

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH SENTINEL 1 TRONG PHÁT HIỆN VÀ PHÂN LOẠI VẾT DẦU TRẦN TRÊN BIỂN

Trình Lê Hùng, Lê Văn Phú

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: trinhlehung@lqdtu.edu.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2022.02-05>

Tóm tắt

Sentinel là tên của các vệ tinh quan sát trái đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan Hàng không Vũ trụ châu Âu (ESA), bao gồm các vệ tinh từ Sentinel 1 đến Sentinel 6. Dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel rất đa dạng, bao gồm cả ảnh quang học và radar, được cung cấp hoàn toàn miễn phí, sử dụng rộng rãi và hiệu quả trong nghiên cứu trái đất.

Bài báo trình bày giải pháp sử dụng ảnh vệ tinh siêu cao tần Sentinel 1 trong phát hiện và giám sát ô nhiễm tràn dầu trên biển, thử nghiệm cho khu vực vùng biển Mauritius (châu Phi). Phương pháp phân ngưỡng tự động Otsu được áp dụng để chiết tách các vết dầu trên biển từ ảnh SAR Sentinel 1A. Quá trình xử lý được thực hiện trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE). Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học của phương pháp phát hiện và phân loại vết dầu trên biển từ dữ liệu viễn thám radar, hỗ trợ công tác ứng phó với ô nhiễm tràn dầu trên biển.

Từ khóa: Ô nhiễm tràn dầu, viễn thám, thuật toán phân ngưỡng Otsu, dữ liệu ảnh Sentinel.

1. Mở đầu

Ô nhiễm tràn dầu là một trong những vấn đề môi trường biển nghiêm trọng nhất hiện nay, nhất là với các quốc gia có vùng biển rộng như Việt Nam. Những năm gần đây, tình trạng ô nhiễm tràn dầu diễn ra phức tạp do tác động của quá trình khai thác dầu khí và giao thông hàng hải, gây thiệt hại lớn về kinh tế, ảnh hưởng đến môi trường sinh thái biển. Do đặc điểm khu vực vùng biển rộng, việc tiếp cận bằng các phương pháp nghiên cứu truyền thống gặp rất nhiều khó khăn dẫn đến các vụ tràn dầu thường chỉ được phát hiện khi vết dầu lan vào gần bờ [1, 2]. Điều này đã ảnh hưởng lớn đến khả năng ứng phó cũng như giảm thiểu thiệt hại do ô nhiễm tràn dầu gây ra.

Từ cuối thế kỷ XX đến nay, công nghệ viễn thám đã phát triển vượt bậc và được sử dụng hiệu quả trong nghiên cứu trái đất, đặc biệt là tại khu vực khó tiếp cận như biển, hải đảo. Dữ liệu viễn thám chính trong nghiên cứu ô nhiễm tràn dầu là ảnh radar (ảnh SAR) do xung radar có ưu điểm ít phụ thuộc điều kiện thời tiết và có thể thu

nhận ảnh cả ngày và đêm. Trên ảnh SAR, vết dầu có màu đen do độ nhớt của dầu làm giảm dao động của sóng biển, dẫn đến cường độ tán xạ ngược của xung radar khi chiếu tới đạt thấp. Nhiều nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam đã sử dụng ảnh SAR trong phát hiện và phân loại vết dầu trên biển. Nhiều thuật toán nhận dạng và phân loại vết dầu được đề xuất như thuật toán phân ngưỡng [3 - 5], thuật toán nở vùng - region growing [6], phương pháp phân loại hướng đối tượng [7], sử dụng mạng neural network [8 - 10]... Một số nghiên cứu cũng thử nghiệm phân loại vết dầu từ ảnh viễn thám quang học [11, 12] nhằm tăng dày nguồn dữ liệu viễn thám đầu vào phục vụ giám sát sự lan truyền của vết dầu.

Phân loại vết dầu trên ảnh SAR là bài toán phân chia các pixel ảnh vào 2 đối tượng: vết dầu và không phải vết dầu, do vậy phương pháp phân ngưỡng được sử dụng phổ biến do sự đơn giản trong tính toán. Các phương pháp phân ngưỡng khác nhau như Otsu [13], Huang [14], Yen [15] đã được đề xuất và áp dụng hiệu quả trong phân loại các đối tượng trên ảnh vệ tinh. Giá trị ngưỡng được xác định bằng cách phân tích lược đồ ảnh (histogram), kiểm tra kết quả phân loại và tùy chỉnh ngưỡng nếu cần thiết cho đến khi kết quả phân loại đạt yêu cầu [16].



