

Nâng cao chất lượng tín hiệu tán xạ ngược từ vệ tinh Sentinel 1 phát hiện sạt lở đất do mưa tại tỉnh Hòa Bình

Doãn Hà Phong^{1*}, Trần Đăng Hùng¹, Doãn Trần Anh¹, Nguyễn Văn Hà¹, Giang Hoàng Hiệp¹

¹ Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; doanphong@gmail.com; danghung221991@gmail.com; dtanh2612@gmail.com; ha.dodac@imh.ac.vn; gianghiepl11@gmail.com

*Tác giả liên hệ: doanhaphong@gmail.com; Tel.: +84-913212325

Ban Biên tập nhận bài: 2/1/2022; Ngày phản biện xong: 23/2/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

Tóm tắt: Các nhiễu (Noise) trong ảnh SAR được hình thành do quá trình tán xạ ngược khác nhau từ các vật thể trên bề mặt trái đất. Điều này dẫn đến hình ảnh hay có nhiễu hạt, làm giảm khả năng xác định đối tượng từ hình ảnh radar. Do đó, lọc nhiễu đã được tiến hành để giảm nhiễu hay nâng cao chất lượng tín hiệu tán xạ ngược từ hình ảnh SAR. Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá hiệu suất của các loại bộ lọc đốm khác nhau, đặc biệt khi được sử dụng để phát hiện sạt lở đất do mưa tại tỉnh Hòa Bình. Có 5 bộ lọc được sử dụng trong nghiên cứu này, tức là Frost, Gamma-MAP, Median, Mean và Refined Lee. Kết quả đã chứng minh bộ lọc Lee là bộ lọc tốt nhất để giữ lại và/hoặc tăng cường tín hiệu tán xạ ngược trong dữ liệu Sentinel-1 được sử dụng trong mô hình đánh giá sạt lở đất.

Từ khóa: Lọc nhiễu; Sentinel 1; Hòa Bình; Sạt lở do mưa.

1. Đặt vấn đề

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) là hình ảnh radar dựa trên sóng điện từ chủ động tự sản sinh năng lượng mà không cần phụ thuộc vào sự chiếu sáng của mặt trời [1]. Do đó, SAR có khả năng thu nhận ngày và đêm. Ngoài ra, SAR có thể hoạt động trong mọi điều kiện thời tiết như mưa và mây vì nó sử dụng dải bước sóng từ 1 đến 100 mm [2]. Những ưu điểm đó làm cho ảnh SAR trở thành nguồn dữ liệu có giá trị và quan trọng trong các ứng dụng khác nhau [3]. Một ứng dụng của SAR được sử dụng rộng rãi là giám sát sạt lở đất. Bằng cách sử dụng giao thoa giữa 2 ảnh SAR riêng biệt cùng quỹ đạo trước và sau thời điểm xảy ra sạt lở, hình ảnh giao thoa tạo ra giữa 2 ảnh sẽ cho chúng ta phát hiện ra được các khu vực có xảy ra sạt lở một cách chính xác.

Việc phóng vệ tinh Sentinel 1 sử dụng băng tần C (bước sóng 3,8–7,5 cm) của Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA) vào năm 2014 và 2016 đã cho phép sử dụng dữ liệu SAR trong phân tích môi trường, cảnh báo thiên tai [4]. Sentinel 1 được ghi lại trên một hệ thống phân cực hoạt động với một phân cực duy nhất của VV và đa phân cực của VH. Sự phân cực là hướng của điện trường của sóng điện từ và cũng là yếu tố chính trong tương tác giữa tín hiệu và vật phản xạ [5]. Ưu điểm của việc sử dụng hình ảnh Sentinel-1 là dễ dàng truy cập và sử dụng miễn phí. Hơn nữa, dữ liệu Sentinel 1 có độ phân giải không gian và thời gian cao hơn nhiều so với dữ liệu SAR khác như ERS-1, ERS-2, JERS, SIR-C/ X-SAR, RADARSAT, SRTM, EnviSAT-ASAR, RADARSAR-II, LIGHTSAR, ALOS-PALSAR, TerraSAR-X [6].

Chất lượng của ảnh SAR bao gồm dữ liệu Sentinel-1 bị giảm với sự hiện diện của các đốm nhiễu ngẫu nhiên ở dạng điểm và hạt trong ảnh SAR. Các đốm sáng được tạo ra từ sự chồng chất nhất quán của tín hiệu tán xạ ngược radar phản xạ từ bề mặt trái đất [7]. Vết đốm

làm giảm khả năng phát hiện mục tiêu của SAR và che khuất khả năng nhận dạng các mẫu không gian [8]. Bên cạnh đó, đốm sáng làm giảm chất lượng đo bức xạ của ảnh SAR, do đó làm giảm chất lượng hình ảnh và độ chính xác của việc giải thích và phân loại ảnh [9]. Do đó, sự hiện diện của các đốm trong ảnh SAR phải được giảm bớt trước khi phân tích thêm. Đã có rất nhiều nghiên cứu về việc ngăn chặn và giảm thiểu đốm sáng.

