

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

PHAN QUỐC YÊN

**NGHIÊN CỨU HÌNH THÁI ĐỊA HÌNH VÙNG
NƯỚC NÔNG VEN CÁC ĐẢO TRƯỜNG SA
BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO SÂU VIỄN THÁM**

Chuyên ngành: Bản đồ, viễn thám và hệ thống tin địa lí
Mã số : 9440211.01

DỰ THẢO TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ ĐỊA LÝ

Hà Nội - 2020

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TS. Nguyễn Hiệu

2. TS. Đào Khánh Hoài

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm luận án tiến sĩ họp tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội vào hồi giờ, ngày tháng năm 202 .

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam

- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Khu vực nước nông ven các đảo thuộc QĐTS có vai trò, ý nghĩa hết sức quan trọng. Đây là khu vực hoạt động chủ yếu trước khi tiếp cận với phần đảo nổi như dẫn đường cho tàu thuyền, khu vực neo đậu đợi cơ trú tránh bão, khu vực bãi đỗ thủy phi cơ, hoạt động quân sự phòng thủ bảo vệ đảo, hoạt động cứu hộ cứu nạn, hoạt động dân sinh về nuôi trồng thủy hải sản, v.v. Vì vậy, khu vực này thường có các công trình phục vụ dân sinh và quốc phòng như bờ kè bảo vệ đảo, cầu cảng, luồng lạch, các công sự quân sự, v.v. Các công trình và HTĐH khu vực này thường bị ảnh hưởng liên tục bởi các điều kiện hải văn phức tạp, làm ảnh hưởng đến hiệu quả các hoạt động đảm bảo kinh tế và quốc phòng an. Việc thu thập thông tin địa hình và đánh giá HTĐH các khu vực này gặp nhiều khó khăn. Gần đây, với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật thu nhận và xử lý ảnh vệ tinh ngày càng hoàn thiện đã mở ra nhiều triển vọng trong các nghiên cứu, thu thập thông tin từ xa đối với những khu vực khó tiếp cận.

Vì vậy NCS lựa chọn đề tài: **“Nghiên cứu hình thái địa hình vùng nước nông ven các đảo Trường Sa bằng phương pháp đo sâu viễn thám”**.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Ứng dụng phương pháp xác định độ sâu đáy biển từ ảnh viễn thám quang học vào đo vẽ HTĐH khu vực nước nông ven đảo thử nghiệm thuộc QĐTS.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Đối tượng nghiên cứu của luận án là phương pháp xác định độ sâu khu vực nước nông từ ảnh viễn thám, ứng dụng đánh giá HTĐH tại khu vực ven đảo An Bang.

Phạm vi nghiên cứu: Tại một đảo đặc trưng của quần đảo Trường Sa (đảo An Bang) với thời gian từ năm 2015 đến 2019.

4. Điểm mới của luận án

- Luận án đã thực nghiệm đánh giá lựa chọn phương pháp, đề xuất quy trình xác định độ sâu từ tư liệu viễn thám quang học cho khu vực nước nông ven đảo thí điểm An Bang thuộc QĐTS.

- Tính toán định lượng được các tham số HTĐH, sự biến động của địa hình (xói lở, bồi tụ) và làm sáng tỏ các yếu tố động lực làm thay đổi HTĐH khu vực nước nông ven đảo An Bang.

5. Các luận điểm bảo vệ

- Luận điểm 1: Quy trình xác định độ sâu đáy biển khu vực nước nông ven đảo nổi tại QĐTS có độ chính xác phụ thuộc vào nhiều yếu tố như thuật toán, độ chính xác điểm khống chế đầu vào và các bước tiền xử lý ảnh. Phương pháp hồi quy trọng số tuyến tính có thể thực hiện tốt trong điều kiện cho các khu vực khó tiếp cận như QĐTS.

- Luận điểm 2: Áp dụng phương pháp định lượng hóa các tham số biến đổi HTĐH từ tư liệu ảnh viễn thám đa thời gian kết hợp với các yếu tố ĐKTN là cơ sở quan trọng để xác định được các quá trình động lực làm thay đổi HTĐH khu vực nước nông ven các đảo thuộc QĐTS một cách chính xác và khách quan.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn luận án

Ý nghĩa khoa học: Nội dung nghiên cứu của luận án đã hệ thống đầy đủ cơ sở khoa học về sử dụng công nghệ viễn thám quang học để xác định độ sâu đáy biển khu vực nước nông ven đảo xa bờ. Có thể nhân rộng phương pháp này để nghiên cứu cho các khu vực biển nông ven các đảo xa bờ khác; Đo đạc được các tham số HTĐH, sự biến động của địa hình đáy biển ở khu vực nước nông từ DBM đa thời gian một cách nhanh chóng, chính xác, đồng bộ và khách quan.

Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn to lớn, xây dựng được quy trình đo vẽ giúp cập nhật nhanh chóng sự thay đổi HTĐH khu vực nước nông ven các đảo tiếp cận và khó tiếp cận (do không đảm bảo an toàn hàng hải, có quân đội nước ngoài đồn trú, không tồn tại sự sống, v.v.) thuộc QĐTS nhằm đáp ứng các nhiệm vụ cấp bách và lâu dài. Phương pháp có chi phí thấp, dễ thực hiện và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ĐỊA HÌNH ĐÁY BIỂN VÙNG NƯỚC NÔNG VEN CÁC ĐẢO XA BỜ BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO SÂU VIỄN THÁM

1.1. Tổng quan nghiên cứu HTĐH đáy biển vùng nước nông ven các đảo xa bờ trên Thế Giới và ở Việt Nam

1.1.1. Định nghĩa và phân loại đảo

Theo Công ước của Liên hợp quốc về Luật Biển năm 1982 và luật biển Việt Nam đã khẳng định: “Một đảo là một vùng đất tự nhiên có nước bao bọc, khi thủy triều lên vùng đất này vẫn ở trên mặt nước”. Theo các nhà khoa học, mẫu số chung là chúng bị cô lập, được xác định rõ về mặt địa lý và có ranh giới riêng biệt.

Các phân loại đảo trên toàn cầu chủ yếu dựa trên nguồn gốc đảo như: Các đặc điểm địa mạo, kích thước, hình dạng đường bờ biển và theo độ cao, v.v. Tựu trung lại, đảo có thể được phân làm hai loại, đảo lục địa (gần bờ) hoặc đảo đại dương (xa bờ).

1.1.2. Tổng quan về các nghiên cứu HTĐH khu vực nước nông ven đảo San hô xa bờ trên thế giới

Nội dung này bao gồm các khái niệm về khu vực nước nông ven đảo xa bờ, HTĐH và quy trình nghiên cứu HTĐH đáy biển, và các nghiên cứu HTĐH khu vực nước nông ven đảo san hô xa bờ trên thế giới. Các vấn đề về nguồn gốc hình thành và sự phát triển đã được

ngiên từ lâu và khá đầy đủ; các nghiên cứu về tác động qua lại giữa các điều kiện biên và ứng xử của HTĐH ven đảo, các mô hình dòng chảy, dòng vận chuyển trầm tích và mô hình sóng trên mặt bằng rạn cũng đã được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới. Kết hợp với các nghiên cứu đó để lập bản đồ địa mạo khu vực ven đảo san hô. Tuy nhiên, vẫn còn một số hạn chế như: Địa mạo ngắn hạn trong phát hiện thay đổi HTĐH đáy biển khu vực nước nông ven đảo vẫn còn ít được nghiên cứu; Áp dụng phương pháp xác định các tham số HTĐH, đặc biệt phát hiện biến động địa hình đáy biển về phạm vi, khối lượng thể tích các khu vực xói lở, bồi tụ giữa nhiều chu kỳ liên tục ở khu vực ven đảo san hô xa bờ vẫn còn thiếu.

