

PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TEXTURE TRONG PHÁT HIỆN VẾT DẦU BẰNG DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH ENVISAT ASAR

TS. Trịnh Lê Hùng

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt

Sự cố tràn dầu ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường biển, đặc biệt là hệ sinh thái rừng ngập mặn, cỏ biển, đầm phá và các rạn san hô. Hiện nay, ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp (SAR) đã trở thành công cụ chính để phát hiện, giám sát vết dầu tràn trên biển với độ chính xác cao. Do đặc điểm thu nhận năng lượng tán xạ phản hồi của bộ cảm vệ tinh siêu cao tần và sự suy giảm dao động của sóng biển tại vị trí vết dầu tràn nên dữ liệu ảnh radar có thể tự động hóa quá trình nhận dạng và phân loại vết dầu trên biển. Bài báo này giới thiệu phương pháp phân tích texture trong phát hiện và phân loại vết dầu từ dữ liệu ảnh vệ tinh Envisat ASAR nhằm phục vụ việc giám sát và giảm thiểu thiệt hại do tràn dầu gây ra.

1. Mở đầu

Cùng với sự phát triển mạnh của khoa học kỹ thuật, kỹ thuật viễn thám đã được ứng dụng hiệu quả trong việc phát hiện sớm các vết tràn dầu trên biển với ưu điểm vượt trội so với ảnh quang học (như cho phép quan sát cả ngày và đêm, không phụ thuộc điều kiện thời tiết, đường thu nhận rộng). Dữ liệu viễn thám chủ động (Radar) là nguồn tư liệu chính trong nghiên cứu, giám sát hiện tượng tràn dầu trên biển [1 - 3].

Nhận dạng và phân loại vết dầu trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp rất phức tạp do khó phân biệt vết dầu và vết nhiễu. Hiện nay, có nhiều nghiên cứu trên thế giới phát hiện và phân loại vết dầu bằng dữ liệu ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp như: phương pháp giải đoán bằng mắt (dựa vào kiến thức chuyên gia), phương pháp phân loại sử dụng Fuzzy logic, sử dụng mô hình mạng Neural, phương pháp phân loại hướng đối tượng (object oriented)...

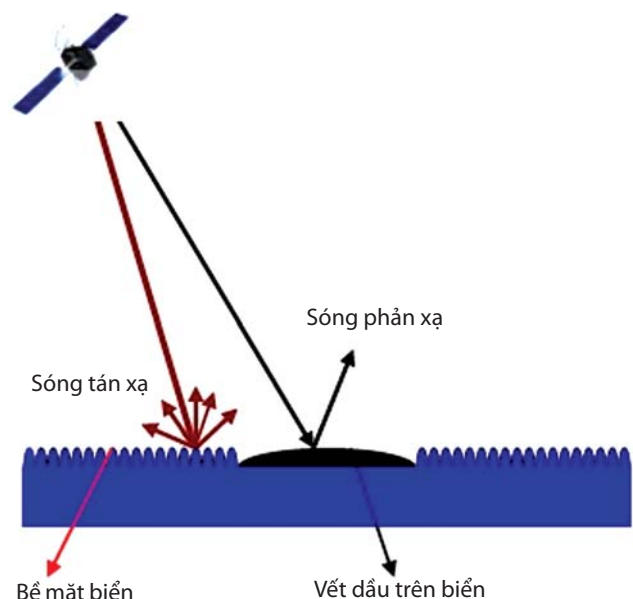
2. Phương pháp nghiên cứu

Năng lượng tán xạ phản hồi tại vị trí vết dầu thường bị suy giảm do đặc tính độ nhớt của vết dầu làm giảm dao động của sóng ngăn và giảm áp lực của gió (Hình 1). Do vậy, trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp, hình ảnh vết dầu thường có màu đen, tương phản rõ nét so với các vùng biển xung quanh. Đây là sự khác biệt cơ bản mà trên các dữ liệu viễn thám khác (viễn thám quang học, viễn thám nhiệt) không nhận biết được. Sự tương phản giữa hình ảnh vết dầu và vùng biển xung quanh là đặc điểm quan trọng để nhận dạng và phân loại vết dầu trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp.

