محاضرة رقم 12	
الكلية	التربية للعلوم الانسانية
القسم	الجغرافيا
المادة باللغة العربية	الاستشعار عن بعد
المادة باللغة الانجليزية	Remote sensing
المرحلة	الاولى
السنة الدراسية	٢٠٢٢-٢٠٢٣
الفصل الدراسي	الثاني
المحاضر	الثانية عشر
العنوان باللغة العربية	تطبيقات الاستشعار عن بعد
العنوان باللغة الانجليزية	Remote Sensing Applications
المصادر والمراجع	مقدمة في الاستشعار عن بعد/المؤسسة العامة للتدريب والتقني والمهني/السعودية/١٤٢٩هـ
	مدخل الى علم الاستشعار عن بعد والصور الرقمية/د، ايمن عبد الكريم الطعاني/٢٠١٣
	مقدمة في العلوم والتقنيات المكانية/د، جمعة محمد داود/٢٠١٥

المحاضرة: الثانية عشر

تطبيقات الإستشعار عن بعد
Remote Sensing Applications

تستخدم بيانات الأقمار الصناعية لتوفير المعلومات عن سطح الأرض في الوقت المناسب وبشكل مفصل، خصوصاً في ما يتعلق بإدارة الموارد المتجددة وغير المتجددة، إن مرئيات الأقمار الصناعية والاستشعار تقدم فائدة كبيرة لكثير من التطبيقات الرئيسية، مثل التطبيقات الزراعية وتقييم ورصد أنواع النباتات وإدارة الممتلكات الزراعية ، وعمليات مسح التربة، والتنقيب عن المعادن، وصنع ومراجعة الخرائط، وإنتاج خرائط موضوعية لرصد الموارد المائية وخرائط التخطيط الحضري، ورصد وتقييم الكوارث الطبيعية، والكثير من التطبيقات البيئية الطبيعية والبشرية.

إن مهمة رصد الموارد المتجددة وغير المتجددة مرتبط ارتباطاً وثيقاً بإنشاء قواعد بيانات متكاملة، تحتوي على البيانات والمرئيات الفضائية والدراسات الميدانية والإحصائية، ولذلك فإن هذا الفصل يقدم نبذة عن بعض التطبيقات الرئيسية التي تستفيد من تكنولوجيا الاستشعار عن بعد.

10.1 التطبيق الزراعي Agricultural Application

تلعب الزراعة دوراً هاماً وحيوياً في حياة الإنسان، واستمرار بقائه، لأنها المصدر الرئيسي لغذائه، ومصدر كثير من المواد الأولية الصناعية، سواءً في الدول المتقدمة أو النامية، ولقد حاول الإنسان منذ استقراره في تطوير أساليب الزراعة والحصاد، وزيادة المساحات المزروعة، وفي الوقت الحاضر بدأت كثير من الدول استخدام الأساليب العلمية الحديثة، ومن ضمنها تكنولوجيا الاستشعار عن بعد بغرض الحصول على وفرة في المحاصيل الزراعية بأسعار رخيصة.

لقد أصبح بإمكان ملاك المزارع الواسعة الاستعانة بالمرئيات الطيفية التي يتم تصويرها بواسطة الطائرات أو الأقمار الصناعية، لتحديد الظروف السائدة في مزارعهم، ومعرفة كمية التسميد المطلوبة في تلك المزارع، إضافةً إلى أن الآلات الزراعية الحديثة لديها القدرة على تحميل هذه المعلومات في أجهزة الكمبيوتر المضمنة في تلك الآلات، بحيث تعمل على ضبط كمية السماد تلقائياً بناءً على المعلومات التي تحتويها تلك المرئيات (Chang, 2007).

ويعتبر تقييم حالة المحاصيل ورسم خرائط تصنيف أنواع المحاصيل من المتطلبات الضرورية لكل دولة، فخرائط أنواع المحاصيل الزراعية تنتج من قبل وزارات الزراعية المحلية أو المنظمات الدولية أو المجالس الزراعية الإقليمية، عن طريق إعداد قوائم بالأراضي المزروعة ونوعية المحاصيل، مما يساعد على التنبؤ بمخزونات الدولة من الأغذية والحبوب، وجمع الإحصاءات عن إنتاج المحاصيل،

ورسم خرائط إنتاجية التربة، وتقييم الأضرار التي تلحق بالمحاصيل بسبب العواصف والجفاف، ورصد النشاط الزراعي.

إن تقييم صحة المحاصيل والكشف المبكر عن تفشي الأمراض التي قد تصيب المحاصيل، يعتبر أمر ملح لضمان الحصول على إنتاجية زراعية جيدة، هذه العملية تتطلب أن يتم توفير مرئيات الاستشعار عن بعد على أساس متكرر ومنتظم، وتساهم مرئيات وأجهزة الاستشعار عن بعد، (صورة رقم 50، صفحة 384)، في تميز الغطاء النباتي وتطوير وتصنيف المحاصيل الزراعية.

10.2 الغابات Forest Application

تشكل الغابات مورداً قيماً في اقتصاديات معظم البلدان، وذلك لتعدد استخداماتها الصناعية، والمنزلية، والوقود واللوازم اليومية مثل المكونات الطبية والورق، كما أن الغابات توفر الغذاء والمأوى وتعتبر موائل الحياة البرية، وتلعب الغابات دوراً مهماً في تزويد الأرض بالأكسجين، وتتميز الغابات الاستوائية المطيرة بتنوع هائل في أنواع النباتات والحيوانات، إن القضايا الرئيسية المتعلقة بإدارة الغابات كثيرة ومن أهمها اندلاع الحرائق، وقطع الأخشاب، وتحويل الأراضي (CCRS, 2007).

