



Ứng dụng ảnh Radar Sentinel 1 giám sát sự thay đổi bề mặt nước Hồ Dầu Tiếng giai đoạn 2015–2025 bằng nền tảng Google Earth Engine kết hợp Google Colab

Nguyễn Trọng Nhân^{1*}, Lê Thị Như Hào¹, Lê Thiên Bảo¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh

*Email tác giả liên hệ: ntnhan@hcmunre.edu.vn

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18186505>

Tóm tắt:

Bài báo đã ứng dụng hiệu quả thuật toán Otsu để giám sát sự thay đổi bề mặt nước hồ Dầu Tiếng trên ảnh radar Sentinel-1 giai đoạn 2015–2025. Phương pháp này cho phép xác định tự động giá trị phân ngưỡng giúp phân tách rõ ràng giữa mặt nước và mặt đất trên ảnh vệ tinh. Kết quả cho thấy diện tích mặt nước biến động đáng kể theo thời gian với các giai đoạn đặc trưng như thu hẹp mạnh (2015–2016), mở rộng (2016–2017), gia tăng nhanh (2021–2022), suy giảm (2023–2024) và xu hướng ổn định trở lại (2024–2025). Bên cạnh đó, việc kết hợp Google Earth Engine trong xử lý mạnh mẽ dữ liệu ảnh vệ tinh và Google Colab trong trực quan hóa dữ liệu không gian đã xây dựng một môi trường điện toán đám mây linh hoạt, tự động và có khả năng tái lập cao, góp phần nâng cao hiệu quả giám sát tài nguyên nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Google Earth Engine, Google Colab, mặt nước, radar, Sentinel 1

Ngày nhận bài: 09/10/2025

Ngày sửa lại: 05/11/2025

Ngày chấp nhận đăng: 08/11/2025

Ngày xuất bản: 31/12/2025

Application of Sentinel-1 Radar Imagery for Monitoring Surface Water Changes in Dau Tieng Reservoir (2015–2025) Using Google Earth Engine and Google Colab

Nguyen Trong Nhan^{1*}, Le Thi Nhu Hao¹, Le Thien Bao¹

¹ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment

*Corresponding author's email: ntnhan@hcmunre.edu.vn

Abstract:

The study effectively applied the Otsu algorithm to monitor surface water changes in Dau Tieng Reservoir using Sentinel-1 radar imagery during the period 2015–2025. This method allows for the automatic determination of threshold values, enabling clear separation between water bodies and land surfaces in satellite images. The results show that the water surface area fluctuated significantly over time, with distinct phases such as sharp shrinkage (2015–2016), expansion (2016–2017), rapid increase (2021–2022), decline (2023–2024), and a trend toward stabilization (2024–2025). In addition, the integration of Google Earth Engine for powerful satellite image processing and Google Colab for spatial data visualization has created a flexible, automated, and highly reproducible cloud computing environment, contributing to enhanced water resource monitoring in the context of climate change.

Keywords: Google Earth Engine, Google Colab, surface water, radar imagery, Sentinel-1

Submission received: 09/10/2025

Revised: 05/11/2025

Accepted: 08/11/2025

Published: 31/12/2025

1. Giới thiệu

Các hồ chứa nước tự nhiên hay nhân tạo đều giữ vai trò then chốt trong việc cung cấp nước ngọt cho sản xuất nông nghiệp cũng như phục vụ đời sống sinh hoạt của con người. Tuy nhiên, các nguồn tài nguyên quý giá này đang ngày càng chịu áp lực nặng nề từ nhu cầu khai thác gia tăng, trong khi tác động của biến đổi khí hậu ngày một rõ nét, với các đợt hạn hán kéo dài và tình trạng ô nhiễm nguồn nước diễn biến phức tạp [1]. Điển hình Hồ Dầu Tiếng là hồ nhân tạo lớn nhất Việt Nam được xây dựng từ năm 1980 tại thượng lưu sông Sài Gòn (tọa độ 11°12'–12°00' vĩ Bắc và 106°10'–106°30' kinh Đông) và là một trong những công trình thủy lợi quan trọng và lớn nhất Việt Nam [2]. Với diện tích mặt nước của hồ lên đến khoảng 27km² và dung tích chứa khoảng 1,5 tỷ m³ nước, hồ giữ vai trò quan trọng trong việc điều tiết, cung cấp nước ngọt phục vụ sản xuất nông nghiệp và phòng chống xâm nhập mặn cho khu vực Đông Nam Bộ, đặc biệt là các tỉnh Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước và TP Hồ Chí Minh [3]. Mặt khác, lưu lượng và diện tích mặt nước hồ đã xảy ra nhiều biến động trong những năm

gần đây như chịu ảnh hưởng kép từ hoạt động của con người và điều kiện khí hậu bất lợi [4]. Đáng chú ý, trong giai đoạn 2017–2022, diện tích mặt nước hồ vào mùa khô suy giảm đáng kể với nguyên nhân xuất phát từ việc xây dựng các nhà máy điện năng lượng mặt trời tại vùng bán ngập nước quanh hồ, làm thu hẹp diện tích trữ nước [2]. Bên cạnh đó, vào năm 2024, hồ Dầu Tiếng đã tiến hành xả nước phục vụ công tác chống hạn và ngăn mặn ở hạ lưu. Tuy nhiên, lượng nước điều tiết không đủ để phục hồi diện tích mặt hồ trong mùa khô, dẫn đến mất cân bằng lưu lượng nước giữa thượng nguồn và hạ du [5]. Trước thực trạng này, việc giám sát liên tục và hiệu quả hồ chứa nước là yêu cầu cấp bách đáng được quan tâm nhằm hướng đến mục tiêu quản lý và sử dụng tài nguyên nước một cách bền vững trong tương lai.

