

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Dương Công Điền

**XU THẾ BIẾN ĐỔI BÃI BIỂN VÙNG CỬA ĐẠI – HỘI AN DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA
CÁC YẾU TỐ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Ngành: Cơ học chất lỏng và chất khí

Mã số: 9.44.01.08

Hà Nội – 2026

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn 1: PGS. TS. Đinh Văn Mạnh, Viện Cơ học, VAST
2. Người hướng dẫn 2: GS. TS. Hitoshi Tanaka, Đại học Tohoku, Nhật Bản

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi giờ, ngày tháng năm 2026

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Biển Cửa Đại (Hội An, Quảng Nam) đóng vai trò chiến lược trong phát triển kinh tế du lịch và là tấm khiên bảo vệ khu vực di sản văn hóa thế giới Hội An. Tuy nhiên, từ năm 2009 đến nay, khu vực này chịu hiện tượng xói lở nghiêm trọng, đặc biệt là dải bờ phía Bắc, gây thiệt hại lớn về cơ sở hạ tầng và cảnh quan,. Mặc dù nhiều giải pháp công trình đã được áp dụng như kè cứng, kè mềm, và nuôi bãi, hiệu quả mang lại chưa cao, thậm chí tình trạng xói lở vẫn lan rộng và các công trình bị phá hủy trong bão,. Việc nghiên cứu cơ chế vận chuyển bùn cát, biến động hình thái dưới tác động tương tác của thủy động lực học, sự dịch chuyển cửa sông và biến đổi khí hậu để đề xuất giải pháp ổn định bền vững là yêu cầu cấp bách về cả khoa học và thực tiễn.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Luận án tập trung vào hai mục tiêu chính:

- Thứ nhất: Nghiên cứu hiện trạng và xu thế biến động vùng cửa sông, bãi biển Cửa Đại dựa trên phân tích dữ liệu viễn thám và đo đạc, nhằm tìm ra các đặc trưng chi phối quá trình phân phối bùn cát từ sông ra biển.

- Thứ hai: Ứng dụng mô hình toán (DELFT3D) đã được hiệu chỉnh để mô phỏng quá trình biến động địa hình, đánh giá mối liên hệ giữa sự dịch chuyển thêm cát cửa sông và xói lở bãi biển, từ đó đề xuất giải pháp kỹ thuật ổn định cửa sông và bảo vệ bờ một cách bền vững

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Các yếu tố thủy động lực học, mực nước và biến động địa hình đáy biển khu vực Cửa Đại – Hội An.

Phạm vi nghiên cứu là cửa sông Cửa Đại và khu vực bãi biển lân cận hai bên cửa sông trong phạm vi 10 km về mỗi phía.

4. Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu chủ yếu sau:

- Phương pháp nghiên cứu tổng quan;
- Phương pháp phân tích tổng hợp và thống kê;
- Phương pháp sử dụng mô hình số trị;
- Phương pháp nghiên cứu ứng dụng.

5. Cấu trúc luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận, nội dung luận án gồm 4 chương sau:

Chương 1: Tổng quan nghiên cứu.

Chương 2: Nghiên cứu biến động bãi biển, cửa sông Cửa Đại – Hội An bằng viễn thám.

Chương 3: Nghiên cứu biến động bãi biển, cửa sông Cửa Đại – Hội An bằng mô hình số.

Chương 4: Nghiên cứu đề xuất giải pháp kỹ thuật ổn định cửa sông và bãi biển Cửa Đại, Hội An.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam Trên thế giới, các nghiên cứu đã chuyển dịch từ mô hình 2D sang 3D và chú trọng vào tương tác sóng - dòng chảy cùng các kịch bản biến đổi khí hậu (BĐKH),. Tại Việt Nam, khu vực Cửa Đại đã có nhiều nghiên cứu chỉ ra các nguyên nhân xói lở như: thiếu hụt bùn cát từ thượng nguồn do thủy điện, tác động của bão và gió mùa đông bắc, và sự mất cân bằng bùn cát cục bộ,. Tuy nhiên,

các nghiên cứu trước đây còn tồn tại những "khoảng trống": chưa định lượng đầy đủ tương tác đa chiều trong các sự kiện cực đoan, hạn chế trong mô phỏng cấu trúc dòng chảy 3 chiều tại cửa sông sâu, và thiếu các dự báo dài hạn tích hợp kịch bản nước biển dâng động.

1.2. Cơ sở khoa học về kịch bản Biến đổi khí hậu Luận án sử dụng kịch bản BĐKH và nước biển dâng phiên bản năm 2020 của Bộ Tài nguyên và Môi trường, tập trung vào hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 để đánh giá rủi ro dài hạn đến năm 2100,. Cách tiếp cận không chỉ là cộng tính mực nước dâng mà xem xét tương tác động lực (nước dâng do bão + triều cường + lũ).

1.3. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu chi tiết Dựa trên phân tích tổng quan, Luận án xác định mục tiêu làm rõ vai trò của sự dịch chuyển cửa sông và thềm cát ngầm trong việc gây ra xói lở bờ Bắc, từ đó định hướng giải pháp nắn dòng chảy để tái phân phối bùn cát

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG BÃI BIỂN, CỬA SÔNG CỬA ĐẠI – HỘI AN BẰNG VIỄN THÁM

2.1. Số liệu phục vụ nghiên cứu

Số liệu ảnh vệ tinh: Số liệu ảnh vệ tinh được thu thập từ nguồn ảnh vệ tinh từ các trung tâm dữ liệu ảnh vệ tinh của Mỹ và Châu Âu (Landsat và Sentinel-2) từ 1973 đến nay.

Dữ liệu đo đạc địa hình: Số liệu địa hình đáy biển được thực hiện đo đạc trong các đợt khảo sát thuộc dự án nghiên cứu Việt Nam - Cộng hòa Pháp “Nghiên cứu quá trình xói lở và các biện pháp bảo vệ bờ biển phòng chống xói lở Cửa Đại, Hội An”

Số liệu mực nước: Số liệu mực nước tại trạm hải văn Sơn Trà và trạm Cửa Đại được thu thập sử dụng trong hiệu chỉnh đường bờ khi giải đoán từ ảnh vệ tinh. Số liệu mực nước trạm Sơn Trà được thu thập từ năm 1994 đến 2023.

