

# PHÂN TÍCH DIỄN TIẾN NGẬP ÚNG THEO KHÔNG GIAN VÀ THỜI GIAN Ở CÙ LAO HUNG PHONG, TỈNH BẾN TRE DỰA TRÊN ẢNH VIỄN THÁM SENTINEL-1

Nguyễn Đàm Quốc Huy, Lê Văn Tuấn, Hồ Công Toàn  
Viện Kỹ Thuật Biển

**Tóm tắt:** Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá diễn tiến ngập lụt ở cù lao Hưng Phong, xã Hưng Phong, huyện Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre. Nhóm tác giả sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-1 và ứng dụng phần mềm ENVI để giải đoán, xử lý các lớp ngập từ tháng 6 đến 12 cho giai đoạn 2015 – 2020. Các lớp ngập được phân tích dựa trên hệ số ngưỡng ngập (Threshold = 0,25) cho phù hợp với khu vực nghiên cứu. Kết quả phân tích cho thấy, diện tích ngập thấp nhất có diện tích là 602 ha (tháng 7/2015), cao nhất có thể đến 700 ha (tháng 11/2015), trung bình biến động khoảng 654 – 668 ha, trong đó tháng 11 có diện tích ngập trung bình cao nhất trong cả giai đoạn nghiên cứu. Trong khoảng thời gian tháng 6 đến tháng 12, diện tích ngập lớn nhất ở cù lao Hưng Phong có mối tương quan khá chặt chẽ với mực nước quan trắc cao nhất của trạm thủy văn Mỹ Hóa, hệ số tương quan  $R^2$  tốt trên 0,65 và diễn tiến ngập bị chi phối nhiều bởi mực nước sông. Sau khi phân tích cho thấy rằng, đây là những kết quả khá quan trọng, điều này có thể hỗ trợ các nhà quản lý đưa ra các giải pháp để phòng, chống và theo dõi ngập úng bằng công nghệ viễn thám.

**Từ khoá:** Ngập, ảnh Sentinel-1, cù lao Hưng Phong, nước biển dâng.

**Summary:** The study aims to evaluate the flood evolution of Hung Phong islet, Hung Phong commune, Giong Trom district, Ben Tre province. The authors used Sentinel-1 satellite images and the ENVI software application to interpret and process flood layers from June to December (2015-2020). Flood layers were analyzed based on the inundation. The threshold coefficient equal to 1.25 is suitable for the study area. The flooded area ranged from 602 ha (the lowest in July 2015) to 700 ha (the highest in November 2015), an average of 654 – 668 ha. Throughout the entire period, November had the highest average flooded area. According to the research findings, between June and December, there is a strong correlation between the highest water level observed at the My Hoa hydrological station and the largest flooded area in Hung Phong islet, with a correlation coefficient ( $R^2$ ) above 0.65, and the water level has a substantial influence on the progression of flooding. The result of this study is positive, which can support managers come up with solutions to prevent, control, and monitor inundation using remote sensing technology.

**Keyword:** Flooding, Sentinel-1 image, Hung Phong islet, sea-level rise.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, quá trình phát triển kinh tế - xã hội kết hợp với hiện tượng biến

đổi khí hậu đã phần nào gây những yếu tố tác động làm gia tăng mức độ ngập úng cục bộ cho các địa bàn trên tỉnh Bến Tre nói chung và khu vực cù lao Hưng Phong nói riêng [7]. Trong báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE, 2020) [1] [7] đã dự báo nguy cơ ngập khoảng 35% (nếu NBD 100cm)

Ngày nhận bài: 21/12/2023

Ngày thông qua phản biện: 30/01/2024

Ngày duyệt đăng: 01/02/2024

đến tỉnh Bến Tre, phần lớn các cồn nổi trong đó có cù lao Hưng Phong đều bị ngập và đối mặt với nhiều thiên tai khác như sạt lở bờ sông, sụt lún, xâm nhập mặn, hạn hán, ... ngày càng nguy hiểm hơn [1]. Với sự hỗ trợ của công nghệ tiên tiến hiện nay, cùng với ảnh viễn thám độ phân giải cao kết hợp phần mềm hỗ trợ (ENVI, eCognition, ... [9] [12]) và nền tảng xử lý trực tuyến Google Earth Engine (GEE) [4] đã giúp các nhà nghiên cứu theo dõi diễn tiến ngập, diễn biến đường bờ theo không gian và thời gian một cách dễ dàng và ra quyết định phù hợp trong tương lai.

Công nghệ ảnh viễn thám đã mở ra một hướng mới trong việc thu thập dữ liệu phục vụ cho việc phân tích, xây dựng bản đồ ngập và đánh giá thiệt hại theo thời gian thực [2]. Tuy nhiên, chất lượng của ảnh viễn thám phụ thuộc rất lớn vào điều kiện thời tiết, đặc biệt là trong các trận bão, trận mưa việc thu thập dữ liệu mặt đất gặp rất nhiều khó khăn do ảnh hưởng của mây. Ngoài ra, thời gian và vị trí hoạt động của vệ tinh cũng ảnh hưởng đáng kể đến việc thu thập dữ liệu theo thời gian và không gian của từng trận lũ, đợt ngập [2]. Ảnh Sentinel-1 có thể khắc phục những vấn đề trên nhờ sử dụng sóng radio có bước sóng dài, ảnh radar độ mở tổng hợp (SAR) có thể thu được tín hiệu phản xạ từ bề mặt trong mọi điều kiện thời tiết như mây, mù, bụi khí quyển và cả những trận mưa nặng hạt, trận bão [2], [5]. Ảnh Sentinel-1 có độ phân giải tương đối tốt khoảng 10 - 30 m nên hiện nay có nhiều tác giả trên thế giới và Việt Nam sử dụng ảnh Sentinel-1 kết hợp nhiều bộ ảnh viễn thám, một số phương pháp khác nhau để xây dựng bản đồ giám sát, theo dõi ngập do lũ, do triều.

Năm 2018, [2] đã xây dựng bản đồ ngập lụt cho tỉnh Bình Định trong trận lũ lớn xảy ra trong năm 2017 dựa trên ảnh viễn thám Sentinel-1 kết hợp với mô hình số độ cao SRTM. Tương tự, [8] (2022) đã đề xuất một phương pháp để xây dựng bản đồ độ sâu ngập lụt của tỉnh Quảng Bình dựa trên ảnh Sentinel-

1A. Phương pháp đề xuất trong nghiên cứu này là sự kết hợp của phương pháp Otsu để xây dựng bản đồ ngập nước hiện thời, sau đó phương pháp algorithm được thực hiện trên các bản đồ ngập nước hiện thời để xác định độ sâu ngập lụt. Trong cùng năm 2018, Tuấn và cộng sự [4] đã xây dựng công cụ giám sát lũ lụt cho ĐBSCL bằng công cụ GEE thông qua giải đoán ảnh Sentinel-1A. Kết quả cho thấy, mối tương quan cao giữa diện tích ngập lũ từng tháng ở ĐBSCL với số liệu quan trắc thủy văn từng tháng tại hai trạm Tân Châu và Châu Đốc. Đây là nghiên cứu đầu tiên áp dụng dữ liệu Sentinel-1 để theo dõi lũ ở ĐBSCL. Năm 2022, [13] đã ứng dụng nền tảng GEE giải đoán ảnh Sentinel-1 để xây dựng bản đồ ngập lũ cho các tỉnh ven biển Đông vùng ĐBSCL. Nghiên cứu [14] đã sử dụng ảnh vệ tinh MODIS (2000-2020) với độ phân giải 500 m, cùng với đó phân tích lớp dữ liệu sử dụng đất và lưu lượng lũ quan trắc tại Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận và Cần Thơ để hiệu chỉnh kết quả giải đoán ngập. Ảnh MODIS sau khi giải đoán là cơ sở quản lý rủi ro ngập lụt ở ĐBSCL, căn cứ để ứng dụng vào quy hoạch phát triển nông nghiệp, sử dụng đất, ban hành chính sách và thích ứng BĐKH. Các nghiên cứu [4] [13] [14] đều cho rằng ở Bến Tre diện tích ngập lũ đang giảm dần nhưng các cù lao và cồn nổi bị ảnh hưởng ngập do triều cường.