Công nghệ viễn thám với khả năng thu nhận dữ liệu đa phổ và đa thời gian đã mở ra hướng tiếp cận hiệu quả trong việc giám sát liên tục sự thay đổi các lớp phủ trên bề mặt Trái Đất, trong đó có theo dõi bề mặt nước [6-9]. Tận dụng đặc tính phản xạ phổ của các đối tượng, các chỉ số viễn thám liên quan đến mặt nước như NDWI, MNDWI được sử dụng hiệu quả để chiết tách mặt nước trên ảnh vệ tinh Landsat, Sentinel 2 [2,6]. Mặc dù ảnh quang học được ứng dụng dễ dàng nhưng lại có những hạn chế nhất định, đặc biệt là trong điều kiện thời tiết bất lợi như nhiều mây, mưa bão kéo dài đã làm cho quá trình giám sát và chiết tách mặt nước từ ảnh quang học trở nên khó khăn [6,8]. Trong bối cảnh đó, ảnh radar có bước sóng dài được xem như một giải pháp thay thế hiệu quả với khả năng bay chụp và thu tín hiệu phản xạ từ bề mặt Trái Đất dưới mọi điều kiện thời tiết bất lợi cho phép giám sát cả ngày lẫn đêm, từ đó ảnh vệ tinh radar giúp khắc phục đáng kể những hạn chế của ảnh quang học [7,8]. Dựa trên đặc tính tán xạ ngược của sóng radar, các đối tượng chứa nước như ao, hồ, sông có xu hướng hấp thụ mạnh năng lượng radar, dẫn đến tín hiệu phản xạ yếu trở về anten thu. Kết quả là các vùng mặt nước thường hiển thị với màu đen hoặc rất tối trên ảnh radar, đặc biệt rõ ràng ở các phân cực khác nhau (như VV, VH). Nhờ sự tương phản rõ nét này so với các bề mặt có độ tán xạ cao hơn (như đất, thực vật, khu vực xây dựng), việc nhận dạng và phân tách mặt nước trên ảnh radar trở nên dễ dàng, chính xác và hiệu quả hơn. Tuy nhiên, để phân tách rõ ràng giữa mặt nước và đất liền trên ảnh vệ tinh, cần áp dụng kỹ thuật có khả năng tính toán giá trị ngưỡng cục bộ phù hợp với từng thời điểm và điều kiện cụ thể [7,9]. Thuật toán Otsu là một trong những phương pháp phổ biến, cho phép xác định ngưỡng phân tách tối ưu dựa trên phân tích histogram [10,11] và được áp dụng hiệu quả trên kênh cận hồng ngoại (NIR) của ảnh Landsat [1,2]. Tuy nhiên, để nâng cao độ chính xác trong điều kiện thời tiết phức tạp cũng với việc kết hợp với dữ liệu ảnh radar, đặc biệt là sử dụng thông tin phân cực được xem là giải pháp phù hợp. Đây cũng chính là cơ sở lý thuyết được lựa chọn để chiết tách mặt nước trong nghiên cứu này.

Dựa trên các phân tích đã trình bày, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu chính là xây dựng bản đồ mặt nước và giám sát sự thay đổi bề mặt nước hồ Dầu Tiếng trong giai đoạn 2015–2025, thông qua khai thác dữ liệu ảnh radar Sentinel-1. Việc ứng dụng nền tảng Google Earth Engine cho phép xử lý hiệu quả chuỗi thời gian dữ liệu ảnh vệ tinh có dung lượng lớn, trong khi Google Colab hỗ trợ trực quan hóa tự động các bản đồ biến động mặt nước theo từng thời điểm. Cách tiếp cận kết hợp giữa công nghệ viễn thám và các nền tảng điện toán đám mây không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong giám sát tài nguyên nước, mà còn phù hợp với xu hướng chuyên đổi số trong lĩnh vực quản lý đất đai và tài nguyên thiên nhiên. Việc tích hợp này góp phần nâng cao khả năng truy cập, chia sẻ và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu một cách minh bạch, nhanh chóng và hiệu quả.

2. Phương pháp nghiên cứu

Công tác giám sát sự thay đổi bề mặt nước của hồ Dầu Tiếng trong nghiên cứu này được thực hiện thông qua sơ đồ hình 1 bao gồm các phương pháp sau: phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu được thực hiện dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh radar Sentinel-1 ở mức xử lý GRD

(Ground Range Detected). Đây là sản phẩm đã được xử lý để chuyển từ hệ tọa độ không gian ảnh sang mặt đất, trong đó thành phần pha (phase) đã bị loại bỏ, chỉ giữ lại thông tin về cường độ phản xạ (backscatter intensity) – phù hợp cho các ứng dụng phân tích lớp phủ bề mặt như phân biệt đất và nước. Ảnh Sentinel-1 được thu nhận trong dải sóng C (bước sóng từ 3,75–7,5 cm), sử dụng chế độ quét Interferometric Wide Swath (IW) với hai kênh phân cực VV và VH cho độ phân giải không gian 10 mét. Việc tiền xử lý ảnh radar được thực hiện trực tiếp trên nền tảng Google Earth Engine (GEE) với sự hỗ trợ của công cụ Sentinel-1 Toolbox, bao gồm loại bỏ nhiễu (noise removal), hiệu chỉnh tán xạ (radiometric calibration) và hiệu chỉnh hình học (terrain correction) bằng mô hình số độ cao SRTM 30m hoặc ASTER DEM [7]. Nhờ khả năng xử lý dữ liệu mạnh mẽ của GEE, chuỗi ảnh Sentinel-1 được thu thập trong mùa khô từ đầu tháng 1 đến cuối tháng 4 qua hằng năm (giai đoạn 2015-2025) được lọc, xử lý và tổng hợp thành ảnh trung bình theo từng năm. Việc lựa chọn khoảng thời gian này nhằm đảm bảo mực nước hồ ở trạng thái ổn định, ít biến động, từ đó giúp quá trình chiết tách bề mặt nước đạt độ chính xác cao hơn.

