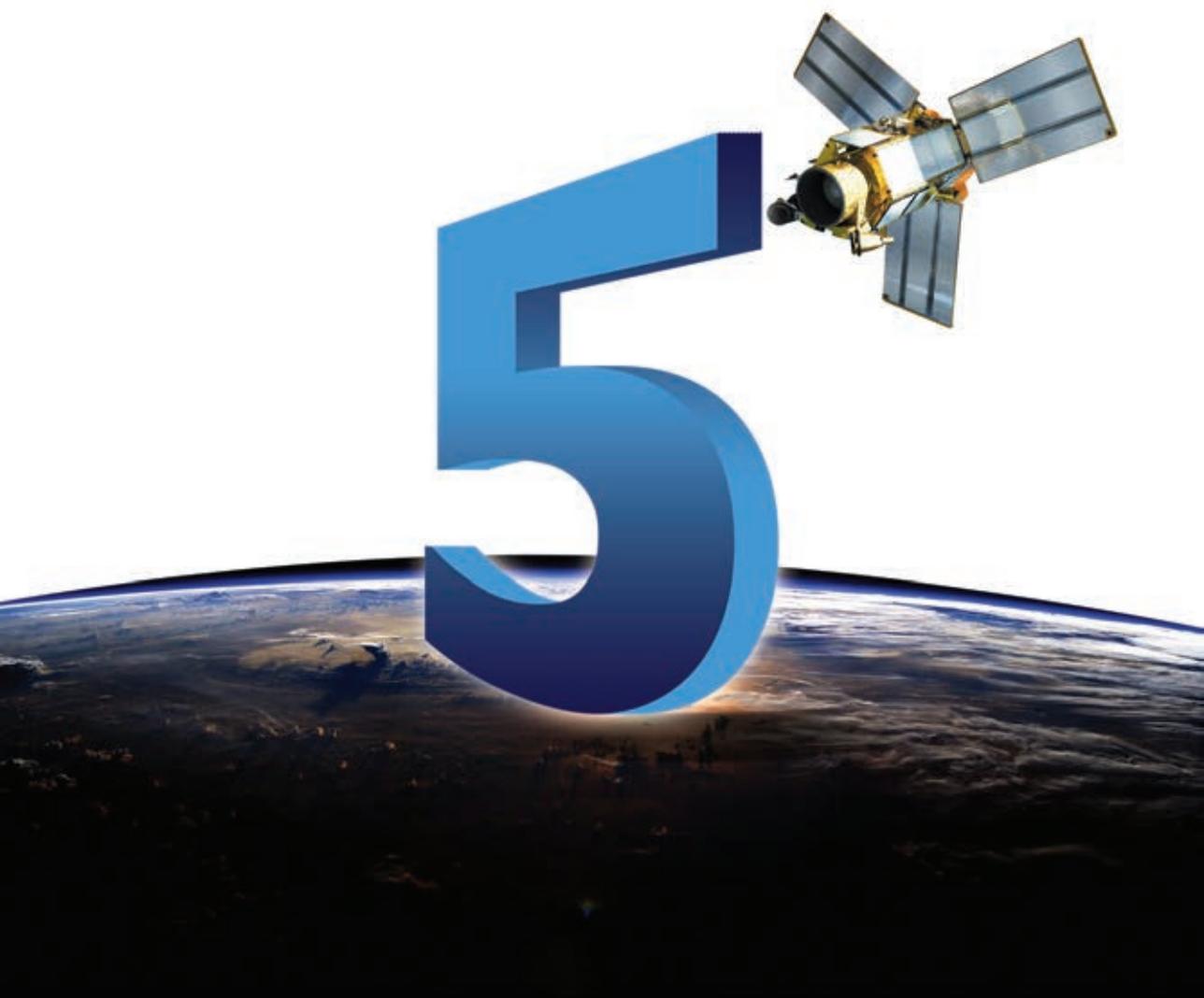


# الفصل الخامس



**تطبيقات الاستشعار عن بعد**



### المقدمة:

كما ذكرنا سابقاً، إن أجهزة الاستشعار يتم تصميمها بحيث يخدم كل منها غرضاً معيناً، فالمستشعرات البصرية (optical)، يهتم تصميمها بالنطاقات والمعلومات الطيفية، بينما في التصوير الراداري تلعب زاوية السقوط ونطاق أشعة الميكرويف المستخدمة دوراً هاماً في تحديد التطبيق الملائم للمستشعر.

فكل تطبيق له متطلبات خاصة، من حيث الدقة الطيفية والمكانية والوقائية كذلك. وعادة ما يحتاج التطبيق الواحد إلى أكثر من نوع من أجهزة الاستشعار، ويشار إلى ذلك بالتكامل بين البيانات، وتسمى البيانات المساعدة التي تستخدم في التحليل بالبيانات الإضافية أو الفرعية (ancillary data).

سوف نتحدث عن تطبيقات الاستشعار عن بعد في هذا الجزء بإيجاز، ولن نتطرق على سبيل المثال إلى التطبيقات العملية في مجال الطقس والمناخ، ولكن سنتحدث عن التطبيقات المرتبطة بسطح الأرض.

### ٥-١ الزراعة:



تلعب الزراعة دوراً هاماً في اقتصاد الدول النامية والمتقدمة على السواء، فهي تمثل إحدى ركائز الصناعات بالنسبة للدول المتقدمة اقتصادياً، وكذلك هي ضرورة لسد الاحتياجات الغذائية للدول ذات التعداد السكاني المرتفع، فإنتاج الغذاء هو ضرورة للجميع وكذلك الاستفادة الاقتصادية منه هي هدف أساسي.

ويحتاج المزارع أن تتوفر له معلومات حتى تزداد كفاءته، فهو بحاجة لمعرفة صحة المحاصيل وأماكن الإصابات وظروف التربة، وكذلك يهتم التجار بمدى إنتاجية المزارع من حيث الجودة والكمية، حيث إن لها تأثيراً مباشراً على الأسعار والتجارة العالمية.

تستخدم الأقمار الصناعية وطائرات التصوير الجوي لتحديد أنواع المحاصيل وصحتها وحيويتها، وكذلك مراقبة الأنشطة الزراعية. وتشمل التطبيقات الزراعية للاستشعار عن بعد ما يلي:

- تحديد أنواع المحاصيل.
- تقييم ظروف الزراعة.





- تقدير إنتاجية المحاصيل .
- معرفة خصائص التربة .
- متابعة أنشطة التعامل مع التربة .
- مراقبة الأنشطة الزراعية .

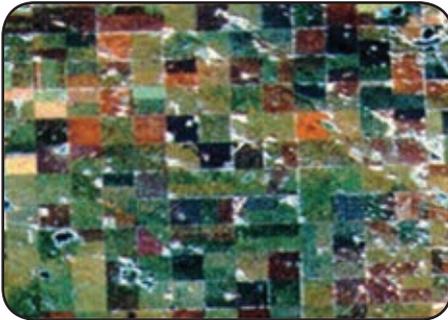
### ١-١-٥ تحديد أنواع المحاصيل:

#### مقدمة :

يتم إنتاج الخرائط التي توضح أنواع المحاصيل عن طريق المؤسسات الزراعية المحلية والدولية، وذلك بغرض التنبؤ بكميات المحاصيل الأساسية (كالحبوب بأنواعها)، ومعرفة بعض الإحصاءات عن إنتاج المحاصيل، وإنتاجية التربة في المناطق المختلفة، وكذلك تحديد العوامل التي تؤثر على صحة المحاصيل، وتحديد مناطق تضرر المحاصيل الناتج عن الجفاف أو الرياح، ومراقبة الأنشطة الزراعية. توجد طرق تقليدية للحصول على تلك المعلومات، مثل عمل بعض الإحصاءات أو المسح الأرضي، ولكنها لا توفر معلومات بنفس الدقة مثل الاستشعار من البعد.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد وسيلة يمكن الاعتماد عليها، كما أن لها كفاءة عالية في جمع المعلومات، وإلى جانب كونه يستطيع توفير رؤية شاملة، فهو يستطيع كذلك توفير معلومات مفصلة عن صحة المحاصيل. فالانعكاس الطيفي يختلف تبعاً لنمو المحاصيل، وصحتها، ونوعها ولذلك يمكن متابعتها باستخدام أجهزة الاستشعار متعددة الأطياف. أما الرادار فيمكنه معرفة التركيب الداخلي ومحتوى الرطوبة للمحاصيل، وبالتالي يمكنه توفير معلومات إضافية، وجمع المعلومات الخاصة بالنوعين السابقين من أجهزة الاستشعار، نستطيع التمييز بين الفئات المختلفة، وبالتالي تكون عملية التصنيف أكثر دقة.



#### البيانات المطلوبة:

تستخدم الصور الملتقطة على فترات زمنية مختلفة لتسهيل عملية التصنيف، وذلك بالأخذ في الاعتبار التغيرات التي تطرأ على النباتات في مراحل النمو المختلفة، وذلك يتطلب أن تتم معايرة المستشعرات، وأن يتم التصوير بشكل متكرر خلال فترة النمو. على سبيل المثال: محصول الكانولا، يكون من السهل تمييزه عند إزهاره، وذلك نتيجة التغيرات في الانعكاسات الطيفية.



كذلك البيانات التي يتم الحصول عليها من أكثر من جهاز استشعار تفيد في جعل عملية التصنيف أكثر دقة عن طريق توفير معلومات أكثر مما يمكن لجهاز واحد أن يوفرها، فالاستشعار باستخدام الأشعة تحت الحمراء مع الضوء المرئي (VIR)، يوفر معلومات عن صبغة الكلوروفيل في النباتات، بينما الاستشعار بواسطة الرادار يوفر معلومات عن بنية النباتات ومحتوى الرطوبة الخاص بها في المناطق التي بها غيوم وضباب باستمرار، يكون الرادار هو جهاز الاستشعار المناسب للتمييز بين أنواع المحاصيل المختلفة، نتيجة قدرته على تحمل تلك الظروف الجوية، بسبب أن الأطوال الموجية الخاصة به كبيرة و تتمكن من اختراق بخار الماء .

### ٢-١-٥ مراقبة المحاصيل و تقدير الأضرار:

#### مقدمة :

إن تقييم صحة المحاصيل، بالإضافة إلى الاكتشاف المبكر للإصابات والأمراض، هو أمر حيوي للتأكد من إنتاجية الزراعة. فعلى سبيل المثال، وجود خلل في رطوبة النباتات أو وجود حشرات، وكذلك انتشار الفطريات أو الأعشاب الضارة، كل ذلك يجب اكتشافه مبكراً، حتى تتوفر لدى المزارع فرصة تلافي الخسائر. وذلك يتطلب أن تتم عملية الاستشعار عن بعد بشكل متكرر (على الأقل أسبوعياً)، وأن يتم توصيل المعلومات للمزارع بشكل سريع، عادة ما يكون خلال يومين .

كذلك فإن المحاصيل لا تنمو بشكل متساو خلال الحقل الواحد، مما يؤدي إلى اختلاف كمية المحصول من مكان لآخر في الحقل، وقد يكون سبب هذه الاختلافات نقصاً في تغذية التربة أو أي مظاهر خلل أخرى. ويسمح الاستشعار عن بعد للمزارع باكتشاف المناطق التي تعاني من مشاكل، وبالتالي يتمكن من علاجها بالأسمدة أو المبيدات الحشرية والعشبية المناسبة. واستخدام تلك الطريقة لا يؤدي فقط لزيادة إنتاجية الأرض الزراعية، بل ويقلل التكلفة والتأثيرات البيئية كذلك .

يوجد العديد من الأشخاص العاملين في مجالات تجارة و تسمين المحاصيل الزراعية، الذين لم تطأ أقدامهم أي حقل من قبل، ولكنهم بحاجة إلى معلومات عن صحة المحاصيل حول العالم، حتى يتمكنوا من تسمين المحاصيل وإجراء المفاوضات والاتفاقات التجارية، فالعديد من أولئك الأشخاص يعتمدون على مؤشر تقييم المحصول لمقارنة معدلات النمو والإنتاجية على مر السنوات ولمعرفة مدى جودة الزراعة في كل دولة، ويساهم هذا النوع من المعلومات في معرفة المناطق التي قد تعاني من مشاكل مستقبلاً. فعلى سبيل المثال: المجاعة التي عانت منها إثيوبيا في أواخر الثمانينيات، حدثت نتيجة الجفاف الملحوظ الذي تسبب في تدمير العديد من المحاصيل، فمعرفة وتحديد تلك المناطق يساعد في التخطيط لمعالجتها، وكذلك إيصال المساعدات الإنسانية .



### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد العديد من العوامل التي تسمح بمراقبة صحة المحاصيل المختلفة، وإحدى مميزات الاستشعار عن بعد باستخدام الضوء المرئي مع الأشعة تحت الحمراء (VIR)، هو أن الأشعة تحت الحمراء لها حساسية كبيرة تجاه التغيرات التي تحدث في المحاصيل. فالتقنيات الحديثة في الاتصالات والتكنولوجيا، تسمح للمزارع بمتابعة الصور الخاصة بحقله



واتخاذ القرارات والإجراءات المناسبة، كما يساعد الاستشعار عن بعد في تحديد المحاصيل التي تأثرت بظروف الجفاف والرطوبة، والحشرات، والفطريات والأعشاب الضارة، أو المتضررة بسبب الظروف الجوية. ويتم التقاط الصور، خلال فترة النمو، ليس فقط من أجل اكتشاف المشكلات، ولكن أيضاً لمتابعة نجاح العلاج. ففي الصورة بالأعلى، قام إعصار بتدمير جزء من المحاصيل، ويظهر ذلك واضحا في الصورة.

