ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP OTSU TÍNH TOÁN PHẠM VI THIỆT HẠI LŨ LỤT CHO LƯU VỰC SÔNG LAM THÔNG QUA NỀN TẢNG GOOGLE EARTH ENGINE

Trịnh Minh Ngọc

Trường Đại học khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài: 24/7/2023; ngày chuyển phản biện: 25/7/2023; ngày chấp nhận đăng: 31/8/2023

Tóm tắt: *Lũ lụt là một hiện tượng tự nhiên thường gây ra các hậu quả nghiêm trọng cho cuộc sống của con người. Xây dựng bàn đồ ngập lụt góp phần cho con người đưa ra được các giải pháp phù hợp để xử lý các ảnh hưởng tàn phá của lũ lụt. Các phương pháp xây dựng bản đồ lụt sử dụng ảnh viễn thám đã nhận được nhiều sự quan tâm và được sử dụng phổ biến trong các thập kỷ gần đây. Bài báo này đề xuất một phương pháp để xây dựng bản đồ ngập lụt cho lưu vực sông Lam trong thời đoạn mưa 2017. Nghiên cứu sử dụng phương pháp ngưỡng Otsu và được thực hiện trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine để xây dựng bản đồ nước hiện thời, bản đồ ngập lụt từ đó tính được phạm vi thiệt hại lũ lụt cho khu vực nghiên cứu.*

Từ khóa: *Google Earth Engine, ngập lụt, Otsu, lưu vực sông Lam.*

1. Đặt vấn đề

Từ xưa, lũ lụt là một trong những hiện tượng thiên tai xuất hiện và gây tác động lớn đối với đời sống nhân loại, đặc biệt là trong những thập kỷ gần đây thì lũ lụt ngày càng trở nên khốc liệt và khó lường. Những số liệu thống kê cho thấy số lượng người bị ảnh hưởng bởi lũ lụt tăng đần từ 147 triệu người /năm (1981 - 1990) đến 211 triệu người /năm (1991 - 2000) [11]. Các quốc gia phải hứng chịu sự khốc liệt của lũ lụt phải kể đến: Trung Quốc (2007), Thái Lan (2011), Nhật Bản (2011), Ấn Độ (2012), Myanma (2012); ở Châu Âu: các nước Trung và Đông Âu (2006 và 2013), Pháp, Hy Lạp, Thổ Nhĩ Kỳ (2007); ở Châu Mỹ: Guatemala (2005), Hoa Kỳ (2009); ở Châu Phi: Angola (2010), Nigieria (2010) [10]. Như vậy, có thể thấy lũ lụt mang tính chất toàn cầu và diễn biến ngày càng phức tạp, gây thiệt hại nặng nề. Về quy mô, nó không dữ dội như sóng thần, bão nhưng tính ảnh hưởng của nó có tính chất kéo dài và để lại nhiều di chứng xấu cho thế hệ mai sau.

Việt Nam từ ngàn xưa đã phải đối mặt với lũ lụt. Tai biến này diễn ra rộng khắp trên cả nước, trong đó, lũ lụt xuất hiện với tần suất lớn nhất, vẫn là khu vực miền Trung, nơi sông ngòi có độ dốc lớn, sự tập trung nước cao. Khu vực miền Trung, thời gian lũ lên rất nhanh do thời gian chảy truyền nắng cộng với việc điều hành không hợp lý các hồ thủy lợi, thủy điện nên hiện tượng lũ chồng lũ (cả tự nhiên lẫn nhân tạo) khá phổ biến gây khó khăn cho công tác quản lý phòng chống lũ lụt [2]. Tình tình lũ lụt và thiệt hại trên một số lưu vực sông miền Trung như: Lưu vực sông Lam (tổng thiệt hại do bão lũ trong 21 năm 1990 đến 2010 khoảng hơn 3.300 tỷ đồng), Vu Gia - Thu Bồn (từ năm 1997 đến năm 2009 thiên tai trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn đã làm 765 người chết, 63 người mất tích và 2.403 người bị thương, tổng giá trị thiệt hại về tài sản hơn 18.000 tỷ đồng), Vệ - Trà Khúc (từ năm 1996 - 2010 thiên tai gây ra 601 người người chết, mất tích; 1.017 người bị thương; nhà sập đổ cuốn trôi là 8.501 nhà [4]. Theo số liệu thống kê từ năm 1990 đến năm 2010 lưu vực sông Cả đã hứng chịu 34 trận bão đổ bộ trực tiếp, trung bình mỗi năm hứng chịu từ 1 - 1,5 cơn bão, tốc độ gió do bão gây ra đạt tới cấp 9 ÷ 10 khi giật lên đến cấp