Ngày nhận bài: 3/1/2022. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 3 - 6/1/2022.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 22/1/2022.

Thuật toán Otsu là thuật toán phân ngưỡng được sử dụng nhiều vì đơn giản về mặt tính toán cũng như dễ dàng thực hiện. Ở Việt Nam, thuật toán Otsu được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như xử lý ảnh trong y học hỗ trợ chẩn đoán bệnh [17], xử lý ảnh viễn thám [18].

Google Earth Engine (GEE) là nền tảng được xây dựng trên nền điện toán đám mây, lưu trữ khối lượng ảnh vệ tinh khổng lồ, trong đó có dữ liệu từ hệ thống vệ tinh Sentinel, thường xuyên được cập nhật và cung cấp miễn phí. GEE được thiết kế để các nhà nghiên cứu có thể chia sẻ các kết quả cho cộng đồng. Gần đây, GEE đã cung cấp các giải pháp xử lý ảnh hiện đại như: học máy, học sâu, trí tuệ nhân tạo. Có thể nhận định, GEE là giải pháp hiệu quả có thể khắc phục những hạn chế về dữ liệu, tốc độ xử lý và tính toán của các phương pháp xử lý ảnh truyền thống.

Bài báo trình bày kết quả phân loại vết dầu trên biển từ ảnh vệ tinh radar Sentinel 1 trên cơ sở thuật toán phân ngưỡng tự động Otsu. Để nâng cao độ chính xác khi phân loại vết dầu, phương pháp phân đoạn ảnh (segmentation) cũng được áp dụng trước khi tiến hành phân ngưỡng. Quá trình xử lý được thực hiện trên nền tảng GEE.

2. Dữ liệu và khu vực nghiên cứu

2.1. Dữ liệu viễn thám

Sentinel là tên của các vệ tinh quan sát trái đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan Hàng không Vũ trụ châu Âu (ESA), bao gồm các vệ tinh từ Sentinel 1 đến Sentinel 6, trong

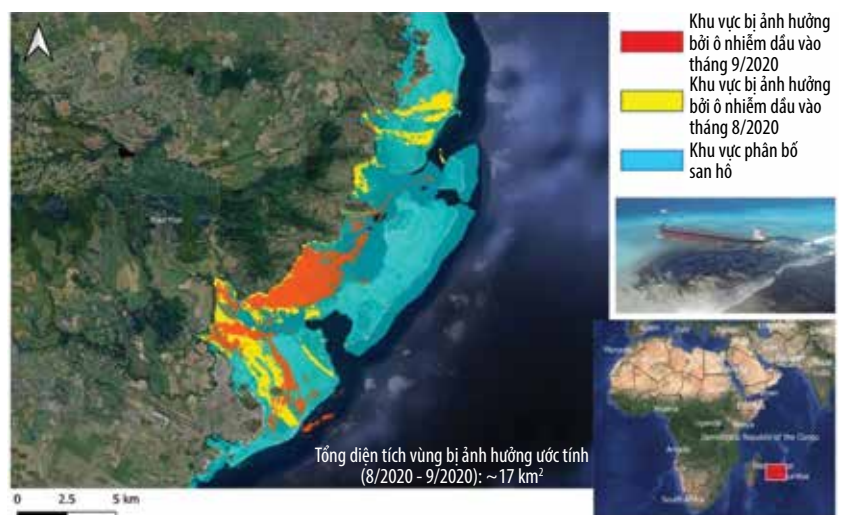
đó có cả vệ tinh quang học và vệ tinh radar. Các ảnh Sentinel được cung cấp miễn phí cho người sử dụng tại địa chỉ <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.

Sentinel 1, bao gồm 2 vệ tinh radar (Sentinel 1A và Sentinel 1B) có đặc điểm giống nhau. Sentinel 1A là vệ tinh đầu tiên trong loạt các vệ tinh thuộc chương trình Copernicus, đã được phóng lên quỹ đạo ngày 3/4/2014; vệ tinh Sentinel 1B được phóng lên quỹ đạo ngày 25/4/2016. Việc hoạt động đồng thời 2 vệ tinh Sentinel 1A và Sentinel 1B cho phép rút ngắn thời gian thu nhận ảnh tại 1 vị trí trên bề mặt trái đất xuống còn 6 ngày (so với 12 ngày nếu chỉ sử dụng 1 vệ tinh).