تحتوي النباتات السليمة على كمية كبيرة من صبغة الكلوروفيل (هي المادة المسؤولة عن إعطاء النباتات لونها الأخضر)، و بالتالي فإن

النباتات السليمة لا تعكس اللونين الأزرق والأخضر، حيث تمتصها صبغة الكلوروفيل، على عكس نطاق اللون الأخضر والأشعة تحت الحمراء تكون الانعكاسات بهما كبيرة. أما النباتات والمحاصيل التي تعاني من التلف فتقل بها مادة الكلوروفيل، وكذلك تحدث تغيرات في تكوينها الداخلي، فيؤدي نقص مادة الكلوروفيل إلى تقليل الانعكاسات في نطاق اللون

الأخضر، بينما التغير في التكوين الداخلي للأوراق يؤدي إلى تقليل الانعكاسات في نطاق الأشعة تحت الحمراء، وبالتالي يكون من السهل اكتشاف وجود تلف أو تضرر مبكراً. فمعرفة نسبة انعكاسات الأشعة تحت الحمراء إلى انعكاسات اللون الأحمر، تعتبر مقياساً جيداً لصحة النباتات.



كما ذكرنا سابقاً، يوجد مؤشر يسمى Normalized Differential Vegetation Index NDVI ويستخدم لتحديد صحة النباتات، حيث إن النباتات السليمة تكون قيمة ذلك

المؤشر بالنسبة لها كبيرة بسبب انخفاض انعكاسات الضوء الأحمر وزيادة انعكاسات الأشعة تحت الحمراء، فقيمة ذلك المؤشر تدل على حيوية النباتات وتأثرها بالظروف المناخية. مثال جيد على تأثير حيوية النباتات، الأراضي المروية وغير المروية، فالمحاصيل المروية تظهر





بلون أخضر ساطع في الصور ذات الألوان الحقيقية، أما المناطق الداكنة، فهي مناطق جافة قليلة النباتات، و لكن في التصوير اللوني الزائف (التصوير بالأشعة تحت الحمراء) تظهر انعكاسات الأشعة تحت الحمراء باللون الأحمر، وبالتالي فإن النباتات السليمة تظهر بلون أحمر ساطع، بينما المراعي الجافة مثلا، تكون لها انعكاسات قليلة.

كذلك من الممكن فحص اختلافات نمو المحاصيل داخل الحقل الواحد، فالمناطق التي بها

محاصيل سليمة و تنمو بشكل جيد، سوف تظهر بسطوح منتظم و موحد، أما المناطق المتضررة فستظهر بلون داكن أكثر مما يحيط بها. وإذا كانت البيانات تخضع لمرجع جغرافي، و كان لدى المزارع وحدة (نظام تحديد المواقع العالمي GPS)، فإنه يتمكن من تحديد المناطق المتضررة بسرعة، عن طريق معرفة إحداثيات موقعه بالنسبة لإحداثيات الصورة.

### متطلبات التطبيق:

معرفة مناطق التضرر في المحاصيل و مراقبة صحتها، يتطلب صوراً ذات دقة عالية، وكذلك القدرة على التصوير متعدد الأطياف، كما أن أحد العوامل الضرورية لجعل المعلومات مفيدة للمزارع هو عامل الوقت، فعندما تصل البيانات و الصور التي توضح وجود مشكلة في محصول ما متأخرة (على سبيل المثال بعد أسبوعين من التقاطها) فإن ذلك لا يفيد في تلافي المشاكل والأضرار. كذلك فإن الصور تكون مطلوبة في أوقات معينة خلال مرحلة النمو، وبشكل دوري.

وبشكل عام فإن الاستشعار عن بعد لا يحل محل العمل الذي يقوم به المزارع ليتابع حقله، ولكنه يساعد في توجيهه إلى المناطق التي تحتاج عناية طارئة.

### ٢-٥ الغابات :

تعتبر الغابات أحد الموارد القيمة، فهي توفر الغذاء، و المأوى، و موطن للحياة البرية، و مصدر للوقود و بعض المكونات الطبية، و الأوراق. كما تلعب الغابات دورا هاما في موازنة غاز ثاني أكسيد الكربون على كوكب الأرض، و تمثل أيضا حلقة وصل بين الغلاف الجوي و الأرض و المسطحات المائية. فالغابات الاستوائية المطيرة على وجه الخصوص، بها عدد ضخم من أنواع النباتات، و بالتالي فهي توفر مسكنا للعديد من الحيوانات المختلفة، كما أنها مصدر هام للمكونات الطبية. أهم المشكلات التي تواجه الغابات أنها مهددة بالفاء نتيجة أسباب طبيعية (مثل: الحرائق و الأمراض)، أو الأنشطة البشرية (مثل: إزالة الغابات، إحراقها، تحويل الأراضي)، لذلك من الضروري مراقبة الغابات لمتابعة نمو و صحة النباتات، و كذلك استغلالها تجاريا على نحو جيد.





البشر عادة ما يعتبرون أن منتجات الغابات مفيدة أكثر من الغابات نفسها !! ولذلك فإن قطع الغابات للحصول على الأخشاب هو نشاط قديم و يحدث على نطاق العالم، وتآكل الغابات له تأثير على المدى البعيد على المناخ والحفاظ على التربة، والتنوع البيولوجي، والأنظمة الهيدرولوجية، ولذلك هو أحد الاهتمامات البيئية الضرورية استخدام الغابات في الأغراض التجارية هو مجال هام على نطاق العالم، ومع الضغوط

المتزايدة للحفاظ على الغابات، يجب على الشركات التي تقوم بقطع الأخشاب أن تكون أكثر كفاءة واقتصادية وعلى دراية بأن تلك الممارسات لا يمكن أن تستمر. يجب التأكد من أنه تتم إعادة زراعة الأشجار في المناطق التي يتم أخذ الأخشاب منها، حيث يضمن ذلك توافر الأخشاب على المدى البعيد حتى تعوض الزيادة الكبيرة في التعداد السكاني.



**أما التآكل الذي أسببه غير تجارية فيحدث نتيجة:**

- إزالة الغابات بغرض الزراعة، أو التنمية العمرانية.
- الجفاف.
- زحف الصحراء.
- فقدان المياه الجوفية.



- الحشرات.
- الحرائق.

أو بعض الظواهر الطبيعية الأخرى (مثل الأمراض والأعاصير).

في بعض مناطق العالم، خصوصاً المناطق الاستوائية، التي تغطي الغابات المطيرة بها مساحات من الأرض لها أهمية كبيرة، حيث تعتبر هذه الأراضي صالحة للزراعة بشكل كبير، وبالتالي يتم حرق الغابات أو إزالتها حتى يتم استغلال تلك الأرض. تحدث تلك الممارسات عندما لا يدرك البشر أهمية الغابات على المدى الطويل بسبب اهتمامه بالحصول

على الغذاء فقط. فالأضرار التي تنتج عن ذلك النشاط لا تتمثل فقط في فناء الغابات الغنية بأنواع الأحياء المختلفة، ولكن أيضاً حرق الغابات ينتج عنه الكثير من غاز ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي تزداد ظاهرة الصوب الزجاجية (الاحتباس الحراري).



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

بالطبع فإن مراقبة صحة الغابات أمر ضروري للحفاظ عليها ، فانقراض بعض الأنواع الهامة مثل أشجار "المنغروف" "Mangrove"، في المناطق الساحلية، واختفاء الكائنات الحية التي تستوطن منطقة معينة، كل ذلك يؤثر على البشر والمجتمع بشكل سلبي، وبالتالي تبذل الكثير من الجهود لمراقبة ووضع قوانين تحمي تلك المناطق .

تتمثل التطبيقات العالمية والمحلية للاستفادة من الغابات (و التي تستخدم الاستشعار عن بعد) في تنمية الغابات كمصدر للغذاء ، والمحافظة على تنوع الكائنات الحية، ومراقبة الغابات وإعادة زراعتها، والمعاملات التجارية، وحماية المناطق الساحلية، ومراقبة الحياة البرية، وبعض الاهتمامات البيئية الأخرى .

تساعد التغطية العالمية للغابات الدول النامية التي لا تمتلك الكثير من المعلومات عن غاباتها على إدارة وتنمية الغابات. فمعرفة نوع الغطاء الأرضي، وتحديد المناطق الساحلية وأماكن تجمع المياه في الغابات، ومراقبة أنشطة قطع الأشجار وإزالة الغابات، وتحديد أماكن حرائق الغابات، كلها احتياجات ضرورية على مستوى العالم ، ويتم استخدام الاستشعار عن بعد في تلك الأغراض .

**تشمل التطبيقات التي تستخدم الاستشعار عن بعد على الغابات:**

### ١) رسم الخرائط الاستطلاعية:

الأهداف التي تهتم بها المنظمات البيئية هي تحديد أنواع الغابات، ومراقبة تآكل الغابات، ومراقبة الخصائص الحيوية الفيزيائية .

### ٢) الأغراض التجارية:

**الأهداف التي تهتم شركات و هيئات إدارة الموارد هي:**

- تحديد مناطق إزالة الغابات .
- تحديد مناطق الحرائق .
- تقدير الكتلة الحيوية .
- تقدير أنواع وكميات النباتات المختلفة .

### ٣) المراقبة البيئية:

**تهتم السلطات المسؤولة عن الحفاظ على البيئة بمراقبة كمية وصحة وتنوع الغابات.**

- إزالة الغابات .
- أنواع النباتات .
- حماية السواحل .
- صحة الغابات .



### ١.٢.٥ تحديد مناطق إزالة الغابات :

#### مقدمة:

إزالة الغابات هي مشكلة عالمية، ولها الكثير من الآثار المترتبة عليها. على سبيل المثال في أوروبا، قامت الملوثات (مثل الأمطار الحمضية والدخان والمواد الكيميائية من المصانع) بتدمير نسبة كبيرة من الغابات، فقد دمرت الملوثات أكثر من نصف غابات تشيكوسلوفاكيا وكانت هناك تأثيرات مماثلة في كل من ألمانيا، وبولندا، والدول الاسكندنافية. وفي الدول الاستوائية، تتم إزالة الغابات المطيرة، واستصلاح تلك الأراضي للزراعة، مما أدى لخسارة مساحات كبيرة من الغابات الاستوائية في أمريكا اللاتينية (أمريكا الوسطى، جنوب المكسيك، هايتي)، وأمريكا الجنوبية (البرازيل)، وإفريقيا وآسيا. وفي كل من هايتي ومدغشقر على وجه الخصوص، كانت النتائج مدمرة، فخسارة الغابات أدت إلى تجريف التربة، وترسب الطمي في مجاري الأنهار، وأثر ذلك على الملاحة ومصائد الأسماك، ومواطن الحياة البرية، ومياه الشرب، وكذلك إنتاجية الزراعة والاكثفاء الذاتي.



وأشجار المنغروف "Mangrove"، التي تحمي مصبات الأنهار، تتم إزالتها من أجل التوسع العمراني، أو تربية الأحياء المائية أو يتم تدميرها بواسطة الملوثات والترسيب. ولذلك فإن متابعة صحة تلك الأشجار هو أمر هام لحماية المناطق الساحلية من التآكل والانحسار، وكذلك حماية الأراضي من خطر الفيضان.

كما أن خسارة الغابات تؤدي إلى فقدان التنوع الحيوي على سطح الأرض، والذي يتحكم في قدرتنا على التكيف مع الظروف المتغيرة والبيئة. فالغابات المطيرة يعيش فيها حوالي نصف أنواع النباتات والحيوانات على سطح الأرض، وتدمير مساحات كبيرة منها يؤدي إلى تقليل التنوع الجيني.

ويقوم الاستشعار عن بعد بمراقبة معدل ومدى انتشار إزالة الغابات، وكذلك إعادة زراعتها.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يستخدم الاستشعار عن بعد، آليات كثيرة لتحليل وتحديد مشكلة إزالة الغابات. فالصور الملتقطة على فترات زمنية مختلفة تستخدم لتحديد التغيرات التي طرأت على المنطقة، حيث تتم مقارنة الصور التي التقطت قبل سنوات بالصور الحديثة، وذلك لتحديد وقياس حجم التوسع في



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

عملية إزالة الغابات . أما البيانات مختلفة المصادر ( أكثر من جهاز استشعار ) ، فتستخدم لتوفير معلومات مكملة ، فالصور الرادارية مع الصور الضوئية ، يمكن استخدامها لمتابعة حالة عمليات إزالة قائمة بالفعل أو أخرى جديدة أو تقييم عمليات إعادة زراعة الغابات . ففي الدول التي تنظم وتتحكم في عمليات إزالة الغابات ، يستخدم الاستشعار عن بعد ، كوسيلة لمراقبة ما إذا كانت الشركات تتبع تلك القوانين أم لا .

الصور ذات الدقة العالية ، توفر رؤية تفصيلية لتآكل الغابات ، بينما الرادار يمكنه توفير صور للمناطق التي تحجبها الغيوم . وبشكل عام فإن أجهزة الاستشعار عن بعد توفر رؤية للمناطق التي من الصعب الوصول لها ، حيث كان القطع غير القانوني للغابات سيستمر لفترات طويلة إذا لم توجد تلك الوسائل .

### متطلبات التطبيق:

تعتمد مبادرات المراقبة العالمية - مثل الدراسات التي أجريت على انحسار الغابات المطيرة - على تغطية مناطق كبيرة بشكل مستمر ، لذلك من الضروري استخدام جهاز استشعار قابل للتطوير وإنتاج أجيال جديدة منه . كذلك يتطلب الأمر أن تغطي الصور مناطق كبيرة ، وأن تكون ذات دقة عالية أو متوسطة ، وذلك بناء على ما إذا كان المطلوب تحديد أماكن الإزالة فقط أم رسمها بدقة . وفي التطبيقات التي تحتاج صوراً بتوقيعات مختلفة ، يمكن استخدام الصور ذات الدقة العالية لتحديد الأساس الذي تتم المقارنة بناءً عليه ، أما الصور ذات الدقة الأقل فتستخدم لمراقبة التغيرات .

