

Bài báo khoa học

Ứng dụng công nghệ viễn thám, RTK, GIS thành lập bản đồ ngập lũ đồng bằng Tuy Hòa – tỉnh Phú Yên

Lê Đức Hạnh¹, Hoàng Thanh Sơn^{1*}, Tống Phúc Tuấn¹, Bùi Anh Tuấn¹, Vũ Hải Đăng², Nguyễn Thị Hải Yến¹, Trịnh Việt Nga³

¹ Viện Địa lý – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; hanhvd1@gmail.com; hoangson97@gmail.com; tuan_tongphuc@yahoo.com; igtuan253@gmail.com

² Viện Địa chất và Địa vật lý biển – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; vuhaidang@hotmail.com

³ Cục Viễn thám – Bộ Tài nguyên và Môi trường; tvnga2016@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hoangson97@gmail.com; Tel.: +84-983920505

Ban biên tập nhận bài: 22/7/2022; Ngày phản biện xong: 19/8/2022; Ngày đăng bài: 25/8/2022

Tóm tắt: Ở những vùng thường xuyên chịu tác động của ngập lũ, bản đồ thể hiện các yếu tố diện và mức độ ngập lụt có ý nghĩa quan trọng trong công tác ứng phó giảm thiểu thiệt hại, đồng thời làm cơ sở quy hoạch bố trí dân cư, phát triển kinh tế xã hội. Nghiên cứu đã xây dựng phương pháp thành lập bản đồ ngập lũ trên cơ sở tích hợp công nghệ viễn thám, RTK và GIS áp dụng thử nghiệm cho vùng đồng bằng Tuy Hòa–tỉnh Phú Yên. Tư liệu ảnh viễn thám Sentinel 1 thời điểm tháng 11/2021 được xử lý trên máy chủ Google Earth Engine cho phép xác định nhanh các vùng ngập lũ. Kết hợp với số liệu khảo sát vết lũ cùng thời điểm bằng công nghệ đo RTK giúp nội suy mô hình bề mặt nước lũ để hiệu chỉnh kết quả giải đoán vùng ngập do ảnh hưởng của các yếu tố mật độ, độ cao địa hình. Phần mềm GIS xử lý kết hợp kết quả giải đoán vùng ngập, mô hình bề mặt nước lũ và bản đồ địa hình tỷ lệ lớn để xây dựng bản đồ diện và độ sâu ngập lũ. Bản đồ thể hiện chi tiết 7 cấp độ ngập từ 0–6 m, trong đó khu vực huyện Tây Hòa có tổng diện tích ngập lớn nhất (12.704 ha), TP. Tuy Hòa có diện tích ngập ít nhất (2.708 ha); độ sâu ngập phổ biến từ 1–3 m (16.945 ha) phân bố chủ yếu ở vùng trũng thấp của huyện Tây Hòa và TX. Đông Hòa. Nghiên cứu cho thấy khả năng tích hợp ảnh viễn thám, hệ thống giám sát mực nước và bản đồ địa hình tỷ lệ lớn nhằm giám sát lũ lụt thời gian thực đáp ứng công tác phòng chống thiên tai ngập lụt trên cả nước nói chung và vùng đồng bằng Tuy Hòa–tỉnh Phú Yên nói riêng.

Từ khóa: Đồng bằng Tuy Hòa; Bản đồ ngập lũ; Vết lũ; Viễn thám; RTK.

1. Đặt vấn đề

Lũ lụt là thảm họa xảy ra phổ biến nhất trên toàn thế giới, gây ra thiệt hại về nhân mạng và gián đoạn xã hội. Vì thế, đã có nhiều nghiên cứu về lũ lụt trên thế giới cũng như Việt nam được thực hiện, trong đó bản đồ diện ngập, độ sâu ngập được ưu tiên xây dựng nhằm hỗ trợ cho phòng chống, giảm thiểu thiệt hại. Theo hướng tích hợp kết quả mô hình MikeFlood đồng hóa vào phần mềm ArcGIS, [1] xây dựng bản đồ rủi ro lũ lụt nhằm hỗ trợ chính quyền xây dựng kế hoạch và hành động nhằm giảm thiểu tác hại ở tỉnh Ordu của Thổ Nhĩ Kỳ. Cũng ở vùng nghiên cứu này, theo hướng tiếp cận sử dụng ảnh viễn thám quang học, SAR, aB. [2] sử dụng ảnh Sentinel để phát hiện các khu vực bị ngập lụt bằng 03 thuật toán phân loại có kiểm định trên phần mềm SNAP. Các kết quả cho thấy kết quả của các phương pháp phân

loại tạo ra những bản đồ khác nhau, việc phân loại sai dẫn đến việc phát hiện quá mức các khu vực bị ngập lụt. nghiên cứu cũng khuyến nghị cần thiết phải có số liệu điều tra về lũ lụt để cải thiện độ chính xác của kết quả. Để đánh giá hiệu quả của ảnh Sentinel-1,2 [3] phân tích dữ liệu trong 10 năm tại 2000 địa điểm ở Châu Âu đi đến kết luận vệ tinh Sentinel-1, -2 có thể quan sát trung bình 58% các trận lũ lụt xảy ra.