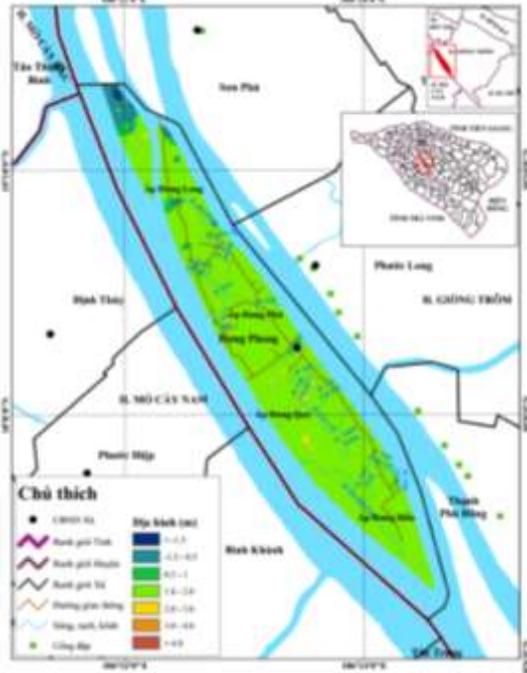
Từ những áp lực do BĐKH và NBD ngày một thường xuyên hơn, cù lao Hưng Phong sẽ trở nên rất nhạy cảm với những thay đổi khí hậu, tác động bởi ngập úng và sự phát triển nội tại. Vì vậy, nhóm tác giả đã ứng dụng ảnh Sentinel-1 với sự bao quát cả không gian lẫn thời gian để phân tích diễn tiến ngập ở cù lao Hưng Phong. Đồng thời, nghiên cứu sẽ hỗ trợ các nhà quản lý đưa ra một phương pháp giám sát và theo dõi ngập tối ưu, ít tốn kém và tiết kiệm thời gian.

## 2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Cù lao Hưng Phong nằm trên sông Hàm Luông

(huyện Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre), là một trong hai xã đảo của tỉnh Bến Tre. Khu vực nghiên cứu nằm ở toạ độ 10°08'31" vĩ độ Bắc và 106°23'08" kinh độ Đông (xem Hình 1).



Hình 1: Vị trí nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu có địa hình thấp, bằng phẳng với độ cao trung bình thay đổi từ 0,5 m

đến 2,0 m, một số vị trí ở phía Bắc và Tây Bắc của cù lao có địa hình dưới 0 m, là những ao nuôi trồng thủy sản và kênh, rạch tự nhiên. Do vị trí địa lý nằm ở hạ lưu sông Mekong nên chế độ thủy động lực của cù lao Hưng Phong chịu sự tác động dòng chảy từ thượng nguồn qua sông Hàm Luông và chế độ bán nhật triều Biển Đông. Vào mùa lũ là tháng 6 đến tháng 11 hàng năm, cũng trùng với mùa mưa và mực nước triều cao nhất hàng năm [13], chính vì vậy, cù lao Hưng Phong thường xuyên bị ngập úng do triều cường, lũ, ngoài ra ngập cục bộ do mưa lớn.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu thủy văn: Dữ liệu mực nước cao nhất từ tháng 6 đến tháng 12 tại trạm thủy văn Mỹ Hóa trên sông Hàm Luông giai đoạn 2015 – 2020 (xem Bảng 1). Đây là trạm thủy văn nằm gần khu vực nghiên cứu nhất, hướng về phía thượng nguồn. Mực nước cao nhất năm cao nhất là 169 – 188 cm vào tháng 11 – 12, thấp nhất là 111 – 120 cm vào tháng 6 – 7 và trung bình là 142 – 152 cm tại Bảng 2. Trong nghiên cứu, dữ liệu này được tính tương quan với kết quả giải đoán ngập ở khu vực nghiên cứu.

Bảng 1: Các thông tin và đặc trưng mực nước tại trạm thủy văn Mỹ Hóa được sử dụng trong nghiên cứu

| Trạm   | Toạ độ  |       | Đặc trưng mực nước cao nhất (cm) |           |            | Thời gian |
|--------|---------|-------|----------------------------------|-----------|------------|-----------|
|        | Kinh độ | Vĩ độ | Cao nhất                         | Thấp nhất | Trung bình |           |
| Mỹ Hoá | 106,35  | 10,22 | 169 - 188                        | 111 - 120 | 142 - 152  | 2015-2020 |

Bảng 2: Các thông tin và đặc trưng mực nước tại trạm thủy văn Mỹ Hóa được sử dụng trong nghiên cứu

| Tháng | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 6     | 116  | 113  | 122  | 116  | 127  | 120  |
| 7     | 111  | 116  | 133  | 132  | 118  | 126  |
| 8     | 129  | 123  | 132  | 142  | 134  | 138  |
| 9     | 153  | 152  | 148  | 152  | 182  | 148  |
| 10    | 167  | 164  | 164  | 173  | 171  | 180  |
| 11    | 169  | 168  | 170  | 168  | 166  | 188  |
| 12    | 159  | 160  | 177  | 154  | 150  | 164  |

Ảnh vệ tinh Sentinel-1: đây là dữ liệu quan trọng nhất trong nghiên cứu này, các ảnh vệ tinh được tải từ trang web quản lý của USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) dựa trên bản

đồ ranh giới hành chính với độ phân giải 10 m, giai đoạn 2015 – 2020. Chi tiết dữ liệu được thể hiện ở Bảng 3.