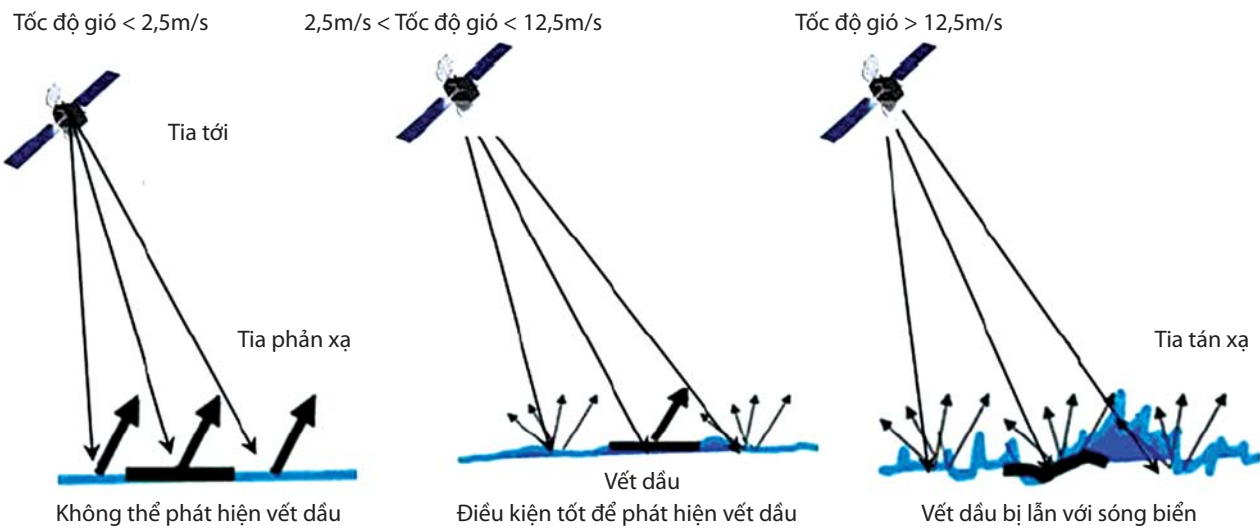
Việc phát hiện và nhận dạng vết dầu trên tư liệu ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: đặc điểm dữ liệu ảnh, tốc độ gió, ảnh hưởng của nhiễu hạt tiêu, ảnh hưởng của các vết nhiễu, điều kiện khí tượng bề mặt biển...

Tốc độ gió lý tưởng để phát hiện vết dầu trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp trong khoảng 2,5 - 12,5m/s. Với tốc độ gió nhỏ hơn 2,5m/s không thể phát hiện vết dầu, còn ở tốc độ gió lớn hơn 12,5m/s vết dầu bị lẫn với sóng biển (Hình 2) [4].

Trong xử lý ảnh radar, phân tích texture (texture analysis) là phương pháp trích chọn đặc trưng được sử dụng rộng rãi. Texture cho phép định nghĩa các đặc trưng lân cận như là một vùng hoặc một khối. Texture

