

Công nghệ viễn thám

Nguyễn Đình Dương. Viện Địa lý,
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Giới thiệu

Viễn thám là một khoa học về thu thập và phân tích thông tin một vật thể từ xa mà không có những tiếp xúc trực tiếp với chúng. Theo định nghĩa này các kỹ thuật như nhiếp ảnh, đo sâu hồi âm hoặc khảo sát địa chấn đều có thể được coi như là các kỹ thuật viễn thám. Tuy nhiên, thông thường viễn thám được hiểu là công nghệ thu thập và phân tích thông tin về bề mặt Trái Đất từ các độ cao khác nhau và sử dụng sóng điện từ làm phương tiện chính để truyền tải thông tin.

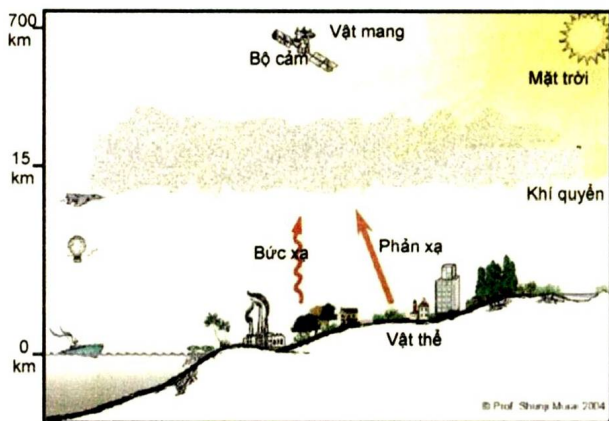
Thuật từ viễn thám (remote sensing) được Evelyn L. Pruitt đề xuất sử dụng lần đầu tiên vào những năm 1960 để thay thế cụm từ ảnh hàng không.

Viễn thám có thể được phân loại dựa trên nhiều góc độ khác nhau – chiều cao quan trắc, phương tiện bố trí thiết bị quan trắc, bước sóng điện từ dùng thu thập thông tin, v.v...

Viễn thám chủ động là kỹ thuật khi nguồn bức xạ điện từ dùng quan sát đối tượng được chủ động tạo

ra và không phụ thuộc vào điều kiện ngoại cảnh. Ví dụ về viễn thám chủ động có thể kể đến là công nghệ Radar hoặc Lidar.

Viễn thám bị động là kỹ thuật quan sát khi nguồn bức xạ điện từ chứa thông tin về vật thể do chính vật thể phát ra hoặc tán xạ từ những nguồn bức xạ không chịu sự kiểm soát. Ví dụ về viễn thám bị động có thể kể đến viễn thám quang học dựa trên sự chiếu xạ của Mặt Trời [H.1], viễn thám nhiệt dùng đo nhiệt độ bề mặt Trái Đất, v.v...



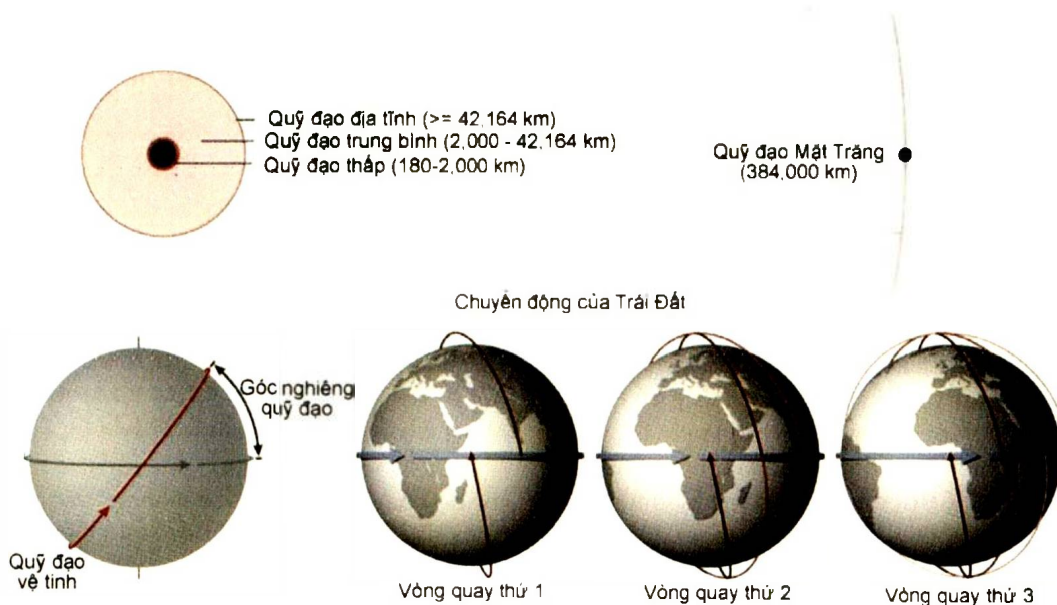
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý viễn thám.

Dựa trên chiều dài bước sóng sử dụng quan sát đối tượng có thể chia viễn thám làm hai nhóm: viễn thám quang học và viễn thám siêu cao tần. Viễn thám quang học còn có thể chia tiếp thành hai nhóm là viễn thám trong dải sóng nhìn thấy, viễn thám hồng ngoại và hồng ngoại nhiệt.

Về cơ bản, một hệ thống viễn thám được cấu thành từ hai phần chính – bộ cảm và vật mang. Bộ cảm (sensor) dùng để thu thập thông tin về vật thể và vật mang (platform) là phương tiện chuyển động mà bộ cảm được đặt lên. Bộ cảm viễn thám gồm

nhiều đầu dò (detector) được thiết kế theo các nguyên lý khác nhau, tùy theo mục đích quan sát. Vật mang là phương tiện chuyển động trên các quỹ đạo ổn định nhằm tạo ra khả năng quan sát vật thể theo một chương trình ấn định trước. Đối với vật mang bay trong vũ trụ thì quỹ đạo chuyển động có thể chia thành các loại đồng bộ Mặt Trời khi vật mang đi qua kinh tuyến địa phương luôn vào một thời điểm cố định trong ngày, quỹ đạo cực và gần cực khi mà vật mang đi qua hoặc gần sát hai cực Trái Đất và quỹ đạo địa tĩnh khi vật mang chuyển động với vận tốc góc bằng vận tốc góc của Trái Đất tự quay quanh trục của mình. Ngoài ra còn có thể chia quỹ đạo thành tầng thấp, trung bình hoặc cao [H.2].

