

TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM, ĐẠI HỌC HUẾ
KHOA TÀI NGUYÊN ĐẤT VÀ MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP



BÀI GIẢNG
MÔN: VIỄN THÁM

Người biên soạn: Ths Nguyễn Đình Tiến

Huế, 2020

Tailieu.vn

MỤC LỤC

PHẦN LÝ THUYẾT	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VIỄN THÁM	1
1.1. Định nghĩa.....	1
1.2. Lịch sử phát triển của viễn thám	1
1.3. Nguyên lý cơ bản của viễn thám	3
1.4. Phân loại viễn thám.....	4
1.5. Phân loại bộ cảm.....	6
1.5.1. Khái niệm chung về bộ cảm	6
1.5.2. Phân loại bộ cảm	7
1.6. Vật mang và quỹ đạo bay.....	8
1.6.1. Phân loại vật mang	8
1.6.2. Quỹ đạo bay và các thông số cơ bản.....	9
1.7. Các tài liệu tham khảo cho việc xử lý tư liệu viễn thám.....	10
1.7.1. Ảnh tương tự.....	10
1.7.2. Ảnh số.....	10
1.7.3. Số liệu mặt đất	12
1.7.4. Số liệu định vị mặt đất.....	13
1.7.5. Bản đồ và số liệu địa hình.....	13
1.8. Truyền và thu số liệu vệ tinh	13
1.9. Giới thiệu một số ảnh vệ tinh	15
1.9.1. Vệ tinh ASTER.....	15
1.9.2. Vệ tinh ALOS-2	16
1.9.3. Vệ tinh LANDSAT	17
1.9.4. Vệ tinh SPOT	21
1.9.5. Vệ tinh SENTINEL	24
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA VIỄN THÁM.....	27
2.1. Các nguồn năng lượng và các nguyên lý bức xạ.....	27
2.2. Tính chất hạt và sự truyền năng lượng của ánh sáng.....	29
2.3. Tương tác năng lượng trong khí quyển.....	31
2.4. Các cửa sổ khí quyển	33
2.5. Sự tương tác năng lượng với các đối tượng trên mặt đất.....	34
2.6. Phổ phản xạ của một số đối tượng tự nhiên chính	36
2.7. Một số yếu tố ảnh hưởng đến phản xạ phổ của các đối tượng tự nhiên	37
2.7.1. Ảnh hưởng của yếu tố không gian.....	37
2.7.2. Ảnh hưởng của yếu tố thời gian	38
2.7.3. Ảnh hưởng của khí quyển	38
3.1.1. Khái niệm chung	42

3.1.2.	Các kênh phổ chính sử dụng trong radar	42
3.1.3.	Các ứng dụng chính của radar	43
3.3.1.	Độ phân giải không gian của hệ thống thu ảnh radar	46
3.3.2.	Những đặc điểm méo hình học của ảnh radar	48
3.3.3.	Bóng trên ảnh radar (Shadown).....	49
3.3.4.	Độ nhám bề mặt của ảnh radar	49
3.3.5.	Hiệu ứng phản xạ góc (coner reflect)	51
3.3.6.	Khả năng tạo ảnh lập thể của ảnh radar	51
CHƯƠNG 4. GIẢI ĐOÁN ẢNH VIỄN THÁM.....		56
4.1.	Khái niệm.....	56
4.2.	Hiệu chỉnh ảnh	57
4.2.1.	Hiệu chỉnh bức xạ	57
4.2.2.	Hiệu chỉnh khí quyển.....	58
4.2.3.	Hiệu chỉnh hình học ảnh	58
4.3.	Biến đổi ảnh	59
4.3.1.	Tăng cường chất lượng ảnh và chiết tách đặc tính.....	59
4.3.2.	Biến đổi cấp độ xám.....	60
4.3.3.	Thể hiện màu trên tự liệu ảnh vệ tinh.....	60
4.3.4.	Các phép biến đổi ảnh	61
4.3.5.	Phân tích cấu trúc	62
4.4.	Giải đoán ảnh viễn thám.....	63
4.4.1.	Giải đoán ảnh bằng mắt.....	63
4.4.2.	Giải đoán ảnh theo phương pháp số	67
4.5.	Giai đoạn đưa ra kết quả.....	73
CHƯƠNG 5. ỨNG DỤNG VIỄN THÁM TRONG NGHIÊN CỨU TÀI NGUYÊN MÔI TRƯỜNG		75
5.1.	Giới thiệu chung.....	75
5.2.	Viễn thám trong nghiên cứu sử dụng đất và lớp phủ bề mặt.....	76
5.3.	Viễn thám trong điều tra thành lập bản đồ chuyên đề (bản thổ ruộng/ bản đồ khô hạn/ bản đồ lũ lụt/ bản đồ cháy rừng)	81
PHẦN THỰC HÀNH		92
Bài 1. GIỚI THIỆU CÁCH TẢI ẢNH VỆ TINH VÀ PHẦN MỀM XỬ LÝ ẢNH.....		92
Bài 2. LÀM QUEN VỚI PHẦN MỀM ENVI		93
Bài 3. NẴN CHỈNH HÌNH HỌC ẢNH.....		99
Bài 4. PHÂN LOẠI ẢNH		103
Bài 5. CÁC KỸ THUẬT SAU PHÂN LOẠI.....		110

PHẦN LÝ THUYẾT

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VIỄN THÁM

1.1. Định nghĩa

Viễn thám (*Remote sensing - tiếng Anh*) được hiểu là một khoa học và nghệ thuật để thu nhận thông tin về một đối tượng, một khu vực hoặc một hiện tượng thông qua việc phân tích tư liệu thu nhận được bằng các phương tiện. Những phương tiện này không có sự tiếp xúc trực tiếp với đối tượng, khu vực hoặc với hiện tượng được nghiên cứu.

Thực hiện được những công việc đó chính là thực hiện *viễn thám* - hay hiểu đơn giản; ***Viễn thám là thăm dò từ xa về một đối tượng hoặc một hiện tượng mà không có sự tiếp xúc trực tiếp với đối tượng hoặc hiện tượng đó.***

Mặc dù có rất nhiều định nghĩa khác nhau về viễn thám, nhưng mọi định nghĩa đều có nét chung, nhấn mạnh ***"viễn thám là khoa học thu nhận từ xa các thông tin về các đối tượng, hiện tượng trên trái đất"***.

Ngoài ra, có thể tham khảo thêm một số định nghĩa của các tác giả dưới đây:

Viễn thám là một nghệ thuật, khoa học, nói ít nhiều về một vật không cần phải chạm vào vật đó (Ficher và nnk, 1976).

Viễn thám là quan sát về một đối tượng bằng một phương tiện cách xa vật trên một khoảng cách nhất định (Barret và Curtis, 1976).

Viễn thám là một khoa học về lấy thông tin từ một đối tượng, được đo từ một khoảng cách xa vật không cần tiếp xúc với nó. Năng lượng được đo trong các hệ viễn thám hiện nay là năng lượng điện từ phát ra từ vật quan tâm... (D. A. Land Grete, 1978).

Viễn thám là ứng dụng vào việc lấy thông tin về' mặt đất và mặt nước của trái đất, bằng việc sử dụng các ảnh thu được từ một đầu chụp ảnh sử dụng bức xạ phổ điện từ, đơn kênh hoặc đa phổ, bức xạ hoặc phản xạ từ bề mặt trái đất (Janes B. Capbell, 1996).

