TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Sử dụng ảnh Sentinel-1A đa thời gian để phát hiện lũ quét, thử nghiệm tại tỉnh Lào Cai

Ngô Thị Phương Thảo[1]*, Ngô Hùng Long[1], Trần Anh Tuấn[2], Lê Minh Hằng[3]

[1] Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Mỏ - Địa chất;
ngothiphuongthao@humg.edu.vn; ngohunglong@humg.edu.vn
[2] Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật - Viện Hàn lâm khoa học và Công nghệ Việt Nam;
tuantran@iebr.vast.vn
[3] Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật quân sự;
leminhhang81@lqdtu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ngothiphuongthao@humg.edu.vn; Tel: +84–982198688

Ban Biên tập nhận bài: 13/3/2024; Ngày phản biện xong: 19/4/2024; Ngày đăng: 25/8/2024

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, Việt Nam thường xuyên xảy ra các đợt lũ quét gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Lũ quét thường xuất hiện đột ngột, kèm theo bùn đất, nước lũ lên nhanh gây khó khăn cho việc khảo sát, tiếp cận hiện trường và công tác khắc phục hậu quả. Hiện nay, tư liệu ảnh viễn thám siêu cao tần đã và đang được ứng dụng trong thực tiễn để giám sát, đánh giá các ảnh hưởng của các khu vực bị lũ lụt, lũ quét và đã đạt được hiệu quả cao so với các phương pháp truyền thống. Nghiên cứu này trình bày phương pháp phát hiện lũ quét từ ảnh Sentinel-1A. Theo đó, bốn ảnh được thu thập ở chế độ IW, xử lý mức 1 ở các thời điểm trước và sau khi xảy ra lũ quét. Khu vực nghiên cứu thử nghiệm là tỉnh Lào Cai, nơi thường xuyên xảy ra các hiện tượng lũ quét gây thiệt hại lớn. Phương pháp được đề xuất để chiết tách vùng lũ quét từ ảnh gồm các bước: (1) Thu thập tư liệu ảnh Sentinel-1A và các dữ liệu liên quan; (2) Thực hiện các bước tiền xử lý ảnh và cắt ảnh theo ranh giới vùng nghiên cứu; (3) Xử lý và phân tích ảnh để chiết tách các vùng lũ quét và đánh giá độ chính xác bằng dữ liệu điều tra thực địa. Kết quả nghiên cứu là dữ liệu đầu vào cho việc xây dựng các mô hình cảnh báo lũ quét cũng như cung cấp thông tin cho các cơ quan quản lý nhằm đưa ra các giải pháp ứng phó và giảm nhẹ thiên tai.

Từ khóa: Sentinel-1A đa thời gian; Ảnh SAR; Lũ quét.

1. Mở đầu

Lũ lụt đứng đầu trong danh sách những thảm họa thiên nhiên, bao gồm cả số lượng thương vong lẫn thiệt hại về tài sản [1, 2] đặc biệt là tại các khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng của bão và áp thấp nhiệt đới [3, 4]. Trong các loại hình lũ lụt, lũ quét là hiện tượng thiên tai điển hình và khác biệt so với lũ thường, do tính chất diễn biến nhanh với cường độ mạnh, thường xảy ra trong khoảng thời gian ngắn, chẳng hạn dưới 6 giờ [5].

Việt Nam hiện nằm trong số các nước bị ảnh hưởng nặng nề nhất về thiên tai do biến đổi khí hậu gồm bão, áp thấp nhiệt đới, lũ lụt, sạt lở đất và hạn hán [6]. Trong đó, lũ quét là thảm họa thiên nhiên khốc liệt gây ra mức độ tàn phá lớn nhất tại Việt Nam. Lũ quét có thể do nhiều nguyên nhân gây ra nhưng thường gặp nhất là do mưa lớn, do giông bão với cường độ cao. Bên cạnh đó các yếu tố như đặc điểm địa hình, thảm thực vật, loại đất, hàm lượng nước trong đất… cũng đều ảnh hưởng tới thời gian và mức độ tàn phá của lũ quét [5]. Lũ quét thường xảy ra tại các vùng núi, nơi có địa hình dốc với cường độ rất mạnh và rất nhanh, các dòng nước dâng cao, chảy xiết, kèm bùn đất gây ra các thiệt hại rất lớn về người và tài sản.

Theo báo cáo của Tổng cục Phòng chống thiên tai, năm 2018 thiên tai xảy ra liên tiếp trên các vùng miền trên cả nước và gây thiệt hại về kinh tế ước tính 20.000 tỷ đồng, làm 218 người chết và mất tích [7]. Ở Việt Nam, đặc biệt tại các tỉnh miền núi phía Bắc, lũ quét là một tai biến xảy ra thường xuyên và gây hậu quả nghiêm trọng.

Theo Liên hợp quốc [8], phần lớn thiệt hại do lũ lụt gây ra đều có thể được ngăn chặn hoặc giảm thiểu thông qua các biện pháp thích hợp vào các thời điểm trước, đang diễn ra và sau thảm họa như việc đầu tư vào các hoạt động chuẩn bị cơ sở hạ tầng, xây dựng các kịch bản dự báo lũ lụt. Hiện nay, công nghệ viễn thám đóng một vai trò quan trọng trong việc ứng phó với từng giai đoạn của lũ lụt, do khả năng cung cấp thông tin kịp thời để thành lập bản đồ quan trắc, giám sát các khu vực bị ngập lụt [9, 10]. Tuy nhiên, khi xảy ra lũ quét thường có thời tiết xấu, nhiều mây và mưa bão lớn nên ảnh thu được từ các vệ tinh quang học bị hạn chế do bị mây che phủ. Trong khi đó, tư liệu ảnh SAR lại khắc phục được nhược điểm này, hơn nữa có thể thu nhận ảnh cả ngày và đêm. Do đó, ảnh SAR hiện đang là tư liệu chính cho phép xác định các vùng xảy ra lũ quét và ngập lụt dựa trên sự khác biệt về đặc điểm tán xạ ngược của các đối tượng trên bề mặt Trái đất.

Nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới đã sử dụng tư liệu ảnh Sentinel-1A để xác định các vùng ngập lụt với nhiều phương pháp khác nhau [11, 12]. Nghiên cứu [11] đã đề xuất chỉ số xác định ngập lụt NDFI (*Normalized Difference Flood Index*) để xác định các vùng ngập nước tạm thời trên ảnh Sentinel-1 với độ chính xác tổng thể trên 98%. Nghiên cứu [12] đã đề xuất sử dụng hệ thống Siam-DWENet để xác định các vùng ngập lụt trên ảnh SAR. Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp Siam-DWENet cho độ chính xác là 89%, trong khi phương pháp phân ngưỡng Otsu cho độ chính xác là 80% [12]. Tuy nhiên, lũ quét khác biệt với các dạng lũ lụt khác, đặc biệt là các hiện tượng lũ quét tại các vùng núi của Việt Nam. Trong quá trình di chuyển, dòng nước lớn sẽ kéo theo bùn đất và các đối tượng thực vật trên đường đi, làm thay đổi địa hình khu vực nên đặc điểm của lũ quét trên ảnh SAR có sự khác biệt so với dạng ngập lụt thông thường. Khi địa hình khu vực thay đổi sẽ làm thay đổi giá trị tán xạ ngược trên ảnh trước và sau khi xảy ra lũ quét. Dựa trên đặc điểm này, các nghiên cứu đã đưa ra nhiều phương pháp khoanh vùng lũ quét khác nhau. Một số nghiên cứu đã đề xuất phương pháp xác định lũ quét từ các ảnh SAR đa thời gian [13–15]. Nghiên cứu [14] đã sử dụng ảnh Sentinel-1 phân cực VV đa thời gian để chiết tách lũ quét từ 01/2016 đến 01/2021.

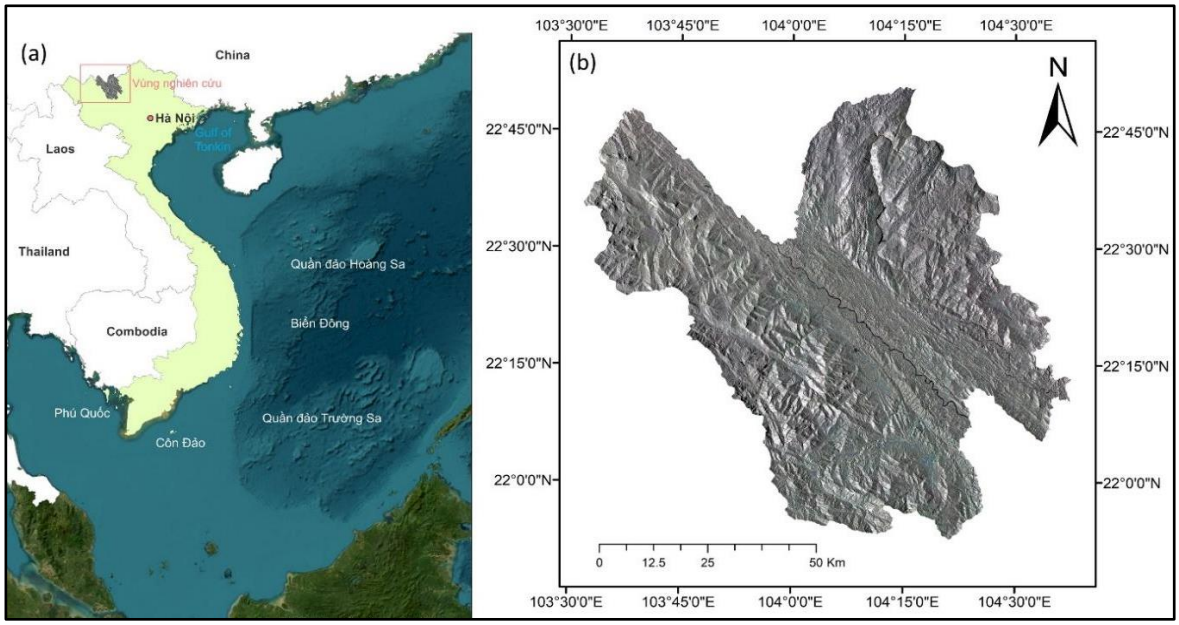
Phương pháp xác định các khu vực lũ quét sử dụng giá trị tương quan giữa ảnh trước và sau khi xảy ra lũ quét. Nghiên cứu [15] đã sử dụng bộ lọc phát hiện cạnh để khoanh vùng các vị trí lũ quét trên tư liệu ảnh Sentinel-1. Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu ứng dụng tư liệu ảnh SAR để đánh giá thiệt hại do ngập lụt đã được thực hiện, tuy nhiên các nghiên cứu xác định khu vực lũ quét bằng ảnh SAR đa thời gian vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu [16] đã sử dụng cặp ảnh Sentinel-1 phân cực VV để xác định diện tích vùng ngập lụt khu vực Miền trung năm 2020. Phương pháp thực hiện dựa trên sự khác biệt của các pixel tại các điểm cùng tên ở hai thời điểm trước và sau khi ngập, tính toán số học giữa các ảnh và xác định ngưỡng để chiết tách được các vùng ngập lụt. Nghiên cứu [17] đã thử nghiệm sử dụng tư liệu ảnh ALOS PALSAR phân cực HH và phương pháp phân ngưỡng để xác định vị trí các điểm lũ quét trên ảnh SAR khu vực tỉnh Yên Bái.