### ٢-٢-٥ تحديد الأنواع المختلفة:

#### مقدمة:

تحديد أنواع الغابات والنباتات ، هو أمر ضروري لكل من الجهات المهتمة بالحفاظ على الغابات ، وكذلك الشركات المهتمة بالغابات من أجل ما توفره من مواد . وتحديد نوع الغابات يتم على نطاق واسع ، أما تحديد أنواع النباتات فهو يحتاج إلى تفاصيل دقيقة .

### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

الاستشعار عن بعد يوفر وسيلة سريعة لتحديد وتمييز أنواع الغابات ، حيث إن تلك العملية تكون أكثر صعوبة ومكلفة وتستهلك الكثير من الوقت بالطرق التقليدية كما أنه يوفر البيانات في أكثر من دقة (دقة عالية أو متوسطة أو منخفضة) بحيث تكون مناسبة للتطبيقات المختلفة ، وعلى النطاق المحلي أو العالمي كذلك . وتحديد الأنواع على نطاق كبير فيمكن أن يتم باستخدام الصور متعددة الأطياف أو الصور الجوية ، بينما الصور التي تحتاج تفاصيل كثيرة يمكن التقاطها باستخدام الرادار أو الصور متعددة الأطياف . تستخدم تلك الصور بالإضافة للمعلومات التي يمكن استنتاجها منها في أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) ، وذلك للاستفادة منها في تحليلات أكبر .



أما الصور الطيفية الفائقة، فيمكنها توفير دقة مكانية عالية مع الحفاظ على دقة القياسات الإشعاعية (الدقة الراديومترية) عالية. ويمكن استخدام تلك المعلومات الطيفية الدقيقة، لتحديد البصمة الطيفية لأنواع النباتات المختلفة، وكذلك لبعض إصابات الأشجار، كما أنها توفر رؤية مميزة للغابات، لا توفرها التقنيات الأخرى.

### متطلبات التطبيق:

المتطلبات تعتمد على حجم الدراسة المراد إجراؤها، فإذا كان المطلوب هو إجراء استطلاع على منطقة معينة، فتتم تغطية مساحة متوسطة باستخدام جهاز استشعار خاص بتحديد الاختلافات بين أنواع الغابات المختلفة (كثافة الظلال و أوراق الأشجار، الانعكاسات الطيفية). والتقاط الصور لنفس المنطقة في فترات زمنية مختلفة يساعد في معرفة التغيرات الفصلية لمختلف أنواع النباتات.

ولمعرفة التفاصيل الخاصة بأنواع النباتات نحتاج لدقة عالية، وكذلك أجهزة استشعار متعددة الأطياف.

كما أن القدرة على عرض الصور بشكل مجسم، تساعد في معرفة كثافة الغابات، وارتفاع الأشجار، والأنواع. وبشكل عام، معرفة خواص الغابات تتطلب وجود بيانات متعددة الأطياف و أجهزة تمت معايرتها بدقة.

### ٢-٢-٥ تحديد أماكن الحرائق:

#### مقدمه:

تعتبر الحرائق جزءاً من عملية إعادة إنتاج الغابات، حيث تتسبب في تفتح البذور وتنشيط المواد الغذائية في التربة. ولكن نظراً لسرعة انتشارها، فقد تشكل خطراً على الحياة البرية والمناطق السكنية، كما يؤدي إلى فقدان الأخشاب. ولذلك يجب توافر المعلومات للسيطرة على انتشار الحرائق، ولتقييم تعافي الغابات بعد الحرائق.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يستخدم الاستشعار عن بعد في متابعة كل من انتشار الحرائق، وإعادة نمو الغابات بعدها. فهو يستخدم كأداة استطلاع، للوصول للمناطق البعيدة أو التي يصعب الوصول لها بالطرق التقليدية، وبالتالي يتم إبلاغ المنظمات المعنية بمراقبة انتشار الحرائق. أجهزة الاستشعار الخاصة بـ (NOAA AVHRR , GOES) يمكن استخدامها لتحديد أماكن الحرائق المشتعلة وذلك لقدرتها على استشعار الحرارة، حيث إن المستشعرات البصرية قد يعيقها عن التصوير الدخان المتصاعد من الحرائق، أو الضباب أو الظلام. وعندما تتم المقارنة بين المناطق المحترقة والمناطق التي مازالت مشتعلة، تتوفر معلومات عن سرعة واتجاه انتشار النيران.



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

ويقوم الاستشعار عن بعد بتوفير معلومات تساعد في الوصول لمكان الحريق، أو الهرب منه، أو للتخطيط لمكافحة الحرائق، ومتابعة تحسن المناطق المتضررة بعد انتهاء الحريق .

كما يمكن- على مدار عدة سنوات بعد الحريق- التقاط صور مختلفة زمنياً لمتابعة التطور والتحسين لتلك المنطقة .

### متطلبات التطبيق :

البيانات الخاصة بالمستشعرات الحرارية مناسبة أكثر لتحديد أماكن الحرائق التي مازالت قائمة، بينما البيانات الخاصة بالمستشعرات البصرية (الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء) تكون أكثر ملاءمة لمتابعة التطور والتحسين في المناطق التي تضررت سابقاً من الحرائق . متابعة آثار الحرائق تتطلب دقة عالية أو متوسطة، ولا تشترط أن تتوافر البيانات بسرعة، بينما اكتشاف الحرائق يتطلب توافر البيانات بسرعة عالية، لتسهيل الاستجابة، ولكنه لا يتطلب دقة عالية، فالدقة المتوسطة كافية .

### ٢-٥ الجيولوجيا:



تتضمن الجيولوجيا دراسة التضاريس، والتركيبات الأرضية وطبقات الأرض، وذلك لفهم العمليات الفيزيائية التي تؤدي إلى تكوين القشرة الأرضية . وغالبا ما يشار لها على كونها استكشاف واستغلال المصادر المعدنية و الهيدروكربونية لتحسين ظروف ومستوى المعيشة للمجتمع، النفط يوفر البترول، و الغاز لوسائل النقل والمواصلات المختلفة، أما المحاجر المختلفة توفر المكونات الأساسية

لعمليات البناء، و الفحم يستخدم لإنتاج الطاقة، و المعادن النفيسة و الأحجار الكريمة تستخدم لتصنيع المجوهرات، و النحاس و الزنك و المعادن الأخرى تستخدم في العديد من الأغراض المختلفة . تتضمن الجيولوجيا أيضاً دراسة الأخطار المحتملة مثل : البراكين، و الانهيارات الأرضية، و الزلازل، فتلك المعلومات مهمة للدراسات الجيوتقنية المرتبطة بالبناء و الهندسة .

كما أن الدراسات الجيولوجية غير مقتصرة على الأرض فقط، فباستخدام الاستشعار عن بعد تتم دراسة تركيب و تكوين الكواكب و الأقمار الأخرى .



يستخدم الاستشعار عن بعد كأداة لاستخلاص المعلومات حول الأرض و تكوينها وطبقاتها، ولكن عادة ما يتم استخدامه إلى جانب مصادر أخرى للمعلومات توفر بيانات مكملتها. حيث إن البيانات متعددة الأطياف توفر معلومات عن الصخور و تكوينها بناءً على الانعكاسات الطيفية. أما الرادار فيوفر رؤية عن طبوغرافية الأرض و مدى خشونتتها، وهي معلومات قيمة جداً، خصوصاً عند استخدامها بالتكامل مع معلومات أخرى و بالتالي نحصل على تفاصيل دقيقة عن سطح الأرض و تضاريسها .

الاستشعار عن بعد لا يستخدم فقط في التطبيقات المباشرة للجيولوجيا، ولكن يستخدم أيضاً لتحديد الطرق الموصلة لمناطق التعدين، و مراقبة استصلاح الأراضي .

### التطبيقات الجيولوجية للاستشعار عن بعد تشمل التالي:

- رسم خرائط للترسبات السطحية .
- رسم الخرائط الصخرية .
- رسم الخرائط الهيكلية .
- استكشاف المناطق الرملية و الحجرية .
- استكشاف المعادن .
- استكشاف الهيدروكربونات .
- الجيولوجيا البيئية .
- تحديد أماكن الأخطار الأرضية .

### ١.٣-٥ رسم الخرائط الهيكلية و تحليل تضاريس سطح الأرض:

#### مقدمة:

الجيولوجيا الهيكلية تلعب دوراً هاماً في اكتشاف المعادن و تحديد الأخطار المحتملة، ففهم التركيبات و التكوينات المختلفة هو مفتاح التعامل مع حركة القشرة الأرضية، و التي كونت الشكل الحالي لسطح الأرض، و يستخدم ذلك في تحديد المناطق التي يحتمل وجود نفط أو غاز بها، عن طريق تحديد الطبقات السفلى للأرض، و مدى التشكل في القشرة الأرضية في تلك المنطقة. أما الحصول على تفاصيل أكثر حول البنية الأرضية فيتم عن طريق التقنيات الجيوفيزيائية .

و تساهم تلك الدراسة في معرفة الأخطار المحتملة و تحديد أماكنها، مثل الزلازل و الانهيارات الأرضية و النشاط البركاني، كذلك معرفة أماكن الصدعات يفيد في تجنب البناء على تلك المناطق حيث يزداد بها نشاط الزلازل .



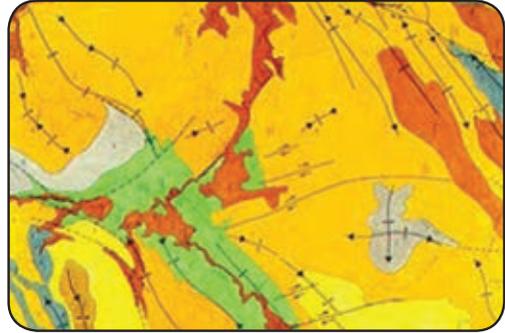


### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

رسم الخرائط الهيكلية يمكن أن يتم من خلال منظور شامل لمنطقة كبيرة، أو على نقاط معينة، ولكن الاستشعار عن بعد يوفر الرؤية الشاملة للمناطق، ويسمح أيضاً للجيولوجيين باستخدام معلومات من مصادر أخرى إلى جانب تلك المعلومات، لتحقيق التكامل بين البيانات، مثل المعلومات الجيومغناطيسية.

بعض أجهزة الاستشعار عن بعد توفر معلومات مختلفة وفريدة، مثل المعلومات التي توفرها أجهزة الرادار عن تضاريس سطح الأرض، وعند مقارنة تلك المعلومات الخاصة بتفاصيل السطح بالمعلومات الجيولوجية الأخرى، يتم استنتاج بعض البيانات والمعلومات عن طريق الترابط بين الخصائص المختلفة. فعلى سبيل المثال: يمكن تمييز نوع معين من الصخور عن طريق صورته الرادارية، والتي قد تشير إلى وجود كثافة مغناطيسية عالية أو انحراف جيوكيميائي.

تتميز أجهزة الرادار ذات الرؤية الجانبية، بأن ظروف الإضاءة الخاصة بها يمكن التحكم فيها، وكذلك الزوايا والأبعاد يتم اختيارها بحيث تلائم طبيعة الأرض والتضاريس.



### متطلبات التطبيق:

في المناطق التي تتميز بوجود غطاء نباتي كثيف يكون من الصعب رصد التكوينات الطبيعية، حيث إن الظلال الكثيفة تصعب عمل المستشعرات البصرية. أما الرادار فهو يستطيع رصد التغيرات الطبوغرافية رغم وجود الأشجار والظلال.

التحليلات الهيكلية يتم إجراؤها على نطاق مناطق بأكملها، وذلك للحصول على نظرة إجمالية وشاملة لتفاصيل الأرض في تلك المنطقة. فالخصائص الجيولوجية تقاس على مدى كبير (كيلومترات)، ولذلك فإن معظم التطبيقات تتطلب صوراً ذات مقياس صغير لتغطية العنصر موضع الاهتمام بشكل كامل. في مناطق أخرى تستخدم الصور الجوية ذات المقياس الكبير لرسم خرائط أماكن الأخطار المحتملة مثل الانهيارات الأرضية.



في معظم الأحوال لا ترتبط تلك التطبيقات بالوقت، وبالتالي لا تكون هناك حاجة لسرعة استلام الصور والبيانات. ولا يعتبر التقاط الصور بصفة دورية عامل مهم إلا إذا كانت هناك دراسة يتم إجرائها على التغيرات التي تحدث للقشرة الأرضية على مدار الزمن.

أكثر العوامل أهمية في بيانات الاستشعار عن بعد هو توافر معلومات عن طبيعة سطح الأرض، ويلائم الرادار تلك الخصائص نظراً لرؤيته الجانبية، فالتصوير باستخدام زوايا سقوط صغيرة يعزز من رؤية تفاصيل السطح وتكوينه، كما يمكن الاستفادة من الظلال في تحديد الارتفاعات والأشكال.

### ٢-٣-٥ رسم الخرائط الجيولوجية :

#### مقدمة:

رسم الخرائط للوحدات الجيولوجية، يتكون بشكل أساسي من تحديد الوحدات الفيزيوجرافية والتكوينات الصخرية، حيث يتم وصف تلك الوحدات بناءً على عمرها وسماكتها وتكوينها. يمكن استخدام الاستشعار عن بعد في وصف الصخور عن طريق اللون وكذلك عوامل التعرية والظروف الجوية.

