

## الاستشعار عن بعد

### بلال جناجرة

#### التخصص : أنظمة معلومات حاسوبية وحاصل على شهادات ودورات تخصص متقدمة

يمكن تعريف الاستشعار من بعد بأنه مجموعة من الوسائل والطرق العلمية التي يمكن بواسطتها الحصول على المعلومات عن أهداف محددة من مسافات بعيدة دون الاتصال المباشر أو التلامس مع هذه الأهداف .

وتعود بداية الاستفادة من الاستشعار من بعد إلى القرن الماضي ، إلا أن مصطلح الاستشعار من بعد Remote Sensing لم يظهر إلا في عام ١٩٦٠ ، ومنذ ذلك التاريخ أصبح مجالاً جديداً من مجالات العلوم التطبيقية ، كما استفادت منه كثير من العلوم بمختلف اهتماماتها .وتعد الدراسات العلمية التي تقوم على أساس استخدام الاستشعار من بعد والتصوير الجوي من أهم الأعمال في الوقت الراهن ، فقد تمكن العلماء من وضع تصوراتهم المستقبلية حول مصير الكرة الأرضية ، كما حصلوا على نتائج في غاية الأهمية في مجال دراسة الموارد الطبيعية على سطح الأرض ، وقد ساعدتهم ذلك على وضع الخطط المستقبلية التي تعتمد على التخطيط العلمي الدقيق

ومع بداية عصر ارتياد الفضاء عام ١٩٥٧ والتقاط أول صورة فضائية لسطح الأرض بواسطة المركبة الفضائية Explorer-6 عام ١٩٥٩ بدأ اهتمام الإنسان ينصب على استخدام الأقمار الصناعية في الفضاء لحمل آلات التصوير وأجهزة الالتقاط المختلفة لمراقبة الكرة الأرضية وجمع المعلومات عنها ، وبعد قيام رواد رحلات "جيمنى ، وأبوللو ، وساليوت " بالتقاط الصور بواسطة آلات التصوير المختلفة ، والتقاط الصور الخاصة بالأرض والمجموعة الشمسية ، وغيرها من الكواكب والمجرات بواسطة أجهزة التقاط مختلفة تحملها الأقمار الصناعية بالإضافة إلى سفن الفضاء غير المأهولة مثل " فويجر ، وكوزموس " استطاع الباحثون استخلاص المعلومات والنتائج التي يمكن الاستفادة منها في مختلف المجالات مما زاد من رغبتهم في إطلاق المزيد من الأقمار الصناعية التي تفيد في إرسال المعلومات عن سطح الأرض على فترات منتظمة ، وهذا يعنى ضرورة أن تتخذ الأقمار الصناعية مدارات محددة في الفضاء لبت معلوماتها بشكل منتظم . وبالطبع كان من الضروري أن تظهر بعض الجهات العلمية التي تهتم بذلك فظهرت وكالة الفضاء الوطنية الأمريكية ناسا NASA ,National Aeronautic and Space Administration ، والمنظمة الوطنية للأجواء والمحيطات نووا ( NOAA ) National Oceanic and Atmospheric Administration ، ووكالة الفضاء الفرنسية كنيس ( CNES ) Centre National d'Etudes Spatiales . وتعددت الأقمار الصناعية التي تدور في الفضاء ، فمنها تلك التي تدور حول الكرة الأرضية من الشمال إلى الجنوب في مدار قطبي مروراً بخط الاستواء ، ومنها تلك التي تتخذ مدارات ثابتة .

وتعد مجموعة أقمار لاندسات Landsat الأمريكية ، ومجموعة أقمار سبوت الفرنسية SPOT من أشهر الأقمار الصناعية التي تسهم في جمع المعلومات للاستخدامات السلمية في الوقت الراهن .

