

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

Phạm Văn Chiến

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu thay đổi diện tích ngập nước theo không gian và thời gian cho Đồng Tháp, sử dụng 114 ảnh Sentinel-1 thu thập từ năm 2015 đến 2018. Quá trình giải đoán ảnh được thực hiện trên nền Google Earth Engine thông qua chương trình viết bằng ngôn ngữ Java Script. Các kết quả thể hiện rằng (i) diện tích ngập thay đổi khá tương đồng với sự biến đổi mực nước, (ii) diện tích ngập lớn nhất thường xuất hiện vào tháng VII và VIII, với giá trị thay đổi từ 1584 đến 1892 km² (tương ứng bằng khoảng 45.8 đến 54.7% diện tích của Đồng Tháp), trong khi giá trị nhỏ nhất xuất hiện vào IV và bằng từ 4.65 đến 6.18% diện tích của tỉnh, (iii) diện tích ngập có tương quan chặt chẽ với sự thay đổi mực nước tại Tân Châu, với hệ số tương quan là 0.75. Quá trình giải đoán mỗi ảnh Sentinel-1 cho vùng nghiên cứu nhỏ hơn 15 giây, do đó tiết kiệm được rất nhiều thời gian cho xử lý tập ảnh đã chọn.

Từ khóa: Sentinel-1, Google Earth Engine, Diện tích ngập, Đồng Tháp

Summary: This paper presents the spatio-temporal variability of surface water area for Dong Thap province, Vietnamese Mekong Delta by using a time-series of 114 Sentinel-1 images. The image process was implemented on the Google Earth Engine cloud computing platform using Java Script language. The results showed that (i) the temporal variation of water surface area consists with the change in water elevation, (ii) the largest value of water surface area often occurs in July and August, with a value ranging from 1584 to 1892 km² (approximately from 45.8 to 54.7% of the province's area), while the smallest value appears in April and equals from 4.65 to 6.18% of the area of the province, (iii) water surface area strongly correlates with the change in water elevation at Tan Chau station, with a correlation coefficient of 0.75. The time for processing each Sentinel-1 image is less than 15 seconds, thus saving a lot of time for processing the selected time-series Sentinel-1 images.

Keywords: Sentinel-1, Google Earth Engine, inundated area, Dong Thap

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ứng dụng ảnh viễn thám trong khai thác và quản lý tài nguyên nước trước những thách thức của biến đổi khí hậu cũng như các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, lũ lụt đã và đang trở thành một trong những xu thế rất phổ biến hiện nay [1]. Bởi vì, ảnh viễn thám cho phép xem xét các yếu tố quan tâm trong phạm vi không gian rộng lớn và tại các thời

điểm khác nhau một cách dễ dàng. Các nghiên cứu gần đây [2-5] cũng đã khẳng định rằng dữ liệu giải đoán đặc điểm bề mặt trái đất tại các thời điểm khác nhau từ ảnh viễn thám là một trong những nguồn dữ liệu vô cùng quý giá, giúp cho việc quản lý tài nguyên nước trở lên hiệu quả. Đồng thời, nguồn dữ liệu này khi kết hợp với các số liệu đo đạc tại các trạm khí tượng thủy văn còn cho phép các tính toán

Ngày nhận bài: 21/3/2020
Ngày thông qua phản biện: 15/4/2020

Ngày duyệt đăng: 20/4/2020

liên quan có độ chính xác cao [3]

Ảnh viễn thám có thể được chia thành hai loại chính đó là ảnh quang học và ảnh Radar. Ảnh quang học có khả năng ứng dụng trong việc nghiên cứu các đặc trưng của bề mặt trái đất, bởi vì, các thông tin thu được từ ảnh vệ tinh quang học có mối quan hệ mật thiết với điều kiện thảm phủ và bề mặt đệm. Tuy nhiên, ảnh quang học thường bị ảnh hưởng của mây che phủ nhất là trong thời gian xảy ra mưa lũ. Vì vậy, bên cạnh sử dụng ảnh quang học thì ảnh Radar ngày càng được sử dụng rộng rãi, đã và đang trở thành một xu thế ứng dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu khác nhau do ảnh Radar không chịu ảnh hưởng của mây cũng như bóng mây. Dữ liệu ảnh Radar có thể được thu nhận từ nhiều vệ tinh, như: TerraSAR-X, Cosmo SkyMed, Radarsat-2, Sentinel-1 [6], đồng thời sản phẩm từ các vệ tinh này đa số là sản phẩm thương mại. Từ năm 2014, ảnh Radar ghi nhận từ vệ tinh Sentinel-1 bắt đầu cung cấp miễn phí bởi chương trình phát triển của trung tâm vũ trụ Châu Âu nên đã tạo ra rất nhiều điều kiện thuận lợi trong nghiên cứu giám sát băng, tràn dầu, gió và sóng biển, thay đổi sử dụng đất, biến đổi địa hình, động đất, lũ lụt và hạn hán.

