

NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC THEO MÙA KHU VỰC CỬA HÀ LẠN SÔNG SÒ PHỤC VỤ XÁC ĐỊNH NGUYÊN NHÂN BỒI TỤ VÙNG CỬA SÔNG

Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường,
Nguyễn Thị Thu Huyền, Trần Ngọc Bích, Triệu Quang Quân
Phòng Thí nghiệm Thí nghiệm trọng điểm về Động lực học sông biển

Tóm tắt: Cửa Hà Lan sông Sò bị bồi lấp ảnh hưởng tới việc tàu, thuyền ra vào cảng neo đậu. Bài báo này đã sử dụng mô hình Delft3D để tính toán mô phỏng chế độ thủy động lực cho một năm đại biểu để làm rõ sự biến động của các yếu tố thủy động lực vùng cửa sông theo mùa trong năm. Biến động thủy động lực theo mùa sẽ được sử dụng tìm hiểu nguyên nhân bồi tụ của cửa sông và đề xuất các giải pháp chỉnh trị chống bồi lấp luồng tàu, phục vụ phát triển kinh tế xã hội vùng cửa Hà Lan nói riêng và tỉnh Nam Định nói chung.

Từ khóa: Mô hình thủy động lực, cửa Hà Lan sông Sò, bờ biển Nam Định.

Summary: Ha Lan estuary of the So River has been deposited, affecting the boats go in and out of the port. In this paper, the Delft3D model was used to simulate the hydrodynamic regime for a representative year to clarify the seasonal fluctuations of hydrodynamic factors in the estuary during the year. Seasonal hydrodynamic fluctuations will be used to find out the causes of the accretion of the estuary and further for proposing measures against the sedimentation, serving the socio-economic development of the Ha Lan estuary in particular and the province Nam Dinh in general.

Keywords: Hydrodynamics model, Ha Lan estuary, Nam Dinh coastline.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nam Định là tỉnh đồng bằng ven biển với 72km đường bờ biển thuộc phía Nam đồng bằng châu thổ sông Hồng (Hình 1), trên dải bờ biển có 4 cửa sông đổ ra biển theo hướng dọc bờ biển từ Bắc vào Nam lần lượt là cửa Ba Lạt (cửa chính của sông Hồng), cửa Hà Lan sông Sò (nằm giữa hai huyện Giao Thủy và Hải Hậu), cửa Lạch Giang sông Ninh Cơ (nằm giữa hai huyện Hải Hậu và Nghĩa Hưng) và cửa Đáy sông Đáy.

Sông Sò (còn gọi là sông Ngô Đồng) là một phân lưu của sông Hồng chảy ra biển tại khu vực huyện Hải Hậu - Giao Thủy tỉnh Nam Định. Khoảng 200 năm trở về trước, sông Sò đã từng là sông lớn trong hệ thống sông Hồng. Cửa Hà Lan - cửa Sông Sò đã từng là cửa sông rộng,

cung cấp lượng phù sa phong phú bồi đắp lên vùng đồng bằng khu vực Hải Hậu - Giao Thủy ngày nay [8]. Từ khi xây dựng cống Ngô Đồng, đã chặn nguồn nước và phù sa vào sông Sò dẫn đến sự thoái hóa của sông này. Hiện tại cửa sông đã bị bồi tụ gây khó khăn cho các tàu cá ra, vào cảng, đặc biệt là trong trường hợp vào neo đậu tránh trú bão.

Bài báo này đã sử dụng mô hình Delft3D [2] để tính toán mô phỏng liên tục hai mùa trong một năm đại biểu để phân tích chi tiết sự biến động theo mùa của chế độ thủy động lực khu vực cửa sông ven biển cửa Hà Lan, xem xét đến sự tương tác giữa yếu tố dòng chảy từ sông Sò với các yếu tố thủy triều, sóng biển để làm rõ sự biến động của chế độ thủy động lực theo mùa

Ngày nhận bài: 07/01/2022

Ngày thông qua phản biện: 07/4/2022

Ngày duyệt đăng: 11/4/2022

của vùng cửa sông nghiên cứu. Việc làm rõ biến động theo mùa của chế độ thủy động lực vùng cửa sông sẽ tạo ra cơ sở khoa học phục vụ xác

định nguyên nhân bồi tụ của cửa sông này trong những nghiên cứu tiếp theo.