Ở Việt Nam, các nhà nghiên cứu cũng đã ứng dụng mô hình mô phỏng để xây dựng bản đồ ngập lụt, Nguyễn Kim Nhung và cộng sự [4] dùng mô hình kết nối 1D-2D xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu sông Ba theo cấp báo động, được Cục Phòng chống thiên tai sử dụng ứng phó trong mùa lũ năm 2014. Trên cơ sở mô phỏng lũ 2007, 2009 [5] đã tiến hành chồng chập với bản đồ hiện trạng sử dụng đất đề xuất giải pháp tạo không gian thoát lũ phù hợp với điều kiện kinh tế-xã hội của thành phố Đà Nẵng. Kết hợp dữ liệu mưa IFS, [6] thiết lập mô hình MIKE SHE – MIKE11 – MIKE 11 GIS nhằm xây dựng bản đồ mức độ độ sâu ngập lụt ở hạ lưu sông Trà Khúc-Sông Vệ để hỗ trợ các nhà quản lý hoạch định kế hoạch giảm thiểu thiên tai trong tương lai. Bằng phương pháp tổng hợp địa lý các nhân tố tác động và nhân tố mặt đệm qua phần mềm GIS [7] xây dựng tập bản đồ hỗ trợ cảnh báo lũ quét cho vùng Nam Trung Bộ.

Có thể thấy, phương pháp mô hình để xây dựng các bản đồ ngập lũ trên cơ sở tần suất xảy ra trong quá khứ được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu về lũ lụt, tuy nhiên, đòi hỏi số liệu KTTV đủ dày để xác định quan hệ mưa dòng chảy, số liệu địa hình lòng sông và vùng ngập. Phần cứng và phần mềm phục vụ mô phỏng hiện nay thường cho thời gian 3-6h, gây chậm trễ trong công tác phòng chống thiên tai. Ngoài ra, các điều kiện mặt đệm, khí hậu thời tiết thường xuyên thay đổi nên khó cập nhật vào mô hình mô phỏng. Phát triển mô hình sử dụng các thuật toán khác nhau là một quá trình liên tục nhằm cải thiện độ chính xác của dự báo lũ [8]. Hướng nghiên cứu tiếp cận ảnh viễn thám kết hợp với số liệu RTK có thể giúp cung cấp bản đồ ngập lụt có độ tin cậy, đồng thời cho kết quả nhanh chóng nhờ vào khả năng tính toán của điện toán đám mây.

Trên địa bàn tỉnh Phú Yên, trong những năm gần đây hiện tượng lũ lớn, lũ quét đã xảy ra với qui mô và cường độ rất lớn ở các lưu vực sông miền Trung, đặc biệt là lưu vực sông Ba nơi có địa hình chia cắt mạnh, lòng sông ngắn và dốc. Có thể kể đến là các trận lũ lịch sử năm 1993, 2009, 2013 và gần đây là trận lũ từ 26-30/11/2021. Lũ lụt xảy ra gây thiệt hại và tàn phá nghiêm trọng cả về người và của đồng thời để lại hậu quả hết sức nặng nề. Hàng ngàn hộ dân mất nhà cửa hoặc phải di dời khỏi các vùng sạt lở, ngập lũ. Trên địa bàn lưu vực sông Ba nói riêng, ngập lụt đã trở thành một tai họa tự nhiên thường xuyên đe dọa cuộc sống của người dân trong vùng [9].

Sự biến động liên tục của các yếu tố tự nhiên do tác động của biến đổi khí hậu và con người đã làm thay đổi sâu sắc tới chế độ thủy văn của các lưu vực sông. Điều đó dẫn đến việc nghiên cứu lũ tại mỗi thời điểm cần thiết được cập nhật, bổ sung các thông tin về tính chất các trận lũ. Kết quả thành lập bản đồ ngập lũ giúp giải quyết một số vấn đề thực tế đòi hỏi như: khoanh vẽ các khu vực bị ảnh hưởng, khái tính thiệt hại do lũ lụt và cung cấp thông tin hỗ trợ cho mô hình thủy văn-thủy lực mô phỏng dòng chảy lũ. Công nghệ vệ tinh, kỹ thuật bay chụp, tính toán đám mây đã có sự phát triển vượt bậc trong những năm gần đây, góp phần cải tiến các phương pháp, cung cấp tư liệu đa thời gian phục vụ thành lập bản đồ ngập lũ. Đặc biệt là công nghệ viễn thám [10-14], công nghệ RTK được ứng dụng rộng rãi, kết hợp với GIS cả về phần cứng và phần mềm.

Trận lũ từ ngày 26-30/11/2021 ở tỉnh Phú Yên được ghi nhận là trận lũ lớn sau các trận lũ lịch sử. Lượng mưa lớn nhất 671,8 mm khiến mực nước trên báo động 3 là 0,9 m. Thống kê thiệt hại có 4 người chết, 6 người mất tích. Ngập lụt đã làm 17.800 nhà bị ngập nước dưới 1 m, 45 nhà trên 1 m và 4 nhà bị hư hỏng hoàn toàn. Về nông nghiệp gây thiệt hại cho 1.800 ha (đất trồng lúa + đất trồng màu và cây trồng khác); về chăn nuôi có 13.400 gia súc, gia cầm bị chết, cuốn trôi; ngoài ra còn làm vỡ hồ, cuốn trôi 1,5 ha thủy sản. Về thủy lợi, gây hư hỏng cho 18.600 m kênh mương, bị sạt lở, bồi lấp đất đá 5.600 m³ [15].