Viễn thám là "khoa học và nghệ thuật thu nhận thông tin về một vật thể, một vùng, hoặc một hiện tượng, qua phân tích dữ liệu thu được bởi phương tiện không tiếp xúc với vật, vùng, hoặc hiện tượng khi khảo sát".(Lillesand và Kiefer, 1986)

Phương pháp viễn thám là phương pháp sử dụng năng lượng điện từ như ánh sáng, nhiệt, sóng cực ngắn như một phương tiện để điều tra và đo đạc những đặc tính của đối tượng. (Theo Floy Sabin 1987). Định nghĩa này loại trừ những quan trắc về điện, từ và trọng lực vì những quan trắc đó thuộc lĩnh vực địa vật lý, sử dụng đồ đo những trường lực nhiều hơn là đo bức xạ điện từ.

1.2. Lịch sử phát triển của viễn thám

Viễn thám là một khoa học, thực sự phát triển mạnh mẽ qua hơn ba thập kỷ gần đây, khi mà công nghệ vũ trụ đã cho ra các ảnh số, bắt đầu được thu nhận từ các vệ tinh trên quỹ đạo của trái đất vào năm 1960. Tuy nhiên, viễn thám có lịch sử phát triển lâu đời, bắt đầu bằng việc chụp ảnh sử dụng phim và giấy ảnh. Từ thế kỷ XIX, vào năm 1839, Louis Daguerre (1789 - 1881) đã đưa ra báo cáo công trình nghiên cứu về hóa ảnh, khởi đầu cho

ngành chụp ảnh. Bức ảnh đầu tiên, chụp bề mặt trái đất từ khinh khí cầu, được thực hiện vào năm 1858 do Gaspard Felix Tournachon - nhà nhiếp ảnh người Pháp. Tác giả đã sử dụng khinh khí cầu để đạt tới độ cao 80m, chụp ảnh vùng Bievre, Pháp. Một trong những bức ảnh liếp theo chụp bề mặt trái đất từ khinh khí cầu là ảnh vùng Bostom của tác giả James Wallace Black, 1860.

Việc ra đời của ngành hàng không đã thúc đẩy nhanh sự phát triển mạnh mẽ ngành chụp ảnh sử dụng máy ảnh quang học với phim và giấy ảnh, là các nguyên liệu nhạy cảm với ánh sáng (photo). Công nghệ chụp ảnh từ máy bay tạo điều kiện cho nghiên cứu mặt đất bằng các ảnh chụp chồng phủ kế liếp nhau và cho khả năng nhìn ảnh nổi (stereo). Khả năng đó giúp cho việc chỉnh lý, đo đạc ảnh, tách lọc thông tin từ ảnh có hiệu quả cao. Một ngành chụp ảnh, được thực hiện trên các phương tiện hàng không như máy bay, khinh khí cầu và tàu lượn hoặc một phương tiện trên không khác, gọi là ngành chụp ảnh hàng không. Các ảnh thu được từ ngành chụp ảnh hàng không gọi là không ảnh. Bức ảnh đầu tiên chụp từ máy bay, được thực hiện vào năm 1910, do Wilbur Wright, một nhà nhiếp ảnh người Ý, bằng việc thu nhận ảnh di động trên vùng gần Centoceli thuộc nước Ý (bảng 1.1).

Bảng 1.1. Tóm tắt sự phát triển của viễn thám qua các sự kiện

Thời gian (Năm)	Sự kiện
1800	Phát hiện ra tia hồng ngoại
1839	Bắt đầu phát minh kỹ thuật chụp ảnh đen trắng
1847	Phát hiện cả dải phổ hồng ngoại và phổ nhìn thấy
1850-1860	Chụp ảnh từ kinh khí cầu
1873	Xây dựng học thuyết về phổ điện từ
1909	Chụp ảnh từ máy bay
1910-1920	Giải đoán từ không trung
1920-1930	Phát triển ngành chụp và đo ảnh hàng không
1930-1940	Phát triển kỹ thuật radar (Đức, Mỹ, Anh)
1940	Phân tích và ứng dụng ảnh chụp từ máy bay
1950	Xác định dải phổ từ vùng nhìn thấy đến không nhìn thấy
1950-1960	Nghiên cứu sâu về ảnh cho mục đích quân sự
12-4-1961	Liên xô phóng thành công tàu vũ trụ có người lái và chụp ảnh trái đất từ ngoài vũ trụ.
1960-1970	Lần đầu tiên sử dụng thuật ngữ <i>viễn thám</i>
1972	Mỹ phóng vệ tinh Landsat-1
1970-1980	Phát triển mạnh mẽ phương pháp xử lý ảnh số
1980-1990	Mỹ phát triển thế hệ mới của vệ tinh Landsat

Thời gian (Năm)	Sự kiện
1986	Pháp phóng vệ tinh SPOT vào quỹ đạo
1990 đến nay	Phát triển bộ cảm thu đa phổ, tăng dải phổ và số lượng kênh phổ, tăng độ phân giải của bộ cảm. Phát triển nhiều kỹ thuật xử lý mới.

Trong nghiên cứu môi trường và khí hậu trái đất, các ảnh vệ tinh NOAA có độ phủ lớn và có sự lặp lại hàng ngày, đã cho phép nghiên cứu các hiện tượng khí hậu xảy ra trong khí quyển như nhiệt độ, áp suất nhiệt đới hoặc dự báo bão.

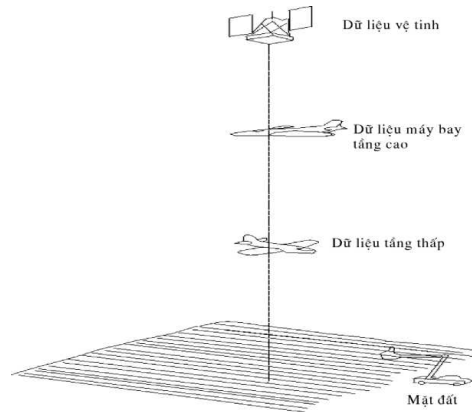
Sự phát triển trong lĩnh vực nghiên cứu trái đất bằng viễn thám được đẩy mạnh do áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật mới với việc sử dụng các ảnh radar. Viễn thám radar tích cực, thu nhận ảnh bằng việc phát sóng dài siêu tần và thu tia phản hồi, cho phép thực hiện các nghiên cứu độc lập, không phụ thuộc vào mây. Sóng radar có đặc tính xuyên qua mây, lớp đất móng và thực vật và là nguồn sóng nhân tạo, nên nó có khả năng hoạt động cả ngày và đêm, không phụ thuộc vào nguồn năng lượng mặt trời. Các bức ảnh tạo nên bởi hệ radar kiểu SLAR được ghi nhận đầu tiên trên bộ cảm Seasat. Đặc tính của sóng radar là thu tia phản hồi từ nguồn phát với góc xiên rất đa dạng. Sóng này hết sức nhạy cảm với độ gồ ghề của bề mặt vật, được chùm tia radar phát tới, vì vậy nó được ứng dụng cho nghiên cứu cấu trúc một khu vực nào đó.

Công nghệ máy tính ngày nay đã phát triển mạnh mẽ cùng với các sản phẩm phần mềm chuyên dụng, tạo điều kiện cho phân tích ảnh vệ tinh dạng số hoặc ảnh radar. Thời đại bùng nổ của Internet, công nghệ tin học với kỹ thuật xử lý ảnh số, kết hợp với Hệ thống thông tin Địa lý (GIS), cho khả năng nghiên cứu Trái đất bằng viễn thám ngày càng thuận lợi và đạt hiệu quả cao hơn.