Hình 1: Vị trí khu vực cửa sông Sò tỉnh Nam Định

2. TÀI LIỆU VÀ CÔNG CỤ TÍNH TOÁN

2.1. Tài liệu

Tài liệu phục vụ quá trình nghiên cứu gồm địa hình và thủy hải văn tại khu vực:

Tài liệu địa hình

- Địa hình khu vực nghiên cứu dựa trên các hải đồ tỷ lệ 1/50.000 khu vực biển Đông, bình đồ 1/10.000 phần trên đất liền do bộ Tài Nguyên môi trường công bố. Dữ liệu bình đồ vùng cửa sông Sò tỷ lệ 1/10.000 do năm 2021 do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam thực hiện, các dữ liệu địa hình này được đưa về cùng hệ tọa độ VN 2000 và cao độ chuẩn Quốc gia.

Tài liệu thủy hải văn

- Sử dụng số liệu KTTV của một số trạm quan trắc khu vực cửa sông Ba Lạt, cửa Ninh Cơ nơi có trạm quan trắc mực nước với chuỗi số liệu mực nước giờ trong thời gian dài trên 30 năm (từ năm 1988 - 2020). Số liệu của các trạm này có thể phân tích biến động theo mùa của dòng chảy trong sông, tuy nhiên vùng cửa sông không có các trạm quan trắc hải văn (sóng, dòng chảy) nên các đặc trưng thủy động lực vùng cửa sông, bờ biển được tính

toán thông qua mô hình toán.

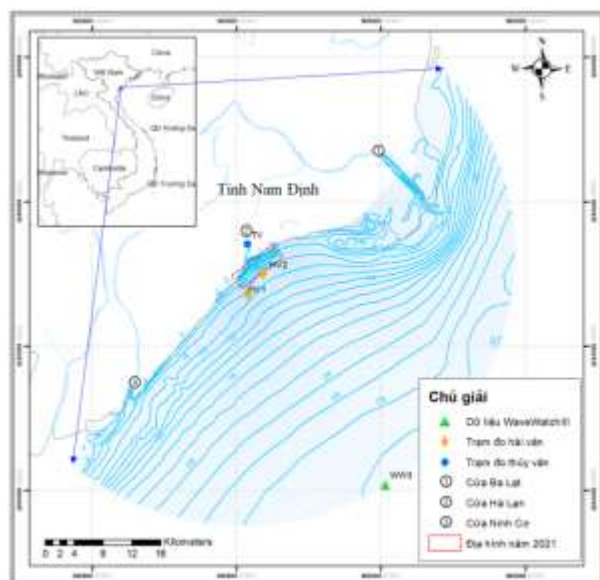
- Số liệu thủy văn (Q, H) tại cửa Hà Lạn, hải văn (sóng, dòng chảy ven bờ) ở vùng biển phía ngoài cửa Hà Lạn được đo đạc từ ngày 08/05/2021 đến 12/05/2021. Dữ liệu mực nước, sóng, dòng chảy ven bờ đo phía ngoài cửa Hà Lạn thời gian từ 15/11/2019 đến 19/11/2019 được thu thập từ nghiên cứu [5].

2.2. Công cụ tính toán

Mô hình Delft-3D là một hệ thống tổng hợp các mô hình thành phần của Viện thủy lực Delft Hydraulics (Hà Lan) phát triển [2], bao gồm các môdul: Delft3D-WAVE, Delft3D-FLOW... Môdul Delft3D-WAVE được sử dụng để tính toán lan truyền của sóng biển dựa trên cơ sở của mô hình SWAN. Môdul Delft3D-FLOW được sử dụng để tính toán thay đổi của mực nước, vận tốc dòng chảy, vận chuyển bùn cát và biến đổi đáy. Khi kết hợp hai môdul Delft3D-WAVE và môdul Delft3D-FLOW thì kết quả mực nước, dòng chảy và địa hình đáy từ môdul Delft3D-FLOW được dùng để làm điều kiện đầu vào cho môdul tính sóng Delft3D-WAVE. Kết quả tính toán sóng và dòng chảy do sóng từ Delft3D-WAVE lại được sử dụng làm đầu vào

cho môđul Delft3D-FLOW để tính toán dòng chảy, vận chuyển bùn cát và biến đổi đáy.