Phương pháp phân ngưỡng: một trong những kỹ thuật phổ biến được áp dụng để phân tách đối tượng trên ảnh vệ tinh là phương pháp phân ngưỡng (threshold) nhờ ưu điểm dễ triển khai và mang lại hiệu quả cao trong phân tích dữ liệu ảnh raster [10]. Để chiết tách mặt nước trên ảnh radar Sentinel 1, bài báo sử dụng phương pháp OTSU là một kỹ thuật phân ngưỡng tự động dựa trên việc phân tích biểu đồ cấp độ xám (histogram) của ảnh để tìm ra một ngưỡng tối ưu nhằm phân chia ảnh thành hai lớp riêng biệt: mặt nước và đất liền. Phương pháp này giả định rằng histogram có thể được mô tả bằng một phân phối nhị thức (binomial) hoặc đa thức (multinomial) tương ứng với hai hoặc nhiều lớp khác nhau nhưng cần đảm bảo hoạt động hiệu quả khi hai lớp có phương sai khác biệt nhỏ, vì khi đó, khả năng xác định giá trị ngưỡng k tối ưu sẽ tin cậy hơn [7,10,11]. Sau khi xác định được ngưỡng k^* , tiến hành phân ngưỡng (Threshold) để tạo ra ảnh nhị phân. Kết quả nhận được giá trị cấp độ xám lớn hơn ngưỡng k^* sẽ được gán mã bằng 1 và ngược lại, giá trị cấp độ xám nhỏ hơn ngưỡng k^* sẽ được gán mã bằng 0. Trong đó: $g(x,y)$: hàm biểu diễn giá trị độ xám tại điểm (x, y) trên ảnh đầu ra; $f(x,y)$: hàm biểu diễn giá trị độ xám tại điểm (x, y) trên ảnh đầu vào [10,11].

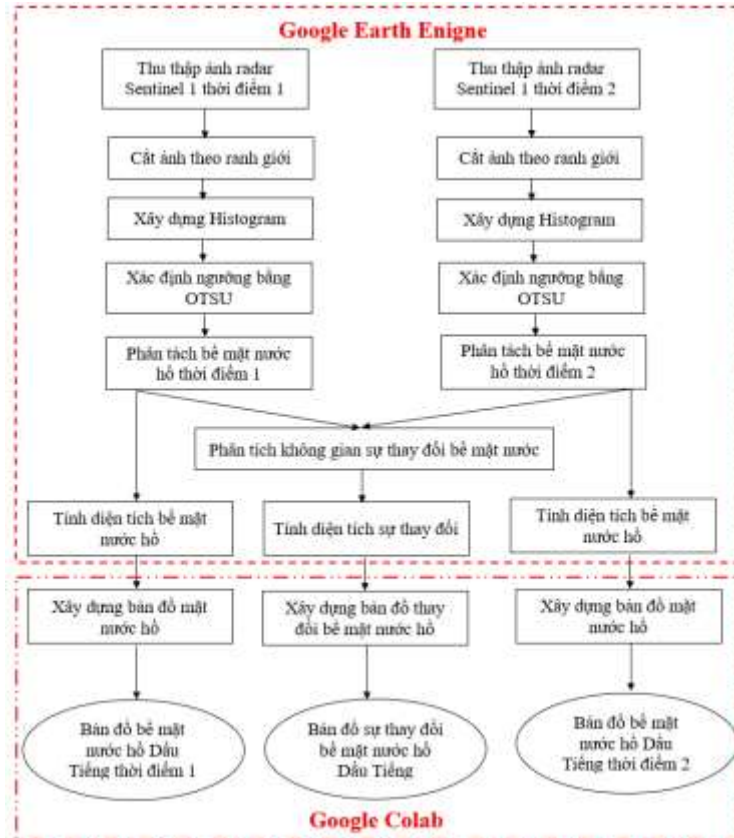
$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > k^* \\ 0 & f(x, y) < k^* \end{cases} \quad (1)$$

Trong nghiên cứu này, ranh giới giữa mặt nước hồ và phần đất liền được xác định bằng phương pháp OTSU áp dụng trên ảnh radar Sentinel-1 với phân cực VV. Do quá trình chiết tách mặt nước từ ảnh radar thường gặp phải hiện tượng muối tiêu (salt-and-pepper noise) [7], thể hiện qua sự xuất hiện của các vùng nhiễu nhỏ, rời rạc, đặc biệt là các đối tượng có diện tích rất nhỏ nằm xen kẽ giữa hai lớp đất và nước. Hiện tượng này xảy ra trên cả hai phân cực VV và VH gây khó khăn trong việc xác định chính xác mặt nước. Cụ thể, phân cực VH thường có mức nhiễu cao hơn so với VV, thể hiện qua sự xuất hiện của các đốm phản xạ li ti. Hơn nữa, biểu đồ histogram của phân cực VH thường xuất hiện hai đỉnh gần bằng nhau, làm giảm độ tương phản giữa lớp mặt nước và đất liền, dẫn đến khó khăn trong việc xác định ngưỡng phân tách [7,9]. Chính vì thế phân cực VV được lựa chọn là phù hợp hơn trong bối cảnh nghiên cứu này. Để hạn chế hiện tượng muối tiêu và nâng cao độ chính xác trong phân tách mặt nước hồ, nghiên cứu đã giới hạn phạm vi không gian bằng cách sử dụng công cụ Geometry (dạng đa giác) trên nền tảng Google Earth Engine nhằm vẽ một vùng bao phủ theo ranh giới hồ Dầu Tiếng nhằm tập trung vào khu vực có khả năng xảy ra thay đổi mặt nước. Đồng thời, các đối tượng mặt nước trên đất liền như ao, hồ, kênh rạch... được loại bỏ khỏi vùng phân tích nhằm tránh gây nhiễu trong quá trình xác định giá trị ngưỡng tách lớp giữa mặt nước và đất liền trên ảnh vệ tinh.

