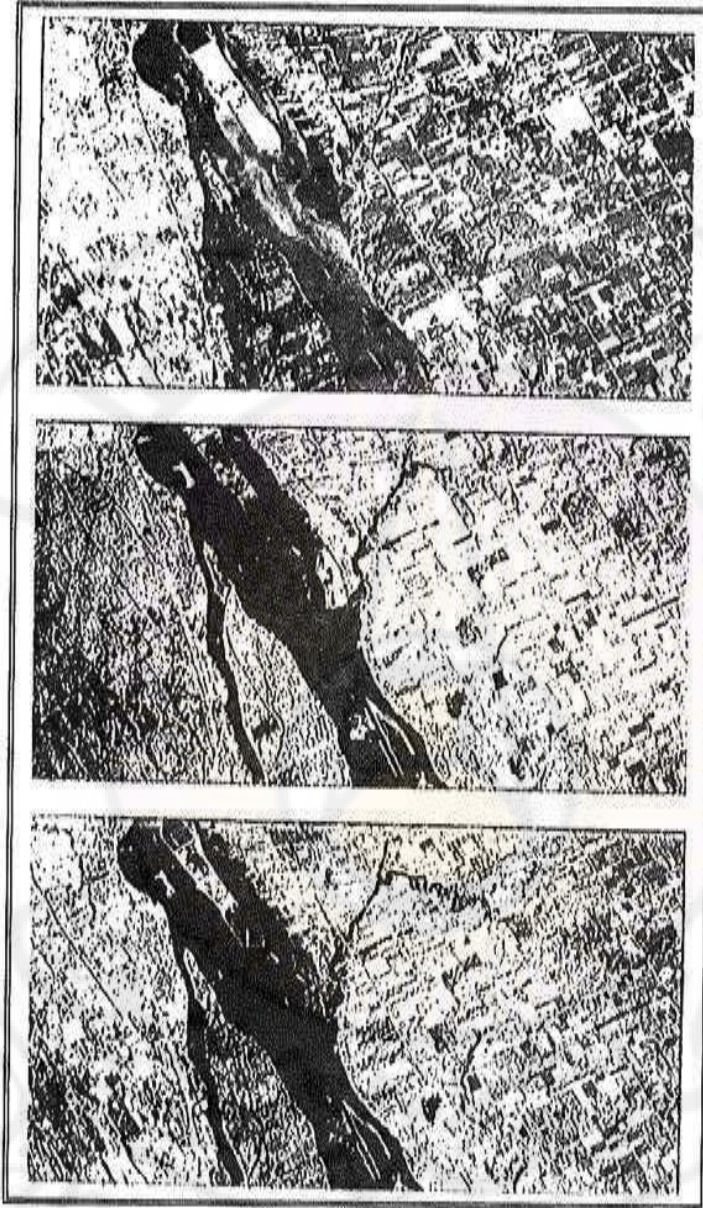


الشكل 8 - 39

وهناك طريقة أخرى، هي، بكل بساطة، تسجيل مرئيتين وإعداد مرئية فارق زمني (Temporal Difference image) وذلك بطرح الأعداد الرقمية (DN) لأحد التاريخين من الأعداد الرقمية للتاريخ الآخر. وسيكون الفرق في المناطق التي لا يحدث فيها تغير قليلاً جداً (يقارب الصفر) وستبدي المناطق المتغيرة قيمة سالبة أو موجبة كبيرة. والطريقة الثالثة هي استخدام " مرئية نسبة الزمن " (Temporal Ratio Image) ذات معطيات من تاريخين، معطيات القصد منها إجراء النسبة بينها، لا إلى طرح بعضها من بعض. وتقترب نسب المناطق التي لا يحدث فيها تغير من الواحد، على حين تكون قيم نسب المناطق المتغيرة أكبر أو أصغر من الواحد. وعلى المحلل في كلا الحالتين أن يجد ضمن المعطيات عتبة من " التغير أو اللاتغير " لها دلالتها. ويتم ذلك إما بتفسير مشاهد لمناطق ذات تغير معروف على شاشة عرض أو إحصائياً بتقدير قيمة العتبة. ويوضح الشكل (8-33) عملية كشف التغير وذلك بطرح المرئية (B) من المرئية (A) المأخوذة بعد / 72 يوم / للحصول على مرئية كشف التغير.

3 - إدماج المرئيات المتعددة المستشعرات :

يبين الشكل (8-40) شكلاً آخر من إدماج المعطيات، هو إدماج معطيات مرئيتين تم الحصول عليهما بنمطين مختلفتين من المستشعرات، تمثل هذه اللوحة مرئية مركبة ملونة من راسم خرائط غرضي (TM) محمول على لاندسات (a) ومرئية رادارية (b) ومرئية نجمت عن إدماج المرئية الرادارية في مرئية اللاندسات (c). والمنظر المبين في هذه اللوحة هو منظر منطقة جنوبي ديترويت - وندسور حيث تبدو ضاحية دترويت (ميشيغان) إلى اليسار، ونهر دترويت وضاحية وندستور (أونتاريو) إلى اليمين. وقد تم الحصول على معطيات TM في 25 تموز 1982 وعلى المعطيات الرادارية في 4 تشرين الأول 1984. وتم عرض معطيات TM على شكل مرئية جمع ألوان " ملونة بالأشعة تحت الحمراء " وهذا يعني أن معطيات المجال (2) تبدو باللون الأزرق ومعطيات المجال (3) باللون الأخضر، ومعطيات المجال (4) باللون الأحمر.



الشكل (8 - 40)

مرئيات رادار جانبي الرؤية محمول جواً و TM على لاندسات، منطقة ديترويت - وندسور (الولايات المتحدة وكندا) 1 : 200.000 (a) مرئية مركبة ملونة من TM على لاندسات . 25 تموز / يوليو 1992 . (b) مرئية رادار المجال X فتحة صناعية استقطاب HH 4 تشرين الأول/أكتوبر 1984 (c) مرئية مركبة ملونة رادار / لاندسات . (من معهد ميشيغان لأبحاث البيئة)

والمعطيات الرادارية هي طائرة، تم الحصول عليها باستخدام جهاز Star - 1 قوة التمييز 6×6 م وتمت إعادة تحسين معطيات لاندسات على شكل وحدات مقاس كل منها 6×6 م بهدف تسجيلها مع المعطيات الرادارية. ويتميز هذا المزيج من المعطيات بالتمييز الطيفي لمعطيات راسم الخرائط الغرضي TM المحمول على لاندسات والتمييز المكاني (الحيزي) وخاصية " الإضاءة الجانبية " للمعطيات الرادارية، وذلك لإنتاج مرئية مركبة تتمتع بقابلية تفسير أكبر من أي مرئية تنجم عن أي مستشعر وحده .

4 - إدماج معطيات المرئية مع المعلومات المساعدة:

إن من أهم أشكال إدماج المعطيات المستعمل في معالجة المرئيات الرقمية هو تسجيل معطيات المرئيات مع مجموعات المعطيات " اللامصورة " (Nonimge Data Sets) أو المساعدة. وقد يختلف هذا النمط الأخير من مجموعات المعطيات (اللامصورة) فيتراوح بين نمط التربة، ومعطيات الارتفاع، حتى تقدير قيمة الممتلكات. والشرط الوحيد هو أن تكون المعطيات المساعدة قابلة للترميز الأرضي الدقيق لكي يكون بالإمكان تسجيلها مع معطيات المرئية في قاعدة معلومات جغرافية مشتركة . إن معطيات النموذج الرقمي للارتفاع (Digital Elevation Model Data DEM) مثلاً يمكن إدماجها بسهولة في معطيات المرئية لاستخدامها لأغراض مختلفة .

و يفيد إدماج المعلومات الطبوغرافية و معطيات المرئية في تصنيف المرئيات ، فالمعلومات الطبوغرافية مثلاً ، تكون في الغالب مهمة من أجل رسم خرائط الغابات في المناطق الجبلية ، فالأنواع ذات الخصائص الطيفية المتماثلة ، في مثل هذه الحالات ، قد تحتل ارتفاعات أو منحدرات أو مواقع مختلفة كل الاختلاف . وهكذا فإن المعلومات الطبوغرافية قد تستخدم " مصدراً " آخر

مباشراً للمعطيات عند التصنيف ، أو تستخدم أساساً يعتمد عليه في التمييز بين الأصناف المتشابهة من الناحية الطيفية فقط في أي مرئية . والمبدأ المعتمد في تحسين التصنيف ، في كلتا الحالتين ، هو إمكان تحديد و نمذجة الارتباطات المختلفة بين أنماط أغطية الأرض الموجودة في المشهد وبين بياناتها .

ومن الواضح أن المعلومات الطبوغرافية ليست النمط الوحيد من المعطيات المساعدة التي يمكن أن تفيد في تصنيف إحدى المرئيات . فقد تفيد أيضاً معلومات أخرى مثل نمط التربة وملكية الأراضي .

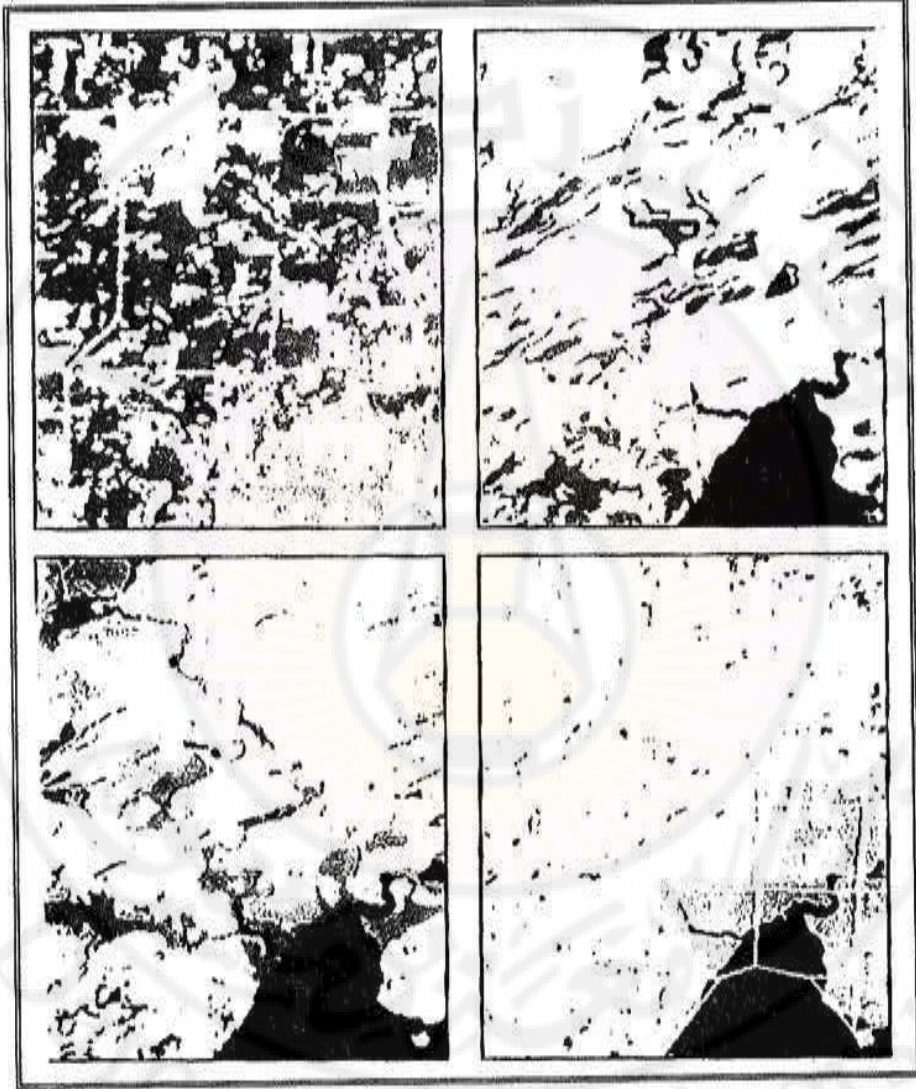
5— إدماج معطيات الاستشعار عن بعد في أنظمة المعلومات

الجغرافية RS + GIS :

كنا سابقاً قد ذكرنا في إحدى الفقرات أنه يمكن إدماج معطيات الاستشعار عن بعد بسهولة في مصادر أخرى من المعلومات المرئية أرضياً في أنظمة المعلومات الجغرافية . وهذا ما يسمح بتركيب عدة طبقات من المعلومات مع معطيات تم استشعارها عن بعد ، وبتطبيق عدد غير محدود عملياً من أشكال تحليل المعطيات . إذ يمكن ، من جهة ، استخدام معطيات في نظام المعلومات الجغرافي (GIS) لتساعد في تصنيف المرئيات ، وتمكن من جهة أخرى استخدام معطيات الأرض التي تم الحصول عليها بواسطة التصنيف في تساؤلات و مداولات لاحقة في قاعدة نظام المعلومات الجغرافي .

وبين الشكل (8-41) استخدام معطيات راسم الخرائط الغرضي المصنفة في مجال رسم خرائط لاحتمالات انجراف التربة . ففي (a) يبدو تصنيف غطاء الأرض لجزء من مقاطعة دين (Dane) ويسكونسن، وقد ظهرت المياه باللون الأزرق، والمحاصيل باللون الأحمر، والمروج والأراضي العشبية بالأصفر، والأشجار بالأخضر القاتم، والمدن والمناطق الأخرى بالرمادي ولتقدير احتمال انجراف التربة في هذه المنطقة، تم إدماج معطيات غطاء الأرض مع معلومات حول قابلية الانجراف الفعلية للتربة ومعلومات انحدار

سطح الأرض. وقد كانت الأشكال الأخيرة من المعطيات موجودة من قبل في نظام المعلومات الجغرافي التي تغطي المنطقة. لذا يمكن إعادة تحسين كافة المعطيات لتوضع في قاعدة من القواعد المناسبة (شبكة UTM أبعادها 30م)



الشكل (8 - 41) إدماج معطيات الاستشعار عن بعد في نظام المعلومات الجغرافي . مقاطعة ويسكونسن
26 / آب / أغسطس 1984 (a) غطاء الأرض . (b) قابلية انجراف التربة (c) الانحدار . (d) احتمال
انجراف التربة (مع غطاء Puplic Land Survey System)

من أجل المقارنة. وهكذا تم إدماج معطيات غطاء الأرض (a) في معطيات قابلية انجراف التربة (b) ومعلومات الانحدار (c) لرسم خارطة احتمالية انجراف التربة (d) وتبدو في (b) المناطق ذات الاحتمالية العالية لانجراف التربة باللون الأحمر، والمناطق الأخرى باللون الأسمر المصفر، والمياه باللون الأسود. وفي (c) تبدو المناطق التي يتزايد انحدارها بالتدرج باللون الأزرق والأخضر والأصفر والوردي والأحمر، كما تبدو المياه باللون الأسود.

وتظهر في خارطة احتمال انجراف التربة (d) خمسة ألوان تشير إلى خمس مستويات من احتمال انجراف التربة. وتبدو قطع من الأرض مساحة كل منها ميل مربع واحد (1.61 كم²). وتبدو المناطق ذات الاحتمالية العالية للانجراف باللون الأحمر، متمثلة بصفوف المحاصيل التي تنمو على الترب القابلة للانجراف على المنحدرات الشديدة الميل. وتبدو المناطق ذات الاحتمالية المتناقصة للانجراف بالألوان البرتقالي والوردي والأصفر. وقد تم تخصيص اللون الأخضر بالمناطق ذات الاحتمالية الضعيفة للانجراف والمناطق التي لا يحتمل انجرافها. وهي تضم المناطق غير الزراعية في المشهد.