والمعروف أن الشمس ترسل الطاقة اللازمة للأرض عبر الفضاء الهائل الذي يفصل بينهما على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية ، وتحتوى تلك الإشعاعات على الأشعة المرئية ( الضوء ) وهي جزء صغير من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية ، كما تحتوى أيضاً على طيف عريض من الإشعاعات غير المرئية يمتد إلى ما لا نهاية على جانبي الطيف المرئي . وتعتمد تقنية الاستشعار من بعد على أجهزة حساسة لأطوال الأشعة الكهرومغناطيسية ، حيث يستفاد فقط من جزء يسير من الطيف الكهرومغناطيسي ، ويشمل هذا الجزء الضوء المرئي ، والأشعة تحت الحمراء ، والأشعة الحرارية ، والميكروويف

وتشكل طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية الأساس الذي يقوم عليه علم الاستشعار من بعد ، إذ أنها تؤثر على المنطقة التي تسقط عليها فوق سطح الأرض بدرجات مختلفة حسب طبيعة تلك المنطقة والعوامل الطبيعية السائدة في الغلاف الجوي

، ويمكن قياس ذلك الأثر بدقة خصوصاً بعد تطور علوم الفضاء وظهور التوابع ( الأقمار ) الصناعية التي من ضمن مهامها مسح المجال الفضائي حول الأرض وجمع المعلومات والبيانات الخاصة بها ، حيث تقوم أجهزة متخصصة بقياس الطاقة الكهرومغناطيسية المنتشرة حول الأرض بصورة دورية ، وبذلك يمكن رصد ما يدور على الأرض من أنشطة طبيعية واصطناعية .

وتجدر الإشارة إلى أن الاستشعار من بعد يشمل نوعين رئيسيين هما

#### - الاستشعار من بعد باستخدام التصوير الجوى والصور الجوية Aerial Remote Sensing .

تختلف تقنية الاستشعار من بعد بالتصوير الجوى (بواسطة الطائرات ) عن الاستشعار بواسطة الأقمار الصناعية ، ويرجع استخدام الطائرات فى التصوير إلى بداية القرن العشرين ، وتمثلت البداية فى استخدام كاميرات يدوية بدائية ، ولكن مع مرور الزمن وتطور المنجزات العلمية حُمِلت الطائرات بأحدث العدسات الإلكترونية التي يمكنها التقاط الصور للمناطق الأرضية بوضوح وبمقاييس معينة ، وتغضى مساحات تساعد على استخدامها وتسهل من دراسة المنطقة التي تم تصويرها . وقد أصبح التصوير الجوى علم له أصوله وقواعده التي تُدرَس فى المعاهد المتخصصة ، كما أصبحت هناك شركات متخصصة فى مجال التصوير الجوى ، وأمكن استخدام الصور الجوية فى رسم الخرائط بدقة وبسرعة بعد أن كانت عمليات المسح الأرضى تستغرق شهوراً وسنوات عديدة .

#### - الاستشعار من بعد بالأقمار الصناعية Satellite Remote Sensing

الاستشعار من بعد بواسطة الأقمار الصناعية هو امتداد حديث للتصوير الجوى ، ولكن الجديد فيه استخدام الأقمار الصناعية بدلا من الطائرة .ويمكن تعريف القمر الصناعى بأنه جسم أو هيكل يوضع فى مدار حول الأرض أو حول أى جسم فضائى آخر بحيث يتحرك بنفس القوانين الطبيعية التي تحكم حركة الكواكب فى مداراتها حول الشمس ، وقد استفاد الإنسان من ذلك فقام بتزويد هذه الأجسام ( الأقمار ) بأجهزة خاصة يمكنها تصوير الأرض من ارتفاعات شاهقة مما يعطى نظرة شاملة لا يمكن الحصول عليها دون استخدام مثل هذه الارتفاعات . والمعروف أن الولايات المتحدة قد أطلقت قمرها الصناعى الأول ضمن مجموعة لاندسات ، وهو القمر لاندسات - ١ ، أو "إرتس" ERTS أى : Earth Resources Technology Satellites . وقد استمر إطلاق أقمار هذه السلسلة إلى لاندسات - ٥ الذى يساعد الآن فى إرسال كثير من المعلومات عن سطح الأرض لأى منطقة فى العالم مرة كل ١٦ يوماً . أما فرنسا فقد شاركت بإطلاق سلسلة أقمارها المعروفة باسم سيوت ، ( Satellite pour L'Observation de la Terre ) SPOT . وتعتبر أقمار لاندسات ، و سيوت أشهر الأقمار الصناعية فى العالم التي تسهم فى رصد موارد سطح الأرض كما سيتضح فيما بعد . وبالطبع فإن هناك عشرات - بل مئات - من الأقمار الصناعية تتخذ مداراتها فى الفضاء لرصد سطح الأرض بما فيه من يابس وماء ، وتعد سلسلة أقمار NOAA National Ocean and Atmospheric Administration الأمريكية من أهم الأقمار التي تهتم بدراسة المحيطات ، إذ ترسل هذه الأقمار معلومات عن المياه بالإضافة إلى الثلوج وتوزيعها فى البحار والمحيطات ، كما تهتم أيضاً بإرسال معلومات منتظمة عن الغلاف الجوى، وميزان الطاقة الخاص بسطح الأرض وتنقسم الأقمار الصناعية من حيث تصميمها ووظائفها إلى أنواع متعددة :

