

## KẾT HỢP SỬ DỤNG ẢNH VIỄN THĂM QUANG HỌC VÀ RADAR TRONG PHÂN LOẠI VÀ GIÁM SÁT VẾT DẦU TRÊN BIỂN

**Trịnh Lê Hùng, Lê Văn Phú**

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: trinhlehung@lqdtu.edu.vn

<https://doi.org/10.47800/PVSI.2025.03-09>

### Tóm tắt

Dữ liệu viễn thám được sử dụng phổ biến trên thế giới trong nghiên cứu ô nhiễm tràn dầu trên biển. Bài viết giới thiệu kết quả kết hợp sử dụng ảnh viễn thám quang học Sentinel 2 MSI và ảnh radar Sentinel 1 giúp phát hiện và phân loại vết dầu trên biển. Dữ liệu Sentinel 2 MSI được sử dụng để tính chỉ số OSI (oil spill index) trên cơ sở các kênh trong dải sóng nhìn thấy, trong khi dữ liệu Sentinel 1 dùng để tính giá trị tán xạ ngược, từ đó phân loại vết dầu bằng phương pháp phân ngưỡng. Việc kết hợp dữ liệu viễn thám đa chủng loại cho phép tăng dày bộ dữ liệu đầu vào, nâng cao hiệu quả công tác giám sát ô nhiễm tràn dầu trên biển.

**Từ khóa:** Ảnh viễn thám quang học, ảnh viễn thám radar, sự cố tràn dầu, phân loại.

### 1. Giới thiệu

Quá trình khai thác, vận chuyển dầu mỏ cũng như hoạt động giao thông hàng hải tiềm ẩn những nguy cơ gây ô nhiễm môi trường biển, đặc biệt là ô nhiễm tràn dầu. Do đặc điểm khu vực biển rộng lớn, việc tiếp cận bằng các phương pháp quan trắc truyền thống gặp rất nhiều khó khăn. Các sự cố ô nhiễm tràn dầu thường chỉ được phát hiện khi vết dầu đã lan vào khu vực gần bờ, làm giảm hiệu quả công tác ứng phó với sự cố [1].

Công nghệ viễn thám có ưu điểm là diện tích phủ trùm rộng, có thể thu nhận dữ liệu ảnh đa thời gian ở các khu vực khó tiếp cận, được sử dụng phục vụ phát hiện sớm và giám sát ô nhiễm tràn dầu trên biển. Các nghiên cứu chủ yếu sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám radar (ảnh SAR) trong quan trắc vết dầu do ảnh SAR ít chịu ảnh hưởng của điều kiện thời tiết [2, 3]. Một số nghiên cứu sử dụng dữ liệu viễn thám quang học như MODIS [4, 5], Sentinel 2 [6] và Landsat [7] để phân loại vết dầu trên biển. Tuy nhiên, dữ liệu viễn thám quang học Sentinel 2 và Landsat có một số hạn chế nhất định, đặc biệt là sự phụ thuộc vào điều kiện ánh sáng và dễ bị ảnh hưởng bởi mây che phủ, làm giảm hiệu quả phát hiện vết dầu trong điều kiện thời tiết bất lợi. Để khắc phục hạn chế này, Sentinel 1 với cảm biến SAR cung cấp dữ liệu không bị ảnh hưởng bởi mây và ánh

sáng, cho phép giám sát liên tục và hiệu quả hơn các sự cố tràn dầu trên biển. Nhiều nghiên cứu cho thấy các phương pháp nhận dạng và phân loại vết dầu trên ảnh viễn thám được sử dụng phổ biến gồm: phương pháp phân ngưỡng tự động [8, 9], phương pháp sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo như học máy, học sâu [10 - 13], phương pháp sử dụng các đặc trưng (texture) của dữ liệu ảnh [14]. Các nghiên cứu này đã chứng minh tính hiệu quả của phương pháp viễn thám so với phương pháp nghiên cứu truyền thống, giúp phát hiện nhanh và giám sát sự lan truyền của vết dầu tràn trên biển.

Bài viết giới thiệu kết quả kết hợp sử dụng dữ liệu viễn thám quang học (Sentinel 2) và radar (Sentinel 1) trong phân loại và đánh giá sự thay đổi vết dầu theo thời gian. Phương pháp phân ngưỡng tự động được áp dụng đối với cả 2 loại dữ liệu viễn thám để phân loại vết dầu. Việc áp dụng dữ liệu viễn thám đa chủng loại giúp tăng dày nguồn dữ liệu và rút ngắn thời gian thu thập thông tin về ô nhiễm tràn dầu, từ đó nâng cao hiệu quả công tác giám sát ô nhiễm tràn dầu trên biển. Các thể hệ vệ tinh tiếp theo của chòm vệ tinh Sentinel 1 và Sentinel 2 được đưa vào hoạt động đã rút ngắn thời gian thu nhận dữ liệu tại một vị trí trên trái đất.