1.3. Nguyên lý cơ bản của viễn thám

Viễn thám nghiên cứu đối tượng bằng giải đoán và tách lọc thông tin từ dữ liệu ảnh chụp hàng không, hoặc bằng việc giải đoán ảnh vệ tinh dạng số.

Các dữ liệu dưới dạng ảnh chụp và ảnh số được thu nhận dựa trên việc ghi nhận năng lượng bức xạ (không ảnh và ảnh vệ tinh) và sóng phản hồi (ảnh radar) phát ra từ vật thể khi khảo sát. Năng lượng phổ dưới dạng sóng điện từ, nằm trên các dải phổ khác nhau, cùng cho thông tin về một vật thể từ nhiều góc độ sẽ góp phần giải đoán đối tượng một cách chính xác hơn (hình 1.2).



Hình 1.1. Nghiên cứu viễn thám theo đa quan niệm

(Theo Lillesand và Kiefer, 1986).

Nếu biết trước phổ phát xạ, phản xạ (emitted/reflected) chuẩn của vật thể trong phòng thí nghiệm, xác định bằng các máy đo phổ, ta có thể giải đoán vật thể bằng cách phân tích đường cong phổ thu được từ ảnh vệ tinh.

Các phần mềm xử lý ảnh số được phát triển, nhằm cho ra thông tin về phổ bức xạ của các vật thể hoặc các hiện tượng xảy ra trong giới hạn diện phủ của ảnh. Xử lý ảnh số là kỹ nghệ làm hiển thị rõ ảnh và tách lọc thông tin từ các dữ liệu ảnh số, dựa vào các thông tin chìa khóa về phổ bức xạ phát ra.

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp xử lý ảnh số được thực hiện trên các phần mềm xử lý ảnh như IDRISI, ERDAS (PC), ERDAS Imagine (UNIX), PCI, ERMAPER, DRAGON, ENVLILWIS, GLOBAL MAPPER, QGIS, ARCGIS, ENVI...

Giải đoán, tách lọc thông tin từ dữ liệu ảnh viễn thám được thực hiện dựa trên các cách tiếp cận khác nhau, có thể kể đến là:

1. *Đa phổ*: Sử dụng nghiên cứu vật từ nhiều kênh phổ trong dải phổ từ nhìn thấy đến sóng radar.
2. *Đa nguồn dữ liệu*: Dữ liệu ảnh thu nhận từ các nguồn khác nhau ở các độ cao khác nhau, như ảnh chụp trên mặt đất, chụp trên khinh khí cầu, chụp từ máy bay trực thăng và phản lực đến các ảnh vệ tinh có người điều khiển hoặc tự động.
3. *Đa thời gian*: Dữ liệu ảnh thu nhận vào các thời gian khác nhau.
4. *Đa độ phân giải*: Dữ liệu ảnh có độ phân giải khác nhau về không gian, phổ và thời gian.
5. *Đa phương pháp*: Xử lý ảnh bằng mắt và bằng số.

1.4. Phân loại viễn thám

Sự phân biệt các loại viễn thám căn cứ vào các yếu tố sau:

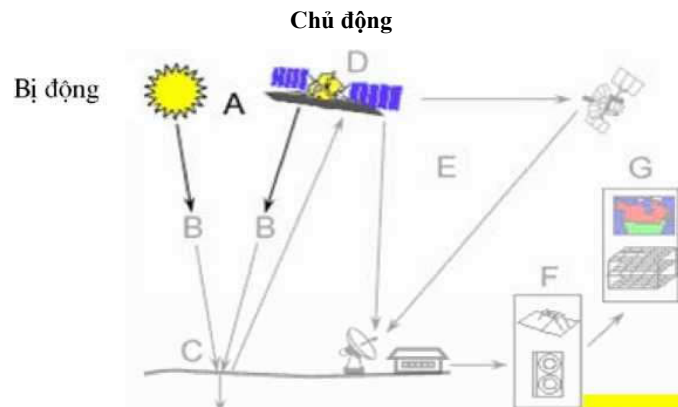
- Hình dạng quỹ đạo của vệ tinh.
- Độ cao bay của vệ tinh, thời gian còn lại của một quỹ đạo.
- Dải phổ của các thiết bị thu .

- Loại nguồn phát và tín hiệu thu nhận.

Có hai phương thức phân loại viễn thám chính là:

- **Phân loại theo nguồn tín hiệu**

Căn cứ vào nguồn của tia tới mà viễn thám được chia làm hai loại:

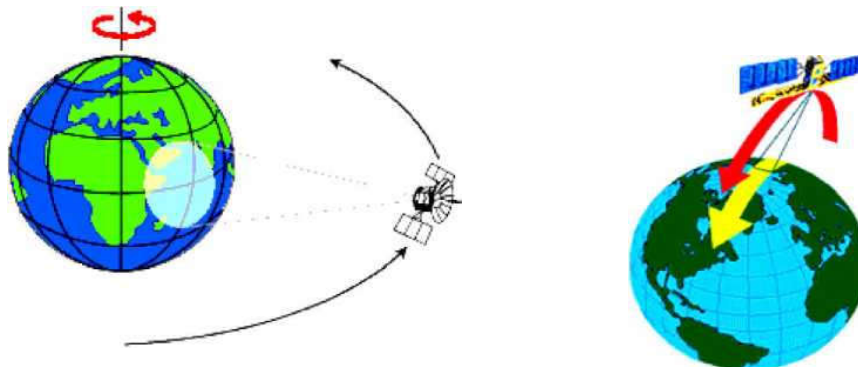


Hình 1.2. Sơ đồ mô tả hai hệ thống viễn thám chủ động và bị động

- *Chủ động (active)* : nguồn tia tới là tia sáng phát ra từ các thiết bị nhân tạo, thường là các máy phát đặt trên các thiết bị bay.
- *Thụ động (hay bị động - passive)*: nguồn phát bức xạ là mặt trời hoặc từ các vật chất tự nhiên.

Hiện nay, việc ứng dụng phối hợp giữa viễn thám và các công nghệ vũ trụ đã trở nên phổ biến trên phạm vi toàn cầu. Các nước có nền công nghệ vũ trụ phát triển đã phóng nhiều vệ tinh lên quỹ đạo, trên đó có mang nhiều thiết bị viễn thám khác nhau. Các trạm thu mặt đất phân bố đều trên toàn cầu có khả năng thu nhận nhiều loại tư liệu viễn thám do vệ tinh truyền xuống

- **Phân loại theo đặc điểm quỹ đạo:** có hai nhóm chính là viễn thám vệ tinh địa tĩnh và viễn thám vệ tinh quỹ đạo cực (hay gần cực).



Hình 1.3: Vệ tinh địa tĩnh (trái) và Vệ tinh quỹ đạo gần cực (phải)

Căn cứ vào đặc điểm quỹ đạo vệ tinh, có thể chia ra hai nhóm vệ tinh là:

- + **Vệ tinh địa tĩnh** là vệ tinh có tốc độ góc quay bằng tốc độ góc quay của trái đất, nghĩa là vị trí tương đối của vệ tinh so với trái đất là đứng yên.

+ **Vệ tinh quỹ đạo cực** (hay gần cực) là vệ tinh có mặt phẳng quỹ đạo vuông góc hoặc gần vuông góc so với mặt phẳng xích đạo của Trái Đất. Tốc độ quay của vệ tinh khác với tốc độ quay của trái đất và được thiết kế riêng sao cho thời gian thu ảnh trên mỗi vùng lãnh thổ trên mặt đất là cùng giờ địa phương và thời gian thu lặp lại là cố định đối với 1 vệ tinh (ví dụ LANDSAT là 18 ngày, SPOT là 26 ngày, SENTINEL là 14 ngày..).

