

# MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CHÍNH CỦA DỮ LIỆU VIỄN THÁM TRONG NGHIÊN CỨU ĐỊA LÝ PHỤC VỤ PHÂN VÙNG MÔI TRƯỜNG

QUAN THỊ DƯƠNG  
Khoa Văn hóa - Du lịch,  
Trường Đại học Tân Trào

Nhận bài ngày 02/02/2026. Sửa chữa xong 27/02/2026. Duyệt đăng 20/3/2026.

## Abstract

Remote sensing data is closely related to geographical research, as it constitutes an important source of spatial information reflecting the natural characteristics and natural resources of the Earth's surface. In geographical research, understanding factors such as terrain, soil, climate, hydrology, vegetation, and land use is a prerequisite for analyzing and evaluating natural and social processes. Remote sensing data provides a comprehensive, continuous, and highly up-to-date view of these factors, thereby helping researchers build accurate and integrated geographical databases. Through the integration of remote sensing data and geographic information systems, geographical research can model spatial patterns, detect trends, and assess human impacts on the environment more effectively.

**Keywords:** Environmental zoning, geographical basis, remote sensing data.

## 1. Đặt vấn đề

Viễn thám (Remote Sensing) là khoa học và công nghệ thu nhận thông tin về các đối tượng hoặc hiện tượng trên bề mặt Trái Đất mà không cần tiếp xúc trực tiếp với chúng, thông qua việc ghi nhận và phân tích dữ liệu phản xạ hoặc bức xạ điện từ. Dữ liệu viễn thám thường được thu thập bằng các thiết bị cảm biến đặt trên vệ tinh, máy bay, máy bay không người lái (UAV) hoặc các trạm mặt đất. Phương pháp này cho phép quan sát các khu vực rộng lớn, khó tiếp cận và theo dõi sự biến đổi của môi trường tự nhiên theo thời gian. Viễn thám đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như quản lý tài nguyên thiên nhiên, giám sát biến đổi khí hậu, nghiên cứu sinh thái, quy hoạch lãnh thổ và phòng chống thiên tai, nhờ khả năng cung cấp thông tin liên tục, khách quan và có độ chính xác cao, viễn thám đã trở thành một công cụ không thể thiếu trong nghiên cứu khoa học và quản lý bền vững môi trường.

Trong công tác quản lý và bảo vệ môi trường, dữ liệu viễn thám đóng vai trò nền tảng cho việc theo dõi biến động rừng, giám sát suy thoái đất, ô nhiễm nguồn nước hay mở rộng đô thị. Nhờ khả năng thu thập dữ liệu trên diện rộng và trong thời gian dài, viễn thám giúp các cơ quan quản lý đưa ra quyết định kịp thời, hướng đến mục tiêu phát triển bền vững. Do đó, có thể khẳng định rằng mối quan hệ giữa dữ liệu viễn thám và nghiên cứu cơ sở địa lý không chỉ mang tính hỗ trợ mà còn là nền tảng khoa học vững chắc cho các hoạt động phân tích, đánh giá và quản lý môi trường hiện nay.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Khái niệm và nguyên lý cơ bản của viễn thám, phân loại viễn thám

#### 2.1.1. Khái niệm viễn thám

Theo nghĩa rộng, viễn thám là ngành khoa học nghiên cứu việc đo đạc, thu thập thông tin về một đối tượng, sự vật bằng cách sử dụng thiết bị đo tác động một cách gián tiếp với đối tượng nghiên cứu.

Email: QTDuong@tqu.edu.vn

Từ những ảnh chụp phim ban đầu thu nhận từ khinh khí cầu, máy bay hiện nay, nguồn dữ liệu chính trong viễn thám là ảnh số thu nhận từ các hệ thống vệ tinh quan sát Trái Đất. Có rất nhiều định nghĩa khác nhau về viễn thám, nhưng xét cho cùng tất cả các định nghĩa đều có một đặc điểm chung, nhấn mạnh “viễn thám là khoa học nghiên cứu các thực thể, hiện tượng trên Trái Đất từ xa mà không cần tác động trực tiếp vào nó”. Một số định nghĩa tiêu biểu về viễn thám của các nhà khoa học khác nhau như: 1) Viễn thám là một nghệ thuật, khoa học, nói ít nhiều về một sự vật không cần phải chạm vào vật đó (Ficher and others, 1976); 2) Viễn thám là quan sát về một đối tượng bằng một phương tiện cách xa vật trên một khoảng cách nhất định (Barrer and Curtis, 1976); 3) 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 (Landgrete, 1978); 4) 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 Capbell, 1996); 5) 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 những phương tiện không tiếp xúc với vật, vùng hoặc hiện tượng khi khảo sát (Likkessand and Kiefer, 1986);