### 2. Dữ liệu và khu vực nghiên cứu

#### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực thử nghiệm trong nghiên cứu là vùng biển



Ngày nhận bài: 15/4/2025

Ngày đánh giá và sửa chữa: 15/4 - 6/5/2025

Ngày duyệt đăng: 6/5/2025

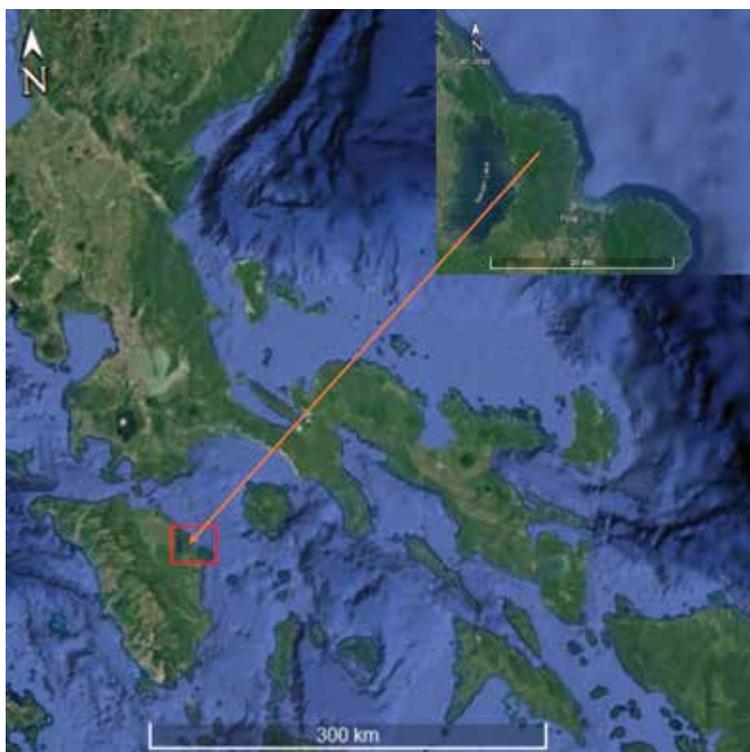
ngoài khơi Naujan, tỉnh Oriental Mindoro (Philippines). Đây là khu vực xảy ra sự cố tràn dầu do tàu chở nhiên liệu bị chìm vào ngày 28/2/2023. Vết dầu loang sau đó đã tiến gần hơn đến bãi biển Polacay (thành phố Pola) và bãi biển Tagumpay. Bộ ảnh từ Cơ quan Vũ trụ Philippines (PhilSA) cho thấy sự di chuyển của vết dầu từ phía Đông của quần đảo Mindoro về vùng biển phía Đông Bắc của tỉnh [15].

**2.2. Dữ liệu viễn thám**

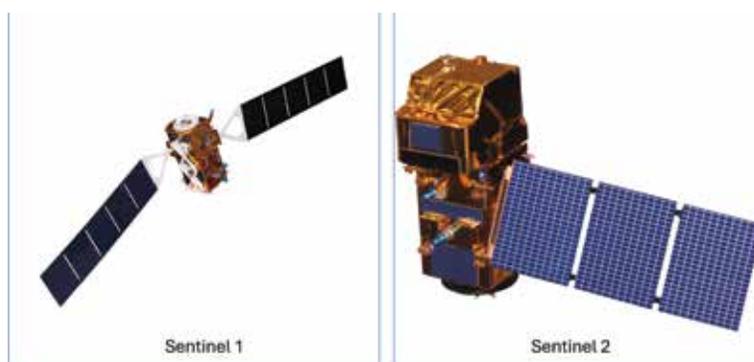
Sentinel là tên của các vệ tinh quan sát trái đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan Hàng không Vũ trụ châu Âu (ESA), bao gồm các vệ tinh từ Sentinel 1 đến Sentinel 6, trong đó có cả vệ tinh quang học và vệ tinh radar. Dữ liệu vệ tinh Sentinel có độ phân giải không gian đa dạng, thời gian cập nhật ngắn và được cung cấp hoàn toàn miễn phí. Dữ liệu vệ tinh Sentinel được sử dụng rất phổ biến trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong giám sát tài nguyên, môi trường.