Bức xạ điện từ là phương tiện dùng để truyền tải thông tin về vật thể đến bộ cảm. Dựa trên thực tế là vật chất khác nhau tương tác với bức xạ điện từ theo các cách khác nhau nên có thể sử dụng thông tin thu nhận được cho việc nghiên cứu các đối tượng từ xa. Bức xạ điện từ lan truyền trong không gian theo định lý Maxwell. Bức xạ điện từ vừa mang tính chất sóng và tính chất hạt. Khi nói đến tính chất sóng chúng ta nói đến khái niệm bước sóng và tần số. Mối liên quan giữa bước sóng λ , tần số ν và vận tốc lan truyền v được thể hiện theo công thức: $\lambda = v / \nu$. Tính chất hạt của bức xạ điện từ được thể hiện qua công thức $E = h \nu$, trong đó, E là năng lượng của photon, h là hằng số Planck và ν là tần số. Bức xạ điện từ luôn bao gồm hai hợp phần điện trường và từ trường. Vector điện trường và từ trường dao động trong hai mặt phẳng vuông góc với nhau. Sóng điện từ được gọi là phân cực khi vector điện từ chỉ dao động trong một mặt phẳng nhất định. Khi bức xạ điện từ tương tác với vật chất sẽ bị thay đổi tùy theo sự hấp thụ hoặc phản xạ trên các vùng bước sóng khác nhau. Sự hấp thụ và phản xạ bức xạ điện từ trên các



Hình 2. Minh họa về quỹ đạo vệ tinh.

vùng bước sóng khác nhau cung cấp thông tin về đối tượng mà khi giải mã có thể xác định được đó là đối tượng gì.

Viễn thám quang học

Viễn thám quang học sử dụng các bước sóng nhìn thấy, gần hồng ngoại, hồng ngoại sóng ngắn và sóng nhiệt để nghiên cứu các đối tượng trên bề mặt Trái Đất. Hầu hết các bộ cảm trong viễn thám quang học là các bộ cảm bị động quan sát các đối tượng dựa trên bức xạ hoặc phản xạ từ vật thể được chiếu xạ bởi các nguồn bức xạ không được kiểm soát.

Các thông số cơ bản của viễn thám quang học có thể liệt kê như sau:

- Đặc trưng phổ: số kênh phổ, bề rộng các kênh phổ, độ nhạy, v.v...
- Đặc trưng bức xạ: độ nhạy bức xạ, khoảng cấp độ xám thực tế, tỷ số giữa tín hiệu và nhiễu, mức lượng tử hóa – số bit dùng để mã hóa tư liệu.
- Đặc trưng hình học: Độ méo hình của ống kính, trường nhìn, trường nhìn không đổi của bộ cảm, v.v...

Một thành phần quan trọng của bộ cảm viễn thám quang học là hệ thống tách phổ. Chất lượng của viễn thám quang học phụ thuộc vào việc tách một chùm ánh sáng thành các dải phổ khác nhau với các độ tinh khiết theo yêu cầu mong muốn. Hệ thống tách phổ có thể dựa trên:

- Lăng kính tán sắc
- Nhiều xạ
- Kính lọc

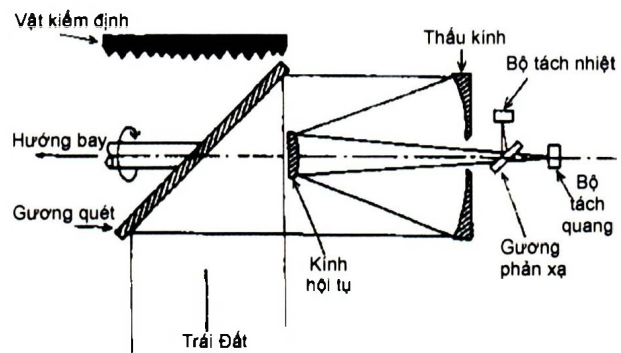
Đặc trưng hình học của một hệ thống viễn thám quang học thể hiện qua các thông số:

- Trường nhìn không đổi FOV – góc nhìn của bộ cảm. Bộ cảm quan sát bề mặt Trái Đất trong toàn bộ trường nhìn.
- Trường nhìn không đổi IFOV – góc nhìn không đổi của mỗi đầu dò trong bộ cảm. Thông tin thu được trong trường nhìn không đổi tương đương với một điểm ảnh chiếu lên bề mặt Trái Đất. Độ lớn của điểm ảnh chính là độ phân giải mặt đất của tư liệu viễn thám quang học.
- Bề ngang của tuyến quan sát bị giới hạn bởi trường nhìn của bộ cảm.

Có nhiều nguyên lý thiết kế bộ cảm nhưng phổ biến nhất là hai loại – quang cơ và quang điện tử.

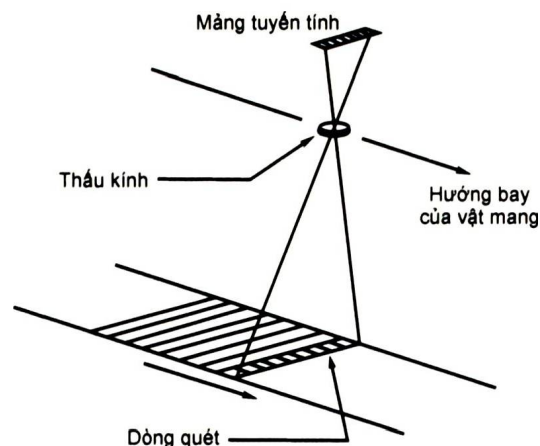
Ví dụ về máy quét quang cơ có thể kể đến bộ cảm Landsat TM/ETM+ [H.3]. Hình ảnh được tạo nên bằng hai chuyển động – chuyển động của vệ tinh và gương quay. Gương quay trong mặt phẳng vuông góc với hướng chuyển động của vệ tinh tạo nên nhiều hình ảnh nhỏ, nhờ sự chuyển động đều của vệ tinh trên quỹ đạo, các hình ảnh nhỏ này được ghép lại với nhau tạo nên một dải ảnh dài liên tục về bề mặt Trái Đất.

Bộ cảm SPOT HRV là ví dụ tiêu biểu về máy quét quang điện tử [H.4]. Hình ảnh trong mặt cắt ngang của tuyến bay được thu nhận trong cùng một thời điểm bằng một mảng tuyến tính các đầu dò. Do sự chuyển động của vệ tinh trên quỹ đạo nên quá trình thu nhận này được lặp lại liên tục và kết quả các hàng ảnh được ghép lại với nhau tạo nên một dải ảnh dài liên tục về bề mặt Trái Đất.