و المناطق المغطاة باستمرار بالمحاصيل النامية على ترب غير قابلة للإنجراف أو على المنحدرات الأقل انحداراً أو المناطق غير قابلة للإنجراف و المنحدرات الأقل إنحداراً معاً . وتبدو المياه في هذه الخارطة باللون الأزرق . و عندما نضم الفائدة المتزايدة من أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) و طرائقها المتقدمة مع الفائدة المتزايدة من المعطيات متعددة الأطياف ذات قوة التمييز الأرضية العالية فإن المستقبل المتوقع لإستخدام الاستشعار عن بعد كتركيبة متكاملة لعمليات إدارة الأراضي هو في الواقع مستقبل باهر .

ويجب أن يكون هناك نظام تكاملي بين معطيات الإستشعار عن بعد و نظام المعلومات الجغرافي و لتحقيق هذه الغاية تم وضع مجموعة برامج لتحقيق

هذا النظام و الذي يعرف بنظام المعلومات الجغرافية التكاملية (IGIS) وتم وضع هذا البرنامج من قبل شركة : (LASER SCAN COM PANY) و الذي يوفر لنا ميزة تكامل بيانات الدراسات الحقلية و الاستشعار عن بعد و البيانات الإحصائية و الأرضية ذات الإحداثيات .

ويجب أن ندرك أثناء عملية التكامل بين (RS و GIS) بأن الفرق الأساسي بين معطيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) هو أن معطيات (RS) تتواجد على شكل عناصر أساسية (PIXELS) بينما تتواجد معطيات و بيانات (GIS) على هيئة خطوط أو أشكال مؤلفة من عدة خطوط (POLYGONS) .

ويمكن أن نلخص عملية تكامل معطيات (RS) و بيانات (GIS) على النحو التالي :

1_ بما أن المرئيات الفضائية تحتوي على كم هائل من المعلومات أكبر من تلك المتوفرة على الخريطة ، فإنها تساعدنا في الاستغناء عن عملية المسح الضوئي للخرائط (DIGITIZING MAPS) .

2_ تساعد طريقة التكامل بين معطيات (RS و GIS) على إجراء تقسيم متعدد لبعض المظاهر الأرضية ، وذلك عن طريق المعلومات المستمدة من كل من (RS و GIS) فمثلاً يمكننا عن طريق (GIS) إنشاء نموذج أو موديل للارتفاعات (DEM) (تم ذكرها سابقاً) . والتي من خلالها يتم الحصول على قيمة الارتفاعات لكل عنصر (Pixel) وهكذا يمكن الحصول على ارتفاعات كافة العناصر المشكلة للصورة (Pixels) بالإضافة إلى المعلومات الطيفية المتوفرة لدينا عن كل { Pixel } وبهذه الطريقة نكون قد حصلنا على معلومات إضافية جديدة تمكننا من إجراء التقسيم المتعدد مع المجالات أو الألفية الأساسية وبهذا الشكل تتكامل

معطيات {RS} مع معطيات {GIS} وهذا يؤدي إلى زيادة دقة وسهولة التفسير
(Interpretation)

3_ يساعد النظام التكاملي (IGIS) على رؤيا مزدوجة المشاهد للإستشعار عن بعد
مع نموذج الإرتفاع (DEM)

كما يمكننا من إجراء عملية تكامل بين معطيات الإستشعار عن بعد
(RS) ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) بالطرق التالية :

1_ من المعطيات التي يتم الحصول عليها من موديل الإرتفاع (DEM) والتي
يمكن استخدامها كعناصر مساعدة لتفسير المرئيات ماييلي : الميل (SLOP) ،
والملامح أو الوجوه التي تعكس إتجاه الميل (ASPECTS) وشدة الإنحدار
الطبوغرافي

2_ تساعد الخرائط التي تم مسحها ضوئياً DIGITIZING على إجراء عملية
تسجيل (REGISTRATION) للمرئيات وبالتالي يمكننا الحصول على بيكسلات
(عناصر) ذات إحداثيات أرضية جغرافية .

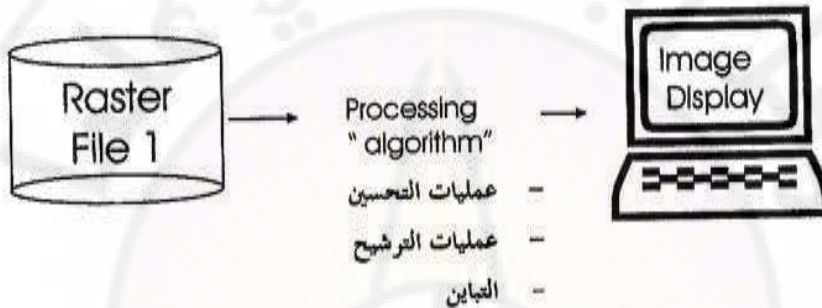
3_ إمكانية الحصول على معلومات مصممة هندسياً وذات إحداثيات جغرافية
وذلك عن طريق المعلومات المستمدة من الإستشعار عن بعد .

وفي نهاية موضوع المعالجة الرقمية للمرئيات لابد من إعطاء نبذة مختصرة عن
بعض البرامج الحاسوبية الخاصة بمعاملة بيانات المرئيات ونظم المعلومات
الجغرافية .

إن معظم البرامج الحاسوبية التي أنتجت حتى عام 1987 لم تسمح إلا
بمعالجة الصورة الفضائية ثم وضع الصورة المعالجة في ملف آ (شكل 8-42)
بينما أتاحت البرامج الأحدث من هذا التاريخ (1987) إمكانية معالجة الصورة
وإظهار الصورة المعالجة مباشرة (شكل 8-43) .



شكل (8-42) معالجة الصورة المخزنة في ملف (1) و تخزين الصورة المعالجة بملف (2) قبل إظهارها على شاشة الحاسب .



شكل (8-43) إظهار الصورة المعالجة فور الانتهاء من معالجتها و دون الحاجة إلى تخزينها كما هو الحال في الشكل (8-42)

8-6 : بعض البرامج المستخدمة في عملية المعاملة الرقمية للمرئيات :

1- برنامج : (EARTH Resource MAPPING 1995 ER- MAPPER)

ما يميز هذا البرنامج هو إمكانية تكامل البيانات الأرضية (التي يتم رصدها مباشرة على سطح الأرض) مع الصور الفضائية المعالجة ، ويستفاد منه في حالة الدراسات الجيوفيزيائية وخاصة المعطيات السيزمية ،ومجالات الجيولوجيا البنيوية و التكتونية .

2- برنامج : ENVI

تم وضع هذا البرنامج في مجال الاستخدام عام 1999 ثم توالى الإصدارات الحديثة بعد ذلك بواسطة RESEARCH SYSTEM INS

يتميز هذا النظام بإمكانيات عالية لمعالجة الصور الفضائية و يتفوق في هذا المجال بتخصيصه موديلات لمعالجة البيانات الحديثة للاستشعار عن بعد (RS) .مثل المعطيات الرادارية و معطيات (اللاندسات) وسبوت و الروسي سبين 2 (SPIN -2) .

3- برنامج : IDRISI : AGRID- BASED GEOGRAPHIC ANALYSIS SYSTEM

وضع هذا البرنامج في مجال التطبيق عام 1987 و يعمل بنظام التشغيل دوز DOS و لقد تم تطوير هذا البرنامج خلال الإصدارات الحديثة كي يواكب نظم تشغيل الحواسيب الحديثة ليعمل تحت نظام النوافذ UNDER WINDOWS و يتميز هذا البرنامج بسهولة الاستخدام ووضوح التعليمات الصادرة خلال إجراء العمليات المختلفة . و هو نظام رخيص الثمن نسبياً ، ويعتبر كمدخل لتكنولوجيا التحليل الجغرافي باستخدام الحاسب ، و يقدم نظام تكاملي (متكامل) INTEGRATED SYSTEM لمعالجة معطيات الاستشعار عن بعد (RS) و نظام المعلومات الجغرافي (GIS) في آن واحد . و كغيره من هذه النوعية من النظم فهو ليس برنامج واحد ، حيث يتكون من أكثر من 100 برنامج و التي تترايط مع بعضها البعض لتكوّن عدد من الموديلات (النماذج) MODELS . التي يختص كل منها بمجموعة معينة من طرق معالجة البيانات) .

4- برنامج (ILWIS) INTEGRATED LAND AND WATER IN FORMATION SYSTEM

تم وضع هذا البرنامج من قبل معهد الأبحاث الجوية والفضائية لعلوم الأرض (في هولندا) و يجمع هذا النظام بين معالجة بيانات الصور الفضائية ، وبيانات المعلومات الجغرافية .

5- مجموعة برامج : PCI:

و تشمل هذه المجموعة عدداً من البرامج نذكر منها :

أ - برنامج ORTHO ENGINE :

يساعد هذا البرنامج على إجراء خرائط دقيقة من الصور الجوية العمودية .

ب - برنامج : RADAR SOFT

يختص هذا البرنامج في معاملة الصور الرادارية .

ج - برنامج : ADVANCED CARTOGRAPHIC ENVIRONMENT: ACE

يساعد هذا البرنامج من عمل (إجراء) مخرجات (OUT PUT) أو نتائج معالجة معطيات الاستشعار عن بعد (RS) و نظم المعلومات الجغرافية (GIS) .

د - برنامج : Spans :

Spatial analysis system to process the ground data or attribute data
يستخدم هذا البرنامج لمعالجة البيانات الأرضية (التي جمعها من الدراسات والملاحظات الحقلية والمخبرية) أو البيانات التي تعطي الملامح features المكونة لـ themes .

هـ - برنامج satellite ortho & DEM

عند استعمال هذا البرنامج لابد من إجراء تصحيحات هندسية للصور الفضائية وذلك من أجل التغلب على الإزاحات والتشوهات التي تعاني منها المعالم الأرضية المصورة، وذلك من أجل الحصول على خرائط دقيقة، أو عند ربط نتائج معالجة المعطيات الرقمية للصور الفضائية بأخذ النظم الأخرى مثل نظام المعلومات الجغرافي (GIS) كما يمكن تصحيح الصور الفضائية بهذا البرنامج.

و — برنامج : EASI / PACE

The world Most Power Full Desktop Remote Sensing softwar

ويتمتع هذا البرنامج ببعض الميزات و القدرات نذكر منها :

- 1- مجموعة قدرات إظهار الصورة على شاشة الحاسب
Interactive Display Environment
- 2- التقسيم المتعدد للمعطيات classification
- 3- التصميم الهندسي واستخراج موديل الارتفاع الرقمي
Ortho Rectification and Demextraction
- 4- رسم خرائط الصورة : Image Mapping
- 5- إمكانية ربط (50) طبقة معلوماتية :
Geogate Way – Links To Over 50 Data Bases
- 6- الطيران والفحص خلال المجسم الثلاثي الأبعاد -Real Time 3-
Dfly Thround
- 7- مئات من البرمجيات Hundred Of Processing Algorithms

6- برامج (IGIS) Integrated Geographic Information system

لقد تم إنتاج هذا البرنامج من قبل شركة (Laser – Scan) وذلك في عام 1994 و يتخصص هذا البرنامج في معالجة نظام المعلومات الجغرافي ، بالإضافة إلى قدرته العالية على معالجة معطيات الاستشعار عن بعد (RS) . أي أنه نظام تكاملي بين معطيات (RS) ومعطيات (GIS) .

7- برنامج : CARIS

يشبه برنامج (CARIS) مع برنامج (IGIS) السابق . من حيث القدرة على تكامل معطيات (GIS) ومعطيات (RS) معاً للوصول إلى أفضل وأدق النتائج . و هناك مجموعة أخرى من برامج الاستشعار عن بعد وبعضها يشمل على نظم GIS نذكر منها :

أ- برنامج : ERDAS

ب - برنامج : EARTH VIEW

8- برنامج : Arc View

يعتبر هذا البرنامج واحد من برامج نظام المعلومات الجغرافي و هو برنامج هام وتعود أهميته إلى كونه نقطة تكامل بين معلومات (GIS) و (RS). و بالإضافة إلى ذلك فإنه يفضل طبع نتائج معالجة بعض برامج (RS) Hard copy Output باستخدام برنامج (Arc View) الذي تم شرحه سابقاً . كما يمتاز بسهولة الاستخدام والقدرة على حساب و إحصاء مكونات الوحدات الخرائطية (Mapping Units) و تشير الوحدات الخرائطية حسب معطيات GIS إلى Theme و مكوناتها من الملامح Features . ونوضح ذلك بإيراد المثال التالي : نفرض أنه لدينا خارطة محملة عليها الحدود الإدارية للقرى وأقنية الري ، فإن الحدود الإدارية للقرى يمكن أن تكون Theme رقم (1) ، وإن الأقنية هي ملامح هذا (Feature Theme) ويمكن لبرنامج Arc View أن يحسب مساحة ومحيط كل قرية أو أي بيانات سبق إدخالها أثناء عمليات المسح الضوئي (Digitizing) للخرائط والصور الفضائية والجوية أو بيانات أعطيت لكل قرية .

و يمكن أن نختم الحديث عن نظم و برامج المعالجة الرقمية لبيانات (RS) و (GIS) بالأشارة إلى إمكانية تحويل المعطيات وإستقبالها من نظام لآخر ، وذلك عن طريق معرفة هيئة الملف (Format Of File) الذي يحوي على الصور الفضائية ، فعلى سبيل المثال لا الحصر يمكن تحويل صورة سوداء تم تسجيلها أو معالجتها بواسطة برنامج IDRISI لكي تقرأ بواسطة برنامج ENVI أو غيره من البرامج.

و في ختام هذا البحث ، يجب الإشارة إلى أن هذا الفصل لم يكن إلا مقدمة مختصرة جداً وعامة لمعالجة المرئيات الرقمية . إذ أن هذا الموضوع واسع إلى حد بعيد ، والطرائق التي درسناها لم تكن إلا نماذج تمثل عمليات معالجة المرئيات التي تفيد في الاستشعار عن بعد و بعض نظم المعلومات الجغرافية من خلال إيراد بعض أنواع البرامج المستخدمة في (RS) و (GIS) ونذكر بأن مجال معالجة المرئيات الرقمية ، بمفهومه العام ، هو في الواقع مطلق ، وغير محدود.

الفصل التاسع.....