ويفيد ذلك في اكتشاف البترول والمعادن المختلفة، حيث أن تلك الموارد توجد في تكوينات صخرية معينة، فالتركيب الصخري تحت الأرض، قد يكون قابلاً للاحتفاظ بالبترول أو يسمح بوجود أنواع معينة من المعادن، وبالتالي فإن العلماء يقومون بدراسة التركيبات والتكوينات الصخرية وذلك ليتمكنوا من تحديد الأماكن التي يحتمل وجود تلك الموارد بها حتى تبدأ عملية الاستكشاف في تلك المناطق. تعتبر معرفة طبيعة الصخور الأرضية هي أمر حيوي لعمليات البناء والتشييد، والتعدين، وكذلك في الاستفادة من الأرض في تلك المنطقة والتخطيط العمراني، كما أن فهم توزيع الوحدات المختلفة يساعد في معرفة التاريخ الجيولوجي لسطح الأرض.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

#### الاستشعار عن بعد يفيد في:

١) رسم خرائط الوحدات الإقليمية، المفيدة في عمل دراسات وتحليلات على نطاق صغير، وكذلك عمل التحليلات الميدانية للحصول على خرائط مفصلة.

٢) فهم التوزيع المكاني والعلاقات السطحية بين الوحدات الجيولوجية، فالاستشعار بواسطة الضوء المرئي إلى جانب الأشعة تحت الحمراء (VIR) يوفر المعلومات الطيفية المرتبطة بتكوين تلك الوحدات، ويمكن استخدام مصادر متعددة للحصول على معلومات شاملة عن علم طبقات الصخور.



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

الصور المجسمة تساعد على تحديد وتمييز الوحدات الجيولوجية عن طريق عرضها بشكل ثلاثي الأبعاد .

أما الصور الجوية فيتم التقاطها في المواقع واستخدامها كخريطة أساسية في التحليلات .

### متطلبات التطبيق:

يوجد نوعان من عمليات رسم الخرائط، أحدهما على نطاق صغير والآخر على نطاق أكبر، وبالتالي تختلف متطلبات كل منهما عن الآخر من حيث المصادر والمعايير .

١. فعلى نطاق موقع معين أو مساحة معينة، توفر الصور الجوية دقة عالية، وبالتالي تستطيع توفير الكثير من المعلومات .

كذلك يمكن عرض تلك الصور بشكل مجسم، حتى يسهل تقييم طبيعة الأرض والتضاريس في تلك المنطقة.

٢. أما على النطاق الإقليمي، فيجب توافر تغطية لمساحة كبيرة بدقة معتدلة، وفي تلك الحالة يكون استخدام مجموعة من مصادر البيانات متكاملة مع بعضها البعض هو الأفضل، فيتم استخدام الرادار مع المستشعرات الضوئية.

كذلك فإن تكرار التقاط الصور وسرعة الحصول عليها، ليست أمراً هاماً في ذلك المجال، حيث إن الخصائص الجيولوجية تكون ثابتة نسبياً .

### ٤-٥ الهيدرولوجيا :

الهيدرولوجيا، هي علم دراسة المياه على سطح الأرض، سواء كانت مسطحات مائية على سطح الأرض، أو متجمدة على هيئة جليد أو ثلج، أو مخزنة في التربة. وترتبط الهيدرولوجيا بالعديد من تطبيقات الاستشعار عن بعد، خاصة الغابات والزراعة، حيث إن المياه هي عنصر أساسي في كل منهما .



معظم العمليات الهيدرولوجية غير ثابتة ليس فقط على مدار السنوات ولكن كذلك باختلاف وتغير الفصول، وبالتالي يجب أن تتم متابعتها بشكل دوري .

الاستشعار عن بعد يوفر رؤية شاملة لتوزيع وحركة الظواهر الهيدرولوجية، حتى تلك التي يتعذر الوصول لها بالطرق التقليدية للمساحة الأرضية (ground surveying) .

استخدام أجهزة الرادار يسمح بالتقاط الصور في الظروف الجوية القاسية، وكذلك في الظلام .



### فيما يلي أمثلة لبعض التطبيقات الهيدرولوجية:

- تحديد أماكن الأراضي الرطبة ومراقبتها .
- قياس رطوبة التربة .
- مراقبة الثلوج وتحديد أماكن انتشارها .
- قياس سمك الثلوج التي تغطي سطح الأرض .
- مراقبة الجليد المتكون في الأنهار والبحيرات .
- مراقبة الفيضانات وتحديد أماكنها .
- رصد التغيرات التي تطرأ على الأنهار .
- تحديد أماكن مصارف المياه وأماكن تجمع مياه الأمطار .
- رصد النقص في قنوات الري .
- تحديد مواعيد الري .

### ١.٤.٥ تحديد أماكن الفيضانات:

#### مقدمة:

أحد الظواهر الطبيعية في الدورة الهيدرولوجية هي الفيضانات، فهي ضرورية لتعويض النقص في خصوبة التربة، عن طريق تزويدها بالعناصر الغذائية والرواسب، ولكن بالرغم من ذلك فهي قد تؤدي بحياة الكثرين وتحدث تدميراً مؤقتاً لموطن بعض الحيوانات، وتدميراً دائماً للبنية التحتية للمناطق الحضرية والريفية .

والفيضانات الداخلية يمكن أن تحدث بسبب تدهم السدود الطبيعية أو الصناعية، أو ذوبان الجليد و الثلوج بشكل كارثي، أو الأمطار، أو بسبب تكس الجليد في الأنهار .

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟



تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد لقياس ومراقبة انتشار الفيضانات، وذلك لتوجيه جهود الإنقاذ للمناطق المتضررة، ولتحديد مدى الضرر للأراضي والبنية التحتية. كما أن دمج بيانات الاستشعار عن بعد في نظام معلومات جغرافية "GIS" يسمح بإجراء قياسات سريعة لمستويات المياه، والضرر، وكذلك تحديد المناطق التي يحتمل حدوث فيضانات بها. ويفيد هذا النوع من البيانات الجهات التي تتنبأ بالفيضانات،



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

والشركات التي تعمل في مجال الطاقة الكهرومائية، والسلطات المعنية بالحفاظ على المياه، وجهات تخطيط المدن والطوارئ، وكذلك شركات التأمين. ويعتبر تحديد أماكن الفيضانات المحتملة هو أمر هام للتخطيط واختيار طرق النقل والمواصلات.

### متطلبات التطبيق:

معظم الجهات التي تستفيد من تلك البيانات، تحتاج تلك المعلومات أثناء حدوث الأزمات، ولذلك فهي تحتاج الحصول على المعلومات سريعاً، والعكس بالنسبة للشركات العاملة في مجال الهيدرولوجيا، أو الجهات المسؤولة عن تقدير الخسائر أو التخفيف من أثر الفيضانات. الظروف المؤدية لحدوث الفيضانات غالباً ما تكون قصيرة الأجل، وتحدث في أجواء سيئة، ولهذا السبب فإن المستشعرات البصرية، رغم أنها توفر معلومات كثيرة، إلا أنها لا تستطيع اختراق السحب والغيوم حتى تتمكن من رصد المنطقة المطلوبة، وبالتالي فإن استخدام أجهزة الرادار "SAR" يفيد في تلك الحالة. فهو يتمكن من التمييز بسهولة بين المياه واليابسة، وبالتالي يمكن تحديد مدى انتشار الفيضان، كما أنه يساعد على تحقيق استفادة أكبر باستخدام تلك البيانات مع صور للمناطق المتضررة قبل حدوث الفيضان، وذلك لتحديد أثار الفيضانات، ثم دمجها في نظام معلومات جغرافية "GIS"، بالإضافة إلى معلومات مساحية ومعلومات عن شبكة الطرق.

### ٢.٤.٥ رطوبة التربة:

#### مقدمة :

رطوبة التربة هي مقياس مهم لتحديد كمية المحاصيل المتوقعة، وكذلك المناطق التي تضررت من الجفاف (مثل بعض المناطق في أفريقيا)، والمناطق التي بها تجمعات من المياه نتيجة الأمطار. رطوبة التربة، تشير إلى المياه الموجودة في الطبقات العليا من التربة (على عمق 1-2 م)، والتي من المحتمل تبخرها إلى الجو. حيث إن الاكتشاف المبكر لظروف الجفاف التي يحتمل أن تؤدي إلى تلف المحاصيل الزراعية، أو تكون مؤشراً لحدوث جفاف في تلك المناطق، هو أمر هام لتحسين الجهود المبذولة لتحذير المزارعين أو لتجهيز المساعدات الإنسانية للمناطق المتضررة،



أو لإعطاء التجار العالميين ميزة تنافسية. كما أن رطوبة التربة يمكن استخدامها كمؤشر على حدوث الفيضانات، فعندما تتشبع التربة بالمياه بالقدر الذي لا يجعلها قادرة على استقبال المزيد من مياه الأمطار يمكن أن يؤدي ذلك لحدوث فيضانات.

وفي المناطق التي يحدث بها إزالة للغابات، تساعد معرفة رطوبة التربة على تقدير كميات الأمطار ومعدلات التبخر وتآكل التربة.



### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد معلومات عن رطوبة التربة على نطاق واسع وليس مناطق معينة. أجهزة الرادار توفر صور ذات جودة عالية وقياسات دقيقة، وذلك لأن أشعة الرادار المنعكسة عن الأرض تتأثر برطوبة التربة وبطوبوغرافية الأرض ومدى انتظام سطح الأرض، وكذلك الغطاء النباتي، فإذا لم تتغير تلك العوامل الأخيرة، يمكن مراقبة التغيرات التي تحدث في رطوبة التربة بمرور الوقت، عن طريق التقاط الصور في أزمنة مختلفة. حيث إن الرادار في حقيقة الأمر يتأثر بثابت العزل الكهربائي الخاص بالتربة، وهي خاصية تعتمد على كمية المياه الموجودة في التربة.

ويهتم بهذا النوع من البيانات كل من المسوقين للمنتجات الزراعية، ووسطاء السلع والبضائع، والمسؤولين عن الأنشطة الزراعية على نطاقات كبيرة، وشركات توليد الطاقة الكهرومائية.

### متطلبات التطبيق:

حيث إن جهاز الاستشعار يجب أن يقوم برصد ظروف الرطوبة، لذلك فإن استخدام جهاز الرادار أفضل من المستشعرات البصرية. يجب أيضاً أن يتم رصد تلك المناطق بشكل دوري ومتكرر، خاصة أثناء نمو النباتات لمتابعة التغيرات في رطوبة التربة، ويجب أن يكون زمن الحصول على تلك المعلومات قليلاً حتى يتسنى للمزارعين تلافي الأضرار التي قد تنتج عن الجفاف أو الرطوبة الزائدة. وباستخدام الصور عالية الدقة يتمكن المزارعون من ري الأراضي بشكل صحيح، وأيضاً تسمح التغطية الإقليمية بمعرفة ظروف التربة وزراعة النباتات مما يفيد السلطات والجهات المعنية بالزراعة.

### ٥-٥ الجليد :

تعتبر ظاهرة الجليد إحدى الظواهر الطبيعية التي يتعرض لها من يعيشون في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية، وتؤثر هذه الظاهرة على أنشطتهم الحياتية. فالجليد يغطي جزءاً أساسياً من سطح الأرض وهو عامل مهم في بعض الأنشطة التجارية مثل: الصيد والشحن، وكذلك في حماية السواحل وبعض الصناعات، ودراسة التغيرات المناخية العالمية. والجليد القطبي يغطي مساحة كبيرة، تصل تقريباً إلى مساحة تساوي مساحة قارة أمريكا الشمالية، ٢٥ مليون كم<sup>2</sup>. ويلعب الجليد دوراً هاماً في "إضاءة الأرض" "Albedo"، وذلك المصطلح يشير إلى انعكاسية سطح الأرض، فالثلوج والجليد لها قدرة كبيرة لعكس أشعة الشمس، وأي تغير في توزيعها يؤثر على كمية الأشعة التي تمتصها الأرض. ففي الظروف المناخية الدافئة، تذوب أجزاء من الجليد وبالتالي تقل كمية الأشعة المنعكسة عن سطح الأرض، فتزداد درجة الحرارة على الأرض بشكل عام. العكس أيضاً صحيح، فالجليد يزداد في الظروف المناخية الباردة وبالتالي تزداد الأشعة المنعكسة عن سطح الأرض، وينتج عن ذلك انخفاض درجات الحرارة. ولهذا فإن تلك التغيرات في توزيع الجليد والثلوج وتأثيرها على المحيطات والغلاف الجوي هي محل اهتمام من العلماء الذين يهتمون بدراسة التغيرات المناخية العالمية.



في فصل الشتاء، يشكل الجليد في نصف الكرة الشمالي حاجزاً كبيراً أمام السفن التي تبحر في المحيطات أو على السواحل، مما يصعب وصولها للموانئ، كما أن الجبال والكتل الجليدية تشكل أخطاراً محتملة بالنسبة لحركة الملاحة، وقد تمنع الانهيارات الجليدية الوصول إلى السواحل، وغالباً ما يتطلب الأمر شق طرق خلال الجليد حتى تستطيع السفن الوصول من المياه المفتوحة إلى الموانئ، وبالتالي فإن المعلومات حول أنواع الجليد وحركته وتركيزه، هي معلومات ضرورية. لذلك يتم عمل تحليلات ونشرات يومية للأخطار الجليدية، ونبؤات موسمية أيضاً.

يمكن استخدام الاستشعار عن بعد لتحديد أماكن أنواع الجليد المختلفة، وأماكن الطرق الرئيسية التي تم شقها في الجليد، وكذلك مراقبة حركة الجليد.