**Bảng 3: Chi tiết dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu**

| Thông số kỹ thuật       | Ảnh Sentinel-1A  |
|-------------------------|--|
| Thời gian thu ảnh       | Tháng 6-12/2015, tháng 6-12/2016, tháng 6-12/2017, tháng 6-12/2018, tháng 6-12/2019, tháng 6-12/2020 |
| Chế độ chụp             | Giao thoa giải quyết rộng (IW- Interferometric Wide Swath)   |
| Phân cực                | Đơn cực VH (Vertical – Horizontal)   |
| Mức xử lý               | Mức level 1, đã được xử lý và tính chuyển về giá trị mặt đất (ground range – GRDH)                   |
| Độ phân giải không gian | 10 m   |
| Kênh                    | Kênh C (5,4 Hz)  |
| Thời gian lặp           | 12 ngày  |

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

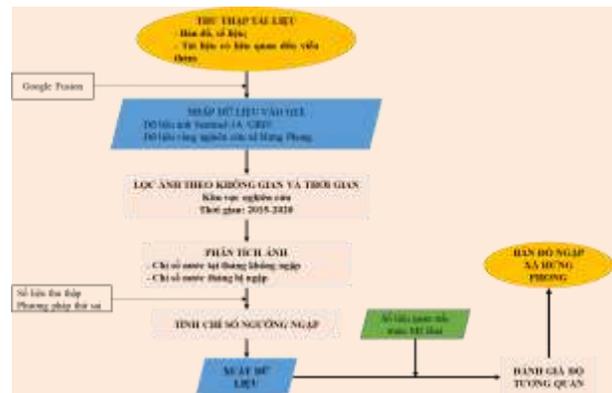
#### 2.3.1. Phương pháp giải đoán ảnh vệ tinh bằng phần mềm ENVI

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm ENVI xử lý, giải đoán ảnh vệ tinh Sentinel-1. Bao gồm tải ảnh để đưa dữ liệu ảnh vào phần mềm, xử lý ảnh, phân tích ảnh, hiển thị kết quả và xuất kết quả. Tùy theo mục tiêu nghiên cứu mà có những phân tích ảnh khác nhau. Trong phần mềm ENVI, dữ liệu raster có thể được thể hiện dưới hai dạng đối tượng là đối tượng ảnh và tập hợp ảnh:

+ Ảnh: dữ liệu raster được biểu diễn dưới dạng đối tượng ảnh trong phần mềm xử lý [4]. Một đối tượng ảnh thể hiện một ảnh raster độc lập, ví dụ một cảnh ảnh Sentinel-1 được thu nhận trong nhiều ngày của tháng, như vậy mỗi tháng sẽ lấy một ảnh ngập tối ưu nhất để giải đoán và đại diện cho tháng cần xét so sánh tương quan với một giá trị mực nước cao nhất của tháng đó.

+ Tập hợp ảnh: là một tập hợp hoặc nhóm các ảnh. Ví dụ tập hợp ảnh Sentinel-1 có dạng mã ID: 'COPERNICUS/S1-GRD' gồm toàn bộ các ảnh Sentinel-1 được thu nhận được tới thời điểm hiện tại. Những tập ảnh rất có ích cho phân tích theo thời gian.

Các bước thực hiện giải đoán ảnh Sentinel-1 dựa trên công nghệ viễn thám với sự hỗ trợ của phần mềm ENVI được trình bày ở Hình 3 như sau:



Hình 2: Sơ đồ cách tiếp cận giải đoán ảnh Sentinel-1 cho lập bản đồ ngập úng

#### Bước 1: Thu thập tài liệu

+ Đây là bước thực hiện tiền đề, thu thập những dữ liệu bản đồ hành chính, số liệu thủy văn và các tài liệu có liên quan đến viễn thám cùng ứng dụng của chúng.

#### Bước 2: Tải ảnh vệ tinh và nhập bộ dữ liệu ảnh

+ Ảnh vệ tinh Sentinel-1 được tải về từ trang chủ của USGS, với phạm vi là khu vực nghiên cứu, thời gian là 01 tháng/02 ảnh.

Như vậy, một năm là tập hợp của 14 ảnh và 6 năm là 84 ảnh.

+ *Nhập bộ dữ liệu ảnh*: ảnh vệ tinh Sentinel-1 là ảnh radar phân cực nhằm phản ánh tốt nhất sự hiện diện của ngập [9]. Độ phân giải là 10 m và thời gian lập là 07 tháng mỗi năm (chồng chập các tháng trong năm) và ảnh này không bị ảnh hưởng bởi mây.

**Bước 3: Lọc ảnh theo không gian và thời gian:** Các ảnh được lọc theo vùng nghiên cứu và thời điểm mà ảnh có mây dưới 10% để giảm bớt thời gian xử lý ảnh ở bước sau.

**Bước 4: Phân tích ảnh:**

+ Hiệu chỉnh bức xạ là quá trình chuyển đổi giá trị đo được tại bộ cảm biến thành giá trị địa vật lý (thường là hệ số tán xạ ngược). Tăng cường chất lượng ảnh – lọc ảnh để loại bỏ các nhiễu do cảm biến tạo ra trên hình ảnh radar tránh các lỗi tiềm ẩn trong phân tích trên phần mềm ENVI [5].

+ Hiệu chỉnh hình học của ảnh do quá trình chụp ảnh, do ảnh hưởng chênh cao địa hình và do việc chuyển đổi hệ tọa độ từ điểm ảnh từ tọa độ không gian ảnh sang tọa độ vuông góc – tọa độ Descarters [5].

+ Ảnh radar có các phân cực VV, HH, VH và HV. Phân cực HH tốt nhất để phát hiện vùng đất ngập nước vì nó ít bị ảnh hưởng bởi các cấu trúc thực vật theo chiều dọc. Phân cực VH nhạy cảm với điều kiện ẩm ướt và độ ẩm của đất. Các phân cực chéo như VV tốt cho việc phân biệt các kiểu thảm thực vật thân thảo với gỗ (nhạy cảm với sinh khối) [5]. Phân cực VH có khả năng phát hiện vùng ngập tốt hơn phân cực VV, vậy nên ảnh Sentinel 1 sau khi được tiền xử lý sẽ tách riêng phân cực VH ra để chiết tách thông tin mặt nước trước và sau ngập [5].

**Bước 5: Phân ngưỡng ngập**

+ Ở bước này, mỗi tháng của từng năm, thuật toán GEE sẽ chồng chập và lấy trung bình ảnh trong 01 tháng, các giá trị trước và sau khi

ngập là phân ngưỡng để lập bản đồ nước [5] [8]. Chúng tôi xác định các lớp nước trước khi ngập với ảnh tháng 3 (mùa khô) – lớp nước là sông, rạch, kênh, ao; các lớp nước sau khi ngập với các ảnh tháng 6 - 12 (vào mùa mưa và triều cường) [4]. Bằng phương pháp thử sai, từ đó nhóm tác giả lựa chọn chỉ số ngưỡng ngập (Threshold smoothed radar intensities) cho phù hợp nhất với khu vực nghiên cứu.

+ Tán xạ ngược dưới ngưỡng được phân loại là thân nước hoặc đất ngập nước. Tán xạ ngược phía trên ngưỡng được phân loại là đất khô. Kết quả thu được là mặt nạ nhị phân, giá trị bằng 0 là đất, giá trị bằng 1 là nước [5], [8].

**Bước 6: Xuất dữ liệu:** sau khi phân tích ảnh, phân ngưỡng và giải đoán khu vực trước và sau khi ngập. Các lớp nước vĩnh viễn sông, rạch, kênh, ao sẽ được loại bỏ và biên tập kết quả ngập ứng cuối cùng dưới định dạng TIFF và chuyển đổi sang định dạng Shapefile bằng công cụ GIS.

**Bước 7:** Đánh giá tương quan giữa diện tích ngập giải đoán từ ảnh vệ tinh với số liệu mực nước cao nhất trạm Mỹ Hoá (2015 – 2020) bằng hệ số tương quan  $R^2$ .