Phương pháp phân tích sự thay đổi mặt nước. Trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine cung cấp nhiều hàm tính toán giúp dễ dàng xác định tự động giá trị phân ngưỡng trên ảnh vệ tinh radar qua từng năm. Dựa vào kết quả phân loại mặt nước, tiến hành xác định không gian mặt nước thu hẹp và mở rộng bằng cách phân tích sự thay đổi bề mặt nước hồ Dầu Tiếng qua từng giai đoạn theo công thức tính toán biến động (2):

$$ID(\text{thời điểm 1}) * 100 + ID(\text{thời điểm 2}) \quad (2)$$

Trong đó: ID là mã đại diện cho từng lớp đối tượng, tuy nhiên cần thay đổi ID mã nhị phân khi chiết tách mặt nước theo giá trị ngưỡng để dễ dàng tính toán theo công thức (2). Với đối tượng mặt nước được gán ID = 1; các đối tượng khác được gán ID = 2. Mặt khác, việc đảm bảo tính thống nhất về mã ID giữa hai thời điểm là yêu cầu bắt buộc để đảm bảo độ chính xác trong phân tích biến động. Trong quá trình tính toán, GEE hỗ trợ thực hiện phép nhân bằng hàm multiply() và phép cộng bằng hàm add() – giúp chuẩn hóa quá trình mã hóa và so sánh ảnh tại hai thời điểm. Kết quả phân tích được thể hiện dưới dạng ma trận 2x2, phản ánh 4 trường hợp biến động tương ứng với mã 101 là đối tượng mặt nước không biến động (do ID = 1 qua hai thời điểm không đổi); mã 102 là đối tượng mặt nước thu hẹp (do ID = 1 tại thời điểm 1 chuyển thành ID = 2 tương ứng tại thời điểm 2 nghĩa là đối tượng mặt nước chuyển thành đối tượng khác); mã 201 là đối tượng mặt nước mở rộng (do ID = 2 tại thời điểm 1 chuyển thành ID = 1 tương ứng tại thời điểm 2 nghĩa là đối tượng khác chuyển thành đối tượng mặt nước) và mã 202 là đối tượng khác không biến động (do ID = 2 qua hai thời điểm không đổi).



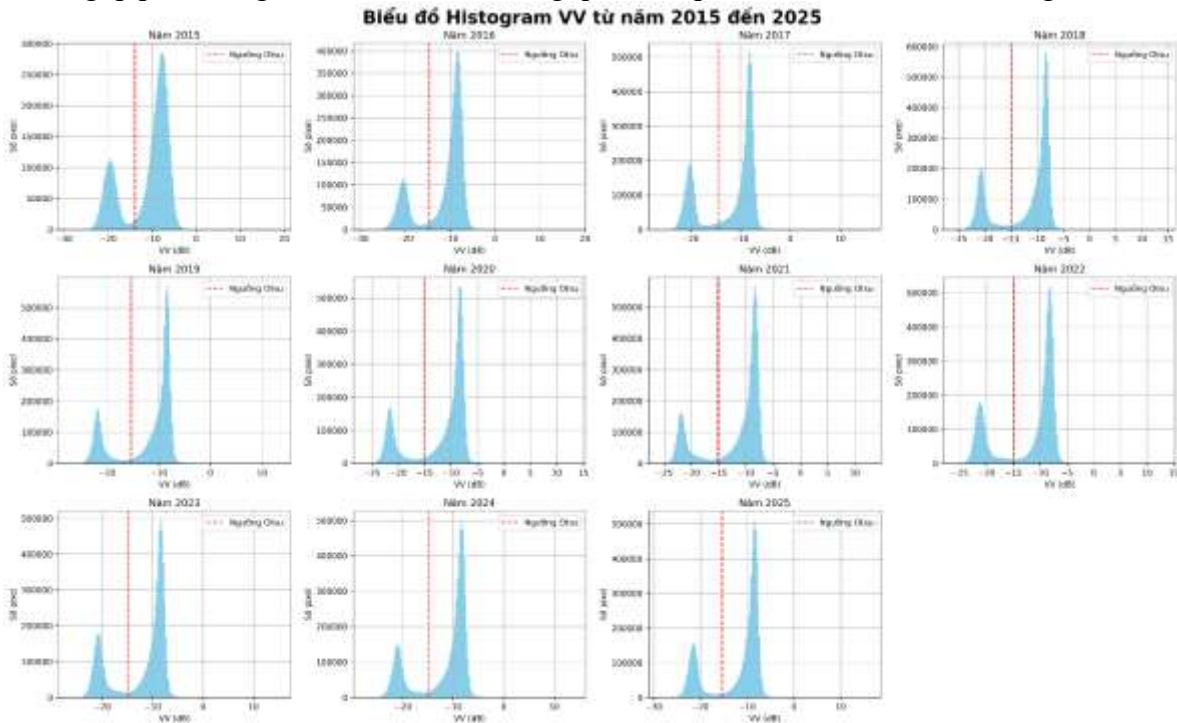
Hình 1. Quy trình thực hiện

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Kết quả bản đồ bề mặt nước hồ Dầu Tiếng qua các thời điểm

Theo biểu đồ Histogram (Hình 2) được xây dựng từ các giá trị cấp độ xám trên ảnh Sentinel-1 trong giai đoạn 2015–2025 với trục hoành biểu diễn giá trị decibel (dB) và trục tung thể hiện tần suất xuất hiện của các pixel trong vùng nghiên cứu, trong đó có thể nhận thấy rõ

đặc trưng của đồ thị thể hiện theo phân phối dạng hai đỉnh. Mỗi đường cong Histogram thể hiện hai đỉnh nổi bật với sự chênh lệch đáng kể về tần suất tương ứng với các giá trị tán xạ radar khác nhau. Cụ thể, đỉnh thấp hơn tương ứng với các vùng có độ phản xạ yếu điển hình là mặt nước, trong khi đỉnh cao hơn phản ánh các vùng có độ phản xạ mạnh hơn như mặt đất hoặc các đối tượng nhân tạo. Điều này cho thấy năng lượng tán xạ ngược từ các đối tượng trên mặt đất được cảm biến radar ghi nhận có sự khác biệt rõ rệt, góp phần phân tách giữa các loại đối tượng bề mặt. Ngưỡng phân loại giữa mặt nước và mặt đất được xác định tại vùng chuyển tiếp giữa hai đỉnh Histogram, tuy nhiên vùng giữa này sẽ gây ra khó khăn và dễ nhầm lẫn khi chọn giá trị ngưỡng phân tách. Để xác định ngưỡng phân tách một cách tối ưu và tự động, bài báo đã áp dụng thuật toán Otsu – một phương pháp phân ngưỡng toàn cục dựa trên nguyên lý tối đa hóa phương sai giữa các lớp. Cụ thể, thuật toán tìm kiếm giá trị ngưỡng sao cho sự khác biệt (phương sai) giữa các nhóm điểm ảnh trước và sau ngưỡng là lớn nhất, từ đó đảm bảo khả năng phân biệt rõ ràng giữa các đối tượng trong ảnh [10,11]. Kết quả áp dụng thuật toán Otsu cho từng thời điểm khảo sát cho thấy giá trị ngưỡng dao động trong khoảng từ -13,8 dB đến -15,4 dB (Bảng 1). Khoảng giá trị ngưỡng này cho thấy tính ổn định tương đối của phương pháp trong điều kiện dữ liệu biến đổi theo thời gian. Đồng thời, việc sử dụng ngưỡng tự động từ Otsu cho phép phân tách hiệu quả mặt nước so với các đối tượng xung quanh trong ảnh radar, góp phần nâng cao độ chính xác trong quá trình phân tích và trích xuất thông tin bề mặt.