في ظل التطور التكنولوجي، يمكن أن يتم إرسال المعلومات للعمالء خلال وقت قصير من التقاطها، و يحتاج هذا النوع من المعلومات كل من خفر السواحل وسلطات الموانئ، والشحن التجاري وعمليات الصيد، وكذلك بناء السفن وإدارة الموارد (التعدين واستخراج البترول)، والشركات المتخصصة في البنى التحتية، والعلماء والجهات المهتمة بالبيئة، وشركات التأمين البحري.

### فيما يلي أمثلة على التطبيقات الخاصة بالجليد:

- تركيز الجليد .
- نوع / عمر / حركة الجليد .
- رصد وتحديد أماكن الجبال الجليدية .
- تحديد أماكن الطرق خلال الجليد من أجل الملاحة والشحن وعمليات الإنقاذ .
- الظروف الجليدية .
- التاريخ الجليدي للمنطقة والظروف الجليدية من أجل التخطيط العمراني .
- الحياة البرية .
- مراقبة التلوث .
- بحث التغيرات المناخية العالمية .

### ١-٥-١ نوع الجليد وتركيزه :

#### مقدمة :

السفن التي تبحر عند خطوط العرض العليا ( الشمالية أو الجنوبية) عادة ما تواجه بعض العوائق من الكتل الجليدية أو الكتل المتحركة التي تطفو على سطح المياه، وقد تم تصميم كاسحات الجليد لتسهيل السفر في هذه المناطق ولكن الأمر يتطلب معرفة بالطرق المناسبة للسفر عبر الجليد. كذلك من الضروري معرفة امتداد الجليد ونوعه وتركيزه وتوزيع كل نوع هذه المعلومات مفيدة أيضاً في عمليات التنقيب البحري والإنشاءات والتنمية الساحلية .



الجليد في البحار غير منتظم أو متجانس ، فما قد يبدو أنه غطاء جليدي واحد، قد يختلف كثيراً في خشونته وقوته ودرجة ملوحته وسمكه. الكتل الجليدية والجليد الطافي على سطح المياه يتكون من تجمعات جليدية من أنواع مختلفة. وعادة ما يعرف الجليد بعمره (متكون حديثاً أو منذ عام أو عدة سنوات) ، فالجليد المتكون حديثاً عادة ما يكون ناعم وغير سميك (٥-٣٠ سم) ويكون أقل مقاومة لكاسحات الجليد. أما الجليد الذي عمره عام واحد يكون أكثر سماكة (٣٠ - 200 سم) ، ويمكن أن يشكل خطراً على السفن بما فيها كاسحات الجليد، وعندما يتفتت هذا النوع من الجليد إلى كتل وقمم جليدية يصبح من الصعب تخطيه وعبوره. والجليد الذي عمره أكثر من عام يكون سمكه كبير (أكثر من ٢م) وتقل درجة ملوحته فتزداد صلابته الداخلية. ويشكل هذا النوع من الجليد خطراً حقيقياً على السفن والمنشآت البحرية. يتم رسم خرائط توضح الأنواع المختلفة للجليد وتركيزه، وتوزع على العاملين في البيئات البحرية والذين يمكن أن يؤثر الجليد على أنشطتهم.

### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

مراقبة الظروف الجليدية من الأرض عادة ما يكون ملائم ولكنه لا يسمح بمعرفة امتداد أو توزيع الثلوج. ولكن الاستشعار عن بعد سواء كان من الفضاء أو الجو يتمكن من توفير تلك المعلومات المهمة، حيث أن أماكن الجليد يمكن تحديدها بسهولة من صور الاستشعار عن بعد ، وعندما يتم إسنادها لمرجع جغرافي تكون مصدر مفيد للمعلومات. كما يمكن للاستشعار عن بعد أن يوفر معلومات كافية تسمح بمعرفة نوع الجليد (ومن ثم معرفة سمكه)، ومن هذه المعلومات يتم رسم الخرائط والرسومات التوضيحية الخاصة بالجليد والتي يتم توزيعها على من يحتاجون تلك المعلومات.

يعتبر الرادار من أفضل أجهزة الاستشعار لمراقبة الظروف الجليدية وذلك لأن أشعة الميكروويف بالإضافة لزوايا وأبعاد الرؤية يوفران معا قياسات للخصائص الداخلية والسطحية للجليد. وتناثر الأشعة المنعكسة للرادار بالخصائص العازلة للجليد (والتي تعتمد على درجة الملوحته ودرجة الحرارة)، وعوامل السطح (خشونة السطح، الغطاء الجليدي)، والتركيب الداخلي.

ويعتبر السطح هو أكثر العوامل تأثيراً على الأشعة المنعكسة إلى الرادار، وتستخدم تلك الأشعة لمعرفة عمر الجليد، فالجليد المتكون حديثاً يقوم بعكس جزء قليل من الأشعة باتجاه الرادار، لذلك فهو يظهر بمظهر داكن في الصور الرادارية، وذلك نتيجة للانعكاس المنتظم للأسطح الملساء، والذي يقوم بعكس الأشعة في اتجاه واحد تقريباً. أما الجليد المتكون منذ عام واحد فتختلف درجة سطوعه بناءً على درجة خشونته نتيجة الاحتكاك والتكسر. والجليد الموجود منذ عدة سنوات تكون درجة سطوعه عالية نتيجة الانعكاس غير المنتظم، وذلك لقلته درجة ملوحته وتكوينه المسامي.

وتستخدم المستشعرات البصرية ذات الدقة المتوسطة، مثل "NOAA's AVHRR" لتوفير تغطية جيدة لامتداد الجليد إذا كانت الظروف الجوية جيدة (الدقة = ١ كم).



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

الاستشعار السلبي باستخدام أشعة الميكروويف يلعب دوراً هاماً في هذا التطبيق، فالأشياء عموماً (بما فيها البشر!) تشع كميات صغيرة من أشعة الميكروويف، والتي يمكن رصدها عن طريق أجهزة الاستشعار. فالجليد والمياه يشعان كميات مختلفة تماماً عن بعضهما البعض، وبالتالي يسهل التمييز بينهما. لكن العيب الرئيسي لهذا النوع من الاستشعار هو انخفاض دقته المكانية (حوالي ٢٥ كم)، حيث إنها غير كافية لأغراض الملاحظة عبر الجليد.

### متطلبات التطبيق:

يظهر الجليد في المحيطات عند دوائر العرض العليا عند القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية، ولكن الجليد يغطي البحار والبحيرات الأساسية للشحن والملاحة في الدول الشمالية وبخاصة روسيا وكندا واليابان ودول شمال أوروبا والدول الإسكندنافية. فالمناطق التي تقع عند دوائر العرض العليا تتعرض لقلّة الإضاءة الشمسية في الشتاء عندما يكون الجليد في أقصى فترات تكونه. وكان ذلك أحد المعوقات الرئيسية للاستشعار عن بعد لفترات طويلة قبل استخدام الرادار في هذا التطبيق، فهو يمتلك القدرة على التصوير ليلاً ونهاراً، وفي الظروف المناخية السيئة، ولذلك يعتبر أفضل أجهزة الاستشعار لمعرفة نوع وتركيز الجليد.

حتى تكون المعلومات مفيدة في أغراض الملاحظة، يجب أن يتم التقاط الصور بشكل دوري، وأن تتم معالجتها حتى تصبح جاهزة للاستخدام خلال وقت قصير. ويوجد أكثر من دقة لصور الاستشعار عن بعد، فالصور ذات الدقة العالية تكون مفيدة في التطبيقات الملاحية، بينما الصور ذات الدقة الأقل، والتي تغطي مساحات أكبر تستخدم في تخطيط الطرق. وفي التطبيقات الملاحية، تستمد تلك المعلومات قيمتها من الوقت، فيجب استخدامها سريعاً خلال وقت قصير، بينما في توقع التغيرات المناخية العالمية يمكن استخدام تلك المعلومات رغم مرور الوقت.

يتميز القمر «رادار سات» «RADARSAT» بخصائص مدارية ومواصفات للمستشعر الخاص به تفيد في هذا المجال، فهو يقوم بتغطية القطب الشمالي مرة يومياً، ويمكن الحصول على المعلومات منه عن طريق المحطة الأرضية مباشرة إلى السفينة التي تحتاج تلك المعلومات خلال ٤ ساعات. ويمكن للرادارات المحمولة جواً تغطية مناطق معينة مباشرة بدقة عالية، وهو أمر هام للتطبيقات التي يكون الوقت عنصراً هاماً فيها، لذلك فهي مفيدة رغم أنها مكلفة. ويعتبر فصل الشتاء هو أفضل الأوقات لتحديد أنواع الجليد والحصول على معلومات منها، حيث إن ذوبان الجليد يؤثر على تمييز أنواع الجليد المختلفة، ويجعل استخلاص المعلومات أمراً أكثر صعوبة. أجهزة الاستشعار الحديثة يتم تصميمها بحيث توفر قياسات تفصيلية لمدى انتشار وامتداد الجليد.



### ٢.٥-٥ حركة الجليد:

#### مقدمة:

يتحرك الجليد بسرعة، وبشكل غير متوقع أيضاً، في بعض الأحيان بسبب تيارات المحيط أو الرياح، الجليد الذي يطفو على سطح المياه يتحرك أحياناً مثل الصفائح التكتونية، وأحياناً يتشقق مثل الصدوع في الوديان، أو يصطدم ببعضه البعض، مكوناً نسخاً مصغرة عن جبال الهيمالايا، وسلاسل من التلال والكتل الجليدية. وبعض السفن يتم حصارها أو تدميرها بسبب الضغط الناتج عن تلك الكتل الطافية من الجليد، وأيضاً المنشآت الساحلية قد تتعرض للتدمير بسبب قوة اصطدام ذلك الجليد المتحرك. لذلك من الضروري فهم حركة الثلوج في المناطق التي يوجد بها منشآت أو بالقرب من حركة الشحن والصيد.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد قياسات دقيقة لمعدل واتجاه حركة الجليد، فالكتل الجليدية تختلف في تكوينها وشكلها مما يسمح بتمييزها عن بعضها البعض، ويتم رصد حركتها حتى يكون من الممكن اختيار الطرق المناسبة للملاحة والشحن، وكذلك التنبؤ بتأثيرها على المنشآت الثابتة مثل الجسور والمنصات، يحتاج إلى هذا النوع من المعلومات العاملون في مجال الشحن البحري والصيد والسياحة، إلى جانب المهندسين العاملين في إنشاء وصيانة الجسور والمنصات.

#### متطلبات التطبيق:

مراقبة حركة الجليد تتطلب أن يتم التصوير بشكل دوري، حتى نتمكن من رصد حركة الجليد قبل أن يصبح التتبع صعباً بسبب الحركة أو التغيرات في المظهر. الاستشعار الإيجابي باستخدام أشعة الميكروويف (الرادار) يوفر مصدراً مناسباً للتصوير في مختلف ظروف المناخ والإضاءة، ويحمل القمر «رادار سات» هذا النوع من أجهزة الاستشعار، ومساره المداري يضمن أن تتم تغطية المناطق القطبية الشمالية يومياً، مما يسمح بتصوير المنطقة بشكل دوري. وتختلف الدقة المطلوبة للتصوير والفترات الزمنية بين الصور الملتقطة تبعاً لحجم الكتل الجليدية وحركة الجليد في تلك المنطقة، ففي المناطق التي تكون الحركة بها بطيئة تكون الدقة المطلوبة ١ كم والفترة الزمنية ١٠ أيام، أما المناطق التي تكون حركة الجليد بها أسرع، فتكون الدقة المطلوبة ١٠٠ م والفترة الزمنية من ١٢-٢٤ ساعة.

### ٦.٥ الغطاء الأرضي واستخدام الأراضي:

بالرغم من أن المصطلحين «الغطاء الأرضي» و«استخدام الأراضي» يتم استخدامهما بالتبادل، إلا أنهما يختلفان تماماً. فالغطاء الأرضي يشير إلى النباتات والبنية التحتية الحضرية والمياه والترتبة وغيرها. ويعتبر تحديد ورسم الخرائط للغطاء الأرضي أمراً ضرورياً لإدارة الموارد الطبيعية وعمليات التخطيط، ومراقبة التغيرات وتوفير معلومات تكون أساساً لرسم الخرائط الموضوعية (Thematic maps).



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

أما استخدام الأراضي فيشير إلى الغرض الذي تستخدم فيه الأرض، مثل الأغراض الترفيهية أو كموطن للحياة البرية أو للزراعة، ويحتاج هذا النوع من التطبيقات إلى رسم الخرائط الأساسية، بالإضافة إلى المراقبة المستمرة، حيث إن تلك المعلومات ترتبط بالوقت لمعرفة أي مساحة من الأرض يتم استخدامها في أية غرض، ومراقبة التغيرات عبر الزمن. وتساعد تلك المعلومات في تطوير استراتيجيات للحفاظ على الموارد والتنسيق بين الاستخدامات المتعارضة.

ولذلك من الضروري التمييز بين الغطاء الأرضي والاستخدامات الأرضية والمعلومات المرتبطة بكل منهما. والخصائص التي يتم قياسها بواسطة الاستشعار عن بعد المرتبطة بالغطاء الأرضي



يمكن عن طريقها استنتاج معلومات عن الاستخدامات الأرضية، مع وجود بعض البيانات المكملّة.