Sentinel 1 là chùm vệ tinh radar gồm 3 vệ tinh (Sentinel 1A, Sentinel 1B và Sentinel 1C) có đặc điểm giống nhau. Sentinel 1A được phóng lên quỹ đạo ngày 3/4/2014, Sentinel 1B ngày 25/4/2016 và vệ tinh mới nhất - Sentinel 1C đã được phóng thành công lên quỹ đạo vào ngày 5/12/2024. Bộ cảm biến trên vệ tinh Sentinel 1 thu nhận ảnh radar khẩu độ mở tổng hợp, băng C (tần số 5.405 GHz) với các phân cực và độ phân giải không gian khác nhau. Thời gian chụp lặp lại của từng vệ tinh là 12 ngày. Như vậy, với 3 vệ tinh Sentinel 1 cho phép thu nhận ảnh tại một vị trí trên bề mặt trái đất trong 4 ngày.

Chùm vệ tinh quang học Sentinel 2 cũng gồm 3 vệ tinh có đặc điểm giống nhau (Sentinel 2A, Sentinel 2B và Sentinel 2C), trong đó Sentinel 2C được phóng thành công lên quỹ đạo vào ngày 5/9/2024. Vệ tinh Sentinel 2 sử dụng bộ cảm biến đa phổ MSI (MultiScanner Instrument), thu nhận ảnh ở 13 kênh phổ trong dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại ngoại (Bảng 1). Độ phân giải không gian ảnh Sentinel 2 cao nhất lên đến 10 m ở các kênh trong dải sóng nhìn thấy (visible) và cận hồng ngoại (NIR-near infrared).



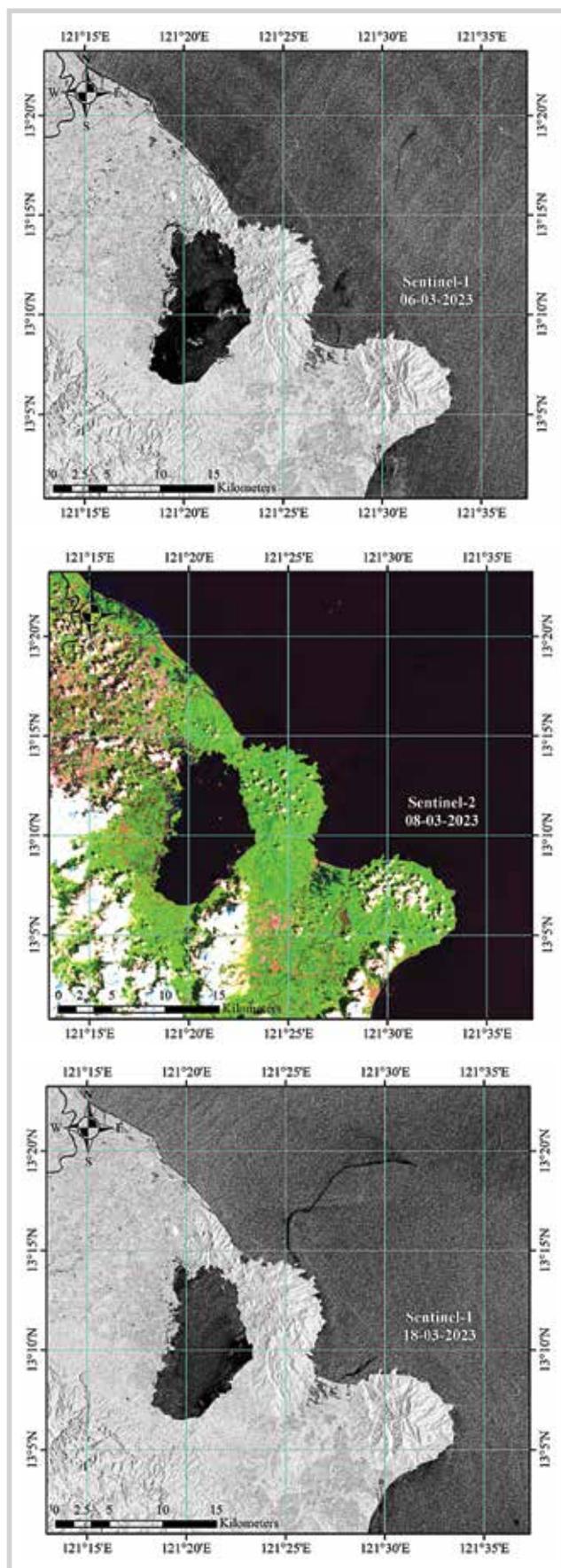
**Hình 1.** Khu vực nghiên cứu tại vùng biển ngoài khơi Naujan, tỉnh Oriental Mindoro, Philippines.