١ - أقمار الاتصالات :ومن أهم وظائفها خدمة الاتصالات بجميع أنواعها سواء كانت اتصالات تليفونية أو توكسية أو تليفزيونية ، وتتخذ هذه الأقمار مدارات ثابتة فوق نقطة معينة من خط الاستواء ، ويسمى ذلك بالمدار الثابت Geostationary Orbit حيث يدور القمر بسرعة تساوى سرعة دوران الأرض حول مركزها ، ومن أحدث هذه الأقمار القمر المصرى نايل سات Nile Sat الذى أطلق بواسطة القمر الفرنسى إيربان من جويانا الفرنسية بأمريكا الجنوبية فى أبريل ١٩٩٨ .

٢ - الأقمار الصناعية للأرصاد الجوية (المتيورولوجية) Meteorological Satellites ، والهدف الرئيسى من هذه الأقمار توفير البيانات المتعلقة بأحوال الطقس ، وقد أطلق أول قمر صناعى منها ( Television and Infrared Observation ) ( TIROS 1 ) فى أبريل ١٩٦٠ ، وحتى عام ١٩٦٥ تم إطلاق عشرة أقمار ضمن هذه السلسلة ، وكان ارتفاعها يتراوح ما بين ٨٠٠ إلى ٢٠٠ كليومتراً .وفى منتصف الستينات تطورت تقنية الأقمار الصناعية ونتج عنها إرسال مجموعة من أقمار " إيسا " ESSA ( Environmental Science Services Administration ) ، تتكون من تسعة أقمار استمرت فى العمل منذ عام ١٩٦٦ إلى بداية السبعينات ، ثم بدأت المرحلة الثانية لأقمار الأرصاد الجوية فى عام ١٩٧٠ باستخدام الجيل الثانى من هذه الأقمار ، والذى سمي بمجموعة "إيتوس" ( ITOS Improved )

Tiros Sestem التي حققت ولأول مرة التصوير ليلاً ونهاراً ، ثم سميت هذه الأقمار باسم NOAA وهي مستمرة حتى الآن ، ويتم استقبال المعلومات عن أحوال الطقس من نوا ١٢ ، ونوا ١٣ ، ويدخل ضمن هذه المجموعة الجبل الثالث من الأقمار الصناعية الخاصة بالطقس والتي سميت بسلسلة TIROS-N ، ومنذ ذلك الحين توالى إطلاق هذه الأقمار فأطلقت اليابان مجموعة أقمار تحمل اسم (GMS) Geostationary Meteorological Satellite على ارتفاع ٣٥٨٠٠ كيلومتراً في مدار ثابت فوق شرق آسيا ، كذلك أطلق الاتحاد السوفييتي سابقاً القمر الصناعي GOMS والقمر الصناعي METEOR ، وأطلقت وكالة الفضاء الأوروبية ESA القمر 1 METEOSAT في عام ١٩٧٧ ، ثم تبعه متيوسات ٢ في عام ١٩٨٨ ، ومتيوسات ٣ في ١٩٨٩ .

وتستقبل الصور المرئية للأرض من سلسلة أقمار متيوسات الأوروبية مرة كل ٣٠ دقيقة ، إذ تلتقط هذه الأقمار صور السحب المحيطة بالكرة الأرضية من ارتفاع شاهق يبلغ ٣٥٠٠٠ كيلومتراً بواسطة كاميرات تصوير دقيقة مزودة بعدسات بصرية أو بكاميرات تليفزيونية ، وأقمار متيوسات مزودة أيضاً بكاميرات تصوير بالأشعة تحت الحمراء ، بالإضافة إلى جهاز الراديو متر متعدد الأطياف الذي يمكنه إعطاء بيانات مرئية عن بعض عناصر الطقس مثل بخار الماء والحرارة والرياح . ولذلك يستفاد من صور متيوسات في تحليل السحب الساندة من حيث حرارة قممها وأنواعها حسب الارتفاع ، كذلك يمكن تحديد درجة حرارة سطح الماء ، ومؤشر التساقط (المطر) بالإضافة إلى بعض المعلومات المناخية الأخرى . أما سلسلة أقمار نوا فتعطي صوراً مرئية وصور أشعة تحت الحمراء لسطح الأرض مرة كل ١٠٠ دقيقة ، وتفيد معلومات نوا في دراسة حركة السحب واتجاهات الرياح في المستويات المنخفضة ، كما تفيد في مجال التنبؤ بكمية التساقط الإعصاري ، ومراقبة الصقيع ، والتنبؤ بدرجة ذوبان الجليد ، وتصنيف الأعاصير الاستوائية والرياح والسحب المصاحبة لها .