الدراسات المرتبطة بهذا التطبيق هي متعددة المجالات في الواقع، ويتنوع المشاركون في هذا العمل من المؤسسات الدولية لحماية الحياة البرية إلى جهات البحث الحكومية. فكما ذكرنا، الجهات الحكومية تحتاج إلى معرفة الموارد الموجودة؛ وذلك لحسن استغلالها والاستفادة منها، كما أن تلك المعلومات تفيد في التخطيط والتنمية والصناعات واستصلاح الأراضي، كما أن اكتشاف بعض التغيرات على المدى الطويل في الغطاء الأرضي يمكن أن يكون بسبب بعض التغيرات المناخية.

وتهتم الشركات العاملة في استخراج البترول والتعدين وتصنيع الأخشاب، بكل من الغطاء الأرضي والاستخدامات الأرضية. والتغيرات في الغطاء الأرضي تراقبها الجهات العاملة في مجال البحث البيئي وسلطات الحفاظ على البيئة والشؤون المحلية؛ وذلك لفرض الضرائب على سبيل المثال أو لتحديد أماكن النباتات.

### تطبيقات الاستخدامات الأرضية:

- إدارة الموارد الطبيعية.
- حماية الحياة البرية.
- رسم الخرائط الأساسية التي تستخدم في نظم المعلومات الجغرافية "GIS".
- الزحف العمراني.
- التخطيط للطرق واستكشاف الموارد.
- تحديد الأضرار الناتجة عن ( الأعاصير / الفيضانات / البراكين / الزلازل / الحرائق).
- تقييم الضرائب وتحديد أضرارها.



### ٦-٥ التغيرات في استخدام الأرض (الريف / الحضر):

#### مقدمة:

كلما زاد التعداد السكاني وتحول اقتصاد الدول من الزراعة للصناعة، انتشرت وازدادت المدن. فالزحف العمراني اعتدى على الأراضي الزراعية أو الغابات، و يعتبر نمو المدن هو مؤشر على انتشار الصناعات وتدهور الصحة البيئية للمنطقة بشكل عام .

فيتم رصد التغير في استخدام الأرض من الريف إلى الحضر لتقدير التعداد السكاني، وللتنبؤ باتجاه الزحف العمراني، ومراقبة المناطق المجاورة لمناطق الأخطار المحتملة، كما يمكن مراقبة مستويات اللاجئين المؤقتة ومدن الخيام وتقدير الكثافة السكانية بها .

ومقارنة العمران بالنسبة للأراضي الزراعية هو أمر ضروري للتأكد من أن العمران لا يأتي على حساب أراض زراعية هامة، وللتأكد من أن الزراعة تتم في أكثر الأراضي ملائمة لها وأنها لن تتدهور بسبب العمران المجاور أو البنية التحتية.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

باستخدام التحليلات على فترات زمنية مختلفة، يعطي الاستشعار عن بعد منظوراً فريداً عن كيفية تطور المدن، حيث يعتبر العنصر الأساسي لرسم خرائط الاستخدامات الأرضية (الزراعة و العمران)، هو القدرة على التمييز بين الاستخدامات الريفية (الزراعة، و غابات المراعي) والاستخدامات الحضرية (الاستخدامات السكنية و التجارية و الترفيهية)، ويمكن الاستفادة من طرق الاستشعار عن بعد لتحديد استخدامات الأرض بطريقة عملية واقتصادية ودورية على نطاق مساحات كبيرة من الأرض.

#### متطلبات التطبيق:

#### المتطلبات الخاصة بتحديد التغيرات في استخدام الأرض بين الريف / الحضر:

١) دقة عالية للحصول على معلومات مفصلة .

٢) بيانات متعددة الأطياف، وذلك للتمييز الصحيح بين الاستخدامات المختلفة للأرض .

المستشعرات التي تعمل في نطاق الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي، تعتبر هي الأهم في هذا المجال . فبينما تستخدم أجهزة الرادار في رصد التفاصيل الحضرية نظراً لقدرتها العالية على عكس الأشعة، إلا أن بيانات المستشعرات البصرية (ضوء مرئي و أشعة تحت حمراء) تسمح بالتمييز الدقيق بين الاستخدامات المختلفة، مما يسمح برصد التحول من الريف إلى الحضر بدقة. و الصور التي يتم التقاطها خلال شهور الشتاء تكون مفيدة في التمييز التقريبي بين مناطق الحضر وغيره .



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

أجهزة الرادار قد تكون مفيدة أيضاً في هذا المجال؛ نظراً لأن زوايا و أبعاد التصوير الخاصة بها تعزز رؤية الخصائص والمظاهر الحضرية (البشرية) مثل المباني. ويتم الحصول على أفضل نتائج إذا كانت الخصائص الخطية موازية لجهاز الاستشعار، وعمودية على الطاقة الكهرومغناطيسية الساقطة عليها.

وبشكل عام فإن هذا التطبيق لا يتطلب سرعة في الحصول على المعلومات أو التصوير بشكل دوري.

### ٦-٢-٦ رسم الخرائط للغطاء الأرضي / الكتلة الحيوية:

#### مقدمة:

رسم الخرائط للغطاء الأرضي يعتبر عنصراً حيوياً لاستغلال الموارد بالنسبة للجهات الحكومية، والوكالات البيئية وكذلك الصناعات الخاصة. ويشمل الغطاء الأرضي كل شيء بدءاً من أنواع المحاصيل والجديد والتلوج إلى السهول والغابات المطيرة والأراضي القاحلة.

وتقوم برسم الخرائط الإقليمية للغطاء الأرضي، أية جهة مهتمة بمعرفة وحصر الموارد الموجودة في المنطقة لاستخدامها في أغراض التخطيط والإدارة، ويوفر رسم خرائط الكتلة الحيوية تقديرات كمية للغطاء النباتي والمعلومات الفيزيائية الحيوية (Biophysical) وهي معلومات هامة لمعرفة مدى صحة الغابات.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟



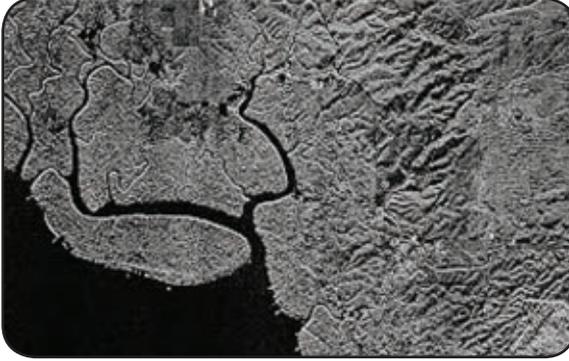
يعتبر الاستشعار عن بعد هو أكثر الطرق عملية وأكثرها كفاءة من ناحية التكلفة لالتقاط صور دورية للغطاء الأرضي في المناطق المختلفة. فالمعلومات التي يوفرها تظهر التغيرات التي تطرأ على النباتات خلال نموها، سواء كانت تلك التغيرات مرتبطة بمادة الكلوروفيل (يتم رصدها باستخدام الأشعة تحت الحمراء)، أو مرتبطة بتكوينها (ترصد باستخدام الرادار). كما أنه من الصعب الحصول على معلومات عن إقليم ما باستخدام بيانات على نطاق صغير،

فالاستشعار عن بعد يوفي هذا المطلب، بالإضافة إلى توفيره لبيانات متعددة الأطياف والمصادر والتوقيتات، وذلك للتصنيف الدقيق للغطاء الأرضي.



### متطلبات التطبيق:

بالنسبة للدراسات التي تجرى للنباتات على نطاق القارات أو العالم، تكون الدقة الملائمة هي (ا كم)، وذلك لأنها تتطلب مساحة تخزينية ومعالجة أقل، وهي أمور هامة يجب مراعاتها عند العمل على مشاريع تغطي مساحات كبيرة جداً. وبالطبع المتطلبات تعتمد بشكل كبير على التطبيق الذي ستستخدم فيه.

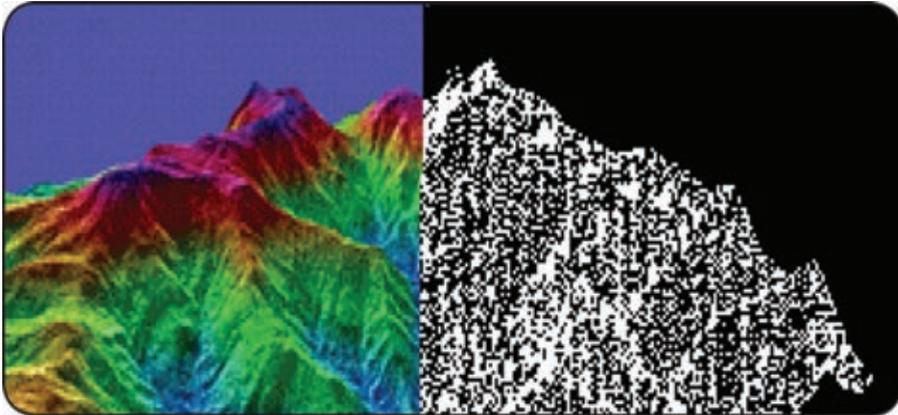


عند دراسة مساحات كبيرة، تزداد المساحة التي تتم تغطيتها على حساب الدقة، وإحدى الطرق المستخدمة للحفاظ على الدقة مع المساحات الكبيرة هي استخدام عدة صور ودمجها معا في عملية تعرف باسم "Mosaicking".

المعلومات الخاصة بالغطاء الأرضي قد تتأثر بالوقت، فتحديد

نوع المحاصيل قد يتطلب أن يتم التصوير في أوقات معينة مثل وقت الإزهار. كذلك التقاط الصور في توقيتات مختلفة يفيد في معرفة التغيرات التي تطرأ على النباتات في مرحلة النمو، وقد تستخدم تلك المعلومات في عملية التصنيف لأنواع النباتات المختلفة بناءً على خصائص نموها.

البيانات الخاصة بالمستشعرات البصرية تكون أكثر ملائمة لرسم خرائط الغطاء النباتي، بينما الصور الرادارية تكون أفضل في المناطق التي تغطيها سحب كثيفة.



### ٥-٧ رسم الخرائط :

عملية رسم الخرائط هي عنصر هام في إدارة الموارد الطبيعية، حيث يمكن تمثيل كل من الخصائص الطبيعية والبنية التحتية، مثل شبكات الطرق والمناطق العمرانية والحدود الإدارية، بالنسبة لنظام إحداثيات معين، وتعتبر الخرائط الأساسية (baseline)، والموضوعية (thematic)، والطبوغرافية (topographic)، هي أنواع هامة من الخرائط بالنسبة للتخطيط و المراقبة المستخدمين في عمليات الاستطلاع المدنية والعسكرية، وكذلك إدارة الاستخدامات المختلفة للأراضي، وخصوصاً إذا تم دمجها في نظام معلومات جغرافية (GIS). حيث تعتبر المعلومات التي تخص الارتفاعات أساسية للعديد من التطبيقات، وهي أساس نجاح برامج رسم الخرائط .

توجد حاجة متزايدة إلى استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في إنتاج الخرائط، لأنها توفر المميزات التالية: تغطية مجسمة ودورية لمناطق ومساحات كبيرة، وعدد قليل من الأيدي العاملة، وتخزين البيانات في صيغة رقمية لتسهيل التعامل معها؛ حتى تتوافق مع نظم المعلومات الجغرافية .

ويتعامل مع تلك الخرائط الكثير من المستخدمين، منهم شركات الموارد (الغابات، التعدين، البترول) والصناعات الهندسية، والهيئات المسؤولة عن البنية التحتية (الطاقة، الاتصالات، المواصلات)، وهيئات التخطيط الحكومية، والمؤسسات العسكرية.

وقد حدث تحول في نوع المستخدمين، من التطبيقات العسكرية إلى التجارية، مما أدى إلى ازدياد الطلب على الخرائط .

### التطبيقات في مجال الخرائط تشمل :

١. قياس المساحات المستوية (planimetry) .
٢. نماذج الارتفاعات الرقمية (digital elevation models) .
٣. رسم الخرائط الموضوعية (thematic)، والطبوغرافية (topographic) .

### ٥-٧-١ قياس المساحات المستوية:

#### مقدمة:

تتكون تلك العملية من تمييز وتحديد مواقع الغطاء الأرضي (مثل الغابات، المستنقعات)، والخصائص البشرية (مثل البنية التحتية، وشبكات الطرق). وتستخدم تلك المعلومات في التطبيقات التي تتم على نطاق واسع مثل التخطيط العمراني والاستطلاعات العسكرية .



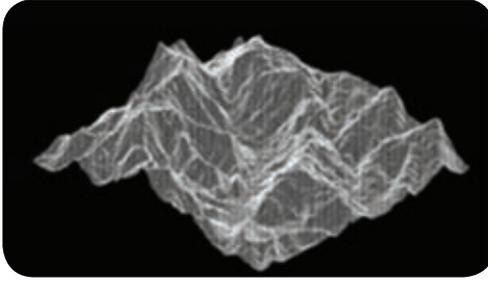
### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

تقنيات مسح الأراضي المصاحبة لاستخدام «نظام تحديد المواقع العالمي» «GPS» توفردقة عالية، ولكن تظل محدودة بسبب بعض المشاكل مثل التكلفة والكفاءة وصعوبة رسم الخرائط للمناطق البعيدة أو الكبيرة.

يوفر الاستشعار عن بعد وسيلة لتحديد وتمثيل البيانات بشكل ملائم بكفاءة عالية. والتطبيقات الخاصة بالمجالات الدفاعية العسكرية هي أهم تطبيقات هذا المجال، حيث لأنها تستخدم المعلومات الخاصة بالبنية التحتية وشبكات الطرق والغطاء الأرضي.