Liên hệ tác giả: Trịnh Minh Ngọc

Email: trinhminhngoc@hus.edu.vn

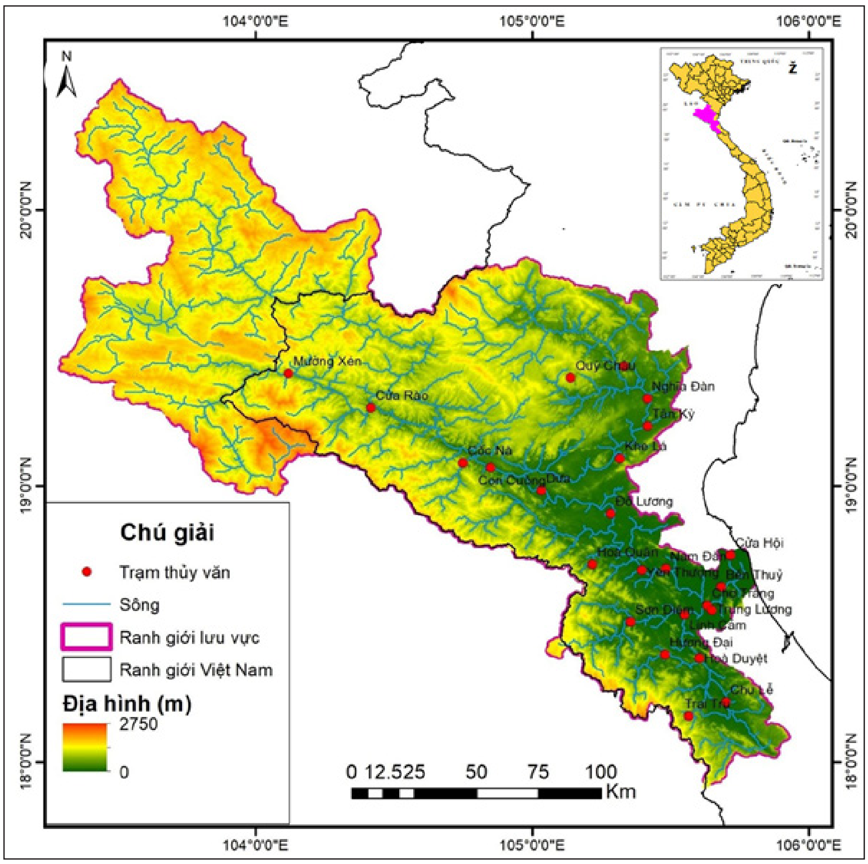
12. Bão thường đổ bộ vào lưu vực sông Cả từ cuối tháng IX, X và đầu tháng XI. Tốc độ gió lớn nhất đã quan trắc được tại Tương Dương 25 m/s hướng Tây - Bắc (1975), tại Quỳ Châu lớn hơn 20 m/s hướng Tây - Bắc năm 1973, tại Đô Lương 28 m/s hướng Đông - Đông - Bắc (1965). Về lũ lụt trong 21 năm đã có 29 đợt lũ lớn gây thiệt hại nhiều về người và tài sản, số liệu quan trắc mực nước lũ trong vòng 40 năm trở lại đây cho thấy trên lưu vực các trận lũ lớn xảy ra ở dòng chính sông Cả là trận lũ 1954, 1963, 1973, 1978, 1988, 2007, 2010 trung bình cứ 9, 10 năm lại xuất hiện những trận lũ lớn. Một số năm đã gây ra hiện tượng vỡ đê như trận lũ năm 1954, 1978, 1988 và 1996. Đặc biệt trận lũ năm 1954, rất nhiều đoạn đê bị vỡ (từ Nam Đàn ra đến biển) với lượng nước lũ từ sông chảy vào đồng kéo dài 16 ngày liền. Tổng thiệt hại do bão lũ trong 21 năm 1990 đến 2010 khoảng hơn 3.300 tỷ đồng. Các giải pháp nhằm giảm tới mức thấp nhất những thiệt hại do lũ lụt gây ra bao gồm nhóm giải pháp công trình (xây dựng công trình ngăn lũ, phân lũ, di dời những công trình, dân sinh ra khỏi vùng lũ…) và nhóm giải pháp phi công trình. Nhóm giải pháp công trình thường có hiệu quả trực tiếp nhưng đòi hỏi kinh phí lớn nên một số giải pháp thuộc nhóm này chưa có khả năng thực hiện. Vì vậy, các giải pháp thuộc nhóm phi công trình được ưu tiên thực hiện hơn. Một trong những giải pháp phi công trình hữu hiệu là tạo lập cơ sở dữ liệu - thông tin về lũ lụt, nguy cơ và mức độ ảnh hưởng của lũ lụt đến dân sinh kinh tế (thông tin độ sâu ngập, diện tích ngập của những vùng thường xuyên bị lũ lụt), để giúp địa phương chủ động đưa ra những phương án, giải pháp kịp thời khi có mưa lũ cũng là một lựa chọn hợp lý đạt hiệu quả kinh tế cao. Trong những năm gần đây, bản đồ ngập lụt ngày càng trở thành một công cụ hữu hiệu trong vấn đề đánh giá tác động của lũ lụt với người dân. Với bản đồ ngập lụt đưa cho chúng ta một cái nhìn trực quan về phạm vi và mức độ ngập. Hiện nay có nhiều phương pháp để xây dựng bản đồ ngập lụt. Phương pháp phổ biến nhất hiện nay đang được áp dụng ở Viêt Nam là sử dụng kết hợp giữa mô hình thủy lực và các công cụ GIS. Phương pháp này được thực hiện cách đây hơn một thập kỷ từ việc sử dụng các mô hình một chiều và hai chiều để xây dựng bản đồ lũ như Nguyễn Thanh Sơn và cộng sự cho lưu vực sông Lam [9], Đặng Đình Khá cho các sông tỉnh Khánh Hoà [3], Vũ Đức Long cho hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn [6] … Sử dụng phương pháp này đem lại kết quả tốt đồng thời cũng sẽ có tính linh động trong việc tính toán các kịch bản. Tuy nhiên, nó cũng vẫn còn nhiều hạn chế. Một trong những yêu cầu cao của phương pháp này lượng số liệu đầu vào cho mô hình, đòi hỏi mất thời gian và công sức để khảo sát ngoài thực địa, thu thập và chỉnh lý số liệu. Để sử dụng phương pháp này cần có chuyên gia có kinh nghiệm để kiểm định và hiệu chỉnh mô hình phù hợp. Đặc biệt, trong những vùng ngập úng do mưa nội đồng thì mô hình thủy lực hiện tại chưa giải quyết được một cách triệt để. Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ ảnh viễn thám đã mở ra một hướng mới trong việc thu thập, phân tích dữ liệu. Ảnh viễn thám có khả năng thu thập trên một phạm vi rộng và trong khoảng thời gian dài với tần suất lặp lại lớn. Với nguồn ảnh miễn phí được cung cấp đây sẽ là một nguồn tài nguyên to lớn. Phương pháp sử dụng ảnh viễn thám cũng đã được nhiều tác giả trong và ngoài nước ứng dụng trong lĩnh vực xác định phạm vi ngập lụt. Alesheikh (2007) đã xác định đường bờ biển dựa trên việc tính toán ra ngưỡng khác biệt giữa mức độ phản xạ ở dải Green và các dải NIR, MIR. Tuy nhiên việc sử dụng các ảnh quang học sẽ không thực hiện được nếu trời bị bao phủ mây, đặc biệt trong những thời điểm mưa to. Vấn đề này đã được Trần (2017) [7] khắc phục khi sử dụng ảnh viễn thám, loại ảnh mà các thông tin thu nhận được không bi hạn chế bởi mây. Đây là cách tiếp cận phù hợp, tuy nhiên cách tiếp cận này chưa phân biệt những vùng nước tinh sẵn có (sông, hồ) và những vùng đất bị ngập nước. Bên cạnh đó, nghiên cứu so sánh sự khác biệt giữa bức ảnh lúc ngập và lúc chưa ngập nhằm phân biệt những vùng bị ngập do mưa và những vùng thường xuyên có nước. Bài báo này trình bày kết quả thành lập bản đồ lũ lụt cho sông Lam dựa trên phương pháp ngưỡng Otsu, được thực hiện trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine. Google Earth Engine là một nền tảng phân tích