Trên hai nhóm vệ tinh nói trên đều có thể áp dụng nhiều phương pháp thu nhận thông tin khác nhau tùy theo sự thiết kế của nơi chế tạo. Có các nguyên tắc thu nhận hình ảnh như sau (chủ động, bị động, chụp khung, quét dọc, quét ngang, quét bên sườn,...).

1.5. Phân loại bộ cảm

1.5.1. Khái niệm chung về bộ cảm

Bộ cảm giữ nhiệm vụ thu nhận các năng lượng bức xạ do vật thể phản xạ từ nguồn cung cấp tự nhiên(mặt trời) hoặc nhân tạo(do chính vệ tinh phát). Năng lượng này được chuyển thành tín hiệu số (biến đổi quang năng thành điện năng và chuyển đổi tín hiệu điện thành 1 số nguyên hữu hạn gọi là giá trị của pixel) tương ứng với năng lượng bức xạ ứng với từng bước sóng do bộ cảm nhận được trong dải phổ đã được xác định. Để hiểu rõ nguyên tắc hoạt động của bộ cảm, cách đơn giản nhất là xét khả năng phản xạ phổ của thực vật đối với sóng điện từ có bước sóng nằm trong vùng nhìn thấy. Nhìn thấy hay cảm nhận được đối với bức xạ điện từ là khả năng đặc biệt quan trọng không chỉ đối với các bộ cảm mà còn đối với mắt của con người, nhờ đó hình ảnh của vật thể và màu sắc có thể được tạo ra từ việc thu năng lượng do vật thể phản xạ từ 1 nguồn cung cấp nào đó.

Trong 5 giác quan của con người, mắt là giác quan có cảm nhận tốt nhất đối với sóng điện từ; *mắt của con người giữ chức năng giống như bộ cảm trong hệ thống viễn thám*. Ánh sáng đi vào mắt qua giác mạc và hội tụ ở võng mạc (con người giữ vai trò là thấu kính), các tế bào thần kinh (hình que và hình nón) ở võng mạc biến đổi năng lượng của ánh sáng mạnh hay yếu ứng với từng bước sóng khác nhau thành các xung điện truyền về não (bộ xử lý tín hiệu). Não của người sẽ phân tích các giá trị khác nhau của xung điện để cảm nhận được màu sắc hoặc hình ảnh.

Trong vùng ánh sáng nhìn thấy, các sắc tố của lá cây ảnh hưởng đến đặc tính phản xạ phổ của nó, đặc biệt là chất diệp lục (còn 1 số yếu tố khác cũng ảnh hưởng đến năng lượng phản xạ phổ của lá cây) hấp thụ ánh sáng có bước sóng xanh và đỏ đồng thời phản xạ mạnh ánh sáng có bước sóng xanh lá cây tương ứng bước sóng $0,55\mu\text{m}$. Do đó, khi cây tươi tốt, mắt con người cảm nhận lá cây có màu xanh; khi lá úa sắp rụng hoặc cây bị bệnh hàm lượng diệp lục giảm dẫn đến phản xạ phổ bị thay đổi và lá cây sẽ có màu vàng đỏ.

Đối với bộ cảm, kính lọc phổ được sử dụng để tách năng lượng bức xạ ứng với từng bước sóng khác nhau, và năng lượng này được dẫn đến các tế bào quang điện để biến đổi quang năng thành điện năng. Tùy thuộc vào số bit dùng để ghi nhận thông tin, việc chuyển đổi tín hiệu thành 1 số nguyên hữu hạn thể hiện sự thay đổi của cường độ phản xạ sóng từ các vật thể được bộ cảm xác định. Trong viễn thám, năng lượng này ứng với 1 đơn vị nhỏ nhất trên mặt đất tương ứng với một pixel trên ảnh và bằng kỹ thuật phối hợp vận hành

giữa vệ tinh và bộ cảm để tạo ảnh 2 chiều của bề mặt đất.

Tế bào quang điện là thiết bị sử dụng hiệu ứng quang điện để biến đổi quang năng thành điện năng. Độ lớn của dòng điện tạo ra tỷ lệ thuận với cường độ của sóng phản xạ từ vật thể, do đó sự thay đổi của dòng điện có thể được sử dụng để đo lường sự thay đổi năng lượng của ánh sáng mạnh hay yếu ứng với từng bước sóng khác nhau. Năng lượng sóng điện từ sau khi tới tế bào quang điện, được chuyển thành tín hiệu có giá trị thay đổi liên tục theo thời gian (số thực) và để ghi nhận thông tin, việc chuyển đổi tín hiệu điện liên tục thành 1 số nguyên hữu hạn được gọi là số hoá. Giá trị độ sáng ghi nhận được phụ thuộc vào số bit dùng trong quá trình số hoá và toàn bộ năng lượng của sóng điện từ thu được (tín hiệu nhập) chuyển sang tín hiệu số (tín hiệu xuất) chỉ sử dụng phân biến đổi tuyến tính của bộ cảm.

Bộ cảm chỉ thu nhận năng lượng sóng điện từ phản xạ hay bức xạ từ vật thể theo từng bước sóng xác định. Năng lượng sóng điện từ sau khi tới được bộ cảm được chuyển thành tín hiệu số (chuyển đổi tín hiệu điện thành 1 số nguyên hữu hạn gọi là giá trị của pixel) tương ứng với năng lượng bức xạ ứng với từng bước sóng do bộ cảm nhận được trong dải phổ đã xác định.

Máy quét với trường nhìn không đổi (góc nhìn không gian tương ứng giữa 1 pixel với 1 đơn vị chia mẫu trên mặt đất) được sử dụng để tạo ảnh 2 chiều của bề mặt đất dựa trên sự phối hợp chuyển động giữa vật mang và hệ thống quét vuông góc với hướng bay. Lượng thông tin về năng lượng bức xạ được ghi trong IFOV sẽ được bộ cảm đổi thành giá trị của pixel. Hệ thống quét sử dụng để ghi nhận năng lượng bức xạ ứng với các bước sóng khác nhau trong dải tần đã xác định (từ cực tím đến hồng ngoại) được gọi là hệ thống quét đa phổ.

1.5.2. Phân loại bộ cảm

a. Định nghĩa

Một thiết bị dùng để **cảm nhận sóng điện từ** phản xạ hoặc bức xạ từ vật thể được gọi là bộ viễn cảm, thường gọi tắt là bộ cảm. Máy chụp ảnh hoặc máy quét là những bộ viễn cảm.

b. Phân loại bộ cảm

Việc phân loại các bộ cảm có nhiều cách khác nhau, có thể theo dải sóng thu nhận, cũng có thể theo kết cấu. Các bộ cảm chủ động thu nhận năng lượng do vật thể phản xạ từ nguồn năng lượng nhân tạo. Các bộ cảm bị động thu nhận các bức xạ do vật thể phản xạ hoặc phát xạ.

Mỗi loại bộ cảm thuộc nhóm chủ động hoặc bị động được chia thành hệ thống quét và hệ thống không quét. Sau đó chúng lại tiếp tục được chia thành loại tạo ảnh và không tạo ảnh.

Các loại máy chụp ảnh, máy quét quang cơ, máy quét điện từ là những bộ cảm được sử dụng rộng rãi trong viễn thám hiện nay.