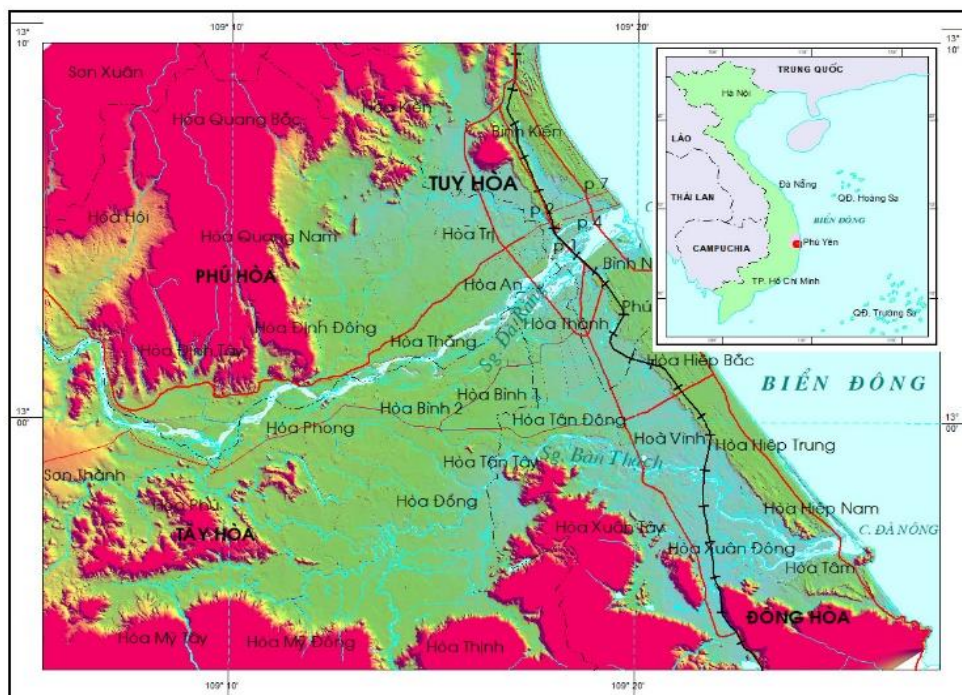
Để đáp ứng mục tiêu ứng phó với thiên tai ngập lụt, giảm thiểu tác hại đồng thời cung cấp cơ sở khoa học nhằm bố trí dân cư, phát triển kinh tế xã hội cần có được bản đồ ngập lụt vùng đồng bằng Tuy Hòa với thông tin về diện và mức độ ngập lụt nhanh chóng, chính xác. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi xây dựng phương pháp ứng dụng các công nghệ (RS, RTK, GIS) để xây dựng bản đồ ngập lũ, áp dụng thực tế cho trận lũ năm 2021 tại đồng bằng Tuy Hòa tỉnh Phú Yên thuộc hạ lưu lưu vực sông Ba với các thông tin chi tiết về phân bố không gian và độ sâu ngập lũ đến cấp huyện.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Ba là lưu vực sông lớn đi qua nhiều tỉnh, ảnh hưởng của lũ lụt tác động mạnh mẽ tới đồng bằng Tuy Hòa tỉnh Phú Yên bao gồm các huyện, thị phía dưới đập Đồng Cam là nơi tập trung các khu dân cư, hành chính và kinh tế lớn bao gồm: Thành phố Tuy Hòa, thị xã Đông Hòa, huyện Phú Hòa và huyện Tây Hòa (Hình 1). Đồng bằng Tuy Hòa hình thành trên trũng kiến tạo Tuy Hòa được lấp đầy bởi vật liệu trầm tích Đệ tứ có nguồn gốc sông, biển và hỗn hợp sông–biển [16]. Địa hình chủ yếu là các bậc thềm, các dải cồn cát cổ ven biển và trũng sau cồn, kéo dài theo hướng TB–ĐN. Hình thái lòng sông Ba phần hạ lưu mở rộng, độ dốc dòng chảy thấp, lòng sông nông và có hình thái bện thừng nên hạ lưu sông Ba dễ bị lũ ngập rộng và xuống lâu do bị dồn lũ và khả năng thoát lũ qua cửa hạn chế. Cơ chế mưa gây lũ hạ lưu sông Ba chủ yếu là trên phần thượng lưu vực. Lượng mưa trung bình hàng năm trên lưu vực là 1.773 mm/năm, phân hóa rõ rệt theo mùa, mùa mưa chiếm tới 86,3% lượng mưa năm. Mùa lũ phần hạ lưu sông Ba chậm hơn mùa mưa khoảng 1 tháng, và thường xảy ra vào tháng IX–XII, chủ yếu là vào tháng X–XI.

Những yếu tố nhân tác khác cũng ngày càng chi phối lớn hơn đến chế độ lũ đồng bằng Tuy Hòa, gồm: xây dựng và vận hành các hồ chứa, xây dựng mới và tôn tạo các tuyến đường giao thông, xây dựng đô thị và thay đổi kiểu thảm phủ trên lưu vực càng làm cho chế độ lũ đồng bằng Tuy Hòa trở nên khó dự đoán và mô phỏng hơn. Có được bản đồ ngập lũ là một tiền đề giúp xây dựng các kịch bản mô phỏng diễn toán lũ, từ đó cung cấp cơ sở khoa học góp phần xây dựng kế hoạch phòng tránh và giảm thiểu thiệt hại do lũ lụt, phát triển bền vững kinh tế-xã hội.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu thành lập bản đồ ngập lũ hạ lưu sông Ba.

2.2. Phương pháp viễn thám và điện toán đám mây

Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của công nghệ vệ tinh đã cung cấp tư liệu hình ảnh chính xác về các đối tượng trên bề mặt trái đất một cách nhanh chóng. Đây là nguồn số liệu quý báu cho nhiều ngành, lĩnh vực khoa học, trong đó có lũ lụt bởi khả năng cung cấp thông tin đồng bộ, trên diện rộng trong điều kiện khó tiếp cận. Thực tế, đã có nhiều nghiên cứu về lũ lụt ở trong và ngoài nước sử dụng các tư liệu viễn thám radar như: ENVISAT, RADARSAT-1, AlosPALSAR và đặc biệt trong thời gian gần đây là Sentinel-1 [10–12].