Bộ cảm trên vệ tinh Sentinel 1 thu nhận ảnh radar khẩu độ mở tổng hợp, kênh C. Các chế độ thu nhận ảnh gồm: Interferometric wide-swath, Wave, Stripmap, Extra wide-swath với độ phân giải không gian khác nhau. Sentinel 1 có nhiệm vụ giám sát băng, tràn dầu, gió và sóng biển, biến động sử dụng đất, biến dạng địa hình, hỗ trợ công tác tìm kiếm cứu nạn trong thiên tai... Ảnh Sentinel 1 có các chế độ phân cực đơn (VV hoặc HH) và phân cực đôi (VV+VH hoặc HH+HV) - Bảng 1. Sentinel 1 cung cấp ảnh ở các mức độ xử lý Level 1 SLC, Level 1 GRD và Level 2 OCN.

2.2. Khu vực nghiên cứu

Sự cố tràn dầu từ tàu MV Wakashio xảy ra ngoài khơi Pointe d'Esny, phía Nam của Mauritius, sau khi tàu này mắc cạn trong rạn san hô vào ngày 25/7/2020, sau đó dầu bắt đầu rò rỉ từ đầu tháng 8/2020. Hàng nghìn tấn dầu đã bị tràn ra vùng nước xung quanh, gây ra thảm họa đối với môi trường



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (ven biển Mauritius, châu Phi).

Bảng 1. Đặc điểm ảnh vệ tinh Sentinel 1

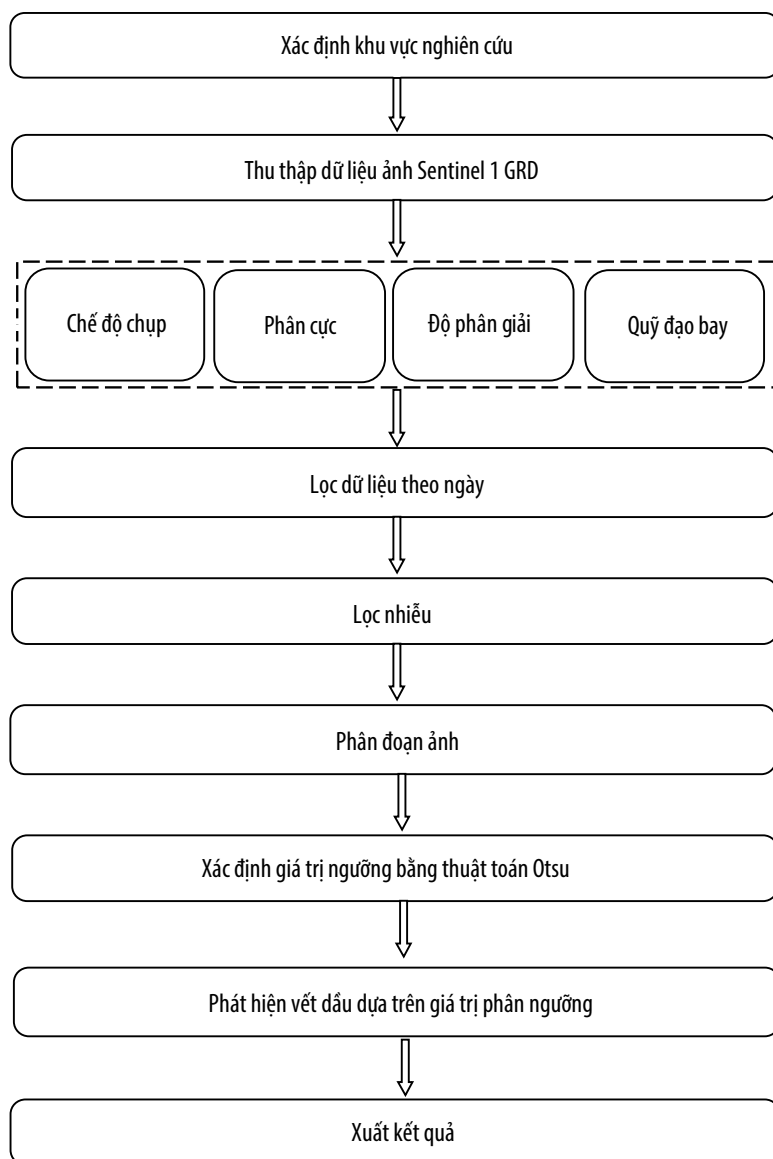
TT	Chế độ chụp	Góc nghiêng (°)	Độ phân giải không gian (m)	Kích thước dải chụp (km)	Phân cực
1	Stripmap	20 - 45	5 × 5	80	HH+HV, VH+VV, HH, VV
2	Interferometric wide-swath	29 - 46	5 × 20	250	HH+HV, VH+VV, HH, VV
3	Extra wide-swath	19 - 47	20 × 40	400	HH+HV, VH+VV, HH, VV
4	Wave	22 - 35 35 - 38	5 × 5	20	HH, VV

ven biển Mauritius. Tổng diện tích vùng biển bị ảnh hưởng bởi sự cố tràn dầu ở Mauritius ước tính 17 km² [19].