**Hình 2.** Hình ảnh vệ tinh radar Sentinel 1 và vệ tinh quang học Sentinel 2.

**Bảng 1.** Đặc điểm ảnh vệ tinh Sentinel-2

Kênh	Bước sóng (µm)	Độ phân giải không gian (m)
1	0,421 - 0,457	60
2	0,439 - 0,535	10
3	0,537 - 0,582	10
4	0,646 - 0,685	10
5	0,694 - 0,714	20
6	0,731 - 0,749	20
7	0,768 - 0,796	20
8	0,767 - 0,908	10
8A	0,848 - 0,881	20
9	0,931 - 0,958	60
10	1,338 - 1,414	60
11	1,539 - 1,681	20
12	2,072 - 2,312	20



Hình 3. Dữ liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu.

Trong nghiên cứu này, ảnh radar Sentinel 1 chụp ngày 6/3/2023 và 18/3/2023 cùng ảnh quang học Sentinel 2 chụp ngày 8/3/2023 được sử dụng để phân loại vết dầu, từ đó đánh giá sự lan truyền của vết dầu trên vùng biển khu vực Naujan. Dữ liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trên Hình 3. Hình 3 cho thấy trên ảnh radar Sentinel 1, vết dầu tương phản rõ rệt với khu vực xung quanh, trong khi trên ảnh quang học Sentinel 2 rất khó phân biệt vết dầu và vùng biển.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Dữ liệu ảnh viễn thám Sentinel 1 và Sentinel 2 sau khi được thu thập tại cơ sở dữ liệu Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) bằng nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE) được tiến xử lý và cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu.

#### 3.1. Xử lý dữ liệu ảnh quang học Sentinel 2

Để phát hiện và phân loại vết dầu trên biển từ ảnh vệ tinh quang học Sentinel 2, trong nghiên cứu sử dụng chỉ số vết dầu OSI (oil spill index). Chỉ số OSI được đề xuất bởi Rajendran và cộng sự (2021) trên cơ sở sử dụng các kênh phổ ở dải sóng nhìn thấy (blue, green và red) theo công thức sau [16, 17]:

$$OSI = \frac{\rho_{RED} + \rho_{GREEN}}{\rho_{BLUE}} \quad (1)$$

Đối với ảnh Sentinel 2, chỉ số OSI có thể được xác định như sau:

$$OSI_{Sentinel2} = \frac{\rho_{band4} + \rho_{band3}}{\rho_{band2}} \quad (2)$$

Để loại bỏ ảnh hưởng của các đối tượng đất liền tới kết quả phân loại vết dầu bằng chỉ số OSI, trong nghiên cứu cũng sử dụng chỉ số nước MNDWI (modified normalized difference water index) xác định theo công thức sau [18]:

$$MNDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{GREEN} + \rho_{SWIR1}} \quad (3)$$

Trong đó, các kênh GREEN và SWIR1 tương ứng là kênh 2 và kênh 10 ảnh Sentinel 2.

Do đặc điểm vết dầu thường có hình dạng kéo dài, màu tối, việc phát hiện dựa trên điểm ảnh riêng lẻ thường thiếu chính xác và dễ gây nhiễu do tính biến động cao của mặt nước biển. Để khắc phục hạn chế này, trong nghiên cứu tiến hành phân đoạn ảnh (segmentation) thành các siêu điểm ảnh sử dụng thuật toán SNIC (simple non-iterative clustering) - một thuật toán phân cụm không lặp,