Ảnh Sentinel-1 có các chế độ (i) phân cực đơn VV (Vertical-Vertical) hoặc HH (Horizontal-Horizontal) và (ii) phân cực đôi VH (Vertical-Horizontal) hoặc HV (Horizontal-Vertical). Conde and Munoz [2] đã khảo sát ảnh hưởng của phân cực đơn VV và phân cực đôi VH cho giám sát ngập lụt do mưa lũ lưu vực sông Ebro, Tây Ban Nha khi sử dụng ảnh Sentinel-1. DeVries et al. [3] sử dụng kết hợp ảnh Sentinel-1 và Landsat cho xác định diện tích ngập lụt và giám sát ảnh hưởng của các trận lũ cho các vùng Houston, Central Greece, East Coast of Madagascar của Mỹ. Kết quả từ các nghiên cứu nêu trên đều khẳng định rằng phân cực đôi VH cho kết quả giám sát ngập lụt khá phù hợp cho xây dựng các bản đồ ngập nước khi sử dụng ảnh Sentinel-1. Các ví dụ trên thể hiện rằng phân cực đôi VH hoàn toàn có thể được sử dụng để

xác định diện tích ngập nước cho tỉnh Đồng Tháp.

Gần đây, Google Earth Engine (GEE) đã ra đời với mục đích là một công cụ hỗ trợ đắc lực giúp cho các nhà nghiên cứu có thể dễ dàng truy cập và sử dụng các tài nguyên máy tính sẵn có và hạ tầng công nghệ thông tin của Google trong nghiên cứu, khai thác và sử dụng ảnh vệ tinh để quản lý và giám sát tài nguyên thiên nhiên và môi trường [7]. GEE được xây dựng trên nền điện toán đám mây, giúp cho việc truy cập trở nên dễ dàng với tốc độ truy suất cao, cùng nguồn tài nguyên vô cùng rộng lớn. Hơn nữa, GEE lưu trữ và bao gồm rất nhiều dữ liệu về không gian địa lý được thu thập từ các các nguồn ảnh vệ tinh, với số lượng ảnh thường xuyên được cập nhật hằng ngày, nhằm phục vụ tốt hơn cho các nghiên cứu. Người dùng hoàn toàn truy cập một cách có hiệu quả, xóa bỏ nhiều rào cản trong khai thác và quản lý dữ liệu. Có thể nhận thấy rằng, GEE được biết đến là một nền tảng xử lý không gian địa lý dựa trên dữ liệu điện toán đám mây tiên tiến và được cung cấp miễn phí có thể khắc phục được những hạn chế về dữ liệu, tốc độ xử lý và tính toán mà phương pháp xử lý ảnh truyền thống gặp phải.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xác định sự thay đổi theo thời gian và không gian của diện tích ngập nước tỉnh Đồng Tháp (vùng Đồng bằng sông Cửu Long nước) sử dụng các đặc điểm của bề mặt đệm giải đoán từ phân cực đôi VH của tập ảnh vệ tinh Sentinel-1 kết hợp với số liệu mực nước thực đo ghi nhận tại các trạm thủy văn trong và lân cận khu vực nghiên cứu. Ngoài ra, nghiên cứu cũng nhằm mục đích (i) giải đoán ảnh Sentinel-1 trên nền GEE nhằm giảm tối đa thời gian xử lý và giải đoán ảnh cũng như tiết kiệm tối đa dung lượng lưu trữ dữ liệu và (ii) xác định vị trí mà tại đó mực nước có tương quan chặt chẽ và cao nhất với diện tích ngập. Ảnh Sentinel-1 thu thập trong thời kỳ 2015 đến 2018 với độ phân giải 10 m theo không gian sẽ được xử lý trên nền GEE để giải đoán các đặc trưng và dữ liệu cần thiết phục vụ