1.1.3. Tổng quan về các phương pháp nghiên cứu đánh giá, phát hiện thay đổi HTĐH đáy biển khu vực nước nông ven đảo

Phương pháp xác định khối lượng và khu vực xói lở, bồi tụ dựa vào đánh giá lỗi thay đổi theo không gian được sử dụng rộng rãi trên thế giới cho các khu vực lòng sông, cửa sông, ven biển. Một thực nghiệm ở khu vực biển xa bờ là rất ít ỏi, hầu như không tìm thấy.

1.1.4. Tổng quan các nghiên cứu về HTĐH khu vực nước nông ven các đảo thuộc QĐTS

Đã có nhiều nghiên cứu về địa mạo đảo san hô, đặc điểm địa chất công trình đảo san hô, cơ chế hình thành và cấu trúc rạn san hô, sự phát triển rạn san hô QĐTS, các động lực bờ đảo, HTĐH, địa mạo khu vực nước nông ven các đảo, v.v. Tuy nhiên, chưa có phân tích định lượng và phát hiện xói lở, bồi tụ địa hình khu vực nước nông ven các đảo từ dữ liệu DBM đa thời gian một cách đầy đủ, từ đó đánh giá và làm sáng tỏ các yếu tố động lực gây ra thay đổi HTĐH một cách khách quan và chính xác.

1.2. Tổng quan về ứng dụng viễn thám vào xác định độ sâu khu vực nước nông ven các đảo Trường Sa

1.2.1. Độ sâu đáy biển và các công nghệ khảo sát độ sâu

Phương pháp viễn thám gồm viễn thám hồi âm, công nghệ LiDAR, công nghệ vệ tinh quang học. Công nghệ viễn thám quang học là một lựa chọn hiệu quả về giá thành để xác định độ sâu cho những khu vực rộng lớn với nước nông và trong, phù hợp với nhu cầu thu thập số liệu một cách liên tục, lâu dài, đặc biệt các khu vực sâu xa khó tiếp cận.

1.2.2. Tổng quan về các phương pháp xác định độ sâu từ tư liệu viễn ảnh thám quang học

Tổng quan về lựa chọn dữ liệu ảnh viễn thám trong xác định độ sâu: Ảnh đa phổ được thu thập bằng vệ tinh, phổ biến, đa dạng và thu thập một cách dễ dàng; ảnh siêu phổ chủ yếu thu thập bằng máy bay, chi phí đắt đỏ. Đối với ảnh MS, Có 2 kỹ thuật đã được công nhận để xác định độ sâu sử dụng ảnh vệ tinh MS, phương pháp đo bức xạ và phương pháp đo ảnh. Tuy nhiên, phương pháp đo ảnh chưa được nghiên cứu rộng rãi, hạn chế trong khả năng của cảm biến hiện tại, thách thức trong việc thu thập ảnh lập thể, nhà cung cấp còn hạn chế, chi phí còn đắt đỏ. Vì vậy, đề tài lựa chọn ảnh vệ tinh quang học đa phổ thường.

Tổng quan các phương pháp xác định độ sâu từ tư liệu ảnh viễn thám quang học đa phổ: Phương pháp xác định độ sâu bằng đo bức xạ thường có 3 nhóm phương pháp: Phương pháp thực nghiệm, phương pháp phân tích và phương pháp kết hợp. Phương pháp thực nghiệm thường thông dụng, sử dụng ít điểm mẫu độ sâu, phù hợp với các nhiệm vụ nhanh, các khu vực khó tiếp cận. Tuy nhiên, giả thiết môi trường đồng nhất trên toàn cảnh là một nhược điểm của phương

pháp này; Nhóm phương pháp phân tích có độ chính xác tốt hơn phương pháp thực nghiệm. Tuy nhiên, đòi hỏi kiến thức trước về tính chất quang phổ của nước, thời gian và khả năng xử lý phức tạp hơn; Nhóm kết hợp nhằm tận dụng những ưu điểm của cả phương pháp thực nghiệm và phương pháp phân tích. Ngoài ra, khắc phục những nhược điểm của cả hai phương pháp này. Vì vậy, phương pháp kết hợp là giải pháp phù hợp nhất.

Tổng quan về phương pháp tuyến tính và tỷ số tuyến tính trong xác định độ sâu từ tư liệu viễn ảnh thám quang học đa phổ:

Phương pháp kênh tuyến tính: Mô hình thực nghiệm đơn thuần này vẫn còn một số hạn chế cần tiếp tục nghiên cứu, vì mô hình vẫn dựa vào giả thiết không tồn tại trong thực tế về sự đồng nhất về chất lượng nước và chất đáy trong toàn khu vực, sử dụng một giải pháp hồi quy OLS truyền thống.

Phương pháp tỷ số tuyến tính: Kết quả cho thấy tính mạnh mẽ hơn thuật toán kênh tuyến tính về độ sâu xác định được, dễ thực hiện với một ít điểm độ sâu, chỉ yêu cầu 2 kênh phổ, ít nhạy cảm với sự biến đổi nước và chất đáy, vẫn thực hiện được trong môi trường nước đục. Tuy nhiên, phương pháp này có phần nhiều hơn do ảnh hưởng chất lượng đồng nhất về môi trường. Cần kết hợp với phương pháp bán thực nghiệm để có kết quả tốt hơn.

Các nghiên cứu về cải tiến, nâng cao độ chính xác: Để khắc phục được nhược điểm của hai phương pháp thông dụng tỷ số tuyến tính và kênh tuyến tính, nhiều nhà nghiên cứu đã cải tiến hai phương pháp này. Một trong hướng cải tiến dễ thực hiện và hiệu quả nhất là theo hướng bán thực nghiệm, sử dụng phương pháp hồi quy trọng số địa lý để giải quyết tính không đồng nhất về chất đáy và cột nước trong một cảnh ảnh. Tuy nhiên, ứng dụng các thuật toán này vẫn

đang còn ít ỏi, đặc biệt các khu vực khác nhau sẽ ảnh hưởng của từng điều kiện địa lý tự nhiên tới độ chính xác và các bước thực hiện quy trình khác nhau. Vì vậy, một thực nghiệm, đánh giá đầy đủ toàn bộ các bước của quy trình đối với phương pháp xác định độ sâu từ ảnh viễn thám là cần thiết.

1.2.3. Tổng quan các nghiên cứu về xác định độ sâu bằng ảnh viễn thám quang học đa phổ tại khu vực Biển Đông và QĐTS

Một số tác giả như Trương Thị Hòa Bình, Phạm Xuân Hoàn, Lê Quốc Hưng trực tiếp sử dụng ảnh vệ tinh để nghiên cứu địa hình khu vực Trường Sa. Nhóm nghiên cứu Lê Quốc Hưng đã trực tiếp thử nghiệm các phương pháp hiện đại trên thế giới để tính toán, xác định độ sâu khu vực nước nông ven bờ thuộc QĐTS. Tuy nhiên, phương pháp thử nghiệm vẫn còn nhiều yếu tố giả thiết chưa giải quyết triệt để, vẫn sử dụng phương pháp kênh tuyến tính truyền thống.