Từ năm 2008 trở lại đây, sau khi tư liệu viễn thám Landsat, Sentinel được cung cấp miễn phí, Google đã lưu trữ tất cả các tập dữ liệu và liên kết chúng trong Google Earth Engine (GEE). GEE là một nền tảng điện toán đám mây [17] được thiết kế để lưu trữ, xử lý và phân tích các tập dữ liệu khổng lồ (quy mô petabyte) như dữ liệu viễn thám và các nguồn dữ liệu địa lý khác. GEE có giao diện thân thiện, dễ dàng truy cập để phát triển dữ liệu và thuật toán tương tác. Do GEE làm việc trên nguyên lý điện toán đám mây nên không phụ thuộc nhiều vào tài nguyên thiết bị người dùng, mà thực hiện việc xử lý dữ liệu thông qua giao thức lập trình JavaScript (API) cho máy chủ.

Gần đây, từ ngày 26–30/11/2021 trên lưu vực sông Ba có lượng mưa lớn, đồng thời các hồ thủy điện trên thượng nguồn xả lũ tạo ra trận lũ lớn, thời gian ngập kéo dài 2–3 ngày tại đồng bằng Tuy Hòa. Trong thời điểm đó có ảnh Sentinel 1A được thu nhận ngày 29/11/2021. Sử dụng GEE chúng tôi đã xây dựng sơ đồ diện ngập lũ bước đầu (Hình 3), để xây dựng tuyến khảo sát, xác định thông tin vị trí, cao độ điểm ngập lụt.

2.3. Phương pháp khảo sát thực địa ứng dụng công nghệ RTK

Như đã nói ở trên, tư liệu ảnh viễn thám bước đầu cho phép sơ bộ xác định được diện ngập lũ. Mức độ ngập lũ, hay phân bố độ cao mực nước lũ cho từng ô thửa được xác định qua công tác điều tra, khảo sát vết lũ bằng công nghệ RTK (Hình 2). Công việc này cần thiết bị dẫn đường có cài đặt bản đồ dẫn đường (sơ đồ ngập lũ xây dựng từ trước nhằm xác định các tuyến, điểm khảo sát dự kiến).

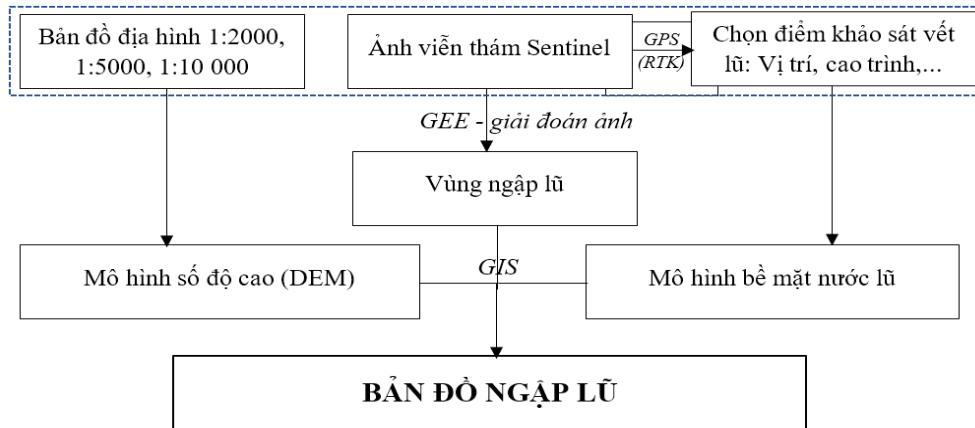
RTK viết tắt của Real Time Kinematics—định vị động học thời gian thực là một kỹ thuật GNSS vì sai cung cấp khả năng định vị chính xác cao trong vùng lân cận của một trạm gốc (trạm Base). Kỹ thuật này dựa trên việc sử dụng các phép đo sóng mang và truyền các tín hiệu hiệu chỉnh từ trạm gốc, có vị trí đã được biết rõ, đến bộ định tuyến (Rover), để các sai số do việc định vị bằng một thiết bị độc lập được giảm thiểu. Một trạm gốc RTK có bán kính hoạt động khoảng 10 km hoặc 20 km và cần duy trì kênh liên lạc thời gian thực để kết nối định tuyến với trạm di động. RTK đạt độ chính xác định vị mặt bằng và độ cao trong phạm vi sai số vài cm, nên trong khảo sát trắc địa thường sử dụng kỹ thuật này [18].



Hình 2. Điều tra, khảo sát, đo đạc vết lũ ứng dụng công nghệ RTK.

2.4. Phương pháp bản đồ và hệ thống tin địa lý (GIS)

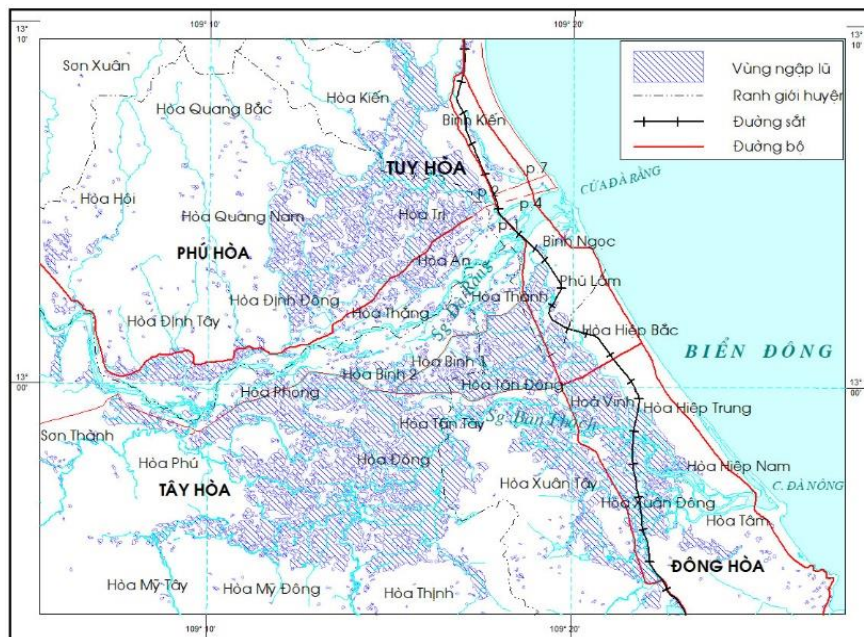
Nghiên cứu sử dụng các bản đồ địa hình ở các tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và 1:10.000 để xây dựng mô hình số độ cao (DEM). Từ các điểm đo đặc khảo sát vết lũ sau khi xử lý, kiểm tra và hiệu chỉnh, sử dụng phép nội suy Natural Neighbour tạo mô hình bề mặt nước lũ. Ứng dụng GIS [19] thực hiện phép toán đại số giữa 2 mô hình DEM và mô hình bề mặt nước lũ tạo ra kết quả là thông tin diện và độ sâu ngập. Sơ đồ quy trình công nghệ thành lập bản đồ ngập lũ được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ công nghệ thành lập bản đồ ngập lũ.