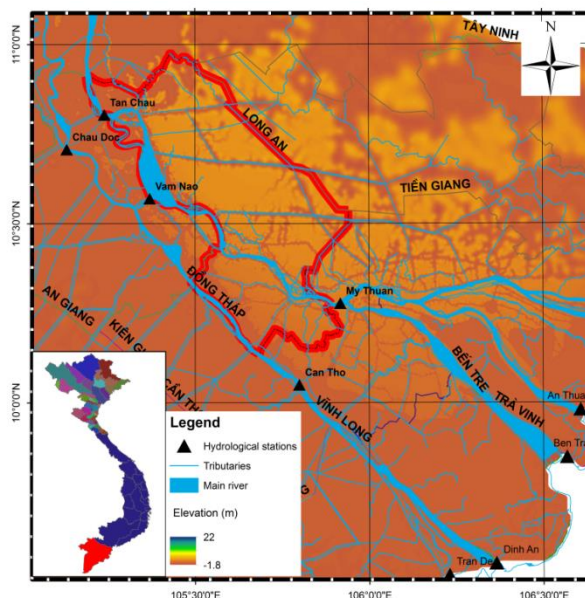
cho các mục đích nghiên cứu. Đây là nghiên cứu đầu tiên sử dụng ảnh Sentinel-1 với độ phân giải rất cao nhằm xác định diện tích ngập cho tỉnh Đồng Tháp.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

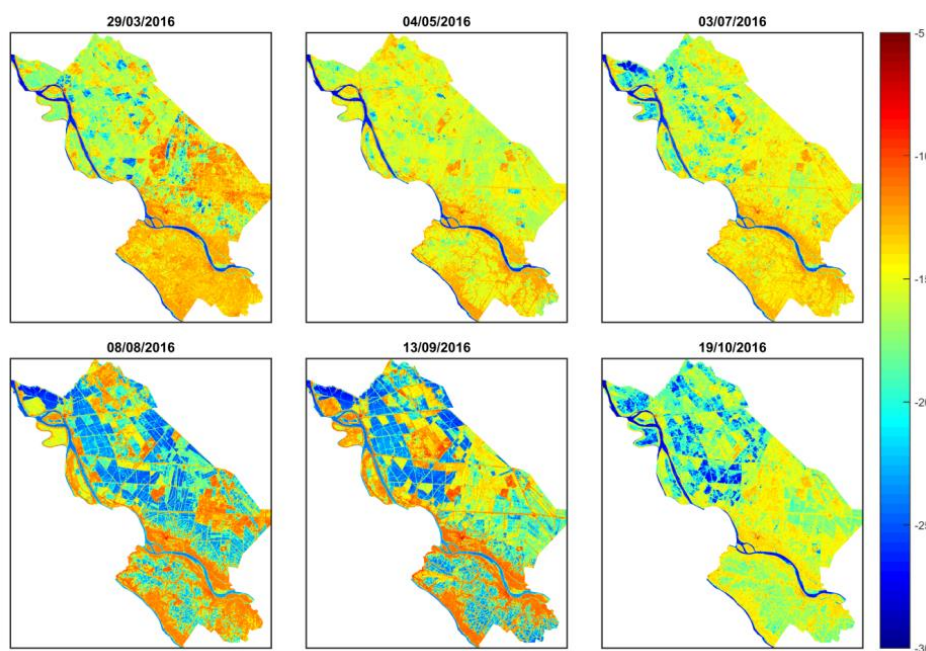
2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu ảnh Sentinel-1

Đồng Tháp là một tỉnh nông nghiệp, nổi tiếng với nhiều loại nông sản, lương thực và thủy sản có giá trị xuất khẩu. Đất đai của Đồng Tháp màu mỡ bởi phù sa của hai con sông Tiền và sông Hậu cung cấp hàng năm. Nằm ở khu vực đầu nguồn sông Cửu Long, Đồng Tháp có nguồn nước mặt khá dồi dào và không bị nhiễm mặn. Ngoài ra, Đồng Tháp còn có sông nhánh Sở Hạ và Sở Thượng bắt nguồn từ Campuchia đổ ra sông Tiền ở Hồng Ngự. Phía Nam còn có sông Cái Tàu Hạ, Cái Tàu Thượng, sông Sa Đéc và hệ thống kênh rạch chằng chịt. Do đó, để đảm bảo phát triển bền vững kinh tế - xã hội, bảo vệ môi trường và

thích ứng với những thách thức của biến đổi khí hậu cũng như các hiện tượng thời tiết cực đoan (hạn hán, lũ lụt) xảy ra ngày càng thường xuyên và nghiêm trọng, đòi hỏi cần phải có các nghiên cứu xác định tổng lượng nước không chỉ trong mùa lũ mà còn cả trong mùa kiệt.