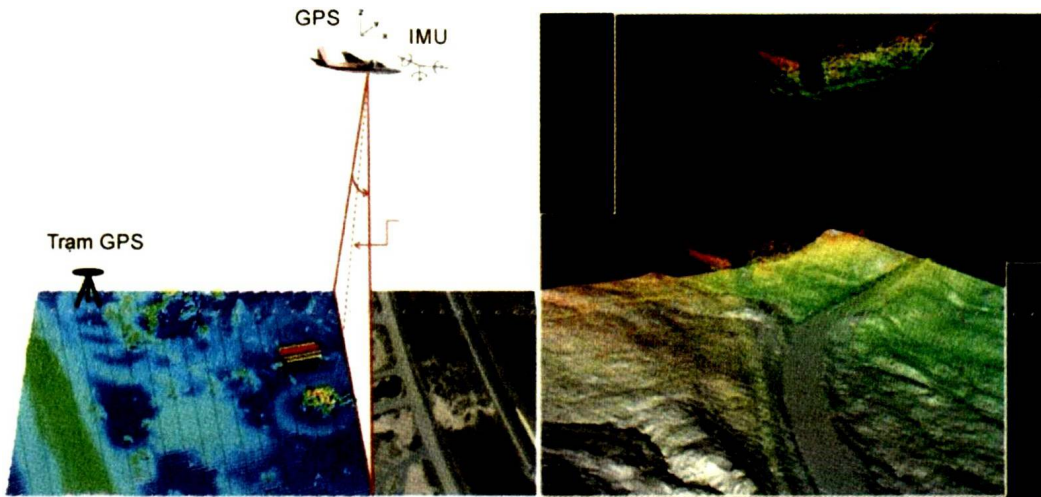
Hình 3. Máy quét quang cơ.

Bên cạnh các bộ cảm quang học đa phổ truyền thống với số kênh phổ tương đối giới hạn còn có một nhóm bộ cảm quang phổ có số lượng kênh phổ rất lớn được gọi là siêu phổ. Số kênh phổ của các bộ cảm này có thể đến hàng trăm kênh phổ bao phủ các vùng từ cực tím đến hồng ngoại nhiệt. Hyperion là một trong các bộ cảm siêu phổ được đưa lên quỹ đạo cuối năm 2.000 trên vệ tinh EO-1. Hyperion có 220 kênh phổ bao phủ vùng sóng từ 0,4 đến 2,5µm. Độ phân giải phổ là 10nm và độ phân giải không gian là 30m. Tư liệu viễn thám siêu phổ được sử dụng nhiều trong Địa chất do khả năng phân biệt được nhiều loại đất - đá khác nhau.



Hình 4. Nguyên lý bộ cảm quang điện tử.

Công nghệ LIDAR cũng được coi là một phần của viễn thám quang học. LIDAR đôi khi cũng còn được gọi là quét bằng tia laser. Bộ cảm LIDAR liên tục phát ra chùm tia laser và thu lại chùm tia phản xạ từ đối tượng. Dựa trên thời gian tia laser phản xạ từ đối tượng có thể xác định được khoảng cách đến vật thể. Máy phát laser trong LIDAR có thể làm việc với



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý LIDAR. Các điểm độ cao đo được bằng LIDAR (trên) và mô hình số bề mặt (dưới).

tần số 150 Khz tương đương 150.000 xung nhịp/giây. Sau khi xử lý sẽ có một tập hợp điểm độ cao dày đặc. Bằng kỹ thuật nội suy từ đó có thể xây dựng được mô hình số bề mặt và mô hình số độ cao [H.5].

Viễn thám siêu cao tần

Viễn thám siêu cao tần sử dụng sóng điện từ trong dải siêu cao tần để thu thập thông tin về các đối tượng trên bề mặt Trái Đất. Sóng siêu cao tần có bước sóng từ 1mm đến 1m hoặc tần số từ 30,0GHz đến 0,3GHz. Theo thông lệ, vùng sóng siêu cao tần được chia thành các kênh đặt tên theo các chữ cái như sau – kênh K: 26,5 - 18,5GHz hoặc 1,1 - 1,7cm; X: 12,5 - 8,0GHz hoặc 2,4 - 3,8cm; C: 8,0 - 4,0GHz hoặc 3,8 - 7,5cm; L: 2,0 - 1,0GHz hoặc 15,0 - 30,0cm; P: 1,0 - 0,3GHz hoặc 30,0 - 100,0cm.

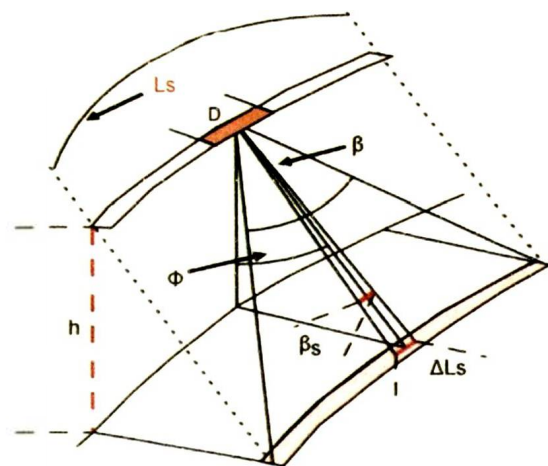
Viễn thám siêu cao tần có thể là thụ động khi nghiên cứu vật thể dựa trên bức xạ siêu cao tần do vật thể phát ra hoặc là chủ động khi bức xạ siêu cao tần do chính bộ cảm siêu cao tần cung cấp. Kỹ thuật siêu cao tần chủ động thường được gọi là viễn thám RADAR.

Khi sóng siêu cao tần tương tác với vật thể có thể xảy ra tán xạ trên bề mặt hoặc trong lòng vật thể. Mức độ tán xạ trên bề mặt phụ thuộc vào nhiều yếu tố, song mức độ gồ ghề của bề mặt là yếu tố quyết định nhất. Tán xạ bề mặt được sử dụng để nghiên cứu các đối tượng về mặt hình dạng, kích thước, trong khi đó tán xạ trong lòng vật thể dùng để nghiên cứu các cấu trúc bên trong (đánh giá mật độ cây gỗ dưới tán rừng) hoặc nghiên cứu mật độ hạt mưa trong một cơn mưa (dùng tính toán lượng mưa).

Nguyên lý cơ bản của viễn thám RADAR có thể được giải thích ngắn gọn như sau. Bộ cảm siêu cao tần phát chùm tia siêu cao tần theo những xung nhịp trong khoảng thời gian rất ngắn (khoảng micro giây). Các xung nhịp được phát đều đặn trong khoảng thời gian cố định. Giữa hai lần phát xung

nhịp bộ cảm sẽ thu nhận tán xạ từ vật thể trên bề mặt Trái Đất. Vật thể càng xa thì tín hiệu quay trở về càng có độ trễ về thời gian lớn. Dựa trên độ trễ về thời gian có thể xác định được khoảng cách từ bộ cảm đến vật thể. Dựa trên sự chênh lệch về biên độ, lệch pha, dịch chuyển tần số do hiệu ứng Doppler giữa bức xạ siêu cao tần phát ra và tán xạ ngược từ vật thể do bộ cảm thu được, sau khi xử lý sẽ dựng lại được hình ảnh về bề mặt Trái Đất quan sát bằng sóng siêu cao tần.