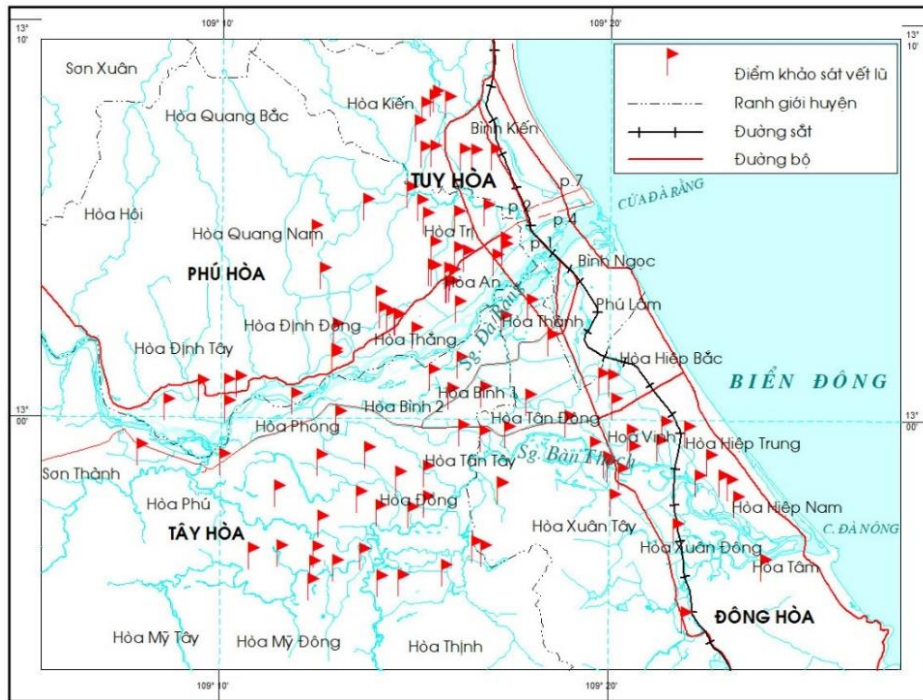
3. Kết quả và thảo luận

Áp dụng sơ đồ công nghệ (Hình 3) giải đoán ảnh viễn thám Sentinel 1A ngày 29/11/2021 (Hình 4). Đối sánh kết quả giải đoán và số liệu khảo sát thực tế vùng ngập lũ cho thấy một số tồn tại trong giải đoán ảnh: tại các khu vực có thực vật nổi trên mặt nước hay cao hơn mực nước lũ được xác định là khu vực không bị ngập lũ, do ảnh radar chỉ nhận được thông tin phản xạ từ bề mặt tại vị trí tiếp xúc đầu tiên của tia tới; tương tự các công trình xây dựng ở khu dân cư—khi mái nhà cao hơn mặt nước—thì kết quả thu được từ giải đoán ảnh là khu vực không bị ngập. Để khắc phục điều này, nhằm nâng cao độ tin cậy trong xây dựng bản đồ diện ngập lũ từ ảnh viễn thám radar cần có thêm các bước xử lý kết hợp với lớp phủ bề mặt và địa hình [20].

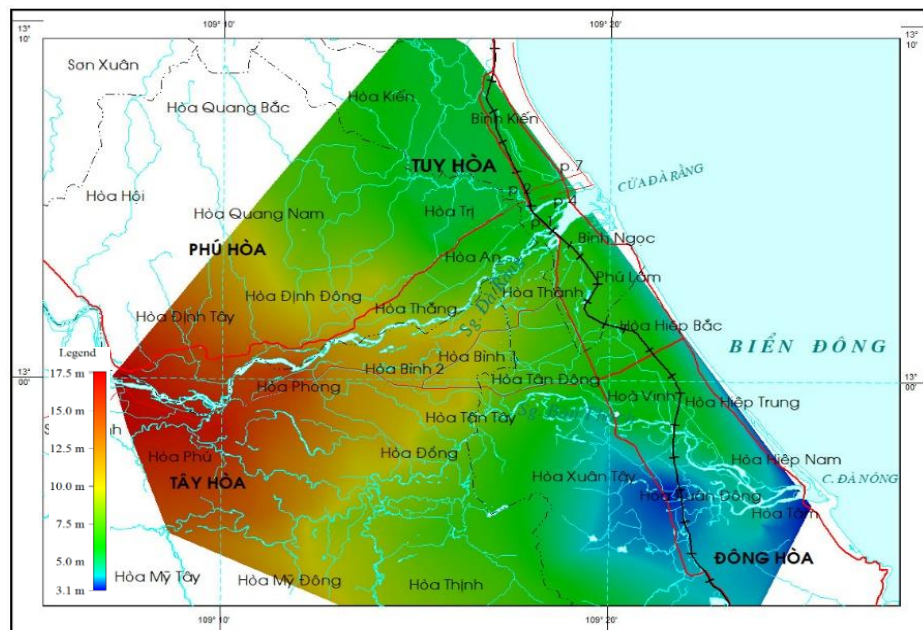


Hình 4. Sơ đồ vùng ngập lũ giải đoán từ ảnh viễn thám Sentinel 1 ngày 29/11/2021.