Nghiên cứu này trình bày kết quả nghiên cứu xác định vùng lũ quét trên ảnh Sentinel-1A đa thời gian với khu vực thử nghiệm thuộc tỉnh Lào Cai, nơi có ghi nhận xảy ra một số trận lũ quét lớn vào năm 2017.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lào Cai là một tỉnh thuộc miền núi phía Bắc có tọa độ địa lý từ 21º48’ đến 22º50’ độ vĩ Bắc và từ 102º32’ đến 104º38’ độ kinh Đông, phía Bắc giáp tỉnh Vân Nam - Trung Quốc, phía nam giáp tỉnh Yên Bái, phía Đông giáp tỉnh Hà Giang và phía Tây giáp tỉnh Lai Châu.



Hình 1. (a) Vị trí khu vực nghiên cứu; (b) Ảnh Sentinel-1A.

Điều kiện tự nhiên tỉnh Lào Cai có sự đa dạng, địa hình có mức độ chia cắt mạnh với hai dãy núi chính là dãy Hoàng Liên Sơn và dãy Con Voi (Hình 1). Ngoài ra, khu vực có rất nhiều núi nhỏ phân bố rải rác, chia cắt và tạo ra những tiểu vùng khí hậu khác nhau. Do vị trí nằm sâu trong lục địa và bị chi phối bởi các yếu tố địa hình phức tạp nên Lào Cai có diễn biến thời tiết khác biệt theo các khu vực trong tỉnh. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 10 và mùa khô của khu vực Lào Cai bắt đầu từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau. Lượng mưa trung bình từ 1.400 mm đến 1.700 m.

Với tổng diện tích tỉnh khoảng 6.383,88 km^2 gồm thành phố Lào Cai và 8 đơn vị hành chính cấp huyện là Sa Pa, Bát Xát, Bảo Yên, Bảo Thắng, Si Ma Cai, Văn Bàn, Mường Khương, Bắc Hà. Do đặc điểm về điều kiện tự nhiên và địa hình phức tạp, có độ dốc lớn, Lào Cai nằm trong vùng trọng điểm của lũ quét. Tại đây, đã xảy ra nhiều trận lũ quét trong quá khứ gây thiệt hại lớn. Điển hình như các trận lũ quét xảy ra năm 2012, 2016, 2017 và 2018 gây thiệt hại về người và tài sản lên đến hàng nghìn tỷ đồng [7].

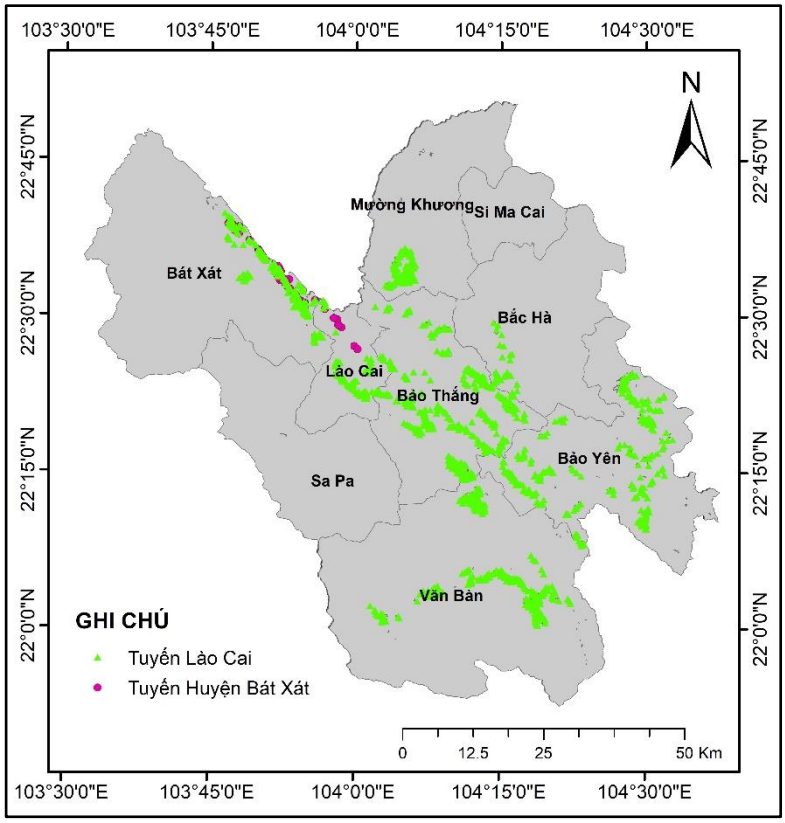
2.2. Dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, dữ liệu ảnh Sentinel-1A chụp tại thời điểm trước và sau khi xảy ra lũ quét đã được sử dụng. Vệ tinh Sentinel-1A mang bộ cảm kênh C, phân cực đôi VV và VH, không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, được phóng lên quỹ đạo vào ngày 3 tháng 4 năm 2014 bởi Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA) trong chương trình Copernicus. Dữ liệu phân cực VV đã được lựa chọn do có khả năng cung cấp kết quả tốt hơn phân cực VH trong nghiên cứu về lũ lụt [18]. Thông tin về dữ liệu ảnh được thể hiện trong Bảng 1. Dữ liệu ảnh Sentinel-1A được tải xuống từ trang WEB có địa chỉ: https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home.

Bảng 1. Dữ liệu ảnh Sentinel-1A sử dụng cho việc phát hiện lũ quét.