2.2. Phân tích biến động đường bờ từ ảnh vệ tinh

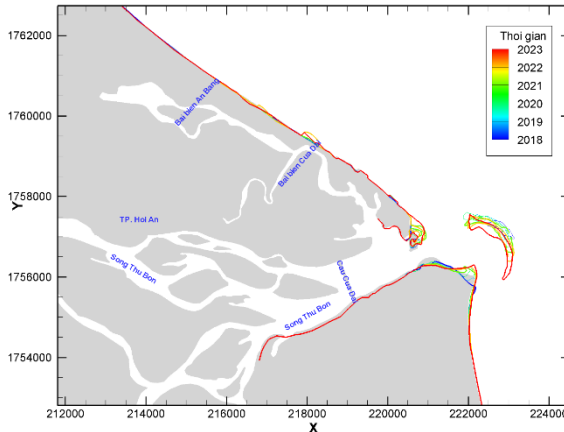
Cơ sở phương pháp phân tích biến động đường bờ bằng ảnh vệ tinh

Phương pháp tính chỉ số NDWI theo Hanqiu Xu bằng tỷ số giữa kênh 3 (green-bước sóng xanh lá), kênh 8 (NIR- bước sóng cận hồng ngoại). Công thức như sau:

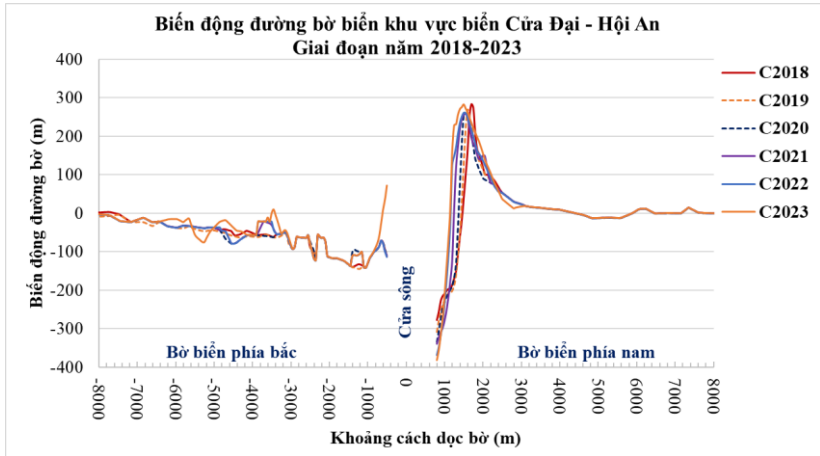
$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (1)$$

Tỷ số giữa kênh 3 và kênh 8 là nhỏ hơn 1 đối với bề mặt nước và lớn hơn 1 đối với đất ở khu vực ven biển.

Kết quả phân tích biến động đường bờ khu vực Cửa Đại - Hội An qua các giai đoạn



Hình 1. Diễn biến đường bờ khu vực ven biển và cửa sông Thu Bồn giai đoạn 2018-2023



Hình 2. Mức độ biến động đường bờ biển giai đoạn 18-2023

Từ kết quả phân tích biến động đường bờ dựa trên phân tích ảnh vệ tinh có thể thấy rằng:

- Khu vực bờ biển phía bắc có sự biến động khá mạnh, xu thế chủ đạo là xói lở bãi biển. Đường bờ biển bị xói lở so với thời điểm bồi cực đại có dao động từ 300 m - 500 m. Trong những năm gần đây quá trình xói lở tại khu vực này vẫn diễn ra tương đối phức tạp.
- Khu vực cửa sông có diễn biến tương đối phức tạp do có sự xuất hiện đảo cát nổi trong các giai đoạn năm 1988 và 2018. Quá trình tiến triển của đảo cát và phân phối bùn cát vào phía bờ cũng phần nào gây ra hiện tượng bồi lắng trong một số thời đoạn.
- Đối với khu vực bờ nam sông Thu Bồn, có sự dịch chuyển khá rõ rệt. Lượng dịch chuyển xuống phía nam trung bình đạt được từ 300 m đến 500 m tại vị trí cửa sông.

- Khu vực bờ biển phía nam khá ổn định trong cả giai đoạn nghiên cứu. Lượng bồi xói trong cả chu kỳ khá nhỏ, xu thế bãi biển bồi lắng chiếm ưu thế.

2.3. Giải đoán địa hình đáy biển từ ảnh vệ tinh và dữ liệu đo đạc

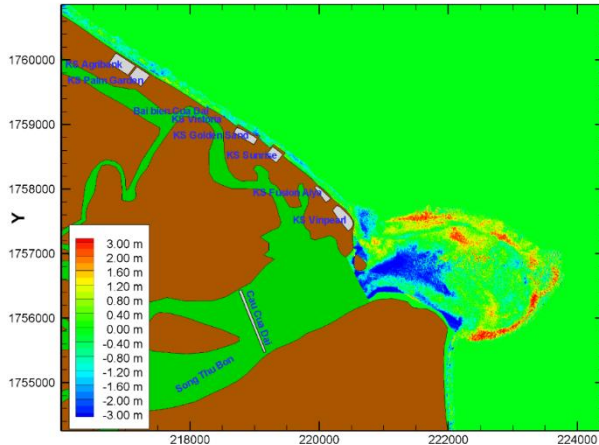
Phương pháp giải đoán địa hình đáy biển từ ảnh vệ tinh:

Phương trình xác định độ sâu đáy loại trừ các ảnh hưởng của bề mặt, được xác định theo phương trình:

$$Z = m_1 \frac{\ln(nR_w(\lambda_i))}{\ln(nR_w(\lambda_j))} - m_0 \quad (2)$$

Trong đó λ_i bước sóng dải màu xanh lam, λ_j bước sóng dải màu xanh lá. m_1 hệ số thực nghiệm, n hằng số cố định đảm bảo cho giá trị $\ln$ sẽ dương trong bất kỳ hoàn cảnh nào (trong nghiên cứu này $n=1000$) và m_0 hệ số tương ứng tại độ sâu nước bằng 0.