Quá trình điều tra khảo sát vết lũ được thực hiện tại 109 điểm bằng công nghệ RTK trong vùng ngập lũ của đồng bằng Tuy Hòa đã được xác định từ ảnh Sentinel 1A (Hình 5). Giá trị tọa độ và độ cao mực lũ tại các điểm khảo sát đều thuộc hệ quy chiếu VN2000, được sử dụng để xây dựng mô hình bề mặt nước lũ bằng các công cụ GIS.

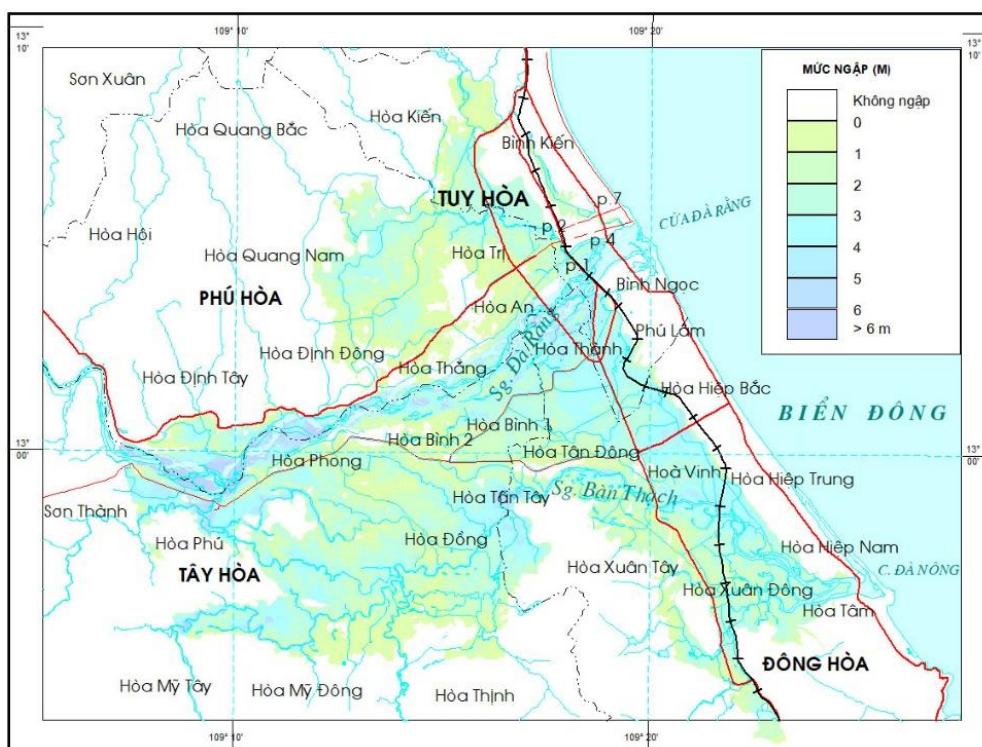


Hình 5. Sơ đồ vị trí các điểm điều tra, khảo sát vết lũ.



Hình 6. Mô hình bề mặt nước lũ lớn nhất từ kết quả khảo sát vết lũ bằng RTK.

Mô hình bề mặt nước lũ (Hình 6), trong đó những khu vực có mật độ các điểm khảo sát vết lũ càng cao thì mô hình bề mặt nước lũ sẽ càng phản ánh sát thực bề mặt nước lũ hơn. Thực tế, tại một số khu vực rất khó đo đạc vết lũ do đó là khu vực không có dân cư, chủ yếu là các đầm nuôi thủy sản như tại xã Hòa Xuân Đông–Đông Hòa. Tại các khu vực có độ cao mặt nước lũ khác biệt do dòng chảy lũ từ sông Ba, sông Bàn Thạch bị chặn lại bởi đường sắt và quốc lộ cũng thể hiện rất rõ trên mô hình bề mặt nước lũ.



Hình 7. Kết quả xác định diện ngập và độ sâu ngập trên bản đồ 1:10.000.

Phân tích số liệu khảo sát vết lũ và mô hình bề mặt nước lũ cho thấy: Độ cao bề mặt nước lũ từ thượng lưu ra cửa sông giảm dần, từ màu đỏ–xanh lá–xanh nước biển ứng với độ cao từ 18–3 m; độ cao mực nước giảm dần từ bờ sông ra hai bên, điều đó minh chứng rõ ràng lũ ở khu vực đồng bằng phần lớn do nước từ thượng nguồn sông Ba đổ về; đồng thời, do tác động của địa hình và địa vật khiến cho bề mặt nước lũ có sự lồi lõm. Thực hiện phép toán đại số giữa 2 lớp bản đồ mô hình số độ cao DEM và mô hình bề mặt nước lũ trong GIS thu được kết quả là mô hình ngập lũ để thành lập bản đồ ngập lũ chứa đựng thông tin phạm vi và độ sâu ngập lũ (Hình 7).

Bảng 1. Thống kê diện tích ngô lũ theo cấp độ ngô sâu theo đơn vị hành chính (Đơn vị tính: ha).