Ngày chụp	Chế độ chụp	Phân cực	Mức xử lý	Hướng bay	Ghi chú
23/07/2017	IW	VV	Level-1	Nam-Bắc	Trước lũ quét
30/07/2017	IW	VV	Level-1	Nam-Bắc	Trước lũ quét
04/08/2017	IW	VV	Level-1	Nam-Bắc	Sau lũ quét
10/10/2017	IW	VV	Level-1	Nam-Bắc	Sau lũ quét

Ngoài ra, các dữ liệu bổ trợ cũng được sử dụng như dữ liệu bản đồ nền, các báo cáo, dữ liệu lũ quét thu thập từ các nguồn khác nhau để phục vụ xử lý, phân tích ảnh và thành lập bản đồ kết quả. Nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành 01 đợt khảo sát thực địa từ ngày 9/8/2018 đến 29/8/2018 để thu thập các thông tin và vị trí các điểm đã xảy ra lũ quét theo các tuyến, điểm tại khu vực nghiên cứu (Hình 2). Các dữ liệu khảo sát thực địa là cơ sở để đánh giá độ chính xác kết quả nghiên cứu.

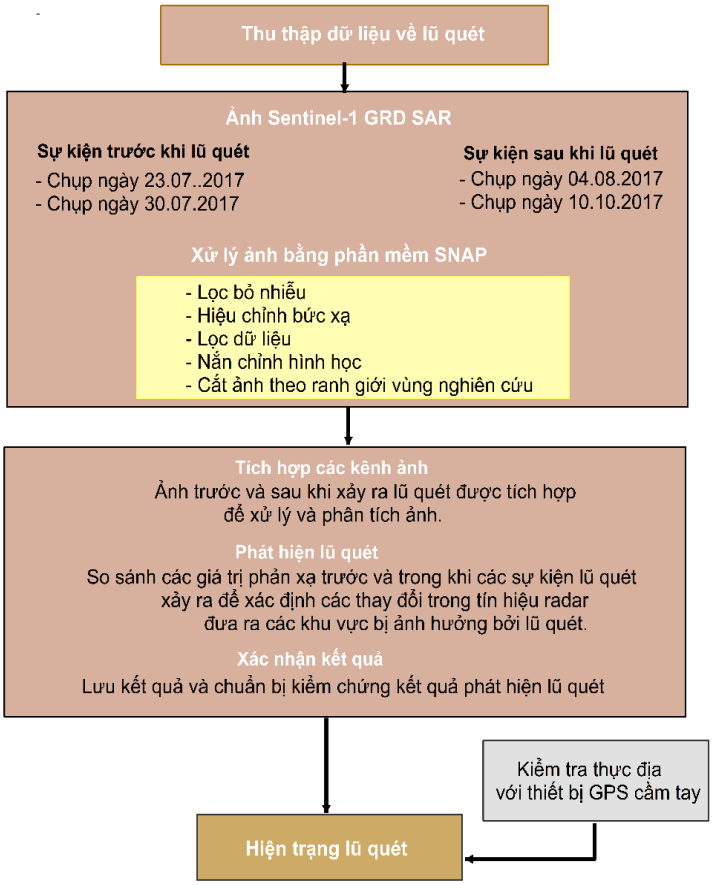


Hình 2. Sơ đồ các tuyến khảo sát thực địa.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình thực hiện gồm các nội dung chính như sau:

- Thu thập dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1A đa thời gian và các cơ sở dữ liệu về địa hình, dữ liệu về lũ quét và các thông tin liên quan đến khu vực nghiên cứu.
- Tiến hành tiền xử lý dữ liệu ảnh Sentinel-1A đa thời gian bằng phần mềm SNAP Toolbox.
- Sau khi ảnh đã được xử lý, tiến hành tích hợp các kênh ảnh trước và sau khi lũ quét để phân tích xử lý và phát hiện và chiết tách các vùng lũ quét.
- Kiểm chứng kết quả bằng dữ liệu khảo sát thực địa.
- Biên tập, xây dựng bản đồ hiện trạng lũ quét.



Hình 3. Quy trình phát hiện lũ quét sử dụng ảnh Sentinel-1 đa thời gian.

a) Bước tiền xử lý ảnh

Dữ liệu ảnh Sentinel-1A được thực hiện các bước tiền xử lý ảnh trên phần mềm SNAP Toolbox. Các bước tiền xử lý ảnh bao gồm lọc bỏ nhiễu nhiệt, hiệu chỉnh bức xạ, lọc dữ liệu, nắn chỉnh hình

học và cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu. Các phương pháp trong quá trình tiền xử lý ảnh Sentinel-1A được thực hiện gồm:

- Việc loại bỏ nhiễu nhiệt giúp giảm sự gián đoạn giữa các dải phụ cho mọi cảnh trong các chế độ thu nhận nhiều vùng [18].

- Hiệu chỉnh bức xạ để loại bỏ độ lệch bức xạ và đảm bảo giá trị pixel là trị tán xạ ngược của bề mặt phản xạ. Ảnh SAR thường được nhà cung cấp xử lý đến mức 1A nên sai số bức xạ thường vẫn còn tồn tại. Do vậy, hiệu chuẩn bức xạ làm tăng cường tính chính xác của dữ liệu SAR [19]. Tư liệu ảnh thử nghiệm sẽ được hiệu chuẩn và đưa về giá trị sigma nought, sử dụng các thông số được cung cấp trong phần mềm SNAP Toolbox [20].

- Lọc dữ liệu bằng phép lọc Lee [21, 22] và thuật toán đa tìm kiếm để loại bỏ những nhiễu đốm trên ảnh.

- Hiệu chỉnh hình học sử dụng SRTM DEM (*Shuttle Radar Topography Mission - Digital Elevation Model*) để hiệu chỉnh các biến dạng địa hình và chuyển về phép chiếu UTM48N-WGS84 của vùng nghiên cứu [18].