### متطلبات التطبيق:

يحتاج هذا المجال إلى دقة عالية، فالدقة المكانية تلعب دوراً هاماً في كمية المعلومات التي يتم الحصول عليها من الصور، فالأمر لا يتعلق بالحصول على المعلومات فقط ولكن أيضاً بكونها تقع في مكانها الصحيح، فعلى سبيل المثال إذا كانت الصور النقطية الملتقطة (Raster data) لها دقة قليلة، يكون من الصعب تحديد مكان مركز نهر أو أحد خطوط الطاقة وتحويله إلى بيانات رقمية (Vector data).



زمن الحصول على المعلومات يجب إن يتراوح بين أسبوع وأسابوعين، ولكن التطبيقات الخاصة بالدفاع قد تحتاج فترة زمنية أقصر.

### ٢.٧.٥ نماذج الارتفاعات الرقمية:

#### مقدمة:

تحتاج التصحيحات الهندسية والراديو مترية للصور التي تحتوي على تضاريس، إلى توافر نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) «Digital Elevation Models»، حيث تسمح برسم خطوط الكنتور ونماذج التضاريس، مما يوفر مصدراً آخرًا للمعلومات يفيد في تحليل البيانات.

معظم برامج رسم الخرائط الحديثة نادراً ما تحتاج إلى المعلومات عن الأسطح المستوية فقط، وبالتالي فإن الحاجة إلى نماذج الارتفاعات الرقمية تزداد بزيادة استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وتحسن المعلومات التي يتم الحصول عليها بعد استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية. ويعتبر دمج معلومات الارتفاعات مع بيانات التضاريس ذا أهمية كبيرة للعديد من التطبيقات، وخاصة إذا تم استخدام بيانات رادارية، وذلك لتقليل تأثير الظواهر السلبية الخاصة بالرادار (foreshortening, layover). وتستخدم تلك النماذج في عمل الخرائط الطبوغرافية.



## تطبيقات الاستشعار عن بعد

يتم استخدام بيانات الارتفاعات-بالإضافة إلى الصور- لإنتاج مناظير مختلفة، تفيد في العديد من المجالات مثل: السياحة، وتخطيط الطرق، والتنمية، وتخطيط ملاعب الجولف. كما أنه يتم دمج هذه البيانات عند برمجة الصواريخ، وذلك حتى تتمكن من عبور التضاريس المختلفة. وبذلك فإن استخدام هذه البيانات يمتد ليشمل إدارة الموارد، والاتصالات، والأغراض العسكرية.

### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوجد العديد من الطرق للحصول على هذه المعلومات، منها أن يتم الحصول على الارتفاعات باستخدام مقياس ارتفاعات أو نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، واستنتاج باقي الارتفاعات باستخدام البيانات الموجودة (Interpolation)، ولكن تلك الطريقة تستهلك الكثير من الوقت والجهد. وكذلك طرق المساحة التقليدية تحتاج الكثير من الوقت.

الحصول على نماذج الارتفاعات الرقمية باستخدام الاستشعار عن بعد يمكن أن يقلل التكلفة و يحسن الكفاءة، حيث يوجد العديد من أجهزة الاستشعار والطرق المتبعة لتكوين هذه النماذج، ويوجد طريقتان أساسيتان:

### 1. Stereogrammetry

التي تستخدم الصور الجوية، والتصوير باستخدام الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، والصور الرادارية.

٢. قياس التداخل الراداري (Interferometry).

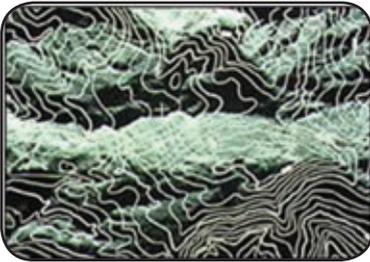
### Stereogrammetry



تشمل الحصول على بيانات الارتفاعات عن طريق صور مجسمة متداخلة، عادة ما تكون صور جوية، أو صور من القمر "SPOT"، أو صور رادارية. خطوط الكونتور (خطوط تمثل الارتفاعات المتساوية) يمكن تتبعها في الصورة عن طريق عرض الصور بشكل مجسم.

### Interferometry

تشمل جمع بيانات دقيقة حول الارتفاعات عن طريق دورات متتالية لجهاز رادار "SAR" محمول جواً أو في الفضاء، ويتم التقاط صور متتابعة من نفس المسار تقريبا ومقارنة الفروق بين الإشارات



من حيث الطور الخاص بكل منها (phase)، حيث يقاس فرق الطور الخاص بكل بكسل على حدة، ويتم عرضهم على هيئة رسم بياني لقياس التداخل "interferogram". ويتم حساب الارتفاعات عن طريق التصحيحات الهندسية وقياس فرق الطور. والحصول على دقة عالية يكون عن طريق استخدام كلا من الصور الجوية (دقة تصل لعدة سنتيمترات) والصور الفضائية (دقة تصل إلى ١٠ م).



التطبيقات الأساسية لطريقة قياس التداخل هي تكوين نماذج الارتفاعات الرقمية، ومراقبة تغيرات سطح الأرض (مثل: قياس انحسار الأراضي نتيجة العمليات الطبيعية، واستخراج المياه الجوفية، وتضخم البراكين قبل انفجارها، وحركات القشرة الأرضية نتيجة الزلازل)، وتقييم الأخطار، ومراقبة الخصائص الطبيعية والصناعية (مثل السدود).

ويفيد هذا النوع من البيانات شركات التأمين التي قد تتمكن من تقييم الأضرار الناجمة عن الكوارث الطبيعية، وكذلك الشركات المتخصصة في مجال الهيدرولوجيا، والباحثين المهتمين بالمراقبة الدورية للكتل الجليدية، وذلك للحفاظ على الجسور، والتغيرات في الكتل الجليدية، والتضخم البركاني الذي يسبق الانفجار.

يمكن رسم خطوط الكونتور للخرائط الطبوغرافية باستخدام نماذج الارتفاعات، كما يتم دمج المعلومات الخاصة بالميل والخصائص مع مجموعات التصنيف المختلفة أو كمصدر معلومات منفصل، كما يمكن استخدام نماذج الارتفاعات لتصحيح صور الاستشعار عن بعد.

### متطلبات التطبيق:

يعتبر العنصر الأساسي للطريقتين السابقتين هو أن يتم تصوير موقع الهدف مرتين باستخدام مستشعرات تصوير منفصلة، وذلك للحصول على زوايا رؤية مختلفة.

تعتبر الدقة هي عنصر أساسي، بينما زمن الحصول على المعلومات ليس أمراً حيوياً، والتصوير بشكل دوري يعتمد على ما إذا كان التطبيق يتضمن مراقبة التغيرات أم لا، وكذلك النطاق الزمني لتلك الدراسة.

## ٥-٧-٣ رسم الخرائط الطبوغرافية والموضوعية:

### مقدمة:

توجد حاجة متزايدة لوجود قواعد بيانات للمعلومات الطبوغرافية والموضوعية (Thematic) وذلك لتسهيل التكامل بين البيانات وتحديثها، وتتكون الخرائط الطبوغرافية من خطوط الكونتور الخاصة بالارتفاعات وتفاصيل المساحات المستوية، وتستخدم كقاعدة وأساس للتطبيقات المدنية والعسكرية.

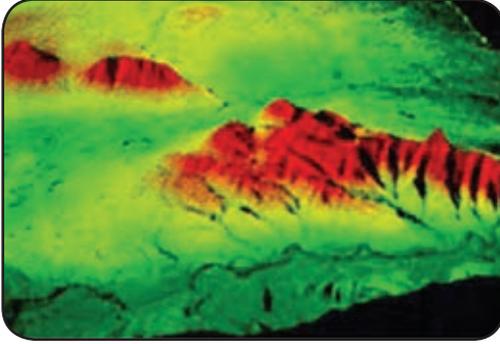
الخرائط الموضوعية تعتبر تكاملاً للصور الفضائية مع بيانات الاستخدامات الأرضية والغطاء الأرضي، والمعلومات الطبوغرافية، لتكوين "خريطة مصورة" "image map" موضح بها خطوط الكونتور ورسومات (vector data) تدل على المساحات المستوية (مثل الطرق)، وقد تم تطوير هذا المفهوم الجديد للخرائط الموضوعية، حتى يمكن الحصول على مميزات المعالجة الرقمية للمعلومات، وزيادة توافق أنواع البيانات المختلفة، وزيادة استخدام الأنظمة الجغرافية، وزيادة القدرة على تمثيل المعلومات على هيئة خريطة.





يتم الحصول على البيانات المستخدمة في ذلك النوع من الخرائط من قواعد بيانات البنية التحتية و الغطاء الأرضي، و الخصائص الطبوغرافية . ويمكن عرض مجموعات مختلفة من البيانات في هذه الخرائط، حيث يفيد كل منها أغراضاً معينة مثل تخطيط الطرق أو تحديد مواقع استخدامات معينة للأراضي أو إدارة الموارد الطبيعية.

### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

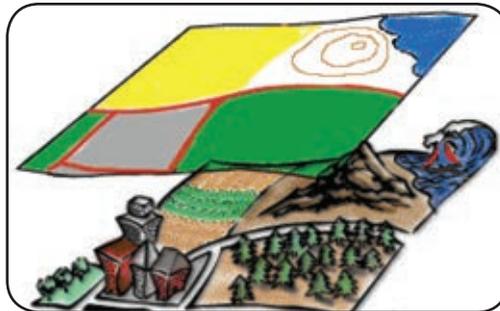


حيث إنه من الضروري أن يكون لدى جهاز الاستشعار حساسية لتفاصيل السطح، فيعتبر الرادار الجهاز المناسب لرسم تلك الخرائط، كما يوفر قدرات استطلاعية تفيد الشركات المهتمة بالبحث و التنقيب عن المعادن و الهيدروكربونات. و يفيد ذلك في المناطق الشمالية البعيدة، حيث لا يوجد غطاء نباتي يعوق عملية الرصد للخصائص الطبوغرافية الدقيقة. والتصوير متعدد الأطياف مناسب جداً للحصول على

معلومات إضافية عن الغطاء الأرضي، مثل الغابات، وبالتالي فإن الجمع بين البيانات متعددة الأطياف و البيانات الطبوغرافية يوفر معلومات مفيدة.

### متطلبات التطبيق:

أهم المتطلبات هي أن تكون الصور غنية بالمعلومات و تتميز بدقة جيدة، مع الحفاظ على قدرة التعامل معها بسهولة، و يكون زمن الحصول على المعلومات كبيراً نسبياً، حيث يجب أن تتوفر تلك البيانات خلال أقل من عام منذ التقاطها.



### ٨-٥ مراقبة المحيطات و السواحل:

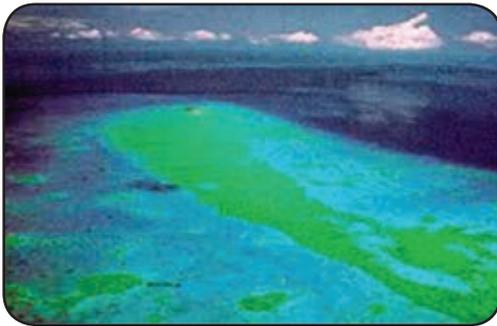
لا تعتبر المحيطات مصدراً مهماً للغذاء والموارد الحيوية فحسب ، ولكنها أيضاً تمثل أحد العناصر الهامة للمواصلات والطقس ومخزون غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهي أساس الحفاظ على توازن المياه على كوكب الأرض، كما أن فهم ديناميكية المحيطات هو أمر ضروري لتقييم مخزون الثروة السمكية، واختيار طرق سير السفن ، والتنبؤ ببعض الظواهر الطبيعية العالمية ، ومراقبة العواصف والتنبؤ بحدوثها - حتى يمكن تلافي أضرارها على الملاحاة - والتنقيب في السواحل والمستوطنات الساحلية، وتشمل الدراسات التي تجرى على ديناميكية المحيطات، دراسة الرياح والأمواج (اتجاهها وسرعتها وارتفاعها)، وقياس الأعماق ودرجة حرارة المياه وإنتاجية المحيطات.

تعتبر المناطق الساحلية واجهة بين المحيط والأرض، وتتأثر بالتغيرات التي تحدث نتيجة التنمية الاقتصادية وتغير أنماط استخدام الأراضي ، كذلك تعتبر السواحل مناطق متنوعة بيولوجياً نتيجة المد والجزر، كما أن المناطق الساحلية غنية بالسكان، حيث يقطن أكثر من ٦٠٪ من سكان العالم بالقرب من المحيطات ، وبالتالي تتأثر تلك المناطق بالنشاطات البشرية المختلفة .

وتحتاج الجهات الحكومية المهتمة بتأثير تلك النشاطات على المناطق الساحلية ، إلى مصادر بيانات جديدة لمراقبة التغيرات التي تحدث، مثل تآكل الشواطئ ، وفقدان الموطن الطبيعي لبعض الكائنات ، وتلوث الشواطئ.

### وتشمل تلك التطبيقات:

- تحديد أنماط المحيطات :
- o التيارات ، أنماط الدوامات في المناطق المختلفة.
- o المناطق الأمامية ، الأمواج الداخلية ، موجات الجاذبية ، الدوامات ، المناطق المتقلبة ، قياس أعماق المياه الضحلة.
- التنبؤ بالعواصف.
- تقييم المخزون السمكي والكائنات البحرية :
- o مراقبة درجة حرارة المياه.
- o جودة المياه.
- o إنتاجية المحيط ، وتركيز العوالق النباتية وشدة الانجراف.
- البقع النفطية :
- o تحديد أماكن البقع النفطية وتوقع انتشارها أو انجرافها.