Viễn thám RADAR được chia thành 2 loại – RADAR của mở thực và RADAR của mở tổng hợp [H.6].



Hình 6. Mối liên quan giữa RADAR của mở thực và tổng hợp. Ls: cửa mở tổng hợp, D: cửa mở thực, β : độ rộng chùm tia thực, β_s : độ rộng chùm tia tổng hợp, h: độ cao quỹ đạo, ΔL_s : độ phân giải phương vị, ϕ : góc nghiêng quan sát.

RADAR của mở thực hoạt động dựa trên sự chuyển động của vật mang trên quỹ đạo. Một chùm bức xạ siêu cao tần hẹp được phát ra từ anten trong mặt phẳng vuông góc với hướng chuyển động của vật mang chiếu lên mặt đất theo những dải hẹp và một góc tới nhất định. Tín hiệu phản hồi trở lại bộ cảm sẽ càng muộn nếu đối tượng mặt đất càng ở xa. Bức xạ

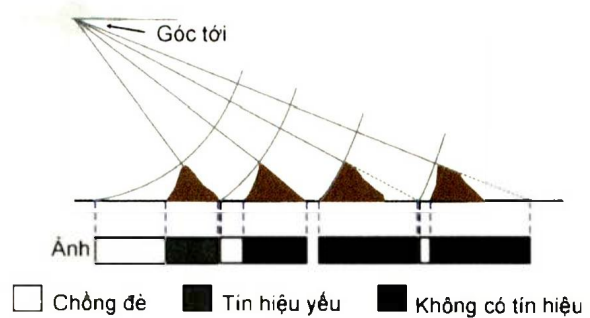
siêu cao tần được phát ra theo những xung nhịp ngắn. Giữa hai lần phát xung nhịp vật mang chuyển động được một khoảng cách nhỏ trên quỹ đạo. Cứ như vậy hình ảnh bề mặt Trái Đất được thu nhận trong những dải hẹp và khi ghép những dải hẹp này lại với nhau ta có được một dải ảnh dài về bề mặt đã quan sát. Để có được hình ảnh có độ phân giải cao, anten của bộ cảm siêu cao tần phải có kích thước rất lớn. Độ phân giải theo hướng tầm (vuông góc với hướng chuyển động của vật mang) phụ thuộc vào tốc độ ánh sáng và chiều dài xung nhịp. Độ phân giải phương vị (dọc theo phương chuyển động của vật mang) phụ thuộc vào chiều dài bước sóng, độ lớn của anten và khoảng cách từ vật thể đến anten theo công thức: $\lambda R/D$, trong đó, λ là chiều dài bước sóng siêu cao tần, R là khoảng cách hướng tầm đến vật thể và D là chiều dài của anten. Như vậy độ phân giải phương vị trong RADAR của mở thực không đồng nhất, tỷ lệ nghịch với kích thước anten và tỷ lệ thuận với khoảng cách hướng tầm. Vật thể càng gần thông tin thu được càng chi tiết, vật thể càng ở xa thông tin thu được càng thô. Muốn có độ phân giải phương vị cao phải cần một bộ cảm có anten cực lớn.

RADAR của mở tổng hợp ra đời nhằm khắc phục các điểm yếu của RADAR của mở thực. Với hệ thống RADAR của mở tổng hợp độ phân giải phương vị không phụ thuộc vào khoảng cách hướng tầm và có thể đạt được độ phân giải cao với một anten có kích thước nhỏ. Độ phân giải hướng tầm trong RADAR của mở tổng hợp bằng $D/2$ với D là chiều dài vật lý của anten đặt trên vật mang. Để đạt được điều này việc xử lý tín hiệu RADAR rất phức tạp, do vật mang chuyển động trên quỹ đạo, tán xạ ngược từ vật thể tạo bởi các chuỗi xung nhịp liên tiếp được ghi lại và được kết hợp lại với nhau trong quá trình xử lý tín hiệu. Thông qua việc xử lý tín hiệu một cửa mở tổng hợp với kích thước lớn được mô phỏng và do đó độ phân giải phương vị được cải thiện lên rất nhiều.

Do hình ảnh bề mặt Trái Đất trong viễn thám siêu cao tần luôn luôn được tạo nên từ quá trình quan sát sườn với một mô hình hình học khác biệt hoàn toàn với viễn thám quang học nên ảnh RADAR luôn bị méo. Các hiện tượng biến dạng hình ảnh trong viễn thám RADAR có thể kể đến là: chống đề, co ngắn và che khuất. Chống đề là hiện tượng xảy ra khi hình ảnh phần cao hơn phủ đề lên phần thấp hơn của đối tượng [H.7]. Co ngắn là hiện tượng khi khoảng cách giữa phần thấp và phần cao hơn của đối tượng bị co ngắn lại. Che khuất xảy ra khi sóng siêu cao tần do ảnh hưởng của địa hình không chiếu xạ được bề mặt tạo ra những vùng không có tán xạ ngược.

Nhiều đốm là một thuộc tính cơ bản của ảnh RADAR. Nhiều đốm xuất hiện do hiệu ứng giao thoa của các sóng kết hợp. Hình ảnh RADAR của bề mặt đối tượng mặc dù đồng nhất về mặt hình học nhưng vẫn bị ảnh hưởng của nhiễu đốm. Nhiễu đốm

có thể được loại bỏ một phần bằng kỹ thuật lọc ảnh hay áp dụng xử lý đa nhìn (multi-look).



Hình 7. Ví dụ về biến dạng hình ảnh do ảnh hưởng địa hình trong RADAR.

Các hệ thống vệ tinh quan sát Trái Đất

Vệ tinh quan sát Trái Đất đầu tiên là Landsat-1. Đây là vệ tinh do NASA đưa lên quỹ đạo năm 1972. Từ đó đến nay rất nhiều vệ tinh quan sát Trái Đất đã được nhiều nước khác nhau đưa lên quỹ đạo. Các hệ thống vệ tinh quan sát Trái Đất có thể được phân loại tùy theo mục đích sử dụng và quỹ đạo chuyển động.

Phổ biến nhất là hai loại quỹ đạo vệ tinh – quỹ đạo địa tĩnh và quỹ đạo thấp.

Vệ tinh địa tĩnh là vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo với tốc độ góc bằng tốc độ góc của Trái Đất quay xung quanh trục. Thông thường vệ tinh địa tĩnh chuyển động trên quỹ đạo hình tròn trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất với độ cao khoảng 36.000km. Vệ tinh địa tĩnh cho phép quan trắc liên tục bề mặt Trái Đất. Tuy nhiên nhược điểm cơ bản là do khoảng cách đến bề mặt Trái Đất quá lớn nên độ phân giải ảnh thường rất thấp.