التنبؤ بالتغيرات الجوية من معلومات الأقمار الصناعية:

يعتبر هذا التطبيق من أهم تطبيقات الأقمار الصناعية المخصصة للأرصاد الجوية ، إذ يمكن بواسطتها توقع حالة الجو بجميع متغيراته مثل الأعاصير والعواصف الرعدية ، وعواصف البرد والأعاصير المدارية ... ، ولقد أجريت دراسات وأبحاث وتجارب على أغلب الظواهر الجوية للتعرف عليها بواسطة الصور المرئية وصور الأشعة تحت الحمراء التي تبثها الأقمار الصناعية إلى محطات الاستقبال الأرضية ، وثبت - على سبيل المثال - أن استعمال صور الأشعة تحت الحمراء تبين مقدار انتقال الحرارة بالحمل في اتجاه رأسى ، وكذلك ثبت أن العواصف الرعدية تتكون عندما تكون درجة حرارة قمة السحاب باردة جداً ، ويمكن التنبؤ بكمية سقوط المطر باستخدام بعض المعادلات الرياضية من الصور المرئية وصور الأشعة تحت الحمراء بالاعتماد على درجة نصوص السحاب ودرجة حرارته التي يمكن متابعتها بواسطة صور الأشعة تحت الحمراء التي تفسر فرصة سقوط المطر .

كذلك يمكن تحديد سرعة الرياح واتجاهها بعد الإطلاع على البيانات المرسله من الأقمار الصناعية ، ويتم ذلك عن طريق تحليل خط انسياب الرياح الذي يمكن أن يستنتج من متابعة سحابة بذاتها في صورتين متتابعين مأخوذتين في فترتين مختلفتين .

٣ - أقمار الاستشعار من بعد : ومنها ما يستخدم للأغراض العسكرية ، وما يستخدم للأغراض السلمية ، وتستخدم في جمع المعلومات عن سطح الأرض سواء كانت هذه المعلومات طبيعية مثل تصوير الغطاء النباتي بجميع عناصره ، أو أشكال سطح الأرض ، وإرسال صور فضائية لمحطات الاستقبال لتحليلها والحصول على خرائط السطح ، كذلك يتم جمع المعلومات عن بعض المظاهر البشرية على سطح الأرض ، أو الأراضي الزراعية بجميع خصائصها كإبراز أنواع المحاصيل ، ومن ثم إمكانية حساب مساحاتها من الخرائط المنتجة بواسطة الأقمار ، هذا بالإضافة إلى عشرات المجالات الأخرى التي تسهم بها أقمار الاستشعار من بعد ، وسوف نستعرض بعض هذه المجالات بالتفصيل فيما بعد .

والمعروف أن الولايات المتحدة الأمريكية قد أطلقت أول قمر صناعي تحت اسم لاندسات - ١ لملاحظة الأرض ودراستها من ارتفاع ٩٢٠ كيلومتراً ، وكان القمر يغطي سطح الكرة الأرضية مرة كل ١٨ يوماً عن طريق الطيران في مسارات مائلة . وتتابع إطلاق سلسلة لاندسات ، فأطلق لاندسات - ٢ في يناير ١٩٧٥ ، ولاندسات - ٣ في مارس ١٩٧٨ ، وتعتبر الأقمار الثلاثة ضمن أقمار الجيل الأول ، أما أقمار الجيل الثاني فهي لاندسات - ٤ ، ( أطلق في يوليو ١٩٨٢ ) ولاندسات - ٥ ( أطلق في مارس ١٩٨٤ ) . وتتميز أقمار الجيل الثاني من لاندسات بأنها أكثر دقة في الحصول على