**Bước 8:** Lập bản đồ ngập giải đoán bằng công cụ GIS nhằm đánh giá diễn tiến ngập quá khứ tại khu vực nghiên cứu.

### 2.3.2. Chỉ tiêu hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các chỉ tiêu hiệu chỉnh và kiểm định thường được sử dụng khi xét mối tương quan giữa hai biến độc lập nhau là hệ số tương quan ( $R^2$ ). Hệ số tương quan là giá trị không thứ nguyên, và không nhạy cảm với việc tăng gấp đôi giá trị của cả chuỗi quan trắc và mô phỏng. Giá trị tốt và giá trị mục tiêu để bộ thông số lựa chọn tốt lần lượt là trên 0,65 và 0,75.

**Hệ số tương quan ( $R^2$ ):** Hệ số tương quan là giá trị giữa -1 và +1, trong đó giá trị dương cho biết tương quan dương (tức là nếu giá trị quan trắc tăng, giá trị mô phỏng tăng; giá trị dương lớn hơn cho thấy mối tương quan mạnh

hơn), giá trị âm cho biết tương quan âm (ví dụ: giá trị quan trắc tăng, giá trị mô phỏng giảm)

và 0 có nghĩa là không có tương quan [10] [11]. Công thức (2.6) sau đây:

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (X_{quan\ trác,t} - \bar{X}_{quan\ trác,t})(X_{tinh\ toán,t} - \bar{X}_{tinh\ toán,t})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (X_{quan\ trác,t} - \bar{X}_{quan\ trác,t})^2 \sum_{t=1}^n (X_{tinh\ toán,t} - \bar{X}_{tinh\ toán,t})^2}} \quad (1)$$

**Trong đó:**  $X_{tinh\ toán,t}$  là dữ liệu mực nước, lưu lượng được mô phỏng theo thời gian ( $t = 1...n$ );  $X_{quan\ trác,t}$  là dữ liệu mực nước, lưu lượng quan trắc theo thời gian ( $t=1...n$ );  $\bar{X}_{tinh\ toán,t}$  là trung bình của chuỗi mô phỏng;  $\bar{X}_{quan\ trác,t}$  là trung bình chuỗi dữ liệu quan trắc theo thời gian  $t$ .

**2.3.3. Ứng dụng công cụ GIS**

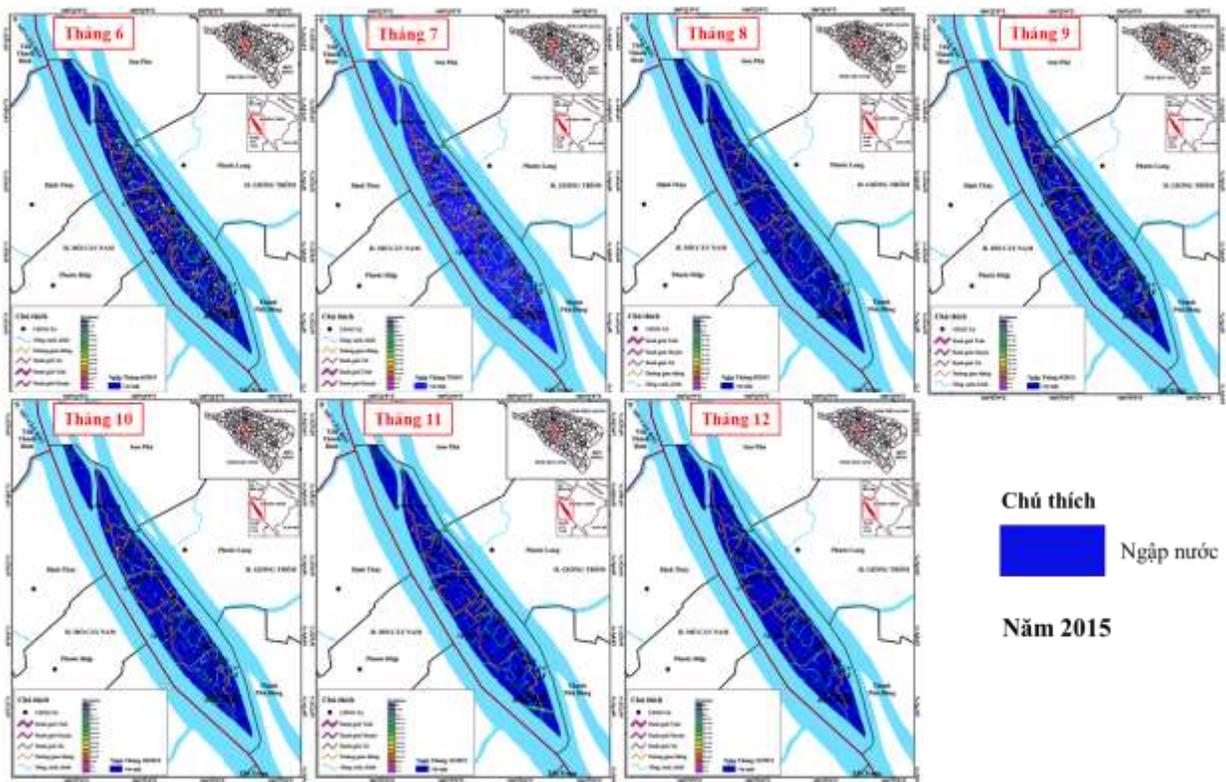
Công cụ hệ thống thông tin địa lý (GIS) đóng vai trò rất tốt để quản lý diễn tiến ngập theo không gian và thời gian cho bất cứ khu vực muốn quan tâm [6]. Công cụ này với sự hỗ trợ từ phần mềm QGIS giúp trích lọc các kết quả ngập, chồng lớp

các dữ liệu khác nhau, tính toán các giá trị đặc trưng của đối tượng muốn xét.

**3. KẾT QUẢ**

**3.1. Kết quả giải đoán và diễn tiến ngập ở cù lao Hưng Phong**

Bản đồ diễn tiến ngập ứng từ tháng 6 đến tháng 12 ở giai đoạn 2015 – 2020 được xây dựng trên giải đoán ảnh Sentinel-1 dựa vào công nghệ viễn thám và phần mềm giải đoán ảnh ENVI thông qua trung bình ảnh trong 01 tháng. Các ảnh được giải đoán nhằm tạo bộ cơ sở dữ liệu cho phân tích, đánh giá và lập bản đồ ngập ứng ở cù lao Hưng Phong.