Vệ tinh quỹ đạo thấp với độ cao từ 200 đến 2.000km gồm hai loại quỹ đạo – gần cực - đồng bộ Mặt Trời và quỹ đạo nghiêng.

Quỹ đạo gần cực và đồng bộ Mặt Trời có góc nghiêng của mặt phẳng quỹ đạo lớn hơn 90° khoảng vài độ. Ở quỹ đạo này vệ tinh luôn đi qua kinh tuyến địa phương vào một thời điểm nhất định trong ngày do đó điều kiện chiếu sáng mặt đất luôn ổn định. Quỹ đạo cực và đồng bộ Mặt Trời với góc nghiêng 98° hay được các vệ tinh viễn thám sử dụng. Quỹ đạo này cho phép quan trắc toàn bộ bề mặt Trái Đất trừ hai vùng cực.

Quỹ đạo nghiêng (đôi khi còn gọi là quỹ đạo nhiệt đới) là khi góc nghiêng của mặt phẳng quỹ đạo hợp với mặt phẳng xích đạo một góc lớn hơn 0° và nhỏ hơn 90°. Vệ tinh trên quỹ đạo này đi qua kinh tuyến địa phương vào các thời điểm khác nhau trong ngày do đó điều kiện chiếu sáng tại thời điểm quan trắc không ổn định. Quỹ đạo này không cho phép quan trắc toàn bộ bề mặt Trái Đất, nhưng tần suất quan trắc tại một số điểm sẽ cao hơn.

Vệ tinh quan trắc Trái Đất đầu tiên là ERTS-A, sau đổi thành Landsat-1, được đưa lên quỹ đạo ngày 23 tháng 7 năm 1972. Đây là vệ tinh do NASA quản lý. Vệ tinh được trang bị hai bộ cảm chính – RBV (Return Beam Video) với độ phân giải không gian 80m và 3 kênh phổ: Xanh chàm - xanh lục (475 - 575nm), da cam - đỏ (580 - 680nm) và đỏ - gần hồng ngoại (690 - 830nm). Bộ cảm thứ hai là MSS (multispectral Scanner). Bộ cảm này cung cấp tư liệu viễn thám với độ phân giải không gian 80m với bề rộng tuyến quan trắc là 175km. MSS quan sát bề mặt Trái Đất trên bốn kênh phổ – xanh lục (0,5 - 0,6 μ m), đỏ (0,6 - 0,7 μ m), gần hồng ngoại (0,7 - 0,8 μ m) và gần hồng ngoại (0,8 - 1,1 μ m). Từ đó đến nay nhiều vệ tinh quan trắc Trái Đất đã được các nước đưa lên quỹ đạo. Phổ biến nhất ngoài hệ thống vệ tinh Landsat còn có SPOT của Pháp, ALOS của Nhật Bản, Radarsat của Canada, v.v... NASA đã quyết định cung cấp miễn phí toàn bộ tư liệu Landsat trong quá khứ cũng như trong tương lai. Landsat 8 đã được đưa lên quỹ đạo ngày 11 tháng 2 năm 2013 sẽ tiếp tục cung cấp tư liệu miễn phí trong các năm tiếp theo. Landsat 8 có hai bộ cảm quan sát trong hai dải sóng nhìn thấy với độ phân giải 30m và nhiệt với độ phân giải 100m.

Vệ tinh viễn thám đầu tiên của Việt Nam có tên là VNREDSat-1 được đưa lên quỹ đạo ngày 7 tháng 5 năm 2013 bằng tên lửa đẩy Vega từ Trung tâm vũ trụ Guiana Space Center, Kourou [H.8]. VNREDSat-1 được đưa lên quỹ đạo cùng với vệ tinh PROBA-V của Pháp, nhưng vệ tinh VNREDSat-1 rời tên lửa đẩy sớm hơn vì được bố trí vào quỹ đạo thấp hơn.

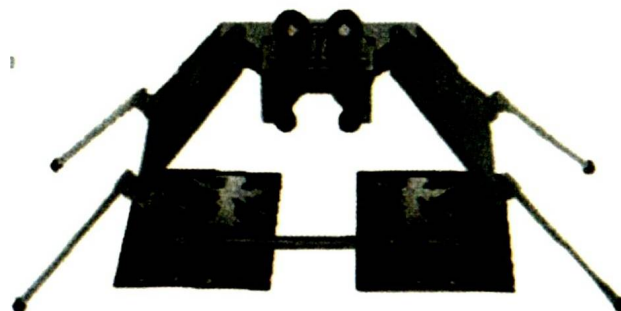


Hình 8. Vệ tinh tài nguyên môi trường đầu tiên của Việt Nam VNREDSat-1.

Vệ tinh VNREDSat-1 được trang bị bộ cảm NAOMI (New AstroSat Optical Modular Instrument). NAOMI có 4 kênh phổ với độ phân giải không gian 10m và một kênh toàn sắc có độ phân giải không gian 2,5m. Bề ngang tuyến quan trắc của VNREDSat-1 là 17,5km. Quỹ đạo của VNREDSat-1 là đồng bộ Mặt Trời với độ cao là 680km và góc nghiêng là 98,7°. Khả năng quan sát lặp lại là 3 ngày nhờ sự thay đổi góc nghiêng của vệ tinh.

Giải đoán ảnh

Giải đoán ảnh (hay minh giải ảnh) là quá trình chiết tách thông tin từ ảnh dựa trên kiến thức và kinh nghiệm của người giải đoán. Chất lượng giải đoán ảnh phụ thuộc nhiều vào bản thân người giải đoán ảnh. Kết quả giải đoán ảnh có thể là định tính hay định lượng và thường được thể hiện dưới dạng sơ đồ giải đoán. Việc giải đoán ảnh có thể được thực hiện với ảnh đen trắng, ảnh màu, đơn ảnh hay cặp ảnh lập thể [H.9].



Hình 9. Kính lập thể.

Đọc ảnh là hình thức đơn giản nhất của giải đoán ảnh gồm việc xác định một cách đơn giản các đối tượng dựa trên các yếu tố như hình dạng, kích thước, kiểu mẫu, độ đậm nhạt, bóng đổ, màu sắc, hoa văn và các mối liên quan. Đọc ảnh thường được bắt đầu dựa trên những bộ mẫu giải đoán đã được xây dựng trước cho các đối tượng.