Các bộ cảm quang học được đặc trưng bởi tính chất phổ, đặc trưng hình học, đặc trưng bức xạ.

Tính chất phổ được thể hiện qua số lượng kênh phổ và bề rộng kênh. Các thiết bị dùng phim được đặc trưng bởi độ nhạy của phim, khả năng lọc của các kính lọc phổ, các tính chất quang học của hệ thống thấu kính.

Các đặc trưng hình học được thể hiện qua các thông số như trường nhìn, trường nhìn không đổi, độ trùng khớp giữa các kênh, biến dạng hình học.

Các đặc trưng bức xạ được xác định dựa theo sự thay đổi của bức xạ điện từ trước và sau khi đi qua hệ thống quang học.

Vùng ánh sáng được bố trí theo thứ tự bước sóng được gọi là phổ. Chùm ánh sáng trắng được tách thành phổ thông qua thiết bị quang học như lăng kính, hệ thống lăng kính.

Ngoài việc sử dụng lăng kính để tách phổ, người ta còn dùng kính lọc phổ. Có 3 loại kính lọc phổ là kính lọc sóng dài, kính lọc sóng ngắn, kính lọc đơn phổ.

1.6. Vật mang và quỹ đạo bay

1.6.1. Phân loại vật mang

Một phương tiện dùng để mang các bộ cảm gọi là vật mang. Vệ tinh, máy bay là những vật mang cơ bản. Có nhiều loại vật mang có độ cao hoạt động từ vài chục mét trở lên.

Vật mang được chia ra các nhóm sau đây:

- + Vệ tinh địa tĩnh.
- + Vệ tinh tài nguyên.
- + Vật mang quỹ đạo thấp.
- + Vật mang tầng máy bay.
- + Vật mang tầng thấp.

Khi vật mang chuyển động trong vệ tinh, trong khí quyển chịu nhiều tác động của môi trường xung quanh. Đó là tác động như áp suất, mật độ không khí và nhiệt độ. Những tác động này dẫn đến sự mất ổn định thể của vật mang khi chuyển động trên quỹ đạo.

Bảng 1.2. Phân loại vật mang theo độ cao

Vật mang	Chiều cao	Hình thức quan sát	Ghi chú
Vệ tinh địa tĩnh	36.000km	Quan sát từ một điểm cố định	GMS
Vệ tinh quỹ đạo tròn	500km - 1000km	Quan sát đều đặn theo chu kỳ	LANDSAT
Tàu vệ tinh con thoi	240km - 350km	Quan sát không đều, theo từng cuộc thí nghiệm	
Bóng thám không	100m - 100km	Nghiên cứu nhiều đối tượng khác nhau	

Vật mang	Chiều cao	Hình thức quan sát	Ghi chú
Máy bay phản lực cao tầng	10km - 12km	Nghiên cứu nhiều đối tượng khác nhau	
Máy bay tầng thấp hoặc trung bình	500m-8000m	Nghiên cứu nhiều đối tượng khác nhau	
Máy bay lên thẳng	100m-2000m	Nghiên cứu nhiều đối tượng khác nhau	
Máy bay không người lái điều khiển bằng vô tuyến	Dưới 500m	Nghiên cứu nhiều đối tượng khác nhau	
Đo đạc mặt đất	0 - 30m	Thu thập số liệu thực địa	

1.6.2. Quỹ đạo bay và các thông số cơ bản

Tập hợp các thông số cơ bản mô tả quỹ đạo chuyển động của vật mang được gọi là các phần tử quỹ đạo của vệ tinh. Vệ tinh chuyển động trong vũ trụ được xác định bằng 6 thông số cơ bản của định luật Kepler áp dụng cho các vật thể chuyển động trong vũ trụ. Theo định luật này thì vệ tinh có thể được coi như một vật thể quay xung quanh trái đất trong một mặt phẳng quỹ đạo không bị tác động do lực hấp dẫn của mặt trăng và mặt trời. Thực ra thì vẫn tồn tại tương tác giữa các trường hấp dẫn của trái đất, mặt trăng và mặt trời. Nhưng trong nhiều bài toán thực tế thì ảnh hưởng của mặt trăng và mặt trời đến vệ tinh có thể bỏ qua vì không đáng kể so với tác động của trọng trường trái đất. Như vậy, mỗi loại vệ tinh khác nhau sẽ chuyển động xung quanh trái đất theo một quỹ đạo xác định được thiết kế theo sáu tham số quỹ đạo cơ bản, đó là:

- Bán trục lớn a của quỹ đạo,
- Độ dẹt quỹ đạo e (lệch tâm quỹ đạo),
- Góc nghiêng i (so với mặt phẳng xích đạo),
- Góc lên bên phải h ,
- Điểm gần nhất g (góc cực của cận điểm),
- Thời gian V qua điểm gần nhất t (cận điểm).

Đặc trưng chuyển động của vệ tinh theo quỹ đạo không chỉ được phân biệt theo hình dạng và góc nghiêng của quỹ đạo mà còn theo chu kỳ lặp lại của vệ tinh tại vị trí quan sát. Vì trái đất quay một vòng quay trục mất 24 giờ và vệ tinh chuyển động với vận tốc nhất định nên thời gian để vệ tinh hoàn tất quỹ đạo trở lại vị trí ban đầu có thể xác định được. Nếu thiết kế quỹ đạo để vệ tinh trở lại điểm thiên đỉnh trong một ngày thì được gọi là quỹ đạo có chu kỳ lặp một ngày. Ngược lại, sau khoảng thời gian cố định (nhiều ngày) vệ tinh trở lại điểm thiên đỉnh được gọi là quỹ đạo có chu kỳ lặp lại nhiều ngày. Vệ tinh quan sát mặt đất thường sử dụng quỹ đạo có chu kỳ lặp lại nhiều ngày vì nó cho phép bộ cảm biến nhìn bao phủ hầu hết các phần trên mặt đất dựa trên sự kết hợp chuyển động quay tương

đối giữa mặt đất và vệ tinh. Khi chọn dữ liệu ảnh vệ tinh phục vụ cho công tác quan sát hay phân tích biến động cần phải xem xét vệ tinh có chu kỳ lặp (chụp ảnh) và chu kỳ quỹ đạo thích hợp nhất cho nhu cầu sử dụng.

Bảng 1.3. Thống kê chu kỳ lặp và chu kỳ quỹ đạo của vệ tinh Landsat, SPOT, và ADEOS

Chu kỳ lặp	18 ngày (Landsat-1-3) 16 ngày (Landsat-4,5,7)	26 ngày (SPOT-1-4)	41 ngày (ADEOS)
Chu kỳ quỹ đạo	Khoảng 103 phút (Landsat -1-3) Khoảng 99 phút (Landsat)	Khoảng 101 phút (SPOT -1-4)	Khoảng 101 phút (ADEOS)

1.7. Các tài liệu tham khảo cho việc xử lý tư liệu viễn thám

1.7.1. Ảnh tương tự

Ảnh tương tự là ảnh chụp trên cơ sở của lớp cảm quang halogen bạc, ảnh tương tự thu được từ các bộ cảm tương tự dùng phim chứ không sử dụng các hệ thống quang điện tử. Những tư liệu này có độ phân giải không gian cao nhưng kém về độ phân giải phổ. Nói chung loại ảnh này thường có độ méo hình lớn do ảnh hưởng của độ cong bề mặt trái đất. Vệ tinh Cosmos của Nga thường sử dụng loại bộ cảm này.