Nguồn tài nguyên chủ yếu sử dụng trong viễn thám là sóng điện từ hoặc được phản xạ, hoặc bức xạ từ vật thể. Thiết bị dùng để cảm nhận sóng điện từ phản xạ hoặc bức xạ từ vật thể được gọi là bộ cảm biến (sensor). Bộ cảm biến có nhiệm vụ chuyển đổi giá trị điện từ sang giá trị số để thu được ảnh số (digital number). Phương tiện dùng để mang các bộ cảm được gọi là vật mang. Hiện nay, vật mang rất đa dạng, có thể là khinh khí cầu, máy bay, vệ tinh, tàu vũ trụ...[3].

### 2.1.2. Nguyên lý cơ bản của viễn thám

Nguyên lý cơ bản của kỹ thuật viễn thám là thu nhận năng lượng phản hồi của sóng điện từ chiếu tới vật thể, thông qua bộ cảm biến (sensor) giá trị phản xạ phổ này sẽ được chuyển về giá trị số.

Bộ cảm biến là các thiết bị tạo ra ảnh về sự phân bố năng lượng phản xạ hay phát xạ của các vật thể từ mặt đất theo những phần nhất định của quang phổ điện từ. Bộ cảm biến 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 biến sẽ chuyển thành tín hiệu số (chuyển đổi tín hiệu điện thành một số nguyên hữu hạn – giá trị pixel) tương ứng với năng lượng bức xạ ứng với từng bước sóng do bộ cảm biến nhận được trong dải phổ đã xác định [3].

Hình 1: Nguyên lý thu nhận dữ liệu viễn thám

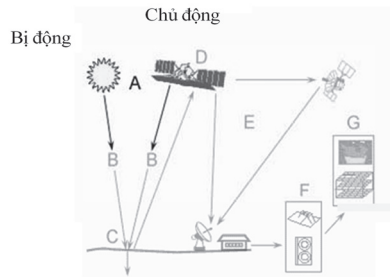


Sóng điện từ dùng trong viễn thám tuân theo các định luật bức xạ điện từ (định luật Plank, định luật Wien, Stefan – Bontzmann, ...) và hệ phương trình Maxwell. Năng lượng phổ dưới dạng sóng điện từ, cùng cho thông tin về một vật thể từ nhiều góc độ sẽ góp phần phân loại vật thể một cách chính xác hơn.

## 2.2. Phân loại viễn thám

- Phân loại theo nguồn tín hiệu: Căn cứ vào nguồn của tia tới mà viễn thám được chia làm hai loại chủ động và thụ động. 1) 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. 2) Thụ động (hay bị động – passive): Nguồn phát ra là bức xạ Mặt Trời hoặc từ các vật chất tự nhiên.

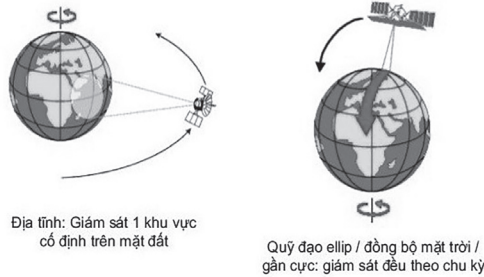
Hình 2: Sơ đồ mô tả hai hệ thống viễn thám chủ động và bị động



- Phân loại theo tín hiệu: Có hai nhóm chính là viễn thám vệ tinh địa tĩnh và viễn thám vệ tinh quỹ đạo cực [4].

Hình 3: Vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo gần cực [4]

- Hai loại quỹ đạo vệ tinh viễn thám:



## 2.3. Đặc điểm kỹ thuật của dữ liệu viễn thám

### 2.3.1. Độ phân giải không gian (Spatial resolution)

Độ phân giải không gian của ảnh vệ tinh là kích thước nhỏ nhất của một đối tượng hay khoảng cách tối thiểu giữa hai đối tượng liền kề có khả năng phân biệt được trên ảnh. Ảnh có độ phân giải không gian càng cao thì có kích thước pixel càng nhỏ. Độ phân giải này phụ thuộc vào kích thước của pixel ảnh, độ tương phản hình ảnh, điều kiện khí quyển và các thông số quỹ đạo của vệ tinh.