تطبيقات الاستشعار عن بعد في الجمهورية العربية السورية

9 - 1 مقدمة :

لقد بدأ تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في سوريا في الثمانينيات من القرن الماضي إلا أنه اقتصر على تفسير صور فضائية مختلفة ذات قوة تمييز أرضية منخفضة من نوع لاندسات. وساليوت، وسبوت، وهي الصور التي كانت متوفرة في ذلك الوقت، ويستخدم الآن مجموعة من الصور الفضائية ذات قوة تمييز عالية لا تتجاوز السنتيمترات بالإضافة إلى استخدام بعض الأجهزة المساعدة على تكامل معلومات الاستشعار عن بعد مثل نظام المعلومات الجغرافي (GIS) وأجهزته ونظام الـ (GPS) تحديد معالم سطح الأرض، واستخدام أجهزة القياس الطبقي الأرضي (سبكترومتر)، حيث تؤدي هذه الأجهزة ومعلومات الاستشعار عن بعد (RS) إلى نتائج دقيقة جداً. لقد أُنجزت عدة دراسات متفرقة للأراضي السورية وبأهداف مختلفة، وذلك من قبل باحثين سوريين وأجانب، شملت هذه الدراسات مجتمعة معظم الأراضي السورية إن لم يكن كلها. ومن المناطق التي قام بدراستها باحثين سوريين نذكر: دراسة الخصائص الجيولوجية والأوضاع الهيدروجيولوجية لشمال غرب سوريا وفق نتائج تفسير الصور الفضائية، تمت هذه الدراسة من قبل المؤلف وهناك دراسة السلسلة التدمرية بهدف الاستطلاع والتنبؤ عن مكامن الفوسفات فيها، ودراسات جيولوجية وهيدروجيولوجية لجنوب غرب سوريا، إضافة لذلك الدراسات التي تقوم بها المؤسسات والهيئات الحكومية العاملة في مجال الاستشعار عن بعد، حيث قامت بدراسات مختلفة ومتفرقة للأراضي السورية، وهناك دراسات لتحديد انتشار وتوزع الصخور النارية في سوريا، ودراسات هيدروجيولوجية لمنطقة

غرب دمشق ودراسات هيدرولوجية وجيولوجية للمناطق الشمالية الشرقية من سوريا ودراسات هيدرولوجية لغرب دمشق ودراسات بيئية لجنوب دمشق.... الخ كما قام باحثون أجانب بدراسات مختلفة ومتفرقة للأراضي السورية نذكر من أهم هذه الدراسات والأبحاث : الدراسة التي قام بها العالم السوفيتي . تريفونوف في عام 1983 وعام 1986 ، حيث كان مجال البحث : تطبيق الصور الفضائية في دراسة تكتونية سوريا وتكونيتها الحديثة بالإضافة إلى مأمولية النفط والغاز فيها باستخدام الصور الفضائية عام 1986 وسوف نورد لاحقاً بشكل مختصر مضمون هذه الدراسة. كما تمت دراسة جيولوجية سوريا وفق نتائج تفسير الصور الفضائية من قبل العالم السوفيتي: غالكتيونوف وذلك في عام 1985 - 1987 بالإضافة إلى دراسات أخرى متفرقة ، على شكل تقارير ومقالات .

9-2- تطبيق الصور الفضائية في مجال تكتونية سوريا وجيولوجيا النقط فيها:

لقد شملت هذه الدراسات المناطق التالية في سوريا : منطقة الانهدام السوري ومنطقة اللاذقية ، ورأس البسيط والمناطق المجاورة لها وكذلك السلسلة التدمرية . ومناطق حقول النفط في رميلان وجبسة، وكانت أهداف الأبحاث هي كالتالي :

- أ - تقسيمات العناصر البنيوية الأساسية للمناطق المختارة وخصائصها .
- ب - الحصول على معطيات جديدة حول عمر تقسيمات العناصر البنيوية ، وتنسيق وتنظيم المعطيات المعروفة سابقاً .
- ج - تحديد إمكانية إيجاد تراكيب محلية مأمولة للتنقيب عن النفط والغاز بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد .

لقد استخدمت في هذه الدراسة مجموعة من الصور الفضائية المركبة من نوع لاندسات لكافة المناطق المختارة، وصور جوية بمقياس 1 / 26.000 و 1 / 40.000 لدراسة منطقة الانهدام السوري. وسوف نقوم بشرح مختصر لكل منطقة من المناطق المذكورة سابقاً .

1 - السلسلة التدمرية :

تبدو عناصر التراكيب الالتوائية ، وكذلك عناصر التراكيب المكونة للجبال في منطقة السلسلة التدمرية بوضوح على الصور الفضائية (لاندسات) بمقياس 1 / 500.000 ، تنعطف المجموعة الالتوائية التدمرية بزوايا حادة، نحو الشمال - والشمال الشرقي، مبتعدة عن سلسلة لبنان الشرقية حتى تصل إلى ضفة نهر الفرات اليمينية، وتظهر بجوار سلسلة لبنان الشرقية والتي تعتبر في الأساس جزء من السلسلة التدمرية - طيات انضغاطية مترافقة بفوالق عكسية وفوالق التحميل . ويتخامد الشد الالتوائي باتجاه الشمال الشرقي .

يقسم الفالق التدمري الوسطي السلسلة الجبلية إلى قسمين متميزين (الشمالي والجنوبي) (أ - الشكل رقم 9 - 1) . يتألف القسم الجنوبي من السلسلة التدمرية من مجموعة من الطيات وسلاسل الطيات المتوضعة بشكل درجي وتأخذ هذه الطيات شكلاً صندوقياً وعلى الأغلب شكل عرف الديك، كما تتصف بعدم التناظر : فالسفوح الجنوبية الشرقية شديدة الانحدار ويتكرر فيها وجود الفوالق العكسية وفوالق التحميل .

أما القسم الجنوبي من السلسلة فهو مؤلف من مجموعة من المحدثات القصيرة ذات السفوح البسيطة الميل . ومن النادر أن تصل زوايا الميل إلى (15 - 2) وفي الشمال الشرقي تظهر بعض الطيات الصغيرة المترافقة بفوالق، اتجاهها العام شمال شرق وشمال غرب وأحياناً عرضاني. ويميز الاتجاه العرضاني المجموعة التدمرية الالتوائية في المناطق الأخرى ، وفي الحدود

الشمالية الشرقية ، تظهر اتجاهات بنية خطية (لينيامنت) بنفس الاتجاه الشمالي الغربي والانقطاعات (الفوالق) التي لها نفس الاتجاه تحدد على ما يبدو هنا على السطح لا تتعدى عمراً أقدم من التورتون . ويكون توضع طبقاتها قريباً من الأفقي . ولكن على الضفة اليمنى لنهر الفرات وعلى بعد 1 كم من قرية (مصرام) تميل توضعات الجبس والغضار الفحمائية (الكربوناتية) إلى الجنوب الشرقي بزوايا ميل قدرها من (5 - 7 درجة) والتشوه الحاصل هنا يرتبط بإحدى البنيات الخطية (اللينيامنت) ذات الاتجاه الشمالي الشرقي . تقطع هذه المنظومة نهر الفرات ويمكن متابعتها إلى الشمال الشرقي حتى حقول الجبسة ومدينة الحسكة وربما حتى حدود سوريا الشمالية .

وتتميز السلسلة التدمرية الشمالية بخاصية هامة ، وهي وجود المنخفضات الانهدامية المتطاولة باتجاه شمال وشمال شرق ، وتتصف طبقات الكريتاسي قرب المنخفضات بميول خفيفة فمثلاً في أجزاء مختلفة من أطراف وحدة سيريل أبو الظهور تميل هذه الطبقات بزوايا حتى 30° وأكثر وتملاً رسوبيات الحقب الرابع بعض هذه المنخفضات . ولقد اعتبر بعض الباحثين أن هذه المنخفضات تشكلت نتيجة لتحول الجبس إلى مركبات قلووية في الأعماق وبالتالي انهيارها . ولعل ذلك ممكن لكن وجود الفوالق على طول امتداد المنخفضات، يضطرننا إلى اعتبارها تراكيب شديدة قبل كل شيء تكونت بشكل رئيسي على الطرف الشمالي للفالق التدمري ، وتشير إلى حركة انزلاقية يسارية على طول هذا الفالق، وتكون قيمة المركبة الشاقولية للانزياح متغيرة. فالنطاق الفالقي يظهر بوضوح عند تقاطعه مع وادي خنيفيس، حيث يتألف من عدة فروع شديدة الانحدار، وتأخذ عروق الانهدريت ذات الشكل الريشي اتجاهاً موازياً للمنخفضات الانهدامية المذكورة آنفاً وهو اتجاه الشمال والشمال الشرقي، ويقطع الفالق بالتحديد كافة التوضعات الأقدم مع البليوسين كما ويبدو، أحد فروعه بشكل حافة بارزة بروزاً خفيفاً مع أخدود قليل العمق، وذلك عند تقاطعه مع

وادي خنيفيس. هذا مما يسمح بافتراض تتابع بطيء الحركة لبعض أجزاء الفالق في البليوسين والحقب الرابع .

ويأخذ فالق دمشق في القسم الجنوبي من السلسلة التدمرية (ب - شكل 9-1) اتجاهاً موازياً لامتداد فالق تدمر الجنوبي الغربي. ولقد دلت دراسة سطوح الانزلاق على تشققات السطح الشمالي الغربي، وشمال مدينة دوما أن هذا الفالق يحمل ملامح الفالق العكسي والانزلاقي. فعلى مسافة (3 كم) شمال خان عياش تدل الطيات الصغيرة، في توضعات البليوجين ذات التطبيق الواضح خاصة على السطح الجنوبي الشرقي منها، تدل على وجود حركة يسارية على طول الفالق. أما الفوالق العائدة للحقب الرابع وذات السعة الصغيرة فهي تمتد لمسافات كبيرة باتجاه الشمال الشرقي إلى الجنوب من السلسلة التدمرية في مناطق التوضع شبه الأفقي للطبقات، وعلى امتداد النهاية الغربية لأحد هذه الفوالق تتوضع سلسلة من البراكين الرباعية الصغيرة. وفي نفس هذه المنطقة أمكن تفسير بعض الشذوذات الصغيرة ذات الشكل البيضوي، مباشرة جنوب السلسلة التدمرية، وقد تمت مشاهدة اثنين منهما في الجولات الحقلية، حيث يبدو أولهما بشكل مرتفع هادئ جداً (ميل السفوح 1 - 2 °) على سطح الأرض، ويتألف من صخور البليوجينية حطامية، والثاني يتصف أيضاً بالميل الهادئة نحو الجنوب حيث يحدها وادي العلية الذي يأخذ شكل القوس ، ويغطي سطحها بلحقيات رباعية وفيضانية وسيلتية . يمكن تحديد عمر التركيب الالتوائي التدمري من تكون الرسوبيات النيوجينية وعدم التطابق بين مجموعاته المختلفة، فمحتويات رسوبيات الميوسين الأوسط تدل على وجود حت في هذه المنطقة وفي منطقة تحذب جبل (بلوم جهار) ، يلاحظ وجود عدم تطابق بين الميوسين الأسفل والأوسط وبشكل أساسي مع البليوسين ويلاحظ انتشار عدم التطابق مع البليوسين تقريباً في كل مكان، ويشير توزيع رسوبيات البليوسين والرباعي في منخفضات الدو وسبخة الموح أنها قد توضع فوق طية تم تشكل

ملامحها الأساسية وأن هذه الرسوبيات تأخذ شكل الطية ليس بشكل عام. ويعتبر بعض المرتفعات الحالية بقايا ليتولوجية . على سبيل المثال بعض المونوكليينات البالوجينية التي تتخذ شكل عرف الديك وقمم جبال العبددة والقلعة (التي يتوضع على قممها بازلت الميوسين المتأخر ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن كثيراً من محدبات التدمرية الجنوبية تشكل سلسلة جبال، مما يدل على تتابع تشكل وتطور هذه المحدبات في البليوسين والحقبة الرابع ولكن بعض المحدبات المنفصلة تشكل أحياناً كتلة جبلية مرتفعة واحدة وبهذا يكون ثوران التحدبات غير كامل، ويتتابع كذلك في البليوسين والرابع تطوّر الانقطاعات الفالقية، وبالرغم من أن نشاطها يضعف على الأغلب. تدل المعطيات المذكورة من مورفولوجيا الطيات والفوالق أن انضغاط السلسلة التدمرية، قد ترافق بانزلاق طولاني يساري الحركة ، ولقد بلغت الحركات التكتونية أقصاها في منتصف الميوسين وخاصة في نهايته ولكنها استمرت حتى فترة متأخرة. وإلى حد كبير تتابع بنية تشكل الجبال في البليوسين والرابع بنية الميوسين وترثها .

2 - شمال شرق سوريا :

تمتد البنية الخطية (لينيامنت - المظاهر الخطية الأرضية) ذات الاتجاه الشمالي الشرقي " التدمري " كما ذكرنا سابقاً ، عبر وادي نهر الفرات بنفس الاتجاه (الشمالي الشرقي) ولكن بعض الانعطافات الهامة لا تجد لها أثراً في رسوبيات الميوسين والبليوسين والرابع واسعة الانتشار في تلك المنطقة. وتأخذ العناصر التركيبية المحددة للبنية الجيولوجية هنا شكل طيات وبنيات خطية (مظاهر خطية أرضية) ذات اتجاه عرضاني جنوباً في منطقة جبسة وجبل عبد العزيز، وذات اتجاه غرب - شمال غرب شمالاً، في منطقة الرميلان .

أ - منطقة جبسة وجبل عبد العزيز :

يهدف البحث هنا بشكل أساسي، كما في منطقة رميلان، إلى تحديد التراكيب المحلية المأمولة عن النفط والغاز وذلك على الصور الفضائية وفي الطبيعة . وقد أشير إلى هذه التراكيب في الشكل (رقم 9 - 1). يتطابق جزء من هذه التراكيب مع حقول النفط المكتشفة سابقاً والمستثمرة ، والجزء الآخر يظهر للمرة الأولى، ويمكن تقسيم هذه التراكيب المكتشفة إلى فئتين :

- تراكيب الفئة الأولى : كقاعدة ، تراكيب خطية متطاولة (تشرين ، عبد العزيز 14 و 17) على (الشكل رقم 9 - 1) تتميز على الصور وفي الطبيعة بتغير توضعات وعمر الرسوبيات المؤلفة لها وهي غير متناظرة، خاصة محدب جبل عبد العزيز، تنحدر سفوحها الشمالية بحدة أكثر من السفوح الجنوبية. ويشكل السفح الشمالي لمحدب تشرين ثنية يبلغ ميل طبقاتها بحدود (22 درجة) أما سفح عبد العزيز الشمالي فتصل ميل طبقاته حتى (20 - 30 درجة) ويلاحظ وجود فالق عكسي يميل بحدة نحو الجنوب وجوار هذا الفالق يزداد ميل الطبقات حتى يصل (75 - 90 درجة) وقم هذه التراكيب مسطحة، وتنتشر على السفوح الجنوبية قرب ديابيرية من الجبس صغيرة الحجم (حتى بضعة مئات من الأمتار طولاً)

- تراكيب الفئة الثانية : تتصف هذه التراكيب بتناظر أكبر إلا أنها متطاولة عرضائياً وتصنف ضمن السلسلة ذات نفس اتجاه الفئة السابقة، وتنتمي إلى هذه الفئة : تراكيب جبسة وغونا (9 - 11 على الشكل رقم 9 - 1) وهي تتألف من مجموعة واحدة من رسوبيات الأنهدريت والغضار والحجر الكلسي العضوي الحطامي العائدة للميوسين الأوسط والأعلى. ويلاحظ أحياناً انحدار الطبقات بشكل لطيف من مركز التركيب، ولكن الصفة المميزة هنا هو السطح

الطبوغرافي لكلا التركيبين. فهما يشكلان على ما يبدو كل تراكيب هذه الفئة نهوضاً هادئاً وقليل التمايز، كما ويلاحظ أحياناً على الطرف الجنوبي لتكوين الغونا وجود عدم تطابق زاوي بين شريط الأنهدريت والغضار من جهة وشريط الحجر الكلسي الذي يغطيها من جهة أخرى. ومن المحتمل أن يكون عدم التطابق هذا مرتبط بحركة التشوه أو بتحول الجبس إلى مواد قلووية بشكل غير منتظم .