2.2.1 Phạm vi thiết lập mô hình



Hình 2: Phạm vi lưới tính mô hình khu vực nghiên cứu

Phạm vi khu vực nghiên cứu được xác định dựa trên các số liệu thực đo, bản đồ, ảnh vệ tinh (hình 2). Phạm vi cụ thể xác định cho mô hình như sau:

- Về phía biển: phạm vi không gian mô hình

tính được giới hạn từ bờ ra ngoài vùng nước sâu cách bờ khoảng 35km.

- Về phía sông: phạm vi không gian mô hình được lấy sâu vào trong sông đến vị trí cách cửa biển 3 km vào phía sông.

- Lưới tính của mô hình được xây dựng gồm có 37823 phần tử bao phủ toàn bộ khu vực ven biển tỉnh Nam Định. Kích thước lưới được biến đổi chi tiết từ 15m đến 200m từ khu vực trong sông, cửa sông ra ngoài biển.

2.2.2. Điều kiện biên mô hình

- Dữ liệu sóng, gió được lấy từ mô hình sóng toàn cầu WaveWatchIII tại tọa độ vị trí 20°N, 107°E.

- Dữ liệu biên nước sâu sử dụng biên mực nước thông qua bộ hằng số điều hòa trích xuất từ mô hình thủy triều toàn cầu TPXO.

- Dữ liệu biên lưu lượng sông Sò, cửa Ba Lạt, cửa Ninh Cơ được trích xuất từ kết quả mô hình Mike 11 [4] và dữ liệu khảo sát tháng 05/2021.

Dữ liệu khảo sát thủy hải văn

- Dữ liệu khảo sát tại 3 trạm đo TV, HV1, HV2 (Hình 1) khảo sát tại hiện trường tại hai khoảng thời gian khác nhau; thông tin các trạm đo khảo sát được thể hiện tại Bảng 1.

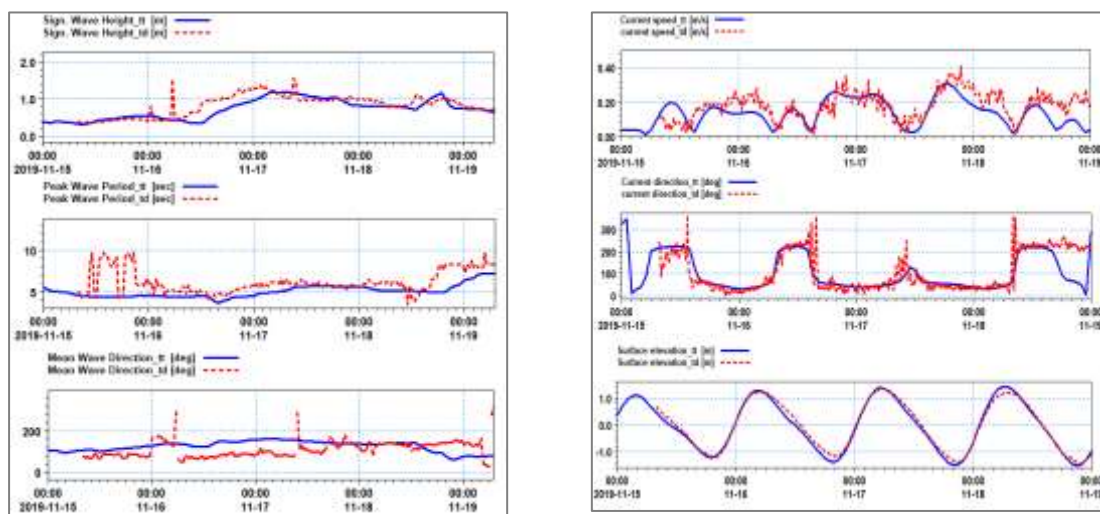
Bảng 1: Thông tin dữ liệu khảo sát tại các trạm đo