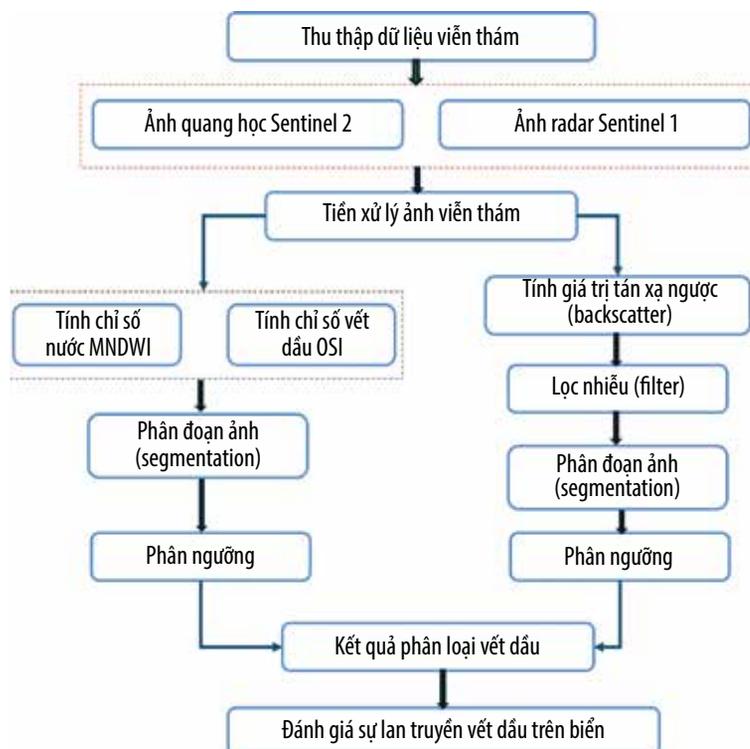
được tối ưu hóa để hoạt động hiệu quả trong môi trường xử lý dữ liệu lớn GEE. Phân đoạn ảnh giúp gom nhóm các điểm ảnh có đặc điểm tương đồng, cụ thể là có giá trị tán xạ ngược (đối với ảnh Sentinel 1) hoặc giá trị phổ (đối với ảnh Sentinel 2) tương tự nhau. SNIC được sử dụng trong nghiên cứu do thuật toán được tích hợp sẵn trong GEE, giúp triển khai thuận tiện và hiệu quả. Các tham số cài đặt của thuật toán là size: 10; compactness: 0,3; connectivity: 8; neighborhood size: 128. Quá trình phân đoạn được thực hiện cho cả ảnh Sentinel 1 và Sentinel 2. Mỗi cụm sau phân đoạn ảnh được đại diện bởi một tâm cụm - là giá trị trung bình của các điểm ảnh trong cụm và được sử dụng trong các bước phân ngưỡng tiếp theo. Cách tiếp cận này giúp tận dụng ngữ cảnh không gian, giảm nhiễu do điểm ảnh đơn lẻ và tăng độ chính xác trong việc phân loại các đối tượng phức tạp trên bề mặt biển, đặc biệt là khi xử lý các hiện tượng có biên mờ như vết dầu loang [19]. Sau khi phân đoạn, ở bước tiếp theo, phương pháp phân ngưỡng tự động Otsu [20] được áp dụng để phân loại vết dầu từ ảnh quang học Sentinel 2.

### 3.2. Xử lý dữ liệu ảnh radar Sentinel 1

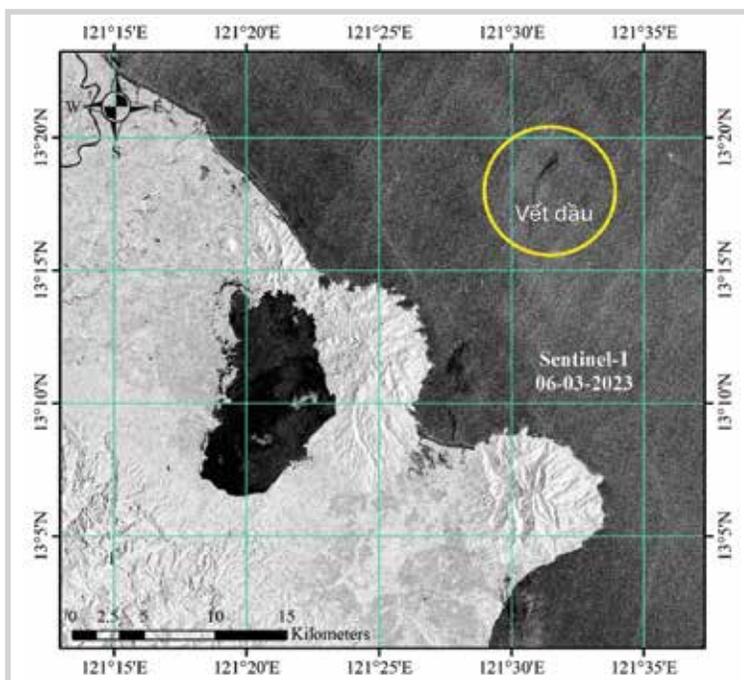
Đối với ảnh radar Sentinel 1, sau khi tiến xử lý, dữ liệu ảnh được dùng để tính giá trị tán xạ ngược (backscatter), sau đó tiến hành lọc nhiễu để loại bỏ ảnh hưởng của nhiễu đốm trên ảnh bằng phương pháp lọc trung bình (mean, cửa sổ lọc 3 × 3). Phương pháp phân đoạn ảnh và phân ngưỡng tự động Otsu cũng được sử dụng để phân loại vết dầu trên ảnh Sentinel 1.

Để nâng cao hiệu quả giám sát và tính toán diện tích vết dầu trên biển, việc kết hợp sử dụng dữ liệu từ Sentinel 1 và Sentinel 2 là một phương pháp hiệu quả. Do cả hai loại dữ liệu đều có độ phân giải không gian 10 m, việc kết hợp sử dụng các ảnh này giúp tạo ra tập dữ liệu đa ảnh, cải thiện độ phân giải thời gian cho bài toán phát hiện và giám sát tràn dầu trên biển.

Sơ đồ quy trình xử lý dữ liệu viễn thám quang học và radar trong phân loại vết dầu trên biển được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ quy trình xử lý ảnh.