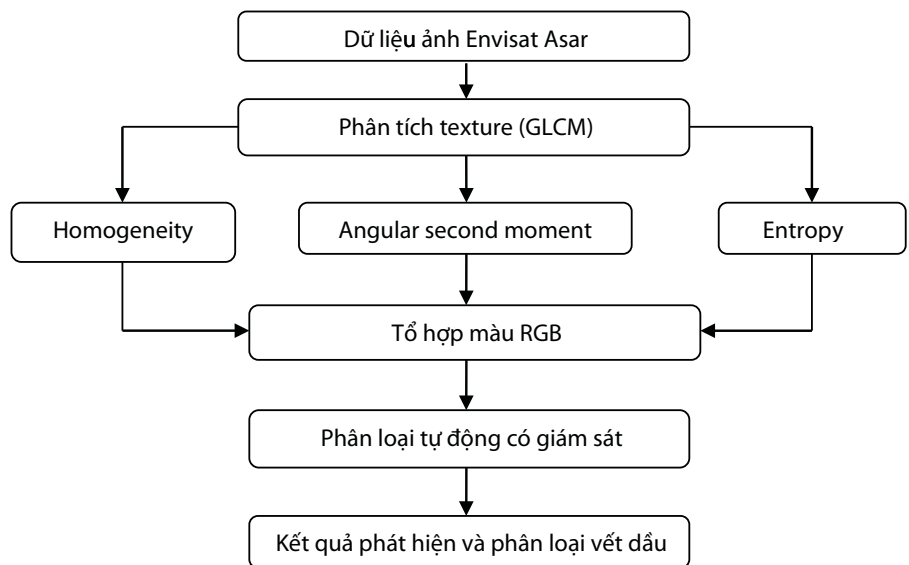


Hình 1. Năng lượng tán xạ tại vị trí vết dầu và vùng xung quanh



Hình 2. Ảnh hưởng của tốc độ gió đến vết dầu trên biển

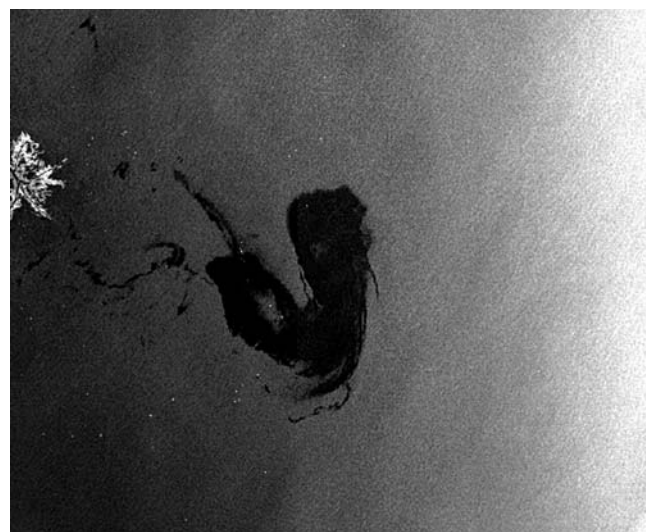
được mô tả bởi 6 đặc trưng: tính thô (coarseness), tính tương phản (contrast), tính theo hướng (directionality), tính tương tự đoạn thẳng (line likeness), tính đều đặn (regularity) và tính gồ ghề (roughness). Các nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng, phương pháp phân tích texture dựa trên ma trận tương quan cấp độ xám GLCM (Grey level co-occurrence matrices) cho hiệu quả tốt trong phát hiện các đối tượng trên ảnh radar. Đây là phương pháp thống kê cổ điển, nhưng thường được sử dụng trong hầu hết các thuật toán phân lớp kết cấu ảnh [1].



Hình 3. Mô hình phát hiện và phân loại vết dầu trên ảnh Envisat ASAR

GLCM của ảnh có kích thước $m \times m$ là một ma trận hai chiều $P(i, j)$. Mỗi phần tử của ma trận thể hiện xác suất xảy ra cùng giá trị độ xám i và j tại một khoảng cách d và góc θ xác định. Do vậy, mỗi khoảng cách d và góc θ sẽ có nhiều ma trận GLCM khác nhau. Haralick đã đề nghị một tập hợp gồm 14 đặc trưng có thể tính toán được từ ma trận tương quan cấp độ xám GLCM sử dụng để phân lớp kết cấu ảnh. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn 3 đặc trưng phù hợp với bài toán phát hiện và phân loại vết dầu: Homogeneity, Angular second moment và Entropy.

- Homogeneity: Đặc trưng tính đồng nhất được sử dụng để đo lường tính dày đặc phân bố trong không gian của ma trận GLCM. Giá trị của đặc trưng này nằm trong khoảng $[0, 1]$. Đặc trưng tính đồng nhất H được tính theo công thức (1):



Hình 4. Ảnh vệ tinh Envisat ASAR chụp vào ngày 9/5/2010 (vịnh Mexico)

$$H = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^G \frac{P(i,j)}{1+|i-j|} \quad (1)$$

Angular Second Moment: Đặc trưng này đo lường tính đồng nhất cục bộ trong ảnh. Giá trị của Angular Second Moment (A) nằm trong khoảng [0, 1]. Nếu A = 1 thì ảnh có giá trị mức độ xám đều.

$$A = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^G P(i,j)^2 \quad (2)$$

Entropy: Entropy đo lường tính ngẫu nhiên của các phân tử trong ma trận GLCM. Giá trị của E nằm trong khoảng [0, 1]. Đặc trưng Entropy được xác định theo công thức (3):

$$E = - \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^G P(i,j) \cdot \log P(i,j) \quad (3)$$

Sau khi kết hợp 3 đặc trưng texture Homogeneity, Angular second moment và Entropy, việc phân loại vết dầu có thể được thực hiện bởi phương pháp phân ngưỡng (threshold) hoặc phân loại tự động có giám sát (supervised classification). Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp phân loại tự động có giám sát sử dụng thuật toán xác suất cực đại. Đây là thuật toán phân loại thể hiện nhiều ưu điểm so với các thuật toán khác

như hình hộp, khoảng cách ngắn nhất. Mô hình phát hiện và phân loại vết dầu trên biển bằng dữ liệu ảnh vệ tinh Envisat ASAR được thể hiện trong Hình 3.