ومن العوامل الهامة في تحديد عمر التراكيب المحلية أو الطبقة الحاملة للجبس والعائدة للميوسين الأوسط والأعلى تدخل في بنية هذه التراكيب. فهنا نلاحظ وجود مادة حطامية ضمن هذه الطبقة والتي لو وجدت لدلت على بداية تخرب أعلى التراكيب. أما البحث في الطرف الشمالي لجبل عبد العزيز فقد دل على أن المؤشرات الأولى لعملية حت القمة توجد في رمال البليوسين التي تتحدر نحو الشمال بزاوية (17°) فهي تحتوي على بعض الحصى والحصىات الصغيرة والمولفة من حطام غضار البليوسين الأوسط والأعلى والحجر الكلسي. هذا الحطام المنقول من أجزاء التركيب المحدب الموجود في المنطقة القريبة و تملأ الكونغلوميرا الرباعية (تشكيلة بختياري) القسم الأعظم من السهل قرب الجبل و الذي يخترقه عدد من الأودية الضيقة (مسيلات) ، و يمثل طبقات الكونغلوميرا عن محور التركيب نحو الشمال بزاوية من ($4^\circ - 5^\circ$) و بمقارنة هذه القيمة مع الميل الحالي للمسيلات من ($1^\circ - 2^\circ$) ينتج أن انعطاف المكونغلوميرا التكتوني الثاني لا يقل عن (30°) . تتألف هذه الكونغلوميرا من حطام من صخور الميوسين الأسفل و تعكس اقتطاعاً أعمق لقمة التركيب و لنمو سرعة تخربه وربما لنموه . و يثبت تتابع الحركة على طول الفالق العكسي للطرف الشمالي للتركيب ببروز المصطبة السفلى للسيل (لحقيات الهولوسين) بمقدار بضعة عشرات من السنتيمترات . و هكذا فإن تركيب جبل عبد العزيز بدأ نهوضه في البليوسين ، و لقد تسارعت هذه العملية في الحقب الرابع و لاتزال مستمرة حتى الآن .

ب - منطقة الرميلان :

يمكن تقسيم التراكيب المحلية إلى نفس الفئات كما في مناطق جبل عبد العزيز و جبسة و كمثال للفئة الأولى نورد محدد كراتشوك (21 على الشكل 9-1) تتوضع على طرفه الجنوبي لحقيات البليوسين والرابع الهشة والمؤلفة من الحجر الرملي مع طبقات رقيقة من الغضار والمارل الغضاري وهي تميل نحو الجنوب بزاوية حوالي (30) أما في الطرف الشمالي فتكون هذه اللقيات مغطاة ببازلت الرباعي الأوسط الذي ينحدر نحو الشمال بزاوية ميل قدرها (6 درجة) تقريباً، وبفس الدرجة تنحدر الطبقات المتوضعة تحته. ولا يلاحظ عدم التطابق بين البازلت والحجر الرملي المتوضع تحته فكلاهما يخترقها فالقان طولانيان حاديّ الميل ترتفع حافتها الشماليان إلى بضعة عشرات من الأمتار . ومن الواضح أن نمو التركيب الأساسي قد جرى بعد البليستوسين وعلى الأغلب بعد الصبات البازلتية. وفيما يتعلق بالمنشأ فإن منخفض ما بين النهرين - والواقع إلى الشمال الشرقي من طية كراتشوك - قد تعرض بشكل خاص إلى هبوط شديد في فترة البليوسين والرباعي .

وتتتمي تراكيب السويدية والرميلان إلى الفئة الثانية (18 - 19 شكل 9 - 1) وهي مغطاة برسوبيات الرباعي المتأخر وتظهر على الطبيعة كنهوضين هادئين جداً ، وبشكل واضح كنهوض واحد مقسوم بمنخفض صغير، تمتد قمة السويدية باتجاه غرب - شمال غرب وتعتبر خط تقسيم للمياه، حيث تحدد شكل شبكة التصريف الموسمية الصغيرة.

وثمة عنصران مهمان تم تفسيرهما على الأشكال القوسية (البنيات الحلقية) في الطبوغرافيا إلى الغرب من الرميلان لهما شكل الحلقة (22 ، 23 شكل 9 - 1) وهل ينتميان إلى نفس نموذج تركيب الرميلان - 1 ، هذا ما ينبغي أن تجيب عليه الأبحاث التفصيلية اللاحقة. وإلى الغرب من الرميلان يتأكد وجود فالقين من الحقب الرابع باتجاه شمال - شمال شرق بتغير

عمق توضع بازلت البليوسين - الرابع ، وقد تم تفسير هذين الفالقين بشكل أولي على الصور الفضائية، حيث ترتفع أطرافها الشرقية. وقد أكدت معطيات الحفر أن الفالق الغربي يتطابق مع الحد الشرقي للإنهدام، حيث تزداد سماكة رسوبيات الماستريخت .

3 - شمال غرب سوريا :

لقد جرت دراسة نظام الانهدام السوري في الشمال الغربي من سوريا وكذلك المناطق المجاورة له، مثل اللاذقية ومنطقة البسيط، وجبل الأكراد (كرد - داغ) شكل (9 - 2)

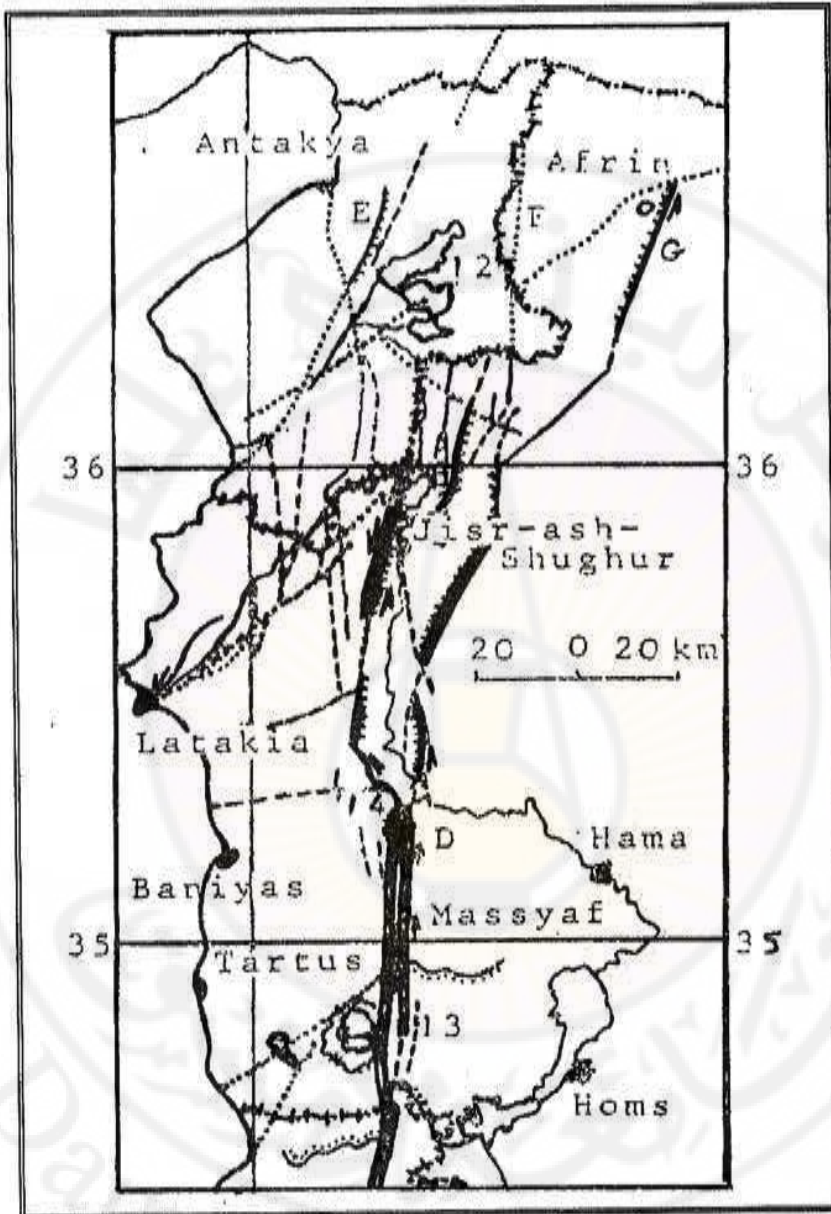
أ - منطقة اللاذقية والبسيط :

تقسم هذه المنطقة إلى النطاقات التركيبية التالية : كتلة أو بلوك البسيط، نطاق برج إسلام ، منخفض نهر الكبير الشمالي، وإلى الجنوب الشرقي من المنخفض يوجد مونوكليнал الحافة الغربية للإنهدام السوري والتي تتألف على الأغلب من توضعات الحقب الثاني (الميزوزوي) وفي كتلة البسيط تغلب صخور المجموعة الأوفيوليتية كالبيريدوتيت والسيرينيتيت والبازلتويد الاستحالي والرايولاريت والمارل الغضاري الكوارتزي والمارل وتشكل هذه الصخور منظومة على شكل الحراشف تنحدر في أغلب الأحيان نحو الشمال الغربي وهي مغطاة بشكل عدم توافق بطبقات الماستريخت والباليوجين الكربوناتية، وعدم التوافق الأخير يحدد عمر شكل التشوه الرئيسي بالماستريخت.

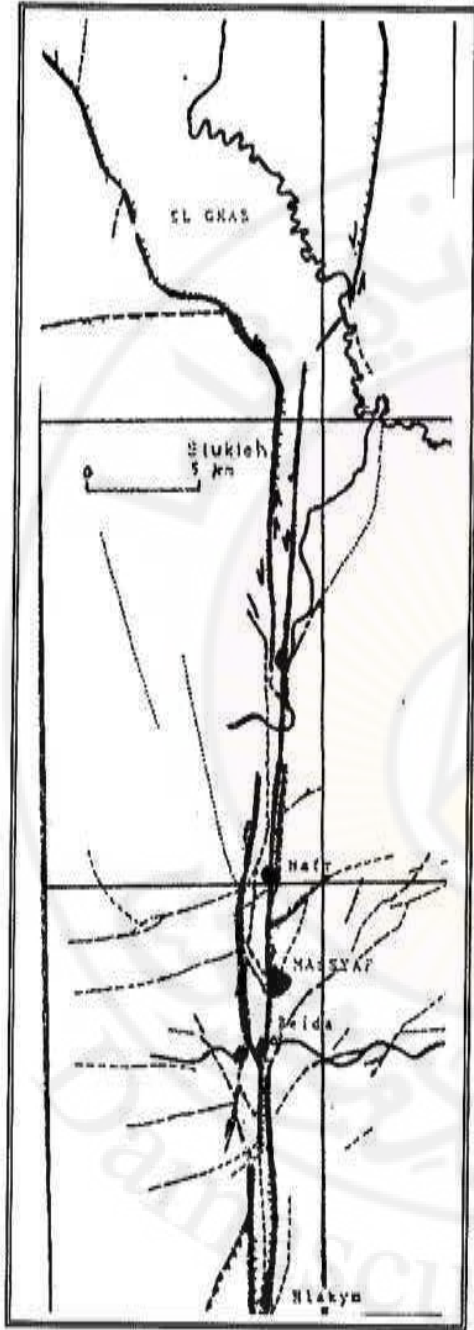
يتوضع نطاق برج إسلام على الامتداد الجنوبي الغربي لكتلة البسيط، ويتألف بشكل أساسي من رسوبيات الباليوجينية كربوناتية سمكية (حتى 1 كم) طويت بعدة طيات كبيرة وبسيطة . تغطي هذه الرسوبيات توضعات هيلفيتية قليلة السماكة بشكل عدم تطابق (حجر كلسي ، مارل غضاري، كونغلوميرا بازلتية) وهي عادة ذات ميول لطيفة.

مدينة اللاذقية 31 على (الشكل 9-2) أمكن تفسير تركيب محلي ، تتوضع على قمته المصطبة البحرية العليا والتي تحولت إلى مادة قاسية مقاومة للحك وتختفي منها تقريباً رسوبيات الرباعي (توجد فقط لحقيات فيضانية بسماكة 0.7 م) وتتألف من مارل وغضار البليوسين. وعلى بعد 1.5 كم إلى الغرب من قمة التركيب ، متساوية الميل في جميع الاتجاهات ، تصل سماكة الحجر الكلسي والرمل والغضار والكونغلوмира البحرية حتى 5 - 6 م ، وتتوضع هذه الرسوبيات بعدم توافق فوق توضعات البليوسين ذات التحدب الخفيف .

وعلى حدود نطاق برج اسلام والبسيط ومنخفض نهر الكبير الشمالي يمتد نطاق فوالق اللاذقية والتي حدد جزء منها (العالم بونيكاروف 1969) منها مجموعة فوالق اللاذقية - كلس . وبين حدود هذه المجموعة تتميز جملة فوالق ذات اتجاه شمال - شرق ، ويتكشف بعضها بجوار الخط الحديدي جنوب مدينة اللاذقية وكذلك في جرف الشاطئ (شكل 9-3) حيث يتناوب في طبقة شبيهة بالفليس - الحجر الكلسي مع مارل الباليوجين . وفي الجزء الشرقي للتلكتشف وعلى امتداد (700 م) تنحدر الطبقات إلى الشرق بزاوية (20 - 35 درجة) وإلى الغرب تزداد زوايا الميل بسرعة إلى 60 - 70 ، كما ويلاحظ وجود (4) فوالق تميل بمسافة 120 م تميل نحو الغرب - شمال غرب بزاوية 30 - 35 درجة وتترافق هذه الفوالق بفوالق تحميل صغيرة وموازية للفوالق الأصلية وتبدو الصخور هنا شديدة الالتواء ، ويدل وجود الأخاديد المحفورة على



الشكل 9 - 2 خريطة المظاهر التكتونية لشمال غرب سورية كما فسرت بالصور الفضائية
الأرقام على الخريطة هي: بحيرة العمق (12)، قرية حدية (13)، جورة عين الكروم (14)



الشكل 9 - 3 خريطة
تفصيلية للحوالي التكتونية
الحديثة لقسم مصيف من
نطاق انهدام شمال غرب
سورية .

سطح الفوالق إلى حركة جانبية يسارية كبيرة . وفي نطاق الفوالق الأساسية والفوالق المرافقة يلاحظ تكرار وجود تكشفات بيتومية بسيطة وباتجاه الغرب على امتداد (320 م) يقترب توضع الطبقات من الشاقولي، ومن ثم يتتابع التوضع بميل نحو الغرب بزاوية (75°) وهنا تغطي هذه الطبقات وبعدم توافق زاوي (100°) بتوضعات الهيلفيت مع شريط من بريشيا قاعدية، وتشكل طبقات الهيلفيت مقعراً صغيراً (سينكليال)، وعلى شاطئ البحر يغطي الهيلفيت وبعدم توافق زاوي حجر رملي عائد للرباعي القديم . وعلى امتداد نطاق فوالق التحميل الانزلاقية يتضمن الحجر الرملي كتلاً من صخور الهيلفيت والباليجين ، تدل على وجود بروز على طول الفالق. وهنا وعلى امتداد طرف الفالق المعلق في المقطع 1 (3.5 - 4 م) للمصطبة البحرية، توجد بقايا فخارية أثرية وعلى ما يبدو فإن النهوض مستمر حتى الآن بسرعة أكبر من (2 مم) في العام .