البيانات بفضل دقة الأجهزة التي تحملها هذه الأقمار ، والتي يرجع لها الفضل في الحصول على بيانات دقيقة ومتميزة للموارد الأرضية . كذلك أطلقت الولايات المتحدة الجيلين الأول والثاني من سلسلة أقمار نونا السابق الإشارة إليها . أما فرنسا فقد شاركت - بمعاونة بعض الدول الأوروبية الأخرى - بإطلاق قمرها الأول من سلسلة أقمار سبوت ، وهو القمر سبوت - ١ ) في ٢١ فبراير عام ١٩٨٦ ، كما أطلق SPOT-2 في ٢٢ يناير ١٩٩٠ ، وأخيراً تم إطلاق SPOT-3 في مارس ١٩٩٨ . ووضح من برنامج سبوت أنه يهدف إلى إجراء حصر مستمر للموارد الطبيعية من هواء وماء وأرض ، كما يهدف أيضاً إلى ملاحظة البيانات باختلاف أنواعها ورصد أي تطور يحدث فيها ، بالإضافة إلى التنبؤ بالتطور والتغير المنتظر حدوثه في هذه البيانات مع إمكانية تقدير حجمه ، وأخيراً فإن من أهم أهداف سبوت تسهيل إدارة المصادر الطبيعية مثل المراعى ، وشبكة الرى والصرف ، والإنتاج المعدنى . ويدور سبوت على ارتفاع ٨٢٢ كيلومتراً من سطح الأرض ، ويستغرق ٢٦ يوماً لالتقاط وإرسال بيانات لإجمالى مساحة سطح الكرة الأرضية

مدارات الأقمار الصناعية :

١- المدار الثابت :

هو مدار ثابت بالنسبة للأرض ، بحيث يقع مسقطه على مدينة القاهرة على سبيل المثال ، وهذا يعنى أن دوران هذا القمر مواز لاتجاه دوران الأرض حول محورها ( من الغرب إلى الشرق ) وسرعته الزمنية في مداره تساوى سرعة دوران الأرض ، أى يبقى القمر في مدار ثابت نظرياً فوق مدينة القاهرة ، وتعتبر أقمار الاتصالات والأقمار المتيورولوجية من الأنواع التي تتميز بمدارها الثابت . ويحتوى القمر على صواريخ صغيرة تستخدم في تعديل مساره عند انحرافه عن مداره المخصص له بسبب بعض المؤثرات الخارجية مثل الجاذبية الأرضية والاحتكاك مع الغلاف الجوى ، ولذلك فإن هذه الأقمار عادة ما توضع على ارتفاعات عالية للتقليل من تأثير عوامل الجاذبية الأرضية والغلاف الجوى على مساراتها ، وبالطبع فإن لهذا البعد عن الأرض ميزة أخرى وهي اتساع مساحة التغطية لهذه الأقمار ، إلا أن من عيوب المدارات شديدة البعد عن الأرض قلة وضوح الظواهر الأرضية التي تلتقطها هذه الأقمار ، وخاصة في حالة التقاط صور لسطح الأرض ، ولذلك عادة ما تستخدم هذه الأقمار في رصد الظواهر التي تتصف بالانتشار مثل الظواهر الجوية التي تلتقط بواسطة الأقمار المتيورولوجية ، كما تقع أقمار الاتصالات ضمن الأقمار ذات المدارات البعيدة فهي لا ترسل صوراً وإنما تعكس الإشارات المرسله من محطات البث الأرضية إلى محطات استقبال أخرى .

المدار المتزامن الشمسى Sun- synchronous Orbit

هو المدار القريب من القطب ، وفيه يدور القمر نفسه في مدار معين حول الأرض من الشمال إلى الجنوب ، ونتيجة لدوران الأرض حول محورها بشكل متعامد مع مدار القمر ، فإن المنطقة التي يغطيها مسار القمر تتغير في كل دورة له حول الأرض ، فإذا علمنا أن القمر الصناعى من سلسلة لاندسات على سبيل المثال يحتاج ١٠٣ دقيقة ليستكمل دورة واحدة حول الأرض ، وإذا علمنا أيضاً أن مسافة التغطية لكل دورة تبلغ ١٥٩ كيلومتراً ، وأن محيط الكرة الأرضية عند خط الاستواء يبلغ ٤٠٠٧٥ كيلو متراً ، فإن القمر يمكنه أن يسجل البيانات الخاصة لمكان ما على سطح الأرض مرة كل ١٨ يوماً ، وفي نفس التوقيت المحلى لهذا المكان ( الساعة ٤٥ ، ٩ صباحاً عند خط الاستواء ) .