Trong nghiên cứu, ảnh SAR do vệ tinh Sentinel 1A chụp ngày 10/8/2020 được sử dụng để phân loại vết dầu tràn. Ngoài ra, trong bài báo cũng sử dụng ảnh viễn thám quang học Sentinel 2A và Landsat 8 chụp ngày 11/8/2020 để phân tích, đánh giá kết quả.

3. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, ảnh viễn thám radar Sentinel 1A được xử lý trên nền tảng điện toán đám mây GEE - kho dữ liệu khổng lồ ảnh vệ tinh đa nguồn, đa thời gian. Bên cạnh đó, GEE cũng cung cấp 1 trình soạn thảo mã dựa trên ngôn ngữ Javascript, trong đó các mã được phát triển để truy xuất, xử lý tập dữ liệu. Việc sử dụng nền tảng GEE cho phép người dùng không cần tải và lưu trữ dữ liệu ảnh viễn thám về máy tính, khắc phục được các hạn chế về hạ tầng lưu trữ. Sơ đồ quy



Hình 2. Sơ đồ phương pháp phân loại vết dầu trên ảnh Sentinel 1.

trình nghiên cứu nhằm phát hiện và phân loại vết dầu trên biển được trình bày trong Hình 2 theo các bước sau:

Bước 1: Xác định khu vực nghiên cứu và thu thập dữ liệu viễn thám

Đầu tiên, khu vực nghiên cứu được xác định trong nền tảng biên tập mã GEE bằng cách tạo hình dạng các khu vực bị ô nhiễm dầu trên biển. Sau đó, tiến hành thu thập dữ liệu ảnh Sentinel 1 đã được xử lý trước từ kho lưu trữ dữ liệu công khai của GEE. Có thể lựa chọn dữ liệu thông qua các đặc điểm như chế độ chụp, phân cực, độ phân giải, khu vực nghiên cứu, quỹ đạo bay của vệ tinh.

Sau đó, bộ lọc thứ 2 được xác định để chọn dữ liệu theo thời gian chụp cụ thể. Do đó, tập hợp dữ liệu có được ở trên đã được lọc theo thời gian trùng với khoảng thời gian xảy ra sự cố tràn dầu ở Mauritius (tháng 8/2020). Cuối cùng, ảnh Sentinel 1 thu thập được xử lý để loại bỏ nhiễu đốm (nhiều muối tiêu - speckle noise). Trong bước này, phép lọc trung bình (mean) được áp dụng để làm mịn ảnh.

Bước 2: Phân đoạn ảnh

Trên thực tế, vết dầu trên biển là những vệt dài, có màu sắc tối, đồng thời có xu hướng lan rộng ra xung quanh. Do đó, việc sử dụng đặc điểm tán xạ ngược của các điểm ảnh chỉ phát hiện được 1 phần của vết dầu. Để khắc phục hạn chế này, trong bài báo sử dụng đặc điểm tán xạ ngược của các điểm ảnh lân cận nhau nhằm tăng độ chính xác trong phát hiện vết dầu trên biển.

Ảnh Sentinel 1 được tiến hành phân đoạn (segmentation). Tất cả các điểm ảnh (pixels) được gom lại thành các cụm siêu điểm ảnh (super-pixel), trong đó, tâm của siêu điểm ảnh được gọi là tâm cụm. Nghiên cứu sử dụng thuật toán phân cụm không lặp lại đơn giản (simple non-iterative clustering, SNIC) để phân đoạn ảnh nhằm tạo ra các siêu điểm ảnh bao gồm các điểm ảnh có các đặc trưng tán xạ ngược giống nhau.

Bước 3: Xác định giá trị ngưỡng bằng thuật toán Otsu

Trong bước này, phương pháp phân ngưỡng tự động dựa trên thuật toán Otsu được sử dụng nhằm phân loại vết dầu với vùng biển xung quanh. Mục đích của việc sử dụng thuật toán Otsu nhằm tạo ra ngưỡng duy nhất để phân biệt vùng bị ô nhiễm dầu và các đối tượng khác. Phương pháp Otsu hiệu quả với dữ liệu ảnh SAR như Sentinel 1 do các đối tượng trên ảnh có cường độ tán xạ ngược khác biệt nhau rõ rệt.