وبهذا فإن طور التحميل الأساسي يعود إلى زمن ما قبل الهيلفيت. ويحتمل أن يكون قد جرى طي برج اسلام في تلك الفترة والتشوهات اللاحقة (المتممة) في كتلة البسيط ولقد تتابعت الإزاحة، ولكن بشكل أضعف، في نطاق فوالق التحميل والانزلاق حتى الزمن الحالي. وقد لوحظ وجود الفالق الثاني في منطقة صليب ياسين واتجاهه شمال - شمال شرق، يتلامس على هذا الفالق غضار الهيلفيت مع صخور المجموعة الأوفيوليتية، وهو ينحدر نحو الغرب باتجاه الأوفيوليت وله على الأغلب مركبة إزاحة جانبية يسارية ثم ينعطف تدريجياً ويمتد بعيداً نحو الشمال الشرقي، ويلاحظ ارتفاع الطرف الشمالي الغربي للفالق عن الطرف الجنوبي الشرقي .

ينتمي هذان الفالقان إلى جملة الانقطاعات الدرجية وتأخذ شكلاً ريشياً شمال البنية الخطية (لينيامنت) ذات الاتجاه الشمالي الشرقي ، والتي تتطابق

مع مجرى نهر الكبير الشمالي لمسافة بعيدة. ويلاحظ في الجزء الغربي وجود تدرج في الطبوغرافيا، فالطرف الشمالي الغربي لهذه البنية الخطية مرتفع وتجد هذه البنية شرق فائق صليب ياسين، كلياً ضمن منخفض نهر الكبير الشمالي. ولا تسجل هنا إزاحات كبيرة في تكشفات النيوجين، ولكن وجودها ممكن في رسوبيات ما قبل الهيلفيت المدفونة. ويمثل منخفض نهر الكبير الشمالي، من وجهة نظر نفطية، أكثر الأجزاء أملاً للنفط والغاز في هذه المنطقة، ومن الضروري مسح جيوفيزيائي إضافي للتركيب (31) شكل 9 - 2 وكذلك يجدر البحث والتنقيب في أبسط بنى هذه المنطقة، غير المعقدة تركيباً، في محدبات برج اسلام. ويعتبر نطاق فوالق اللاذقية - كلس أقل المناطق أملاً في النفط والغاز، حيث أن مكامن النفط، إن وجدت سابقاً، تخربت بسبب الحركات التكتونية الشديدة.

ب - منطقة الكرد - داغ :

تقسم المنطقة إلى نطاقين باتجاه الشمال الشرقي : نطاق الماستريخت والباليوجين الجنوبي الشرقي (في الأغلب حجر كلسي ومارل) ونطاق الأوفيوليت الشمالي الغربي وفيه أيضاً رسوبيات الجوراسي والكريتاسي . وتتوضع رسوبيات الميوسين الأسفل فوق طبقات الماستريخت والباليوجين التي عانت من الحث (في النطاق الجنوبي الشرقي) وتكثر هنا الطيات البسيطة والفوالق الصغيرة. يحد هذا النطاق من الجنوب الشرقي بنية عفرين الخطية، والتي تمتد على طولها بروز كبير السعة ذو سطح محتوت ومتجه نحو الجنوب الشرقي، وعلى الأغلب يطابق هذا البروز نطاق فوالق ثنيات .

أما أوفيوليت النطاق الشمالي الغربي فهو مؤلف من بازلتونيد استحيالي وطف قلووي وراديولاريت وصخور فحماتية - كوارتزية ومارل وبشكل أقل

سربنتينيت ، وكل هذه الصخور ملتوية بشدة ومهشمة. وسطوح التماس مع الصخور الفحماتية للكريتاسي الأسفل والتورون سطوح تكتونية. وعلى بعد (2 كم) إلى الغرب من كورانك فوقاني يظهر بوضوح تحميل الحجر الكلسي (الكريتاسي) فوق مجموعة الأوفيوليت . وتغطي رسوبيات الماستريخت وبعدم توافق زواي الطبقات الواقعة تحتها. وهذه الرسوبيات مقطعة بالفوالق والتعرجات الناجمة عن الطيات ويتميز هذا النطاق بالبنية الحرفشية والميل الخفيف غالباً لفوالق التحميل المنحدرة نحو الشمال الغربي. ولقد حدثت أعنف الحركات التكتونية قبل المد الماستريختي إلا أنها تجددت فيما بعد بالميوسين وبالرغم من وجود بعض الاختلافات في البنية إلا أنه يمكن مقارنة نطاق جبل الأكراد، والشمال الغربي مع كتلة البسيط وكذلك نطاقه الجنوبي الشرقي مع برج إسلام ويمثل نطاق عفرين للفوالق والثنيات امتداداً لنطاق فوالق اللاذقية- كلس .

ج - منطقة الانهدام السوري:

تعتبر منطقة الانهدام شمال غرب سوريا جزءاً من نظام الانهدام العربي الأفريقي الكبير الذي يمتد من انهدام البحر الأحمر في خليج العقبة شمالاً حتى جنوب تركيا، حيث ينعطف نحو الشمال الشرقي، وقد درس امتداد هذا الانهدام بشكل ضعيف ولكن يمكن اعتباره مرتبطاً بمجموعة فوالق زاغروس الجديدة في منطقة بحيرة وان وسيفان.

يبدو الانهدام السوري (على الشكل - 9 - 2) من فلسطين حتى جنوب تركيا، وتلفت النظر هنا ظاهرتين بنيويتين، أولاهما : انعطاف الجزء اللبناني نحو الشمال - الشمال الشرقي حيث تنفصل طيات وفالق التدمرية عن الانهدام، وثانيهما : ظاهرة التدرج اليساري فالفوالق الرئيسية في المجموعة متوضعة

بشكل درجي بحيث يبدأ كل فائق واقع إلى الشمال من الفائق المجاور له إلى الغرب منه أيضاً. وفي مناطق تمفصل هذه الفوالق توجد منخفضات، تأخذ شكل وهداث (انهيارات) ضخمة وهي وهدة طبريا ووهدة الغاب. وتلاحظ هذه الظاهرة البنيوية أيضاً في منطقة البحر الميت، وهي تشير إلى الإزاحة الجانبية اليسارية على طول مجموعة الانهدام، وبالإضافة توجد إزاحة شاقولية كبيرة لا يشك بها. وقد ظهر ذلك في الشمال الشرقي لسوريا بهبوط قاع الانهدام ونهوض جانبه الغربي بالنسبة لجانبه الشرقي، في منطقة مصيف ووهدة الغاب يبلغ ارتفاع الجانب الغربي 1300 - 1400م والطرف الشرقي حوالي 600م وقاع الانهدام 200م عن سطح البحر.

إلى الشمال من وهدة الغاب يوجد نجد غير كبير يقسم الوهدة إلى فرعين، يمتد الفائق الرئيسي (د. على الشكل 9-2) إلى الشمال على امتداد الجانب الغربي للانهدام وشمال سهل العمق ويتابعه بشكل درجي فائق آخر إلى الغرب منه (الشكل 9-2 هـ) وهو يتجه إلى الشمال والشمال الشرقي حتى يقطع جبال طوروس. وينفرع الفائق الشرقي إلى فرعين في الجزء الشمالي، يحد فرعه الغربي كتلة - الكرد - داغ من الغرب (شكل 9-2) وإلى الشمال من مدينة إدلب ينعطف فرعه الشرقي إلى الشمال الشرقي حتى يصبح اتجاهه طولانياً وينضم إلى بنية عفرين الخطية، ويشكل شرق المدينة بروزاً حاداً يرتفع طرفه الشرقي ولكن دراسة تشققات الطرف الشرقي للفائق أظهرت أن مركبة الإزاحة والانزلاق هي الغالبة.

وبهدف تحديد اتجاه ومقدار حركات الحقب الرابع المتأخر تمت دراسة 26 كم من منطقة الانهدام بين قرية السخلية في الشمال وقرية البيضا في الجنوب (شكل رقم 9-4) هنا يظهر بوضوح كلا فرعي الفائق الرئيسي وكذلك بعض

الفوالق الفرعية بينهما. ويظهر بين النوعين عدد كبير من الانزياحات الجانبية اليسارية وكذلك انعطاف الوديان، وتختلف إزاحة الوديان باختلاف أشكال الأودية نفسها وعناصرها البنيوية. فعلى امتداد الفرع الشمالي الغربي، تظهر بمقدار 400 - 450 م و 60 - 70 م و 30 - 40 م بينما على الجنوب من هذا الفرع في منطقة البيضاء لا تتجاوز هذه الإزاحة مقدار 25 م ولقد سجلت على شمال الفرع الشرقي قيم الإزاحة بمقدار 130 م و 18 - 20 م (في حالة وحيدة 75 - 80 م).

وتزداد هذه القيم باتجاه الجنوب حتى تصل إلى 150 - 175 م وكذلك 34 - 40 م ويسمح تحليل السطح الطبوغرافي بافتراض أن الأرقام الأخيرة في كل مجموعة تميز الإزاحة في الهولوسين والأرقام الثانية تميز الإزاحة في الهولوسين والرابعي المتأخر وفي هذه الحالة فإن نشاط الفرع الشرقي قد ازداد نسبياً للبليستوسين حتى الهولوسين هذا أولاً. وثانياً فإن الإزاحة بالنسبة للفرع الغربي قد تناقصت، وتزايدت بالنسبة للفرع الشرقي وذلك بالنسبة للمجال الزمني الذي تمت ملاحظته. وتعبير آخر فإن دور الانقطاعات الرئيسية قد انتقل تدريجياً من الفرع الغربي إلى الشرقي وفي معظم الأحيان أفسحت الإزاحة الشاقولية مكاناً للإزاحة الأفقية. وبالنسبة لسرعة حركات الرباعي المتأخر يمكن التحدث عن الافتراضات العامة جداً فقط وذلك قبل الحصول على نتائج تحليل الكربون المشع. ففي حال كون التقييم الجيومورفولوجي للعمر صحيحاً فإن مجموع سرعة الإزاحة في الرباعي المتأخر، على فرعي الفالق تقارب من 0.5 سم - 0.6 سم في العام. وهذا يتطابق مع الإزاحة اليسارية بمقدار 0.6 سم للمكان الأثري في قرية الحرف في الفرع الشرقي للفالق.

يمتد الفرع الغربي للانهدام باتجاه الشمال الغربي ثم نحو الشمال على طول الجانب الغربي والجنوبي الغربي لمنخفض الغاب. ويلاحظ في منطقة جورة عين الكروم، في الطرف الجنوب الغربي للمنخفض، انعطاف يساري للوادي بمقدار 28 - 30م، وكذلك ارتفاع الطرف الجنوبي الغربي بمقدار 10 - 11م، ويلاحظ كذلك على الطرف الغربي للمنخفض بين مدينة جسر الشغور وقرية السرمانية، عدد من الإزاحات اليسارية للأودية بمقدار 150 - 200م 24،30،6م وتزيد هنا نسبة المركبة الشاقولية إلى الأفقية عنها في منطقة مصيف فعلى طول فالق الجانب الشرقي لمنخفض الغاب إلى الجنوب من آثار أفاميا يلاحظ كذلك وجود مؤشرات الإزاحة اليسارية الصغيرة للأودية بمقدار 6-7م وإزاحة شاقولية تنتمي إلى نفس العمر وقدرها 1.5م .

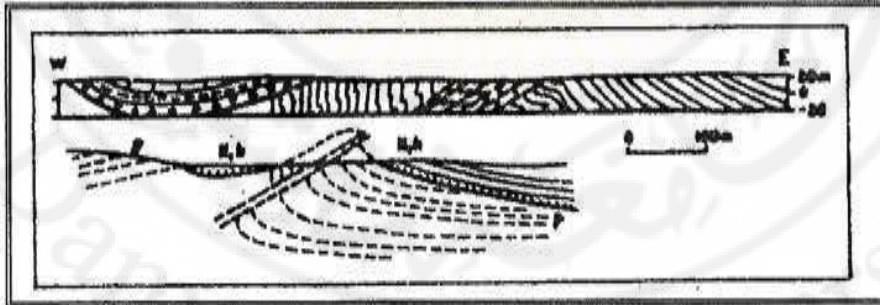
وكان لابد من دراسة البنية الجيولوجية بشكل أكثر تفصيلاً للمنطقة لتقييم شدة الحركات لمدة طويلة من الزمن. ولقد أظهر المسح الجيولوجي أن نطاق الانهدام في منطقة مصيف يمثل وهدة (انهياراً) تملأ جوانبها رسوبيات الجوراسي والكريتاس وكقاعدة تميل هذه الرسوبيات بشكل لطيف عن منطقة الوهدة (1 الشكل 4-9 و 2-9) وإلى الجنوب الشرقي من مصيف في القسم الغربي من الوهدة حيث تنتشر رسوبيات الجوراسي والكريتاسي. أمكن تفسير بنية حلقية الشكل على امتداد (15كم) يمكن أن ترتبط بها تشكيلات بركانية من عمر الكريتاسي والنيوجين.

وفي شمال منخفض الغاب وبالقرب من مدينة جسر الشغور بالنسبة للوادي المجاور مباشرة للفالق تميل صخور الطرف الغربي باتجاه الوهدة، تتوضع كونغولوميرا البليوسين في قاع الوهدة، بعدم توافق زواي فوق رسوبيات الكريتاسي، تتوضع هذه الطبقات بشكل مقعر (سينكлинаل) وذلك في الجنوب قرب

قرية عين حلاقيم ثم تشكل كما في الشمال قرب قرية الصخلية مونوكلينال تميل نحو الشمال الشرقي وتزيد سماكة البليوسين عن 500م، وعلى ما يبدو فإن تشكل الكونغلوميرا يرتبط ببداية تكوّن الانهدام الذي حدد بدوره ظهور الفروق الطبوغرافية الواضحة، ويتغير تركيب طبقة البليوسين .