không gian địa lý dựa trên điện toán đám mây cho phép người dùng trực quan hóa và phân tích hình ảnh vệ tinh Trái đất. Bộ dữ liệu của GEE tập hợp hơn 40 năm hình ảnh vệ tinh toàn cầu trong lịch sử và hiện tại, cùng với các công cụ và sức mạnh tính toán cần thiết để phân tích và khai thác kho dữ liệu khổng lồ đó mà không cần phải tải về máy tính. Không những thế, dữ liệu từ GEE có thể sử dụng trên các phần mềm khác như QGIS, GIS, Foris để tối ưu hóa dữ liệu. Nền tảng được sử dụng miễn phí với mục đích nghiên cứu, giáo dục và mục đích phi lợi nhuận. Danh mục dữ liệu công khai của GEE bao gồm nhiều bộ dữ liệu raster lên đến 5 triệu gigabyte (5 petabyte). Người dùng có thể truy cập trang web https://earthengine.google.com/ để khám phá các nguồn dữ liệu hiện có của nó. Người dùng có thể sử dụng trực tiếp các bộ dữ liệu này vào tập lệnh (script) của mình chỉ bằng một cú nhấp chuột. Bên cạnh đó, người dùng cũng có thể tạo một tập lệnh (script) khác tùy theo mục đích nghiên cứu của mình bằng cách truy cập https://code.earthengine.google.com/.

2. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

2.1. Vị trí địa lý

Lưu vực sông Lam là lưu vực lớn thứ hai thuộc vùng Bắc Trung Bộ bắt nguồn từ vùng rừng núi của nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào. Toàn bộ lưu vực sông Lam nằm trên tọa độ địa lý từ: 18°15' đến 20°10'30'' vĩ độ Bắc, 103°45'20'' đến 105°15'20'' kinh độ Đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Chu, sông Bạng, phía Tây giáp lưu vực sông Mêkông, phía Nam giáp lưu vực sông Gianh, phía Đông giáp huyện Quỳnh Lưu, Yên Thành tỉnh Nghệ An, huyện Can Lộc,Thạch Hà tỉnh Hà Tĩnh và biển Đông (Hình 1). Sông Lam có tổng chiều dài là 531 km với tổng diện tích lưu vực là 27.200 km^2 , phần chảy trên đất Việt Nam là 361 km, diện tích trên lãnh thổ Việt Nam là 17.730 km^2 bao trùm phần lớn địa phận tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh và một phần huyện Như Xuân tỉnh Thanh Hóa.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu - lưu vực sông Lam

Hệ thống sông Lam có mật độ lưới sông là 0,6 km/km^2, dòng chính sông Lam bắt nguồn từ các dãy núi cao thuộc tỉnh Xiêng Khoảng (Lào) có độ cao trên 2.000 m và chạy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam cho tới vị trí cách biển 40 km thì chuyển theo hướng Tây - Đông rồi đổ ra biển tại Cửa Hội. Lòng chính sông Lam ổn định, ít bãi bồi, hệ số uốn khúc sông Lam là 1,74. Phần thượng nguồn trên đất Lào có độ dốc lòng sông lớn, khi đến Việt Nam thì độ dốc giảm nhiều. Sông Lam có 44 phụ lưu cấp I (diện tích lưu vực từ 90 km^2 trở lên). Trong đó đáng chú ý là sông Nậm Mô, sông Hiếu, sông Giăng, sông La. Các nhánh sông thường ngắn, bắt nguồn từ các tâm mưa lớn nên nước lũ tập trung nhanh. Sông Lam có hai nhánh sông lớn nhất là sông Hiếu và sông La (gồm hai sông Ngàn Phố và Ngàn Sâu) [4], [19].