Hình 1: Bản đồ khu vực nghiên cứu



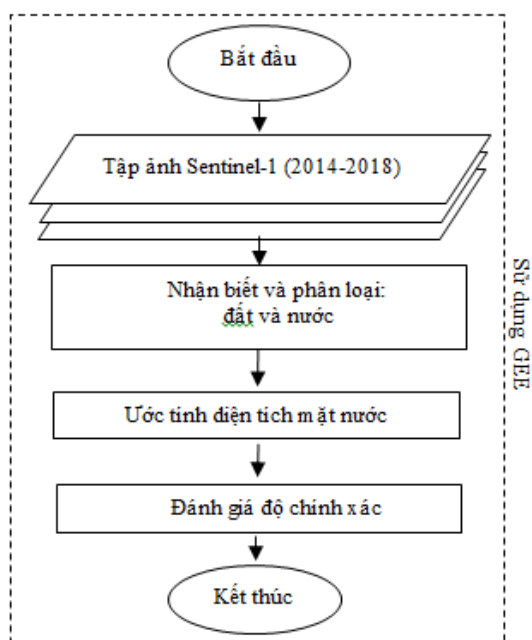
Hình 2: Ví dụ giá trị VH giải đoán từ ảnh Sentinel-1 cho khu vực nghiên cứu

Để xác định các diện tích ngập nước trong khu vực nghiên cứu, 114 ảnh Sentinel-1 với độ phân giải 10

m theo không gian đã được thu thập từ năm 2015 đến 2018. Tập ảnh nêu trên được lưu trữ trên hệ

thông siêu máy tính của Google và được xử lý thông qua các chương trình sử dụng ngôn ngữ lập trình Java Script trên nền của GEE. Hình 2 là ví dụ minh họa về giá trị VH giải đoán từ ảnh Sentinel-1 cho vùng nghiên cứu.

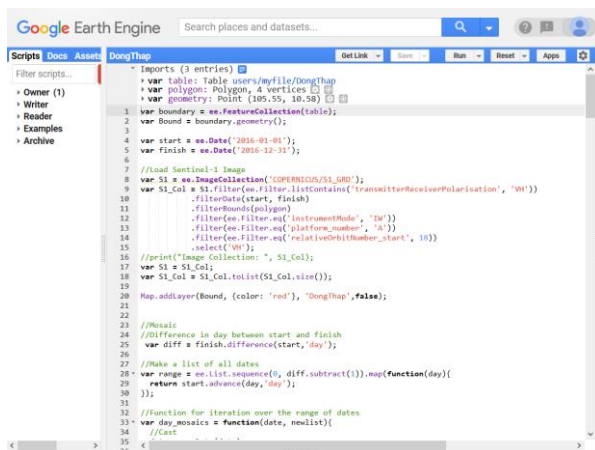
2.2 Phương pháp nghiên cứu



Hình 3: Sơ đồ xác định diện tích mặt nước

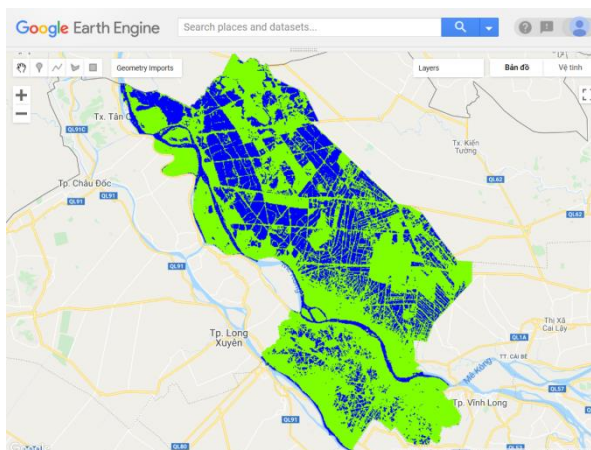
Hình 3 thể hiện sơ đồ quá trình giải đoán ảnh Sentinel-1 để xác định diện tích ngập nước