Kết quả giải đoán địa hình đáy biển bằng ảnh vệ tinh và phân tích biến động đáy biển



Hình 3. Bản đồ biến động bãi biển cửa sông Thu Bồn từ tháng 3 năm 2016 đến tháng 3 năm 2017.

ay dien trong g
tháng 11/2017

Kết luận chương 2:

Trong chương này tác giả giới thiệu hai phương pháp phân tích biến động đường bờ và biến động bãi biển dựa trên nguồn số liệu ảnh vệ tinh để làm rõ sự tiến triển của bãi biển khu vực nghiên cứu trong nhiều năm. Phương pháp giải đoán đường bờ cho phép đánh giá các biến động bãi biển theo phương ngang với phần bãi trên mặt nước, trong khi phương pháp giải đoán độ sâu đáy biển cho phép định lượng các biến động phần bãi ngập nước. Hai phương pháp được giới thiệu cho phép đánh giá tổng thể sự biến động của khu vực bãi biển dưới các góc nhìn khác nhau và có sự bổ trợ lẫn nhau trong đánh giá và phân tích cơ chế biến động của bãi biển.

Bằng phương pháp tính chỉ số NDWI. Các dữ liệu đường bờ được tổng hợp đánh giá sự biến động đối với ba khu vực: Khu vực bờ phía bắc sự xói lở và bồi tụ dao động đến trên 400 m. Khu vực bãi biển phía nam, khá ổn định trong cả giai đoạn giải đoán. Khu vực sông và cửa sông, dòng sông

bị dịch chuyển về phía nam, vị trí dịch chuyển xa nhất là cửa sông với khoảng cách 500 m.

Kết quả sự biến động đường bờ là tiền đề đánh giá được một số quy luật, tuy nhiên nó phụ thuộc rất nhiều vào kết quả biến động địa hình đáy trên toàn mặt cắt ngang bãi biển. Để đánh giá được những biến đổi của địa hình đáy tác giả đã xây dựng chương trình giải đoán địa hình đáy từ nguồn ảnh vệ tinh và dữ liệu đo đạc theo phương pháp suy giảm tín hiệu phản xạ ánh sáng xanh lá và xanh nước biển đối với độ sâu. Kết quả thu được trường địa hình đáy biển khu vực cửa sông ven bờ tại các thời điểm giải đoán. Các so sánh địa hình giải đoán trước và sau mùa gió đông bắc tháng 10/2016 và tháng 3/2017 cho thấy địa hình tại dải sóng đổ dọc trước bãi biển Cửa Đại và khu vực lân cận bị xói lở đáng kể, kết quả này làm tăng độ dốc của bãi biển. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả trong đánh giá biến động đáy biển tại các vị trí hiện tại đã được xây dựng các công trình cứng bảo vệ bờ mà phương pháp giải đoán đường bờ không còn áp dụng được. Kết quả giải đoán, trước và sau trận lũ lịch sử tháng 11/2017 đến tháng 9/2018 cho thấy được lượng cát và khu vực bùn cát mà sông đưa ra trong một trận lũ thực tế xảy ra trong khu vực. Đây là một dữ liệu mới đối với nghiên cứu thềm cát cửa sông.

Với sự kế thừa phương pháp và chuỗi số liệu trong quá khứ, nghiên cứu sinh đã tiến hành phân tích bổ sung kéo dài chuỗi số liệu đến năm 2023 đối với giải đoán biến động đường bờ và xây dựng chương trình, áp dụng thành công phương pháp giải đoán địa hình đáy biển là những đóng góp mới của luận án này cho các nghiên cứu trong khu vực.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG BÃI BIỂN, CỬA SÔNG CỬA ĐẠI – HỘI AN BẰNG MÔ HÌNH SỐ

3.1. Số liệu phục vụ nghiên cứu

Số liệu phục vụ thiết lập mô hình

- Bản đồ số hóa địa hình đáy biển, tỉ lệ 1/100.000, trải dài từ mũi Sơn Trà, Đà Nẵng đến khu vực Cửa Lở, Núi Thành, Quảng Nam và mở rộng ra phía biển, cách bờ 35 km do Viện Hải Dương Nha Trang thực hiện năm 2015.
- Bình đồ chi tiết vùng nghiên cứu do dự án [21] lập tháng 10/2016: Địa hình dưới nước tỷ lệ 1/5000, đường đồng mức 2 m; Địa hình trên cạn, tỷ lệ 1/2000, đường đồng mức 1 m.

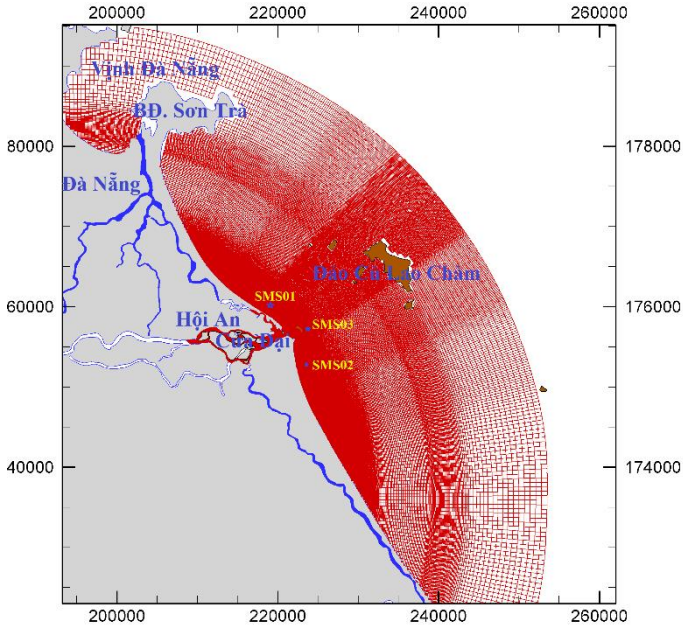
Số liệu phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Số liệu thủy, hải văn:

Trong năm 2016, dự án đã tiến hành hai đợt khảo sát thủy, hải văn vào tháng 10/2016 để thu thập được các đặc trưng sóng có tính chất của gió mùa tây nam; Trong năm 2017 tiến hành khảo sát thủy, hải văn vào tháng 3/2017 thu thập được các đặc trưng sóng có tính chất của gió mùa đông bắc.