1.7.2. Ảnh số

Ảnh số là dạng tư liệu ảnh không lưu trên giấy ảnh hoặc phim. Nó được chia thành nhiều phân tử nhỏ thường được gọi là pixel. Mỗi pixel tương ứng với một đơn vị không gian. Quá trình chia mỗi ảnh tương tự thành các pixel được gọi là chia mẫu (Sampling) và quá trình chia các độ xám liên tục thành một số nguyên hữu hạn gọi là lượng tử hóa. Các pixel thường có dạng hình vuông. Mỗi pixel được xác định bằng tọa độ hàng và cột. Hệ tọa độ ảnh thường có điểm 0 ở góc trên bên trái và tăng dần từ trái sang phải đối với chỉ số cột và từ trên xuống đối với chỉ số hàng. Trong trường hợp chia mẫu một ảnh tương tự thành một ảnh số thì độ lớn của pixel hay tần số chia mẫu phải được chọn tối ưu. Độ lớn của pixel quá lớn thì chất lượng ảnh sẽ tồi, còn trong trường hợp ngược lại thì dung lượng thông tin lại quá lớn.

Ảnh số được đặc trưng bởi một số thông số cơ bản về hình học bức xạ bao gồm:

- Trường nhìn không đổi là góc không gian tương ứng với một đơn vị chia mẫu trên mặt đất. Lượng thông tin ghi được trong trường nhìn không đổi tương ứng với giá trị pixel.
- Góc nhìn tối đa mà bộ cảm có thể thu được sóng điện từ gọi là trường nhìn. Khoảng không gian trên mặt đất do trường nhìn tạo nên chính là bề rộng tuyến bay.
- Vùng bé nhất trên mặt đất mà bộ cảm nhận được gọi là độ phân giải mặt đất. Đôi khi hình chiếu của một pixel lên mặt đất được gọi là độ phân giải. Bởi vì ảnh số được ghi lại theo những dải phổ khác nhau nên người ta gọi là tư liệu đa phổ (hình 1.16).

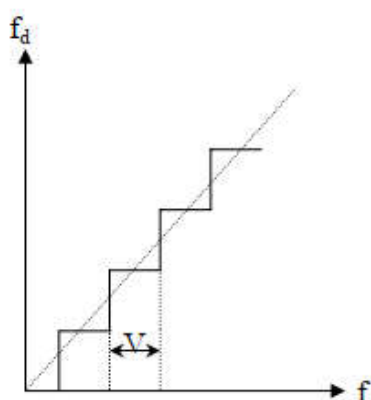
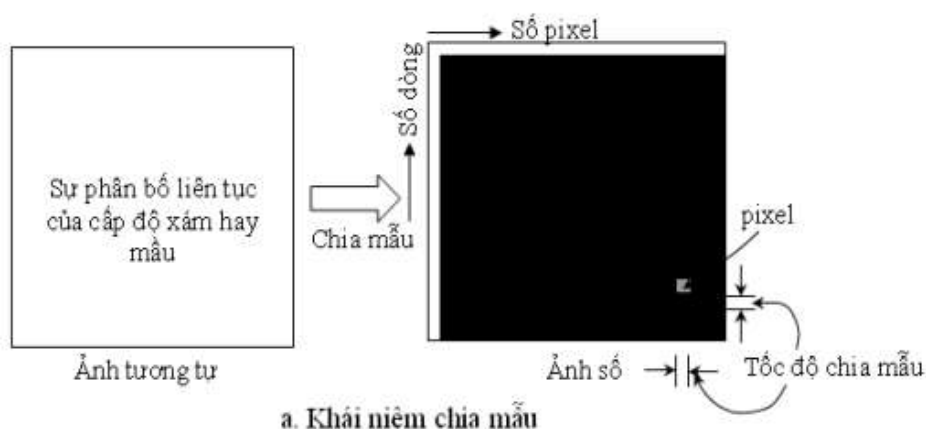
Năng lượng sóng điện từ sau khi tới bộ dò được chuyển thành tín hiệu điện và sau khi lượng tử hóa trở thành ảnh số. Trong toàn bộ dải sóng tương tự thu được chỉ có phần

biến đổi tuyến tính được lượng tử hóa. Hai phần biên của tín hiệu không được xét đến vì chúng chứa nhiều nhiễu và không giữ được quan hệ tuyến tính giữa thông tin và tín hiệu. Xác định ngưỡng nhiễu là một việc hết sức cẩn thận. Chất lượng của tư liệu được đánh giá qua tỷ số tín hiệu/nhiều. Tỷ số tín hiệu/nhiều được định nghĩa thông qua biểu thức sau:

$$S = 20 \cdot \lg(S/N) [\text{dB}]. \text{Nratio}$$

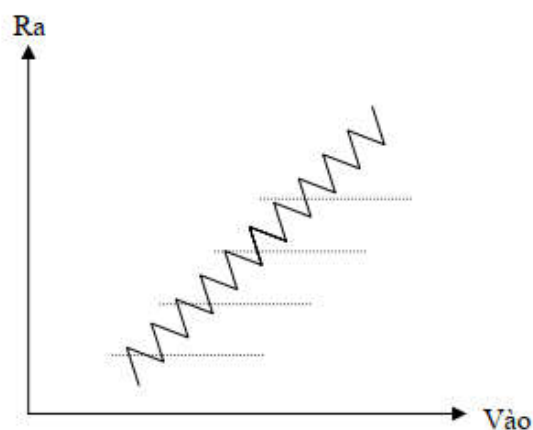
Thông tin được ghi theo đơn vị bit. Trong xử lý số, đơn vị xử lý thường là byte. Do vậy đối với tư liệu có số bit nhỏ hơn hoặc bằng 8 thì được lưu ở dạng 1 byte (vì 1 byte bằng 8 bit) và tư liệu số có số bit lớn hơn 8 được lưu ở dạng 2 byte hay trong 1 từ. Trong 1 byte có thể lưu được 256 cấp độ xám, còn trong 1 từ có thể lưu được 65536 cấp độ xám.

Ngoài các thông tin ảnh, trong mỗi lần lưu trữ người ta phải lưu thêm nhiều thông tin hỗ trợ khác như : số hiệu của ảnh, ngày, tháng, năm, các chỉ tiêu chất lượng.



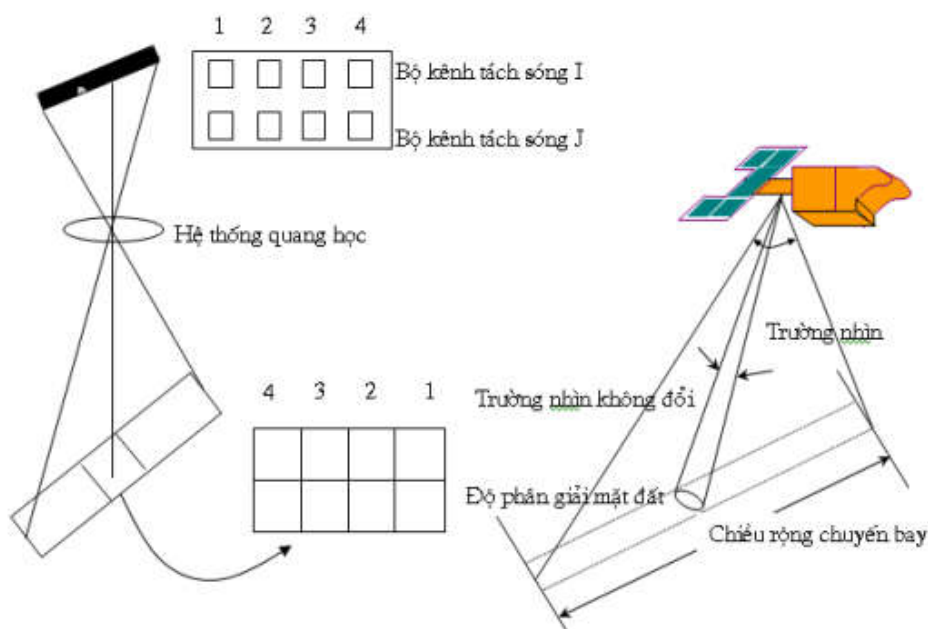
f: Độ tương tự
 f_d : Độ lượng tử hoá
V: Đơn vị cường độ
n: Số nguyên
 $(n-0,5)V \leq f < (n+0,5)V \rightarrow f_d = n$
Sai số lượng tử hoá: $f - f_d$ (Phần bóng)