1.3. Kết luận chương 1

Đánh giá HTĐH đáy biển khu vực nước nông ven đảo thuộc QĐTS cần xem xét một cách tổng thể toàn diện, phát hiện khối lượng và khu vực biến động địa hình đáy biển bằng mô hình số độ sâu đa thời gian dựa vào đánh giá lỗi thay đổi theo không gian đem lại độ chính xác tốt hơn.

Trong phương pháp đo sâu viễn thám, kết hợp với các phương pháp hiệu chỉnh lóa mặt trời, phương pháp hồi quy trọng số không gian có thể đem lại một kết quả tốt nhất.

HTĐH khu vực nước nông ở QĐTS cơ bản tương tự nhau về nguồn gốc, động lực và hình thái. Chỉ cần lựa chọn một đảo thực nghiệm phương pháp làm cơ sở sử dụng phương pháp này cho toàn khu vực QĐTS.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐỘ SÂU BẰNG TƯ LIỆU VIỄN THÁM ĐA PHỔ KHU VỰC NƯỚC NÔNG VEN ĐẢO THỦ NGHIỆP THUỘC QĐTS

2.1. Cơ sở khoa học xác định độ sâu đáy biển trên ảnh vệ tinh quang học

2.1.1. Phản xạ phổ trên ảnh vệ tinh trong môi trường nước biển

Ánh sáng trong nước suy giảm dần từ bước sóng ngắn đến bước sóng dài hơn. Kênh Blue (450 - 510 nm), Green (510 - 580 nm), Yellow, Red (630 - 690 nm) và NIR bị hấp thụ hoàn toàn trong nước.

2.1.2. Nguyên lý xác định độ sâu từ ảnh viễn thám đa phổ

Các phương pháp ước tính độ sâu từ tư ảnh viễn thám quang học đều dựa vào nguyên lý năng lượng phản xạ nước bị suy giảm theo độ sâu (hàm mũ theo Luật Beer).

2.1.3. Xác định độ sâu đáy biển từ ảnh viễn thám đa phổ

2.1.3.1. Phương pháp kênh tuyến tính

$$z = \sum_{i=1}^n A_i X_i + c_i, \text{ với } X_i = \text{Ln}(\Delta L_i (\text{sauhieuchinh}))$$

Trong đó, $\Delta L_i (\text{sauhieuchinh})$ là bức xạ thu được sau khi hiệu chỉnh thành phần nước sâu, hiệu chỉnh lóa mặt trời. Các hệ số A_i , c_i được xác định bằng cách thực hiện hồi quy OLS thông thường hoặc hồi quy trọng số địa lý GWR giữa tập mẫu độ sâu z và X_i .

2.1.3.2. Phương pháp tỷ số tuyến tính

$$z = m_1 X_{\text{tỷ số}} - m_0 = m_1 \frac{\text{Ln}(nL_w(\lambda_i))}{\text{Ln}(nL_w(\lambda_j))} - m_0$$

n là hằng số được lựa chọn để đảm bảo tham số Logarit sẽ dương dưới mọi điều kiện. $L_w(\lambda_i)$, $L_w(\lambda_j)$ lần lượt là giá trị phản xạ phổ điểm ảnh của kênh i và kênh j sau hiệu chỉnh (chuyển đổi bức xạ, khí quyển, lóa mặt trời). Các giá trị m_1 , m_0 được xác định bằng phân tích hồi quy tuyến tính OLS hoặc hồi quy thích ứng trọng số tuyến tính.

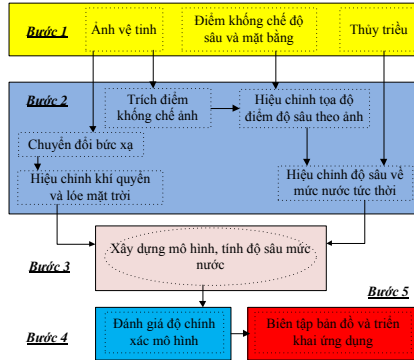
2.1.3.3. Phương pháp hồi quy trọng số địa lý (GWR)

Mô hình hồi quy trọng số địa lý (GWR):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i$$

2.1.3.4. Hiệu chỉnh khí quyển và lóa mặt trời

Sử dụng thành phần nước sâu để hiệu chỉnh cột nước và khí quyển. Sử dụng phương pháp Hedley (2005) để hiệu chỉnh thành phần lóa mặt trời.



Hình 2.1. Quy trình xác định độ sâu từ ảnh viễn thám

2.2. Dữ liệu và khu vực thực nghiệm

Sử dụng ảnh viễn thám Worldview2 (10h 08', 13/6/2016) và Sentinel2A (9h 47', 16/6/2016) để thực nghiệm đánh giá mô hình ước tính độ sâu tại đảo An Bang. Tập điểm độ sâu huấn luyện, xây dựng mô hình, 114 điểm. Tập điểm kiểm tra độ chính xác độ sâu ước tính từ mô hình và khả năng lập bản đồ: 576 điểm.

2.3. Thực nghiệm xác định độ sâu và đánh giá kết quả

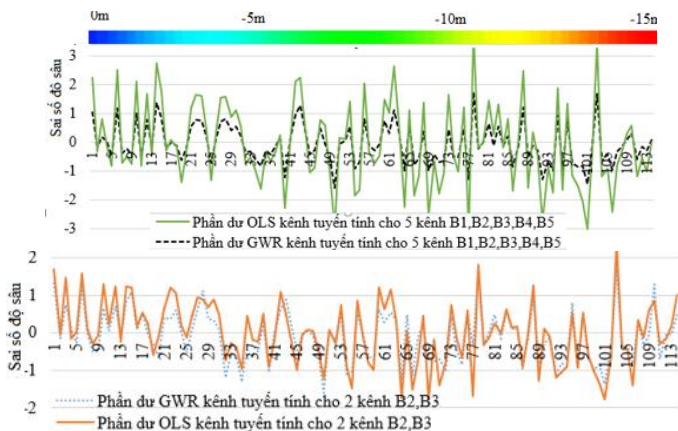
Các tham số về độ chính xác của mô hình (R^2 , Tổng bình phương phần dư RSS hoặc RMSE) là thước đo để đánh giá hiệu quả của việc hiệu chỉnh các thành phần trong mô hình.