لقد أثبتت مرئيات الاستشعار عن بعد بأنها مصدر قيم للمعلومات على مدى العقود القليلة الماضية في رسم الخرائط لمناطق الغابات، كما قدمت منهجاً جديداً يختلف في بعض الأحيان عن المنهج العلمي التقليدي الاستنباطي

والاستقرائي في رصد التوزيع المكاني وإدارة موارد الغابات وتصنيفها وتمييزها عن النظم البيئية المحيطة، (صورة رقم 51، صفحة 385)، مع إمكانية الحصول على المعلومات في الوقت المناسب لدراسة الظروف والتغيرات في هذه الموارد، إضافة إلى رصد الآثار الصغيرة والكبيرة المرتبطة بتغير نمط موارد الغابات بمستويات مختلفة في الزمان والمكان (Franklin, 2001).

إن بيانات أقمار الاستشعار عن بعد تساعد في اكتشاف وتحديد وقياس مناطق الغطاء الحرجي، وتستخدم هذه البيانات من قبل العلماء لمراقبة وتقييم تدهور الغابات على مدى عدة سنوات، ويتضمن دور الاستشعار عن بعد في دراسة الغابات ما يلي:

1. **رسم خرائط مناطق الغابات**

لقد حددت معظم المنظمات والوكالات المهتمة بدراسة الغابات عدداً من الأهداف التي تساهم في الحفاظ على الغابات مثل تحديث خرائط الغابات، وتطوير نظم الرصد والمراقبة، وقياس الخصائص الفيزيائية والحيوية لأنواع أشجار الغابات، وتمييز أنوع الغطاء الحرجي.

2. **تحديد مناطق الغابات المستخدمة في الأغراض التجارية**

تهتم الشركات والمنظمات التي تعتمد على موارد الغابات في الأغراض التجارية، بتحديث خرائط إدارة الغابات، كمورد اقتصادي هام عن طريق جمع المعلومات المتعلقة بالمناطق التي يمكن استغلالها تجارياً، وتحديث المعلومات الخاصة بمناطق تواجد الأخشاب، ونوع وكثافة الغطاء النباتي ، ورصد التنوع الحيوي.

3. الرصد البيئي للغابات

تهتم الهيئات التي تسعى للحفاظ على مناطق الغابات برصد تنوع وكثافة الغطاء النباتي في الغابات من خلال مراقبة مناطق الغابات التي يحدث فيها إزالة أو حريق قد تقضي على أصناف وأنواع الأشجار النادرة والهامة خاصةً في الغابات المطيرة، ومناطق أشجار المانجروف في المناطق الساحلية، أو على ضفاف الأنهار.

10.3 الجيولوجيا Geology

يهتم علم الجيولوجيا بدراسة التضاريس وتركيب البنية الأرضية تحت سطح الأرض، بغرض فهم العمليات الفيزيائية التي تؤثر في بناء وتعديل القشرة الأرضية، وكذلك استكشاف واستغلال الموارد المعدنية والهيدروكربونية.

إن تكنولوجيا الاستشعار عن بعد تستخدم بشكل فعال وعلى نطاق واسع، كوسيلة ومنهجية في علم الجيولوجيا والتنقيب عن المعادن، وقد أثبتت فائدتها من خلال تقديم معلومات قيمة تمكن الجيولوجيين من الوصول إلى المواقع الخطرة أو التي يتعذر الوصول إليها، وكذلك توفير المعلومات المتعلقة ببنية وتكوين سطح الأرض أو ما تحت السطح، وغالباً يتم استخدام بيانات أخرى مساعدة للحصول على قياسات متكاملة، كما يمكن للبيانات متعددة الأطياف تقديم معلومات عن علم الخصائص الحجرية، أو تكوين الصخور القائمة على الانعكاس الطيفي، كما يوفر الرادار بيانات دقيقة لتضاريس السطح ودرجة الخشونة، (صورة رقم 52، صفحة 385).

ومن الممكن أيضا استخدام المرئيات الملتقطة من مجسات الاستشعار، خاصة في نظم الرادار والمرئيات فائقة الأطياف، ونظم التصوير المتعدد الأطياف مثل Landsat و ASTER و AVIRIS و HyMap و Hyperion، أثناء إجراء المسوحات الجيولوجية والتطبيقات الجيومرفولوجية، وتقييم التغير في الغطاء الأرضي بسبب حدوث بعض الظواهر الطبيعية مثل البراكين والفيضانات والزلازل، (صورة رقم 52، صفحة 385).

وتشتمل التطبيقات الجيولوجية التي تساهم تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في دراستها ما يلي:

1. خرائط الأساس للترسبات السطحية.
2. رسم خرائط البنية الصخرية.
3. استكشاف واستغلال الرمال والحصى.
4. التنقيب عن المعادن.
5. التنقيب عن النفط والغاز.
6. الجيولوجيا البيئية.
7. البنية التحتية الأساسية.
8. خرائط المخاطر الجيولوجية.
9. رسم خرائط التركيبة الجيولوجية والصخرية للكواكب.
10. فهم تراكيب وحدات الصخور (الطبقات).
11. دراسة منشأ التضاريس (الجيومورفولوجيا).
12. تحديد الترتيبات الهيكلية للطبقات (الطيات والصدوع).

13. تقييم التغيرات الناجمة من الأحداث الطبيعية (مثل الفيضانات و الثورات البركانية).

14. دراسة القرائن السطحية (مثل التعديلات وغيرها من علامات وجود المعادن) إلى الترسبات الموجودة تحت سطح الأرض من المعادن الخام والنفط والغاز والمياه الجوفية.