Trạm đo	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Yếu tố đo đạc	Thời gian đo đạc
TV	641533	2234078	Lưu lượng	08/05/2021 - 12/05/2021
HV1	641636	2227119	Sóng, mực nước, dòng chảy	15/11/2019 - 19/11/2019
HV2	643757	2229998	Sóng, mực nước, dòng chảy	08/05/2021 - 12/05/2021

2.2.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu đo mực nước, sóng, dòng chảy ven bờ tại cửa sông Hà Lạn trong thời gian từ 15/11/2019 đến 19/11/2019 và kiểm định mô hình với bộ dữ liệu trong khoảng thời gian từ 08/05/2021 đến 12/05/2021.

- Hiệu chỉnh mô hình: Với các số liệu đầu vào cho mô hình, tiến hành điều chỉnh các thông số của mô hình sao cho kết quả thu được phù hợp với số liệu thực đo nhất. Kết quả hiệu chỉnh về mực nước, sóng và dòng chảy được thể hiện ở hình 3.

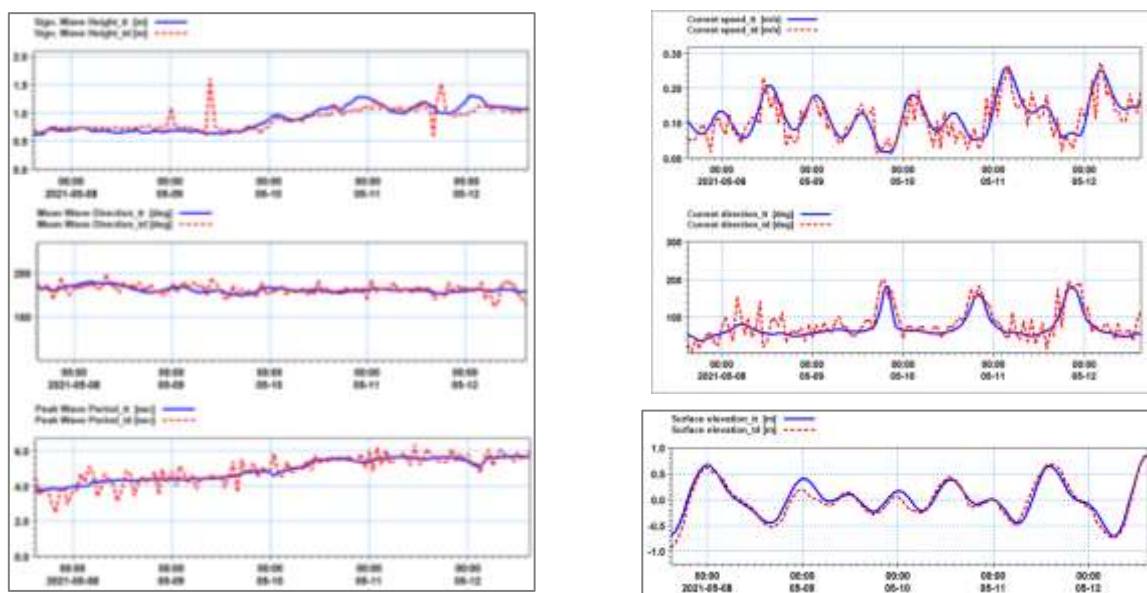


Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh sóng, dòng chảy và mực nước tính toán với thực đo tại trạm HV1

Bảng 2: Đánh giá sai số của mô hình toán

Thông số	Đơn vị	Sai số RMSE tại trạm đo	
		Trạm đo HV1	Trạm đo HV2
Mực nước	m	0.18	0.10
Vận tốc dòng chảy	m/s	0.08	0.04
Hướng dòng chảy	Độ	22.35	27.1
Độ cao sóng	m	0.21	0.15
Chu kỳ sóng	s	1.02	0.44
Hướng sóng	Độ	43.37	11.57

- Kiểm định mô hình với bộ dữ liệu thực đo tại trạm HV2 trong khoảng thời gian từ 08/05/2021 đến 12/05/2021 (hình 4).