Một loạt phương pháp lọc đốm được đề xuất để giảm ảnh hưởng nhiễu trong ảnh SAR là phương pháp lọc không gian dựa trên mô hình thống kê của đốm và cảnh [10] chẳng hạn như Frost Filter [11], Gamma MAP hoặc Maximum A Posteriori [12], Bộ lọc trung vị [13], Bộ lọc Lee [14–15] và Bộ lọc Lee tinh [16–17]. Bộ lọc Frost giả định rằng giá trị pixel quan tâm thu được từ việc thay thế giá trị bằng tổng trọng số của các giá trị pixel lân cận bằng cách sử dụng một hạt nhân chuyển động. Bộ lọc Gamma-MAP kết hợp các thuộc tính hình học và thống kê để tạo ra các giá trị DN của pixel và DN trung bình của pixel lân cận bằng cách sử dụng các cửa sổ di chuyển. Bộ lọc Trung vị có thể loại bỏ phần tăng đột biến và bảo toàn các cạnh giữa hai đối tượng địa lý khác nhau. Bộ lọc Lee tinh chỉnh là một cải tiến của bộ lọc Lee và có thể bảo tồn các cạnh nổi bật, đặc điểm tuyến tính, mục tiêu điểm và thông tin kết cấu [18]. Do các xử lý khác nhau được thực hiện giữa các phương pháp lọc, nên nghiên cứu khả năng của các phương pháp lọc khác nhau trong việc bảo toàn thông tin cấu trúc chứa trong tín hiệu tán xạ ngược.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiệu suất của các bộ lọc đốm khác nhau, đặc biệt khi được sử dụng để đánh giá cho kết quả phát hiện sạt lở đất cho tỉnh Hòa Bình.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

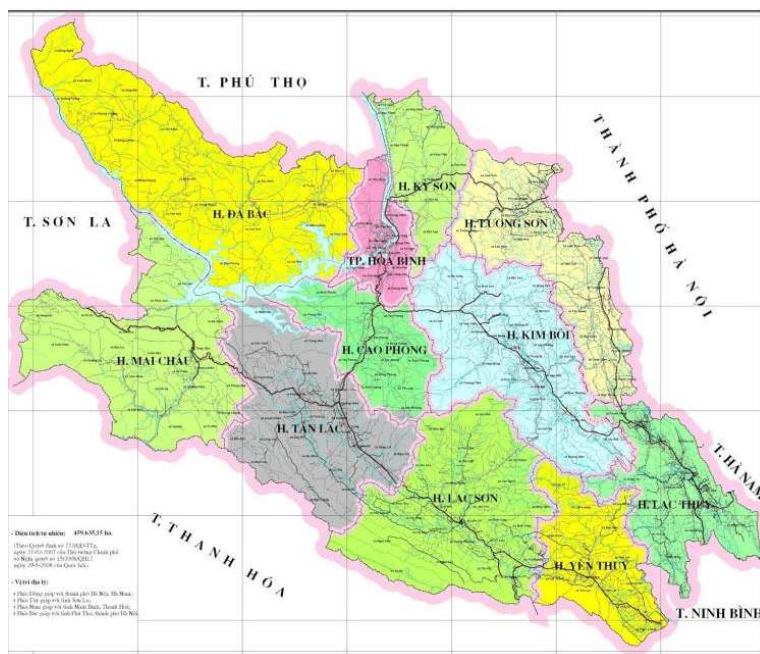
2.1. Đối tượng và dữ liệu nghiên cứu

Hòa Bình là một tỉnh miền núi thuộc vùng Tây Bắc, Việt Nam. Tỉnh Hòa Bình có diện tích lớn thứ 29 trong 63 tỉnh thành của Việt Nam và là đơn vị hành chính Việt Nam đông thứ 49 về số dân (năm 2018). Năm 2018, xếp thứ 47 về Tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP), xếp thứ 30 về GRDP bình quân đầu người, đứng thứ 20 về tốc độ tăng trưởng GRDP. Với 846,1 nghìn dân, GRDP đạt 40.867 tỉ Đồng (tương ứng với 1,7749 tỉ USD), GRDP bình quân đầu người đạt 48,3 triệu đồng (tương ứng với 2.098 USD), tốc độ tăng trưởng GRDP đạt 8,36%. Hòa Bình có vị trí ở phía nam Bắc Bộ, giới hạn ở tọa độ 20°19'–21°08' vĩ độ Bắc, 104°48'–105°40' kinh độ Đông, tỉnh lỵ là thành phố Hòa Bình nằm cách trung tâm thủ đô Hà Nội 73 km. Trong quy hoạch xây dựng, tỉnh này thuộc vùng Hà Nội.

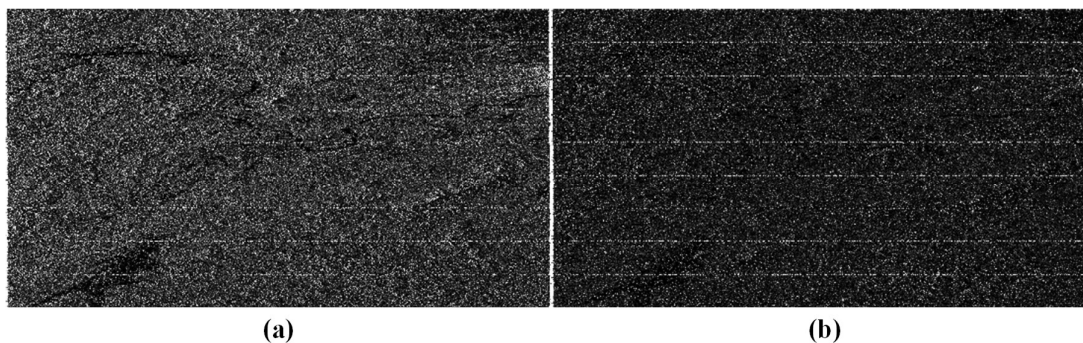
Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là dữ liệu ảnh Sentinel 1. Để phân loại cho khu vực nghiên cứu cần thiết sử dụng 1 cặp ảnh trước và sau khi xảy ra sự cố sạt lở. Thời điểm được lựa chọn để nghiên cứu ở đây là vào đêm ngày 12/10/2017 tại Tân Lạc Hòa Bình có 1 vụ sạt lở đất lớn gây thiệt hại nhiều về người và của. Nghiên cứu được thực hiện phép lọc cho 2 ảnh vào ngày 10/10/2017 trước thời điểm xảy ra và 1 ảnh 22/10/2017 sau thời điểm vụ sạt lở đất xảy ra. Thông tin chi tiết về cảnh ảnh sử dụng trong nghiên cứu được liệt kê chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Thông tin cảnh ảnh Sentinel 1 sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Tên ảnh	Ngày thu nhận	Quĩ đạo	Chế độ nhận tín hiệu	Loại ảnh	Phân cực
1	S1A_IW_SLC__1SDV_20171010T110602_20171010T110629_018750_01FA53_B450	10/10/2017	121	IW	SLC	VV+VH
2	S1A_IW_SLC__1SDV_20171022T110602_20171022T110629_018925_01FFB6_C561	22/10/2017	121	IW	SLC	VV+VH