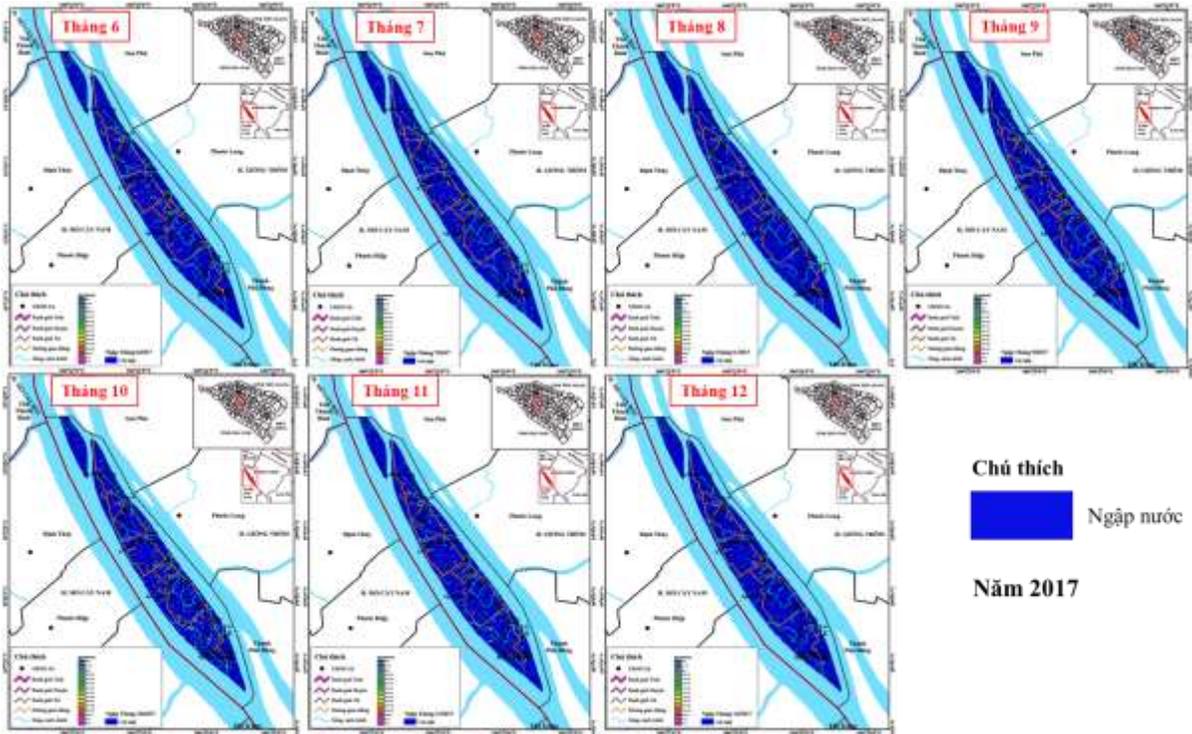
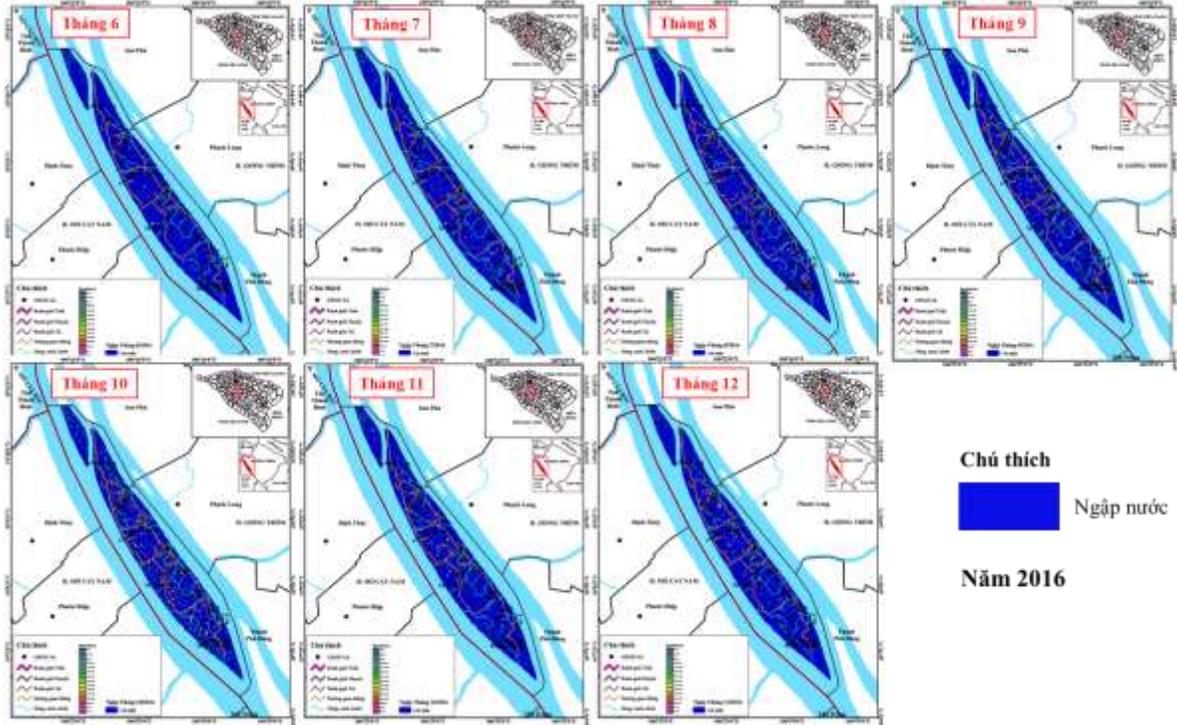