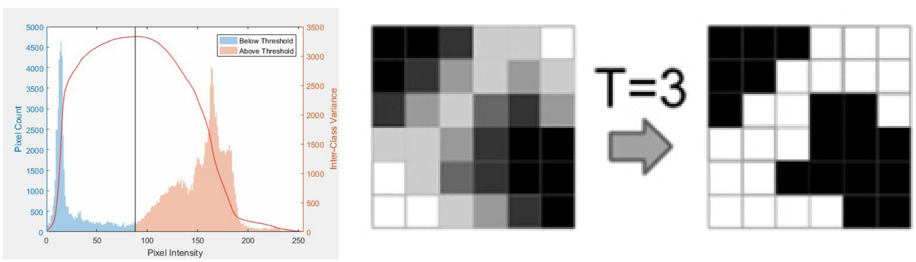
2.2. Đặc điểm lũ lớn lưu vực sông Lam

Mưa lớn kéo dài trên diện rộng cùng với độ dốc lưu vực và mạng lưới sông là nguyên nhân chính gây nên các trận lũ lớn trên lưu vực sông Lam. Kết quả phân tích các số liệu thống kê lũ lớn trên lưu vực sông Lam cho thấy các đặc điểm chính sau đây: Các trận lũ lớn trên sông Lam đều do mưa lớn trên diện rộng và tập trung ở vùng trung và hạ du lưu vực, lượng mưa cả trận ở tâm mưa ít nhất lớn hơn 650 mm, có những trận lên tới 1.500 mm như lũ năm 1978. Các trận lũ lớn trên các sông nhánh Cả, Ngàn Sâu và Ngàn Phố thường có hai đỉnh và đỉnh sau lớn hơn đỉnh trước, ví dụ lũ 1978, 1988, 1980 hay 2008. Lũ lớn trên các sông xuất hiện vào tháng IX khi lượng trữ trên lưu vực đã đạt độ bão hòa, ví dụ lũ IX/1978 hay lũ IX/2010 [5].

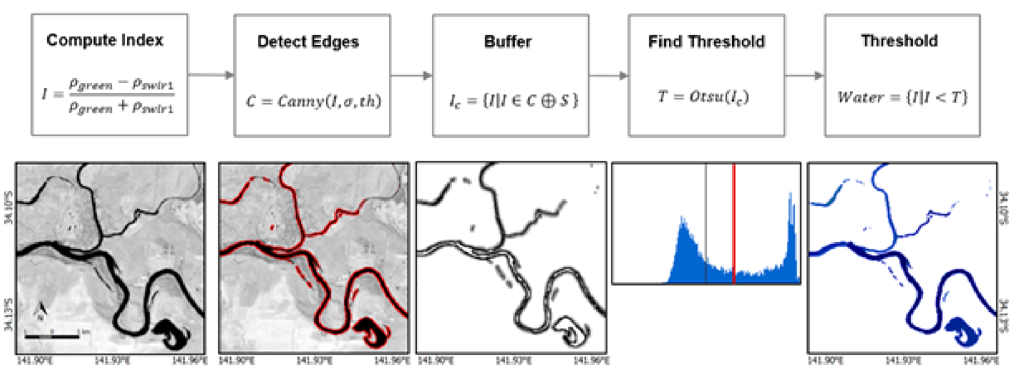
3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Ngưỡng Otsu (Otsu threshold)

Ngưỡng ảnh là một phương pháp hiệu quả để lập bản đồ nước mặt [16], [18]. Trong số nhiều phương pháp có sẵn để tạo ngưỡng hình ảnh, một phương pháp phổ biến là "phương pháp của Otsu" (Otsu 1979). Phương pháp Otsu tập trung vào việc khai thác và tính toán từ thông tin Histogram của bức ảnh. Bằng việc tính toán trên tất cả các mức Threshold, ta có thể chọn mức thỏa mãn việc phân chia giữa Foreground và Background tốt nhất. Kết quả sau khi sử dụng thuật toán là một biểu đồ có thể được sử dụng để tính toán ngưỡng phân chia (Hình 2). Quy trình làm việc tổng thể của thuật toán được thể hiện trong Hình 3.