Hình 1. Khu vực nghiên cứu tỉnh Hòa Bình Việt Nam.

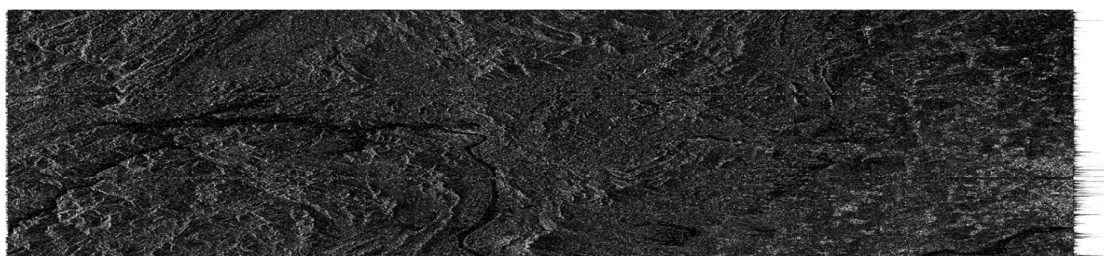


Hình 2. Dữ liệu sử dụng nghiên cứu.

- a) S1A_IW_SLC__1SDV_20171010T110602_20171010T110629_018750_01FA53_B450;
b) S1A_IW_SLC__1SDV_20171022T110602_20171022T110629_018925_01FFB6_C561

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trước tiên để có thể tiến hành lọc ảnh bước xử lý đầu tiên đối với các ảnh vệ tinh Sentinel 1 là áp dụng tệp quỹ đạo trong các sản phẩm Sentinel-1 để cung cấp thông tin vận tốc và vị trí vệ tinh chính xác. Chúng được phần mềm SNAP tự động tải xuống cho các sản phẩm Sentinel-1 và được thêm vào tệp siêu dữ liệu. Kết quả gắn quỹ đạo cho ảnh được thể hiện ở hình 3, hình 4.



Hình 3. Kết quả gắn quỹ đạo vệ tinh cho ảnh ngày Sentinel 1 ngày 10-10-2017.



Hình 4. Kết quả gắn quỹ đạo vệ tinh cho ảnh ngày Sentinel 1 ngày 22-10-2017.

Sau khi tiến hành gắn quỹ đạo các bước lọc ảnh sẽ được áp dụng cho từng trường hợp, để từ đó lựa chọn được phép lọc tốt nhất cho khu vực nghiên cứu.

2.2.1. Các phương pháp lọc ảnh

Để loại bỏ nhiễu lốm đốm khỏi ảnh cho đến nay, nhiều bộ lọc đã được sử dụng. Một số bộ lọc tốt trong việc giải thích hình ảnh trong khi một số bộ lọc tốt trong khả năng làm mịn và giảm tiếng ồn. Một số ví dụ về các bộ lọc như vậy là bộ lọc Mean, Median, Lee, Kuan, Frost, Enhanced Frost, Wiener và Gamma MAP [19].

a) Bộ lọc vô hướng

Bộ lọc vô hướng [20] dựa trên tỷ lệ thống kê cục bộ, giúp cải thiện độ mịn ở các vùng đồng nhất của hình ảnh nơi đốm sáng được phát triển đầy đủ và giảm đáng kể ở các vùng khác của hình ảnh để giữ lại các chi tiết hữu ích của hình ảnh. Các loại cơ bản của bộ lọc vô hướng là bộ lọc Trung bình và bộ lọc Trung vị.

- Bộ lọc trung bình (*Mean Filter*)

Đây là bộ lọc đơn giản và trực quan do Pomalaza-Raez phát minh vào năm 1984 [21]. Nó không loại bỏ toàn bộ tiếng ồn lốm đốm nhưng giảm ở một số mức độ mở rộng. Nó hoạt động trên cơ sở trung bình là pixel trung tâm được thay thế bằng giá trị trung bình của tất cả các pixel. Do đó, bộ lọc này mang lại hiệu ứng làm mờ cho hình ảnh, vì vậy, phương pháp loại bỏ nhiễu lốm đốm là phương pháp kém khả quan nhất vì nó làm mất chi tiết của ảnh.