- Khu vực nghiên cứu được cắt bằng chức năng Subset trong phần mềm SNAP.

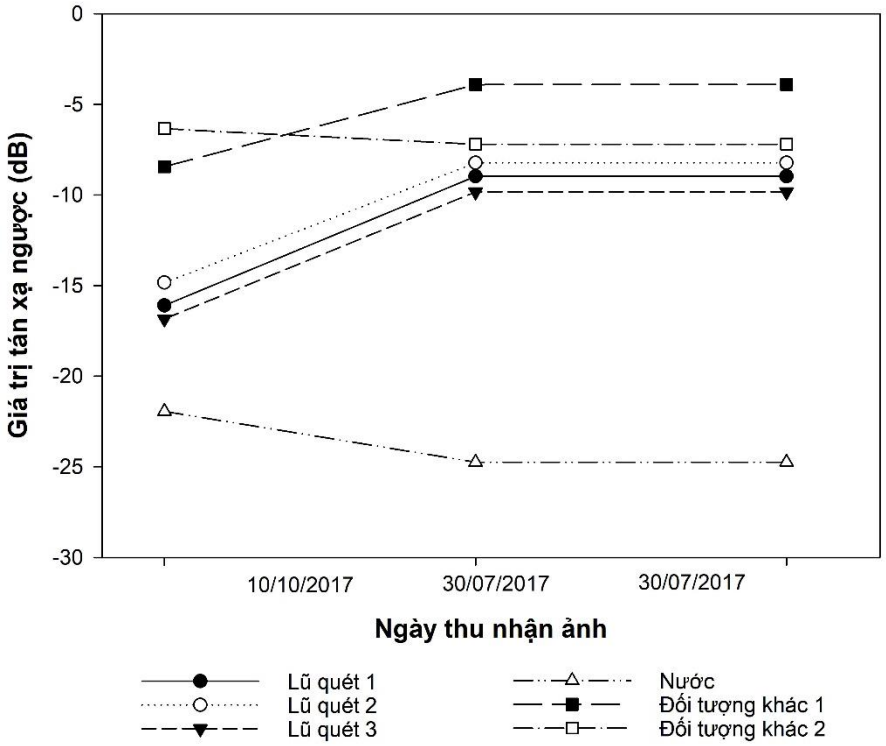
b) Xác định khu vực lũ quét trên tư liệu ảnh SAR

Sau khi thực hiện bước tiền xử lý ảnh, tiến hành tích hợp các kênh ảnh trước và sau khi xảy ra lũ để khoanh vùng xác định các vị trí lũ quét.

Sentinel-1A là tư liệu ảnh radar cửa mở tổng hợp (SAR). Nguyên lý hoạt động của hệ thống SAR được dựa trên lý thuyết kết hợp pha của tất cả các tín hiệu phản hồi trong khoảng thời gian khi vật mang radar di chuyển giữa hai xung tín hiệu được truyền đi. Đặc điểm giá trị tán xạ ngược trên ảnh SAR phụ thuộc vào tín hiệu truyền bao gồm chiều dài bước sóng, phân cực của tín hiệu, góc tới tín hiệu và đặc tính của đối tượng bao gồm độ nhám của bề mặt, hình dạng và hệ số điện môi.

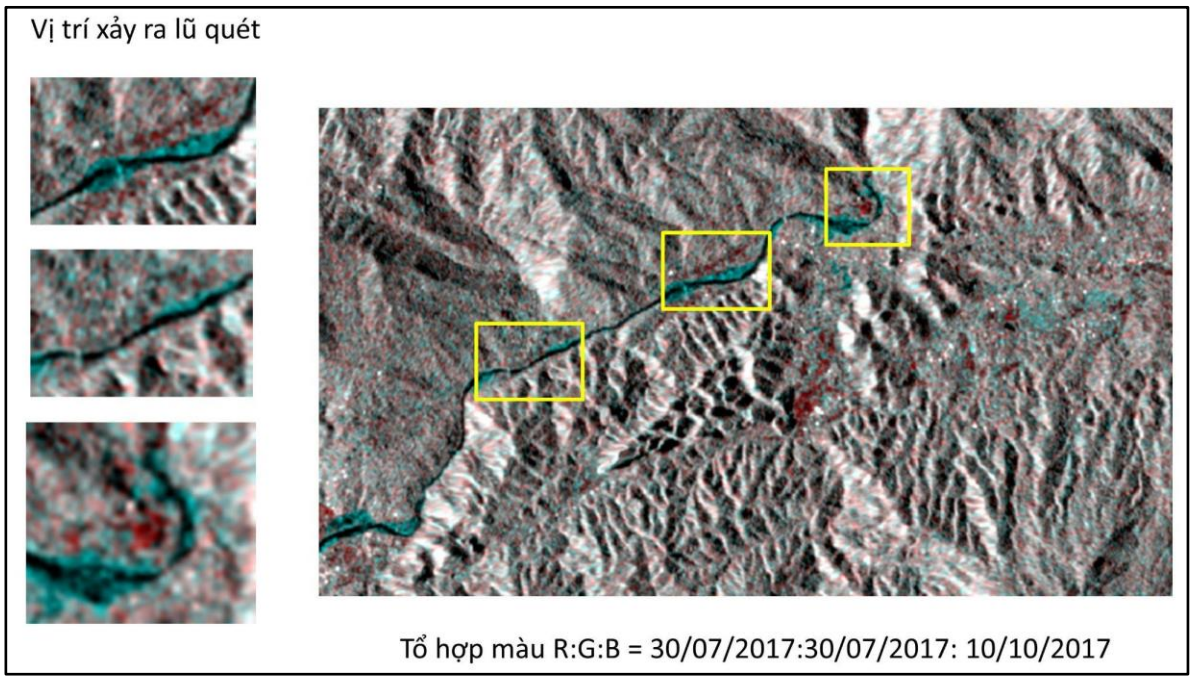
Độ nhám của bề mặt đối tượng là đặc điểm địa hình ảnh hưởng mạnh nhất đến cường độ sóng siêu cao tần nhận được tại bộ cảm. Theo định luật Snell đã chỉ ra rằng góc phản xạ sẽ bằng và đối xứng với góc tới qua mặt phẳng vuông góc. Kết quả là bề mặt phẳng sẽ có màu đen trên ảnh. Khi bề mặt có độ thô nhám tăng lên, các tia phản xạ tại các vị trí khác nhau sẽ theo các hướng khác nhau và năng lượng tán xạ trở lại anten của vệ tinh cũng sẽ tăng lên. Càng nhiều năng lượng tán xạ, thì hình ảnh trên ảnh SAR càng sáng. Do đó, hình ảnh các khu vực nước hoặc có bề mặt phẳng trên ảnh SAR sẽ có màu đen và tương phản với các đối tượng khác.