Bước 4: Phân loại vết dầu và xuất kết quả

Dựa trên giá trị ngưỡng đã xác định từ Bước 3, ảnh Sentinel 1 được phân loại thành 2 lớp: vết dầu và không phải vết dầu. Lớp "vết dầu" gồm các điểm ảnh có giá trị tán xạ ngược nhỏ hơn giá trị của ngưỡng và ngược lại, lớp "không phải vết dầu" là các pixel có giá trị lớn hơn so với giá trị ngưỡng. Kết quả cuối cùng được xuất, lưu trữ ở

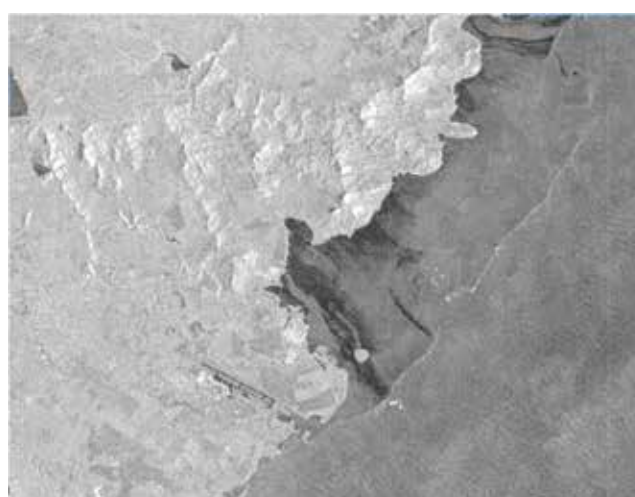
dạng raster hoặc vector phục vụ công tác quan trắc, giám sát ô nhiễm dầu.

4. Kết quả và thảo luận

Sau khi thu thập và tiền xử lý, dữ liệu ảnh SAR chụp từ vệ tinh Sentinel 1A ngày 10/8/2020 được sử dụng để tách vết dầu bằng phương pháp phân ngưỡng Otsu. Hình 3 thể hiện dữ liệu ảnh đầu vào chụp ở phân cực VH (Hình 3a) và VV (Hình 3b). Có thể nhận thấy, vết dầu trên ảnh Sentinel 1 ở phân cực VV được phân biệt rõ với vùng biển xung quanh và khu vực đất liền (Hình 3b). Trên ảnh Sentinel 1 phân cực VH, vết dầu có màu tối, nước biển có màu xám, khu vực đất liền có màu trắng sáng. Trong khi đó, ở phân cực VH, vết dầu bị lẫn với vùng biển xung quanh. Như vậy, để phát hiện và phân loại vết dầu từ ảnh SAR chụp từ vệ tinh Sentinel 1, cần lựa chọn dữ liệu ảnh ở phân cực VV.

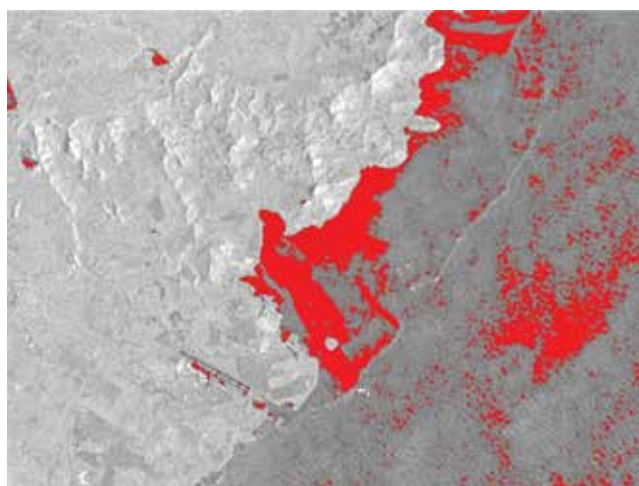


(a)

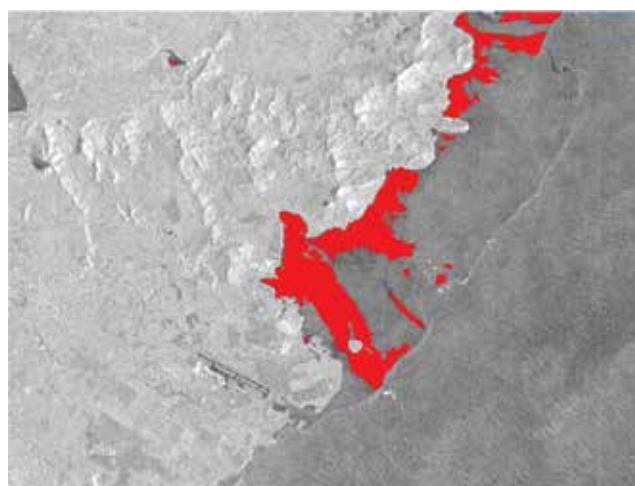


(b)

Hình 3. Ảnh Sentinel 1A khu vực nghiên cứu ở chế độ chụp phân cực VH (a) và VV (b).