2.3. Chương trình giải đoán ảnh Sentinel-1 trên nền GEE



Hình 4: Chương trình giải đoán ảnh trên nền Google Earth Engine

cho khu vực nghiên cứu. Trước tiên, tập ảnh Sentinel-1 của khu vực nghiên cứu thu thập trong thời kỳ từ 2015 đến 2018 đã giải đoán để nhận biết các ô ngập nước và các ô không ngập nước trong từng ảnh. Cụ thể, nếu giá trị VH của pixel nào đó lớn hơn giá trị ngưỡng thì pixel đó được nhận biết là pixel ngập nước, ngược lại thì pixel đó được nhận biết là pixel không bị ngập nước (hay còn gọi là pixel khô). Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng giá trị ngưỡng đối với VH thay đổi từ -23 đến -19 [3-4,6]. Giá trị ngưỡng bằng -21 đã được lựa chọn trong nghiên cứu này, tương tự như các nghiên cứu trước đây [3-4]. Sau đó, diện tích ngập và không ngập nước trong khu vực nghiên cứu được xác định dựa trên các pixel ngập và không ngập nước. Cuối cùng, mực nước tại Tân Châu, Vàm Nao và Mỹ Thuật đã được sử dụng để xác định quan hệ giữa mực nước và diện tích ngập cho khu vực nghiên cứu. Hệ số tương quan giữa mực nước và diện tích ngập cũng được sử dụng để xác định vị trí có mối tương quan chặt chẽ với diện tích ngập.



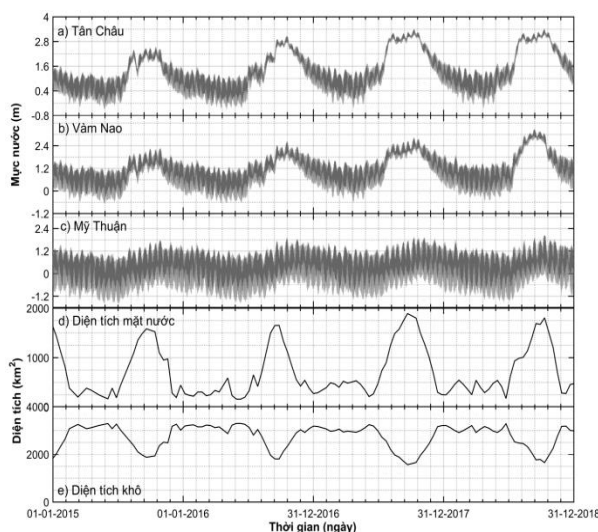
Hình 5: Ví dụ xác định diện tích nước và không nước khu vực nghiên cứu

Hình 4 là cửa sổ giao diện chương trình giải đoán ảnh Sentinel-1 trên nền của GEE sử dụng

ngôn ngữ lập trình JavaScript mà nghiên cứu đã thực hiện. Chương trình bao gồm nhiều chương trình con, cho phép (i) đọc và xác định giới hạn khu vực nghiên cứu, (ii) đọc và lọc dữ liệu ảnh Sentinel-1 cho khu vực nghiên cứu từ hệ thống máy chủ của Google, (iii) phân tích và giải đoán ảnh xác định các ô ngập và không ngập nước trong từng ảnh, (iv) xây dựng các mối tương quan giữa mực nước và diện tích ngập và (v) hiển thị và trích xuất các kết quả. Hình 5 là ví dụ hiển thị kết quả ngập và không ngập trong khu vực nghiên cứu trên nền của GEE. Lưu ý rằng chương trình giải đoán ảnh Sentinel-1 trong nghiên cứu này được xây dựng và thực hiện trên hệ thống siêu máy tính và hạ tầng công nghệ thông tin của Google nên thời gian xử lý và xác định diện tích ngập và không ngập cho mỗi ảnh là rất ngắn. Cụ thể, toàn bộ thời gian đọc và giải đoán cho mỗi ảnh thường nhỏ hơn 15 giây. Do đó, quá trình giải đoán và xử lý cho tập ảnh Sentinel-1 đã lựa chọn sẽ không đòi hỏi quá nhiều thời gian.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Diễn biến diện tích mặt nước theo thời gian