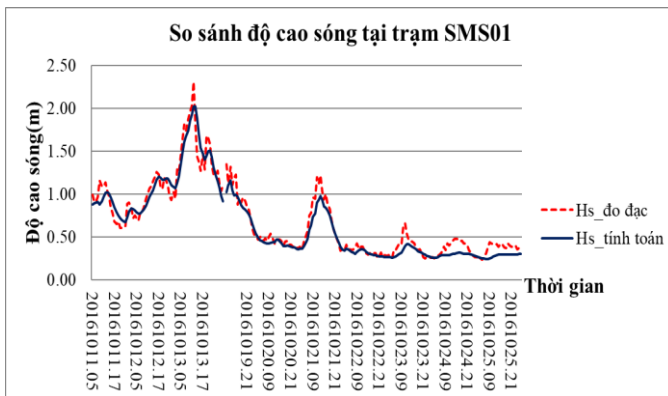
Trong luận án, sử dụng kết quả đo đạc thủy, hải văn trong khu vực nghiên cứu của hai đợt đo đạc trên để hiệu chỉnh và kiểm định cho mô hình toán.

3.2. Thiết lập mô hình



Hình 5. Lưới tính và vị trí các trạm đo đặc sóng, dòng chảy

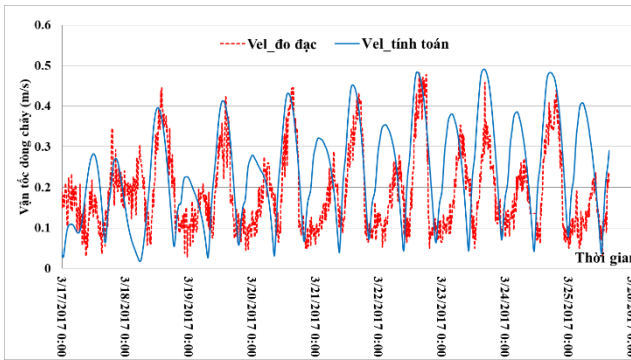
Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình



Hình 6. So sánh độ cao sóng tính toán và đo đạc tại trạm SMS01

Từ kết quả tính toán về độ lệch và sai số trung bình quân phương cho thấy, giá trị độ cao sóng, chu kỳ sóng, hướng sóng trong suốt chuỗi tính toán từ mô hình và thực đo có sai lệch không đáng kể, có thể chấp nhận được. Mặt khác, kết quả mô hình mô phỏng diễn biến của độ cao sóng, chu kỳ sóng, hướng sóng khá tương đồng với số liệu thực đo. Bộ hệ số sau khi được hiệu chỉnh sẽ được dùng tính toán lại cho chuỗi đo đặc tháng 3 năm 2017.

Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình tính toán thủy động lực học



Hình 7. Kết quả kiểm định vận tốc dòng chảy tại trạm SMS03

3.4. Phương pháp mô phỏng biến động hình thái bãi biển dài hạn

Phân tích thủy triều hình thái học

Dựa trên công trình của Lesser (2009), được xây dựng trên công trình trước đó của Hoitink và cộng sự (2003). Theo Lesser giảm các thành phần thủy triều tổng cộng xuống chỉ còn một sự kết hợp của hai yếu tố: M2 và C1 là sóng triều tổng hợp từ hai sóng K1 và O1. Biên độ và pha được tổng hợp theo công thức:

$$C_1 = \sqrt{2O_1K_1} \quad (3)$$

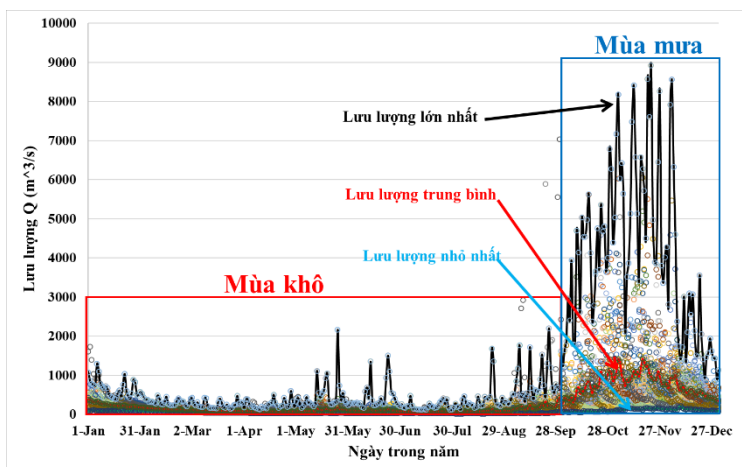
$$\emptyset_{C1} = \frac{\emptyset_{C1} - \emptyset_{K1}}{2} \quad (4)$$

Bảng 1. Tổng hợp các thành phần thủy triều hình thái cho khu vực Cửa Đại, Hội An

Sóng triều	Tần số (°/giờ)	Điểm biên NW		Điểm biên SE	
		Biên độ (m)	Pha (độ)	Biên độ (m)	Pha (độ)
C1	14,496644	0,159	161,31	0,344	151,5
M2	28,993288	0,179	102,64	0,194	92,49

Phân tích lưu lượng sông theo hình thái học

Lưu lượng sông được thiết lập tại biên khu vực cầu Câu Lâu. Dữ liệu lưu lượng được thu thập và phân tích từ các trạm thủy văn Nông Sơn và Thành Mỹ trong khoảng thời gian nhiều năm từ 1977 đến năm 2023.