3. Kết quả và thảo luận

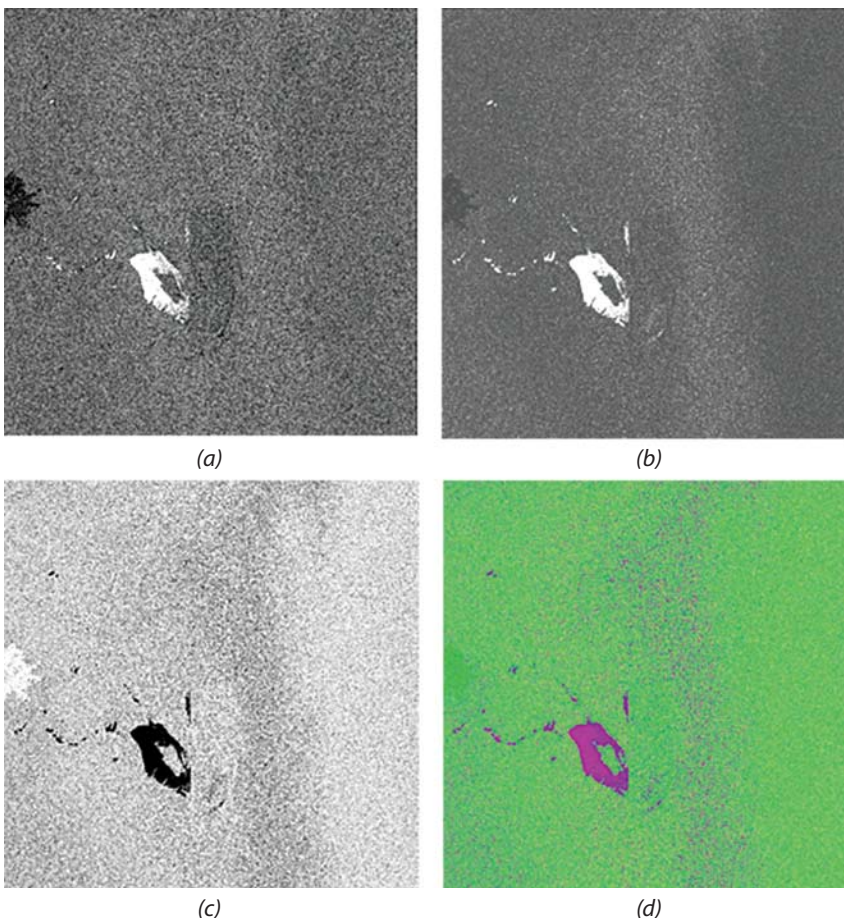
Để minh họa phương pháp phân tích đặc trưng texture trong phát hiện và phân loại vết dầu trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp, nhóm tác giả đã sử dụng dữ liệu ảnh Envisat ASAR với độ phân giải không gian 150m chụp vùng biển Mexico ngày 9/5/2010. Đây là khu vực xảy ra sự cố tràn dầu nghiêm trọng do nổ giàn khoan Deepwater Horizon của BP ngày 20/4/2010. Sự cố này đã gây tràn dầu ở một khu vực rộng lớn trong vịnh Mexico, gây thiệt hại nặng nề đến môi trường sinh thái biển, đến du lịch và ngư nghiệp. Trên ảnh Envisat ASAR gốc có thể nhận thấy, rất khó phân biệt vết dầu và vết nhiễu bằng mắt thường (Hình 4). Việc phát hiện và phân loại vết dầu bằng các phương pháp phân loại thống kê thông thường (hình hộp, khoảng cách ngắn nhất, xác suất cực đại) cũng không cho kết quả đảm bảo.