2.3.1. Thực nghiệm lựa chọn mô hình kênh tuyến tính trong ước tính độ sâu từ ảnh viễn thám đa phổ

2.3.1.1. Thực nghiệm phương pháp kênh tuyến tính trên ảnh Worldview-2

Bảng 2.1. Tham số độ chính xác của mô hình kênh tuyến tính

Phương pháp xây dựng mô hình	Tham số độ chính xác	Các kênh ảnh sử dụng				
		B1, B2, B3, B4, B5	B1, B2, B3, B4	B1, B2, B3	B1, B2	B2, B3
<i>Sau khi hiệu chỉnh bức xạ</i>						
OLS	R ²	0.931	0.930	0.929	0.586	0.92
	RSS (m)	102.740	105.306	106.578	629.070	121.150
GWR	R ²	0.950	0.948	0.944	0.745	0.945
	RSS (m)	62.953	67.968	74.134	323.980	72.184
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa</i>						
OLS	R ²	0.938	0.939	0.939	0.589	0.935
	RSS (m)	91.464	91.481	91.517	624.060	98.630
GWR	R ²	0.952	0.954	0.952	0.748	0.956
	RSS (m)	60.956	61.088	64.160	320.460	58.694
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa -> Hiệu chỉnh khu vực nước sâu</i>						
OLS	R ²	0.953	0.954	0.946	0.599	0.945
	RSS	69.301	69.315	81.255	609.280	83.471
GWR	R ²	0.959	0.960	0.956	0.768	0.958
	RSS	54.091	54.807	52.715	293.410	53.719

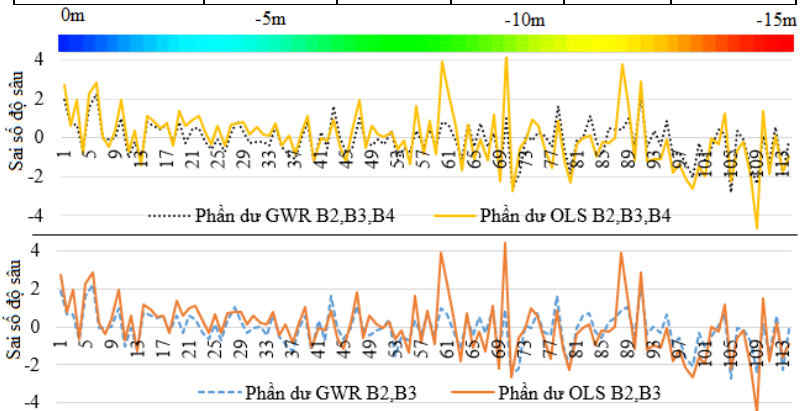


Hình 2.2. Biểu đồ phần dư mô hình kênh tuyến tính cho trường hợp 5 kênh phổ B1 đến B5 và hai kênh B2, B3 ảnh Worldview2 (sau hiệu chỉnh lóa) theo OLS và GWR

2.3.1.2. Thực nghiệm phương pháp kênh tuyến tính trên ảnh Sentinel 2A

Bảng 2.2. Tham số độ chính xác của mô hình kênh tuyến tính

Phương pháp xây dựng mô hình	Tham số độ chính xác	Phương pháp kênh Tuyến tính		Phương pháp tỷ số tuyến tính	
		B2, B3, B4	B2, B3	B2/B3	B2/B4
<i>Sau khi hiệu chỉnh bức xạ</i>					
OLS	R ²	0.853	0.819	0.727	0.041
	RSS	221.332	274.263	418.937	1469.901
GWR	R ²	0.914	0.891	0.838	0.609
	RSS	105.175	140.128	218.281	530.327
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa</i>					
OLS	R ²	0.847	0.848	0.782	0.144
	RSS	229.579	230.198	333.982	1311.870
GWR	R ²	0.918	0.918	0.872	0.598
	RSS	99.100	104.147	172.506	540.864
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa -> Hiệu chỉnh khu vực nước sâu</i>					
OLS	R ²	0.826	0.827	0.479	0.065
	RSS	261.688	262.642	798.545	1,431.972
GWR	R ²	0.914	0.914	0.692	0.563
	RSS	104.229	110.246	413.420	587.510



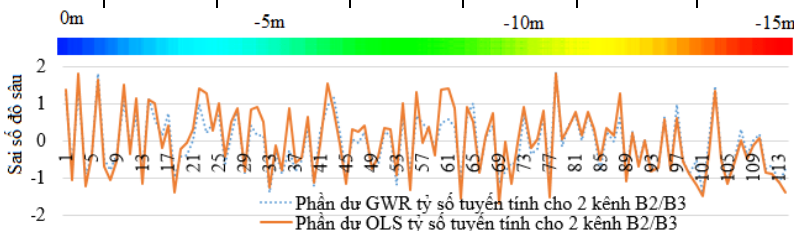
Hình 2.3. Biểu đồ phần dư mô hình kênh tuyến tính cho trường hợp 3 kênh B2, B3, B4 và hai kênh B2, B3 ảnh Sentinel2 (sau hiệu chỉnh lóa) theo phương pháp OLS và GWR

2.3.2. Thực nghiệm lựa chọn mô hình tỷ số tuyến tính trong xác định độ sâu từ ảnh viễn thám đa phổ

2.3.2.1. Kết quả phương pháp tỷ số tuyến tính trên ảnh Worldview2

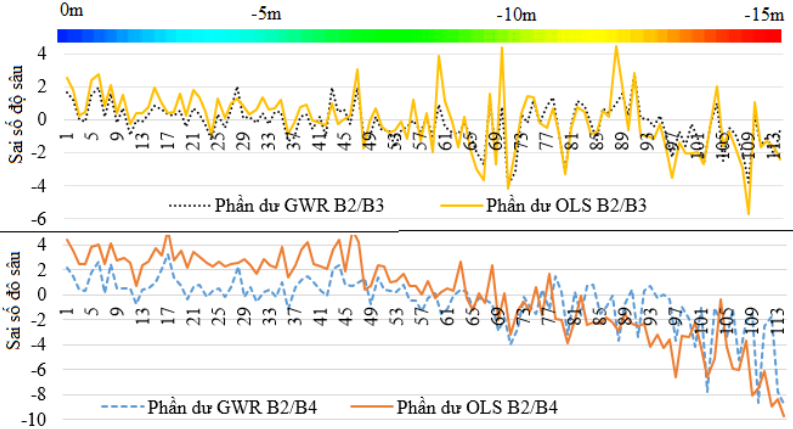
Bảng 2.3. Tham số độ chính xác mô hình tỷ số tuyến tính trên ảnh Worldview2

Phương pháp	Tham số	Tỷ số các kênh ảnh sử dụng				
		B1/B2	B1/B3	B1/B4	B2/B3	B2/B4
<i>Sau khi hiệu chỉnh bức xạ</i>						
OLS	R ²	0.58	0.90	0.66	0.93	0.53
	RSS	632.64	147.16	518.01	111.13	719.93
GWR	R ²	0.75	0.92	0.82	0.95	0.76
	RSS	334.34	104.45	245.66	74.72	324.84
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa</i>						
OLS	R ²	0.59	0.91	0.70	0.94	0.61
	RSS	624.71	128.31	453.74	88.50	597.47
GWR	R ²	0.75	0.93	0.84	0.96	0.80
	RSS	334.08	93.07	215.86	60.97	266.24
<i>Hiệu chỉnh bức xạ -> Hiệu chỉnh lóa->Hiệu chỉnh khu vực nước sâu</i>						
OLS	R ²	0.016	0.41	0.28	0.79	0.25
	RSS	1557.07	894.3	1106.56	319.31	1148.78
GWR	R ²	0.550	0.704	0.68	0.86	0.68
	RSS	604.789	397.257	435.696	188.079	433.985



Hình 2.4. Biểu đồ phân dư mô hình tỷ số kênh tuyến tính cho trường hợp B2/B3 (sau hiệu chỉnh lóa) của ảnh Worldview2 theo phương pháp OLS so với GWR