Hình 8. Sơ đồ diễn biến lưu lượng trung bình ngày trong năm

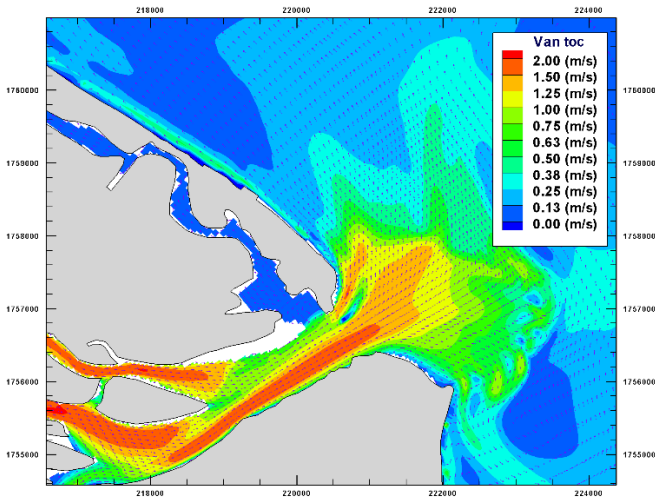
Phân tích năng lượng sóng theo hình thái học

Chuỗi dữ liệu sóng nước sâu từng giờ tái phân tích từ gió NCEP tại trạm ngoài khơi đảo Cù Lao Chàm (tọa độ: 16° 0'0,00"N, 108°37'30,00"E) từ năm 1995 đến 2023 được thu thập và phân tích các chế độ theo các hình thái trong nghiên cứu biến động hình thái.

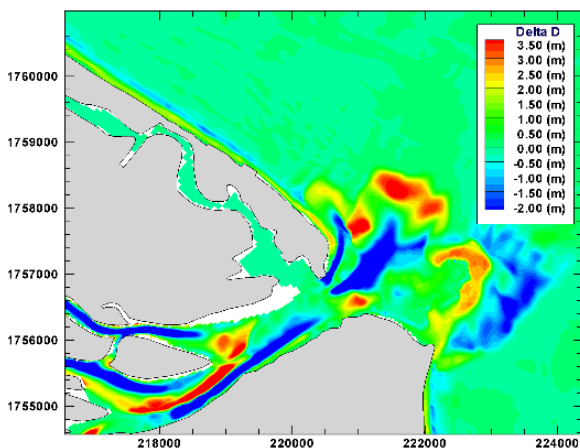
$$H_{s,mor} = \left(\frac{\sum_i [p_i H_{s,i}^{2,5}]}{\sum_i (p_i)} \right)^{1/2,5} \quad (4)$$

Trong đó: i là chỉ số tương ứng của thành phần sóng; P là tần suất của sóng thành phần.

3.5. Kết quả mô phỏng biến động bãi biển, cửa sông khu vực Cửa Đại - Hội An



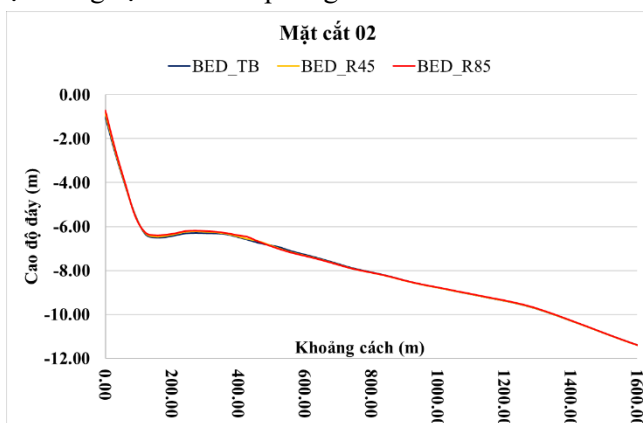
Hình 9. Trường dòng chảy trong khoảng thời gian lưu lượng cao



Hình 10. Biến động địa hình đáy sau 5 năm

3.6. Kết quả mô phỏng biến động đáy biển, cửa sông khu vực Cửa Đại-Hội An trong điều kiện biến đổi khí hậu

Kịch bản nước dâng do biến đổi khí hậu R4.5 và R8.5 cho năm 2100 được lựa chọn trong kịch bản mô phỏng.



Hình 11. So sánh địa hình đáy biển giữa các kịch bản nước dâng tại mặt cắt số 02 (Bãi biển Cửa Đại)

Kết quả mô phỏng và so sánh kết quả biến đổi hình thái bãi biển đối với ba kịch bản bình thường, kịch bản R4.5 và kịch bản R8.5 cho 08 mặt cắt ngang khu vực biển Cửa Đại. Các kết quả cho thấy không có sự khác biệt quá lớn về biến động hình thái giữa các kịch bản. Đối với bãi biển hiện trạng vẫn tương đối tự nhiên như bãi biển Tân Mỹ và bãi biển Cửa Đại, có sự khác biệt nhỏ tại các vị trí trên cao của bãi như trên dune cát, có sự bồi lắng mạnh hơn đối với các kịch bản nước dâng cao hơn như kịch bản R8.5. Các bãi biển còn đã có sự can thiệp bởi các công trình bảo vệ như kè cứng, các kết quả đối với các kịch bản là không có sự khác biệt.

3.7. Kết luận Chương 3

Để có thể mô phỏng hiện trạng biến động hình thái trong khu vực nghiên cứu, mô hình toán Delft3d đã được hiệu chỉnh và kiểm định kỹ lưỡng với bộ số liệu các tham số đo đạc thủy động lực học và cho độ chính xác khá tốt. Ngoài ra, mô hình còn được kiểm định so sánh kết quả biến động bãi biển với số liệu phân tích giải đoán từ ảnh vệ tinh. Đây là một trong các công đoạn rất khó tiến hành khi áp dụng mô hình số mô phỏng vận chuyển bùn cát và biến động bãi biển do rất khó tiến hành đo đạc biến động bãi biển trên diện rộng.

Kết quả tính toán hiện trạng thủy động lực học cho thấy rằng: Tại khu vực bãi biển phía bắc, dòng chảy do sóng gây ra là chính. Tồn tại dòng chảy dọc bờ có hướng nam - bắc từ KS Fusion Alya lên phía bắc và dòng chảy có hướng bắc - nam từ KS Fusion Alya về cửa sông và bị chặn lại bởi dòng từ sông ra. KS Fusion Alya là điểm phân kỳ của dòng chảy dọc bờ. Dòng chảy sông ra phía biển chủ yếu đi theo hai hướng chính là hướng thẳng ra ngoài khơi tại phần phía bắc và hướng lệch về phía nam tại phần phía nam.