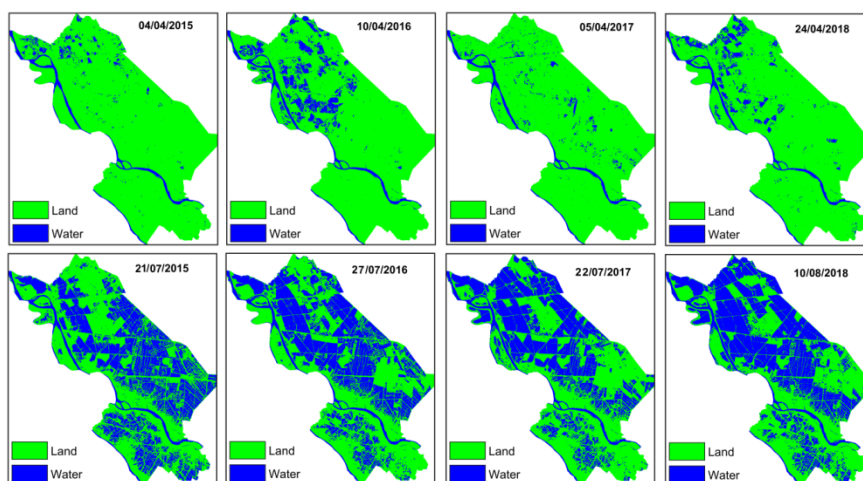
Hình 6: Sự thay đổi diện tích mặt nước và khô trong thời kỳ từ 2014-2018

Hình 6 thể hiện sự thay đổi diện tích ngập (diện

tích mặt nước) và diện tích không ngập (diện tích khô) trong thời kỳ từ năm 2015 đến 2018. Diện tích ngập và không ngập có sự thay đổi rõ rệt theo mùa. Trong thời kỳ từ tháng XI đến IV, phần lớn diện tích của khu vực nghiên cứu đều không bị ngập nước, với diện tích khoảng thay đổi từ 2642 đến 3300 km² (tương ứng bằng từ 76.3 đến 95.35% diện tích của tỉnh). Nói cách khác diện tích ngập nước trong thời kỳ từ tháng XI đến IV thay đổi từ 4.65 đến 23.7% diện tích của Đồng Tháp. Trong thời kỳ từ tháng V đến tháng X, diện tích ngập tăng đáng kể và thay đổi từ 450 đến 1892 km² (tương ứng bằng từ 13 đến 54.7% diện tích của Đồng Tháp). Diện tích ngập lớn nhất thường xuất hiện vào tháng VII và VIII, với giá trị thay đổi từ 1584 đến 1892 km² và bằng từ 45.8 đến 54.7% diện tích của tỉnh. Đồng thời, sự thay đổi diện tích ngập và không ngập trong khu vực nghiên cứu có sự tương đồng chặt chẽ với sự thay đổi mực nước tại Tân Châu và Vàm Nao, nơi mà ảnh hưởng của dòng chảy trong sông thể hiện mạnh mẽ hơn ảnh hưởng của thủy triều. Tại Mỹ Thuận, sự dao động mực nước tại đây thể hiện sự ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều và mờ nhạt của dòng chảy trong sông, thì xu thế thay đổi của diện tích ngập và không ngập trong vùng nghiên cứu không rõ ràng với sự thay đổi của mực nước.

3.2. Sự thay đổi diện tích mặt nước theo không gian

Kết quả xác định phân bố diện tích ngập nước theo không gian trong khu vực nghiên cứu tại các thời điểm khác nhau được thể hiện như trên Hình 7. Dễ dàng nhận thấy rằng phân bố diện tích ngập tỉnh Đồng Tháp có sự tương đồng chặt chẽ với sự thay đổi địa hình trên địa bàn tỉnh (xem chi tiết trên Hình 1). Phần lớn diện tích phía Nam và Đông Nam của tỉnh, nơi có địa hình cao hơn so với các khu vực khác, thì không bị ngập. Kết quả này tương tự như kết quả xác định diện tích ngập khi sử dụng tập ảnh MODIS EVI từ năm 2000 đến 2017 trong nghiên cứu trước đây [5].