2.4.2.2. Kết quả phương pháp tỷ số tuyến tính trên ảnh Sentinel 2A



Hình 2.5. Biểu đồ phần dư mô hình tỷ số tuyến tính cho trường hợp B2/B3 và B2/B4 ảnh Sentinel2 theo phương pháp OLS và GWR

1.1.5. Xác định độ sâu khu vực nước nông ven đảo thử nghiệm và đánh giá độ chính xác

2.4.3.1. Xác định độ sâu khu vực nước nông ven đảo thử nghiệm

Đối với phương pháp kênh tuyến tính, sử dụng 5 kênh phổ B1, B2, B3, B4, B5 ảnh Worldview2 và 3 kênh phổ B2, B3, B4 ảnh Sentinel2A (sau hiệu chỉnh lóa). Đối với phương pháp tỷ số tuyến tính, sử dụng tỷ lệ kênh phổ B2/B3 (sau hiệu chỉnh lóa) cho cả hai loại ảnh. Tham số của các mô hình như bảng sau:

Bảng 2.4. Thống kê tham số mô hình xác định độ sâu từ ảnh vệ tinh Worldview2 và Sentinel 2A (sau hiệu chỉnh lóa).

Các hệ số	Ảnh Worldview2				Ảnh Sentinel2A			
	OLS	GWR			OLS	GWR		
		Min	Mean	Max		Min	Mean	Max
Mô hình kênh tuyến tính								
Hệ số tự do	50.773	-22.575	45.998	102.15	-37.509	-49.811	-29.191	-6.695
B1	-17.772	-30.646	-14.766	8.015	-4.022	-10.342	-4.478	0.296
B2	-23.454	-36.736	-25.171	-15.437	8.941	3.670	8.508	12.799
B3	31.698	25.033	31.267	37.668	0.232	-2.732	-0.281	1.916
B4	-0.027	-3.226	-0.020	2.203				

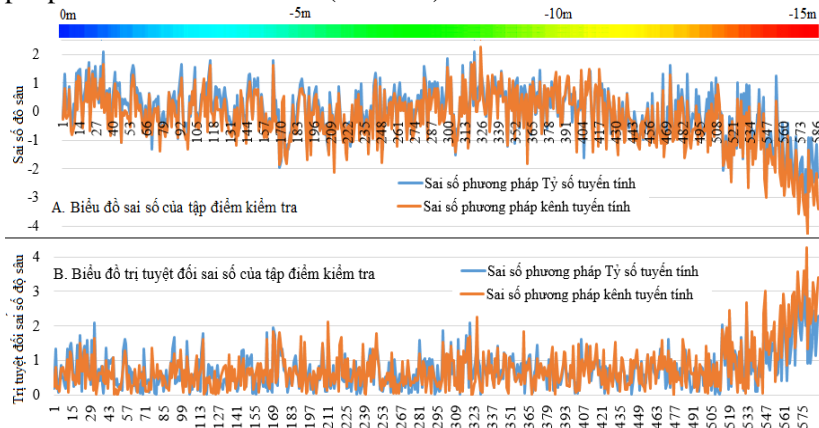
B5	-0.173	-1.131	0.249	1.720				
Mô hình tỷ số tuyến tính								
Hệ số tự do	113.73	53.648	109.50	130.60	65.587	30.361	57.489	79.009
B2/B3	-106.09	-120.65	-102.05	-50.464	-69.319	-83.028	-61.413	-34.48

2.4.3.2. Đánh giá độ chính xác của độ sâu ước tính

Bảng 2.5. Thống kê độ chính xác giữa độ sâu kiểm tra và độ sâu ước tính

Tư liệu ảnh và phương pháp	RMSE (m)	Sai số min (m)	Sai số trung bình (m)	Sai số max (m)
Tỷ số tuyến tính với ảnh Worldview2	0.917	0.012	0.639	3.548
Kênh tuyến tính với ảnh Worldview2	1.004	0.001	0.612	4.266
Tỷ số tuyến tính với ảnh Sentinel2A	1.769	0.001	0.935	7.095
Kênh tuyến tính với ảnh Sentinel2A	1.371	0.005	0.683	5.371

- **Đối với độ sâu xác định từ ảnh Worldview2:** $RMSE_{\text{tỷ số tuyến tính}} = 0.917$, $RMSE_{\text{kênh tuyến tính}} = 1.004$. Giá trị lỗi lớn nhất của phương pháp kênh tuyến tính cũng lớn hơn giá trị lỗi lớn nhất của phương pháp tỷ số tuyến tính. Trên biểu đồ so sánh sai số của hai phương pháp trên ảnh Worldview2 (hình 2.6).



Hình 2.6. Biểu đồ sai số điểm kiểm tra độ sâu tính được từ ảnh Worldview2

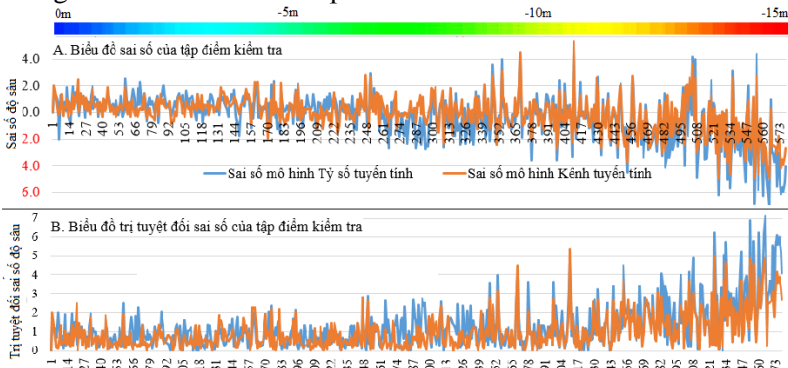
Bảng 2.6. Xác định RMSE cho từng phạm vi độ sâu

Phạm vi độ sâu	0.2 đến 1.9m	2 đến 3.9 m	4 đến 5.9 m	6 đến 8.9 m	9 đến 10.8 m	11 đến 15 m
Độ sâu xác định từ ảnh Worldview2						
RMSE _{tỷ số tuyến tính}	0.85	0.73	0.84	0.77	0.87	1.68
RMSE _{kênh tuyến tính}	0.68	0.75	0.78	0.78	0.93	2.19
Độ sâu xác định từ ảnh Sentinel2A						
RMSE _{tỷ số tuyến tính}	0.99	0.92	1.38	1.51	2.25	3.87
RMSE _{kênh tuyến tính}	0.82	0.86	0.86	1.30	1.80	2.76

- Đối với độ sâu xác định từ ảnh Sentinel2A:

RMSE_{tỷ số tuyến tính}=1.77m, RMSE_{kênh tuyến tính} = 1.37m, độ chính xác kém dần khi độ sâu tăng lên.

Thực nghiệm trên ảnh Sentinel2A với độ phân giải 10m, khả năng thể hiện bản đồ với mức độ chi tiết kém hơn ảnh Worldview2 độ phân giải 2m. Độ chính xác kém hơn bởi vì mật độ điểm độ sâu tính được phụ thuộc vào độ phân giải của ảnh đầu vào, tập điểm kiểm tra không thay đổi trong phạm vi nghiên cứu, trong khi đó, độ phân giải ảnh Sentinel2A thấp hơn rất nhiều so với ảnh Worldview2.