Hình 4: Kết quả kiểm định sóng và mực nước tính toán với thực đo tại trạm HV2

Nhận xét chung

Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mực nước, sóng, dòng chảy tại trạm HV1 và HV2 đều cho thấy sự phù hợp về pha giữa kết quả tính toán và thực đo. Sai số độ lớn RMSE của yếu tố mực nước, vận tốc dòng chảy và chiều cao sóng đều nhỏ hơn 20% so với giá trị lớn nhất. Như vậy mô hình đã được hiệu chỉnh, kiểm định đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng để tính toán mô phỏng theo các kịch bản nghiên cứu.

Sau khi mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với mực nước, sóng và dòng chảy ven bờ tại cửa Hà Lạn ở vị trí gần bờ (đường đồng mức $-5,0$ m), trích xuất tại các điểm đã chọn (P1 – P3 trong Hình 6), là các điểm quan sát để phân tích.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số đặc trưng thủy hải văn khu vực nghiên cứu qua tài liệu đo đạc

Đặc điểm dòng chảy cửa sông: do trên sông Sò đã xây dựng các công trình thủy lợi để điều tiết nước như cống Ngô Đồng, đập Nhất Đối,... nên dòng chảy từ sông ra biển rất nhỏ; Mực nước khu vực cửa Hà Lạn chủ yếu là dao động của mực nước của thủy triều.

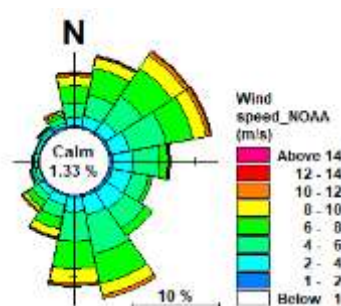
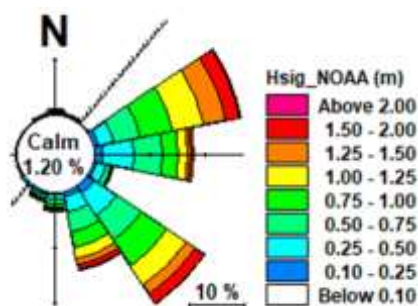
Đặc điểm thủy triều: Vùng cửa Hà Lạn có chế độ nhật triều; có độ lớn thủy triều trong một ngày thuộc loại lớn nhất nước ta (ΔH max đạt tới 3,5 - 4,0m). Phân tích số liệu mực nước tại trạm Hòn Dấu nằm cùng trong vịnh Bắc Bộ với cửa Hà Lạn cho thấy trị số của các hằng số điều hòa thủy triều tại trạm khá ổn định, điều này chứng tỏ ảnh hưởng rõ rệt của thủy triều trong mùa kiệt đối với khu vực cửa sông.

Bảng 3: Các hằng số điều hòa tại trạm Hòn Dấu

Tên hằng số điều hòa	Độ lớn của hằng số điều hòa (m)	Pha của hằng số điều hòa (độ)
Q1	0.164	5.49
O1	0.782	37.37
P1	0.220	84.48
K1	0.698	84.82

Đặc điểm sóng: Nguồn số liệu tham khảo đáng tin cậy là số liệu sóng NOAA tại vị trí 20^0N , 106.5^0E . Bảng 4 dưới đây trình bày số liệu thống kê đặc trưng chiều cao sóng theo các hướng chính từ kết quả phân tích thống kê số liệu tại điểm sóng NOAA vùng biển Nam Định, với chuỗi thống kê số liệu sóng từ năm 2008-2019. Kết quả thống kê cho thấy: sóng khu vực biển Nam Định có chiều cao không lớn, phổ biến dưới 2 m (chiếm 99.35%), hướng sóng thịnh hành là hướng ĐDB, Đ, ĐN và NĐN (chiếm 84.15%).

Đặc điểm gió: Phân tích số liệu gió tại vị trí sóng NOAA thấy hướng gió thịnh hành phân hoá theo mùa: Gió Đông Bắc từ tháng 10 đến tháng 2 năm sau và gió mùa Tây Nam từ tháng 4 đến tháng 8. Hai tháng có chế độ gió chuyển tiếp là tháng 3 và tháng 9. Mùa Đông gió thịnh hành là hướng Bắc đến hướng Đông Đông Bắc, mùa hè là Tây Nam và Đông Nam. Vận tốc gió trung bình từ 2 - 8m/s, lớn nhất xuất hiện khi có bão khoảng 40m/s, các đợt gió mùa mạnh có thể đạt 15 - 20 m/s.