وتساهم نظم الاستشعار عن بعد في الدراسات الأولية المتعلقة بالتنقيب عن النفط من خلال تحليل مرئيات الأقمار الصناعية البصرية ومرئيات الرادار، لتحديد امتداد الأحواض الرسوبية، باعتبارها الخطوة الأولى في التنقيب عن النفط، إضافةً إلى تطبيق التجارب الجيوفيزيائية للتركيز على استكشاف المواقع المحتملة.

10.4 المياه Hydrology

الهيدرولوجيا هو علم دراسة المياه على سطح الأرض، سواء تلك التي تتدفق فوق سطح الأرض أو الجليد، أو التي تحتويها التربة، و ترتبط دراسة المياه بالعديد من التطبيقات الأخرى للاستشعار عن بعد، لا سيما الزراعة والغابات والغطاء النباتي.

تساهم مرئيات الاستشعار عن بعد في تحديد ورصد وإدارة الموارد المائية لمساحات واسعة، حيث يتم رصد الموارد المائية عن طريق القنوات المرئيات وقنوات الميكروويف، ويمكن تحديد تلوث المياه من خلال مراقبة لون المسطحات المائية في

المرئيات، فالمياه النقية تظهر بلون يميل إلى اللون الأزرق، أما المياه التي تحتوي على نباتات فتظهر بلون يميل إلى الأخضر والأصفر، بينما تظهر المياه العكرة بلون بني محمر، التفسير الجغرافي الهيكلي للصور يساعد أيضا في تحديد الموارد تحت الارض، (صورة رقم 53، صفحة 386)،

إن حالة التغير في كثير من المياه في العالم، يتم رصدها بدقة كبيرة وواضحة على مدى فترات طويلة، عن طريق مرئيات الأقمار الصناعية، وتتضمن التطبيقات الهيدرولوجية ما يلي :

1. رسم خرائط الأراضي الرطبة ومناطق الثلوج.
2. تقديرات رطوبة التربة.
3. قياس سماكة الثلوج.
4. رصد الجليد في الأنهار والبحيرات.
5. رصد ورسم خرائط الفيضانات وتغيرات مناسيب الأنهار.
6. خرائط الأنهار ومناطق أحواض وتجمعات المياه وخطوط تقسيم المياه خرائط قنوات الري.

10.5 المناخ والغلاف الجوي Climate and Atmosphere

10.5.1 رسم خرائط السحب والرياح Cloud and Wind mapping

إن أول قمر صناعي استخدم لإنتاج مرئيات خاصة بالسحب، كان (Tiros) في عام 1961م، أما في الوقت الحاضر فإن الأقمار الصناعية الثابتة تساعدنا في مراقبة حالة الطقس، ومراقبة أنماط حركة السحب يومياً، (صورة رقم 54، صفحة 386)، فالقمر الصناعي (Meteosat) فوق قارة أفريقيا، والقمر الصناعي (GOES-1) فوق فينزويلا، والقمر الصناعي (GOES-2) فوق هاواي، والقمر الصناعي (GMS) فوق الفليبين، والقمر الصناعي (Insat) فوق المحيط الهندي، وتقوم هذه الأقمار بجمع المرئيات كل 30 دقيقة في كلا النطاقين الطيفيين المرئي والحراري.

إن المصدر الرئيسي لبيانات هطول الأمطار في جميع أنحاء العالم هي مقاييس المطر التقليدية، الموزعة بشكل نادر جداً في كل دولة، لكن أقمار الاستشعار عن بعد وفرت المرئيات التي تتيح للمهتمين والباحثين والجهات المعنية إمكانية تسجيل البيانات المتعلقة بتنبؤات هطول الأمطار بشكل دوري، (صورة رقم 54، صفحة 386)، كما يمكن رصد حركة الرياح فوق المحيطات وحركة تيارات البحار والمحيطات، من خلال مرئيات الرادار ومجسات scatterometers للتنبؤ بحركة واتجاه الرياح، ومعرفة خشونة واتجاه وسرعة التيارات السطحية في مياه البحار والمحيطات، (صورة رقم 55، صفحة 387).

10.5.2 الأوزون Ozone

تقع طبقة الأوزون في الغلاف الجوي على ارتفاع يتراوح بين (25 km) حتى (60 km)، ولها فائدة كبيرة في الحفاظ على الكائنات الحية الموجودة على الأرض، فهي تمتص أو تعكس معظم الأشعة فوق البنفسجية، بحيث لا يصل إلى الأرض، سوى كميات ضئيلة من الأشعة فوق البنفسجية، وفي العقود الأخيرة ظهرت مناطق تخلخل في طبقة الأوزون بسبب مؤثرات طبيعية مثل الرماد البركاني ومؤثرات ناتجة من أدخنة المصانع ومركبات (CFC)، مما دفع بالكثير من المنظمات والحكومات خاصة في دول العالم المتقدم بتجهيز مجسات محمولة على الأقمار الصناعية للحصول على مرئيات ترصد طبقة الأوزون وتحلل كل تغير في تركيبها.

إن قياس توزيع الأوزون في الغلاف الجوي يخدم الكثير من التطبيقات، مثل إعلام الناس لخطورة استنفاد طبقة الأوزون، مما يشكل مخاطر صحية خطيرة، واتخاذ تدابير للحيلولة دون استنفاد طبقة الأوزون مع مرور الوقت، كما تساعد مرئيات الأقمار الصناعية أيضا في قياس اختلاف الجاذبية بدقة كبيرة باستخدام أجهزة استشعار الميكروويف النشطة.