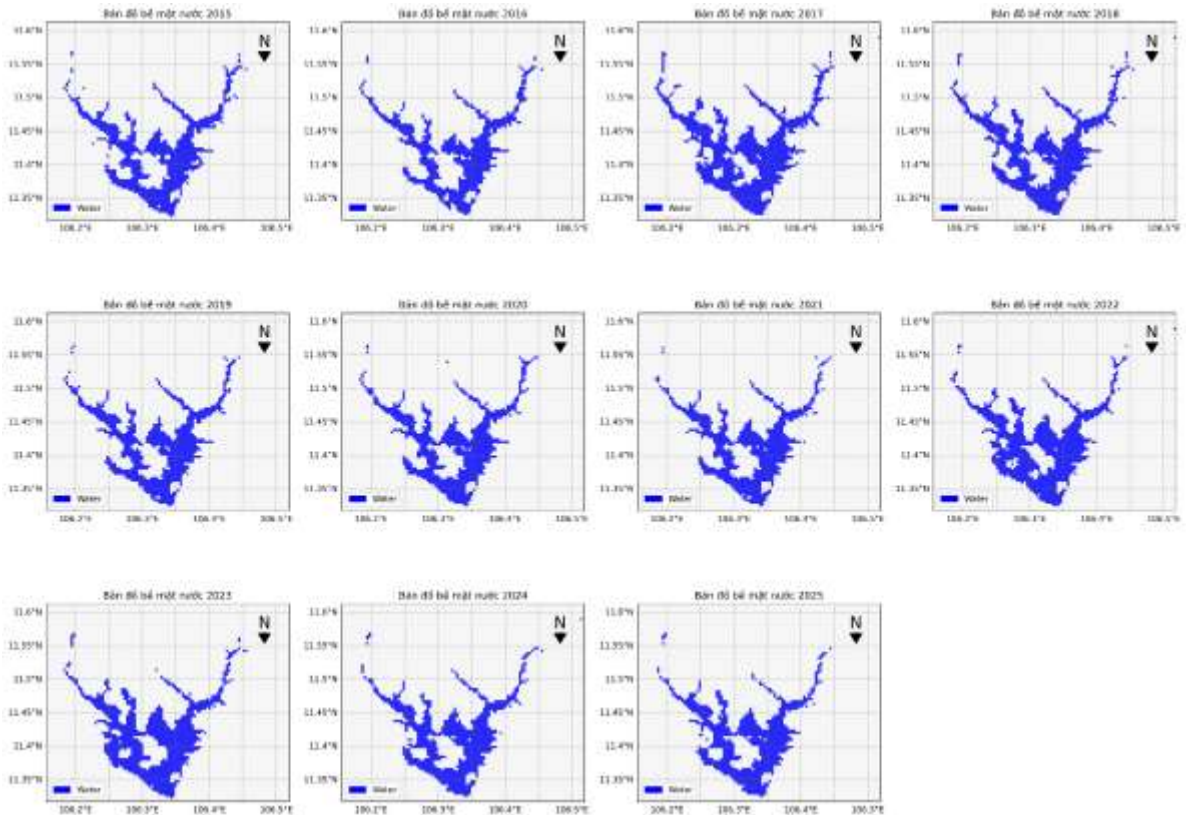


Hình 2. Biểu đồ Histogram

Bảng 1. Phân ngưỡng tự động từ Histogram

Thời điểm	Giá trị	Thời điểm	Giá trị
2015	-13,8713	2021	-15,1240
2016	-14,6227	2022	-14,8755
2017	-14,3732	2023	-14,8745
2018	-14,8740	2024	-14,8731
2019	-15,3737	2025	-15,3734
2020	-15,1235		

Dựa trên ngưỡng phân tách được xác định thông qua thuật toán Otsu, các pixel có giá trị decibel thấp hơn ngưỡng sẽ được phân nhóm vào lớp mặt nước, ngược lại, các pixel có giá trị lớn hơn ngưỡng được quy vào lớp mặt đất hoặc các đối tượng khác. Trên cơ sở giá trị ngưỡng đã xác định, nghiên cứu tiến hành chiết tách lớp mặt nước một cách tự động thông qua ứng dụng Google Earth Engine (GEE) là nền tảng điện toán đám mây tích hợp dữ liệu viễn thám toàn cầu, hỗ trợ xử lý dữ liệu theo thời gian thực với hiệu suất cao. Sau khi hoàn tất quá trình chiết tách trên ảnh vệ tinh, kết quả bề mặt nước hồ Dầu Tiếng qua các thời điểm (từ 2015 đến 2025) được trực quan hóa một cách đồng loạt dưới dạng bản đồ (Hình 3) thông qua nền tảng Google Colab sử dụng ngôn ngữ lập trình Python kết hợp với các thư viện mã nguồn mở như Matplotlib, Cartopy và các thư viện liên quan khác. Cách tiếp cận này không chỉ đảm bảo tính nhất quán và khả năng tái lập quy trình xử lý, mà còn tối ưu hóa quá trình trực quan hóa và chia sẻ kết quả trên nền tảng điện toán đám mây.