Các khu vực ngập lụt trên ảnh SAR được xác định dựa vào sự khác biệt về giá trị tán xạ ngược giữa bề mặt phẳng và bề mặt nhám. Tuy nhiên, đặc điểm lũ quét

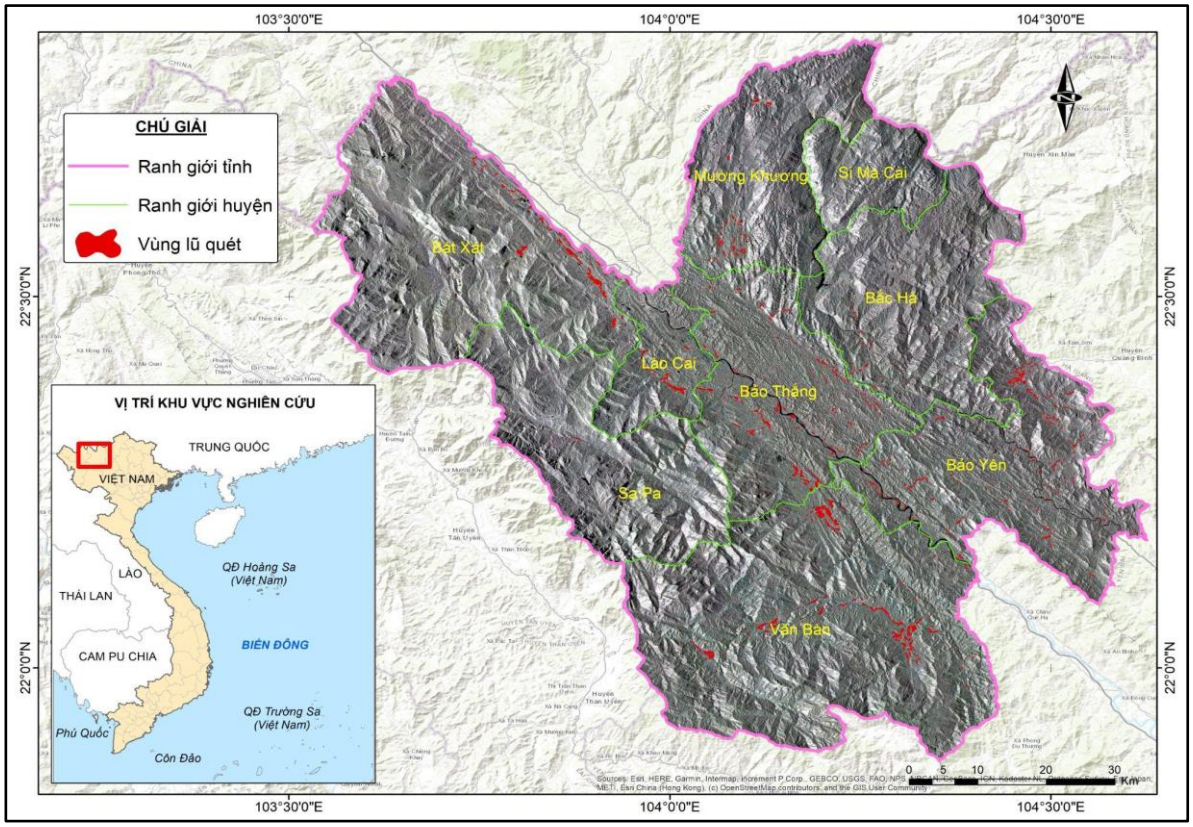


Hình 4. Giá trị tán xạ ngược tại các vị trí khác nhau trên ảnh Sentinel-1A đa thời gian.

thường xảy ra đột ngột, xuất hiện trong thời gian ngắn, phạm vi hẹp và làm thay đổi địa hình khu vực. Phân tích ảnh tổ hợp màu trước và sau khi xảy ra lũ quét thì tại những khu vực có bề mặt thay đổi thì sẽ làm thay đổi giá trị tán xạ ngược. Hình 4 biểu diễn giá trị tán xạ ngược tại các điểm tại khu vực vùng lũ quét, vùng nước và những vùng đối tượng lớp phủ bề mặt khác. Dựa trên đồ thị Hình 4 cho thấy giá trị tán xạ ngược tại thời điểm 10/10/2017 của khu vực vùng lũ quét rất thấp khoảng -16 dB và -18 dB, gần với giá trị tán xạ ngược của nước. Do vậy, trên ảnh tổ hợp, các khu vực lũ quét xuất hiện các màu sắc khác biệt so với những khu vực xung quanh (Hình 5).