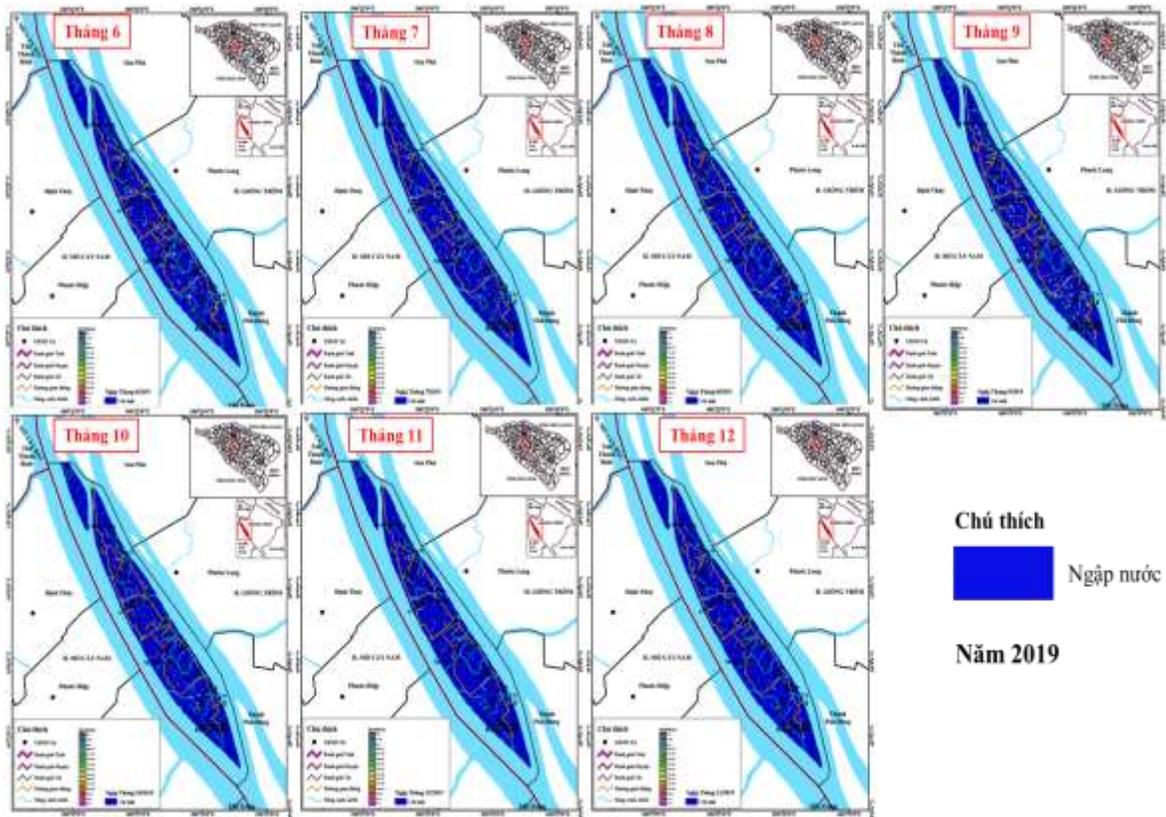
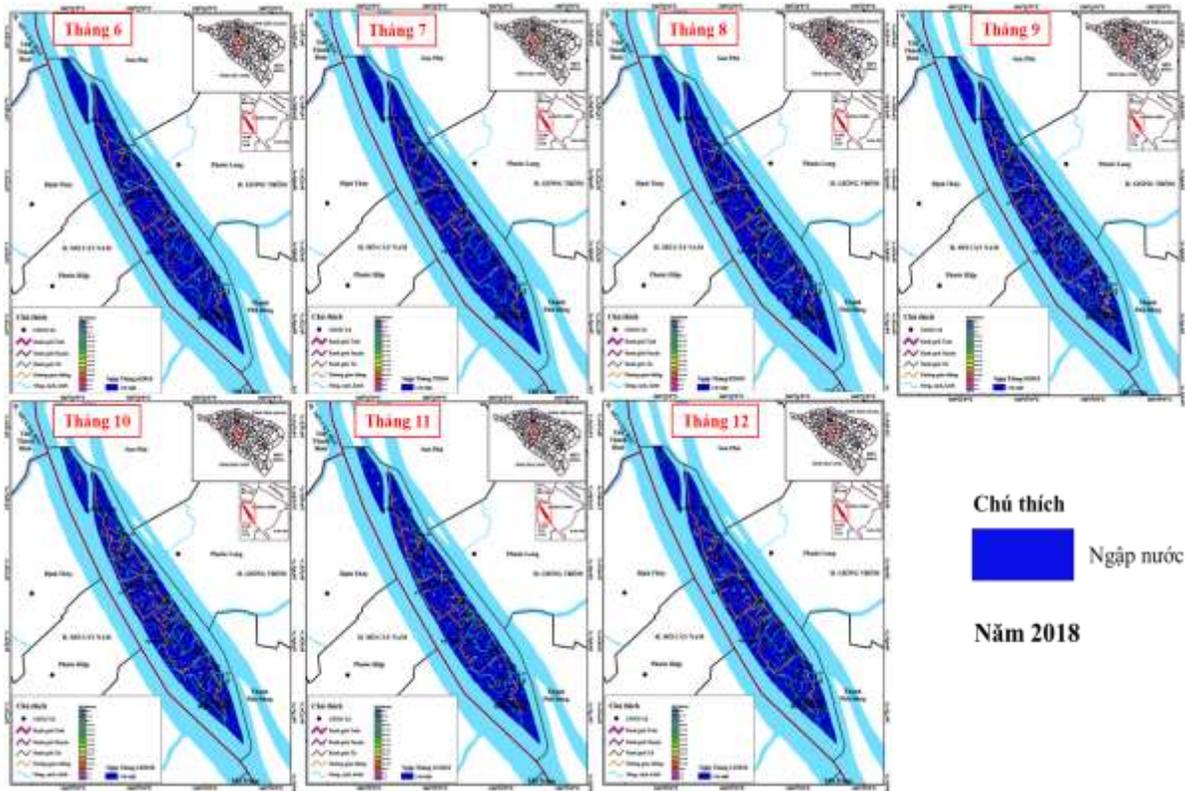
Mỗi kết quả được đại diện bởi diện tích ngập từ tháng 6 – 12 giai đoạn 2015 - 2020 tại khu

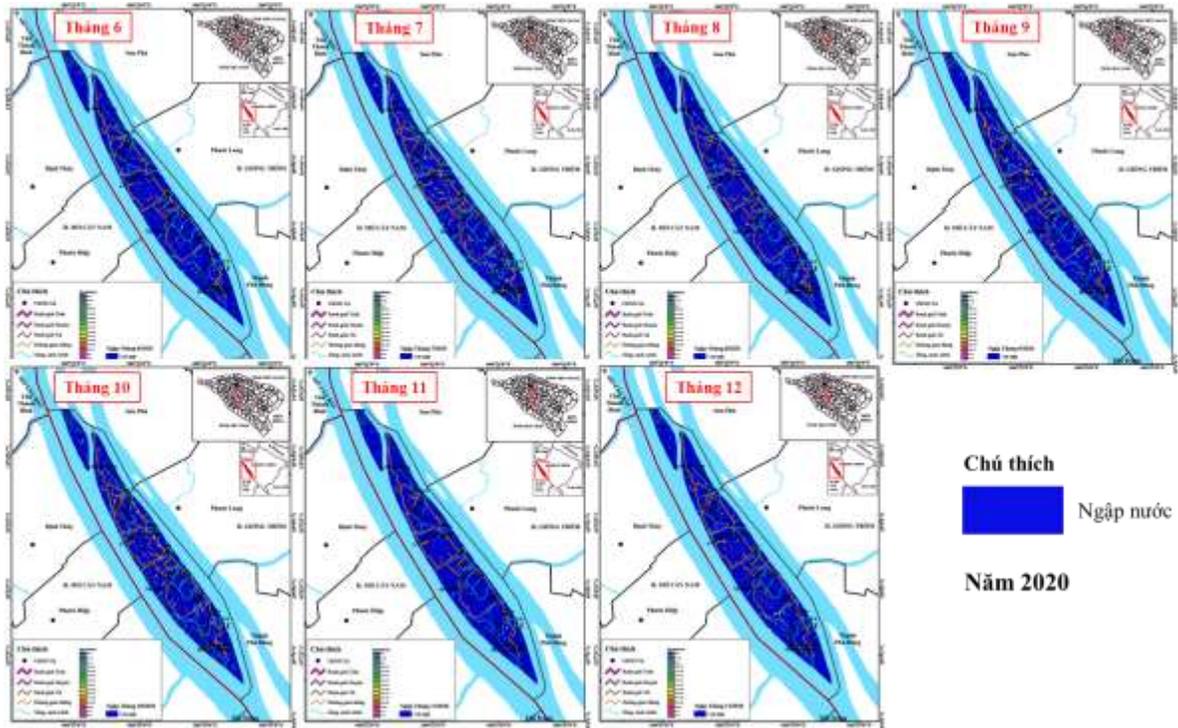
vực nghiên cứu, trên mỗi bản đồ ngập thể hiện vùng ngập (màu xanh) và vùng không ngập

trên nền dữ liệu hành chính, địa hình, thủy lợi biểu diễn theo không gian và thời gian cho cù lao Hưng Phong như Hình 3. Với địa hình trũng thấp, cao trình chỉ từ 0m đến 2,0 m là

chủ yếu, nên vào những tháng mùa mưa và cuối năm, khu vực nghiên cứu thường bị ngập do triều cường, mực nước sông Hàm Luông dâng cao và mưa lớn nội đồng.