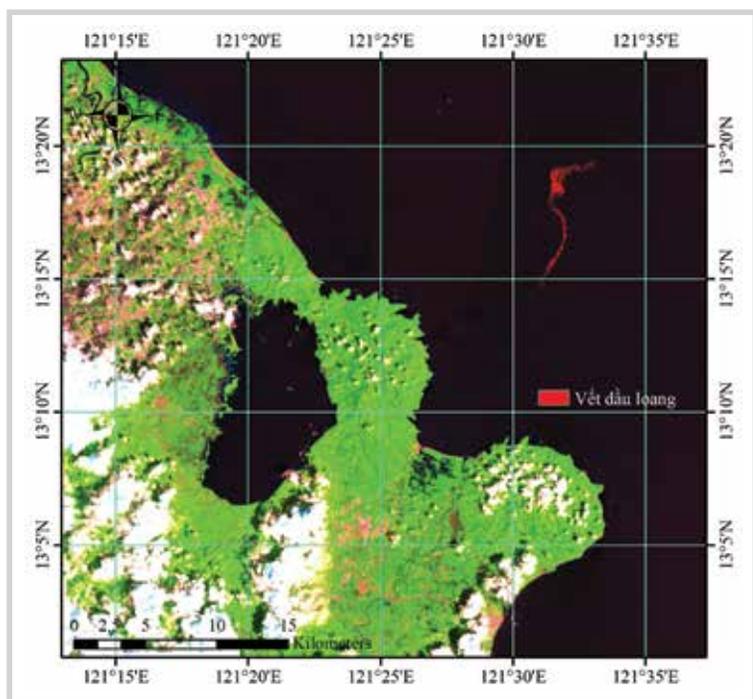


Hình 5. Vết dầu trên ảnh Sentinel 1 ngày 6/3/2023.

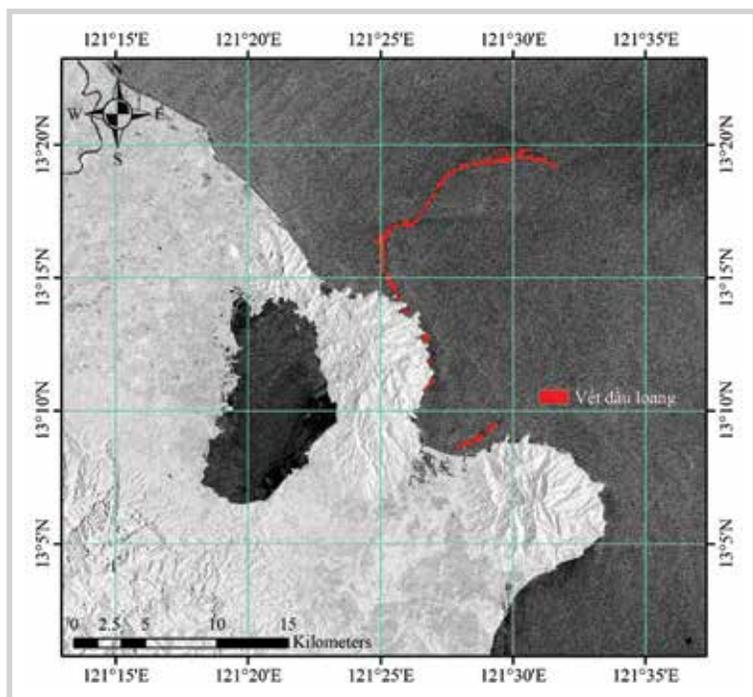
## 4. Kết quả và thảo luận

Hình 5 thể hiện ảnh vệ tinh Sentinel 1 chụp ngày 6/3/2023, trong đó vết dầu có màu đen, dạng hình tuyến. Vào thời điểm này, vết dầu còn ở ngoài khơi khu vực Naujan, diện tích khoảng 1,2 km<sup>2</sup>.

Kết quả phân loại vết dầu bằng chỉ số OSI xác định từ ảnh vệ tinh quang học Sentinel 2 ngày 8/3/2023, sử dụng phương pháp phân



Hình 6. Kết quả phân loại vết dầu bằng ảnh Sentinel 2 ngày 8/3/2023 sử dụng chỉ số OSI.



Hình 7. Kết quả phân loại vết dầu trên ảnh Sentinel 1 ngày 18/3/2023.

ngưỡng được trình bày trên Hình 6, trong đó vết dầu được thể hiện là màu đỏ. Có thể nhận thấy, vết dầu có sự mở rộng đáng kể so với ngày 6/3/2023 và di chuyển gần hơn về phía đất liền. Diện tích vết dầu xác định trên ảnh Sentinel 2 ngày 8/3/2023 đạt 2,19 km<sup>2</sup>.