- Bộ lọc trung vị (*Median Filter*)

Đây là bộ lọc phi tuyến tính do Pitas phát minh năm 1990 [22]. Nó cho kết quả tốt hơn bộ lọc trung bình. Ở đây pixel trung tâm được thay thế bằng giá trị trung bình của tất cả các pixel và do đó ít tạo ra hiện tượng nhòe hơn. Do tính chất này, nó được sử dụng để giảm tiếng ồn lốm đốm xung động. Lợi thế là nó bảo tồn các cạnh. Bất lợi là cần thêm thời gian để tính toán giá trị trung bình để sắp xếp N pixel, độ phức tạp tạm thời là $O(N \log N)$.

b) Bộ lọc thích ứng

- Bộ lọc Frost

Được phát minh bởi Frost vào năm 1982 [23], là bộ lọc tích chập, tuyến tính được sử dụng để loại bỏ nhiễu từ hình ảnh. So với bộ lọc trung bình và trung vị, nó có bản chất thích ứng và nó cũng là bộ lọc trung bình có trọng số theo cấp số nhân. Bộ lọc Frost hoạt động trên cơ sở hệ số biến thiên là tỷ lệ giữa độ lệch chuẩn cục bộ so với giá trị trung bình cục bộ của hình ảnh bị hỏng. Trong kích thước hạt nhân là $n \times n$ thì giá trị pixel trung tâm được thay thế bằng tổng trọng số các giá trị của vùng lân cận trong hạt nhân. Hệ số trọng số giảm khi chúng ta rời khỏi pixel quan tâm và tăng theo phương sai. Nó giả định nhiều nhân. Bộ lọc sương giá tuân theo công thức được đưa ra bởi eqn.

- Bộ lọc Lee

Nó được phát triển bởi Jong Sen Lee vào năm 1981 [24]. Nó tốt hơn các bộ lọc trên trong việc bảo toàn cạnh. Nó dựa trên mô hình đốm nhân và sử dụng số liệu thống kê để bảo tồn chi tiết của ảnh. Bộ lọc Lee hoạt động trên cơ sở phương sai, tức là nếu phương sai của khu vực thấp thì nó thực hiện hoạt động làm mịn nhưng không cho phương sai cao. Điều đó có

nghĩa là nó có thể bảo tồn các chi tiết ở độ tương phản thấp cũng như cao, do đó nó có tính chất thích ứng.

Nhược điểm của Lee Filter là nó không thể loại bỏ hiệu quả các đốm nhiễu gần các cạnh.

- Bộ lọc Gamma

Được đề xuất bởi Lopes vào năm 1993 [25], sử dụng biến đổi hệ số và biến đổi độ tương phản. Nó tốt hơn bộ lọc Frost và Lee và cũng giảm thiểu việc mất thông tin kết cấu. Hoạt động của bộ lọc Gamma tương tự như bộ lọc Frost filter nâng cao ngoại trừ việc nếu hệ số biến thiên cục bộ nằm giữa hai ngưỡng thì giá trị pixel dựa trên ước tính Gamma của tỷ lệ tương phản.

2.2.2. Ứng dụng radar giao thoa để ước tính sụt lở đất

Việc sử dụng kỹ thuật giao thoa Radar (InSAR) để đo bề mặt trái đất, bao gồm các bề mặt địa hình và biến dạng địa hình, đã được chứng minh thành công trong hai thập kỷ qua. Phương pháp giao thoa truyền thống cho phép tạo ra các hình ảnh giao thoa của các pha dịch chuyển giữa hai hoặc ba hình ảnh thu được trong những thời điểm khác nhau trên cùng một khu vực. Phương trình (1) minh họa pha biến dạng bề mặt đất được đề xuất bởi Gabriel và nnk. (1989) [26]. Giả thiết rằng nếu có sẵn một pha của mô hình số độ cao DEM, φ_{topo} được mô phỏng và được loại bỏ đi từ pha giao thoa tổng hợp $\Delta\varphi_{\text{int}}$ thì ta sẽ thu được pha của biến động địa hình (DInSAR) $\Delta\varphi_{\text{D-int}}$ công thức (1):

$$\Delta\varphi_{\text{D-int}} = \Delta\varphi_{\text{int}} - \varphi_{\text{topo simu}} = \varphi_{\text{Displ}} \quad (1)$$

Trong đó $\varphi_{\text{topo simu}}$ là thành phần địa hình mô phỏng, có chứa thành phần pha phẳng. Lưu ý rằng các quỹ đạo ảnh hưởng đến thành phần địa hình mô phỏng, ngay cả khi quá trình làm phẳng không được thực hiện một cách rõ ràng. Công thức (1) tóm tắt nguyên lý của DInSAR, cho phép xác định các dịch chuyển của địa hình được tạo ra từ hai ảnh SAR phức.

Công thức (1) đại diện cho một phương trình xác định biến động địa hình từ DIsSAR đơn giản. Để biểu diễn đầy đủ mối quan hệ giữa pha địa hình và biến động địa hình thì công thức (2) được biểu diễn:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_{\text{D-int}} &= \Delta\varphi_{\text{int}} - \varphi_{\text{topo stimu}} \\ &= \varphi_{\text{Displ}} + \varphi_{\text{Topo res}} + \varphi_{\text{Atms}} + \varphi_{\text{AtmM}} + \varphi_{\text{Orbs}} - \varphi_{\text{OrbM}} + \varphi_{\text{Noise}} + 2.k.\pi \end{aligned} \quad (2)$$

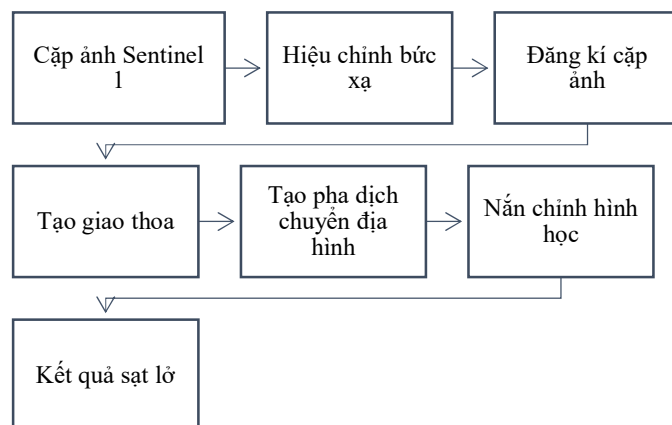
Trong đó $\varphi_{\text{Topo res}}$ là thành phần sai số tồn dư; φ_{Atm} là thành phần pha khí quyển ở thời điểm thu được của mỗi cảnh ảnh; φ_{Orb} là thành phần pha do các lỗi quỹ đạo của mỗi cảnh ảnh; φ_{Noise} là pha nhiễu, k là giá trị số nguyên lần của pha [27].