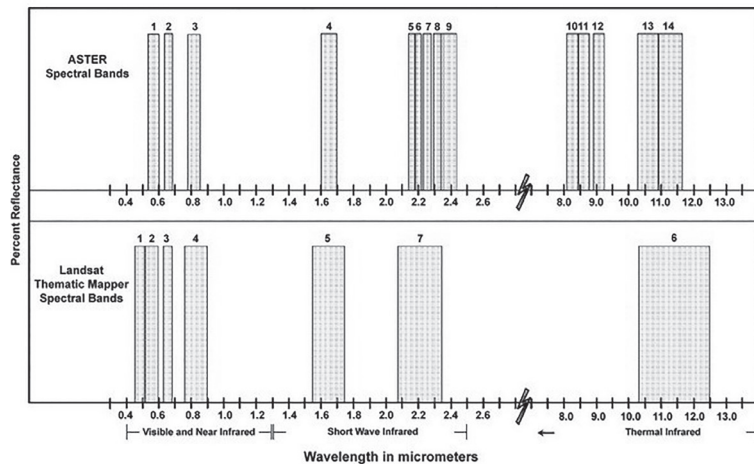
Độ phân giải không gian cũng được gọi là độ phân giải mặt đất khi hình chiếu của một pixel tương ứng với một đơn vị chia mẫu trên mặt đất. Dựa vào độ phân giải không gian, ảnh vệ tinh có thể được chia làm các loại cơ bản sau: ảnh vệ tinh độ phân giải siêu cao (độ phân giải không gian trên 1m), ảnh vệ tinh độ phân giải cao (1 – 10m), ảnh vệ tinh độ phân giải trung bình (10 – 100m) và ảnh vệ tinh độ phân giải thấp (>100m), với sự phân chia như vậy ta có thể lựa chọn độ phân giải phù hợp cho nghiên cứu môi trường khu vực, vùng và đô thị [2].

### 2.3.2. Độ phân giải phổ (spectral resolution)

Cùng một vùng phủ mặt đất tương ứng, các pixel sẽ cho giá trị riêng biệt theo từng vùng phổ ứng với các bước sóng khác nhau. Do đó, thông tin được cung cấp theo từng loại ảnh vệ tinh khác nhau không chỉ phụ thuộc vào số bit dùng để ghi nhận, mà còn phụ thuộc vào phạm vi bước sóng. Độ phân giải phổ thể hiện bởi kích thước và số kênh phổ, bề rộng phổ hoặc sự phân chia vùng phổ mà ảnh vệ tinh có thể phân biệt một số lượng lớn các bước sóng có kích thước tương tự, cũng như tách biệt được

các bức xạ từ nhiều vùng phổ khác nhau, độ phân giải phổ thể hiện độ nhạy tuyến tính của bộ cảm biến trong khả năng phân biệt sự thay đổi nhỏ nhất của cường độ phản xạ sóng từ các vật thể. Vì vậy các dải phổ có thể giúp chúng ta trong nhận dạng thảm thực vật, nước, đất, và vật liệu xây dựng.

Hình 4: Độ phân giải phổ ảnh ASTER và LANDSAT TM



### 2.3.3. Độ phân giải thời gian (temporal resolution)

Độ phân giải thời gian là thời gian chụp lặp lại tại cùng một vị trí của ảnh vệ tinh. Độ phân giải thời gian cho biết số ngày (hoặc giờ) mà hệ thống cảm biến của vệ tinh sẽ quay lại để chụp một vị trí nhất định. Do vậy, độ phân giải thời gian không liên quan đến các thiết bị ghi ảnh mà chỉ liên quan đến khả năng khi lặp lại của vệ tinh. Ảnh được chụp vào các ngày khác nhau cho phép so sánh đặc trưng bề mặt theo thời gian. Ưu điểm của độ phân giải thời gian là cho phép cung cấp thông tin chính xác hơn và nhận biết sự biến động của khu vực cần nghiên cứu. Hầu hết các vệ tinh đều bay qua cùng một điểm vào một khoảng thời gian cố định (từ vài giờ, vài ngày đến vài tuần) phụ thuộc vào quỹ đạo và độ phân giải không gian. Ví dụ, độ phân giải thời gian của ảnh vệ tinh LANDSAT 7 là 16 ngày, của ảnh vệ tinh MODIS là 0.5 – 1 ngày phụ thuộc vào diện tích vùng chụp, của ảnh vệ tinh IKONOS là 3 ngày. Ảnh viễn thám đa thời gian thường được sử dụng trong nghiên cứu biến động bề mặt Trái Đất, xác định khả năng sinh trưởng của cây trồng cũng như dự báo năng suất mùa vụ, nghiên cứu hiện trạng thực vật hay tác động của độ phân giải thời gian đối với khả năng giám sát biến động môi trường (hạn hán, lũ lụt, cháy rừng, biến động lớp phủ đất).