Đến ngày 18/3/2023, vết dầu đã di chuyển và ảnh hưởng trực tiếp đến khu vực ven biển Naujan, trong đó vết dầu kéo dài từ khu vực xảy ra sự cố vào đến bờ biển (Hình 7). Diện tích vết dầu tính được

từ ảnh Sentinel 1 vào ngày 18/3/2023 đạt 6,84 km<sup>2</sup>, cao gấp hơn 3 lần so với ngày 8/3/2023.

Để đánh giá độ chính xác kết quả phân loại vết dầu trên ảnh Sentinel 2 bằng chỉ số OSI, trong nghiên cứu đã xây dựng 90 mẫu bao gồm các pixel thuộc lớp vết dầu và các pixel không phải là vết dầu. Các mẫu được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm của người xử lý, nhằm đảm bảo tính đại diện và phân bố đồng đều trong toàn ảnh. Kết quả nhận được cho thấy, số lượng điểm mẫu được phân loại đúng bằng phương pháp phân ngưỡng tự động đạt 85,56%. Tương tự, với ảnh Sentinel 1, độ chính xác phân loại vết dầu đạt 91,11%. Có thể nhận thấy, việc sử dụng ảnh radar Sentinel 1 cho phép phân loại vết dầu với độ chính xác cao hơn so với ảnh quang học. Điều này có thể giải thích do đặc điểm vết dầu được phân biệt rõ nét trên ảnh radar, khác với trên ảnh quang học, vết dầu thường bị lẫn với vùng biển xung quanh.

Mặc dù là những công cụ phổ biến trong việc phát hiện vết dầu trên biển, chỉ số OSI và phương pháp phân ngưỡng Otsu vẫn có những hạn chế nhất định. Cụ thể, hiệu quả của các phương pháp này có thể bị ảnh hưởng bởi điều kiện ánh sáng, thời tiết và sự hiện diện của các yếu tố gây nhiễu như mây, sương mù hoặc các hiện tượng tự nhiên khác. Để khắc phục những hạn chế này và nâng cao độ chính xác trong việc phát hiện vết dầu, việc kết hợp dữ liệu từ các cảm biến khác nhau, chẳng hạn như Sentinel 1 và Sentinel 2 cùng với việc áp dụng các phương pháp xử lý ảnh tiên tiến là một hướng đi cần thiết và hiệu quả. Đồng thời, việc kết hợp dữ liệu từ nhiều vệ tinh thương mại khác nhau có thể nâng cao khả năng giám sát liên tục và kịp thời các sự cố tràn dầu trên biển.

## 5. Kết luận

Dữ liệu viễn thám đa nguồn, gồm ảnh quang học Sentinel 2 và ảnh radar Sentinel 1 được sử dụng để phân loại vết dầu trên biển. Chỉ số vết dầu OSI xác định trên cơ sở các kênh phổ ở dải sóng nhìn thấy ảnh Sentinel 2 được sử dụng để phân loại vết dầu bằng phương pháp phân ngưỡng tự động. Phương pháp phân ngưỡng Otsu cũng được áp dụng cho

ảnh radar Sentinel 1 để phân loại vết dầu trên biển. Kết quả cho thấy vết dầu được phân loại với độ chính xác cao trên 85%.

Việc kết hợp sử dụng dữ liệu viễn thám đa nguồn cho phép tăng dày nguồn dữ liệu đầu vào, từ đó nâng cao hiệu quả trong phát hiện và giám sát ô nhiễm tràn dầu trên biển. Với 3 vệ tinh trong chùm vệ tinh Sentinel 1 và 3 vệ tinh trong chùm vệ tinh Sentinel 2, đặc biệt dữ liệu được cung cấp miễn phí, ảnh Sentinel là nguồn dữ liệu đầu vào quý giá trong nghiên cứu môi trường biển nói chung, ô nhiễm tràn dầu nói riêng.