الشكل 9 - 4 - انزاح واضح على قناة رومانية قرب قرية الحفر على الفالق الشرقي لنطاق انهدام شمال غرب سورية . هبط الجزء الشرقي وانزاح إلى اليسار لمسافة 0.6 م



الشكل 9 - 5 فالق دثر في طبقات الباليوجين وما قبل الهلفت الغير متوافقة في جنوب مدينة اللاذقية . الجزء العلوي يمثل مقطع في طرف السكة الحديدية والجزء السفلي يمثل إعادة بناء البنية العامة للمنطقة



الشكل 9 - 6 الفوالق التكتونية الحديثة الرئيسية في الطرف الشمالي للسطحية العربية في الطرف الشرقي من منخفض الغاب ، فهي تتألف من الحجر الكلسي والمارل والغضار والحجر الرملي ومن المحتمل أن هذه الصخور توجد أيضاً في قاع المنخفض تحت رسوبيات الحقب الرابع السمكة التي تغطيها. وتوجد على امتداد الفوالق المجاورة للوهدة، قرب قرى عين الجسر وعين حلاقيم أجسام بازلتية متطاولة تعود للبليوسين المتأخر، وإلى الجنوب من قرية البيضا في البدء على الجانب الشرقي للانهدام ثم جنوباً على الجانب الغربي منه تظهر صبات من البازلت الأوليفيني العائدة للبليوسين المتأخر، وهي أحدث

من الكونغلوميرا، بما أنه لا يلاحظ وجود بقايا بازلتية في الكونغلوميرا، وكما تلاحظ إزاحة المجالات البازلتية الموجودة على شرق وغرب الانهدام الواحد منها عن الآخر بمقدار لا يقل عن (10 كم) ولقد كان ممكناً تفسير ذلك بخصوصية توزع الصبات البركانية والحت اللاحق للصبات لولا وجود الجدران البازلتية واسعة الانتشار على الطرف الشرقي للانهدام في منطقة قرية حدية، وإلى الجنوب منها والتي تتجه غالباً نحو الشمال الغربي. ولا توجد هذه الجدران في الطرف الغربي من الانهدام ولا على امتداد مجال الجدران في الطرف الشرقي ولا إلى الجنوب منها حتى حدود لبنان وإذا استمر هذا المجال على أرض لبنان فإن إزاحته ستصل إلى (20 - 25 كم). وتلاحظ كذلك إزاحة إلى اليسار بالنسبة لكتلة البسيط وجبل الكرد - داغ ونطاق فوالق اللاذقية وعفرين التي تحدّها من الجنوب الشرقي وتبلغ سعة الإزاحة من (20 - 25 كم) . ولقد تشكلت التشوهات الرئيسية والفوالق قبل الهلفيت أي قبل أواسط الميوسين ولذلك يمكن ربط الإزاحة الملاحظة كلياً بالإزاحة الحاصلة على طول الانهدام في البليوس والرباعي ولا يقل مجموع سرعة الإزاحة الوسطي عن 0.4 - 0.5 سم في العام وإذا أخذنا بعين الاعتبار دوران بعض الكتل فإنه يزيد عن ذلك. وبقوم فريق من العلماء الآن بدراسة قيمة هذا الانزياح وذلك باستخدام أجهزة تحديد معالم سطح الأرض (GPS) وذلك لتحديد القيمة الدقيقة لهذا الانزياح حيث تعطي هذه الأجهزة قياسات دقيقة جداً تصل إلى ميليمترات.

4 - مقارنة بنيوية للمناطق المدروسة :

نوقشت خلال عملية الأبحاث مسائل هامة حول بنية وتطور الأراضي السورية خلال أحدث الأزمان (النيوجين N والرباعي Q) فلقد تم تطوّر تراكيب منطقة اللاذقية وجبل الأكراد في الملامح الأساسية، حتى منتصف

المبوسين وبدأت حركة تكون الجبال في السلسلة التدمرية. ولقد تم تكون العناصر الألتوائية - الفالقية للتركيب التدمري حتى نهاية المبوسين وبداية البليوسين ويمكن متابعة اتجاه البنية الخطية (التدمرية) في شمال شرق سوريا. ويحتمل أن تكون العناصر الفالقية التدمرية قد استمرت في المبوسين حتى الجزء الخارجي من زاغروس، وبالرغم من أنه لا يلاحظ وجود تشوهات هامة بهذا الاتجاه في وادي نهر الفرات أو إلى الشمال الشرقي منه.

لقد حدث انقلاب بنيوي كبير في الحد بين المبوسين والبليوسين. فلقد تشكل الانهدام في شمال غرب سوريا والذي حصلت أو تحصل عليه حتى الآن، إزاحة جانبية يسارية عنيفة وفي البليوسين والرباعي تشكلت أيضاً النطاقات الفالقية المعاصرة في شمال شرق سوريا والتي تتخذ اتجاهاً عرضانياً أو غرب - جنوب غرب إلى هذه النطاقات تنتمي حدود الفرات الفالقية الافتراضية وسلسلة طيات مناطق جبسة ورميلان وجبل عبد العزيز كما ويحصل هبوط شديد في الجزء الشمالي الغربي لمنخفض ما بين النهرين.

ومما يلفت الانتباه، بالنسبة للانهدام الغربي، وجود فرق في مقدار مجموع الإزاحة الجانبية بين منطقة البحر الميت وشمال غرب سوريا. مجموع الإزاحة اليسارية عند البحر الأحمر تقدر بـ (100 كم) منها (60 كم) في المبوسين و (40 كم) في الرباعي ويبلغ مجموع الإزاحة اليسارية (20 - 25 كم) أو أكثر بقليل. أما سرعة الإزاحة الجانبية اليسارية في البليوسين والرباعي (0.4 - 0.6 سم في العام) فهي قريبة منها في منطقة البحر الميت (فرونيد - زاك 1965) ولكن أين استمرار الانهدام الميوسيني.

لقد سمحت هذه الأبحاث بالافتراض أن نطاق الانهدام الميوسيني بلغ جبال لبنان الشرقية والغربية شمالاً ثم تحول إلى البنية التدمرية التي وصلت

فوالقها ذات الاتجاه الشمالي الشرقي حتى الجزء الخارجي لزاغروس واندمجت مع تراكيب هذه الجبال، وفي البليوسين والرباعي امتداد الانهدام الغربي باتجاه الشمال والشمال الشرقي، وبالمقابل انتشرت إلى الغرب والشمال الغربي مجموعة زاغروس ومنخفض ما بين النهرين ومع هذه التطورات يرتبط تشكل تراكيب، شمال شرق سوريا ذات الاتجاه شبه العرضاني والغرب وشمال غرب.

5 - التراكيب المحلية المأمولة للتنقيب عن النفط والغاز:

تم أثناء عملية تفسير الصور الفضائية، إظهار وفرز (31) شذوذاً يمكن أن تقابل تراكيب محلية مأمولة للتنقيب عن النفط والغاز. وبعد المقارنة تبين أن قسماً كبيراً من التراكيب المنتجة للنفط والمستكشفة قد وردت ضمن هذه المجموعة، مما يؤكد على صحة فرز الشذوذات. وبالإضافة إلى ذلك ظهرت تراكيب جديدة محتملة. ولقد تبين من مقارنة تفسير الصور مع الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والدراسة الحقلية أن التراكيب تنتمي إلى ثلاث فئات:

1 - تتميز الفئة الأولى بتوضع نموذجي لطبقات المكدبات ومسقطها في المستوى، ويعتبر إظهار تراكيب كهذه بطريقة الاستشعار عن بعد مدروساً بشكل جيد.

2 - وتتمثل تراكيب الفئة الثانية في جميع المواقع بتكشفات مجموعة واحدة من الصخور، ولكنها تشكل انعطافات موجبة هادئة على سطح الأرض، وتحدد إلى مدى كبير، شكل الشبكة المائية وتحول غطاء التربة والغطاء النباتي، وهذا يشكل شذوذاً على الصور الفضائية، أما تركيب الفئة الثالثة و الظاهر على بعد (10 كم) شرق مدينة اللاذقية فهو لا يتميز

بتغيرات العمق بقدر ما يتميز بتغير بنية المصطبة البحرية العائدة للرباعي القديم ضمن حدود التركيب فهي مقاومة للحت في قمة التركيب و تزداد كمية غطاء رسوبيات الرباعي باتجاه الأطراف .

إن إظهار التراكيب المحلية من الفئة الثانية و الثالثة بأسلوب شمولي وذلك بتفسير الصور الفضائية و دراسة الجيومورفولوجيا ودراسة تركيب وانتشار رسوبيات الحقب الرابع تفتح إمكانيات جديدة للتنقيب عن الغاز في المناطق المأمولة من سوريا .

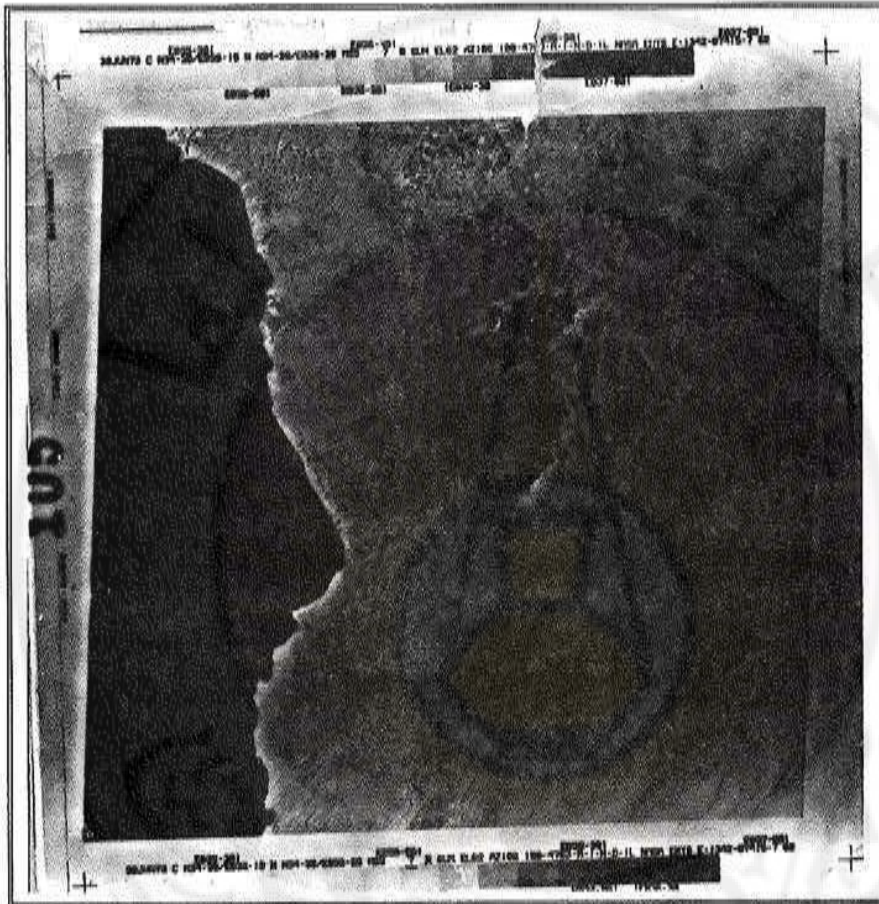
تحمل معظم الاستنتاجات طابعاً أولياً ، إلا أنه من الواضح الآن تطبيق دراسة الاستشعار عن بعد بشكل شامل مع دراسة الجيولوجيا والجيومورفولوجيا بهدف معرفة التكتونية الحديثة و الإمكانيات النفطية لسوريا مأمول و ناجح ولا يوجد أدنى شك بمدى أهمية متابعة و تطوير هذه الأعمال ولا يزال عدد من المسائل المطروحة غير موضح حتى النهاية . ومن الضروري متابعة الأبحاث في قطاعات فوالق اللانقية و عفرين وفي شمال وجنوب الأنهدام بهدف تدقيق أعمار ومورفولوجية الفوالق ، وفي السلسلة التدمرية بهدف تحديد القيمة النسبية لمختلف أطوار الحركات المكونة للتراكيب (للجبال) و تدقيق مورفولوجيا الفوالق ، و في وادي نهر الفرات و كذلك في الشمال الشرقي لسوريا بهدف تدقيق ستراتغرافية الميوسين المتأخر و الرباعي وتوضح دور الفولق ذات الاتجاه الشمالي الشرقي .

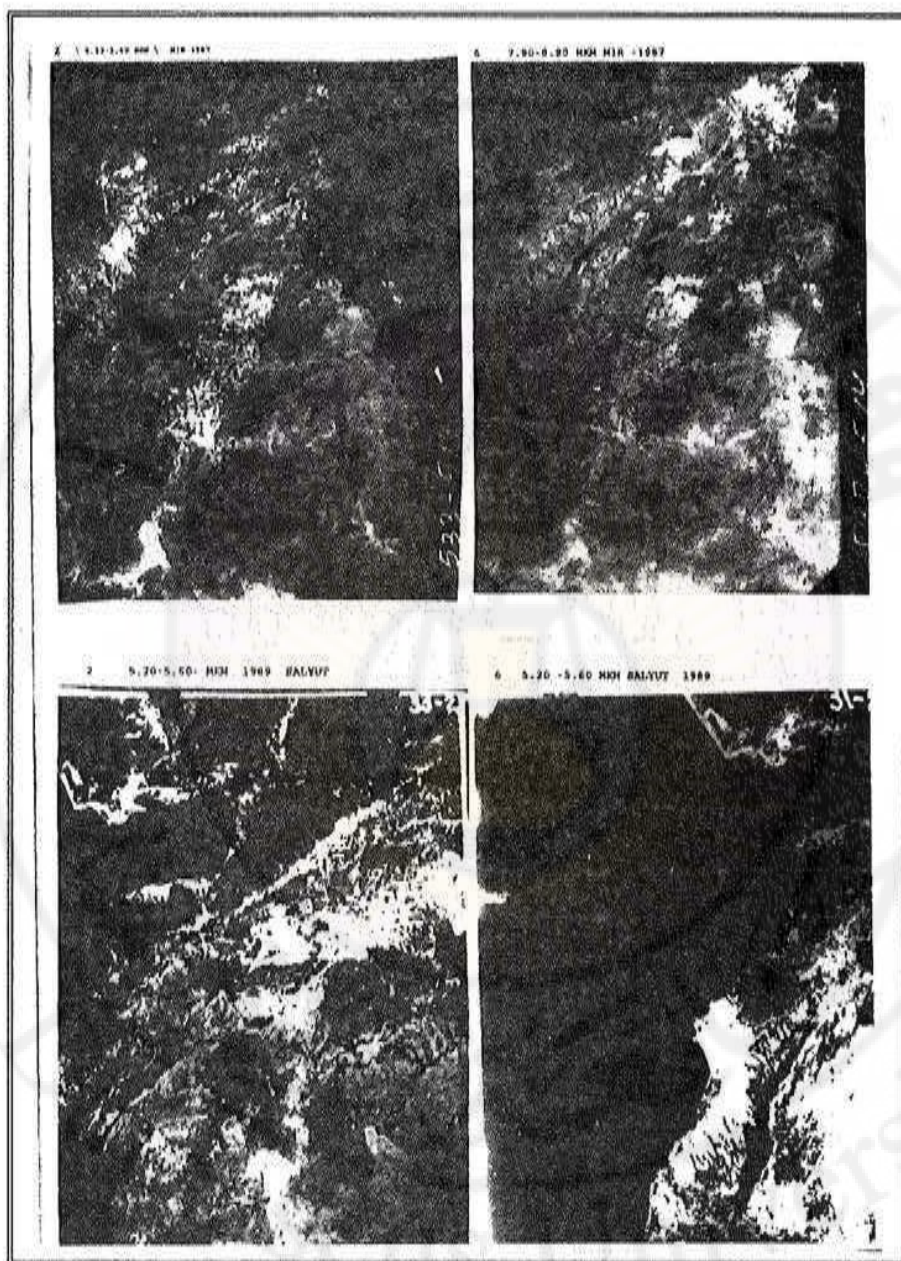
كما أن لنشر تفسير الصور الجوية من وجهة نظر جيولوجية لكافة مناطق سوريا يحمل أهمية أعم و أكبر بهدف توضيح العلاقات الفراغية بين مختلف العناصر البنيوية و أظهار مناطق جديدة مأمولة للتنقيب عن النفط و الغاز . و من أجل توضيح عمر تشكل الطبقات التي تم تفسيرها و دورها