Kết quả phân tích các đặc trưng texture (Hình 5) cho thấy, trên các texture hình ảnh vết dầu được thể hiện rõ nét.

Trên ảnh Envisat ASAR gốc, vết nhiễu có màu tối gần với vết dầu. Tuy nhiên, trên các đặc trưng texture, hình ảnh vết nhiễu gần giống với hình ảnh vùng biển xung quanh, do vậy, có thể nhận biết tương đối rõ ràng vị trí vết dầu trên ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp.

Để làm nổi bật vị trí vết dầu, nhóm tác giả đã sử dụng kỹ thuật tổ hợp màu RGB các texture. Trong đó Homogeneity ở kênh đỏ (Hình 5a); Angular second moment ở kênh xanh lục (Hình 5b); Entropy ở kênh xanh lam (Hình 5c). Trên ảnh tổ hợp màu RGB các texture (Hình 5d) có thể phân biệt rõ vết dầu, vết nhiễu và vùng biển xung quanh.

Ngoài ra, nhóm tác giả còn sử dụng phương pháp phân loại tự động có giám sát sử dụng thuật toán xác suất cực đại để phân loại vết dầu. Kết quả phân loại vết dầu bằng phương pháp phân tích texture được thể hiện trên Hình 6, trong đó vết dầu được thể hiện ở màu đen, vùng biển xung quanh thể hiện ở màu trắng.



Hình 5. Đặc trưng texture: Homogeneity (a), Angular second moment (b), Entropy (c), Textures và ảnh tổ hợp màu RGB (d)



Hình 6. Kết quả phân loại vết dầu

4. Kết luận

Dữ liệu viễn thám, trong đó chủ đạo là dữ liệu ảnh vệ tinh siêu cao tần là nguồn tư liệu chính trong quan trắc, giám sát ô nhiễm dầu trên biển. Do ưu điểm có thể thu nhận ảnh trong mọi điều kiện thời tiết, thời gian chụp lặp lại ngắn, dữ liệu ảnh SAR đã được ứng dụng hiệu quả trong phát hiện sớm và phân loại vết dầu, giúp đưa ra các giải pháp kịp thời để ngăn chặn và giảm thiểu thiệt hại do tràn dầu gây ra.

Kết quả nhận được trong nghiên cứu cho thấy, các đặc trưng texture (như Homogeneity, Angular second moment, Entropy) có thể nhận biết và phân loại vết dầu với vết nhiễu và vùng biển xung quanh từ tư liệu ảnh vệ tinh radar cửa mở tổng hợp nói chung, ảnh Envisat ASAR nói riêng. Kết quả này có thể được sử dụng trong việc thành lập các hệ thống giám sát sự cố tràn dầu trên biển.

Tài liệu tham khảo

1. A.Akkartal, F.Sunar. *The usage of radar images in oil spill detection*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2008; 37(B8): p. 271 - 276.
2. Topouzelis Konstantinos, Karathanassi Vassilia, Pavlakis Petros, Rokos Demetrius. *A new object - oriented methodology to detect oil spills using Envisat images*. Proceedings of Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland. 23 - 27 April 2007.
3. Radhika Viswanathan, Padmavathi Ganapathi. *Feature extraction and classification of oil spills in SAR imagery*. International Journal of Computer Science issues. 2011; 8 (5): p. 244 - 248.
4. Lê Minh Hằng. *Nghiên cứu đề xuất phương pháp nhận dạng và phân loại vết dầu trên biển từ tư liệu viễn thám siêu cao tần*. Luận án Tiến sỹ. Đại học Mở - Địa chất. 2013.

Texture analysis to detect oil spills using Envisat ASAR images

Trinh Le Hung

Military Technical Academy

Summary

Oil spills can seriously affect the marine environment, especially mangrove ecosystems, seagrass, lagoons and coral reefs. Nowadays, synthetic aperture radar (SAR) satellite images have become the main tool to detect and monitor oil spills into the sea with sufficient accuracy. Due to the backscatter energy received by satellite microwave sensors and the declining wave fluctuations at oil slick, oil spills stand in contrast with the surrounding sea in SAR images, making it possible to automatically extract and classify oil spills on SAR data. This article presents the application of texture analysis method to detect and classify oil spills using Envisat ASAR data for the purpose of monitoring and minimizing damage caused by oil pollution.