### 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] Damián Mira Martínez, Pablo Gil, Beatriz Alacid, and Fernando Torres, "Oil spill detection using segmentation-based approaches", *6<sup>th</sup> International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods, Porto (Portugal), February 2017*. DOI:10.5220/0006191504420447.
- [3] 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*, Volume 13, Issue 16, 2021. DOI: 10.3390/rs13163174.
- [4] Fahad A.M. Alawadi, "Detection and classification of oil spills in MODIS satellite imagery", University of Southampton, School of Ocean and Earth Science, Doctoral Thesis, 2011.
- [5] Teodosio Lacava, Emanuele Ciancia, Irina Coviello, Carmine Di Polito, Caterina S.L. Grimaldi, Nicola Pergola, Valeria Satriano, Marouane Temimi, Jun Zhao, and Tramutoli Valerio, "A MODIS-based robust satellite technique (RST) for timely detection of oil spilled areas", *Remote Sensing*, Volume 9, Issue 2, 2017. DOI: 10.3390/rs9020128.
- [6] Polychroni Kolokoussis and Vassilia Karathanassi "Oil spill detection and mapping using Sentinel 2 imagery", *Journal of Marine Science and Engineering*, Volume 6, Issue 1, 2018. DOI: 10.3390/jmse6010004.
- [7] 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. DOI: 10.1186/1687-6180-2012-107.
- [8] Alaa Sheta, Mouhammd Alkasassbed, Malik Braik, and Hafsa Abu Ayyash, "Detection of oil spills in SAR images using threshold segmentation algorithms", *International Journal of Computer Applications*, Volume 57, Issue 7, pp. 10 - 15, 2012.
- [9] 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*, Volume 59, Issue 3, pp. 311 - 317, 2017. DOI: 10.1016/j.oceano.2017.03.005.
- [10] Alaa Akram Huby, Rafid Sagban, and Raaid Alubady, "Oil spill detection based on machine learning and deep learning: A review", *5<sup>th</sup> International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA), Al-Najaf, Iraq, 2022*. DOI: 10.1109/IICETA54559.2022.9888651.
- [11] Ngoc An Bui, Youngon Oh, and Impyeong Lee, "Oil spill detection and classification through deep learning and tailored data augmentation", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 129, 2024. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103845.
- [12] Ujjawal Singh, Divya Acharya, and Saurabh Mishra, "Oil spill detection and monitoring with artificial intelligence: A futuristic approach", *Workshop on Control and Embedded Systems, Chennai, India, 22 - 24 April 2022*.
- [13] Zhen Sun, Qingshu Yang, Nanyang Yan, Siyu Chen, Jianhang Zhu, Jun Zhao, and Shaojie Sun, "Utilizing deep learning algorithms for automated oil spill detection in medium resolution optical imagery", *Marine Pollution Bulletin*, Volume 206, 2024. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2024.116777.
- [14] Rodrigo N. Vasconcelos, Carlos A.D. Lentini, André T. Cunha Lima, Luís F.F. Mendonça, Garcia V. Miranda, and Elaine C.B. Cambuí, "Oil spill detection based on texture analysis: How does feature importance matter in classification", *International Journal of Remote Sensing*, Volume 43, Issue 11, pp. 4045 - 4064, 2022. DOI:10.1080/1431161.2022.2106163.
- [15] Gabriel Pabico Lalu, "Oil spill nearing shoreline of Pola, Oriental Mindoro based on satellite photos - PhilSA", 17/3/2023. [Online]. Available: <https://newsinfo.inquirer.net/1744654/philisa-says-satellite-photos-show-oil-spill-nearing-shoreline>.
- [16] 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*, Volume 8, 2021. DOI: 10.1016/j.mex.2021.101327.

[17] Sankaran Rajendran, Ponnumony Vethamony, Fadhil N. Sadooni, Hamad Al Saad Al-Kuwari, Jassim A. Al-Khayat, Vashist O. Seegobin, Himanshu Govil, and Sobhi Nasir, “Detection of Wakashio oil spill off Mauritius using Sentinel-1 and 2 data: Capability of sensors, image transformation methods and mapping”, *Environmental Pollution*, Volume 274, 2021. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116618.

[18] Hanqiu Xu, “Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water

features in remotely sensed imagery”, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 27, Issue 14, pp. 3025 - 3033, 2006.

[19] Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, and Sabine Süsstrunk, “SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume 34, Issue 11, pp. 2274 - 2282, 2012. DOI: 10.1109/TPAMI.2012.120.

[20] Nobuyuki Otsu, “A threshold selection method from gray-level histograms”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Volume 9, Issue 1, pp. 62 - 66, 1979. DOI: 10.1109/TSMC.1979.4310076.

---

## INTEGRATION OF OPTICAL AND RADAR REMOTE SENSING IMAGES FOR CLASSIFYING AND MONITORING OIL SPILLS AT SEA

**Trinh Le Hung, Le Van Phu**

Military Technical Academy

Email: tringlehung@lqdtu.edu.vn

### Summary

Remote sensing data has been widely used in the world in the study of oil spill pollution at sea. This paper presents a study combining the use of Sentinel 2 MSI optical remote sensing and Sentinel 1 radar images to detect and classify oil spills. Sentinel 2 MSI data is used to calculate the OSI (oil spill index) based on visible bands, while Sentinel 1 data is used to calculate the backscatter value, from which oil spills are classified by the thresholding method. The integration of multi-type remote sensing data allows to enhance the density of the input dataset, helping to improve the effectiveness of monitoring marine oil spill pollution.

**Key words:** Optical remote sensing image, radar remote sensing image, oil spill, classification.