Kết quả mô phỏng biến đổi hình thái hiện trạng thấy rằng: có sự xói lở lòng sông sát bờ phía nam. Lượng bùn cát trong sông được đưa ra thêm cát theo hướng thẳng góc tại phần nửa phía bắc và lệch xuống phía nam tại nửa phía nam. Hình thành bãi bồi tụ tại rìa ngoài của thêm cát.

Các giai đoạn mô phỏng với các chu kỳ tiếp theo 2, 3, 4,5 năm cho biết diễn biến tiếp theo với hiện trạng nếu không có biện pháp can thiệp thì thêm cát tiếp tục di chuyển xuống phía nam. Phần cồn cát phía ngoài dần dịch chuyển vào bờ và nhập với mũi phía nam tạo doi cát lớn. Tuy nhiên, do yếu tố động lực học khá yếu tại phần phía nam nên bùn cát không di chuyển được xa mà tập trung lại gần ngay sát cửa sông. Tại mũi phía bắc, cát được cung cấp từ thêm cát phía ngoài vào tạo nên doi cát phía trước có quy mô đến vài trăm mét. Hiện tượng hạ thấp đáy biển diễn ra dọc theo bãi biển Cửa Đại, làm cho độ dốc bãi biển khu vực này ngày càng tăng.

Việc ứng dụng thành công phương pháp phân tích hình thái học đối với các tham số đầu vào và mô phỏng thành công hiện trạng cơ chế vận chuyển bùn cát và biến động bãi biển đối với khu vực nghiên cứu là một đóng góp mới của nghiên cứu sinh đối với nghiên cứu trong khu vực.

Các kết quả mô phỏng đánh giá với hai kịch bản nước dâng do biến đổi khí hậu RCP4.5 và RCP8.5 cho thấy không có sự khác biệt lớn về biến động bãi biển dưới tác động của yếu tố nước dâng do biến đổi khí hậu.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ỔN ĐỊNH CỬA SÔNG VÀ BÃI BIỂN CỬA ĐẠI, HỘI AN

4.1. Hiện trạng khu vực nghiên cứu



Hình 12. Hiện trạng xói lở khu vực Cửa Đại – Hội An

4.2. Mục tiêu giải pháp công trình ổn định cửa sông và bãi biển Cửa Đại, Hội An

Mục tiêu chính của nhóm công trình được đề xuất giải pháp kỹ thuật bao gồm:

- Ổn định khu vực cửa sông, bảo vệ xói lở bờ phía nam sông Cửa Đại;
- Mục tiêu giảm thiểu xói lở bãi biển Cửa Đại mà không phải sử dụng công trình cứng bằng cách điều chỉnh lại nguồn cung cấp và phân phối lại bùn cát lên phần bãi biển phía bắc;
- Đảm bảo thoát lũ sau khi xây dựng công trình;

- Đảm bảo duy trì luồng tàu đảm bảo giao thông đường thủy.

4.3. Các căn cứ nghiên cứu đề xuất phương án bố trí công trình ổn định cửa sông và bãi biển

Từ kết quả các nghiên cứu đã thực hiện tìm hiểu nguyên nhân gây xói lở bãi biển Cửa Đại, Hội An các nhà nghiên cứu đã đưa ra các nhóm nguyên nhân chính như sau:

Thứ nhất, nguyên nhân do thiếu hụt nguồn bùn cát cung ứng từ sông cho bãi biển Cửa Đại.

Thứ hai, nguyên nhân do các yếu tố tự nhiên như thủy động lực học, sóng và bão.

Thứ ba, nguyên nhân do các tác nhân con người bằng việc xây dựng các công trình dân sinh phục vụ du lịch, kinh tế - xã hội.

Và nguyên nhân cuối cùng là nguyên nhân có thể do biến đổi khí hậu trong đó có tác động của mực nước dâng toàn cầu.

4.4. Phương án bố trí công trình kè mỏ hàn tại bờ nam cửa sông Thu Bồn.

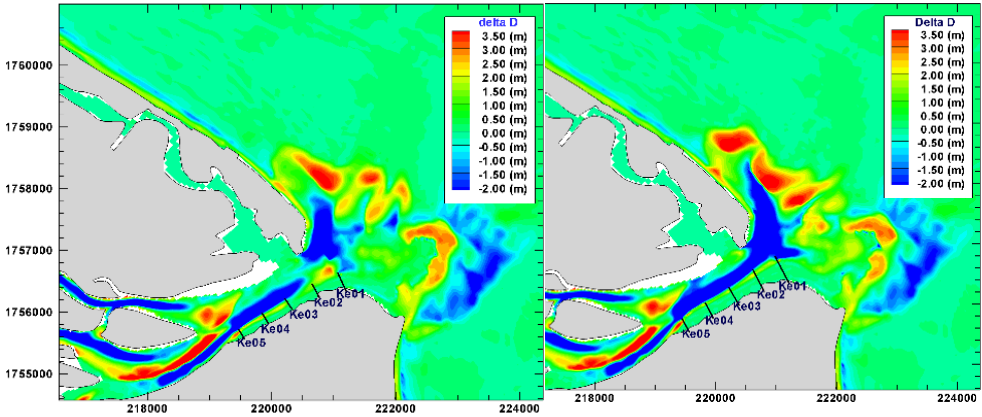
Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất giải pháp kỹ thuật bằng cách xây dựng tuyến 05 mỏ hàn tại phía bờ nam Cửa Đại (Hình 15). Vị trí gốc kè nằm tại vị trí đường bờ hiện tại và vị trí đỉnh kè nằm tại vị trí đường bờ năm 1998. Hệ thống mỏ hàn này cho phép đưa tuyến luồng chính của cửa sông về giống với tuyến luồng năm 1998.