ونظراً لأهمية دراسة الأوزون فقد أطلقت وكالة ناسا مجس استشعار بالأشعة فوق البنفسجية هو Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)، وهو مجس مخصص على رصد طبقة الأوزون، وتحتوي مرئية (TOMS) ست قنوات في النطاق الطيفي بين (312.4 mm) و (380 mm)،

وقد ساعد المجس في الكشف عن حدوث تدهور كبير في تركز الأوزون فوق المناطق القطبية الجنوبية، وكذلك القمر الصناعي (AURA) كما هو واضح في الصورة (رقم 56، صفحة 388).

10.6 المحيطات Oceanography

10.6.1 التيارات ودرجة حرارة المحيطات SST and Currents of Oceans

إن الهدف الرئيسي من دراسة إنتاجية المحيطات هو الكشف عن المواد العضوية، مثل العوالق النباتية التي تعتبر مهمة لصيد الأسماك، لأنه يحتوي على الكلوروفيل، والتي يمكن أن تكون متباينة من الرواسب العالقة بالقرب من السواحل ومصبات الأنهار، إن كل هذه الرواسب تعكس الأشعة الحمراء في نطاق الطيف المرئي، وبالتالي فإن الأشعتين الزرقاء، والخضراء تظهر تركز الكلوروفيل في البحر.

ويعتبر القمر الصناعي (NOAA) من أول وأفضل الأقمار المخصصة لدراسة تيارات ودرجة حرارة سطح البحار والمحيطات، (صورة رقم 57، صفحة 389)، إضافة إلى القمرين الصناعيين (Nimbus-7) و (Orbview2) اللذان يحملان المجس (SeaWIFS) الذي يحتوي على ثمان قنوات طيفية بدقة مكانية (1 km)، ويبلغ عرض مساحة التغطية (2800 km)، وهو مجس متخصص في مراقبة درجة حرارة سطح البحر.

كما أن درجة حرارة سطح البحر تعتبر مؤشر هام لمراقبة المحيطات، وتوفر معلومات هامة حول ظروف مياه المحيطات، بما في ذلك نوعية التيارات البحرية، ومناطق صيد الأسماك، وتلوث مياه المحيطات بمخلفات المصانع التي يتم التخلص منها على الأنهار التي تصب في المحيطات، إن مرئيات الأقمار الصناعية تقدم معلومات دقيقة للغاية لدرجات حرارة سطح البحر، ويستند قياس درجة الحرارة باستخدام نطاقات الأشعة تحت الحمراء الحرارية.

10.6.2 قياس الأعماق Bathymetry

عادة يتم قياس أعماق مياه البحار والمحيطات بواسطة أجهزة ترددات الصوت (السونار) المثبتة على السفن، ومع ذلك فتلك السفن تواجه صعوبات الإبحار في مناطق المياه الضحلة، حيث يمكن أن تساعد مجسات الاستشعار عن بعد المثبتة على الطائرات والأقمار الصناعية في تقييم عمق المياه، وقياس مناطق المد والجزر، لكن عمق الاختراق محدود، ولايزيد عن (10 m)، وتعتبر قناتي الضوء المرئي الخضراء والزرقاء أفضل القنوات التي تساعد في قياس أعماق مياه البحار والمحيطات، (صورة رقم 58، صفحة 390).

10.7 إستخدام الأرض والتغير الأرضي Land cover and landuse

إن الاستغلال الأمثل للأرض يتطلب الحصول على معلومات كاملة وحديثة تتعلق بالاستخدام الحالي للأرض، ونوعية الغطاء الأرضي، ومعرفة الإمكانيات المتوفرة، حتى يتسنى للباحثين وصانعي القرار والمخططين، وضع الخطط المناسبة وفقاً لاحتياجات ومتطلبات السكان في مناطق الريف والحضر، ووضع الخطط لمشاريع البنية التحتية والمشاريع الإنشائية والمشاريع البيئية ووضع خرائط تحدد مناطق الخطورة، وغير ذلك من استخدامات الأرض الأخرى.

وتختلف مرئيات الاستشعار عن بعد في تحليلها ومعالجتها بحسب نوعية الاستخدام، فكل تطبيق له متطلبات معينة، ودقة طيفية ومكانية وزمنية، تختلف عن التطبيق الآخر، فتغير الغطاء الأرضي يشير إلى التغيرات الموسمية أو الدائمة في أنواع الغطاء النباتي.

فالتغيرات الموسمية قد تكون نتيجة للتغيرات الزراعية أو التغيرات في الغطاء الحرجي في مناطق الغابات، والتغيرات الدائمة قد تكون بسبب التغيرات في استخدام الأراضي مثل إزالة الغابات أو بناء المدن الجديدة، وكل ذلك يحتاج إلى وضع وتحديث خرائط كشف تغيير الغطاء الأرضي، كما هو موضح في شكل (10.1). وتساهم في إدارة الموارد الطبيعية عن طريق مقارنة الصور الجوية والمرئيات الفضائية القديمة.

إن رسم وتصنيف خرائط الغطاء الأرضي يتوافق مع التعرف على الحالة المادية للسطح الارض، ولذلك تساهم مرئيات الاستشعار عن بعد جنباً إلى جنب مع البيانات المساعدة، والتحليل الرقمي والبصري، في إنشاء خرائط ذات دقة عالية حول استخدام الأرض والغطاء الأرضي، ويعتمد إنشاء مثل تلك الخرائط على استخدام الحواسيب الآلية، وبرامج تحليل مرئيات الاستشعار عن بعد، التي تحتوي على خاصية تصنيف الظواهر الطبيعية والبشرية داخل المرئية الفضائية، وتلعب الدقة المكانية للمرئية دوراً كبيراً في إظهار التنوع الموجود على الأرض، خاصةً في المناطق التي تحتوي على تنوع كبير شكل (10.1)، مما يساهم في إعداد خرائط تفصيلية حول استخدام الأرض والغطاء الأرضي على المستوى الوطني.