(a)



(b)

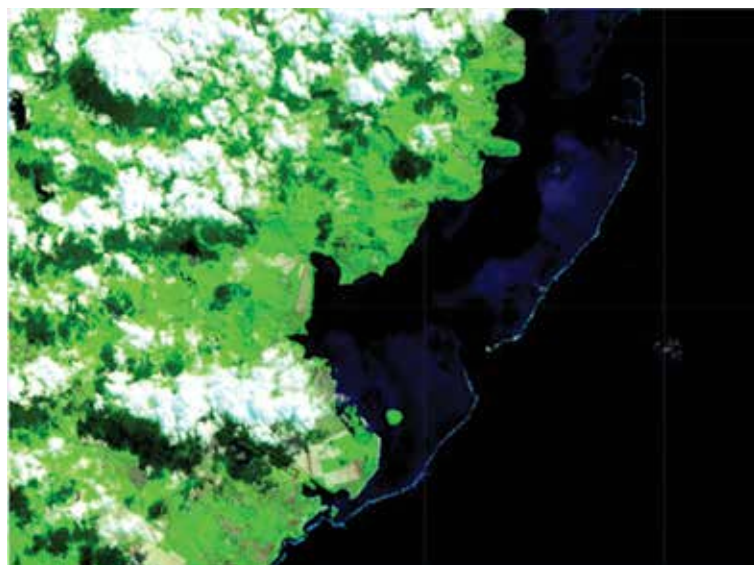
Hình 4. Kết quả phân loại vết dầu bằng cách sử dụng các điểm ảnh (a) và cụm siêu điểm ảnh (b), vết dầu có màu đỏ.

Hình 4 thể hiện kết quả phân loại vết dầu khu vực Mauritius từ ảnh Sentinel 1A phân cực VV bằng cách sử dụng phương pháp phân loại dựa trên điểm ảnh (Hình 4a) và phương pháp phân loại đề xuất dựa trên các cụm siêu điểm ảnh như sơ đồ trên Hình 2. Trong cả 2 phương án này đều sử dụng ngưỡng Otsu để tách ảnh thành 2 lớp: vết dầu và không phải vết dầu. Phân tích kết quả nhận được cho thấy, khi phân loại vết dầu bằng phương pháp phân loại dựa trên điểm ảnh, kết quả nhận được có độ chính xác không cao. Nhiều khu vực nước biển xung quanh bị nhận dạng nhầm lẫn là vết dầu do bị ảnh hưởng bởi nhiễu đốm. Các hạn chế này đã được khắc phục khi sử dụng phương pháp phân loại dựa trên các cụm siêu điểm ảnh trên cơ sở phân đoạn ảnh (Hình 4b).

Để đánh giá độ chính xác kết quả phân loại vết dầu trên ảnh Sentinel 1 bằng thuật toán phân ngưỡng Otsu, trong nghiên cứu lựa



(a)



(b)

Hình 5. Ảnh Landsat 8 (a) và Sentinel 2A (b) chụp ngày 11/8/2020 khu vực nghiên cứu.

chọn 64 mẫu ngẫu nhiên, phân bố đồng đều trong toàn ảnh. Các điểm mẫu này bao gồm cả các pixel thuộc lớp vết dầu và các pixel không phải là vết dầu. Kết quả nhận được cho thấy, số lượng điểm mẫu được phân loại đúng bằng phương pháp đề xuất trong nghiên cứu là 58/64 (tương đương độ chính xác 90,06%). Trong khi đó, khi phân loại dựa trên các điểm ảnh, số lượng điểm mẫu được phân loại đúng chỉ đạt 49/64 (tương đương độ chính xác 76,56%). Phương pháp phân loại bằng thuật toán Otsu dựa trên điểm ảnh có độ chính xác thấp hơn do các điểm ảnh ở bên ngoài vết dầu có giá trị tán xạ ngược thấp bị nhận dạng nhầm lẫn là vết dầu. Việc phân loại bằng thuật toán Otsu dựa trên siêu điểm ảnh có thể loại bỏ được nhiễu do kích thước của các điểm ảnh nhiễu là nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước vết dầu.