ويلاحظ أن التغطية المسحية التي يقوم بها لاندسات تتداخل تداخلاً طفيفاً ، أى أن كل دورة تغطي جزءاً طفيفاً من الدورة السابقة ، ومن ثم فإن الصور التي نحصل عليها من دورتين متجاورتين للاندسات يتمثل بها نسبة تداخل مقدارها ١٥% عند خط الاستواء ( ٢٦ كم تقريباً ) وترداد هذه النسبة إلى ٧٥% عند دائرة عرض ٦٠ ، وإلى ٨٥% عند القطبين .

بيانات الأقمار الصناعية :

توجد بيانات الأقمار الصناعية في أشكال متعددة ، وسنكتفى هنا بتوضيح بيانات كل من سبوت ، ولاندسات باعتبارهما أشهر أقمار الاستشعار من بعد في الفترة الحالية . وعموماً فإن بيانات الأقمار الصناعية إما أن تكون على شكل أشرطة ممغنطة ، أو صور فضائية Satellite Images ، ويتم معالجة بيانات النوع الأول هندسياً ورايديومترياً في محطات الاستقبال ، وتشتمل هذه الأشرطة على كل المعلومات للمنطقة الملتقطة بواسطة القمر الصناعى ، وهي عبارة عن بيانات رقمية Digital Data ، ويمكن الاستفادة منها باستخدام الكمبيوتر بمساعدة بعض البرامج المعدة خصيصاً لهذا الغرض . أما النوع الثانى (الصور الفضائية ) فهو عبارة عن أفلام أو ورق بمقاييس رسم مختلفة تتراوح فيما بين ١ :

٤٠٠ ، ١٢٥ ، ١ : ٤٠٠ ، ٥٠٠ . ويلاحظ أن صور الأقمار الملونة لا تمثل الألوان الحقيقية للظواهر التي تمثلها على سطح الأرض ، ولذلك فهي تعرف باسم صور الألوان غير الطبيعية False color images ، ويرجع ذلك لاستخدام النطاقات الأخضر والأحمر وتحت الأحمر لإنتاجها لأن الأقمار تدور على ارتفاع أعلى من الغلاف الجوي ، ومن ثم لا يمكن لأجهزتها أن تلتقط النطاق الأزرق الذي يصل إلى الأرض لأنه يتشتت عند اصطدامه بالغلاف الجوي .

أما بالنسبة لدرجة وضوح الصورة فتختلف من جيل إلى آخر بل من قمر إلى آخر ، وتعرف درجة الوضوح أيضاً بقوة التفريق Resolution ويقصد بها القدرة على التمييز بين جسمين متجاورين على سطح الأرض . وعادة ما تقسم الصورة الفضائية إلى عددٍ من الصفوف والأعمدة ، والتي تقسم بدورها إلى عدد هائل من الخلايا Pixels ، معنى ذلك أن الخلية Pixel هي أصغر وحدة يمكنها أن تفرق بين الوحدات أو الأشياء المجاورة في أي صورة فضائية ، ومعنى ذلك أيضاً أنه كلما صغر حجم أو مساحة سطح الأرض الذي تمثله الخلية الواحدة ، كلما دل ذلك على دقة الصورة ، أو درجة الوضوح Resolution السابق ذكرها ، فعلى سبيل المثال حملت سلسلة أقمار لاندسات ١،٢،٣ على متنها جهازاً يعرف باسم الماسح الضوئي متعدد الأطياف ( MSS ) (Multispectral Scanner) ، ويعتمد نظام التصوير بهذا الجهاز على تسجيل معلومات متعددة الأطياف بشكل رقمي بواسطة الحاسب الآلي ، إذ يسجل الماسح الضوئي أربع صور لمنطقة واحدة من سطح الأرض ، إثنان منها في نطاق الطيف المرئي ( الأحمر والأخضر ) وإثنان في نطاق الأشعة تحت الحمراء ، وتبلغ مساحة الخلية التي يمكن أن يسجلها الماسح الضوئي هذا ٧٩ متراً مربعاً ، ويعنى ذلك أن أي ظاهرة على سطح الأرض تقل مساحتها عن ٧٩ متراً مربعاً لن تظهر بوضوح في صور اللاندسات ١،٢،٣ ، ولذلك لا تصلح هذه الصور في رسم الخرائط كبيرة المقياس ، وإنما تستخدم في رسم الخرائط ذات المقاييس الصغيرة التي توضح الأنماط العامة لاستخدامات الأرض . أما الجيل الثاني من لاندسات (٤،٥) فيعتمد على بيانات ماسح متقدم يعرف باسم الراسم الخطي ، أو الراسم التيماتيكى (TM) Thematic Mapper ، ويتميز هذا النظام بالنقاط المعلومات الرقمية المأخوذة لسطح الأرض في سبع نطاقات من الطيف الكهرومغناطيسي ، ثلاث منها في مجال الطيف المرئي ، وثلاث آخر في مجال الأشعة تحت الحمراء ، والأخير في مجال الأشعة تحت الحمراء الحرارية . وأهم ما يميز الصور المنتجة بواسطة هذا النظام زيادة الدقة ، إذ تصل درجة التفريق أو التوضيح ، أو مساحة الخلية إلى ٣٠ متراً مربعاً فقط ، أما سلسلة أقمار سبوت الفرنسية فقد أنتجت صوراً تصل دقتها إلى عشرة أمتار فقط ، وفي عام ١٩٩٨ ، وبالذات في شهر مارس تم إطلاق القمر الصناعي سبوت ٣ الذي تصل درجة الدقة في صورته ( مساحة الخلية ) إلى مترين مربعين فقط ، الأمر الذي يساعد على استخدام هذه الصور في رسم خرائط دقيقة ذات مقاييس كبيرة جداً لأجزاء من سطح الأرض ، وخاصة تلك الخرائط التي تتعلق باستخدام الأرض أو خرائط العمران بجميع صورته .