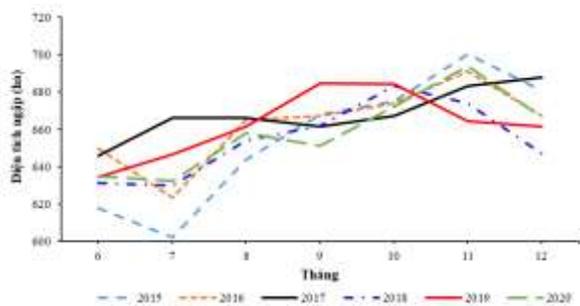






Hình 3: Diễn tiến ngập từ tháng 10 đến tháng 12 ở cù lao Hưng Phong

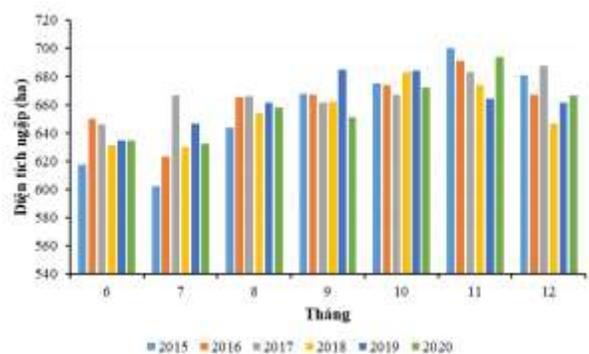
Biểu đồ Hình 4 thể hiện diễn tiến ngập ở cù lao Hưng Phong giai đoạn 2015 – 2020, tuân theo quá trình: tháng 6 – 7 bị ngập, chủ yếu do mưa, nước lũ về; bắt đầu từ tháng 8 ngập gia tăng và đạt đỉnh vào tháng 10 – 11, giảm dần từ tháng 12.



Hình 4: Diễn tiến ngập ở cù lao Hưng Phong giai đoạn 2015 – 2020

Diện tích ngập nước hàng năm tăng dần từ năm 2015 đến 2017, giảm xuống năm 2018 và tăng lại vào năm 2019, tuy nhiên sự chênh lệch là không rõ ràng. Năm 2015 – 2017 là 655 – 668 ha, năm 2018 là 654 ha, năm 2019 – 2020 là 663 ha và 658 ha (xem Hình 5). Sự thay đổi của mực nước

sông lên xuống vào mỗi thời điểm trong ngày, lên cao nhất các tháng 9 – 11 và mực nước sông luôn duy trì ở mức cao vào mùa mưa - lũ dẫn đến diễn tiến ngập thay đổi [4]. Biểu đồ Hình 5 cho thấy, năm 2016, 2017, 2019 và 2020 là các năm có diện tích ngập cao và mực nước các năm này cũng cao hơn so với hai năm còn lại.



Hình 5: Diện tích ngập ở cù lao Hưng Phong từ tháng 6 đến tháng 12 giai đoạn 2015 – 2020

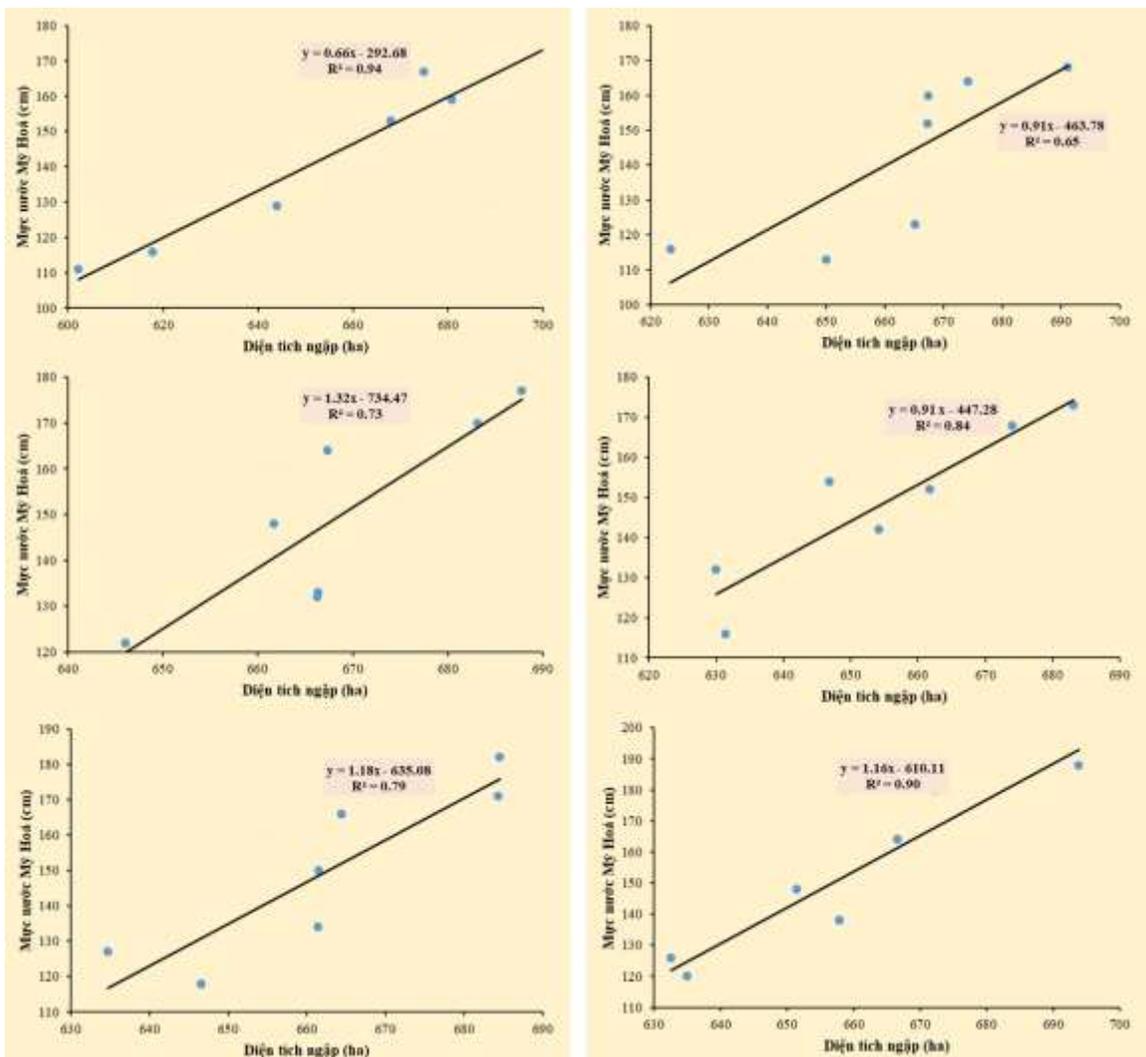
### 3.2. So sánh kết quả giải đoán với dữ liệu mực nước quan trắc trạm thủy văn Mỹ Hóa

Dữ liệu mực nước cao nhất được quan trắc liên

tục từ tháng 6 đến tháng 12 trong giai đoạn 2015 - 2020 tại trạm thủy văn Mỹ Hóa (cách đầu cù lao Hưng Phong khoảng 3km dọc theo sông Hàm Luông) đã phản ảnh tương đối chính xác dao động mực nước sông Hàm Luông. Để kiểm chứng kết quả giải đoán ngập từ ảnh Sentinel-1, trong nghiên cứu này sẽ xét mối tương quan giữa diện tích ngập giải đoán với mực nước cao nhất ghi nhận tại trạm thủy văn Mỹ Hóa trong 7 tháng ở giai đoạn 2015 – 2020.