Hình 5: Hoa sóng (a); hoa gió (b) tại điểm sóng NOAA ven biển Nam Định

Bảng 4: Bảng thống kê các hướng tại điểm sóng NOAA ven biển Nam Định

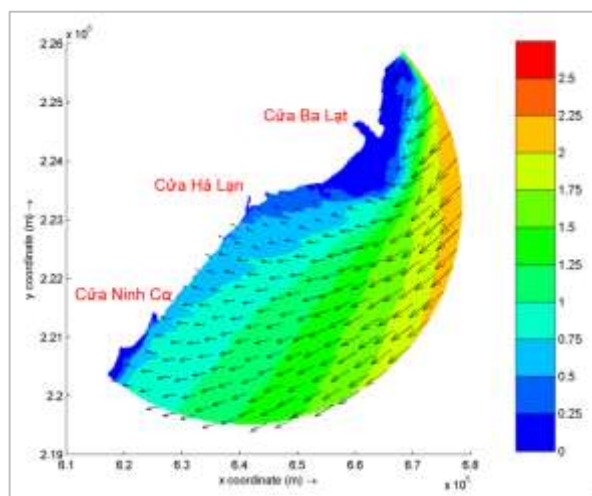
Hướng sóng	Chiều cao sóng						Tổng (%)
	0-0.5m	0.5-1m	1-1.5m	1.5-2m	2-2.5m	2.5-3m	
B	0.07	0.10	0.27	0.00	0.00	0.03	0.48
BDB	0.03	0.07	0.27	0.00	0.00	0.00	0.38
ĐB	0.14	0.00	0.10	0.07	0.03	0.00	0.34
ĐDB	2.67	10.58	6.06	2.64	0.31	0.00	22.25
Đ	10.68	9.96	1.47	0.17	0.10	0.00	22.39
ĐĐN	4.42	1.51	0.14	0.00	0.03	0.00	6.09
ĐN	7.12	11.30	3.63	0.27	0.03	0.00	22.36
ĐNĐN	5.44	8.52	2.98	0.17	0.00	0.03	17.15
N	1.78	0.65	1.61	0.03	0.00	0.00	4.07
NTN	1.10	0.82	0.89	0.10	0.00	0.00	2.91
TN	0.14	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
TTN	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
T	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.24
TTB	0.07	0.10	0.00	0.03	0.03	0.00	0.24
TB	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
BTB	0.03	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.17
Tổng (%)	34.17	44.20	17.49	3.49	0.55	0.10	100.00

3.1. Phân tích chế độ thủy động lực tại khu vực nghiên cứu

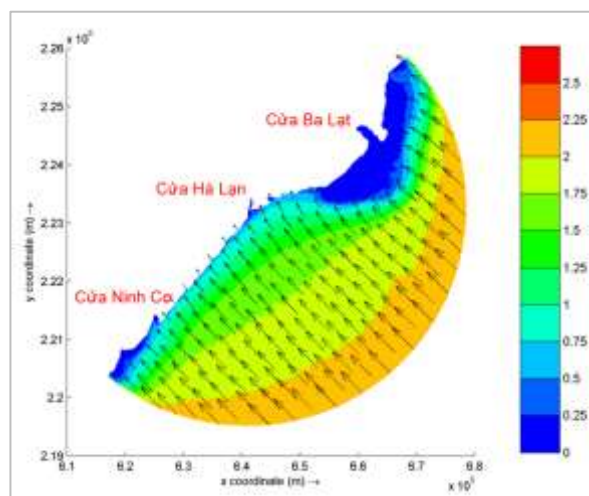
Phân tích lựa chọn thời gian tính toán

Nhiều nghiên cứu trước đây thường chỉ tập trung tính toán đánh giá chế độ thủy động lực trong khoảng thời gian ngắn theo các kịch bản diễn hình (một trận bão, một trận lũ, hướng sóng cố định). Cách tiếp cận này mới phản ánh

được các đặc trưng thủy động lực trong những trạng thái cực đoan nhất định mà không phản ánh được sự biến đổi liên tục của chế độ thủy động lực theo không gian và thời gian. Nghiên cứu này đã phân tích lựa chọn mô phỏng một năm liên tục sóng, dòng chảy cho năm điển hình từ tháng 3/2018 đến tháng 2/2019 để đánh giá sự biến động chế độ thủy lực theo mùa.