Để đánh giá hiệu quả của việc sử dụng ảnh SAR chụp từ vệ tinh Sentinel 1 trong phát hiện và phân loại vết dầu, trong nghiên cứu cũng sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám quang học Landsat 8 và Sentinel 2A cùng chụp ngày 11/8/2020 khu vực Mauritius (Hình 5). Ảnh Landsat 8 có độ phân giải không gian 30 m ở các kênh đa phổ, trong khi ảnh Sentinel 2A có độ phân giải không gian từ 10 - 60 m đối với các kênh phổ ở các dải sóng khác nhau. Có thể nhận thấy, vết dầu rất khó được nhận dạng trên ảnh viễn thám quang học. Trên ảnh Landsat 8 ở tổ hợp màu tự nhiên (Hình 5a), vết dầu có màu nâu nhạt, gần giống với các vùng nước có độ đục cao. Vết dầu trên ảnh Landsat 8 cũng rất dễ bị nhận dạng nhầm lẫn với khu vực phân bố san hô (có màu sáng xanh) ở khu vực ven biển Mauritius. Trong khi đó, bằng mắt thường gần như rất khó phát hiện và phân loại được vết dầu trên ảnh Sentinel 2A (Hình 5b). Mặc dù độ chính xác khi phát hiện và phân loại vết dầu bằng ảnh viễn thám quang học không cao như với ảnh SAR, việc kết hợp đa nguồn dữ liệu viễn thám cũng cho phép tăng dày dữ liệu đầu vào, giúp nâng cao khả năng giám sát sự di chuyển của vết dầu và ảnh hưởng của ô nhiễm tràn dầu trên biển. Do các dữ liệu viễn thám như Sentinel 1, Sentinel 2 và Landsat 8 đều được cung cấp miễn phí, việc kết hợp các loại dữ liệu này trên nền tảng GEE là tiếp cận phù hợp, giúp

nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ viễn thám trong nghiên cứu, giám sát ô nhiễm tràn dầu.

5. Kết luận

Bài báo trình bày giải pháp phát hiện và phân loại vết dầu trên biển từ ảnh SAR chụp từ hệ thống vệ tinh Sentinel 1 sử dụng thuật toán phân ngưỡng tự động Otsu. Quá trình xử lý được thực hiện trên nền tảng GEE giúp tăng hiệu suất tính toán, khắc phục hạn chế về hạ tầng lưu trữ. Kết quả thử nghiệm với ảnh Sentinel 1A chụp ngày 10/8/2020 tại khu vực vùng biển Mauritius cho thấy, ảnh Sentinel 1 ở phân cực VV cho phép phát hiện và phân loại vết dầu tốt hơn so với ở phân cực VH. Độ chính xác phân loại vết dầu bằng thuật toán phân ngưỡng Otsu trên cơ sở phân đoạn ảnh (sử dụng các cụm siêu điểm ảnh) cũng cao hơn so với phương pháp phân loại dựa trên điểm ảnh. Kết quả nhận được trong nghiên cứu cũng cho thấy, việc kết hợp sử dụng đa nguồn dữ liệu viễn thám với các loại ảnh quang học, siêu cao tần được cung cấp miễn phí như Sentinel 1, Sentinel 2, Landsat 8 cho phép tăng dày nguồn dữ liệu đầu vào phục vụ giám sát và ứng phó với ô nhiễm tràn dầu trên biển.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Đình Dương, *Ô nhiễm dầu trên biển và quan trắc bằng viễn thám siêu cao tần*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2011, trang 107 - 137.
- [2] Trịnh Lê Hùng, "Phương pháp phân tích texture trong phát hiện vết dầu tràn bằng dữ liệu ảnh ENVISAT ASAR", *Tạp chí Dầu khí*, Số 12, trang 44 - 47, 2013.
- [3] Damián Mira Martínez, Pablo Gil, Beatriz Alacid, and Fernando Torres, "Oil spill detection using segmentation-based approaches", *Proceedings of the 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, 24 - 26 February 2017. DOI: 10.5220/0006191504420447.
- [4] Alaa Sheta, Mouhammd Alkasassbed, Malik Sh. Braik, and Hafsa Abu Ayyash, "Detection of oil spills in SAR images using threshold segmentation algorithms", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 57, No. 7, pp. 10 - 15, 2012.
- [5] Fangjie Yu, Wuzi Sun, Jiaojiao Li, Yang Zhao, Yanmin Zhang, and Ge Chen, "An improved Otsu method for oil spill detection from SAR images", *Oceanologia*, Vol. 59, No. 3, pp. 311 - 317, 2017.
- [6] Régia T.S. Araújo, Fátima N.S. de Medeiros, Rodrigo C.S. Costa, Régis C.P. Marques, Rafael B. Moreira, and Jilseph L. Silva, "Locating oil spill in SAR images using wavelets and region growing", *IEA/AIE'2004: Proceedings of the 17th International Conference on Innovations in Applied Artificial Intelligence*, 2004.
- [7] Konstantinos Topouzelis, Vassilia Karathanassi, Petros Pavlakis, and Demetrius Rokos, "A new object - oriented methodology to detect oil spills using Envisat images", *Proceedings of Envisat Symposium, Montreux, Switzerland*, 23 - 27 April 2007.
- [8] Yonglei Fan, Xiaoping Rui, Guangyuan Zhang, Tian Yu, Xijie Xu, and Stefan Posld, "Feature merged network for oil spill detection using SAR images", *Remote Sensing*, Vol. 13, No. 16, 2021. DOI: 10.3390/rs13163174.
- [9] Iphigenia Keramitsoglou, Constantinos Cartalis, and Chris T. Kiranoudis, "Automatic identification of oil spills on satellite images", *Environmental Modelling and Software*, Vol. 21, No. 5, pp. 640 - 652, 2006. DOI: 10.1016/j.envsoft.2004.11.010.
- [10] Alireza Taravat and Fabio Del Frate, "Development of band rationing algorithm and neural networks to detection of oil spills using Landsat ETM+ data", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2012.
- [11] Polychronis Kolokoussis and Vassilia Karathanassi, "Oil spill detection and mapping using Sentinel 2 imagery", *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 6, No. 1, 2018.
- [12] Sankaran Rajendran, Ponnumony Vethamony, Fadhil N. Sadooni, Hamad Al- Saad Al-Kuwari, Jassim A. Al-Khayat, Himanshu Govil, and Sobhi Nasir, "Sentinel-2 image transformation methods for mapping oil spill - A case study with Wakashio oil spill in the Indian ocean, off Mauritius", *MethodsX*, Vol. 8, 2021. DOI: 10.1016/j.mex.2021.101327.
- [13] Nobuyuki Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, Vol. 9, No. 1, pp. 62 - 66, 1979.
- [14] Liang-Kai Huang and Mao-Jiun J. Wang, "Image thresholding by minimizing the measures of fuzziness", *Pattern Recognition*, Vol. 28, No. 1, pp. 41 - 51, 1995. DOI: 10.1016/0031-3203(94)E0043-K.
- [15] Jui-Cheng Yen, Fu-Juay Chang, and Shyang Chang, "A new criterion for automatic multilevel thresholding", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 4, No. 3, pp. 370 - 378, 1995. DOI: 10.1109/83.366472.