Hình 2. Biểu đồ Otsu threshold và kết quả sau khi phân chia các đối tượng Foreground và Background a) Biểu đồ ngưỡng Otsu [18]; b) Kết quả sau phân loại ảnh sau khi phân chia các đối tượng



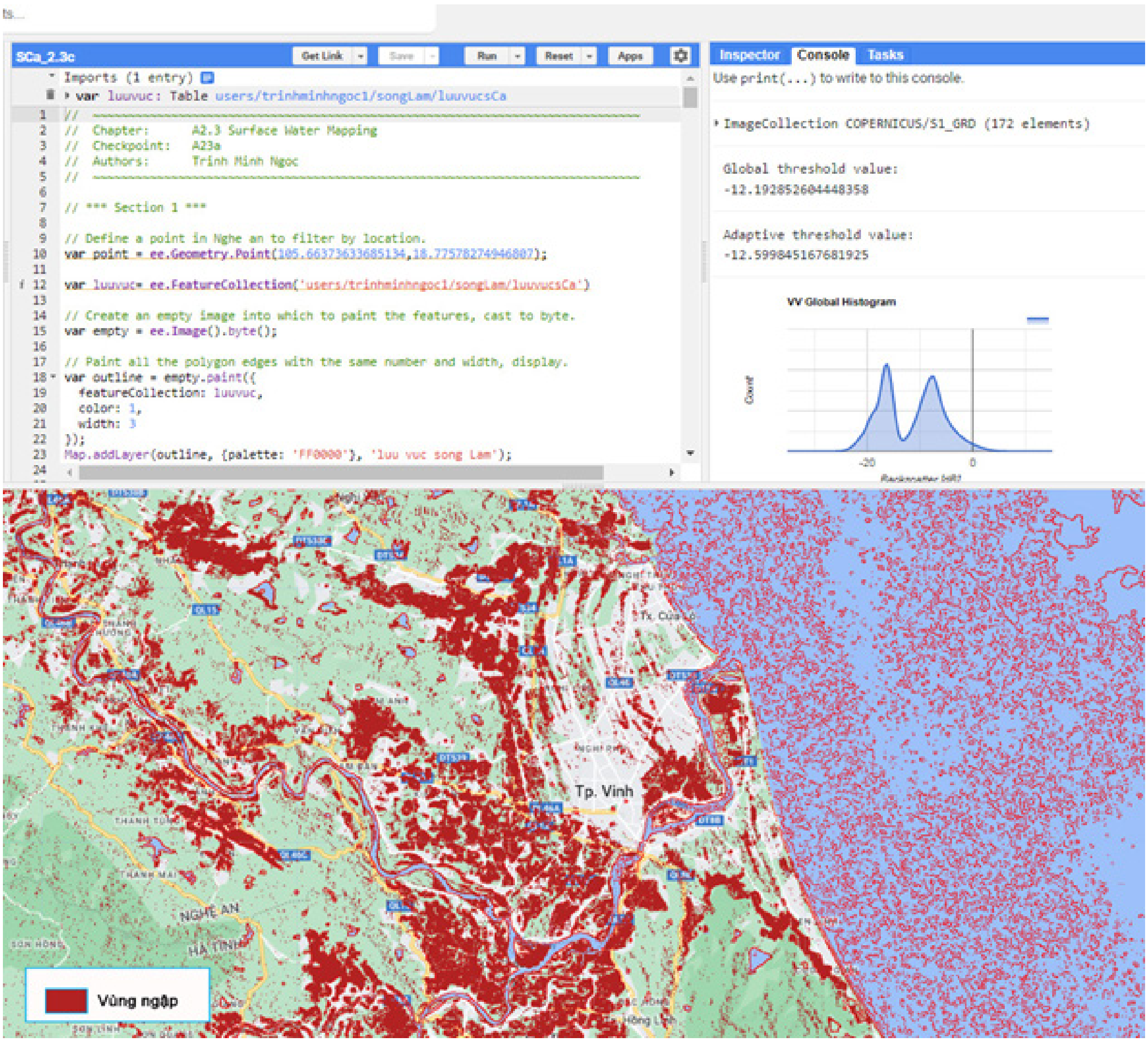
Hình 3. Quy trình tính toán ngưỡng Otsu threshold đối với 1 ảnh [13]

Phương pháp Otsu thường được sử dụng để phân tách các bản đồ nước mặt, ban đầu được giới thiệu và phát triển bởi Donchyts và cộng sự, áp dụng cho hình ảnh quang học [16], sau đó được điều chỉnh bưởi Markert và cộng sự, 2020 để phân tách bản đồ nước mặt đối với tư liệu ảnh SAR [17]. Ở Việt Nam, phương pháp này được giới thiệu trong nghiên cứu của Trịnh Lê Hùng và cộng sự (2021), được ứng dụng thành công trong nghiên cứu ước lượng độ sâu ngập lụt ở tỉnh Quảng Bình (2022) [1].

3.2. Dữ liệu nghiên cứu

a. Tập ảnh viễn thám

Các tác giả sử dụng ảnh viễn thám Seninel-1A có ID "COPERNICUS/ S1 - GRD" phân cực kép (VV và VH) với độ phân giải không gian là 10 m trong tập dữ liệu của Google Earth Engine. Bộ ảnh Sentinel-1A gồm 172 ảnh được chụp từ 01/X/2015 đến 31/X/2022 để xây dựng bản đồ mạng lưới sông suối, hai ảnh được chụp vào ngày 10/X/2017 và 22/X/2017 đã được sử dụng để xây dựng bản đồ ngập sau mưa, chồng lớp hai bản đồ trên sẽ trích xuất được phạm vi ngập lụt (Hình 4). Vì mỗi ảnh chỉ chụp được 1/2 diện tích lưu vực nên mỗi ảnh cặp hình ảnh đã được xử lý đặc biệt và sau đó kết hợp với nhau để tạo ra một hình ảnh hoàn chỉnh của lưu vực.