Hình 2.7. Biểu đồ sai số điểm kiểm tra độ sâu tính được từ ảnh Sentinel2A

- Độ chính xác mô hình DBM từ tư liệu viễn thám

+ $\Delta_{z_{goc}}$ được tính = 1/3 khoảng cao đều với bản đồ tỷ lệ 1:2.000, đường đồng mức 2 mét, suy ra $\Delta_{z_{goc}} = 2/3 = 0.66$ mét. RMSE đã được tính toán ở các bước thực nghiệm xác định độ sâu ở trên, kết quả được kê như bảng sau:

Bảng 2.7. Bảng đánh giá sai số DBM được xác định được

Tư liệu ảnh, phương pháp	$\Delta_{z_{goc}}$	RMSE	Sai số DBM	Ghi chú
Worldview2, kênh tuyến tính	0.67	1.004	1.207	Đồng mức 4m (< 1.33)
Worldview2, tỷ số tuyến tính	0.67	0.917	1.136	Đồng mức 4m (< 1.33)
Sentinel2A, kênh tuyến tính	0.67	1.37	1.525	Đồng mức 5m (< 1.67)
Sentinel2A, tỷ số tuyến tính	0.67	1.77	1.893	Đồng mức 5m (< 1.67)

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ HTĐH VÙNG NƯỚC NÔNG VEN

ĐẢO AN BANG THUỘC QĐTS

3.1. Khái quát chung đặc điểm tự nhiên khu vực nghiên cứu

3.1.1. Vị trí địa lý và đặc điểm địa hình đảo An Bang - QĐTS

3.1.1.1. Vị trí địa lý

Đảo An Bang thuộc cụm An Bang, tên quốc tế của đảo là Amboyna Cay. Đảo có vị trí tọa độ 7°52'00"N, 112°54'30"E nằm cách đảo Trường Sa lớn 75 hải lý về phía Đông Nam, cách đảo Thuyền Chài hơn 20 hải lý về phía Tây Nam.

3.1.1.2. Đặc điểm địa hình khu vực nước nông ven đảo An Bang

Về tổng thể địa hình đảo An Bang nói riêng và QĐTS nói chung là những phức tạp tiêu san hô phát triển trên các dạng địa hình dương phần lớn có chân nằm ở độ sâu 1500-2500m.

3.1.2. Đặc điểm khí tượng hải văn khu vực nghiên cứu

3.1.2.1. *Chế độ gió và biến trình áp khí:* Hướng gió phân hóa rõ rệt thành hai mùa: gió mùa hướng ĐB và gió mùa hướng TN, tần suất.

3.1.2.2. *Chế độ thủy triều:* Thủy triều khu vực đảo An Bang mang đậm đặc trưng thủy triều tại trạm Trường Sa, hướng triều lên là TB, hướng triều xuống là ĐN. Ở đây thuộc chế độ nhật triều không đều, thời gian dâng lớn hơn thời gian rút rất nhiều (khoảng 09h15ph).

3.1.2.3. *Sóng mặt biển:* Vùng Đảo An Bang nói riêng và QĐTS nói chung là vùng biển thoáng bị chi phối mạnh bởi gió mùa.

3.1.2.4. *Dòng chảy:* Do tính chất luân phiên của gió mùa, các trường gió trên Biển đông trong hai mùa đặc trưng có hướng gió thịnh hành hoàn toàn trái ngược nhau. Khu vực đảo An Bang nằm trong khu vực dòng xoáy phía Nam QĐTS, vì vậy dòng chảy tầng mặt của mùa Đông theo hướng TN - ĐB, và mùa Hè hướng ĐN- TB.

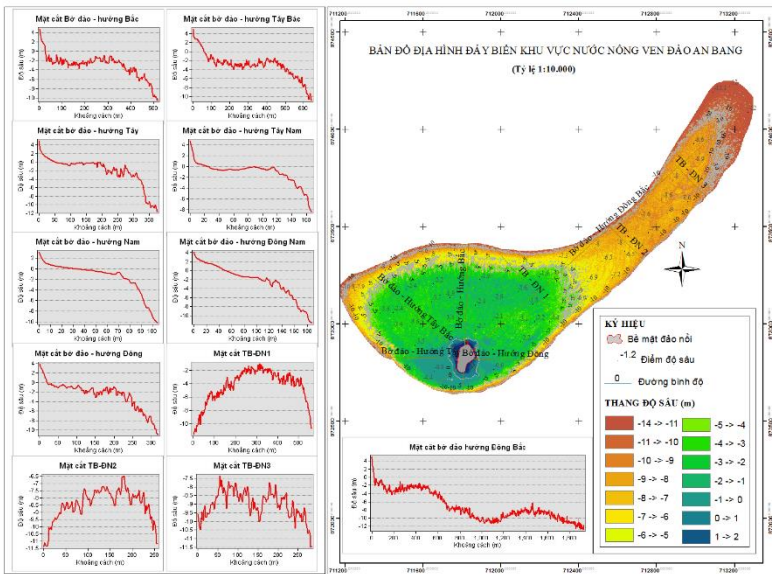
3.1.3. Đặc điểm thành tạo và sự phát triển các đảo rạn san hô QĐTS

Các đá cấu thành các đảo san hô là các đá vụn bờ rời, đá vụn gắn kết và đá vôi san hô. Trong đó tầng mặt của các đảo nổi phổ biến là đá vụn bờ rời, một phần đá vụn gắn kết và đá vôi san hô. Xác san hô gãy vụn thành cát san hô, sóng, gió và dòng chảy đã kéo đi và vụn lên thành đảo, bãi cạn.

3.2. Đặc điểm HTĐH khu vực nước nông ven đảo An Bang thông qua các thông số trắc lượng hình thái

Sử dụng DBM tính được từ ảnh Worldview2, phân tích địa hình thành các mặt cắt địa hình, sơ đồ độ dốc, hướng địa hình và chia cắt địa hình. Từ đó đánh giá đặc điểm HTĐH khu vực. Theo đó khu vực đảo An Bang với tổng diện tích 1.060.610m² gồm phần đảo nổi 8573,75m² (0,86 ha), còn lại là vùng nước nông ven đảo. Quanh đảo

An Bang đã được xây bờ kè kiên cố, phần ngoài bờ kè bao gồm vùng đới bờ, đầm phá, đới rạn phía sau, đới rạn phía trước là khu vực nước nông ven đảo, độ sâu khu vực nước nông sâu tới 14 đến 20 m. Nhìn chung, HTĐH khu vực nước nông ven đảo An Bang được phân làm các vùng độ sâu chịu ảnh hưởng của các yếu tố động lực khác nhau, trong phạm vi bờ kè đến -1m, từ -1m đến -3.5m và từ -2 m đến -13m. Hướng địa hình, độ dốc và rãnh triều ở từng khu vực này có sự khác nhau rõ rệt.