10.8 التربة Soil Applications

استخدم العلماء مرئيات الاستشعار عن بعد عالية الدقة خلال السنوات السابقة لدراسة وتقييم الخصائص الفيزيائية للتربة، خاصة مرئيات الأشعة المرئية، والأشعة تحت الحمراء، وفائقة الأطياف، شكل (10.2)، وقد أدى استخدام بيانات الاستشعار عن بعد مع البحوث الميدانية والمسح الأرضي واستخدام الأساليب الإحصائية المكانية، في إحداث تقدم كبير في تقييم وتصنيف أنواع التربة (Shepherd and Walsh, 2002).

شكل (10.2): مرئية بانكروماتك للقمر الصناعي (SPOT-5)، تظهر أنواع التربة في منطقة كوالا سلانجور بماليزيا

المصدر: مركز الاستشعار عن بعد بماليزيا (MACRS)

وتتميز مرئيات الاستشعار عن بعد، خاصة مرئيات الرادار، عن الصور الجوية، بقدرتها على اختراق سطح التربة لعدة سنتيمترات، مما يوفر بيانات مفيدة تضاف إلى البينات التي يتم الحصول عليها من الدراسة الميدانية، ويمكن استخدام معظم مرئيات مجسات الاستشعار عن بعد متوسطة وعالية الدقة المكانية في رسم خرائط التربة، ويتضمن رسم خرائط أصناف التربة من المرئيات على ثلاثة معايير هامة هي: تأثير خصائص التربة على الانعكاس الطيفي على المرئية، ونوعية المجس المستخدم في رسم الخرائط أنماط التربة، ومحتوى المادة العضوية وتركيب المعادن في التربة.

10.9 رصد الكوارث Disaster Monitoring

تؤدي الكوارث الطبيعية إلى إصابة ووفاة البشر، ووقوع أضرار وخسائر في الممتلكات مثل المباني، وأنظمة الاتصالات، والأراضي الزراعية، والغابات، والبيئة الطبيعية الخ، إن ارتباط وتيرة التزايد السكاني مع التدهور البيئي المستمر يقود إلى البحث عن أماكن سكنية جديدة سيدفع الإنسان للبحث عن مناطق جديدة، من بينها مناطق التضاريس الخطرة، وبالتالي فإن خطر وقوع كارثة سيزداد.

وتعتبر أقمار الاستشعار عن بعد الأداة المثالية لرصد وإدارة الكوارث الطبيعية، عن طريق تقديم معلومات لمناطق واسعة خلال فترات زمنية قصيرة، إضافةً إلى إمكانية استخدامها في عمليات التنبؤ، والرصد، والتحذير، والمراقبة، وتقديم الإغاثة، وإعادة بناء ما دمرته الكوارث الطبيعية، وتساعد مجسات الاستشعار في رسم خرائط الخطورة التي تلعب دوراً رئيسياً في التخفيف من حدة الكوارث الطبيعية، عن طريق الإنذار المبكر من تلك الكوارث مثل الزلازل وثورات البراكين، والأعاصير، والعواصف، والفيضانات، وغيرها، مما يتيح إمكانية اتخاذ التدابير اللازمة في الوقت المناسب، ومنع الخسارة في الأرواح والممتلكات (Smolka, 2006).

إن توفر المعلومات لفرق الإنقاذ في موقع الكارثة، يساعد في التخطيط لطرق الاخلاء، وتصميم مراكز لعمليات الطوارئ، وتلعب البيانات التي يتم الحصول عليها والخرائط التي يتم إنتاجها من نظم الاستشعار عن بعد، ونظم

المعلومات الجغرافية، ونظم تحديد المواقع (GPS)، ونظم التصوير والمساحة الجوية، ونظم الكمبيوتر، ونظم معالجة المرئيات الفضائية دوراً حيوياً في التخفيف من حدة الكوارث الطبيعية.

10.9.1 توقع الزلازل Predicting Earthquakes

عادة تكون المناطق المتضررة من الزلازل ما كبيرة، تساعد مجسات الاستشعار عن بعد في توقع وقت وقوع الزلزال بشكل تقريبي بواسطة الاستشعار عن بعد عن طريق رصد بعض الإشارات الناتجة من ميل الصدوع التكتونية، ورصد التغيرات المغناطيسية ودرجات الحرارة السطحية وغير ذلك من تغييرات المجال الكهربائي قبل وقوع الزلازل.

ولا يمكن ملاحظة الزلازل مباشرة بواسطة بيانات الاستشعار عن بعد، ومع ذلك يمكن رصد مواقع الصدوع النشطة، ودراسة الوضع التكتوني للمنطقة من تلك المرئيات خاصة مرئيات الرادار والأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء، وبدقة مكانية مناسبة تتراوح بين (10 m) إلى (25 m)، إضافة إلى ذلك تستخدم ذبذبات الليزر المثبتة على القمر الصناعي Satellite Laser Ranging (SLR) والمرئيات المنتجة بنظام (Interferometry SAR) ونظم Very Base Baseline Interferometery (VLBI) لرصد حركة القشرة الأرضية بالقرب من مناطق الصدوع النشطة وتحديد مواقعها بدقة بواسطة أجهزة (GPS)، كما هو موضح في الصورة (رقم 59، صفحة 390).