[16] B. Brisco, N. Short, J.V.D. Sanden, R. Landry, and D. Raymond, "A semi-automated tool for surface water mapping with Radarsat-1", *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 35, No. 4, pp. 336 - 344, 2009. DOI: 10.5589/m09-025.

[17] Nguyễn Lê Mai Duyên và Trương Minh Thuận, "Kết hợp phương pháp phân ngưỡng và Graphcut trong phân tích ảnh y khoa để hỗ trợ chẩn đoán", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Duy Tân*, Tập 1, Số 32, trang 88 - 99, 2019.

[18] Trần Thanh Tùng và Mai Duy Khánh, "Nghiên cứu quy luật diễn biến doi cát ven bờ khu vực cửa Tiên Châu bằng ảnh vệ tinh Landsat", *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, Số 71, trang 19 - 26, 2020.

[19] Owen Mulhern, "Mapping the Mauritius oil spill", 24/12/2021. [Online]. Available: https://earth.org/data_visualization/mapping-the-mauritius-oil-spill/.

APPLICATION OF SENTINEL 1 IMAGERY DATA TO DETECT AND CLASSIFY OIL SPILLS ON THE OCEAN

Trinh Le Hung, Le Van Phu

Le Quy Don Technical University

Email: trinhlehung@lqdtu.edu.vn

Summary

Sentinel is the name of a series of Earth observation missions (from Sentinel 1 to Sentinel 6) developed by the Copernicus initiative and operated by the European Space Agency (ESA). Sentinel satellite image data, which includes optical and radar images, provided completely free of charge, has been widely and effectively used in Earth research.

The paper presents a technical solution using Sentinel 1 satellite image in detecting and monitoring oil spill pollution at sea, testing for Mauritius sea area. The Otsu automatic thresholding method was applied to extract oil spills at sea from Sentinel 1A radar images. The processing was done on the Google Earth Engine (GEE) cloud computing platform. The results of the study contribute to improving the efficiency of the application of radar remote sensing data in early detection and classification of oil spills, supporting the response to oil spill pollution at sea.

Key words: Oil spill pollution, remote sensing, Otsu thresholding method, Sentinel imagery data.