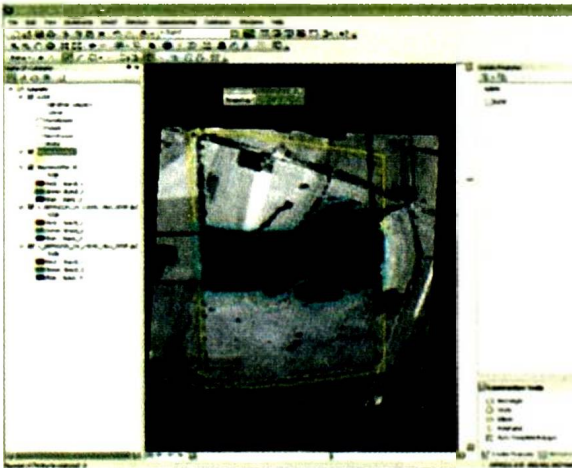
Trắc lượng ảnh là việc xác định các thông số của đối tượng như chiều dài, vị trí, chiều cao, mật độ, v.v...

Phân tích ảnh là quá trình tìm hiểu mối liên quan giữa các thông tin đã được giải đoán với hiện trạng trên thực tế nhằm đưa ra các đánh giá và kết luận cho phù hợp với tình hình.

Độ tin cậy của kết quả giải đoán ảnh được đánh giá dựa trên khảo sát thực địa. Khảo sát thực địa đặc biệt cần thiết cho việc xây dựng các mẫu giải đoán.

Trước đây việc giải đoán ảnh được thực hiện trên ảnh đã được in ra trên giấy hoặc nền phim. Ngày nay công tác giải đoán ảnh có thể thực hiện trực tiếp trên màn hình máy tính [H.10] với sự hỗ trợ của các phần mềm xử lý ảnh số.

Giải đoán ảnh với sự hỗ trợ của các phần mềm phù hợp có nhiều ưu điểm so với giải đoán ảnh truyền thống như ảnh giải đoán có thể phóng to thu nhỏ tùy ý, tổ hợp màu có thể được thay đổi trong quá trình giải đoán nâng cao khả năng nhận biết đối tượng [H.11]. Đặc biệt, ảnh giải đoán có thể được chồng phủ lên các loại bản đồ chuyên đề khác nhau hoặc kết nối với tài liệu khảo sát thực địa làm cho việc giải đoán các đối tượng được dễ dàng và có độ tin cậy cao. Kết quả giải đoán được lưu ở dạng số cho phép xây dựng bản đồ chuyên đề một cách dễ dàng.



Hình 10. Số hóa trên màn hình máy tính.

Xử lý ảnh số

Viễn thám hiện đại áp dụng các phương pháp thu thập thông tin và hình ảnh bề mặt Trái Đất dưới dạng tín hiệu số dựa trên nguyên lý quét cơ học điện tử hay quang điện tử. Xử lý ảnh số là tập hợp các phương pháp xử lý tín hiệu số nhằm tái tạo hình ảnh, hiệu chỉnh bức xạ và hình học, phân tích chiết tách thông tin tạo ra các sản phẩm đáp ứng yêu cầu của người dùng.

Xử lý ảnh số được cấu thành bởi hệ thống phần cứng và phần mềm.

Hệ thống phần cứng gồm các hợp phần sau đây.

- Máy tính
- Thiết bị ngoại vi
- o Thiết bị đọc ảnh số (ổ đĩa quang học, tủ băng từ, đĩa cứng, v.v...)
- o Thiết bị hiện ảnh màu thực

- o Thiết bị in ảnh màu (máy in laser, máy in phun, v.v...)

Hệ thống phần mềm gồm nhiều modul với các chức năng chính như sau.

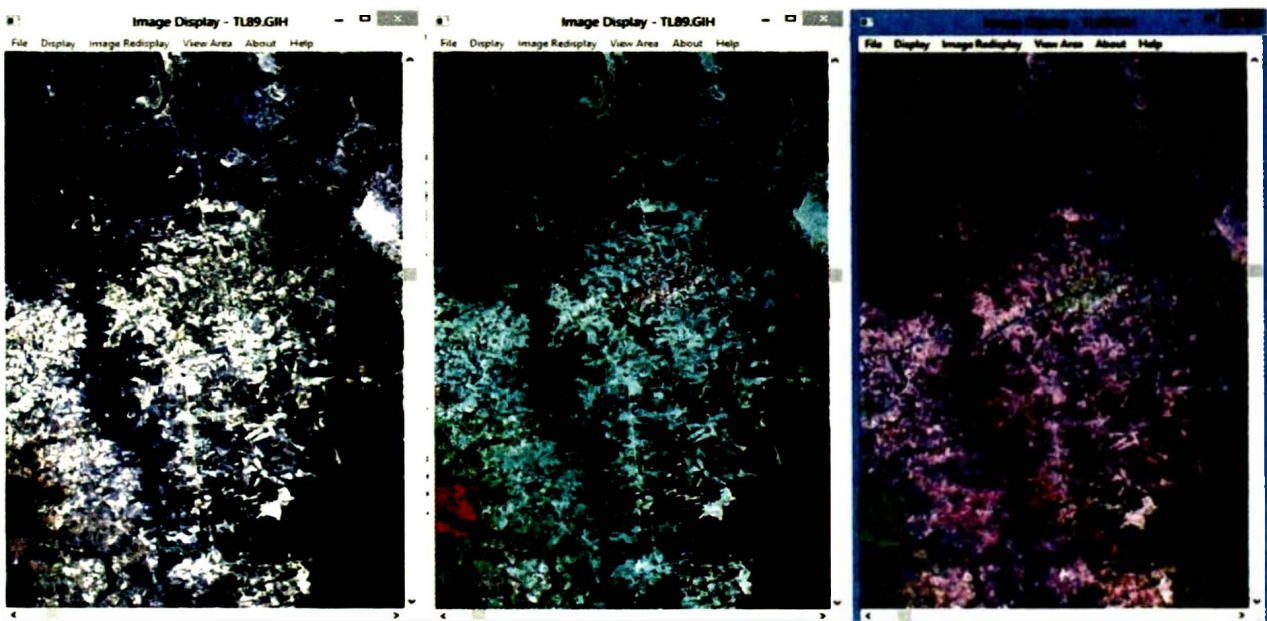
- Hiệu chỉnh bức xạ
- Chuyển đổi ảnh
- Phân loại đa phổ
 - o Phân loại theo gộp nhóm
 - o Phân loại hình hộp
 - o Phân loại xác suất cực đại
 - o Phân loại hình cây

Việc hiệu chỉnh bức xạ bao gồm các tác nghiệp chính như sau.

- o *Hiệu chỉnh độ nhạy bộ cảm*; ví dụ như hiệu chỉnh hiệu ứng hình ảnh bị tối dần tính từ tâm ra (hiệu ứng vignetting) đối với buồng chụp phim hay hiệu chỉnh sự chênh lệch về độ nhạy giữa các đầu dò trong trường hợp máy quét quang cơ hay quang điện tử.