Mục đích của bất kỳ kỹ thuật nào của DInSAR là lấy được φ_{Displ} từ $\Delta\varphi_{\text{D-int}}$. Điều này đồng nghĩa với việc tách φ_{Displ} từ các thành phần pha khác của phương trình số (2). Một điều kiện cần thiết để thực hiện việc phân chia này là để phân tích các điểm ảnh có nhiễu φ_{Noise} , thường liên quan đến hai tán xạ: những nơi phản hồi Radar bởi những vật thể phản chiếu mạnh và không đổi theo thời gian được gọi là tán xạ cố định (PS) và những phản hồi không đổi theo thời gian, nhưng là do các đối tượng phân tán nhỏ khác nhau (*Distributter Scatterers* – DS). Những hạn chế chính của DInSAR bao gồm: (i) sự tương quan về thời gian và hình học có ảnh hưởng đến thành phần φ_{Noise} [28]; (ii) việc giải mở pha liên quan đến ước tính giá trị k [29]; và (iii) thành phần khí quyển [30]. PSI là đại diện cho một phương pháp của công nghệ SAR giao thoa, khai thác nhiều hình ảnh SAR thu được trên cùng một khu vực, các quy trình xử lý và phân tích dữ liệu thích hợp để tách riêng φ_{Displ} từ các thành phần pha khác được mô tả trong công thức (2).

Phương pháp đường đáy ngắn (SBAS) ban đầu được đề xuất [31]. SBAS được sử dụng để phân tích các mục tiêu tán xạ phân tán DS và tán xạ cố định PS. Kết quả đầu ra giống với các kết quả được tạo ra trong phân tích giao thoa DInSAR, nhưng chúng có liên quan đến chuỗi thời gian SAR lớn thay vì chỉ liên quan đến hai cảnh ảnh (tối đa là 4 cảnh ảnh trong phương pháp DInSAR). Đối với quá trình xử lý PS, cách tiếp cận SBAS ít nhạy cảm hơn với số lượng ảnh đầu vào, vì SBAS khai thác tương quan phân bố không gian thay vì dựa trên giá trị điểm

ảnh; hơn nữa trong SBAS một số giả định được thực hiện trên mối tương quan với các điểm biến dạng địa hình.

Tuy nhiên, trong trường hợp này, khi có càng nhiều dữ liệu đầu vào thì cho kết quả đầu ra càng tốt vì thành phần khí quyển trong pha giao thoa có thể được ước tính và loại bỏ tốt hơn khi có nhiều thời kỳ ảnh. Phương pháp này nhằm mục đích giảm thiểu sự phân cách trong cả miền thời gian và phạm vi tần số Doppler của cặp ảnh thu nhận để tăng mối tương quan giữa các cặp giao thoa. [32] đã phát triển một phương pháp lọc pha tương quan thấp cho các khoảng thời gian giãn cách ngắn. Do đó, các điểm ảnh lọc bị cô lập bởi các điểm ảnh liên quan có thể được xác định để xử lý. Quy trình tính toán chi tiết để xác định sạt lở đất cho khu vực Hòa Bình sau khi đã chọn được phương pháp lọc ảnh phù hợp theo hình 5. Tất cả các bước sẽ được thực hiện trên phần mềm SNAP.



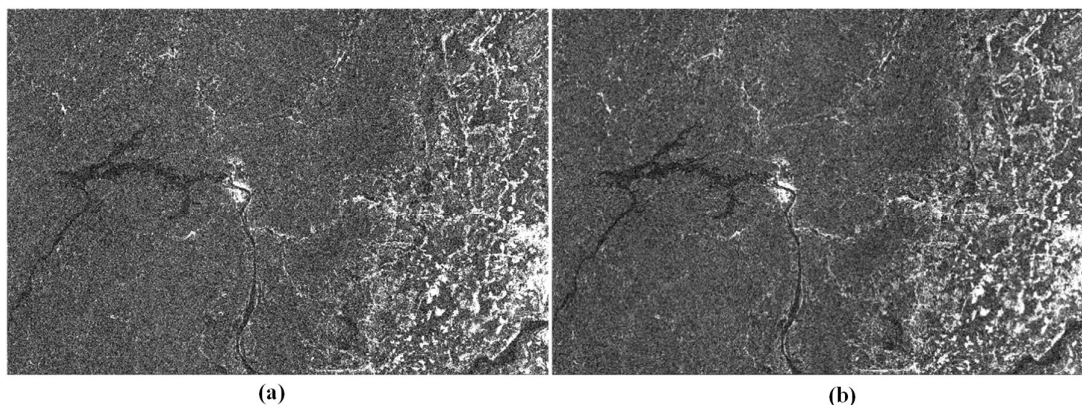
Hình 5. Quy trình tính toán sạt lở đất dựa trên công nghệ *DInSAR*.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Kết quả đánh giá các phương pháp nâng cao chất lượng tín hiệu