Hình 3. Bản đồ bề mặt nước hồ Dầu Tiếng

3.2. Kết quả bản đồ theo dõi sự thay đổi bề mặt nước hồ Dầu Tiếng qua các giai đoạn

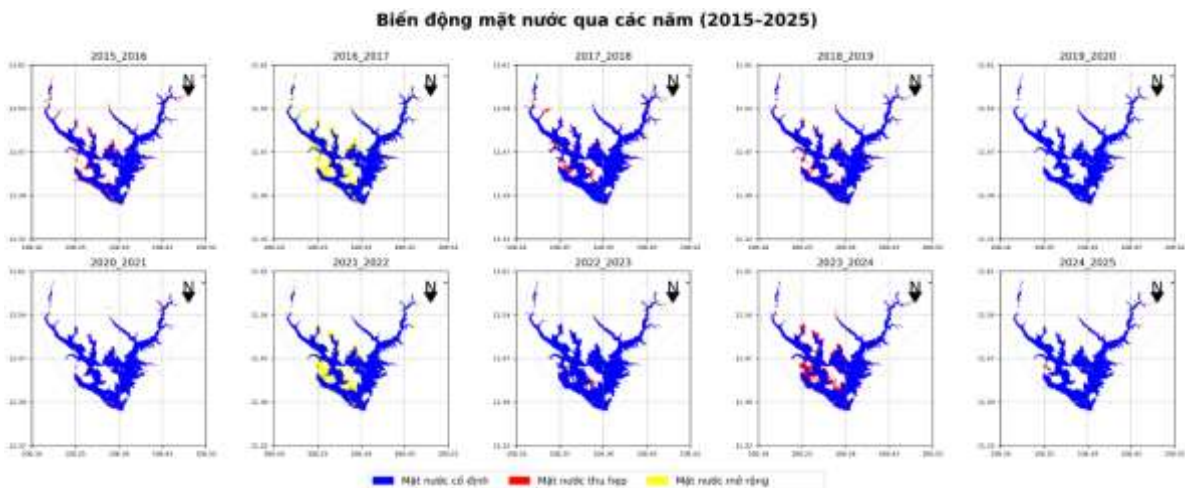
Qua kết quả phân tách nước hồ trên ảnh radar cho thấy, trong giai đoạn 2015–2025 diện tích mặt nước hồ Dầu Tiếng có sự dao động rõ rệt theo từng năm thể hiện qua Hình 4 đã phản ánh tác động của điều kiện khí hậu và hoạt động điều tiết nguồn nước của con người. Cụ thể năm 2015 diện tích mặt nước ở mức 175,06 km² tương đối ổn định, tuy nhiên đến năm 2016, diện tích giảm mạnh còn 153,47 km², mức thấp nhất trong toàn bộ giai đoạn, do ảnh hưởng của khô hạn với hiện tượng El Nino và nhu cầu sử dụng nước gia tăng [12]. Ngược lại, năm 2017 lượng mưa nhiều tích trữ nguồn nước lớn đã làm gia tăng diện tích mặt nước lên đến 201,12 km² cao nhất trong chuỗi thời gian. Các thời điểm 2018 đến 2021 đánh dấu xu hướng giảm dần, từ 182,53 km² xuống còn 160,61 km², phản ánh quá trình xả nước phục vụ sản xuất nông nghiệp và giảm lượng mưa qua hằng năm. Sang năm 2022 và 2023, diện tích mặt nước tăng trở lại, lần lượt đạt 194,60 km² và 195,42 km² gần tiệm cận mức cao nhất của năm 2017, cho thấy điều kiện thủy văn thuận lợi và khả năng tích nước tốt [13]. Tuy nhiên, đến năm 2024

và 2025, diện tích mặt nước giảm nhẹ xuống mức ổn định quanh 170 km², cho thấy quá trình điều tiết trở lại trạng thái cân bằng [5]. Diễn biến này thể hiện tính chu kỳ và phụ thuộc chặt chẽ vào lượng mưa, nhu cầu khai thác nước cũng như chiến lược quản lý hồ chứa theo từng năm cụ thể.



Hình 4. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi bề mặt nước qua các năm

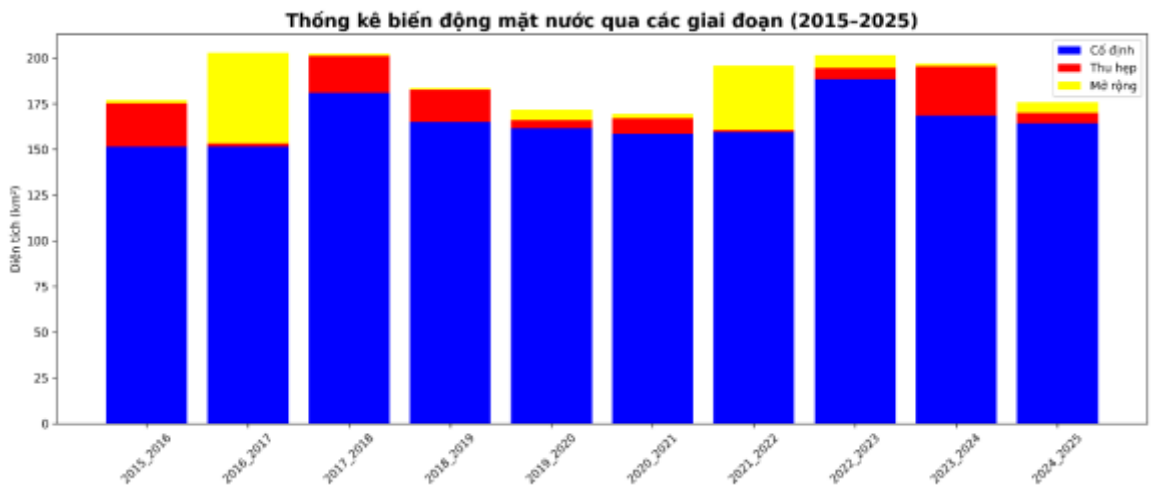
Để giám sát sự thay đổi bề mặt nước hồ Dầu Tiếng một cách trực quan và có hệ thống, bài báo đã xây dựng các bản đồ biến động mặt nước theo từng thời điểm. Các bản đồ này phản ánh cụ thể khu vực mặt nước mở rộng hoặc thu hẹp qua các năm, góp phần làm rõ xu hướng thay đổi không gian theo thời gian (Hình 5). Việc trực quan hóa toàn bộ các bản đồ được thực hiện đồng bộ trên nền tảng Google Colab, kết hợp với các thư viện mã nguồn mở Python.