## 2.4. Nghiên cứu địa lý phục vụ phân vùng môi trường

### 2.4.1. Địa lý trong phân vùng môi trường

- Địa lý tự nhiên: địa hình, khí hậu, thủy văn, thổ nhưỡng, thảm thực vật, tài nguyên sinh vật...
  - Địa lý kinh tế - xã hội: dân cư, lao động, hình thức sản xuất, mức độ phát triển kinh tế, cơ sở hạ tầng...
  - Yếu tố môi trường - sinh thái: mức độ nhạy cảm môi trường, khả năng phục hồi tự nhiên, hiện trạng suy thoái...
- Sự tương tác giữa các yếu tố này sẽ quyết định đặc trưng của từng vùng và từ đó xác lập ranh giới giữa các vùng địa lý khác nhau.

### 2.4.2. Mối quan hệ giữa các yếu tố địa lý và môi trường

Mối quan hệ giữa các yếu tố địa lý và môi trường là sự tương tác chặt chẽ, tác động qua lại lẫn nhau. Các yếu tố địa lý như khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng, thủy văn và sinh vật đã tạo nên môi trường, trong khi môi trường lại là yếu tố định hình các đặc điểm địa lý đó và tác động đến sự phát triển của các hệ sinh thái.

### 2.4.3. Yếu tố địa lý tác động tới môi trường

- Khí hậu: Quy định nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, ánh sáng, yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến loại hình thực vật, động vật, và các quá trình tự nhiên khác trong một khu vực.
- Địa hình: Các dạng địa hình như núi, đồng bằng, cao nguyên tạo ra các điều kiện vi khí hậu, ảnh

hưởng đến sự phân bố của nguồn nước, và định hình các loại hình hệ sinh thái khác nhau.

- Thổ nhưỡng: Loại đất, thành phần khoáng chất, và độ phì nhiêu của đất là nền tảng cho sự phát triển của thực vật, từ đó ảnh hưởng đến hệ sinh thái và các hoạt động nông nghiệp.

- Thủy văn: Sông, hồ, nước ngầm và các nguồn nước khác là yếu tố quan trọng cho sự sống, điều hòa khí hậu, và tạo nên các cảnh quan đặc trưng.

#### 2.4.4. Môi trường tác động ngược lại yếu tố địa lý

- Hoạt động con người: Việc khai thác tài nguyên, xây dựng, công nghiệp hóa, đô thị hóa đã làm thay đổi cảnh quan địa hình, ô nhiễm nguồn nước, và ảnh hưởng đến khí hậu địa phương.

- Sự biến đổi khí hậu: Các yếu tố môi trường toàn cầu như tăng nhiệt độ trung bình, biến đổi lượng mưa có thể dẫn đến các hiện tượng thời tiết cực đoan, làm thay đổi các đặc điểm địa lý.

- Phát triển bền vững: Các yếu tố địa lý và môi trường có mối quan hệ chặt chẽ, đòi hỏi con người phải có những chính sách phát triển bền vững để cân bằng giữa việc sử dụng tài nguyên và bảo vệ môi trường.

### 2.5. Ưu điểm, hạn chế và ứng dụng dữ liệu viễn thám trong phân vùng môi trường

#### 2.5.1. Ưu điểm

- Quan sát diện rộng và các khu vực khó tiếp cận: Viễn thám có khả năng thu thập dữ liệu từ các khu vực rộng lớn mà phương pháp truyền thống khó hoặc không thể tiếp cận được.