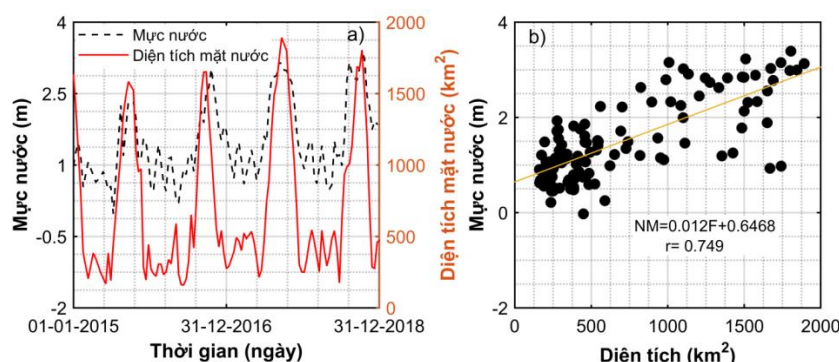


Hình 7: Phân bố diện tích ngập nước trong khu vực nghiên cứu tại các thời điểm

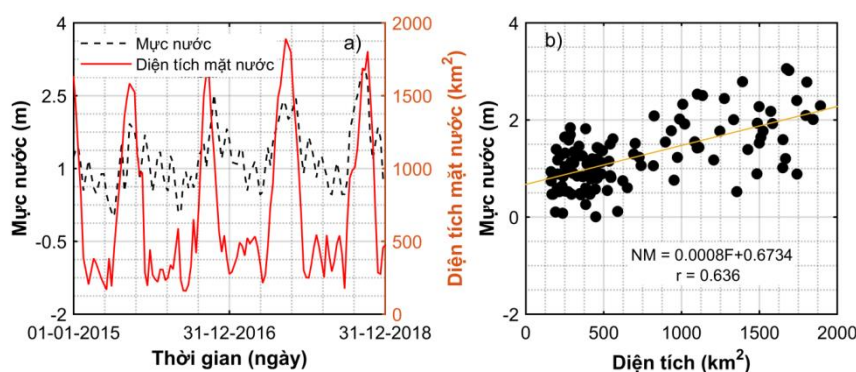
3.3. Quan hệ giữa diện tích ngập và mực nước

Kết quả xác định tương quan giữa diện tích ngập và mực nước tại Tân Châu, Vàm Nao và Mỹ Thuận được thể hiện lần lượt trên các hình từ Hình 8 đến Hình 10. Kết quả ước tính diện tích ngập từ ảnh Sentinel-1 cho khu vực nghiên cứu thể hiện rằng (i) diện tích ngập trong các tháng mùa kiệt thì nhỏ, thay đổi từ 160.56 đến 213.82 km² (tương ứng bằng từ 4.65 đến 6.18% diện tích của tỉnh Đồng Tháp). Đồng thời diện tích ngập nước trong năm 2015 và 2016 là nhỏ nhất bởi vì đây là những năm hạn trong vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Trong các tháng mùa lũ, diện tích ngập lớn hơn rất nhiều so với các tháng trong mùa kiệt, và thay đổi từ 1584 đến 1892 km² (bằng từ 45.8 đến 54.7% diện tích của tỉnh).

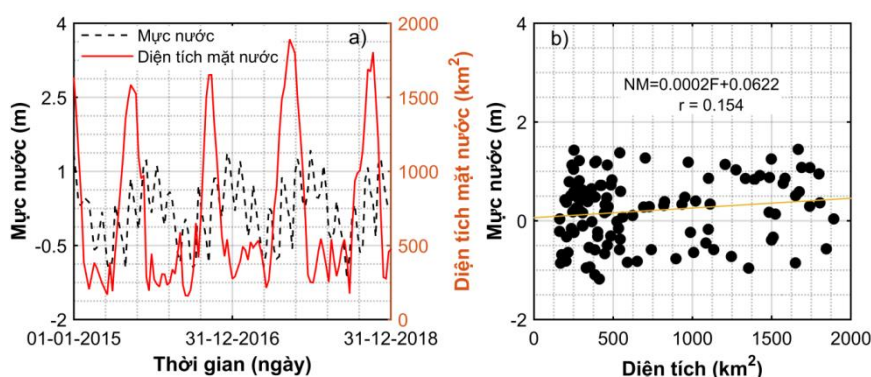
Trong ba vị trí (Tân Châu, Vàm Nao và Mỹ Thuận, chi tiết xem trên Hình 1), sự thay đổi diện tích ngập trong khu vực nghiên cứu có tương quan khá chặt chẽ với sự biến động mực nước tại Tân Châu, bởi vì Tân Châu nằm ở vị trí thượng lưu của tỉnh Đồng Tháp và mực nước tại đây không chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều như Mỹ Thuận. Hệ số tương quan giữa mực nước tại Tân Châu và diện tích trong thời kỳ từ 2015 đến 2018 là 0.75, trong khi đó hệ số tương quan lần lượt bằng 0.64 và 0.15 tại Vàm Nao và Mỹ Thuận. Hệ số tương quan giữa mực nước và diện tích ngập tại Mỹ Thuận rất nhỏ, bởi vì đây là vị trí nằm ngoài giới hạn hành chính của tỉnh Đồng Tháp, đồng thời mực nước tại Mỹ Thuận chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều (như đã thể hiện trên Hình 6).