- o *Hiệu chỉnh độ cao Mặt Trời và ảnh hưởng địa hình*. Mặt Trời luôn thay đổi vị trí trên bầu trời theo thời gian trong năm. Nhằm giữ được ổn định cường độ chiếu sáng của Mặt Trời cần tiến hành hiệu chỉnh ảnh hưởng độ cao và góc phương vị theo thời gian trong năm. Địa hình cũng góp phần làm cho tán xạ trên hai sườn núi không đều. Bên hướng về Mặt Trời bao giờ cũng sáng hơn với bên nằm trong bóng khuất.

- o *Hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển*. Khí quyển với các thành phần hơi nước, bụi thay đổi liên tục dẫn đến việc hấp thụ sóng ánh sáng trên các kênh phổ không đều. Việc hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển nhằm nâng cao chất lượng ảnh, loại bỏ tán xạ khí quyển nhằm làm tăng độ tương phản ảnh và đưa giá trị bức xạ ảnh từ bộ cảm (trên đỉnh khí quyển) về phản xạ trên mặt đất.



Hình 11. So sánh các tổ hợp màu khác nhau cho giải đoán ảnh bằng mắt. Tổ hợp màu thực 3, 2, 1 (trái), tổ hợp màu giả tiêu chuẩn. 4, 3, 2 (giữa) và tổ hợp màu hồng ngoại ngắn 5, 4, 3 (phải). Tư liệu Landsat TM khu vực hồ thủy điện Trị An.

Chuyển đổi ảnh gồm nhiều tác nghiệp nhằm tạo ra một ảnh mới có những tính chất tốt hơn phục vụ cho mục đích khai thác thông tin định trước.

- *Hiệu chỉnh hình học* nhằm loại bỏ các méo hình học do hệ thống gây nên cũng như do chuyển động của vệ tinh trên quỹ đạo và chuyển động tự quay của Trái Đất. Việc hiệu chỉnh hình học có thể được thực hiện theo các mô hình vật lý mô phỏng bộ cảm cũng như chuyển động của vệ tinh. Độ chính xác đạt được trong phương pháp này thường không cao. Tuy nhiên, tính ưu việt thể hiện ở chỗ là không cần điểm khống chế mặt đất. Trong trường hợp muốn đạt độ chính xác cao hơn thì cần phải có điểm khống chế mặt đất với độ chính xác phù hợp. Mô hình hiệu chỉnh hình học có thể như dưới đây.

- Đồng phương
- Đa thức bậc hai
- Đa thức bậc ba hoặc cao hơn
- Phương pháp chiếu hình

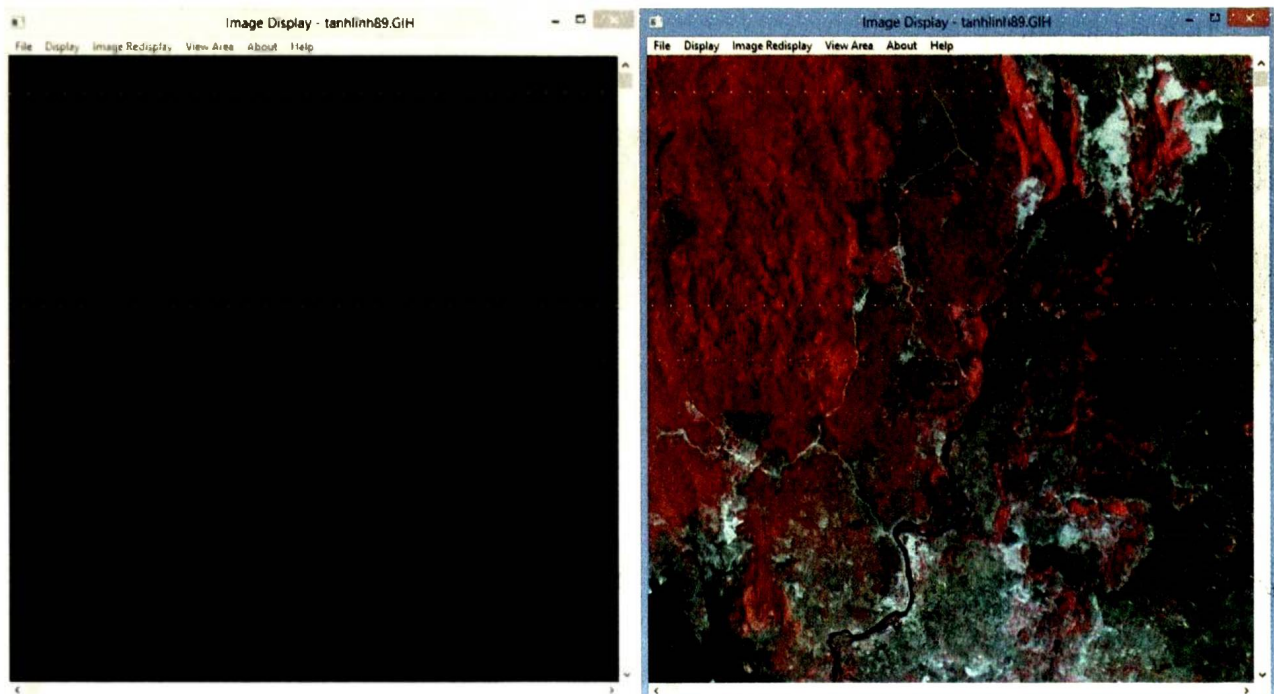
- *Tăng cường chất lượng ảnh*. Ảnh vệ tinh nguyên gốc thường tối do chiếu sáng không đủ hoặc các đối tượng trên bề mặt Trái Đất có độ phản xạ không cao. Do vậy khi hiển thị ảnh thường bị tối. Nhằm tạo ra ảnh có độ tương phản cao và màu sắc đủ độ cần thiết, cần tăng cường chất lượng. Việc tăng cường chất lượng ảnh hiển thị thường được thực hiện dựa trên đồ thị phân bố mật độ của ảnh gốc và hàm chuyển đổi $y=F(x)$ trong đó x là cấp độ xám ảnh gốc và y là cấp độ xám sau khi được tăng cường chất lượng. Hàm $F(x)$ có thể là tuyến tính hoặc phi tuyến. Phương pháp tăng cường chất lượng phổ biến nhất là tăng cường chất lượng tuyến tính với hàm số có dạng $y = ax+b$. Để có thể xác định được hệ số a và b , cần đặt hai điều kiện

$0 = ax_{min} + b$ và $255 = ax_{max} + b$. Giải hệ hai phương trình này sẽ được hai hệ số cho tăng cường chất lượng tuyến tính [H.12].