#### طرق تفسير بيانات وصور الأقمار الصناعية :

تتعدد طرق تفسير بيانات وصور الأقمار الصناعية ، غير أنها تنقسم إلى قسمين أساسيين هما : التفسير البصري ، والتحليل بواسطة الكمبيوتر . ويعتمد التفسير البصري على فحص صور الأقمار الصناعية بالنظر للتعرف على الظواهر المختلفة التي يمكن تمييزها من الصور ، ومن ثم الحكم على مغزاه الحقيقي وما تمثله على سطح الأرض تبعاً لاختلاف درجات اللون أو الظل في صور الأقمار ، إلا أن ما يعيب هذه الطريقة اختلاف نتيجة التفسير الصورة الواحدة من شخص لآخر ، كما أنها تعتمد على كفاءة الباحث ومعرفته ببعض الظروف المحلية للمنطقة التي تمثلها الصورة ، وبالطبع لا ينفي كل ذلك أهمية التفسير البصري للصور الفضائية ، كما يعتبره البعض وسيلة تمهيدية قبل الشروع في التفسير الآلي بواسطة الكمبيوتر ، كذلك تزداد أهمية التفسير البصري في الدول النامية التي تفتقر إلى الأساليب المتقدمة والتكنولوجيا العالية للتحليل الآلي . وعموماً فقد استخدمت طريقة التفسير البصري بكفاءة ونجاح في إعداد بعض خرائط استخدام الأرض والخرائط الاستكشافية للموارد الطبيعية بمقاييس رسم مناسبة .

أما الطريقة الثانية ، والتي تتمثل في تحليل الصور الفضائية بواسطة الكمبيوتر ، أو ما يطلق عليها أيضاً التحليل الرقمي Digital Analysis ، فقد أصبحت ضرورة ملحة بعد أن أصبحت بين أيدينا كميات هائلة من المعلومات التي تمدنا بها الأقمار الصناعية ، ومن ثم فإن التعامل مع هذه البيانات الهائلة والمتتابة والمتغيرة يتطلب ضرورة استخدام الحاسب الآلي كوسيلة سريعة ودقيقة في التعامل مع هذا الزخم الهائل من البيانات . وبالطبع فقد زاد الاهتمام بوضع النظم والبرامج التي تهتم بالتحليل العلمي للبيانات بمساعدة الكمبيوتر ، وأول هذه النظم تلك التي تهتم بإزالة أي عيوب قد تظهر في الصور الفضائية لأسباب متعددة ، وتعرف هذه النظم باسم (IP) Satellite Image Processing ، ومن أهمها إزالة التشوهات الهندسية من الصور الفضائية Geometric corrections ، كذلك تختص بعض البرامج بتحسين الصور الفضائية Image Inhancement لتسهيل بعض عمليات التفسير البصري لها .