10.9.2 الانفجارات البركانية Volcanic Eruptions

إن معظم المناطق العمرانية الواقعة بالقرب من البراكين تعتبر مناطق خطرة للسكن، لا سيما في البلدان النامية، إذا لم تدرس دراسة كافية وإذا لم يتم رصدها بانتظام، ولذلك فإن مرئيات الإستشعار عن بعد ذات الدقة المتوسطة والعالية، ومرئيات (3D) تعتبر من أفضل الوسائل الفعالة وقليلة التكلفة، لرسم خرائط تقييم مخاطر البراكين في جميع أنحاء العالم، بهدف التنبؤ بثورات البراكين مقارنة بالقياسات الأرضية، عن طريق تحديد مواقع التنبؤ بوقوع الانفجارات البركانية، ويتم ذلك باستخدام المرئيات التي تحتوي على القنوات الطيفية الحرارية والمرئية والموجات الدقيقة، فقبل اندلاع البركان يزداد نشاطه الحراري عن طريق ارتفاع درجة الحرارة السطحية (النقاط الساخنة) حول فوهة البركان، ويشكل القيام بالكشف المبكر عن النقاط الساخنة ورصدها عاملاً رئيساً في توقع الثورات البركانية المحتملة، (صورة رقم 60، صفحة 391).

وترتبط الثورات البركانية بظهور سحب من الرماد البركاني والتدفقات البركانية، وحصول تغيرات في أشكال المنحدرات، ويمكن رصد التغيرات التي تحدث في تضاريس سطح الأرض بواسطة الرادار، إلا أن من الممكن أيضا استخدام المرئيات الحرارية لدراسة الانبعاثات الحرارية.

10.9.3 الفيضانات Floods

الفيضانات هي النوع الأكثر كلفة بين كل المخاطر الطبيعية، وتمثل 31% من الخسائر الاقتصادية (Nagahara et al., 2004)، وتعتبر

الفيضانات في الولايات المتحدة الأمريكية ثاني الكوارث الطبيعية الأكثر شيوعاً وانتشاراً، وقد قدم العلماء والباحثين منهجيات أكثر دقة وسرعة للتنبؤ بحدوث الفيضانات، وتقدير عمق ومدى الفيضانات، وأشاروا إلى أن مرئيات الأقمار الصناعية هي أداة فعالة جداً لرصد وإدارة الفيضانات من خلال الآتي:

1. رسم خرائط تفصيلية لتقييم مخاطر الفيضانات، واستخدام نماذج هيدرولوجية مختلفة، بهدف المساعدة في عمليات الإنقاذ، والتنبؤ بحدوث فيضانات مستقبلية.

2. تطوير مقاييس كبيرة، توضح المناطق الأكثر عرضة للفيضانات، وتحتاج إلى مساعدة عاجلة، خاصة الواقعة بجانب أحواض الأنهار، أو بقرب السواحل.

3. رسم خرائط استخدام الأراضي وخرائط التغطية الأرضية لرصد التغيرات البارزة بشكل عام، (صورة رقم 61، صفحة 392).

وتعتبر مرئيات الاستشعار عن بعد المخصصة لرصد الأرض، وسيلة فعالة وسريعة من حيث التكلفة، لرصد وتحديد الآثار المدمرة للفيضانات، عن طريق الحصول على مرئيات مختلفة في أطوالها الموجية، مما يساعد على رصد مختلف أنواع الفيضانات، مثل فيضانات الأنهار، والفيضانات الناجمة عن تهدم السدود، وفيضانات السواحل.

10.9.4 الإنزلاقات الأرضية Landslides

الإنزلاقات أو الإنهيارات الأرضية، تحدث في مناطق متفرقة، لكنها متكررة الحدوث في أغلب المناطق الجبلية، وهناك عدة أسباب تؤدي إلى حصول الانهيارات الأرضية تبعاً لنوع الحركة في المنطقة الجبلية، مثل الانزلاق، أو السقوط، أو الاندفاع، أو التمدد، أو تبعاً لسرعة الحركة، ونوعية المكونات الصخرية، ونوعية التربة، أو تبعاً للحركة المساعدة المسببة لحوث الانهيارات الأرضية مثل الزلزال، وهطول الأمطار، والأنشطة البشرية.

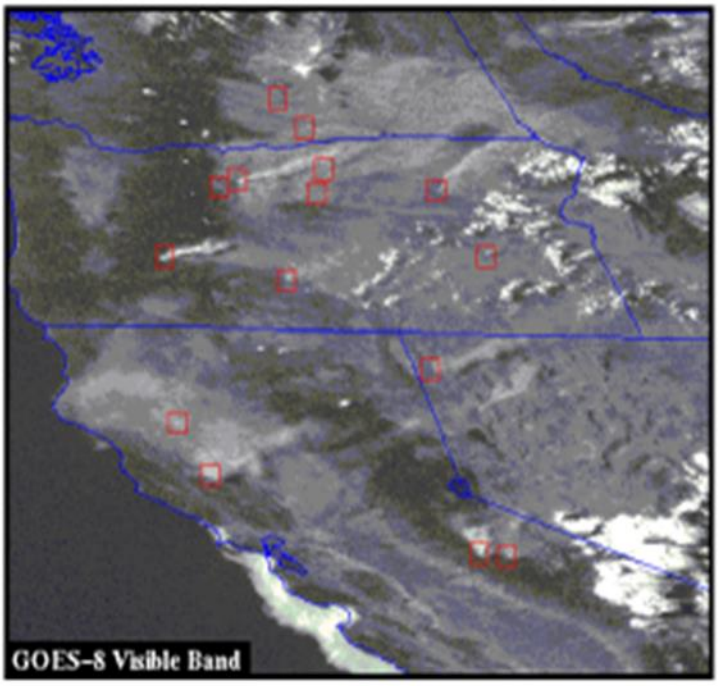
وللوقاية أو التقليل من مخاطر الانهيارات الأرضية يتم إنتاج خرائط للمناطق الصخرية، وخرائط جيومرفولوجية للمنطقة، وخرائط استخدام الأراضي والغطاء النباتي و المنحدرات، ومن المهم أن يكون إعداد خرائط الانزلاقات الأرضية من مرئيات الإستشعار عن بعد ذات الدقة الجيدة بهدف تحديد الشبكة المحلية ذات التباين العالي للمنطقة وتمييز الأماكن المحتملة للإنزلاقات الأرضية عن الأماكن المحيطة بها (Teeuw, 2007)، إضافة إلى استخدام بيانات 3D وصور ستيريوسكوبية وصور جوية واستخدام التحليل المكاني في برامج GIS بحيث تصبح البيانات كافية لإجراء لتحليل السليم كما هو موضح في الصورة (رقم 62، صفحة 392).