Hình 3.1. Bản đồ và các mặt cắt khu vực đảo An Bang

3.3. Đánh giá biến động HTĐH từ tư liệu ảnh viễn thám đa thời gian

3.3.1. Xác lập sự biến đổi/ thay đổi của HTĐH theo thời gian

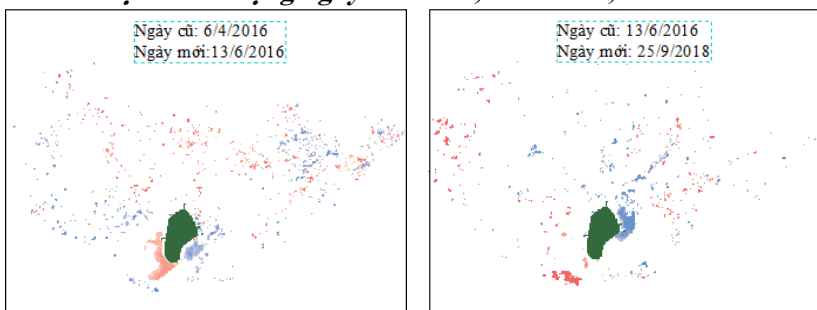
3.3.1.1. Xác định khu vực xói mòn và bồi tụ địa hình đáy biển

a) **Quy trình thực hiện:** Dữ liệu ảnh Worldview2 và DOVE các ngày 6/4/2016, 13/6/2016 và 25/9/2018 nhằm mục đích xác định biến động địa hình khu vực nghiên cứu giữa các mùa (mùa Đông,

giao mùa và mùa Hè) trong năm. Dữ liệu các ngày 6/4/2016, 27/4/2018 và 21/4/2019 nhằm xác định khả năng biến động trong một thời điểm hoặc một phạm vi thời gian hẹp giữa các năm khác nhau. Mô hình DBM độ sâu giữa các thời kỳ ảnh được xác định bằng phương pháp tỷ số tuyến tính sử dụng hồi quy trọng số địa lý.

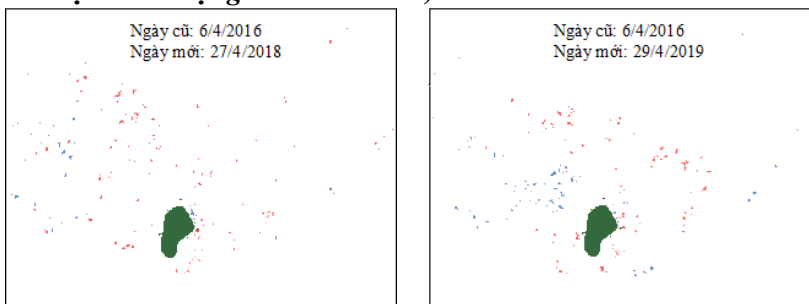
b) Kết quả xác định biến động địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu

Xác định biến động ngày 6/4/2016, 13/6/2016, 25/9/2018



Hình 3.2. Sơ đồ thay đổi địa hình khu vực nước nông giữa các mùa

Xác định biến động năm: 6/4/2016, 27/4/2018 và 29/4/2019



Hình 3.3. Sơ đồ thay đổi địa hình khu vực nước nông ven đảo An

Bang trong một phạm vi thời thời gian của tháng giữa các năm

3.3.1.2. Biến động đường bờ mấp nước từ ảnh viễn thám đa thời gian

Xác định đường bờ nước từ ảnh viễn thám đa thời gian. Đường biên bờ nước là một thành phần của bãi cát nổi lên khỏi mặt nước, nó thay đổi theo quy luật mùa hàng năm. Mùa đông từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, bãi cát di chuyển xung quanh hướng Nam, ĐN, TN của đảo (màu vàng và vàng chanh); Mùa hè từ tháng 6 đến tháng 9, bãi cát di chuyển về phía Đông, ĐB của Đảo (màu xanh lá cây). Chính giữa mùa hè (tháng 7, 8, 9) bãi cát tại vị trí bờ ĐB, các tháng 6 và cuối tháng 9, giữa tháng 10, bãi cát có xu hướng di chuyển sang bờ phía Đông, ĐN và một phần ở bờ TB của Đảo và dần dịch chuyển sang bờ phía Nam; Tháng 5, 6 là tháng chuyển mùa từ mùa Đông sang mùa Hè, và tháng 10, 11 là các tháng chuyển mùa từ mùa Hè sang mùa Đông, từ hình thái đường bờ ta thấy bãi cát thường được di chuyển sang bờ ĐN của Đảo.



Hình 3.4. Sơ đồ phân bố bãi cát ven đảo giữa các mùa trong năm

3.3.2. Luận giải những biến đổi của HTĐH gắn với các yếu tố động lực

3.3.2.1. Các yếu tố động lực gây ra thay đổi HTĐH khu vực nghiên cứu

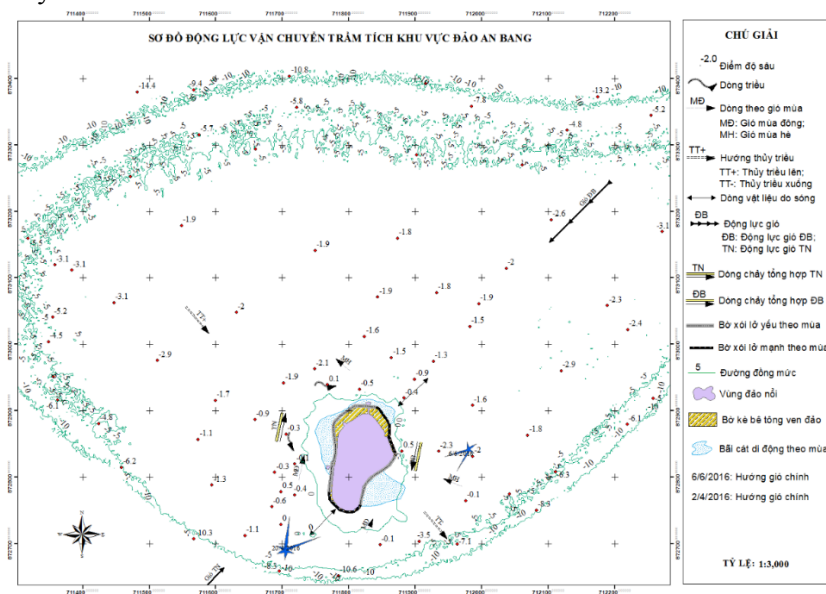
a) Nhóm yếu tố ngoại sinh: Yếu tố khí tượng, yếu tố hải văn và vai trò của sinh vật và con người.

b) Nhóm yếu tố nội sinh: Các yếu tố nội sinh chính gồm động đất, hoạt động núi lửa, hoạt động kiến tạo, v.v.