b. Khái niệm lượng tử hoá



c, Lượng tử hóa trong trường hợp tín hiệu có chứa nhiễu

Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý chia mẫu và lượng tử hóa



Hình 1.5. Sơ đồ mô tả mối tương quan giữa các khái niệm

1.7.3. Số liệu mặt đất

Số liệu mặt đất là tập hợp các quan sát mô tả, đo đạc về các điều kiện thực tế trên mặt đất của các vật thể cần nghiên cứu nhằm xác định mối tương quan giữa tín hiệu thu được và bản thân các đối tượng. Nói chung các số liệu mặt đất cần phải được thu thập đồng thời trong cùng một thời điểm với số liệu vệ tinh hoặc trong một khoảng thời gian sao cho các sự thay đổi của các đối tượng nghiên cứu trong thời gian đó không ảnh hưởng tới việc xác định mối quan hệ cần tìm.

Số liệu mặt đất được sử dụng cho các mục đích sau:

- Thiết kế các bộ cảm

- Kiểm định các thông số kỹ thuật của bộ cảm.
- Thu thập các thông tin bổ trợ cho quá trình phân tích và hiệu chỉnh số liệu.

Khi khảo sát thực địa ta cần thu thập các số liệu:

- Các thông tin tổng quan và thông tin chi tiết về đối tượng nghiên cứu như chủng loại, trạng thái, tính chất phản xạ và hấp thụ phổ, hình dáng bề mặt, nhiệt độ...
- Các thông tin về môi trường xung quanh, góc chiếu và độ cao mặt trời, cường độ chiếu sáng, trạng thái khí quyển, nhiệt độ, độ ẩm không khí, hướng và tốc độ gió.

Do việc thu thập số liệu mặt đất là công việc tốn kém thời gian và kinh phí cho nên người ta thường thành lập các khu vực thử nghiệm trong đó có đầy đủ các đối tượng cần theo dõi và đo đạc.

1.7.4. Số liệu định vị mặt đất

Để có thể đạt được độ chính xác trong quá trình hiệu chỉnh hình học cần phải có các điểm định vị trên mặt đất có tọa độ địa lý đã biết. Những điểm này thường được bố trí tại những nơi mà vị trí của nó có thể thấy được dễ dàng trên ảnh và bản đồ.

Hiện nay, người ta sử dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS vào mục đích này.

1.7.5. Bản đồ và số liệu địa hình

Để phục vụ cho các công tác nghiên cứu của viễn thám cần phải có những tài liệu địa hình và chuyên đề sau :

- Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/25.000 hoặc 1/50.000.

Trên bản đồ địa hình có thể lấy được tọa độ các kiểm tra phục vụ việc hiệu chỉnh hình học hoặc các thông số độ cao nhằm khôi phục lại mô hình thực địa.

- Bản đồ chuyên đề

Các bản đồ chuyên đề sử dụng đất, rừng, địa chất... tỷ lệ khoảng 1/5.000 đến 1/25.000 rất cần cho việc nghiên cứu chuyên đề, chọn vùng mẫu và phân loại. Nếu các bản đồ này được số hóa và lưu trong máy tính thì có thể được sử dụng để xây dựng cơ sở dữ liệu hệ thống tin địa lý.

- Bản đồ kinh tế xã hội

Các ranh giới hành chính, hệ thống giao thông, các chỉ số thống kê công nông nghiệp... cũng là các thông tin quan trọng có thể được khai thác trong viễn thám.

- Mô hình số địa hình

Bên cạnh các dạng bản đồ truyền thống, trong viễn thám còn sử dụng một dạng số liệu khác đó là mô hình số địa hình hay mô hình số độ cao được tạo ra từ đường bình độ, lưới số liệu độ cao phân bố đều, lưới số liệu độ cao phân bố ngẫu nhiên hay các hàm mô tả bề mặt.

1.8. Truyền và thu số liệu vệ tinh

Khác với phương pháp chụp ảnh hàng không, ảnh viễn thám được truyền từ vệ tinh về các trạm thu trên mặt đất thông qua việc sử dụng anten phát sóng điện từ có tần số rất

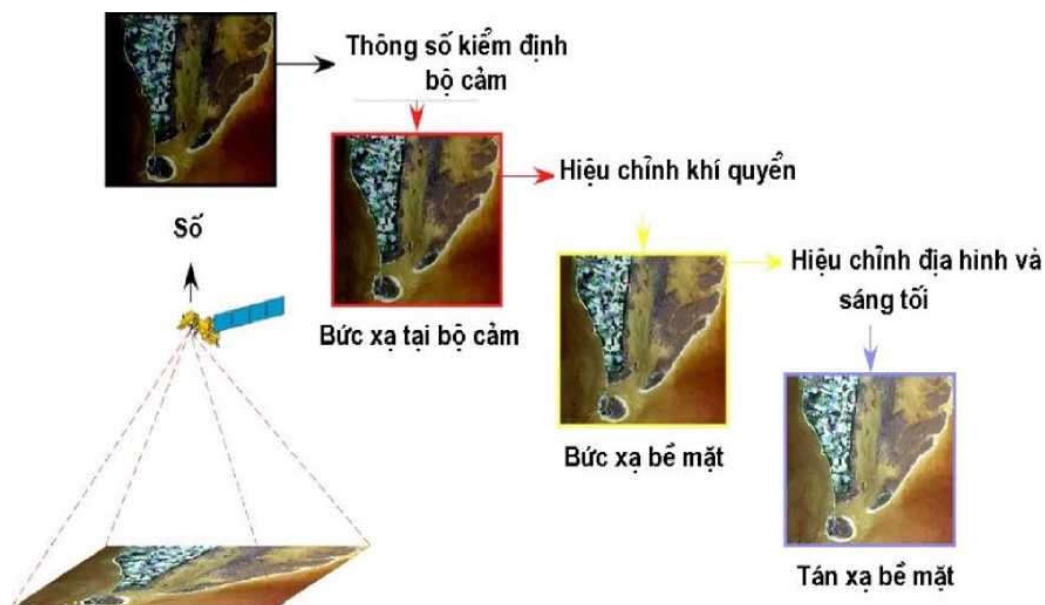
cao, từ vài GHz đến vài chục GHz để làm sóng tải (do dữ liệu cần truyền rất lớn) chuyển ảnh và các thông tin hỗ trợ về các trạm thu (vì vệ tinh luôn luôn chuyển động trên quỹ đạo đến khi kết thúc nhiệm vụ, nó không hạ xuống mặt đất để chuyển ảnh như máy bay). Dữ liệu truyền từ vệ tinh không chỉ ảnh viễn thám đơn thuần mà còn chứa nhiều thông tin hỗ trợ khác (nhiệt độ, thông số kỹ thuật của vệ tinh...). Tất cả các dữ liệu được truyền dưới dạng số PCM (Pulse Code Modulation- điều biến mã xung) nên có ưu thế hơn hẳn các phương pháp truyền khác vì nó cho phép loại bỏ các nhiễu mà năng lượng tiêu thụ cho việc phát sóng cũng rất nhỏ. Thông thường dữ liệu truyền từ vệ tinh viễn thám có thể nhận trực tiếp từ các trạm thu trên mặt đất. Tuy nhiên, việc thiết lập hệ thống truyền và thu thông tin như vậy có nhược điểm là chỉ thực hiện được khi trạm thu và vệ tinh viễn thám nằm trong tầm nhìn của nhau.