10.9.5 حرائق الغابات Forest Fire

تساهم مرئيات الاستشعار عن بعد في رصد الحرائق في مناطق الغابات، وتتطلب عملية رصد الحرائق ثلاث مراحل هامة هي كالتالي:

1. تحديد مخاطر الحرائق: إنشاء قاعدة بيانات تجمع معلومات عن نسبة الرطوبة، وسرعة الرياح، والغيوم، ودرجة الحرارة، وتركيبة الغطاء الأرضي، والمناطق الغابية، والحشائش، في المناطق المحتمل تعرض غاباتها للحرائق.
2. أثناء إندلاع الحريق يمكن استخدام مرئيات (AVHRR) للقمر الصناعي (NOAA) لرصد امتداد الحرائق، من خلال قناة الطيف الحراري، كما تستخدم القنوات 1 و 2 و 4 لتمييز الدخان والتفريق بين المناطق المحترقة وغير المحترقة، ويمكن استخدام مرئيات القمر الصناعي (GOES) لرصد امتداد الحرائق، كما في شكل (10.3).
3. بعد إخماد الحريق، يمكن إجراء تقييم للمناطق المتضررة وتحديد المناطق التي تأثرت بالحريق.

شكل (10.3): مرئية (GOES-8) توضح اعمدة دخان في غرب أمريكا



المصدر: http://cimss.ssec.wisc.edu/wxwise/class/pictf96/firevis.gif

10.9.6 تسرب النفط Oil Spill

إن الحد من مخاطر الكوارث البيئية في البحار واليابسة الناتجة من التسرب النفطي هو أمر ضروري للحفاظ على البيئة والحد من الخسائر الاقتصادية، ولذلك فإن مراقبة تسرب النفط يشكل عنصراً هاماً في إدارة الكوارث في معظم دول العالم، وقد ساهم التقدم في تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في تحديد بقع تسرب النفط ومحاولة حصرها قبل أن تتسبب في أضرار واسعة النطاق.

إن متوسط عدد ناقلات النفط التي تنقل النفط من حقول النفط يبلغ 15 ناقلة يومياً (Nandjha et al., 2008)، وهذا يزيد من إمكانية حدوث تسرب نفطي أثناء نقل أو تخزين النفط على الجليد أو المياه، وتزداد الخطورة أثناء هبوب الرياح والأمواج والتيارات، مما يزيد من تشتت بقعة النفط وانتشارها على مساحة واسعة في غضون بضع ساعات، وتحتوي بيانات مجسات الاستشعار عن بعد القادرة على كشف تسرب النفط، بيانات الفيديو، ومرئيات الأشعة تحت الحمراء، والأشعة تحت الحمراء الحرارية، والأشعة المرئية، والليزر المحمول على طائرات التصوير، ومرئيات رادار SAR، شكل (10.4)، وجميعها تقدم المعلومات التالية عن التسرب النفطي:

1. أماكن وجود وانتشار بقع النفط على مساحة واسعة.
2. سماكة بقع النفط لتقدير كمية النفط المتسرب.
3. تصنيف نوع النفط من أجل تقدير الأضرار البيئية، واتخاذ التدابير المناسبة.
4. تقديم المعلومات المناسبة في قيمتها وزمنها للمساعدة في عمليات التنظيف.

10.10 صناعة الخرائط Cartography

إن رسم وإنتاج الخرائط يشكل جزءاً لا يتجزأ من عملية إدارة الموارد الأرضية، والمعلومات التي يتم توقيعها على الخرائط هي نتاج مشترك لتحليل بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، (صورة رقم 63، صفحة 393)، وتتضمن تطبيقات الاستشعار عن بعد في إنتاج ورسم الخرائط ما يلي:

1. استخدام تقنيات مسح الأراضي بالتزامن مع استخدام نظام تحديد المواقع للحصول على الدقة العالية في تحديد الظواهر الطبيعية والبشرية على سطح الأرض.
2. تعتبر بيانات الاستشعار عن بعد وسيلة فعالة لتحديد وعرض البيانات بشكل مريح وبدقة وكفاءة عالية، وبمقاييس مختلفة، لتلبية متطلبات المستخدمين المختلفة.
3. استخراج المعلومات المتعلقة بطريق النقل، وبناء المواقع والمرافق والبنية التحتية في المناطق الحضرية والريفية، والمعلومات الزراعية، والغطاء النباتي، والمواقع الأثرية، والعسكرية، والكثير من التطبيقات المختلفة.
4. إنشاء بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية 3D باستخدام منهجيات مختلفة، وبيانات متنوعة، لمجسات الاستشعار التي تخدم تطبيقات رسم الخرائط، كما هو موضح في الصورة رقم 64، صفحة 393).