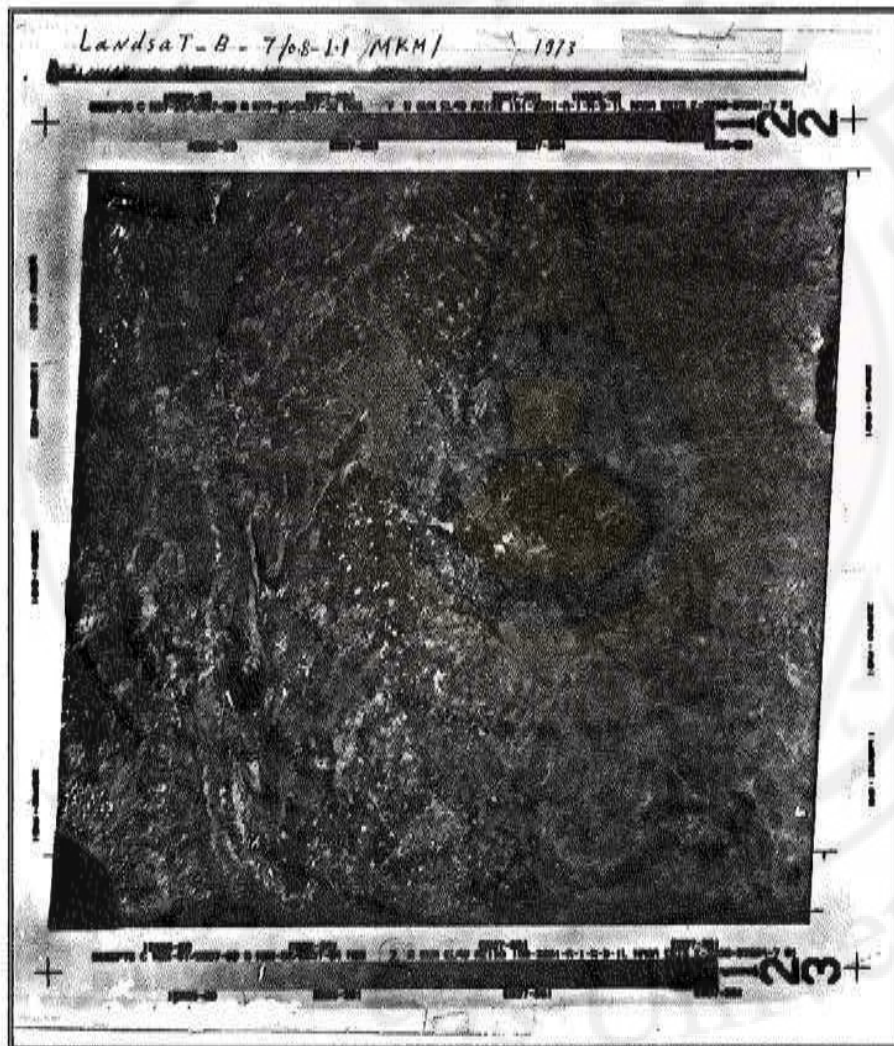
البنديوي فمن الضروري مقارنتها مع المعطيات الجيوفيزيائية والخرائط الباليوتكتونية لمختلف الأحقاب من الباليوزوي وحتى الآن . و يمكن وضع هذه الخرائط على أساس الخرائط التركيبية لمختلف الأفاق الأستنادية و على أساس دراسة ليتولوجية مجموعات الصخور المختلفة و تشوهاتها و عدم التطابق بينها ، ثم تستخدم النتائج التي يحصل عليها لوضع خريطة سوريا التكتونية .

ومن الأهمية بمكان الدراسة المستقبلية للتراكيب المحلية المأمولة للتنقيب عن النفط و الغاز ولذلك فمن الضروري القيام بالتحليل الجيولوجي و الجيومورفولوجي المنتظم لجميع التراكيب المعروفة و المأمولة للنفط ودراسة دلائل تفسيرها ومن ثم تطبيق المعايير الظاهرة . بهدف إيجاد التشكيلات المختارة الأخرى.

Landsat - B - 7 / 0.8 - 1.1 MkM /







المراجع

- 1- American Society For photogrammetry and Remote Sensing ,
proceedings : 10 W Wiliam. T. pecora Memorial Remote Sensing
Symposium , Fort Collins . colo . 1985 .
- 2- Avery , T . E , and G . L . Berlin , Interpretation of Aerial
photographs , 4 th ed . Burgess Minneapolis 1985
- 3- Abrams , M . J . et al , Geologic Mapping Using Thermal Images “
Remote Sensing of Envirnement . vol . 16 . no . 2 1984 . pp .107 –
124 .
- 4- American Society of photogrammetry , Manual of Remote sensing
2 nded , Falls church va 1983 .
- 5- Brachet , G (1985) Le programme spot . Societe/ Francaise De
photogrammetrie et de te/le/de/tecton . Bull . 100 . p . 13 - 25
- 6- Bernhardsen . Tor (1992) ; GeoGraphic Information Systems
Norwegian Mapping Authority .
- 7- Belward , Alan s . And carlos R . Valenzuela , Eds . (1991) :
Remot sensing and GerogGraphical Information Systems For
Resource Mangement in Developing Countries London , Kliwer
Academic publishers .
- 8- Berntein , R , et al . Digital Image processing For Remote Sensing,
Wiley , New York . 1978
- 9- Burnside, C.D Mapping from Aerial photographs, Granad,
London 1979.
- 10- ChaveZ.P.S and Berlin, G.L and Sowers . L.B (1982)
Statistical method for selecting landsat MSS ratio . J.APP .
photographic Eng.8.23 .
- 11- Consulting limited liability company (1996) user's manual
of ENVI : software satellite images processing . colorado.
USA.
- 12- Camarov . V.B. modern aspect progress methods remote
sensing geological study , S.EAR. Fro- cosmic 1980 .N₂

- 13- Cosmic methods in geology . M.MGU ya.G. kats, A.G riabukin , d.m. Throvimov . 1976 . P264 .
- 14- Cosmic geology engle . V.A kiriokinal “ Nedra “ 1977 . P 381
- 15- Cosmic photography and geology study (G.B Gonin, S.I . strelnikov) L.” Nedra “ 1975 P.426
- 16- Cosmic Geology study Siria “ A.B . Galaktionov Damascous 1989 .
- 17- Douggin M.and Robinove , C.J (1990) . Assumptions implicit in remote sensing data acquisiltion and analysis . INT . J. of Rem . sens . (10) : 166 1648)
- 18- Earth resource mapping (1995) ER- mapper survey TW 208 R.uk.
- 19- Eastman, J.(1990) Idrisi : Agrid – based Geographic analysis System. Clark university, USA .
- 20- Elinisky , i.d – obiralov . A.I , fasticov . A.A. photogrammetry and interpretation image moscow “Nedara “ 1986 .
- 21- Eastman kodak company , Applied infra red photography , Rochester , N.Y. 1981
- 22- Ermine . V.K , kats ya. G , methods cosmic Geology “ Geo and Rec . 1973 . N7
- 23- Forst, V.S. et al . “ digital enhancement of SAR imagery as an in geologic data Extraction photogrammetric engineering and remote sensing Vol, 49 , no5 , may 1981 . PP655- 664
- 24- Geological study Earth from cosmic , M “ MIR” 1975.
- 25- Geological etudie Earth from cosmic (V.G. trivonov , v.i – Macarov , O.S. derevnyacov) Geo. In . TA . AN ussr 1978 . P.317-228 .
- 26- Gonin . G.B . cosmic photography for “ study natural resources . : “ Nedar “ 1980 . P319 .
- 27- Gonin . G.B cosmic photography and rol about study natural resources B.K (1991) . integration of landsat and rol about study natural Resources B Kn. Remot sensing vsegen 1982.

- 28- Huang, S.L and chen , B.K (1991) . integration of landsat and terrain information for landslide study . mechigan .
- 29- Jensen, J.R (1997) interoductory Digital image processing : A remot sensing prospective . prentice hall, USA .
- 30- Haroer , D. eye in the sky : introduction to remote sensing , 2nd ed. Multiscience Montreal 1983 .
- 31- Jensen J.R. Introductory Digital Image processing :A remote sensing perspective, prentice – hall Englowood cliffs . N.J. 1986
- 32- Kats . Ya.G – kopp . M.L classifcation interpreation geological object about study remote sensing . 1976
- 33- Kats Ya.G , poletaev . A.I, rumiantsev . e.F, principal Lineament tectonic . L “ Nedra” 1986 .
- 34- Kronberg . p . Remote Sening Study Earth Moscow “ MIR “ 1988.
- 35- Larsson, H. (1993) Regression For Canopy Cover estimation in Acacia wood Lands using Lasndsat TM, MSS and Spot HR VXS data. INT. J. of Rem. Sens. 24 (11) : 2129 – 2136.
- 36- Laser – scan company (1994) IntegRation of Remote sensing and GIS data. Personal communication science park, cambridge CB4 4f, united kingdom.
- 37- Lunetta, R.S. congaltion, R.G. fenster Maker, L.K. Jensen,R, MC Gwire, K.C, and Tinney, L.R (1991) Remote Sensing and Geographic information System data inteGration : Error Sources and Research in photogrammetric Engineering and Remote Seneing, 57 (96) : 677 – 687.
- 38- Leuder. D.R, Aerial photographic interpretation MC Graw – Hill, new york, 1959.
- 39- Mather, P.A (1987) computer processing of Remotely Sensid Images : An Introduction . st. Edundsbury press Ltd. Bury st. Edmunds. Suffalk, usa.
- 40- Measures, R.M, Laser Remote Sensing Wiley, new york 1984.
- 41- Muchev d. remote sensing study EARTH from space . “MOSCOW “ MIR 1985 .

- 42- Mejelovesky . N. B . Mojaev . N- Bryokinov . V . N . N
Methady Remote Sending in Geology .1983 10 C 56 –65
- 43- Methods Prognosis Minerols on basis cosmic Study .
- 44- Nasa (1997) Moderate , Resulution Imaging Spector
Radiometer , (Modis) , Nasa ' Searth Observation System (
EOS) EOS Project Science Office , Code 900 , Maryland
Nasa/ Gpddard Space Flight Center , Greenelt Mary land /
207711
- 45- Nezry , K . (1992) Rectification of Digital Imagery ,
Photogrammetrice Engineering of Remote Sensing , 58 (3) : 339 –
344.
- 46- PCL remot sensing corp (1998) the new developmen in remote
sensing radar technology and multisource applications” SYMP : 18
– 11 – 1988 meridien heliopolies hotel .
- 47- Pisot , N.J.P, Xavier , V. Miagebielle , D, Conquetet and
leymaria , P(1993) geological study of sedimentary basin using
spot data J. of photogrammetry and remote sensing , 48(16) : 2
– 15 .
- 48- Pratt, w (1978) digital image processing . Joho wiry E.sone .
Newyork .
- 49- Pavrova . N.P. cosmic photography . moscow “ Nedar “ 1983
- 50- Remote sensing and image interpretation . Thomas . M
Lillesand , Relph . W . kiefer . 1987 .
- 51- Remote sensing moscow “ Nedar “ 1983 . I.A .
- 52- Teillet , P.M , Guindon , B and good enough , D.G (1982) on
the slop – aspect correction of multispectral scanner data.
Condion journal of remote sensing , 8(2) 84 – 106 .
- 53- Ton , I , and lain , A.K (1989)registering landsat image by
point matching . IEEE transsaction on geoscience and remote
sensing 27 (5) : 642-651 .
- 54- Trivonov . V.G. study tectonic and new tectonic section
polygons syrian . 1983 – 1986 .

- 55- Trivonov . V. G aerocosmic study seismology zone M.sceince 1988 . P132 .
- 56- Sabians , F . F . JR , Remote sensing : Principles and interpretation , 2nd ed , Freeman , Newyork , 1986 .
- 57- Salter , P.N, Remote sensing optics and optical systems , addison – Wesley , Reading , Mass 1980 .
- 58- Siegal , B.S and A.R Gillespie (eds) , Remote sensing in geology , Wiley , Newyork. 1980 .
- 59- Salter , P.N , Remote sensing : optics and optical systems , addision – wesley reading mass 1980 .
- 60- Study vinogradov. B . V Sevastyanov . V. I . Problems natural environment . With pilote cosmos shipbuilder , et , EART Brom space 1980 N1, c 14 – 24 .
- 61- Volchanskaya. . I.K , Sapojnicov E.N. analys relief attached search depostie helpful fossilized . Moscow “ Nedar “ (1990).
- 62- Vincent, R.K (1997) . Fundamental of geological and environmental remote sensing . Prentice hall Inc. New Jerisy , USA .
- 63- Walker , T.c and R.K Miller (1990) Geographic information system technology application and practice madison, GA. SEAI : Technical publications .
- 64- Worrall , Les,ed (1990) : Geographic information system , developments and application , London, Belhaven press .
- 65- Wolf.P.R Elements of photogrammetry , 2nd . ed . mcgraw- hill New york , 1983 .
- 66- Williamson , S, J, and H.Z, Cummins , light and in nature and ART , Wiley , New york , 1983 .

- 67- Alwash , M.A & Zieger , Remote Sensing – based Geological mapping of the A Rea ewst of Almadina Saudi Arabic international Journal of Remote Sensing 14,163 – 173 .
- 68- Alan V . oppenheim " Discrete time Signal Processing " prentice – Hall . 1999 .
- 69- A . Torralba , K . P . Murghy , and W .T freeman " Computer Vision " and pattern Recognition " 2004 .
- 70- Anuj Mohan , T . pooggeo " Example – Based object Detection in Images by components IEEE . Vol . 23 . no . 4 . April 2001 .
- 71- Belward , Alan s . And Carlos R . Valenzuela , Eds . (1991) : Remot sensing and GerogGraphical Information systems for Resource Mangement in Developing countries London , Kliwer Academic publishers .
- 72- Bernd Heisele , Thomas serre , sgan Makherjee and T . poggio " Feature Reduction and Hierarchy of classifiers for fast object Detection in Video Images " M . I . T . 2002 .
- 73- C . schmid and R . mohr . " Local gray value invariants for Images Retrieval " PAMMI . 19 (s) : 530 , 534 . 1997 .
- 74- Curalaner J.C . and Mc Donough . R.N " synthetic Aperture Radar " John wieey and sons . New York 1991 .
- 75- Chein , I . chang " Hyper spectral imaging : Techniques for spectral Detection and classification " plenum – us . 2004 .
- 76- Chave . Z.P .S and Berlin , G.L and Sowers .L.B (1982) Statisical method for selecting landsat MSS ratio . J .APP . Photographic Eng . 8 . 23 .
- 77- Consulting limited liability company (1996) user's manual of ENVI : satellite images processing Colorado .USA .
- 78- Cosmic Geology study Siria " A.B . Galaktionov Damascus 1989 .

- 79- Douggin M . and Robinove , C.J (1990) . Assumptions implait in remote sensing data acquisition and analysis INT . J . of Rem . sens . (10) : 166 1648) .
- 80- Gregory " Digital processing : principles and Applications " John wieley and sons – 1994 .
- 81- Grigorescu , C. ptkov " Distance sets for shape Filters and shape Recognition " IEEE . vol . 12- 2003 .
- 82- Granzow . Ed . " Automatic feature Recognition and Extraction from Remote sensing Imagery " U.S – 2004 .
- 83- James . R. parker " Algorithms for Images processing and computer vision " John wieley and sons – 1996 .
- 84- Ferrante . J.E.T. (1995) : situation of Remote Sensing in Brazil and its application to irrigation , drainage and Sainity / Problem , FAO water Reports , 4 : 165-172 .
- 85- Earth resource mapping (1995) ER- mapper survey TW 208 R uk
- 86- Edwards , K .& Davis , P.A (1994) the fuse of intensity – huesaturation transformation foe producing colour – shaded Relief maps . photoGra- metric Engineering and Remote sensing 60-1369 – 1374 .
- 87- Gonzalez . R. woods and S . Eddins " Digital image processing using mat lap " Prentice Hall , 2004 .
- 88- Gonzalez . R. E woods " digital image processing " Edison and wesily – pup. Co 2002 .
- 89- Gonin . G.B cosmic photography and rol about study natural resources B.K (1991) . integration of land sat and Rol about study natural Resource B kn . Remot sensing vsegen 1982 .
- 90- Huang S.L and chen , B.K (1991) . inte gration of lansat and terrain information for landslide study mechigan .
- 91- Jensen , J.R (1997) inter odutory digital image processing : A remot sensing prospective . prentice Hall USA .