STT	Đơn vị	Ngập 0–1m	Ngập 1–2m	Ngập 2–3m	Ngập 3–4m	Ngập 4–5m	Ngập 5–6m	Ngập >6 m	Tổng diện tích ngập	% diện tích
1	TP. Tuy Hòa	623,27	442,55	926,06	541,79	121,35	49,05	3,96	2708,03	25,35
2	TX. Đồng Hòa	1119,02	2244,28	2686,86	2115,65	598,84	130,45	42,80	8937,90	33,32
3	H. Phú Hòa	2417,46	1672,14	1624,87	374,24	150,04	157,00	275,89	6671,64	25,34
4	H. Tây Hòa	2571,01	3721,65	3626,66	1550,20	576,53	342,47	315,89	12704,41	20,85

Trên bản đồ độ sâu ngập lũ cho thấy các vùng đất thấp, thoát nước kém, thậm chí vùng bán sơn địa tồn tại nhiều ô trũng như Hòa Phú, Hòa Đồng, Hòa Tân Tây–Tây Hòa ngập sâu đến 4–6 m (Hình 7, Bảng 1). Ra phía ngoài cửa sông tuy địa hình thấp chỉ 0,5–1 m nhưng tiêu thoát tốt nên cũng ngập không sâu chỉ từ 1–2 m. Diện tích ngập sâu xuất hiện chủ yếu ở TX. Đông Hòa và huyện Tây Hòa tập trung ở các bãi ven sông Ba và sông Bàn Thạch. Huyện Tây Hòa có diện tích ngập lớn nhất nhưng chỉ chiếm 20,85% diện tích toàn huyện, Tp. Tuy Hòa có diện tích ngập ít nhất, chiếm 25,35% diện tích toàn thành phố.

4. Kết luận

Đồng bằng Tuy Hòa là trung tâm hành chính, nơi tập trung đông dân cư, phát triển kinh tế của tỉnh Phú Yên thường xuyên bị thiệt hại do ngập lũ của sông Ba cần thiết phải thành lập bản đồ ngập lũ phục vụ cho quản lý, xây dựng kế hoạch, quy hoạch phát triển.

Ảnh viễn thám Sentinel-1 là nguồn dữ liệu miễn phí, được lưu trữ ổn định và dễ dàng truy cập nên rất có giá trị để nhanh chóng xây dựng bản đồ diện và độ sâu ngập lũ nhờ công cụ GEE. Bài báo đã xây dựng phương pháp xây dựng bản đồ ngập lũ và áp dụng thử nghiệm cho một trận lũ lớn (29/11/2021). Nhằm khắc phục những hạn chế do ảnh hưởng của lớp phủ bề mặt đến kết quả giải đoán ảnh viễn thám nên không phát hiện được chính xác diện ngập và nhất là độ sâu ngập lũ. Nhóm tác giả sử dụng công nghệ RTK để đo đạc các vết lũ theo các tuyến điểm vạch ra từ sơ đồ dẫn đường là dẫn xuất của bản đồ ngập lũ ngày 29/11/2021 kết hợp với bản đồ địa hình. Kết quả đo đạc khảo sát vết lũ được dùng để xây dựng được mô hình bề mặt ngập lũ.

Phân tích không gian trên cơ sở chồng chập mô hình số địa hình (DEM) và mô hình bề mặt ngập lũ (DSF) để thành lập bản đồ ngập lũ. Nội dung bản đồ thể hiện được đầy đủ diện và độ sâu ngập lũ phân bố trên không gian địa lý của đồng bằng Tuy Hòa. Phương pháp kết hợp cả 3 công nghệ (RS, RTK, GIS) giúp thành lập bản đồ ngập lũ nhanh chóng có tính thực tiễn cao là tài liệu có giá trị nghiên cứu ngập lũ đồng thời có thể ứng dụng phát triển công nghệ cảnh báo thời gian thực.

Để đáp ứng công tác cảnh báo lũ lụt chính xác và thuận tiện theo phương pháp bài báo xây dựng cần bổ sung thêm điểm đo mực nước tự động hoặc camera thu thập hình ảnh để cung cấp trị số cao độ mặt nước thời gian thực để xác định bề mặt ngập lũ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.Đ.H., H.T.S., T.P.T., V.H.Đ.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.Đ.H., T.P.T., H.T.S., B.A.T.; Xử lý số liệu: L.Đ.H., T.P.T., H.T.S., V.H.Đ., B.A.T., T.V.N., N.T.H.Y; Viết bản thảo bài báo: L.Đ.H., H.T.S., T.P.T.; Chỉnh sửa bài báo: L.Đ.H., V.H.Đ., T.P.T., B.A.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện bởi sự hỗ trợ về số liệu của đề tài nghiên cứu khoa học: “Xây dựng cơ sở dữ liệu và công cụ hỗ trợ công tác phòng chống ngập lụt trên địa bàn tỉnh Phú Yên”.