Hình 5. Phát hiện lũ quét trên ảnh tổ hợp màu Sentinel-1A đa thời gian (phân cực VV).



Hình 6. Bản đồ hiện trạng lũ quét tỉnh Lào Cai năm 2017.

3. Kết quả

Các ảnh Sentinel-1A được xử lý, tính toán số học giữa các ảnh và phân ngưỡng để chiết tách các vùng lũ quét theo các bước như đã trình bày ở trên. Kết quả cuối cùng được kiểm chứng bằng dữ liệu điểm lũ quét thu thập từ khảo sát thực địa, kết quả độ chính xác của phương pháp đạt 85%. Ảnh sau phân loại được chuyển từ định dạng raster sang dạng vector, sau đó lớp dữ liệu các vùng lũ quét được biên tập, chồng với các lớp dữ liệu nền để thành lập bản đồ hiện trạng lũ quét năm 2017 tỉnh Lào Cai như được thể hiện trên Hình 6.

Hình 7. Một số hình ảnh thu thập được vùng lũ quét tại thực địa.

Theo kết quả xử lý thu được từ ảnh Sentinel-1A và dữ liệu khảo sát thực địa thì khu vực xảy ra lũ quét thường là các khu vực có địa hình dốc, xảy ra mưa vừa, mưa to trên diện rộng khiến nước tại các suối dâng cao đột ngột, lũ từ thượng nguồn chảy về cuốn theo bùn đất, thân cây… gây ngập lụt, làm hư hỏng nhà cửa, hoa màu, gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Các vị trí lũ quét được phát hiện trên ảnh SAR là những khu vực có những biến đổi về bề mặt địa hình trước và sau lũ. Đồng thời, các vị trí các vụ lũ quét chủ yếu tập trung tại các khu vực ven các sông, suối. Tuy nhiên, do phương pháp xác định lũ quét trên ảnh SAR đa thời gian chủ yếu dựa vào sự thay đổi đặc điểm tán xạ ngược trên ảnh nên có tồn tại một số vị trí nhiễu, gây nhầm lẫn. Các vị trí nhầm lẫn chủ yếu là những khu vực có những biến đổi về địa hình nhưng không do ảnh hưởng của lũ quét như sự thay đổi bề mặt do con người. Ngoài ra, do phản xạ tại các sườn núi trên ảnh SAR sẽ ảnh hưởng đến kết quả giải đoán và khoanh vùng các vị trí lũ quét thuộc những khu vực này.

4. Kết luận

Các tác giả đã xây dựng được hiện trạng vị trí các điểm lũ quét khu vực Lào Cai từ dữ liệu ảnh SAR Sentinel-1A đa thời gian. Đặc điểm của lũ quét xảy ra nhanh và thường làm thay đổi bề mặt địa hình tại nơi mà lũ đi qua. Do đó, các tác giả đã sử dụng phương pháp phân tích sự khác biệt về giá trị tán xạ ngược trên ảnh SAR trước và sau lũ để khoanh vùng các vị trí lũ quét. Độ chính xác của phương pháp đề xuất trong bài báo được đánh giá dựa trên các dữ liệu khảo sát thực địa và đạt 85%. Tuy nhiên, phương pháp còn có những hạn chế do tồn tại những sự thay đổi bề mặt địa hình do con người gây ra cũng làm thay đổi giá trị tán xạ ngược trên ảnh. Đồng thời, các sai số trên ảnh SAR do đặc điểm thu nhận ảnh cũng gây khó khăn trong quá trình khoanh vùng khu vực lũ quét.

Hiện trạng vùng lũ quét là yếu tố đầu vào quan trọng trong các mô hình dự báo lũ quét. Đồng thời, kết quả nghiên cứu của bài báo cũng đánh giá được khả năng sử dụng tư liệu ảnh SAR đa thời gian trong nghiên cứu khoanh vùng lũ quét, cung cấp cập nhật, kịp thời các thông tin vị trí ảnh hưởng của lũ quét phục vụ cho các công tác tìm kiếm cứu nạn, đưa ra các cảnh báo trong tương lai, giảm thiểu các thiệt hại về người và tài sản. Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục hoàn thiện phương pháp xác định lũ quét trên ảnh SAR đa thời gian để nâng cao độ chính xác và hiệu quả sử dụng trong thực tiễn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng: N.T.P.T, T.A.T., L.M.H; Xử lý số liệu: N.T.P.T, N.H.L; Viết bản thảo bài báo: N.T.P.T, L.M.H; Chỉnh sửa bài báo: N.T.P.T, L.M.H.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành dựa trên kết quả của luận án: "Nghiên cứu phát triển mô hình trí tuệ nhân tạo trong phân vùng nguy cơ lũ quét ở Việt Nam" và tài trợ bởi đề tài cấp Bộ mã số B2018-MDA-18DT (Bộ Giáo dục và Đào tạo Việt Nam).