Kết quả tính toán tương quan cho thấy, mối liên hệ tương đối cao giữa diện tích ngập với dữ liệu mực nước cao nhất ở khu vực nghiên

cứ, với hệ số tương quan R2 là 0,65 – 0,94 (xem Hình 6), điều này có nghĩa là giữa diện tích ngập được giải đoán và mực nước sông Hàm Luông có mối quan hệ tỉ lệ thuận với nhau, khi mực nước sông tăng cao thì diện tích ngập cũng tăng và ngược lại. Bốn tháng cuối năm là khoảng thời gian mà cù lao Hưng Phong chịu áp lực ngập lớn nhất, cũng là thời điểm mực nước cao nhất của sông Hàm Luông bởi tổ hợp các yếu tố do triều Biển Đông, lũ và mưa. Nhưng ngập bị chi phối bởi triều là chính, ít chịu ảnh hưởng của lũ và mưa góp phần làm cho phạm vi ngập lớn hơn [4] [13] [14].



Hình 6: Kết quả tương quan giữa diện tích ngập giải đoán cù lao Hưng Phong và mực nước cao nhất tại trạm thủy văn Mỹ Hóa

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả giải đoán ngập từ ảnh Sentinel-1 phản ánh khá tốt hiện trạng và diễn tiến ngập ở cù lao Hưng Phong giai đoạn 2015 – 2020, dựa trên sự so sánh tương quan giữa diện tích ngập và mực nước thực đo tại trạm Mỹ Hoá vào các năm (hệ số tương quan  $R^2$  dao động từ 0,65 đến 0,94, riêng năm 2017 có hệ số tương quan tương đối cao, khoảng 0,65). Cho nên, giữa diện tích ngập và mực nước sông Hàm Luông có mối quan hệ tỉ lệ thuận, khi mực nước sông tăng cao thì diện tích ngập cũng tăng và ngược lại.

Nghiên cứu đánh giá được diễn tiến ngập tại cù lao Hưng Phong với diện tích ngập tuân theo quá trình bắt đầu vào các tháng 6, 7, đạt đỉnh ngập vào tháng 10 và 11, sau đó giảm dần vào tháng 12. Tuy nhiên vẫn có ngoại lệ nếu đỉnh triều cao nhất vào tháng 9 hay tháng 12 thì diện tích ngập sẽ cao nhất như diễn tiến ngập năm 2018, 2019.

Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng ảnh hưởng triều mạnh do gần cửa sông và bao bọc

bởi sông Hàm Luông. Tuy nhiên, cù lao vẫn chịu ảnh hưởng bởi lũ và mưa từ các tháng 6 – 11 dẫn đến mực nước sông Hàm Luông và mức ngập cao hơn so với điều kiện bình thường. Đây là công trình nghiên cứu đầu tiên về ứng dụng ảnh Sentinel-1 giải đoán ngập một cách chi tiết cho cù lao Hưng Phong. Kết quả của nghiên cứu sẽ cung cấp những thông tin rất hữu ích cho các nhà quản lý, nhà nghiên cứu trong theo dõi diễn tiến ngập và đưa ra những định hướng ứng phó theo không – thời gian ngập. Nhóm tác giả sẽ có những nghiên cứu sâu hơn, rút ngắn các bước trong cách tiếp cận thông qua nền tảng GEE.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện dưới sự hỗ trợ từ Đề tài: "*Nghiên cứu thực trạng sụt lún, ngập úng và đề xuất giải pháp thích ứng tại xã đảo Hưng Phong, huyện Giồng Trôm*" theo Hợp đồng số 76/HĐ-SKHCCN ngày 17 tháng 01 năm 2023 về thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ tỉnh Bến Tre.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### Tài liệu Tiếng Việt

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020): Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, NXB Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ, Hà Nội.
- [2] Bình, N. Q. (2018): "Xây dựng bản đồ ngập lụt dựa trên ảnh viễn thám Sentinel-1 và mô hình số hóa độ cao SRTM cho tỉnh Bình Định". Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, số 5(126), Quyển 1, ISSN 1859-1531.
- [3] Lê Văn Trung (2015): Giáo trình Viễn thám, 419 pages, NXB Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Tp. Hồ Chí Minh.
- [4] Tuấn, V. Q., Khải, Đ. H., Nhân, H. T. K., Hoa, N. T. (2018): "Phát triển thuật toán giám sát lũ lụt vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa vào nền tảng Google Earth Engine". Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 54(9A), 29-36. DOI:10.22144/ctu.jvn.2018.157.
- [5] Tùng, T. T., Hùng, T. Đ. (2023): "Ứng dụng công cụ ước tính độ sâu ngập lũ (FwDET) để xây dựng bản đồ ngập lũ cho lưu vực sông La Tinh, tỉnh Bình Định". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 752, 62-74; doi:10.36335/VNJHM.
- [6] Tâm, T. T. B. (2006): Giáo trình Hệ thống thông tin địa lý. Trường Đại học Nông nghiệp 1 Hà Nội.

[7] World Bank Group (2022): Báo cáo quốc gia về khí hậu và phát triển.

#### Tài liệu Tiếng Anh

- [8] An, N. H., Phat, N. T., Dong, V. D, Khanh, M. Q. (2022). "Flood water depth estimation for the historical flood in Quang Binh province, Vietnam in 2020 using Sentinel-1A images". *TNU Journal of Science and Technology*, 227(15): 14-22.
- [9] Blasco, F., Bellan, M. F., Chaudhury, M.U. (1992). "Estimating the Extent of Floods in Bangladesh Using SPOT Data". *Remote Sensing of Environment*. 39(3): 167-178.
- [10] Duc, L. and Sawada, Y. (2023): "A signal-processing-based interpretation of Nash-Sutcliffe efficiency". *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 27, 1827-1839, <http://doi.org/10.5194>.
- [11] Giang, N. N. H., Quang, C. N. X., Long, D. T., Ky, P. D., Vu, N. D., Tran, D. D. (2022): "Statistical and hydrological evaluations of water dynamics in the lower Sai Gon-Dong Nai river, Vietnam". *Water*, 14, 130, 1-31, <http://doi.org/10.3390/w14010130>.
- [12] Moder, F., Kuenzer, C., Renaud, F.G. (2012). *The Mekong Delta System SE - 5*. Springer Environmental Science and Engineering, Springer Netherlands, P: 133–165.
- [13] Nghia, B. P. Q., Pal, I., Chollacoop, N., Mukhopadhyay, A. (2022): "Applying Google earth engine for flood mapping and monitoring in the downstream provinces of Mekong river". *Progress in Disaster Science*, Vol 14.
- [14] Vu, H. T. D., Vu, H. L., Oberle, P., Andreas, S., Nguyen, P. C., Tran, D. D. (2022): "Datasets of land use change and flood dynamics in the Vietnamese mekong delta". *Data in Brief*, 42, 108268.