Hình 5. Bản đồ biến động bề mặt nước hồ Dầu Tiếng

Dựa trên biểu đồ Hình 6 có thể thấy hồ Dầu Tiếng đã trải qua nhiều giai đoạn mở rộng và thu hẹp diện tích mặt nước với mức độ khác nhau qua từng năm. Cụ thể giai đoạn 2015–2016 có diện tích bị thu hẹp tương đối lớn với 23,51 km², trong khi diện tích mở rộng chỉ 1,91 km², cho thấy xu hướng suy giảm mạnh trong điều kiện tích nước. Đây là giai đoạn có mức thu hẹp lớn nhất trong chuỗi dữ liệu, phản ánh khả năng ảnh hưởng của hạn hán và xả nước lớn [12] do ảnh hưởng của hiện tượng El Nino. Ngược lại, giai đoạn 2016–2017 thể hiện sự phục hồi mực nước với diện tích mở rộng đạt 49,43 km² và cao nhất trong toàn bộ chuỗi thời gian nghiên cứu và diện tích thu hẹp chỉ 1,78 km². Điều này cho thấy hồ được tích nước trở lại nhanh chóng, có thể do mưa lớn hoặc chính sách tích trữ nước hiệu quả. Tuy nhiên, các giai đoạn kế tiếp từ 2017–2021 lại thể hiện xu hướng giảm dần diện tích mặt nước. Cụ thể, trong giai đoạn 2017–2018 và 2018–2019, diện tích thu hẹp lần lượt là 20,02 km² và 17,54

km², trong khi diện tích mở rộng không đáng kể (dưới 2 km²). Điều này cho thấy mặt nước có xu hướng suy giảm ổn định sau đợt phục hồi mạnh năm 2017. Từ năm 2019 đến 2021, biến động tương đối nhẹ với mức thu hẹp thấp dần (4,65 km² đến 8,71 km²) và diện tích mở rộng dao động từ 2,21 đến 5,69 km², phản ánh trạng thái gần như cân bằng trong điều tiết nước hồ. Giai đoạn 2021–2022 lại chứng kiến sự gia tăng đáng kể diện tích mở rộng (35,22 km²), trong khi diện tích thu hẹp chỉ là 1,23 km² – đây là một trong những đợt tăng mạnh thứ hai sau năm 2017, do mùa mưa đến sớm và mưa kéo dài [13]. Tuy nhiên, xu hướng đảo chiều trở lại trong năm 2023–2024, khi diện tích thu hẹp tăng lên 27,02 km² và diện tích mở rộng chỉ đạt 1,58 km², cho thấy mặt nước lại có dấu hiệu giảm sút mạnh. Đến năm 2024–2025, hồ cho thấy dấu hiệu ổn định trở lại với diện tích mở rộng (5,93 km²) phản ánh trạng thái gần cân bằng do tình trạng xả nước điều tiết nước [5]. Nhìn chung, các giai đoạn có biến động lớn (2015–2016, 2016–2017, 2021–2022, 2023–2024) là những mốc đáng chú ý, thể hiện rõ tác động qua lại giữa điều kiện thời tiết (đặc biệt là lượng mưa) và hoạt động điều tiết của con người. Phân tích này góp phần làm rõ quá trình biến động không gian mặt nước qua từng năm, đồng thời cho thấy tầm quan trọng của công tác giám sát liên tục trong quản lý tài nguyên nước tại hồ Dầu Tiếng.



Hình 6. Biểu đồ biến động bề mặt nước hồ Dầu Tiếng

3.3. Thảo luận

Qua kết quả thực nghiệm, phương pháp Otsu đã chứng minh được tính hiệu quả cao trong việc phân tách mặt nước trên ảnh vệ tinh, đặc biệt phù hợp với đặc điểm phân phối hai đỉnh (bimodal) của dữ liệu ảnh radar. Việc áp dụng phân ngưỡng này cho phép tách biệt chính xác hai nhóm đối tượng cơ bản trong ảnh radar là mặt nước và đất liền, từ đó tạo nền tảng vững chắc cho các phân tích không gian và theo dõi biến động lớp phủ bề mặt theo thời gian. Kết quả theo dõi sự thay đổi diện tích mặt nước hồ Dầu Tiếng qua từng năm (từ 2015 đến 2025) cho thấy xu hướng mở rộng và thu hẹp rõ rệt, phản ánh sự biến động phức tạp của mặt nước dưới tác động của các yếu tố tự nhiên và con người. Đáng chú ý như 2015–2016 (thu hẹp mạnh), 2016–2017 (mở rộng đột biến), 2021–2022 (tăng nhanh) và 2023–2024 (giảm mạnh) là minh chứng cho tính nhạy cảm của hồ chứa trước các điều kiện thủy văn và chiến lược quản lý nước. Đặc biệt, sự cân bằng tương đối trong giai đoạn 2024–2025 cho thấy khả năng điều tiết ổn định được thiết lập trở lại sau các chu kỳ biến động. Bên cạnh đó, việc kết hợp sử dụng nền tảng Google Earth Engine hỗ trợ xử lý và phân tích nhanh chóng các ảnh radar đã góp phần tăng hiệu quả trong thu thập và xử lý dữ liệu lớn. Đồng thời, nền tảng Google Colab được tận dụng để trực quan hóa hàng loạt các bản đồ một cách linh hoạt và hiệu quả trên môi trường điện toán đám mây. Cách tiếp cận này không chỉ đảm bảo tính nhất quán,



khả năng tái lập mà còn tối ưu hóa tốc độ xử lý và trình bày kết quả, góp phần nâng cao hiệu quả nghiên cứu và ứng dụng trong giám sát tài nguyên nước.