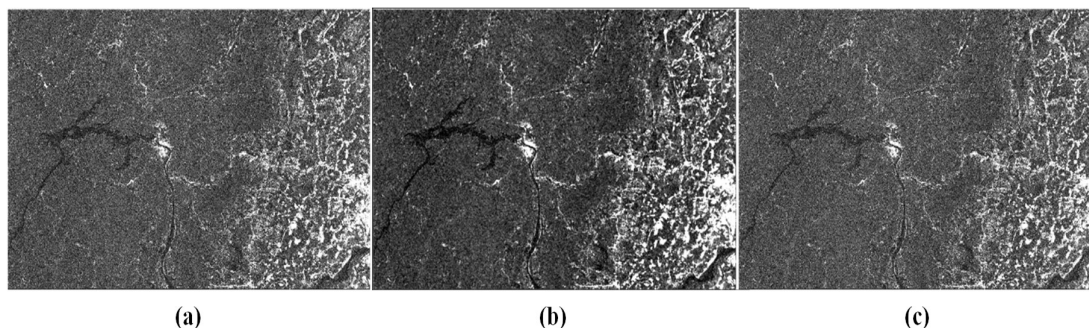
Với từng phương pháp lọc ảnh tiến hành chạy thử nghiệm:

Kết quả đối với bộ lọc vô hướng với 2 phương pháp trung vị và trung bình như hình 6.



Hình 6. Kết quả đánh giá bộ lọc vô hướng cho khu vực nghiên cứu dựa trên ảnh Sentinel 1 ngày 10–10–2017: (a) Bộ lọc trung bình ;(b) Bộ lọc trung vị.

Sau khi chạy ta có thể nhận thấy chất lượng ảnh đã được cải thiện rõ rệt cả 2 phương pháp đã cải thiện độ mịn cho từng pixel ảnh tuy nhiên chi tiết của từng cạnh đối với cả 2 phương pháp trung bình và trung vị chưa được bảo toàn. So sánh chi tiết cho riêng 2 phương pháp thì ta có thể thấy bộ lọc trung vị cho kết quả tốt hơn hẳn bộ lọc trung bình. Các pixel ảnh mịn và chi tiết nhỏ được bảo toàn nhiều hơn.



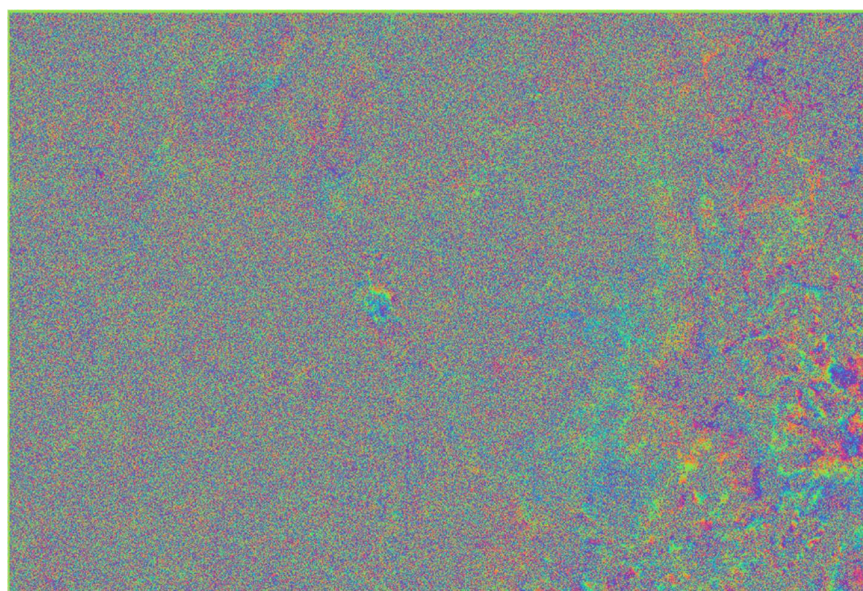
Hình 7. Kết quả đánh giá bộ lọc tích hợp cho khu vực nghiên cứu dựa trên ảnh Sentinel 1 ngày 10–10–2017: (a) Bộ lọc Frost; (b) Bộ lọc Lee; (c) Bộ lọc Gamma.

Đối với các bộ lọc thích ứng thì kết quả được cải thiện nhiều hơn. Độ mịn của các pixel rất tốt và giữ được chi tiết các cạnh.

Chi tiết hơn rong cả 3 phương pháp lọc Lee, Frost và Gamma thì với kết quả của bộ lọc Lee ta thấy hình ảnh giữ được độ chi tiết và sắc cạnh tốt nhất so với Gamma và Frost. Hình ảnh trông rất sắc nét, chân thực lưu giữ được chi tiết y nguyên như kết quả ban đầu vậy nên sẽ được lựa chọn để chạy kết quả giao thoa cuối cùng.

3.2. Kết quả Giao thoa các cặp ảnh tương ứng

Bằng cách kết hợp cảnh ảnh Sentinel 1 ngày 10/10/2017 và 22/10/2017 vẫn giao thoa được tạo ra Hình 8. Việc xử lý giao thoa được thực hiện bằng phần mềm SNAP với pha địa hình được loại bỏ bằng cách sử dụng SRTM DEM.



Hình 8. Kết quả tạo vân giao thoa sử dụng cặp ảnh Sentinel 1.

Với kết quả chạy vân giao thoa ta có thể phân tích được những khu vực có biến động địa hình mạnh là những khu vực có vân nhìn rõ ràng và thành các nét. Các khu vực không có biến động sẽ có hình ảnh phân mảnh dạng pixel. Phân tích rõ hơn về kết quả ta tiến hành sử dụng phương pháp đường đáy ngắn (SBAS) tiến hành tách pha biến động địa hình φ_{Disp} được kết quả cuối cùng như Hình 8.

Trên hình vẽ ta có thể thấy các khu vực sạt lở là các khu vực có thang giá trị sạt lở cao màu xanh nước biển với giá trị từ $-0,18$ đến -2m . Các khu vực sạt lở nằm trọn trong Huyện Tân Lạc nên có thể thấy kết quả phân tích hoàn toàn chính xác và hợp lý.