- o الدعم الاستراتيجي لاتخاذ القرارات الملائمة في حالة وجود بقع نفطية.
- o تحديد أماكن تسرب النفط الطبيعية وذلك لاستكشافها.
- السفن :
  - o طرق الملاحة البحرية.
  - o مراقبة عملية صيد الأسماك.
  - o قياس أعماق المناطق القريبة من السواحل.
- مناطق المد والجزر:
  - o تأثيرات المد والجزر والعواصف.
  - o تحديد مناطق اليابسة والمياه.
  - o رسم خرائط للنباتات الساحلية.
  - o تأثير النشاطات البشرية.

### ١.٨.٥ خصائص المحيطات:

#### مقدمة:

تحليل خصائص المحيطات يشمل تحديد شدة التيارات واتجاهها، وكذلك الرياح، والتأثيرات التي تحدث بين المحيطات والغلاف الجوي.

يمكن معرفة أنماط الدوامات في المحيطات عن طريق مراقبة بعض الخصائص الأصغر مثل أمواج الجاذبية، وتفيد تلك المعرفة في تحديد المناخ العالمي ومراقبة التلوث والملاحة.

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد عدة طرق للحصول على المعلومات من المحيطات والمناطق الساحلية، حيث تقوم مقاييس التشتت "scatterometers" بقياس سرعة الرياح واتجاهها، بينما مقاييس الارتفاع "altimeters" تقيس ارتفاع الأمواج.

أما الرادار فإنه يقيس التغيرات في سطح المحيط ومدى اضطراب السطح، وتقوم أجهزة القياس الراديومترية بقياس درجة حرارة سطح المياه.

كما يمكن دمج المعلومات التي يتم الحصول عليها من الطوافات مع معلومات الاستشعار عن بعد؛ لتكوين خرائط مصورة (image maps) تعرض الأعاصير مع توضيح اتجاه الرياح وشدتها وارتفاع الأمواج. وتفيد هذه المعلومات النشاطات الهندسية التي تقام بالقرب من السواحل، وعمليات الصيد والتنبؤ بالعواصف.



### متطلبات التطبيق:

بالنسبة للمعلومات الخاصة بحالة البحار والمحيطات (أمواج، تيارات، رياح)، تكون البيانات مرتبطة بالوقت، بمعنى أن المعلومات يكون لها قيمة إذا تم الحصول عليها وقت حدوث الظروف نفسها. فبالنسبة للتنبؤات الخاصة بالظروف الجوية واختيار الطرق الخاصة بالسفن، يجب أن يتم الحصول على المعلومات فوراً، مما يتطلب وجود خطين لإرسال واستقبال البيانات بين المستخدم ومصدر المعلومات.

تلعب ظروف سرعة الرياح دوراً هاماً بالنسبة لأجهزة الرادار عند استقبال الإشارات من سطح المحيط، فمثلاً عندما تكون الرياح منخفضة السرعة (٢-٣ م/ث)، لا يكون جهاز الرادار حساساً لدرجة تكفي لمعرفة مدى اضطراب سطح المحيط وعندما تكون سرعة الرياح كبيرة جداً (أكثر من ١٤ م/ث) يغطي اضطراب سطح المحيط على أية خصائص أخرى قد تكون موجودة. ويعتبر المبدأ الأساسي لعملية التشتمت الخاصة بتصوير سطح المحيط، هو «تشتمت براج» "Bragg scattering"، حيث تقوم الموجات القصيرة بتشكيل أنماط متعددة على السطح، وتعتمد شدة الأشعة العائدة للرادار على زاوية السقوط والطول الموجي لأشعة الرادار، بالإضافة إلى ظروف وحالة المحيط عند التقاط الصور. موجات السطح التي تؤدي لحدوث التشتمت لها طول موجي يساوي تقريباً الطول الموجي للقمر "رادار سات" (٣,٥ سم)، وتكون تلك الموجات القصيرة عادة نتيجة تأثير الرياح على الطبقات العليا من سطح المحيط. هذه التغيرات تؤدي لتكون أنماط مختلفة للسطح يمكن لجهاز الرادار التقاطها.

### ٢.٨.٥ ألوان المحيط وتركيز العوالق النباتية:

#### مقدمة:

التحليلات الخاصة بلون مياه المحيط تستخدم كطريقة لمعرفة مدى صحة المحيط، عن طريق قياس النشاط الحيوي له. فالنباتات الموجودة في المحيطات تحتوي على صبغة الكلوروفيل، والتي تقوم بامتصاص الضوء الأحمر (مما ينتج عنه اللون الأزرق المائل للخضرة للمحيطات) وتعتبر مؤشراً جيداً على صحة المحيط ومستوى إنتاجيته. وتعطي القدرة على تحديد الأنماط المختلفة للون المحيطات سواء على نطاق إقليمي أو عالمي، رؤية عامة عن الخواص الأساسية للمحيطات.

كما أن فهم التغيرات في لون المحيط يمكن أن يساعد على إدارة الثروة السمكية وصور الحياة البحرية الأخرى، ويساعد في تحديد حصص المحصول، ومراقبة جودة المياه وتحديد مصادر تلوث المياه، سواء كانت طبيعية أو بشرية. مثل انتشار بقع الزيت أو الطحالب - والتي تشكل خطراً على المزارع السمكية والصناعات الأخرى المرتبطة بالأسماك.

وبشكل عام، فإن إنتاجية المحيط تكون في أقصاها في المناطق الساحلية، نتيجة الموجات المتقلبة التي تعمل على تدوير المواد المغذية.



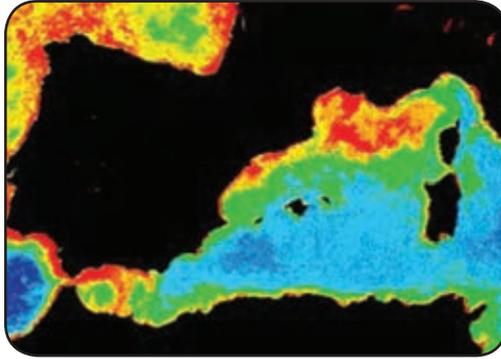
### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

توفر بيانات الاستشعار عن بعد القدرة على جمع المعلومات عن سطح المحيط على نطاق إقليمي. المستشعرات البصرية يمكنها التقاط بعض الأهداف مثل العوالق أو المكونات العضوية الذائبة، والتميز بين انتشار البقع النفطية وانتشار الطحالب. أما البيانات الخاصة بالرادار فيمكنها توفير معلومات إضافية عن التيارات والأمواج وبعض الخصائص الأخرى، وبالتالي يمكن تكوين معلومات عن المحيط على مدار الوقت، وذلك عند عدم توافر البيانات البصرية بسبب السحب وما إلى ذلك. وتحتاج الجهات المسؤولة عن الصيد والزراعة المائية إلى هذه المعلومات.

### متطلبات التطبيق:

لقياس درجة لون المحيط يجب توافر بيانات متعددة الأطياف، وكذلك يجب توافر تغطية شاملة لمعرفة توزيع النباتات والعوالق ودرجة حرارة المياه. أما البيانات الطيفية الفائقة "hyperspectral data" فتسمح بوجود دقة أعلى في تحديد الأهداف المختلفة. والتصوير بشكل شهري أو موسمي يوفر البيانات المطلوبة لمعرفة النماذج، أما نشاطات صيد الأسماك فتحتاج إلى توافر البيانات بشكل يومي أو أسبوعي.

نحن على أعتاب عصر جديد من البيانات الخاصة بلون المحيط، فالماسح الضوئي الخاص بالمناطق الساحلية (CZCS) "Coastal Zone Colour Scanner" الموجود على متن القمر الصناعي "Nimbus - 7" قام بجمع معلومات عن لون المحيط منذ عام ١٩٧٨ وحتى عام ١٩٨٦. وفي



عام ١٩٩٦ بعد عقد من محدودية البيانات المتوافرة، أطلقت ألمانيا جهاز استشعار آخر (MOS) "Modular Opto - electronic Sensor" وتبعته اليابان بجهاز آخر وهو (Ocean Colour "Thermal Sensor" (OCTS).

ثم تم إطلاق العديد من أجهزة الاستشعار الحديثة مثل (SeaWiFS) الذي أطلقته وكالة الفضاء "ناسا" عام ١٩٩٧، و (MERIS) الذي أطلقته وكالة الفضاء الأوروبية "ESA" عام ١٩٩٩، و (MODIS) عام ٢٠٠٠ وأطلقته وكالة "ناسا" أيضاً، و (GLI) أطلقته اليابان عام ١٩٩٩، و (OCI) أطلقته تايوان عام ١٩٩٨.

هذه الأجهزة المتطورة تقوم بجمع بيانات عن إنتاجية المحيط، وكمية صبغة الكلوروفيل الموجودة ودرجة حرارة سطح المياه. وقنواتها الطيفية مصممة بحيث تصل إلى أفضل انعكاس عن الأسطح وتدعم القياسات الكمية للخصائص الحيوية. ويوفر معظمها رؤية إقليمية بدقة قليلة (٥٠٠ - ١٢٠٠ م).



### ٣.٨.٥ تحديد البقع النفطية:

#### مقدمة:

يمكن لبقع النفط أن تدمر الحياة البحرية، بالإضافة إلى تدمير بعض المواطن الخاصة بالحيوانات على الأرض وكذلك البشر. ومعظم تلك البقع تتكون عند تفريغ السفن لحمولتها من الوقود قبل أو بعد دخول الميناء .

وتتكون البقع النفطية الكبيرة نتيجة اصطدام خزانات السفن بالشعاب المرجانية أو الصخور أو سفن أخرى، ويمكن رؤية تلك البقع داخل المجال البيئي الذي تؤثر عليه .

وعند وجود بقعة نفطية تقوم شركة البترول أو شركة الشحن بتقييم الحالة و تكوين فرق للتعامل مع الموقف، ومحاولة الحد من انتشار البقعة. وإذا لم تتوافر لديهم الوسائل المطلوبة لذلك تقوم الجهات الحكومية المسؤولة عن مواجهة الكوارث البيئية بالتعامل مع الموقف. وعند وجود أي بقع نفطية، تلعب الحكومات دورا هاما في تطبيق قوانين الحماية البيئية. ولضمان تقليل المناطق المتأثرة بالبقع النفطية ولتسهيل مجهودات الإزالة والتنظيف، يجب تحديد عدة عوامل :

١. موقع البقعة .
٢. حجم وانتشار البقعة .
٣. اتجاه وكمية حركة النفط .
٤. المعلومات الخاصة بالرياح ، التيارات ، والأمواج للتنبؤ بحركة البقع .

#### لماذا يتم استخدام الاستشعار عن بعد؟

يوفر الاستشعار عن بعد ميزة مراقبة المناطق البعيدة أو حتى التي يصعب الوصول لها، على سبيل المثال: البقع النفطية المتسربة من خطوط الإنتاج، يمكن ألا يتم تتبعها لفترة من الزمن، وذلك لعدم التأكد من مكان البقعة ومدى انتشارها، وبالتالي يستخدم الاستشعار عن بعد لتحديد مكان البقعة وإنتشارها .

بالنسبة للبقع في المحيطات، يمكن أن توفر بيانات الاستشعار عن بعد معلومات عن معدل واتجاه انتشار النفط باستخدام صور ملتقطة في عدة أوقات مختلفة، ويتم الاستفادة من تلك المعلومات بإدراجها في نظام محاكاة وتوقع مما يساهم في تسهيل جهود التخلص من تلك البقع .

أجهزة الاستشعار عن بعد المستخدمة تشمل استخدام تصوير الفيديو والتصوير الفوتوغرافي، باستخدام الأشعة تحت الحمراء بواسطة الطائرات ، والتصوير الحراري باستخدام الأشعة تحت الحمراء، وأجهزة الاستشعار التي تستخدم أشعة الليزر والضوء المرئي والرادارات، المحمولين جواً أو فضاءً، وتميز أجهزة الرادار عن المستشعرات البصرية بأنها تستطيع توفير البيانات في الظروف الجوية السيئة وفي الظلام. يستفيد من تلك المعلومات كل من خفر السواحل، ووكالات حماية البيئة العالمية، وشركات البترول، وعمليات الشحن، وشركات التأمين، وعمليات الصيد، والجهات والهيئات العسكرية المسؤولة عن الدفاع .



### متطلبات التطبيق:

أهم المتطلبات في هذا المجال هو زمن الحصول على المعلومات و التصوير بشكل دوري لمراقبة حركة وانتشار البقع النفطية، كما يجب توافر أجهزة استشعار عالية الدقة حتى تتمكن من تحديد أماكن البقع بدقة، وكذلك يجب أن تتوافر تغطية لمساحات كبيرة. وتميز الأجهزة المحمولة جواً بقدرتها على التصوير الدوري و تغطية مناطق معينة عند الحاجة إلى ذلك، ولكنها أكثر تكلفة، كما أن البقع النفطية تحدث عادة في ظروف جوية سيئة، وبالتالي تصعب مهمة الاستطلاع الجوي .

تعتبر الأجهزة التي تستخدم أشعة الليزر هي الأفضل في مجال تحديد أماكن البقع النفطية، كما أن لها القدرة على اكتشاف النفط على الشواطئ أو على الجليد، وتحديد نوع النفط المتسرب، ولكن يجب أن تكون السماء غير ملبدة بالغيوم، حتى تتمكن من تنفيذ مهمتها. وتظهر البقع النفطية في الصور الرادارية على هيئة أشكال دائرية لها لون داكن أكثر مما يحيط بها من مياه المحيط. ويعتمد تحديد أماكن تلك البقع بشكل كبير على سرعة الرياح، فعندما تكون سرعة الرياح أعلى من ١٠ م/ث، فسوف تنقسم البقعة إلى عدة بقع أصغر، مما يجعل من الصعب تحديد أماكنها.