Tùy theo loại vệ tinh, người ta sử dụng một trong ba phương pháp cơ bản để truyền tín hiệu của năng lượng sóng điện từ sau khi tới được bộ cảm được chuyển thành tín hiệu số và được anten của vệ tinh truyền về trạm thu trên mặt đất. Ảnh vệ tinh, sau khi xử lý tại trạm thu sẽ cung cấp cho người sử dụng ở nhiều cấp độ khác nhau.

- Dữ liệu ảnh viễn thám được truyền trực tiếp nếu trạm thu mặt đất nằm trong tầm nhìn của vệ tinh (A)

- Trong trường hợp ngược lại, dữ liệu sẽ được vệ tinh lưu trữ và sẽ phát về trạm thu trên mặt đất vào thời điểm mà tầm nhìn giữa vệ tinh và trạm thu được đảm bảo (B). Phương pháp truyền dữ liệu viễn thám cơ bản này được gọi là MDR (Mission Data Recorder- truyền dữ liệu ghi lại). MDR cho phép thu nhận thông tin tại những vùng mà trạm thu tại mặt đất không bao phủ và sau đó có thể truyền lại thông tin này khi vệ tinh bay qua trạm thu. Vệ tinh NOAA, SPOT đều có trang bị hệ thống MDR.

- Dữ liệu được chuyển trực tiếp qua hệ thống vệ tinh TDRS (Tracking and Data Relay Satellite- hệ thống vệ tinh dẫn đường và tiếp sóng dữ liệu) để truyền về mặt đất. Vệ tinh (C) do NASA phóng dùng để truyền dữ liệu của vệ tinh Landsat bao gồm một số vệ tinh viễn thám vận hành trên quỹ đạo địa tĩnh, phương pháp này cho phép chuyển dữ liệu viễn thám từ vệ tinh này sang vệ tinh khác cho đến khi thực hiện được việc truyền dữ liệu đến trạm thu trên mặt đất thích hợp.



Hình 1.6. Quy trình xử lý ảnh vệ tinh

Dữ liệu thu nhận được từ trạm thu trên mặt đất là dữ liệu số cần phải loại bỏ các nhiễu, hiệu chỉnh khí quyển, biến dạng hình học và chuyển đổi về khuôn dạng chuẩn của ảnh viễn thám. Hình 1.6 thể hiện quy trình xử lý ảnh vệ tinh trước khi cung cấp cho người giải đoán.

Sau đó ảnh vệ tinh được ghi vào băng từ hoặc đĩa CD cùng với các tham số hỗ trợ của ảnh vệ tinh. Ví dụ, ảnh Landsat khi cấp cho người dùng người ta còn cấp cả các tham số hỗ trợ sau:

<i>Satellite: SPOT- 5 Obs.</i>	<i>Sensor : TM</i>
<i>Date: 1997/09/24</i>	<i>Orbital direction: D</i>
<i>Path-row: 112-28</i>	<i>Cloud coverage: 01</i>
<i>Processing level: BK</i>	<i>Map projection: UTM</i>
<i>Resampling methoth: CC</i>	<i>Logical format: CEOS-BSQ</i>
<i>Center latitude: N45.982</i>	<i>Center longitude: E135.733</i>
<i>Number of pixels: 6920</i>	<i>Number of lines: 5965</i>

1.9. Giới thiệu một số ảnh vệ tinh

1.9.1. Vệ tinh ASTER

Tư liệu vệ tinh ASTER của Trung tâm Phân tích Dữ liệu Viễn thám Trái đất – Nhật Bản (ERSDAC) là một nguồn tư liệu hiện đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu như địa chất, khí tượng học, nông nghiệp, lâm nghiệp và tài nguyên môi trường.

Với số lượng kênh phổ nhiều: 14 kênh, trong đó có 3 kênh trong dải sóng nhìn thấy với độ phân giải 15m, 6 kênh trong dải sóng hồng ngoại với độ phân giải 30m và 5 kênh

trong dải sóng hồng ngoại nhiệt với độ phân giải 90m, ảnh vệ tinh ASTER có khả năng cung cấp thông tin nhiều hơn các loại tư liệu vệ tinh khác.

Đồng thời bộ cảm ASTER luôn thu nhận ảnh lập thể dọc tuyến (Along track) nên việc xây dựng mô hình DEM ở đây là rất tốt.

Ảnh vệ tinh ASTER có độ trùm phủ giống như ảnh vệ tinh SPOT là 60 x 60 km nhưng ảnh vệ tinh ASTER lại có giá thành rẻ hơn rất nhiều so với ảnh vệ tinh SPOT.



Hình 1.7. Ảnh vệ tinh ASTER

Ảnh vệ tinh ASTER luôn luôn được cập nhật trong thời gian mới nhất 2005, 2006... Đặc biệt chức năng định vị của bộ cảm ASTER cho phép quan sát 1 vị trí trên bề mặt Trái đất trong vòng 3-5 ngày.

Tư liệu ASTER phục vụ rất tốt cho những nghiên cứu về tài nguyên môi trường, quy hoạch vùng lãnh thổ, thành lập bản đồ lớp phủ, bản đồ sử dụng đất, đặc biệt phục vụ tốt cho nghiên cứu địa chất và khoáng sản...

Ảnh vệ tinh ASTER cung cấp tới người sử dụng theo 2 dạng: Đã được lưu trong cơ sở dữ liệu và đặt thu mới theo yêu cầu. Người sử dụng có thể đặt hàng trước các yêu cầu của tư liệu ảnh vệ tinh về thời gian, địa điểm và mức độ xử lý tư liệu. Một ưu điểm nổi bật của tư liệu vệ tinh ASTER đó là giá thành của loại tư liệu này rẻ hơn rất nhiều so với các loại tư liệu vệ tinh khác.

1.9.2. Vệ tinh ALOS-2

ALOS là một vệ tinh quan sát Trái đất của Nhật Bản, được phát triển bởi JAXA. ALOS được phóng thành công vào ngày 24 tháng 1 năm 2006 từ Trung tâm Vũ trụ Tanegashima.

ALOS có ba công cụ viễn thám, PRISM là một xạ toàn sắc với độ phân giải cao để có được dữ liệu địa hình bao gồm cả độ cao. AVNIR-2 là một xạ có thể nhìn thấy và hồng ngoại gần để quan sát khu đất ven biển và cung cấp cho độ phân giải không gian tốt hơn. PALSAR là một mảng pha loại L-band Radar khẩu độ tổng hợp, một bộ cảm biến vi sóng hoạt động cho điện toán đám mây miễn phí và quan sát ngày đêm đất.