- *Lọc ảnh*. Lọc ảnh là kỹ thuật nhằm nhấn mạnh một thuộc tính nào đó của ảnh. Có hai nhóm lọc ảnh chính là lọc trong không gian ảnh và lọc trong không gian tần số. Lọc trong không gian ảnh được thực hiện với việc áp dụng một toán tử lọc dưới dạng ma trận $n \times m$ trong đó n và m là những số lẻ cho toàn bộ ảnh [H.13]. Lọc trong không gian tần số thường được thực hiện bằng việc sử dụng phép biến đổi Fourier để chuyển tư liệu từ không gian ảnh về không gian tần số và phép lọc được thực hiện trong không gian tần số. Sau đó tư liệu lại được chuyển từ không gian tần số về không gian ảnh bằng phép biến đổi Fourier ngược.

- *Đôi sánh ảnh*. Đây là kỹ thuật thường xuyên được sử dụng trong việc tự động hiệu chỉnh hình học, tạo mô hình số địa hình, v.v... Bản chất của đôi sánh ảnh là tìm các cặp điểm tương ứng trên hai hoặc nhiều ảnh. Các điểm ảnh được cho là hình ảnh của cùng một điểm trên mặt đất khi hệ số tương quan ảnh đạt giá trị cực đại.

- *Phân loại đa phổ*. Thường được sử dụng nhằm gán cho các điểm ảnh có chung một số thông số thống kê phổ một giá trị chung nào đó thể hiện cho một đối tượng nhất định. Ví dụ phân loại một ảnh số cho trước về các lớp rừng, cỏ và ao hồ, v.v... Phân loại đa phổ có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp với các độ tin cậy khác nhau như gộp nhóm, phân loại hình hộp, phân loại phi kiểm định và phân loại xác suất cực đại trong đó phương pháp phân loại xác suất cực đại cho độ tin cậy cao nhất.



Hình 12. Ảnh Landsat TM chưa tăng cường chất lượng (trái) và sau tăng cường chất lượng (phải).



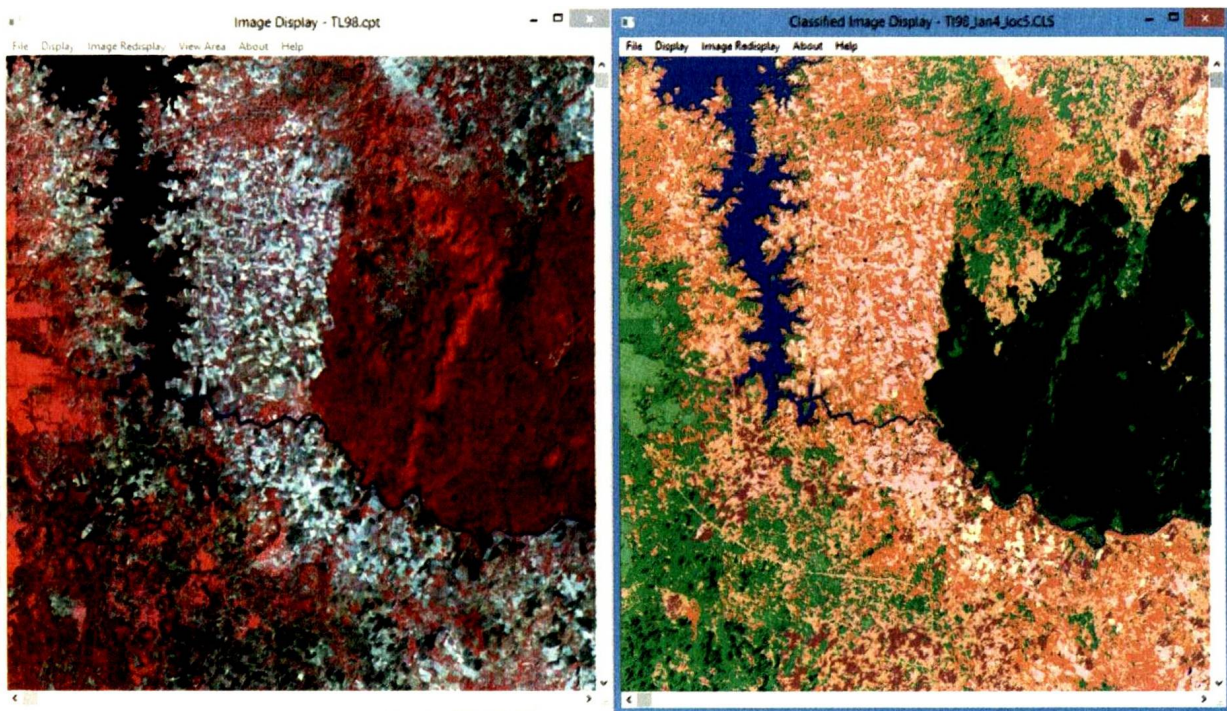
Hình 13. Ví dụ về lọc đường biên, áp dụng cho các đối tượng thủy văn.

Phân loại đa phổ bao gồm các bước cơ bản sau đây.

- Xác định các lớp cần phân loại
- Chọn lựa thuộc tính dùng cho phân loại
- Chọn vùng mẫu cho các đối tượng cần phân loại
- Tính toán các chỉ số thống kê vùng mẫu
- Tiến hành phân loại

Phân loại có kiểm định là phân loại dựa trên các vùng mẫu đã xác định cho các đối tượng. Vùng mẫu có thể được xác định dựa trên đo phổ trên mặt đất. Tuy nhiên, không phải lúc nào số liệu đo phổ cũng sẵn nên phương pháp chọn vùng mẫu trực tiếp trên ảnh thường được ưu tiên [H.14].

Phân loại không kiểm định, không dựa trên vùng mẫu mà dựa trên cấu trúc bên trong của số liệu. Những điểm ảnh đồng nhất về một tính chất nào đó sẽ được gộp thành một nhóm, nhưng ý nghĩa của nhóm đó là gì thì lại cần được giải mã sau khi phân loại.



Hình 14. Ảnh chưa phân loại (trái) và phân loại theo phương pháp xác suất cực đại (phải).

Tài liệu tham khảo

Colwell R. N., Ulaby F. T., Simonett D. S., Estes J. E., & Thorley G. A., 1983. Manual of remote sensing. *American Society of Photogrammetry*.
 Chris Oliver, Shaun Quegan, 2004. Understanding Synthetic Aperture Radar Images. *Scitech Publishing, Inc Raleigh, NC*.
<http://earthobservatory.nasa.gov/>

JARS, 1974. Remote sensing notes.
 John R. Jensen, 2007. Remote Sensing of the Environment. *Pearson Prentice Hall*.
 John R. Shott, R. John, 1997. Remote Sensing The Image Approach. *Oxford University Press*. 1997.
 Murai Shunji, 2004. Remote sensing course. – Distance education. *JICA 2007*.