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. Benden, N.; Ulke, K.A. Flood map production and evaluation of flood risks in situations of insufficient flow data. *Nat. Hazard* **2021**, 105(3), 2381–2408.
2. Erdem, F.; Avdan, U. Comparison of different U-net models for building extraction from high-resolution aerial imagery. *Int. J. Environ. Geoinformatics* **2020**, 7(3), 221–227.
3. Tarpanelli, A.; Mondini, A.C.; Camici, S. Effectiveness of Sentinel-1 and Sentinel-2 for Flood Detection Assessment in Europe. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss* **2022**. <https://doi.org/10.5194/nhess-2022-63>. (Online Available).
4. Nhung, N.K., Hoàng, N.Đ., Nghiêm, Đ.V. Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu sông Ba theo các cấp báo động. *Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi* **2015**, 29, 2–9.
5. Sơn, H.T.; Anh, T.V. Determination of drainage corridor in the downstream Vu Gia – Han river, Da Nang city. *VN J. Earth Sci.* **2017**, 41(1), 45–56.
6. Thai, T.H.; Tri, D.Q. Combination of hydrologic and hydraulic modeling on flood and inundation warning: case study at Tra Khuc–Ve River basin in Vietnam. *VN J. Earth Sci.* **2019**, 41(3), 240–251.
7. Sâm, Đ.X.; Hạnh, L.Đ.; Bình, H.T.; Châm, Đ.Đ.; Mai, B.T.; Hạnh, L.Đ. Nghiên cứu xây dựng loạt bản đồ phục vụ cảnh báo lũ quét vùng Nam Trung Bộ. *VN J. Earth Sci.* **2006**, 28(3), 363–367.
8. Chinh, L.; Duc, N.D.; Mahdis, A.; Binh, P.T. Flood susceptibility modeling using Radial Basis Function Classifier and Fisher’s linear discriminant function. *VN J. Earth Sci.* **2022**, 44(1), 55–72.

9. Cừ, N.V. và cs. Nghiên cứu luận cứ khoa học cho các giải pháp phòng tránh, hạn chế hậu quả lũ lụt lưu vực sông Ba. Đề tài độc lập cấp nhà nước, Tài liệu lưu trữ tại Viện Địa lý, 2003.
10. Long, V.H.; Giang, N.V.; Hòa, P.V.; Hùng, N.T. Ứng dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine trong nghiên cứu lũ lụt tại Đồng Tháp, hạ lưu sông Mê Công. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2018**, 43, 19–29.
11. Chiến, P.V. Nghiên cứu xác định diện tích ngập nước sử dụng ảnh Sentinel–1 trên nền Google Earth Engine: Áp dụng cho tỉnh Đồng Tháp, đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2020**, 59, 113–120.
12. Toàn, N.T.; Châu, T.K.; Tâm, D.T.; Linh, N.H. Ứng dụng công nghệ viễn thám xây dựng bản đồ ngập lụt cho khu vực sông Bù trong trận lũ lịch sử 2018. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2019**, 66, 81–87.
13. Erenoğlu, R.C.; Arslan, E. Flood Analysis and Mapping Using Sentinel–1 Data: A Case Study from Tarsus Plain, Turkey. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi* **2021**, 2(3), 35–49.
14. Stefan, S.; Patrick, M.; Markus, H.; Wolfgang, W. Flood detection from multi-temporal SAR data using harmonic analysis and change detection. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2015**, 38, 15–24.
15. <https://laodong.vn/xa-hoi/phu-yen-3-nguoi-chet-6-nguoi-mat-tich-trong-mua-lu-979865.lido>.
16. Pha, P.Đ.; Yên, T.H. Lịch sử phát triển các thành tạo trầm tích Đệ tứ đồng bằng Tuy Hòa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2012**, 12(4A), 136–143.
17. Mutanga, O.; Kumar, L. Google Earth Engine Applications. *Remote Sens.* **2019**, 11(5), 591. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>.
18. https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Real_Time_Kinematics.
19. Emmanuel, N.; Rhinane, H.; Elarabi, E.; Mansour, M. Use of digital elevation model in a gis for flood susceptibility mapping: case of bujumbura city. Proceedings of the 6th International Conference on Cartography and GIS, Albena, Bulgaria, **2016**, 13–17. ISSN: 1314–0604.
20. Foroughnia, F.; Alfieri, S.M.; Menenti, M.; Lindenbergh, R. Evaluation of SAR and Optical Data for Flood Delineation Using Supervised and Unsupervised Classification. *Remote Sens.* **2022**, 14, 3718.

Applycation remote sensing, RTK, GIS technology for flood mapping of Tuy Hoa delta – Phu Yen province

Le Duc Hanh¹, Hoang Thanh Son^{1*}, Tong Phuc Tuan¹, Bui Anh Tuan¹, Vu Hai Dang², Nguyen Thi Hai Yen¹, Trinh Viet Nga³

¹ Institute of Geography – Vietnam Academy of Science and Technology; hanhvdl@gmail.com; hoangson97@gmail.com; tuan_tongphuc@yahoo.com; igtuan253@gmail.com

² Institute of Marine Geology and Geophysics – Vietnam Academy of Science and Technology; vuhaidang@hotmail.com

³ Department of National Remote sensing – Ministry of Natural Resources and Environment; tvnga2016@gmail.com

Abstract: In areas that are frequently affected by floods, the map showing the area and extent of inundation plays an important role in the response and mitigation of damage, and serves as a basis for planning on population distribution. settlement, economic and social development. The study has developed a method to create flood maps based on the integration of remote sensing, RTK and GIS technologies and applied it to the Tuy Hoa

delta–Phu Yen province. Sentinel1 remote sensing image data from November 2021 is processed on the Google Earth Engine server, allowing quick identification of flooded areas. Combined with flood track survey data at the same time by RTK measurement technology, it helps to interpolate the flood surface model to correct the floodplain interpretation results due to the influence of buffer surface factors and terrain elevation. GIS software combines the results of flood interpretation, flood surface model and large–scale topographic map to build a map of flood area and depth. The map shows in detail 7 flood levels from 0–6 m, in which Tay Hoa district has the largest total flooded area (12.704 ha), Tuy Hoa city has the least flooded area (2.708 ha); Common flooding depth is 1–3 m (16.945 ha) distributed mainly in low–lying areas of Tay Hoa district and Dong Hoa town. The study shows the ability to integrate remote sensing images, water level monitoring systems and large–scale topographic maps for real–time flood monitoring to meet flood disaster prevention throughout the country in general and Tuy Hoa plain – Phu Yen province in particular.

Keywords: Tuy Hoa delta; Flood map; Flood marks; Remote Sensing; RTK.