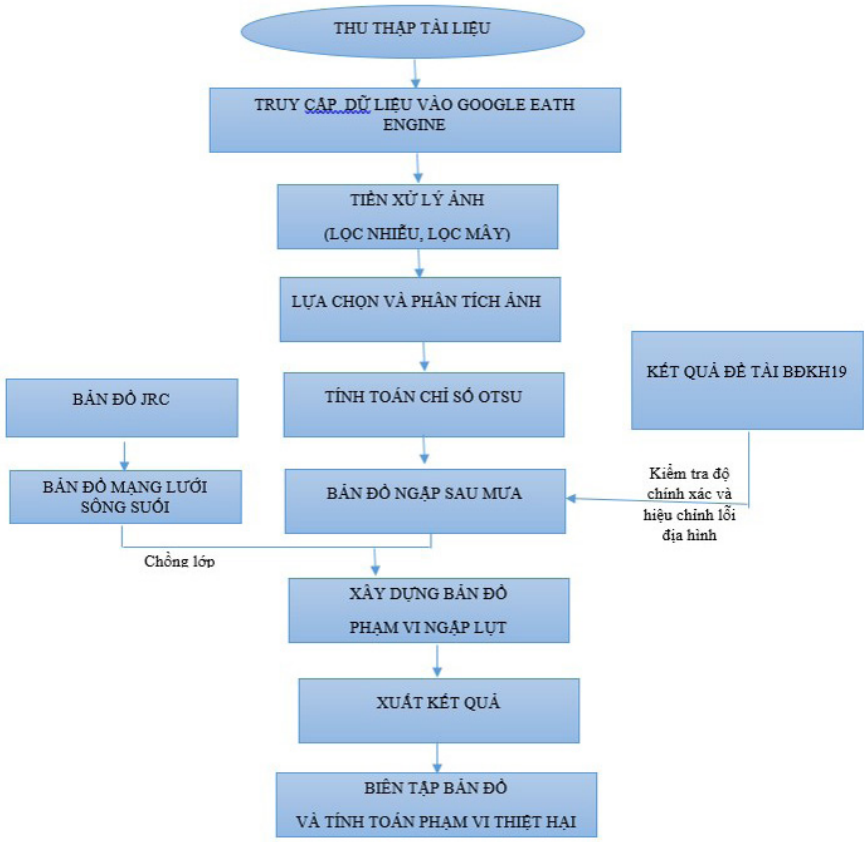
Hình 4. Tệp dữ liệu ảnh Sentinel-1A được tiền xử lý và lọc theo vùng và thời gian nghiên cứu và tính toán ngưỡng Otsu trên giao diện Google Eath Engine

b. Dữ liệu kiểm tra

Dữ liệu dữ liệu kiểm tra bao gồm bản đồ JRC Global Surface Water [12], bản đồ ngập lụt lưu vực sông Lam được xây dựng trong đề tài BĐKH19 (2015), và kết quả bộ số liệu điều tra vết lũ năm 2013 - 2014 [2] để so sánh với kết quả phân loại ngưỡng.

c. Các bước tiến hành

Các bước tiến hành của nghiên cứu này được thể hiện thông qua sơ đồ nghiên cứu như Hình 5.