Hình 9. Kết quả phân tích sạt lở cho khu vực xóm Khanh, Phú Cường, Tân Lạc, Hòa Bình tỉnh Hòa Bình (đánh dấu trên ảnh kết quả).

4. Kết luận

Các bộ lọc giảm nhiễu như bộ lọc Vô hướng và bộ lọc Thích ứng được mô tả trong bài báo này. Phương pháp lọc sử dụng bộ lọc vô hướng rất tốt để loại bỏ nhiễu tần số cao nhưng không bảo toàn được các chi tiết cạnh. Trong khi đó, các phương pháp lọc Thích ứng thành công hơn phương pháp lọc vì nó bảo toàn các chi tiết. Ngoài ra, trong các phương pháp lọc thích ứng so sánh các phương pháp lọc với nhau thì Lee là phương pháp tốt nhất nên được sử dụng để lọc ảnh cho ảnh Sentinel 1.

Với cặp ảnh Sentinel 1 nghiên cứu đã xác định được các vị trí sạt lở dọc theo huyện Tân Lạc với các giá trị từ $-0,18$ đến $-2m$ là hoàn toàn phù hợp so với thực tế. Điều này chứng minh rằng ảnh Sentinel 1 với phương pháp SBAS là phù hợp cho xác định trượt lở khu vực miền núi. Việc sử dụng ảnh vệ tinh Radar đa thời gian giúp hiểu rõ hơn và mô hình hóa tiến trình trượt lở đất. Ngoài ra, dựa trên dữ liệu Sentinel 1 hoặc các dữ liệu ảnh Radar khác thì có thể tính toán vận tốc trượt lở đất theo năm ở những thời điểm nhất định, ngay cả đối với các biến dạng rất nhỏ. Phương pháp SBAS không đòi hỏi nhiều ảnh như phương pháp PSInSAR, thêm vào đó, phương pháp này khắc phục một số hạn chế của PSInSAR, có được điểm PS nhiều hơn ở những nơi che phủ thực vật.

Tuy nhiên, phương pháp này cũng có một số hạn chế như khả năng xác định độ dịch chuyển địa hình với dữ liệu phụ thuộc nhiều vào sự lựa chọn của quỹ đạo phù hợp với khu vực nghiên cứu. Đối với các khu vực được che phủ bởi thảm thực vật dày đặc, không có điểm tán xạ cố định (PS) có thể được quan sát ở các thời điểm khác nhau hoặc kích thước điểm PS không đủ lớn để phản ánh được sự dịch chuyển hay thay đổi của địa hình thì lúc đó phương pháp SBAS không thể thực hiện được. Để khắc phục việc này thì điểm tán xạ nhân tạo nên được lắp đặt trong khu vực nghiên cứu, hoạt động như điểm PS và tín hiệu tán xạ của các điểm này là rất tốt cho xác định biến động địa hình.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.H.P.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.D.H.; Xử lý số liệu: D.T.A.; Phân tích mẫu: G.H.H; Lấy mẫu: V.N.H.; Viết bản thảo bài báo: T.D.H.; Chỉnh sửa bài báo: D.H.P.

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. Gifani, P.; Behnam, H.; Zahra Alizadeh Sani. Noise Reduction of Echocardiographic Images Based on Temporal Information. *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, Frequency Control* **2014**, *61*(4), 620-630.
2. Synnevåg, J.F.; Nilsen, C.I.C.; Holm, S. (2007). [IEEE 2007 IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings - New York, NY, USA (2007.10.28-2007.10.31). IEEE

- Ultrasonics Symposium Proceedings - P2B-13 Speckle Statistics in Adaptive Beamforming, **2007**, 1545–1548. doi:10.1109/ultsym.2007.389.
3. Achim, A.; Bezerianos, A.; Tsakalides, P. Novel Bayesian Multiscale Method for Speckle Removal in Medical Ultrasound Images. *IEEE Trans. Medical Imaging* **2001**, 20(8), 772–783.
4. Wagner, R.; Smith, J.; Sandrik and Lopez, M. Statistics of Speckle in Ultrasound B-Scans. *IEEE Trans. Sonics Ultrason.* **1983**, 30(3), 156–163.
5. Karabchevsky, S.; David, K.; Ben-Harush, O.; Hugo, G. FPGA-Based Adaptive Speckle Suppression Filter for Underwater Imaging Sonar. *IEEE J. Oceanic Engg.* **2011**, 36(4), 646–657.
6. Sarode, M.; Prashant, R.; Deshmukh. Reduction of Speckle Noise and Image Enhancement of Images Using Filtering Technique. *Int. J. Adv. Technol.* **2011**, 2(1), 30–38.
7. Garg, R.; Abhijeet Kumar, Er. Comparison of Various Noise Removals Using Bayesian Framework. *Int. J. Modern Eng. Res.* **2012**, 2(1), 265–270.
8. Joel, T.; Sivakumar, R. Despeckling of Ultrasound Medical Images: A Survey. *J. Image Graphics* **2013**, 1(3), 161–165.
9. Christodouloul, C.I.; Loizou, C.; Pattichis, C.S.; Pantziarisl, M.; Kyriakoul, E.; Pattichis, M.S.; Schizas, C.N.; Nicolaides, A. De-speckle Filtering in Ultrasound Imaging of the Carotid Artery. Proceedings of the Second Joint EMBSiBMES Conference Houston, TX, USA, 2002.
10. Olga, L.; Roel, H.; Aleksandra, P.; Yves, D. IEEE 2010 International Waterside Security Conference (WSS) - Carrara, Italy (2010.11.3-2010.11.5). 2010 International WaterSide Security Conference - Filtering speckle noise in SAS images to improve detection and identification of seafloor targets, 2010, 1–4. doi:10.1109/wssc.2010.5730259.
11. Courmontagne, P. IEEE IM2NP / ISEN–Toulon, France. Speckle noise reduction: a review Advances in Seafloor–Mapping Sonar. Dec. 1st, Brest.
12. Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. Digital Image Processing, Addison–Wesley Inc, 2022.
13. Huang, T.; Yang, G.J. A Fast Two Dimensional Median Filtering Algorithm. *IEEE Trans. Acoustics, Speech Signal Process.* **1979**, 27(1), 13–18.
14. Donoho, D. De-Noising by Soft–Thresholding. *IEEE Trans. Inf. Theory* **1995**, 41(3), 613–627.
15. Yu, Y.; Acton, S.T. Speckle Reducing Anisotropic Diffusion. *IEEE Trans. Image Process.* **2002**, 11, 1260–1270.
16. Lee, J. Digital Image Enhancement and Noise Filtering By Use Of Local Statistics. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **1980**, 2(2), 165–168.
17. Kalaivani Narayanan, S.; Wahidabanu, R.S.D. A View on Despeckling in Ultrasound Imaging. *Int. J. Signal Process Image Process. Pattern Recognit.* **2009**, 2(3), 85–98.
18. Huang, Y.; van Genderen, J.L. Evaluation of Several Speckle Filtering techniques for ERS–1&2 Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* **1996**, XXXI, Part B2, 164–169.
19. Nelson Mascarenhas, D.A. An Overview of Speckle noise filtering in SAR images. European Space agency. Provided by the NASA Astrophysics Data System. *Signal Image Process. Int. J.* **2015**, 6(3), 71–79.
20. Garg, A.; Jyoti, G.; Sandeep, M.; Kavita, C.; Deepika. De-speckling of Medical Ultrasound Images using Wiener Filter and Wavelet Transform. *Int. J. Electron. Comm. Technol.* **2011**, 2(3), 21–24.
21. R. Czerwinski.; Douglas L. Jones.; William D. O'Brien. Detection of Lines and Boundaries Speckle Images Application to Medical Ultrasound. *IEEE Trans. Med. Imaging* **1999**, 18(2), 126–136.