- Cho phép quan sát và phân tích những thay đổi diễn ra theo thời gian, như biến đổi khí hậu, phát triển đô thị, sa mạc hóa hay băng tan, bằng cách thu thập dữ liệu đa thời điểm

- Cung cấp dữ liệu chi tiết và chính xác: Ảnh có độ phân giải cao giúp nhận diện các đối tượng nhỏ như từng cây xanh, hỗ trợ quy hoạch và quản lý tài nguyên

hoạt động hiệu quả trong mọi điều kiện thời tiết.

+ Viễn thám chủ động: Hoạt động cả ngày lẫn đêm và không bị ảnh hưởng bởi mây, mưa hoặc sương mù, rất quan trọng trong các nhiệm vụ khẩn cấp như theo dõi lũ lụt, sạt lở đất.

+ Viễn thám hồng ngoại nhiệt: Cung cấp dữ liệu nhiệt độ chính xác từ xa và có thể cung cấp dữ liệu theo thời gian thực.

- Tiết kiệm chi phí thực địa: Giảm chi phí và thời gian so với các phương pháp khảo sát, điều tra thực địa truyền thống

- Giám sát môi trường và ứng phó với thảm họa: Cung cấp thông tin kịp thời để giám sát và đánh giá thiệt hại do các thảm họa như lũ lụt, động đất, cháy rừng, hỗ trợ công tác cứu hộ và phục hồi.

#### 2.5.2. Hạn chế

Dữ liệu viễn thám, mặc dù có nhiều ưu điểm trong nghiên cứu địa lý và môi trường, vẫn tồn tại một số hạn chế nhất định như:

- Độ chính xác của dữ liệu viễn thám phụ thuộc lớn vào điều kiện thời tiết và khí quyển; mây, sương mù hoặc khói bụi có thể che khuất bề mặt Trái Đất, làm giảm chất lượng ảnh.

- Việc xử lý và giải đoán ảnh viễn thám đòi hỏi kỹ năng chuyên môn cao, phần mềm chuyên dụng và chi phí đầu tư lớn.

- Một số loại dữ liệu có độ phân giải thấp hoặc thời gian cập nhật chậm nên chưa đáp ứng tốt các yêu cầu nghiên cứu chi tiết.

- Việc xác minh thông tin ngoài thực địa vẫn cần thiết để đảm bảo tính chính xác, cho thấy dữ liệu viễn thám không thể hoàn toàn thay thế cho khảo sát trực tiếp.

### 2.6. Ứng dụng dữ liệu viễn thám trong phân vùng môi trường

#### 2.6.1. Phân vùng địa lý tự nhiên và sinh thái

Dữ liệu viễn thám đóng vai trò quan trọng trong việc phân vùng địa lý tự nhiên và sinh thái nhờ khả năng phản ánh đồng thời nhiều yếu tố môi trường trên phạm vi rộng. Viễn thám cho phép thu nhận thông tin về bề mặt Trái Đất thông qua năng lượng phản xạ và bức xạ, từ đó hỗ trợ nhận dạng các dạng địa hình, kiểu thảm thực vật và hiện trạng sử dụng đất - những yếu tố nền tảng để xác định ranh giới

sinh thái [1]. Khi kết hợp với công nghệ GIS, dữ liệu viễn thám giúp xây dựng các mô hình không gian, phân tích sự tương quan giữa các yếu tố địa lý và môi trường, phục vụ cho việc xác lập các đơn vị địa lý tự nhiên và sinh thái học một cách khoa học và khách quan [5]. Các chỉ số phổ như NDVI, NDMI và NDWI là những công cụ quan trọng trong phân tích dữ liệu viễn thám, giúp đánh giá thảm thực vật, độ ẩm đất và mặt nước một cách hiệu quả và định lượng cụ thể:

### 2.6.2. Phân vùng nhạy cảm môi trường và rủi ro thiên tai

Kết hợp ảnh SAR và ảnh quang học để phát hiện ngập lụt, sạt lở, hạn hán: Việc kết hợp ảnh SAR (Synthetic Aperture Radar) và ảnh quang học mang lại hiệu quả cao trong giám sát và phát hiện các hiện tượng thiên tai như ngập lụt, sạt lở đất và hạn hán. Ảnh quang học cung cấp thông tin trực quan, độ phân giải phổ cao, giúp nhận diện rõ ràng các đối tượng bề mặt như lớp phủ đất, thảm thực vật, sông suối và khu dân cư. Tuy nhiên, loại ảnh này thường bị ảnh hưởng bởi mây che phủ và điều kiện chiếu sáng, đặc biệt trong các sự kiện mưa lũ, ngược lại, ảnh SAR hoạt động trong vùng sóng vi ba, có khả năng xuyên mây, hoạt động cả ngày lẫn đêm và phản ánh đặc tính tán xạ bề mặt, giúp phát hiện chính xác vùng ngập nước, khu vực trượt lở, hoặc thay đổi độ ẩm đất. Khi tích hợp hai loại dữ liệu này, có thể bổ sung ưu điểm và khắc phục hạn chế lẫn nhau, từ đó nâng cao độ chính xác và khả năng phân biệt đối tượng bị ảnh hưởng. Sự kết hợp giữa ảnh SAR và ảnh quang học vì vậy được xem là hướng tiếp cận hiệu quả và toàn diện trong giám sát, cảnh báo sớm và đánh giá thiệt hại do thiên tai gây ra, góp phần nâng cao năng lực quản lý rủi ro môi trường và phát triển bền vững.

### 2.6.3. Phân vùng sử dụng đất và quản lý tài nguyên

- Sử dụng dữ liệu đa thời gian Sentinel và Landsat để theo dõi biến động đất nông nghiệp, rừng và đô thị: Việc sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh đa thời gian từ các nguồn như Sentinel (ESA) và Landsat (NASA/USGS) cho phép giám sát liên tục và phát hiện biến động sử dụng đất theo không gian và thời gian. Hai hệ thống vệ tinh này cung cấp ảnh có độ phân giải không gian trung bình (10-30 m) và chu kỳ lặp ngắn (5-16 ngày), rất phù hợp cho việc theo dõi biến động đất nông nghiệp, rừng và khu đô thị ở quy mô vùng hoặc tỉnh.

- Hỗ trợ quy hoạch vùng phát triển kinh tế - sinh thái bền vững: Ứng dụng viễn thám và hệ thống thông tin địa lý GIS trong quy hoạch vùng còn giúp đánh giá sức chịu tải môi trường, tiềm năng đất đai và mức độ nhạy cảm sinh thái, từ đó đề xuất giải pháp phát triển không gian lãnh thổ bền vững. Việc sử dụng các công cụ phân tích đa tiêu chí (MCDA) trong GIS giúp tối ưu hóa lựa chọn vị trí phát triển phù hợp với mục tiêu kinh tế - xã hội - môi trường, hướng tới tăng trưởng xanh và phát triển bền vững lâu dài.

## 3. Kết luận

Dữ liệu viễn thám có vai trò đặc biệt quan trọng trong nghiên cứu địa lý và môi trường, bởi đây là cơ sở để lựa chọn, xử lý và phân tích thông tin một cách chính xác, hiệu quả và phù hợp với mục tiêu nghiên cứu. Mỗi loại dữ liệu viễn thám (quang học, radar, siêu phổ, nhiệt,...) đều có đặc tính riêng về độ phân giải không gian, thời gian, phổ và bức xạ, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng nhận biết các đối tượng và hiện tượng tự nhiên, việc hiểu rõ những đặc điểm này giúp các nhà nghiên cứu lựa chọn nguồn dữ liệu thích hợp cho từng bài toán cụ thể như phân loại thảm thực vật, giám sát biến động đất đai, hay phát hiện ngập lụt và cháy rừng. Ngoài ra, nắm vững đặc tính dữ liệu còn giúp hạn chế sai số trong quá trình xử lý, tăng độ tin cậy của kết quả phân tích, và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý tài nguyên, quy hoạch lãnh thổ cũng như bảo vệ môi trường.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Lê Văn Trung, Nguyễn Thị Thoa (2017). *Ứng dụng Viễn thám và Hệ thống tin địa lý (GIS) trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường*. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Ngọc Thạch (2012). *Cơ sở viễn thám*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [3] Nguyễn Trọng Yêm (2013). *Giáo trình Viễn thám và Hệ thống tin địa lý*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [4] Phạm Văn Cự (2018). *Ứng dụng viễn thám và GIS trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường Việt Nam*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [5] Trần Thị Vân (2020). *Ứng dụng viễn thám và GIS trong phân vùng sinh thái nông nghiệp Việt Nam*. Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, tập 36, số 1.
- [6] Vũ Danh Tuyên (chủ biên, 2017). *Giáo trình Cơ sở viễn thám*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.