10.11 التطبيقات العسكرية Military Application

تزايدت أهمية الفضاء للعمل العسكري فأصبح يمثل المسرح الرابع للعمليات الحربية، بعد المسارح البرية والجوية والبحرية، ومن خلاله صار من الممكن تنفيذ كثير من المهام مثل التجسس، والاستطلاع، والإنذار المبكر، ورصد الصواريخ الباليستية، والملاحة، والاتصالات، وبذلك تغير مفهوم الحروب والمواجهات القتالية، مع أوائل القرن الحالي وفى نهاية القرن المنصرم، فقد أصبح الاهتمام كبير بالوسائل الرقمية، لدقتها وسرعة الحصول على نتائج دقيقه منها، وبدأ الاهتمام بتجميعها من مصادرها المختلفة والحصول على المصادر العادية ومحاوله نمذجتها وترقيمها وحفظها داخل قواعد بيانات ضخمه داخل الحاسب الآلي.

إن أول سلسلة من الأقمار الصناعية العسكرية المستخدمة في عمليات الاستطلاع والمراقبة كانت (KeyHole)، وقد أطلقت إلى الفضاء الخارجي في عام 1960م، وتختلف سلسلة أقمار (KeyHole) في الخصائص المدارية والمجسات المستخدمة للتصوير، بدءاً من أول قمر صناعي (KH-1)، بدقة مكانية قدرها (2 m) لكل بكسل، وحتى آخر قمر صناعي وهو (KH-6)، وكانت تديرها القوات الجوية الأمريكية بمشاركة وكالة المخابرات المركزية.

وقد ذكر موقع المقاتل الإلكتروني أربعة عناصر أساسيه عن الوسائل المساحية المعتمدة على الأقمار الصناعية المستخدمة في الأعمال العسكرية في الوقت الراهن وهي كالتالي:

1. استخدام طائرات التجسس بعيده المدى ذات قوه التقاط للصور عالية الجودة من مسافات بعيده، والتي لا تتمكن أجهزه الرادار من التقاط الموجات الكهرومغناطيسية بسبب ارتفاعها.
2. الأقمار الصناعية التي تستخدم في مجال التجسس والتي تنتج مرئيات فضائية، بمقدار تحليل قوى طيفيه بالغه الدقة، ومزوده بأدوات تحليليه تقريبية لها قدره بالغه على تحليل معاملات اللون الطيفي للأجسام الأصلية.
3. انظمه تحديد المواقع بكل أنواعها ويدخل في ذلك أنظمة التتبع المركزية واللامركزية.
4. أجهزه خاصة جداً من أجهزه المساحة الفراغية والتي تنقسم إلى نوعين:

- **النوع الأول** منها يعتمد على تكوين شبكات فراغيه تتلاقى جميعاً في نقطه واحده في اتجاه الهدف، الذي يتم تحديد انحرافه من خلال إحدى الوسائل الثلاثة السابقة، ويتم توجيه الجهاز الفراغي في نفس اتجاه الهدف المرصود، ويتم من خلال مناظير الانعكاس الطيفي تحديد المسافة التي تفصل نقطه محور الجهاز الفراغي عن الهدف، ولكن لذلك النوع عده عيوب، منها الحاجة إلى عدم وجود عقبات بين الجهاز الفراغي والهدف المرصود تمنع من تكون الشكل الطيفي للهدف داخل المنظار.

- **النوع الثاني** يعتمد على أجهزه المسح الحراري والتي تعتبر نوع من أنواع الاستشعار عن بعد، ومن أدق الأجهزة في المساحة الأرضية، وتعتمد على كاميرات التصوير الحراري الأرضية، بحيث يمكن رؤية جميع الأجسام على

مسافة معينه تقدر بحوالي 60 ميل، وتحديد المسافة والانحراف عن النقط المرصودة ومن خلال أجهزه تحديد المواقع العالمية بالغه الدقة، التي تزود بها تلك الأجهزة، فمن الممكن تحديد إحداثيات نقطه الهدف، ويتم إرسال رسالة إلى القطع الحربية بضرب الهدف الموجود في الإحداثيات المرصودة.

تعتبر صواريخ كروز مثال واضح لاستخدام تكنولوجيا الأقمار الصناعية في التطبيقات العسكرية، فصاروخ كروز هو مصطلح عام للأسلحة ذاتية الدفع الموجهة التي تطير مثل الطائرة العادية، وجميع صواريخ كروز مزودة الآن بأنظمة تحديد المواقع (GPS).

ويتم تزويد صواريخ كروز بشريحة تحتوي على كل المعلومات الخاصة بالتضاريس الأرضية التي تحتوي على البعد الثالث الذي يظهر الارتفاعات، كما تحتوي على الإحداثيات الجغرافية لخطوط الطول والعرض، إضافةً إلى أجهزة مستقبلة تتصل بالأقمار الصناعية باستمرار أثناء تنفيذ المهمة، ويسترشد الصاروخ أثناء الإقلاع على مساره من نظم تحديد المواقع، وتقوم الخارطة الكنتورية ثلاثية الأبعاد التي تسمى (تريكم) بتوجيه خط مساره، وتجنب كشفه حتى يصل إلى هدفه ويدمره، (صورة رقم 65، صفحة 394)، وإذا رأت قيادة العمليات العسكرية بعد انطلاق الصاروخ نحو هدف ما، بأن هناك هدف آخر أكبر أهمية من الهدف المحدد مسبقاً، فيمكن استعمال الأقمار الصناعية لتزويد الصاروخ بالإحداثيات الخاصة بالهدف الجديد، و بذلك يقوم الصاروخ بالانحراف نحو الهدف الجديد ويدمره.