Hình 13. Phương án đề xuất bố trí kè mỏ hàn tại khu vực bờ phía nam sông Cửa Đại

4.5. Đánh giá hiệu quả kỹ thuật của các phương án bố trí công trình

Để phù hợp với thực tế thi công và chi phí đầu tư hệ thống kè cửa sông được chia làm hai phương án: phương án thứ nhất xây dựng hệ thống kè với một nửa chiều dài thiết kế (Phương án $d = 1/2$), phương án thứ hai xây dựng hệ thống kè với đầy đủ chiều dài thiết kế (phương án $d = 1,0$). Kết quả đánh giá giữa hai phương án sẽ tối ưu hóa giữa nghiên cứu kỹ thuật và thực tiễn.



Phương án d = 1/2

Phương án d = 1,0

Hình 14. Kết quả mô phỏng xói lở và bồi tụ sau 5 năm

Dưới tác dụng của kè nắn dòng, lượng bùn cát được đưa trở lại khu bãi biển phía bắc một cách rõ rệt. Hiện tượng sạt lở bờ phía nam cũng được khắc phục. trong giai đoạn 5 năm đầu, lượng bùn cát đưa lên phía bắc với lượng lớn tuy nhiên chưa đủ lượng để giảm độ dốc bãi biển do địa hình đáy khu vực này sau nhiều năm xói lở đã khá sâu. Trong các giai đoạn tiếp theo, khi bãi biển đã giảm độ dốc, bùn cát được đưa vào sát bờ làm cho bãi biển được mở rộng. Phần phía nam, lượng bùn cát được giữ lại và tạo nên doi cát kéo dài nối liền với bờ. Luồng mới của sông được hình thành và quá trình tạo thêm cát phía trước cửa được khôi phục. Phương án kè này mang lại hiệu quả, tuy một lượng lớn bùn cát được giữ lại tại doi cát phía nam nên quá trình tạo thêm cát mới diễn ra tương đối chậm.

4.6. Lựa chọn phương án công trình

Từ kết quả mô phỏng trong 10 năm với chế độ lũ và thủy động lực học cho hai phương án kè cho thấy rằng. Phương án kè $\frac{1}{2}$ có nhiều ưu điểm hơn so với kè đầy đủ kích thước và tạo ra khu vực cồn cát giống với hiện trạng trong quá khứ (năm 1965). Do đó phương án kè ngắn $\frac{1}{2}$ có tính tối ưu về đầu tư cũng đồng thời đạt được các hiệu quả đề ra. Tuy nhiên, đây là các kết quả nghiên cứu với hai phương án đặt ra, để có thể đạt được độ dài tối ưu nhất của hệ thống kè cần thiết mô phỏng trong nhiều phương án khác trong khuôn khổ hệ thống kè nêu trên.

4.7. Kết luận Chương 4

Trong chương này đã giới thiệu đề xuất kỹ thuật khắc phục xói lở bãi biển Cửa Đại, Hội An và ổn định khu vực cửa sông. Giải pháp đưa ra dựa trên các phân tích trước đó về sự di chuyển của sông về phía nam. Sự di chuyển này khiến cho khu vực thêm cát mà sông tạo ra đi sâu vào trong khu vực che khuất sóng do đảo Cù Lao Chàm tạo ra, điều đó làm cho việc cung cấp cát từ phía ngoài vào bị giảm đi. Do đó, đề xuất hệ thống kè mở hàn tại phía nam sông Cửa Đại nhằm mục đích đưa lại thêm cát mà sông tạo ra lên phía bắc, ra khỏi vùng che khuất sóng phía trước. Lượng bùn cát sẽ được cung cấp tới bãi biển sau khi thêm cát được thành tạo. Phương án bố trí công trình là hệ thống 5 kè mở hàn với chiều dài khác nhau, đầu kè trạm đến vị trí bờ sông năm 1988.

Để phù hợp với thực tiễn áp dụng, tác giả tiến hành đánh giá kết quả với hai phương án chiều dài là: Phương án với chiều dài đầy đủ của kè và phương án với $\frac{1}{2}$ chiều dài so với kè đầy đủ. Từ đó tìm ra chiều dài tối ưu giúp giảm chi phí đầu tư và đạt hiệu quả chống xói lở cao nhất.

Kết quả đánh giá cho phương án kè với nửa chiều dài cho thấy rằng: Thềm cát phía trước cửa sông nhanh chóng được khôi phục sau 2 đến 3 chu kỳ hình thái. Tại các chu kỳ tiếp theo bùn cát được cung cấp tới phần bãi biển phía bắc khá tốt. Kết luận, phương án này không cho hiệu quả nhanh trong thời gian đầu nhưng rất có hiệu quả trong lâu dài và không gây biến động quá lớn tới khu vực, đặc biệt là phần mũi cát phía bắc.

Kết quả đánh giá cho phương án chiều dài kè đầy đủ: Với lượng bùn cát hàng năm được thiết lập, thềm cát mới cũng mất 2-3 chu kỳ hình thái học mới được tạo ra. Trong giai đoạn tiếp theo, bùn cát được cung cấp vào bờ một cách mạnh mẽ và có quy mô xa hơn về phía bắc. Tuy nhiên, phương án này có thể gây ra nhiều thay đổi đột ngột tại một số khu vực như cửa sông phía bắc.

Trong cả hai phương án công trình được đề xuất: phần bùn cát còn lại của thềm cát trước khi có công trình thêm phần bùn cát mới đưa đến tại khu vực phía nam tạo nên khu vực bồi tụ khá rộng và có xu thế nhập vào với mũi phía nam tạo ra doi cát lớn. Kết quả này là do khu vực nằm trong vùng khuất sóng củ đảo Cửa Lao Chàm và hệ thống công trình mới làm cho động lực sóng và dòng chảy tại đây yếu gây nên bồi tụ ngay tại khu vực trước cửa. Nguồn bùn cát này khó có thể đưa đi xa xuống phía nam do trường động lực học không đủ mạnh.

Từ các kết quả đánh giá cho thấy rằng: Phương án đề xuất đã đem lại hiệu quả khá rõ trong khắc phục xói lở bãi biển và ổn định vùng cửa sông mà không phải can thiệp trực tiếp vào phần bãi biển. Trong thực tế triển khai phương án kỹ thuật này cần tiếp tục điều chỉnh độ dài hệ thống kè và tính toán tối ưu với các kết quả kỳ vọng khác, từ đó lựa chọn được các thông số tốt nhất.