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Siahkamari, S.; Haghizadeh, A.; Zeinivand, H.; Tahmasebipour, N., Rahmati, O. Spatial prediction of flood-susceptible areas using frequency ratio and maximum entropy models. *Geocarto Int.* **2018**, *33(9)*, 927–941.
2. Ward, P.J.; Jongman, B.; Aerts, J.C.; Bates, P.D.; Botzen, W.J.; Diaz Loaiza, A.; Winsemius, H.C. A global framework for future costs and benefits of river-flood protection in urban areas. *Nat. Clim. Change* **2017**, *7(9)*, 642–646.
3. Bubeck, P.; Thieken, A.H. What helps people recover from floods? Insights from a survey among flood-affected residents in Germany. *Reg. Environ. Change* **2018**, *18*, 287–296.
4. Peduzzi, P. Prioritizing protection ?. *Nat. Clim. Change* **2017**, *7(9)*, 625–626.
5. NWS. What is flash flooding. National Weather Service, 2018. Available online: https://www.weather.gov/phi/FlashFloodingDefinition.
6. Trực tuyến: http://cred.org.vn/news-publications/.
7. Tổng cục phòng chống thiên tai. Hội nghị tổng kết công tác chỉ đạo điều hành 2018 và phương hướng nhiệm vụ 2019.
8. Pilon, P.J. Guidelines for reducing flood losses. United Nations: Rome, Italy, 2004.
9. Amitrano, D.; Di Martino, G.; Iodice, A.; Riccio, D.; Ruello, G. Unsupervised rapid flood mapping using Sentinel-1 GRD SAR Images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*. **2018**, *56*, 3290–3299.
10. Giustarini, L.; Hostache, R.; Kavetski, D.; Chini, M.; Corato, G.; Schlaffer, S.; Matgen, P. Probabilistic flood mapping using synthetic aperture radar data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **2016**, 54, 6958–6969.
11. Xue, F.; Gao, W.; Yin, C.; Chen, X.; Xia, Z.; Lv, Y.; Zhou, Y.; Wang, M. Flood monitoring by integrating normalized difference flood index and probability distribution of water bodies. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2022**, *15*, 4170–4179.
12. Zhao, B.; Sui, H.; Liu, J. Siam-DWENet: Flood inundation detection for SAR imagery using a cross-task transfer siamese network. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2023**, *116*, 103132.
13. Schepanski, K.; Wright, T.J.; Knippertz, P. Evidence for flash floods over deserts from loss of coherence in InSAR imagery. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2012**, 117(D20), D20101.
14. Deijns, A.A.; Dewitte, O.; Thiery, W.; d'Oreye, N.; Malet, J.P.; Kervyn, F. Timing landslide and flash flood events from SAR satellite: A regionally applicable

methodology illustrated in African cloud-covered tropical environments. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2022**, *22(11)*, 3679–3700.
15. Elkhrachy, I. Flash flood water depth estimation using SAR images, digital elevation models, and machine learning algorithms. *Remote Sens.* **2022**, *14(3)*, 440.
16. Anh, T.V.; Hạnh, T.H.; Nghị, L.T. Xác định diện tích ngập lụt miền trung năm 2020 và đánh giá ảnh hưởng đến lớp phủ/sử dụng đất dựa trên nền tảng Google Earth Engine. Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học trái đất và môi trường, Trường đại học Mỏ - Địa chất, 2021.
17. Nghĩa, N.V. Nghiên cứu phát hiện lũ quét từ tư liệu ảnh viễn thám Radar Palsar tại khu vực Yên Bái, Sơn La. Phát triển bền vững vùng, Viện nghiên cứu phát triển bền vững Vùng, Viện Hàn lâm khoa học xã hội Việt Nam, 2020.
18. Elfadaly, A.; Abate, N.; Masini, N.; Lasaponara, R. SAR Sentinel-1 imaging and detection of palaeo-landscape features in the mediterranean area. *Remote Sens.* **2020**, *12(16)*, 2611.
19. Rosich, B. Absolute calibration of ASAR level 1 products generated with PF-ASAR. 2004. Available online: http://ftp.esrin.esa.it/pub/ESA-DOC/ENVISAT/ASAR/ASAR-products-absolute-calibration-v1.4.pdf.
20. Filipponi, F. Sentinel-1 GRD preprocessing workflow. *Proceedings* **2019**, *18(1)*, 11.
21. Lee, J.S. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **1980**, *2*, 165–168.
22. Lee, J.S.; Jurkevich, L.; Dewaele, P.; Wambacq, P.; Oosterlinck, A. Speckle filtering of synthetic aperture radar images: A review. *Remote Sens.* **1994**, *8(4)*, 313–340.

Using multi-temporal Sentinel-1A images to detect flash floods, a case study in Lao Cai province.

Ngo Thi Phuong Thao[1]*, Ngo Hung Long [1], Tran Anh Tuan[2], Le Minh Hang[3]

[1] Faculty of Information Technology, Hanoi University of Mining and Geology; ngothiphuongthao@humg.edu.vn; ngohunglong@humg.edu.vn
[2] Institute of Ecology and Biological resources, Vietnam Academy of Science and Technology; tuantran@iebr.vast.vn
[3] Institute of Techniques for Special Engineering, Military Technical Academy; leminhhang81@lqdtu.edu.vn

Abstract: In recent years, Vietnam has frequently experienced severe flash floods that cause significant damage to both people and property. These flash floods often occur suddenly, accompanied by mud and rapidly rising floodwaters, making it challenging to conduct field surveys and access disaster sites and carry out recovery efforts. Currently, microwave satellite image is being applied in practice to monitor and assess the impacts of flood and flash flood areas, yielding better results compared to traditional methods. This study presents a method for detecting flash flood areas using Sentinel-1A imagery. Accordingly, 4 images were collected in IW mode, level 1 at the times before and after the flash flood. The experimental study area is Lao Cai province, where flash floods often occur causing heavy damage. The proposed method for extracting flash flood areas from Sentinel-1A images involves the following steps: (1) Data collection: Gather Sentinel-1A imagery and relevant data; (2) Image preprocessing: Apply preprocessing steps to the Synthetic Aperture Radar (SAR) images and crop them based on the study area boundaries; (3) Image analysis and image classification: compare and analyze the images to extract flash flood regions. The accuracy of the results was verified against ground-truth data. The research findings serve as valuable input for developing flash flood warning models and providing information to relevant authorities for effective disaster response and mitigation.

Keywords: Multi-temporal Sentinel-1A; SAR images; Flash flood.