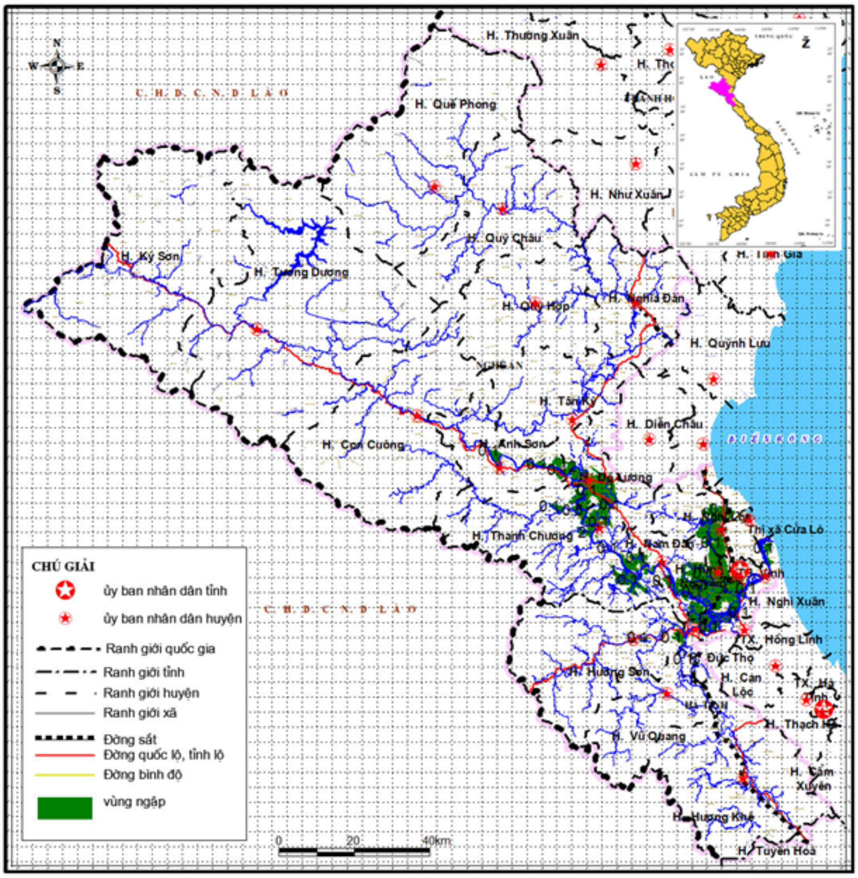
Hình 5. Sơ đồ nghiên cứu

4. Các kết quả và thảo luận

Kết quả tính toán trên bản đồ ngập trích xuất qua phân tích từ ảnh vệ tinh (Hình 6) cho thấy tổng diện ngập là 98.143 ha. Diện ngập tập trung tại các huyện Kỳ Sơn và Tương Dương (Khu vực sông Nậm Mô - Nậm Nơn), huyện Quế Phong, Quỳ Châu (Thượng nguồn sông Hiếu), huyện Quỳ Hợp, Nghĩa Đàn, Thái Hòa, Tân Kỳ, Con Cuông, Anh Sơn, Đô Lương, Thanh Chương (sông Cả), một phần của các huyện Hương Sơn, Hương Khê, Vũ Quang, Đức Thọ (sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu, sông La) và huyện Hưng Nguyên, Nghi Lộc (hạ lưu sông Lam).

Kết quả tính toán được so sánh diện ngập với bản đồ ngập lụt tính toán được xây dựng thông qua đề tài BĐKH19 cho thấy diện ngập tính toán bằng hai phương pháp có độ chính xác tương đương (99%). Để đánh giá độ chính xác kết quả giải đoán trên ảnh viễn thám, nghiên cứu sử dụng thêm bộ dữ liệu thực địa điều tra vết lũ (200 điều tra) theo phương pháp xây dựng sai số Kappa [14], [15]. Sai số Kappa của kết quả giải đoán trên ảnh viễn thám đạt 96% là khá chính xác.

Đánh giá tác động của ngập lụt đến các nhóm sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu: Nhóm tác giả sử dụng bản đồ sử dụng đất được cung cấp bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2010 với hơn 70 loại đất khác nhau và phân loại và nhóm thành 5 loại đất: Đất trống và sông ngòi, đất rừng và cây lâu năm, đất nông nghiệp và đất nuôi trồng thủy sản, đất nhà ở và sản xuất kinh doanh, đất công cộng. Kết quả cho thấy (theo Bảng 1: Phạm vi thiệt hại ngập lụt tập trung vào nhóm đất các công trình công cộng như trường học, bệnh viện, nhà chống lũ, các khu hành chính, đường giao thông... Đây là các khu vực trọng yếu và là trung tâm của các hoạt động cứu trợ chống lũ lụt. Nếu như đường giao thông, nơi tập trung dân cư bị ngập thì người dân sẽ bị cô lập dẫn đến việc phục hồi sau lụt gặp khó khăn. Một loại sử dụng đất khác cũng nằm trong phạm vi thiệt hại đó là đất nông nghiệp và cây lúa, đây là nguồn lương thực và thu nhập chính của người dân trong vùng nghiên cứu. Khi lúa và hoa màu ngập úng sẽ gây thiệt hại lớn và ảnh hưởng lâu dài đến cuộc sống của người dân. Họ phải đợi đến mùa vụ sau mới khôi phục lại được sản xuất của mình.



Hình 6. Bản đồ ngập lụt lưu vực sông Lam được xây dựng từ ảnh viễn thám bằng phương pháp Otsu threshold

Bảng 1. Phạm vi thiệt hai do ngập lụt tính toán qua kết quả phân tích ảnh vệ tinh

TT	Nhóm sử dụng đất	Tổng phạm vi thiệt hại (ha)	Phần trăm thiệt hại (%)
1	Đất công cộng (giao thông, công sở, quân sự, thủy lợi)	43440	44,26%
2	Đất ở và sản xuất kinh doanh	19257	19,62%
3	Đất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản	14330	14,60%
4	Đất rừng và cây công nghiệp	16352	16,66%
5	Đất trống và sông ngòi	4764	4,86%
Tổng thiệt hại		**98143**	**100 %**

5. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã chứng minh kết quả phân tích lũ lụt trên ảnh viễn thám Senitel 1-A bằng phương pháp Otsu có kết quả tương đối tốt. Ngưỡng phân cực Otsu tính toán cho lưu vực là -12,599. Diện ngập tập trung tại các huyện Kỳ Sơn và Tương Dương (Khu vực sông Nậm Mô - Nậm Nơn), huyện Quế Phong, Quỳ Châu (Thượng nguồn sông Hiếu), huyện Quỳ Hợp Nghĩa Đàn, Thái Hòa, Tan Kỳ, Con Cuông, Anh Sơn, Đô Lương, Thanh Chương (sông Cả), một phần của các huyện Hương Sơn, Hương Khê, Vũ Quang, Đức Thọ (sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu), sông La) và huyện Hưng Nguyên, Nghi Lộc (hạ lưu sông Lam). Đồng thời, nghiên cứu cũng tính toán thiệt hại do lũ lụt, kết quả cho thấy các khu vực chịu ngập lụt chủ yếu là các khu vực đất công cộng chiếm 44,26%, khu vực đất nông nghiệp, đất ở chiếm 34,22%, đây là các khu vực trọng yếu trong phòng chống lũ lụt. Những kết quả nghiên cứu góp phần đánh giá, giám sát thiệt hại của lũ lụt đồng thời khuyến cáo chính quyền địa phương chú trọng, tăng cường công tác lập kế hoạch, thực hiện các biện pháp phòng chống lũ lụt gây ra, sớm đưa các hoạt động sản xuất, sinh hoạt trở lại trạng thái ổn định bình thường, nhằm giảm thiểu tối đa thiệt hại về kinh tế, con người.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Nguyễn Hùng An và cộng sự (2022), *"Ước lượng độ sâu ngập lụt ở tỉnh Quảng Bình, Việt Nam trong trận lũ lịch sử năm 2020 sử dụng ảnh sentinel-1A", Tạp chí Khoa học tự nhiên - Kỹ thuật - Công nghệ,* 227(15), 14-22 .
2. Lương Tuấn Anh và cộng sự (2015), *Bản đồ ngập lụt và bản đồ đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do lũ trên các lưu vực sông Lam, Bến Hải - Thạch Hãn và Thu Bồn*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
3. Đặng Đình Khá và cộng sự (2013), *"Xây dựng bản đồ ngập lụt các hệ thống sông chính tỉnh Khánh Hoà theo các kịch bản BĐKH", Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học tự nhiên và Công nghệ*, tập 29 (2S), 101 -102.
4. Trần Duy Kiều (2012), *Nghiên cứu quản lý lũ lớn lưu vực sông Lam*, Luận án tiến sỹ chuyên ngành Phát triển nguồn nước, trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
5. Trần Duy Kiều, Lê Đình Thành (2011), *"Nghiên cứu dấu hiệu lũ lớn và phân vùng khả năng gây lũ lớn lưu vực sông Lam", Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, số 34, 3-8.
6. Vũ Đức Long và cộng sự (2010), *"Giới thiệu công nghệ dự báo lũ hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn sử dụng mô hình MIKE 11", Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học tự nhiên và công nghệ,* tập 26, số 3S, 397-404.
7. Nguyễn Thanh Sơn và cộng sự (2014), *"Thử nghiệm đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến ngập lụt khu vực hạ lưu sông Lam", Tạp chí khí tượng thủy văn,* số 645, 13-20.
8. Nguyễn Thế Toàn (2019), *"Ứng dụng công nghệ viễn thám xây dựng bản đồ ngập lụt cho khu vực sông Bùi trong trận lũ lịch sử năm 2018", Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường,* số 66, 81-87.
9. Cấn Thu Văn và cộng sự (2021), *Nghiên cứu xây dựng phương pháp đánh giá rủi ro lũ lụt vùng đồng bằng sông Cửu Long - Áp dụng thí điểm cho tỉnh An Giang*, báo cáo tổng kết đề tài mã số: TNMT.2016.05.15, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM.

Tài liệu tiếng Anh

10. Andrea Hebb (2007), *Floods: mapping vulnerability in the Upper Thames watershed under a changing climate*, Report XI, CFCAS project of water resources risk and vulnerability to changing climatic conditions, University of Western Ontario, London.
11. David King, Colin Macgregor (2000), *"Using Scocial Indicators to Measure Community Vulnerability to Natural Hazards", The Australian Journal of Emergency Management*, Vol.15. No.3, 52-57.

12. Joint Research Centre Data (2016), *Global Surface Water - Data Access,* [Online]. Available: https://global-surface-water.appspot.com/download.
13. Gennadiii Donchyts et al (2016), *"A 30 m resolution surface water mask including estimation of positional and thematic differences using landsat 8, srtm and openstreetmap: a case study in the Murray-Darling Basin, Australia", Remote Sens.*, 8(5), 386. https://doi.org/10.3390/rs8050386.
14. George H. Rosenfield and Katherine Fitzpatrick-Lins (1986), *"A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* Vol. 52, No.2, 223-227.
15. Gudina L. Feyisa et al (2014), *"Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery", Remote Sensing of Environment*, Vol. 140, 23-35.
16. Guy Schumann et al (2009), *"Progress in integration of remote sensing-derived flood extent and stage data and hydraulic models", Rev. Geophys.* Vol. 47, Issue4, RG4001.
17. Kel N. Markert et al. (2020), *"Comparing Sentinel-1 Surface Water Mapping Algorithms and Radiometric Terrain Correction Processing in Southeast Asia Utilizing Google Earth Engine", Remotesensing*, 12(15), 2469. https://www.mdpi.com/2072-4292/12/15/2469/htm.
18. Neo Phung [Online]. Available: https://nerophung.github.io/2019/09/26/otsu-threshold.
19. Nguyen Quang Hung et al (2014), *"Development and application of Flood Vulnerability INdies for commune level - A case study in Lam river basine, Nghe An province, Viet Nam," in International Young Researchers Workshop River Basin Environment and Management*, Thailand.

APPLICATION OF OTSU'S THRESHOLD TO CALCULATE FLOOD DAMAGE EXTENT FOR LAM RIVER BASIN THROUGH GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM

Trinh Minh Ngoc
VNU Hanoi University of Science

Received: 24/7/2023; Accepted: 31/8/2023

Abstract: *Flood is a natural phenomenon that often causes serious consequences for human life. Building a flood map helps people come up with appropriate solutions to deal with the devastating effects of floods. Flood mapping methods using remote sensing images have received much attention and are widely used in recent decades. This paper proposes a method to build an inundation map for Lam River basin during the 2017 rainy season. The method used in the paper is Otsu's threshold method and is performed on the cloud computing platform Google Earth. Engine to build current water map, flood map from which to calculate the extent of flood damage for the study area.*

Keywords: *Google Earth Engine, flood, Otsu, Lam River basin.*