Trong nghiên cứu này, nghiên cứu sinh đã giới thiệu và đề xuất phương án kỹ thuật chỉnh ổn định khu vực cửa sông và bãi biển là một đóng góp mới làm tài liệu tham khảo cho việc lên kế hoạch bảo vệ và phát triển bền vững khu vực trong dài hạn.

KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu tổng quan và hiện trạng cho thấy khu vực biển Cửa Đại – Hội An có sự biến động rất mạnh, đặc biệt là hiện tượng xói lở tại các khu vực bãi tắm và sự xuất hiện của đảo cát nổi giữa cửa sông cuối năm 2017 đầu năm 2018.

Kết quả phân tích biến động đường bờ giai đoạn 1973 đến 2023 cho thấy khu vực bãi biển phía bắc có sự biến động mạnh qua các giai đoạn khác nhau. Giai đoạn 2004 đến nay xảy ra xói lở nghiêm trọng với tốc độ trên 50 m/năm. Bờ phía nam tương đối ổn định và có xu thế bồi. Phần trong sông biến đổi rõ rệt với sự di chuyển xuống phía nam với điểm xa nhất lên đến 500 m.

Nghiên cứu sinh áp dụng thành công phương pháp giải đoán địa hình đáy biển từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 kết hợp với dữ liệu đo đạc để làm rõ hơn sự biến động của bãi biển và khắc phục hạn chế của phương pháp xác định đường bờ từ ảnh vệ tinh do các công trình cứng được xây dựng. Kết quả cho thấy phần bãi phía trước khu vực Cửa Đại có sự xói lở ngay phần dưới chân công trình tại khu vực có độ sâu nước 3 đến 5 m làm cho bãi biển trở lên dốc hơn.

Từ việc đánh giá nguyên nhân xói lở kết hợp với địa hình địa mạo đặc trưng khu vực nghiên cứu. Tác giả rút ra được mối liên hệ tương quan giữa nguồn cung cấp bùn cát từ trong sông và sự phân phối cát tại khu vực trước của sông để đề xuất ra phương án kỹ thuật công trình khắc phục hiện

tượng xói lở tại bờ bawcss và ổn định bờ nam sông Cửa Đại. Với vai trò che chắn phái ngoài đồng thời tạo ra khu vực giao thoa sóng phía sau, Đảo Cù Lao Chàm đóng góp vào việc tạo ra điểm hội tụ sóng. Phương án công trình trong sông nhằm đưa vị trí cửa sông về phía bắc điểm giao thoa sóng từ đó quá trình phân phối cát cho bờ phía bắc diễn ra hiệu quả.

Các phương án công trình được đánh giá hiệu quả bằng mô hình số mô phỏng và so sánh với hiện trạng. Kết quả mô phỏng cho thấy các phương án công trình đều đem lại hiệu quả đối với việc chống xói lở bờ phía bắc bằng việc phân phối lại lượng cát từ sông. Việc ổn định bờ nam được thực hiện bằng hệ thống 5 kè mỏ hàn năm dòng. Ưu điểm lớn nhất của đề xuất này là bảo vệ bờ biển từ xa tránh việc xây dựng các công trình cứng trên khu vực bãi biển có lượng khách du lịch đông như Cửa Đại Hội An.

Trong thực tế, việc xây dựng các công trình cứng để chỉnh trị khu vực bãi biển và cửa sông cần có các đánh giá trên nhiều yếu tố khác nhau. Trong nghiên cứu này chỉ đưa ra đề xuất mang tính kỹ thuật. Do đó, khi triển khai thực tế cần có đánh giá về tính tối ưu trong chi phí đầu tư để quyết định đến độ dài công trình tốt nhất. Ngoài ra việc đánh giá các tác động môi trường khác đối với công trình cũng cần được tiến hành kỹ lưỡng và khoa học.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. **Duong Cong Dien**, Hitoshi Tanaka, Nguyen Trung Viet and Dinh Van Manh, Numerical Model for Simulating Sand Terrace Formation in Front of the Cua Dai River Mouth, Proceeding of 10th International Conference on Asian and Pacific Coast (APAC 2019) Hanoi, VietNam, September 25-28,2019, http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-0291-0_81.
2. **Duong Cong Dien**, Nguyen Xuan Tinh, Hitoshi Tanaka, Nguyen Trung Viet. Mechanisms of Formation and Development of a New Island in front of Thu Bon River Mouth, Quang Nam Province, Vietnam. Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser B2 (Coastal Engineering). January 2020. http://dx.doi.org/10.2208/kaigan.76.2_I_619.
3. Nguyen Quang Duc Anh, **Duong Cong Dien**, Ho Sy Tam, Nguyen Trung Viet, Hitoshi Tanaka. Numerical simulation of hydrodynamic and sediment transport at Cua Lo inlet, Quang Nam province, Vietnam. Conference: Proceedings of the 8th International Conference of Physical Modeling in Coastal Science and Engineering (COASTLAB 2020) At: Zhoushan, China.
4. **D.C. Điển**, N.T. Việt, N.N. Thế, N.V. Thắng (2019). “Tính toán vận chuyển bùn cát khu vực biển Cửa Đại - Hội An bằng mô hình tính toán đồng thời các yếu tố thủy động lực học sóng và vận chuyển bùn cát” Hội nghị Khoa học cơ học Thủy khí lần thứ 21. NXB KHoạ học Tự nhiên và xã hội, PP.100 -108, 2018
5. N.N. Thế, T.T. Tùng, **D.C. Điển** (2019). Research on wave set-up during storms along the coast of Cua Dai, Hội An. Vietnam Journal of Marine Science and Technology. Vol. 19, No. 3; pp. 337-347, 2019.
6. N.N. Thế, **D.C. Điển**, T.T. Tùng, N.T. Việt (2019). Nghiên cứu ứng dụng camera kết hợp hệ thống cọc tiêu quan trắc và tính toán các tham số sóng vùng sóng vỡ ven bờ tại khu vực biển Cửa Đại, Hội An. Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường; Vol. 65, pp., 2019