22. Bala Prakash, K.; Venu Babu, R.; Venu Gopal, B. Image Independent Filter for Removal of Speckle Noise. *Int. J. Comput. Sci.* **2011**, 8(5), 196–201.
23. Kaur, K.; Singh, B.; Kaur, M. Speckle Noise Reduction Using 2-D FFT In Ultrasound Images. *Int. J. Adv. Eng. Technol.* **2012**, 4(2), 79–83.
24. Li, C. Two adaptive filters for speckle reduction in SAR imagery by using the variance ratio. *Int. Gen. Remote Sens.* **1988**, 9(4), 641–653.
25. Zebker, H.A.; Rosen, P.A.; Hensley, S. Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture Radar surface deformation and topographic maps. *J. Geophys. Res.: Solid Earth* **1997**, 102(B4), 7547–7563.
26. Treece, G. The bitonic filter: Linear filtering in an edge-preserving morphological framework. *IEEE Trans. Image Process.* **2016**, 25, 5199–5211.
27. Farbman, Z.; Fattal, R.; Lischinski, D.; Szeliski, R. Edge-preserving decomposition for multi-scale tone and detail manipulation. *ACM Trans. Graph.* **2008**, 27(3), 1–10.
28. Zhu, L.; Fu, C.-W.; Brown, M.S.; Heng, P.-A. A non-local low-rank framework for ultrasound speckle reduction. Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA, 21–26 July **2017**, 493–501.
29. Ramos-Llordén, G.; Vegas-Sánchez-Ferrero, G.; Martín-Fernández, M.; Alberola-López, C.; Aja-Fernández, S. Anisotropic diffusion filter with memory based on speckle statistics for ultrasound images. *IEEE Trans. Image Process.* **2015**, 24, 345–358.
30. Hyunho, C.; Jechang, J. Speckle noise reduction in ultrasound images using SRAD and guided filter. Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology, Chiang Mai, Thailand, 7–9 January **2018**, 1–4.
31. Dass, R. Speckle noise reduction of ultrasound images using BFO cascaded with wiener filter and discrete wavelet transform in homomorphic region. *Procedia Comput. Sci.* **2018**, 132, 1543–1551.
32. Rajesh, M.R.; Mridula, S.; Mohanan, P. Speckle Noise Reduction in Images using Wiener Filtering and Adaptive Wavelet Thresholding. Proceedings of the 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Singapore, 22–25 November **2016**, 2860–2863.

Improving the quality of backscatter signals from Sentinel 1 satellite to detect landslides caused by rain in Hoa Binh province

Doan Ha Phong¹, Tran Dang Hung¹, Doan Tran Anh¹, Nguyen Van Ha¹, Giang Hoang Hiep¹

¹ Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; doanphong@gmail.com; danghung221991@gmail.com; dtanh2612@gmail.com; ha.dodac@imh.ac.vn; gianghiep111@gmail.com

Abstract: Noises in SAR images are formed by different backscatter processes from objects on the earth's surface. This results in images that are often grainy, reducing the ability to identify objects from radar images. Therefore, noise filtering has been performed to reduce noise or improve the quality of backscattered signals from SAR images. This study aims to evaluate the performance of different types of spot filters, especially when used to detect rain-induced landslides in Hoa Binh province. There are 5 filters used in this study, i.e. Frost, Gamma-MAP, Median, Mean and Refined Lee. The results proved the Lee filter to be the best filter to retain and/or enhance the backscatter signal in the Sentinel-1 data used in the landslide assessment model.

Keywords: Filter noise; Sentinel 1; Hoa Binh; landslides caused by rain.