Hình 8: Quan hệ giữa diện tích ngập (kí hiệu F) và mực nước (kí hiệu MN) tại Tân Châu



Hình 9: Quan hệ giữa diện tích ngập (kí hiệu F) và mực nước (kí hiệu MN) tại Vàm Nao



Hình 10: Quan hệ giữa diện tích ngập (kí hiệu F) và mực nước (kí hiệu MN) tại Mỹ Thuận

4. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả đã trình bày, một số kết luận chính của nghiên cứu xác định diện tích ngập nước sử dụng ảnh Sentinel-1 trên nền GEE cho tỉnh Đồng Tháp có thể tóm tắt như sau: (i) sự thay đổi diện tích ngập có sự tương đồng khá chặt chẽ với sự thay đổi mực nước trong các mùa trong năm, (ii) diện tích ngập lớn thường xuất hiện trong các tháng mùa lũ, với giá trị lớn nhất thay đổi từ 1584 đến 1892 km² (bằng từ 45.8 đến 54.7% diện tích của tỉnh), trong khi diện tích ngập nhỏ xuất hiện trong các tháng mùa kiệt, với giá trị nhỏ nhất dao động từ 160.56 đến 213.82 km² (tương ứng bằng từ 4.65 đến 6.18% diện tích của tỉnh Đồng Tháp), (iii) trong các trạm mực nước trong và lân cận khu

vực nghiên cứu, diện tích ngập của Đồng Tháp có quan hệ chặt chẽ với sự thay đổi mực nước tại Tân Châu, với hệ số tương quan giữa mực nước và diện tích ngập là 0.75. Đồng thời, nghiên cứu đã thành công trong việc xây dựng chương trình xử lý và giải đoán ảnh Sentinel-1 cho xác định diện tích ngập của tỉnh Đồng Tháp trên nền GEE, do đó đã tiết kiệm được rất nhiều thời gian giải đoán ảnh và lưu trữ dữ liệu. Các kết quả phân bố ngập nước theo không gian và biến đổi diện tích ngập theo thời gian trong nghiên cứu này sẽ là nguồn dữ liệu hữu ích cho hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình toán ngập lụt. Các chương trình thực hiện trong nghiên cứu này hoàn toàn có thể áp dụng cho các nghiên cứu khác như xây dựng bản đồ ngập lụt hay bản đồ hạn.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.06-2017.320.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Văn Chiến, Nguyễn Văn Giang, Lê Vũ Việt Phong, Trần Anh Phương (2019). Phương pháp xử lý mây và bóng mây theo thời gian cho ảnh Landsat 5/8 trên nền Google Earth Engine. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 67, 23-31.
- [2]. Conde F.C., Munoz M.D.M. (2019). Flood monitoring based on the study of Sentinel-1 SAR images: The Ebro river case study. *WATER*, 11, 1-25.
- [3]. DeVries B., Chengquan H., Armston J., Wenli H., Jones J.W., Lang M.W. (2020). Rapid and robust monitoring of flood event using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 240, 1-15.
- [4]. Martinis S., Plank S., Cwik K. (2019). The use of Sentinel-1 time-series data to improve flood monitoring in Arid Areas. *Remote Sensing*, 10, 1-13.
- [5]. Pham Van C., Nguyen-Van G. (2019). Assessment of the water area in the lowland region of the Mekong river using MODIS EVI time series. *Proceedings of 6th International Conference on Computer Science, Applied Mathematics and Applications*, Hanoi, Vietnam, pp. 197-207.
- [6]. Twele A, Cao W., Plank S., Martinis S. (2016). Sentinel-1 based flood mapping: a fully automated processing chain. *International Journal of Remote Sensing*, 37(13), 2990-3004.
- [7]. Gorelick N., Matt H., Mike D., Simon I., David T., R. Moore (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.