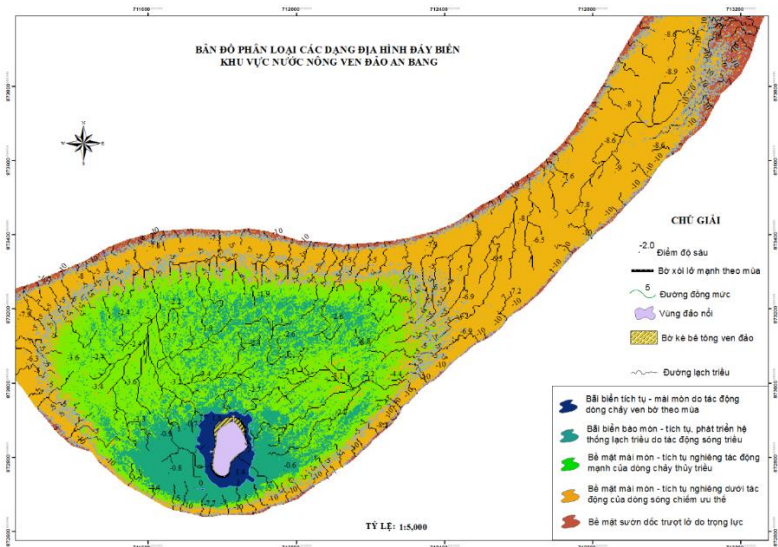
3.3.2.2. Các quá trình động lực gây thay đổi HTĐH khu vực nghiên cứu

a) **Các quá trình tạo VLTT:** Gồm các hoạt động xói lở bờ đảo, hoạt động mài mòn tạo thềm, hoạt động mài mòn và xâm thực ngầm.

b) **Quá trình vận chuyển, bồi tụ tạo ra các dạng địa hình khác nhau:** Gồm các quá trình vận chuyển VLTT, và các quá trình thay đổi HTĐH:



Hình 3.5. Sơ đồ động lực vận chuyển trầm tích



Hình 3.6. Bản đồ phân loại các dạng địa hình đáy biển khu vực nước nông ven đảo An Bang

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu đề tài luận án “Nghiên cứu hình thái địa hình vùng nước nông ven các đảo trường sa bằng phương pháp đo sâu viễn thám” đã giải quyết đầy đủ các mục tiêu đề ra. Các luận điểm đã được chứng minh dựa vào thực nghiệm và đánh giá HTĐH khu vực nước nông ven đảo An Bang, một đảo có đầy đủ đặc trưng điển hình về địa hình và các ĐKTN môi trường QĐTS. Dựa trên kết quả đạt được của Luận án có một số kết luận và kiến nghị sau:

A. Kết luận

- Luận án đã đáp ứng được đầy đủ mục tiêu đề ra, nghiên cứu đề xuất quy trình và ứng dụng phương pháp xác định độ sâu đáy biển từ ảnh viễn thám quang học vào đo vẽ và đánh giá HTĐH khu vực nước nông ven đảo thử nghiệm thuộc QĐTS.

- Luận án đã thực nghiệm đánh giá lựa chọn phương pháp, đề xuất quy trình xác định độ sâu từ tư liệu viễn thám quang học cho khu vực nước nông ven đảo thí điểm An Bang thuộc QĐTS. Kết quả cho thấy rằng, Áp dụng phương pháp hồi quy trọng số không gian địa lý GWR thay vì hồi quy tuyến tính OLS thông thường giúp nâng cao tốt về độ chính xác ước tính độ sâu. Phương pháp kênh tuyến tính bị ảnh hưởng mạnh bởi phạm vi biến đổi không gian khu vực thực nghiệm, đặc biệt về chất lượng nước.

- Tính toán định lượng được các tham số HTĐH, sự biến động của địa hình (xói lở, bồi tụ) và làm sáng tỏ các yếu tố động lực làm thay đổi HTĐH khu vực nước nông ven đảo An Bang. Định lượng hóa các tham số HTĐH (độ dốc, hướng địa hình, chia cắt địa hình, các mặt cắt địa hình, khu vực xói lở, bồi tụ, v.v.).

- Phân tích hình thái địa hình từ dữ liệu đa thời gian đem lại hiệu quả cao. Khu vực nước nông ven đảo An Bang có khoảng 10 ngàn m³ di chuyển xung quanh thềm đảo giữa các mùa gió. QĐTS nói chung và đảo An Bang nói riêng có điều kiện tự nhiên đa dạng và phong phú, và mối quan hệ không gian chặt chẽ của các hợp phần tổng hợp tự nhiên lãnh thổ. Các yếu tố động lực dòng chảy do sóng, triều và dòng trôi đóng vai trò chủ đạo làm thay đổi HTĐH khu vực này. Theo đó, khu vực nước nông ven đảo ở đây có HTĐH thay đổi theo mùa gió thống trị, thường tồn tại một lượng VLTT di chuyển xung quanh thềm đảo theo mùa gió thống trị.

- Khu vực đảo An Bang là khu vực có yếu tố thành tạo địa hình phức tạp, khu vực thềm đảo thường có các kênh, lạch triều ngầm ở khu vực ngập nước, là yếu tố quan trọng cho vật liệu ra xa hoặc tiến sát mép đảo nổi. Dưới tác động của động lực biển, các quá trình mài mòn, xói lở bồi tụ, luân chuyển VLTT ven bờ tạo thành các dạng địa

hình khác nhau như: Bãi biển tích tụ - mài mòn do tác động dòng chảy ven bờ theo mùa; bãi mài mòn, tích tụ phát triển hệ thống lạch triều dưới tác động sóng-triều; bề mặt mài mòn - tích tụ nghiêng thoải dưới tác động mạnh của dòng chảy triều; bề mặt mài mòn - tích tụ nghiêng thoải do tác động của sóng chiếm ưu thế và Bề mặt sườn dốc đổ lở do trọng lực.

B. Kiến nghị

- Phạm vi khu vực nghiên cứu mới chỉ giới hạn ở khu vực nước nông (độ sâu 14m nước) ven bờ đảo do khả năng của ảnh vệ tinh đa phổ. Vì vậy cần được tiếp tục nghiên cứu tới phạm vi độ sâu lớn hơn.

- Độ chính xác các kết quả nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Các đặc điểm chi tiết hơn với yêu cầu bản đồ tỷ lệ 1:500-1:1000 cần tiếp tục được nghiên cứu để có sự đánh giá một cách chi tiết, cụ thể và chính xác hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Phan Quốc Yên**, Nguyễn Hiệu. *Loại bỏ hiệu ứng lóa mắt trời trên ảnh vệ tinh quang học khu vực nước nông ven các đảo thuộc quần đảo Trường Sa*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, trang 87-98, Tập 33, Số 3 (2017), ISSN: 2588-1094

2. **Phan Quốc Yên**, Đào Khánh Hoài, Đinh Thị Bảo Hoa (2017). *Nghiên cứu thành lập bản đồ độ sâu đáy biển vùng nước nông khu vực trường sa lớn bằng kỹ thuật đo sâu viễn thám*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, trang 63-73, Tập 33, Số 4 (2017), ISSN: 2588-1094

3. **Yen Phan Quoc** and Hoai Dao Khanh. *Evaluates the possibility of shallow water bathymetry mapping using optical satellite imagery*, FIG Working Week 2019, Hanoi, Vietnam.

4. **Phan Quốc Yên**, *Đánh giá khả năng xác định độ sâu khu vực nước nông ven các đảo không tiếp cận bằng dữ liệu viễn thám quang học*, Chuyên san Kỹ thuật Công trình đặc biệt, số 02/Tạp chí Khoa học & Kỹ thuật - số 200 (6-2019) - Học viện KTQS.

5. **Phan Quốc Yên**, Nguyễn Thị Thu Nga, Tống Thị Hạnh, *Nghiên cứu, thực nghiệm so sánh các phương pháp mô hình hóa địa hình*, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 35, No. 4 (2019) 68-79

6. **Phan Quốc Yên**, Nguyễn Thị Thu Nga, *Thực nghiệm, đánh giá các phương pháp nội suy bề mặt địa hình cho các dạng địa hình khác nhau*, Tạp chí khoa học kỹ thuật mỏ - địa chất, 61-2, 116-126.