- 92- Howard Burdick " Digital imaging : Theory and Application " Jhon wiley and sons – 1997 .
- 93- Jensen . R " Remote sensing of the Environment : An Earth Resource perspective " prentice Hall . 2003 .
- 94- John R .Ren sen " introductory digital image processing .A remote sensing perspective " prentice Hall 1996 .
- 95- Laser – Scan Company (1994) Integration of remote sensing and GIS , data , Personal Communication Science park , Cambridge CB4 4f , United Kingdom .
- 96- Mackay , M.E.& Mouginis – Mark .J .P . (1997) the effects of varying acquisition parameters on the interpretation of SIR –C radar data , remote sensing of environment 59- 321-336 .
- 97- Matlier , P.M . Tso , B .& Kocli , M (1998) an envaluation of landsat TM spectral data and SAR – derved textural information for lithogical discrimination in the Red sea Hills Saudi international Journal of Remote sensing 19-587-604 .
- 98- M- Steven – De Jong " Defense and security image and singnal Acquisition and processing " – SPIE- 2004 .
- 99- M –Leventon , N.Howe and – B .Freeman " Bayesian reconstruction of 3D human motion from single " Camera video .PP . 820-826 – 1999 .
- 100- Hiroaki Shimizu , and T.poggio " Direction Estimation of pedestrian from images " PP. 020-2003 .
- 101- Oliver C.J . " Information from SAR image " . PP : 1493- 1514 – 1994 .
- 102- Finch , and A. Antonacopoulos . " identification of Airfield Runways in SAR images vol . 2 . PP . 1633- 1636-2004 .
- 103- Oppenheimer , C. & Francis , P.W (1997) Remote sensing of lieat , lava and fumarole Emissions from Erta , international Journal of remote sensing 18-661 .

Pisot , N.J.P , Xavier , V . Miagebille , D, Conquetet and leymaria , P (1993) geological study of sedimentary basin using spot data J . of photogrammetry and remote sensing , 48(16) : 2-15 .

104- Ruiz – Armenta , J .R & Prol – Ledesama , R.M (1998) techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal alteration minerals in thematic mapper images of central Mexico international Journal of RS 19 . 1981 – 2000 .

105- Rudant , J.P , Deroin , J- P & Polidori , L (1994) multi Resolution analysis of Radar images and its application to lithological and structural : Larzac (southern France) international Journal of remote sensing 15, 2451 – 2468 .

106- Schaber , G.G Mc cauley , J.F & Breed , C.S .(1997) the use of multifrequency and polarimetric SIR – C / xsar data in geological studies of Bir safsaf , Egypt remote sensing of Environment 59 , 337 – 363 .

107- Suzen , M.L .& Toprak , V. (1998) filtering of satellite images in geological lineament analyses : an application to fault zone in central Turkey , international of 519- 1101 – 1114 .

108- Steve Drury . image interpretation in geology . the open university Milton Keynes UK. 2001 .

109- Visual methods decipherment . T.V . Verechaka A.T .zverv , S.A .Sladkopevtsev . S.S . Sudakov 1990 .

110- Volchanskaya . I.K , Sapojnicov E.N . analys relief attached search deposit helpful fossilized . Moscow " Nedra " (1990) .

111- Vincent , R.K (1997) . Fundamental of geological and environmental sensing . Prentice hall Inc . New Jersey , USA .

112- Walker , T.C and R.K . Miller (1990) Geographic information system technology application and practice Madison , GA . SEAL : technical publications .

- 113- Worrall , Les ,ed (1990) : Geographic information system , developments and application , London , Belhaven press .
- 114- Wright , P .& Stow , R. (1999) Detecting subsidence from space . International Journal of remote sensing 20 , 1183 -1188 .
- 115- Wood . J . A , lasserre , M . & Fedsejevs .G (1990) Analysis of mid- IR spectral characteristic of Rock 10,169-195 .

**بعض الرموز الحرفية المستخدمة في مجال
الاستشعار عن بعد
والمؤسسات والمنظمات الدولية والحكومية العاملة في هذا المجال**

Acronyms

GDTA	Group for The Development Aerospace Remote Sensing (France)	مجموعة تنمية وتطوير الاستشعار عن بعد لدراسة الأرض والفضاء المحيط بها (فرنسا) .
GIS	Geographic Information System	نظام المعلومات الجغرافي
GORS	General Organization of Remote Sensing (Syria)	الهيئة العامة للاستشعار عن بعد (سوريا)
GSFC	Goddard Space Flight Center (U.S.A)	مركز غودارد للطيران الفضائي (الولايات المتحدة)
INMARSAT	International Maritime Satellite Organization	المنظمة الدولية للتوابع الصناعية الخاصة بدراسة البحار
INTELSAT	International Telecommunication Satellite Organization	المنظمة الدولية للتوابع الصناعية الخاصة بالاتصالات عن بعد
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer (U.S.A)	الراديو متر المتقدم ذو قدرة التمييز العالية جداً (صناعة الولايات المتحدة)
DFVLR	Deutsche Forschungs – und Versuchsan stalt fur luft – und Raumfahrt	مؤسسة الأبحاث الجيوفضائية الألمانية (دراسة الأرض والفضاء المحيط بها)
DNS	Digital Numbers	الأرقام الضوئية
EDC	EROS Data Center (U.S.A)	مركز بيانات شبكة مراقبة المصادر الأرضية (الولايات المتحدة)
ESA	European Space Agency	وكالة الفضاء الأوروبية
EOSAT	Earth Observation Satellites (U.S.A)	شركة التوابع الصناعية الخاصة بمراقبة سطح الأرض (الولايات المتحدة)

EROS	(Earth Resources Observation System)	مراقبة الموارد الأرضية (نظام)
DCS	Data Collection System	نظام جمع المعطيات
DIPS	Digital Image Processing System	نظام المعالجة الرقمية للصور
EARSEL	European Association of Remote Sensing Laboratories	الرابطة الأوروبية لمختبرات الاستشعار عن بعد
EOS	Earth Observing System	نظام مراقبة الأرض
ERIM	Environmental Research Institute of Michigan , USA	معهد ميشغان لأبحاث البيئة - أمريكا
ESTC	Europeall Space Research and Technology Center. Netherlands	المركز الأوروبي لأبحاث الفضاء والتكنولوجيا - هولندا
GEMS	Global Environmental Monitoring System	نظام مراقبة البيئة في العالم
GPS	Global Positioning System	نظام تحديد المواقع في العالم
HCMM	Heat Capacity Mapping Mission	مهمة مسح الاستطاعة الحرارية
IFOV	Internaneous Field of View	حقل الرؤية اللحظي
ISRO	Indian Space Research Organization	منظمة البحث الفضائي الهندية
ADP	Automatic Data Processing	المعالجة الآلية للمعطيات
AFC	Automatic Frequency Control	الضبط الآلي للتردد
Alt	Altimeter	مقياس الارتفاع
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing	الجمعية الأمريكية للتصوير المساحي الضوئي والاستشعار عن بعد
CCRS	Canadian Center for Remote Sensing	المركز الكندي للاستشعار عن بعد
CNES	Center National d'Etudes Spatiales - France	المركز الوطني للأبحاث الفضائية - فرنسا
COPUOS	Committee on Peace ful Uses of Outer Space , UNO	لجنة استخدام الفضاء للأغراض السلمية (الأمم المتحدة)
COSPAR	Committee for Space Research	لجنة أبحاث الفضاء
CZCS	Coastal Zone Color Scanner	الماسح اللوني للمنطقة الساحلية
DAP	Data Acquisition Platform	منصة الحصول على المعطيات

DMNS	Data Base Management	نظام إدارة قاعدة المعطيات
NASA	National Aeronautic and Space Administration (U.S.A)	الإدارة الوطنية للطيران والفضاء (الولايات المتحدة)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والجو (الولايات المتحدة)
RADAR	Radio Detection And Ranging	الكشف اللاسلكي وتعريف المدى (نظام فعال)
RBV	Return Beam Vidicon	جهاز الحزمة المرتدة
SAR	Synthetic Aperture Radar	الرادار ذو الفتحة الصناعية
SPOT-1	Side Loading Airborn Radar	الرادار الجوي ذو الرؤية الجانبية
SPOT-1	Exoerimental Earth Observation System , (France) (English lang)	نظام المراقبة الأرضية الاختباري (فرنسا)
SPOT -1	Satellite Probatoire d'Observation de la Terre (France lang)	التابع الصناعي لمراقبة سطح الأرض (فرنسا)
TM	Thematic Mapper (U.S,A)	جهاز رسم الخرائط الغرضية
IRS-1A	Indian Remote Sensing Satellite	التابع الصناعي للاستشعار عن بعد (الهند)
ITC	International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (Netherlands)	المركز الدولي للمسح الجوي والعلوم الأرضية (هولندا)
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation	تضخيم الضوء بانبعاث الاشعاع المنشط
LFC	Large Formate Camera	جهاز التصوير ذو الحجم الكبير
MSS	Multispectral Scanner	الماسح المتعدد الأطياف
UNDP	United Nations Development	البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة
UNESCO	United Nations Educational Scientific and cultural Organization	منظمة الأمم المتحدة للثقافة والعلوم
WHO	World Heath Organization	منظمة الصحة العالمية (الأمم المتحدة)



ثبت المصطلحات

A

Ablation ground moraine	ركام جليدي قعري محمول
Absolute Temperature	درجة حرارة مطلقة
Absorbance	امتصاصية
Active sensor	مستشعر فعال
A to D conversion	قلب التمثيل إلى رقم
Additive colors	الوان الجمع
Advanced Very High Resolution (AVHRR)	مقياس إشعاع متطور ذي ميز عال جداً
Aeolian deposits	رواسب ريحية
Air base	مسار التصوير الجوي
Airborne Visible Imaging Spectrometer radiometer (AVIRIS)	مطياف تصوير بأشعة تحت حمراء منظورة محمول جواً
Alluvial fans	مراوح طميية
Antenna	هوائي
Anticline	طيات محدبة
Array	صفيفة

B

Basal ground moraine	ركام جليدي قعري قاعدي
Beach ridges	اعراف شاطئية
Bedding	تطبق
Black body	جسم أسود
Brute force	القوة المهيمنة

C

Cadastre	نظام سجل الأراضي المسوحة
Charge coupled device (CCD)	جهاز الشحنة المقترنة
Covariance	تغاير
Crab	انحراف
Convolution	طي
CZCS	ماسح ملون للمنطقة الساحلية

D

Data	معطيات
Datum	مستوى اسناد
Densitometer	مقياس الكثافة
Detector	مستكشف
Dichotomous keys	دليل ثنائي الاختيار
Digitizer	مرقمن
Divergence	تباعد
Dot grid	شبكة نقطية
Drainage	صرف
Drumlins	درملينات (تلال جليدية)

E

Elimination key	دليل اقضاء (حذف)
Emmissivity	انبعاثية
Endlap	تراكب النهايات
Enhancement	تحسين
Erosion	انجراف

ERTS

تقانة السواتل للكشف عن الموارد الأرضية

Eskers

اسكرات

Eutrophication

اغتناء غذائي

Exitance radiant

خرج اشعاعي

F

Fiducial marks

علامات اسناد

Fluvial

نهرى

Format

مقاس

G

Gelbstoff

مادة صفراء

Geocoding

ترميز أرضي

Geographic information system (GIS)

نظام المعلومات الجغرافي

Glacial till

حريث جليدي

Ground control

تحقق أرضي (تدقيق أرضي)

Ground truth

حقيقة أرضية (أساس)

Gullies

أخاديد

H

Haze

ضبابية

Hue = Tone

شدة لونية

I

Image

مرئية

Inertial control system

جهاز ملاحه ذاتية

Instantaneous field of view (IFOV)

حقل رؤية لحظي

Intensity

كثافة

Intervalometer

جهاز توقيت المغلاق

Irradiance

تشعيعية

Jointing

تشكل الفواصل

Kames

كامات

Lava

لايه

Level slicing

تقسيم إلى مستويات (تشرريح)

Loess

لوس

Matrix

مصفوفة

MEIS

ماسح مصور الكتروني متعدد الاطراف

Multiband

متعدد النطاق

Multispectral scanner

ماسح متعدد الاطراف

Multistage sensing

استشعار متعدد المراحل

N

Nadir

نظير السميت

Noise

تشويش - ضجيج - ضوضاء

O

Oblique

مائل

Orthophotograph

صورة مقومة

Orthoscope

منظار تقويم الصور

Outwash

جرافة

P

Parallax

تغير المنظر

Pattern

طراز

Peat

خث

Photogrammetry

تصوير مساحي

Photomap

خارطة صورة

Photograph

صورة فوتوغرافية

Pitch

ميل - ميلان

Pixel

عنصورة

Plan position indicator (PPI) radar

رادار مبين للمواقع

Plateau basalt

نجدود بازلتية

Polar planimeter

مقياس مساحة مثبت

Principal point

نقطة رئيسة

Push-broom system

مسح بالكنس المتقدم

Quadrangle

تربيعة خرائطية

R

Radiance

اشعاعية

Raster

شبكة مسح

Range

مدى

Rectification

تقويم

Referencing

استناد

Reflectance

انعكاس

Relief displacement

انزياح تضاريسي

Reseau grid

لوحة شبكية

Resolution

ميز

Return Beam Vidicon (RBU)

فيديكون ذو حزمة مرتدة

Roll

عطوف

Scan

مسح

Shale

صفاح

Shutter

مغلاق

Skewed image

مرئية منحرفة

Sensor

مستشعر

Septic tanks

خزان المجاري

Side-Looking Radar

رادار جانبي الرؤية

Sinkhole

جوبة

Size

قد = حجم

Slant range

المدى المائل

SMS Satellite

سائل الرصد الجوي المتوافق

Spatter	زجاج بركاني
Spectrometer	مطياف
Spectroradiometer	مطياف راديوي
Spectroscopy	مطيافية
Specular reflectance	انعكاس أملس
Stereogram	مخطط مجسم
Stereomate	قرين مجسم
Stereopair	زوج مجسم
Stereoplotter	مخطاط مجسم
Stereoscope	منظار مجسم
Stretching	بسط
Syncline	طية مقعرة
Texture	نسجة
Thematic Mapper (TM)	رسم خرائط غرضي
Tilt	ميلان
Tone= Hue	شدة لونية
Tick mark	نقطة علام
Transparency	شفافية
Variance	تفاوت
Visible	منظور
Wedge	اسفين
Worldwide Reference System (WRS)	نظام مرجعي عالمي

اللجنة العلمية :

الأستاذ الدكتور رياض طيفور

جامعة دمشق

الدكتور رياض الغزي

الجامعة الافتراضية

الدكتور محمد فوزي حبش

الهيئة العامة للاستشعار عن بعد

المدقق اللغوي :

الدكتور أسامة أختيار

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

جامعة دمشق
Damascus University