Tuy nhiên, phương pháp Otsu có thể gặp khó khăn trong điều kiện ảnh có nhiễu mạnh hoặc các vùng nước xung quanh, dễ gây ảnh hưởng đến giá trị ngưỡng làm cho nhầm lẫn trong phân loại. Để khắc phục, cần tích hợp các kỹ thuật tiền xử lý nâng cao nhằm giảm nhiễu, đồng thời ứng dụng các mô hình học máy hiện đại để cải thiện độ chính xác phân đoạn. Bên cạnh đó, tối ưu hóa quy trình xử lý và phân phối tài nguyên trên môi trường đám mây sẽ nâng cao hiệu quả xử lý và khả năng mở rộng trong nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn.

4. Kết luận

Bài báo đã chứng minh hiệu quả của việc ứng dụng ảnh radar Sentinel-1 trong giám sát biến động bề mặt nước thông qua phương pháp phân ngưỡng Otsu triển khai trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine. Phương pháp này không chỉ cho phép phân tách mặt nước một cách tự động qua từng thời điểm mà còn phù hợp với đặc điểm dữ liệu radar có phân phối hai đỉnh rõ rệt. Kết quả theo dõi diện tích mặt nước hồ Dầu Tiếng giai đoạn 2015–2025 cho thấy sự biến động rõ nét cả về thời gian lẫn không gian, phản ánh tác động của điều kiện thủy văn và hoạt động điều tiết nước của con người. Sự kết hợp linh hoạt giữa công cụ viễn thám, ngôn ngữ lập trình và các thư viện mã nguồn mở Python trên nền tảng Google Colab đã xây dựng nên một môi trường điện toán đám mây phân tích mạnh mẽ, có tính lặp lại và khả năng mở rộng cao. Hệ thống này không chỉ hỗ trợ hiệu quả trong công tác giám sát tài nguyên nước mà còn góp phần định hướng các giải pháp quản lý và khai thác bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nhu cầu sử dụng nước ngày càng gia tăng.

Cam kết của các tác giả

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyen Quoc Khanh, Pham Mai Phuong, Nguyen Trong Nhan. “Monitoring of Water Surface Dynamics of the Song Hinh Hydropower Reservoir (Vietnam) Using Google Earth Engine”. *Geography, Environment, Sustainability*. Vol. 18(2), page 91-101, 2025.
- [2] Lê Thiên Bảo, Nguyễn Trọng Nhân. “Ứng dụng Google Earth Engine giám sát biến động mặt nước Hồ Dầu Tiếng giai đoạn 1990–2022”. *Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2022*. Trang 18-25, 2022.
- [3] Bộ nông nghiệp và phát triển nông thôn công ty TNHH MTV khai thác thủy lợi miền Nam, 2023. “Hồ Dầu Tiếng Tây Ninh”. Truy cập ngày 1/10/2025 tại <https://thuyloimiennam.vn/vi/hoat-dong-kinh-doanh/hoat-dong-khu-vuc/ho-dau-tieng-tay-ninh---tham-khao-ngay-kinh-nghiem-du-lich-tu-a---z>
- [4] Trần Tuấn Hoàng, Phạm Ánh Bình, Nguyễn Phương Đông, Hồ Công Toàn, Nguyễn Thảo Hiền, Châu Thanh Hải. “Đánh giá sự thay đổi lưu lượng về hồ Dầu Tiếng theo các kịch bản biến đổi khí hậu”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*. Tập 720, trang 61-77, 2020.
- [5] Sơn Lam, 2024. “Hồ Dầu Tiếng sẽ xả hơn 7 triệu m³ nước về sông Vàm Cỏ Đông”. *Báo tuổi trẻ online*. Truy cập ngày 20/9/2025 tại <https://tuoitre.vn/ho-dau-tieng-se-xa-hon-7-trieu-m3-nuoc-ve-song-vam-co-dong-20240423145421231.htm>
- [6] XU, H. “Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery”. *Int. J. Remote Sens*. Vol. 27, page 3025–3033, 2007.
- [7] Lương Thanh Long, Nguyễn Trọng Nhân. “Ứng dụng ảnh radar Sentinel-1 giám sát tình hình sạt lở và bồi tụ tại tỉnh Cà Mau giai đoạn 2015-2024 trên nền tảng Google Earth Engine”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*. Tập 765, trang 27-38, 2024.
- [8] Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường, Nguyễn Thu Huyền. “Nghiên cứu thành lập bản đồ ngập lụt từ ảnh viễn thám radar áp dụng cho hạ du lưu vực sông Trà Khúc, Sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*. Tập 39, trang 1–8, 2017.
- [9] Nguyễn Trọng Nhân, Lê Thiên Bảo. “Ứng dụng phương pháp OTSU chiết tách mặt nước trong giám sát biến động ranh giới Hồ Dầu Tiếng trên nền tảng Google Earth Engine”. *Tạp chí Khoa Học Đất*. Tập 69, trang 1-7, 2022.



- [10] Hui, F.N.; Cheng, W.K.; Jim, M.L. “A Weighting scheme for improving OTSU method for threshold selection”. *J. Comput. (Taiwan)*. Vol. 27, page 12–21, 2016.
- [11] OTSU, N. “A threshold selection method from gray-level histogram”. *IEEE Trans. Sys. Man Cybern.* Vol.1, page 62–66, 1979.
- [12] Đặng Quang, 2016. “Xả nước hồ Dầu Tiếng để giảm hạn, mặn”. *Thời báo VTV*. Truy cập ngày 8/10/2025 tại <https://vtv.vn/trong-nuoc/xa-nuoc-ho-dau-tieng-de-giam-han-man-20160306183356528.htm>
- [13] Tấn Hưng, 2022. “Chủ động bảo đảm an toàn hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ”. *Báo Tây Ninh Điện tử*. Truy cập ngày 8/10/2025 tại <https://baotayninh.vn/chu-dong-bao-dam-an-toan-ho-dau-tieng-trong-mua-lu-a149851.html>

[Article © 2025 by Magazine of Geodesy - Cartography is licensed under CC BY 4.0](#)