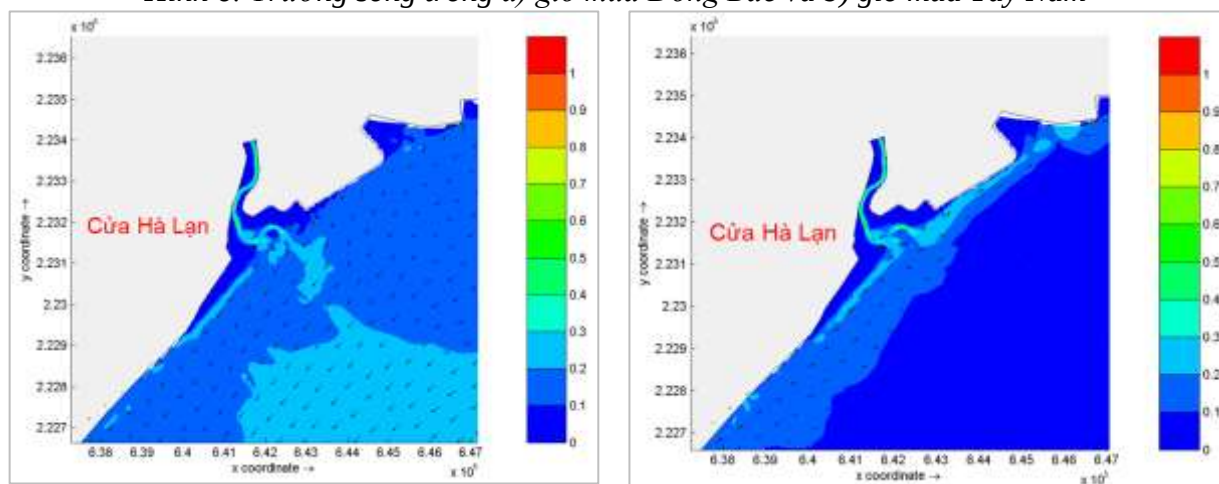


a) Trường sóng trong gió mùa Đông Bắc



b) Trường sóng trong gió mùa Tây Nam

Hình 6: Trường sóng trong a) gió mùa Đông Bắc và b) gió mùa Tây Nam



Hình 7: Trường vận tốc dòng chảy trong a) gió mùa Đông Bắc và b) gió mùa Tây Nam

Để có thể đánh giá được sự biến đổi chế độ động lực, nghiên cứu đã phân tích kết quả tính toán tại 3 điểm đại diện cho từng khu vực cửa Hà Lạn: điểm P1-phía Bắc cửa Hà Lạn, điểm P2-tại cửa Hà Lạn, điểm P3-phía nam cửa Hà Lạn (Bảng 5).

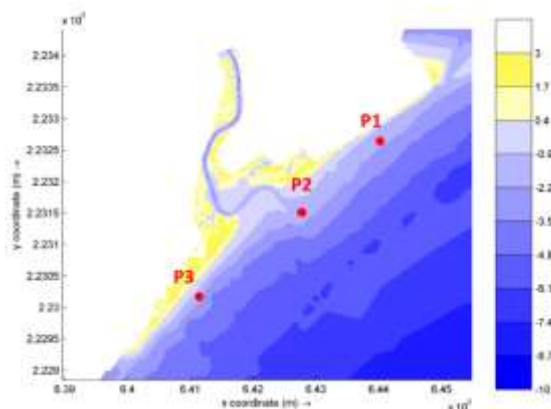
Đặc trưng sóng, dòng chảy khu vực cửa Hà Lạn

Mô tả hoa sóng 12 tháng trong năm ở vùng cửa Hà Lạn (điểm WW3 trên hình 1). Hướng sóng

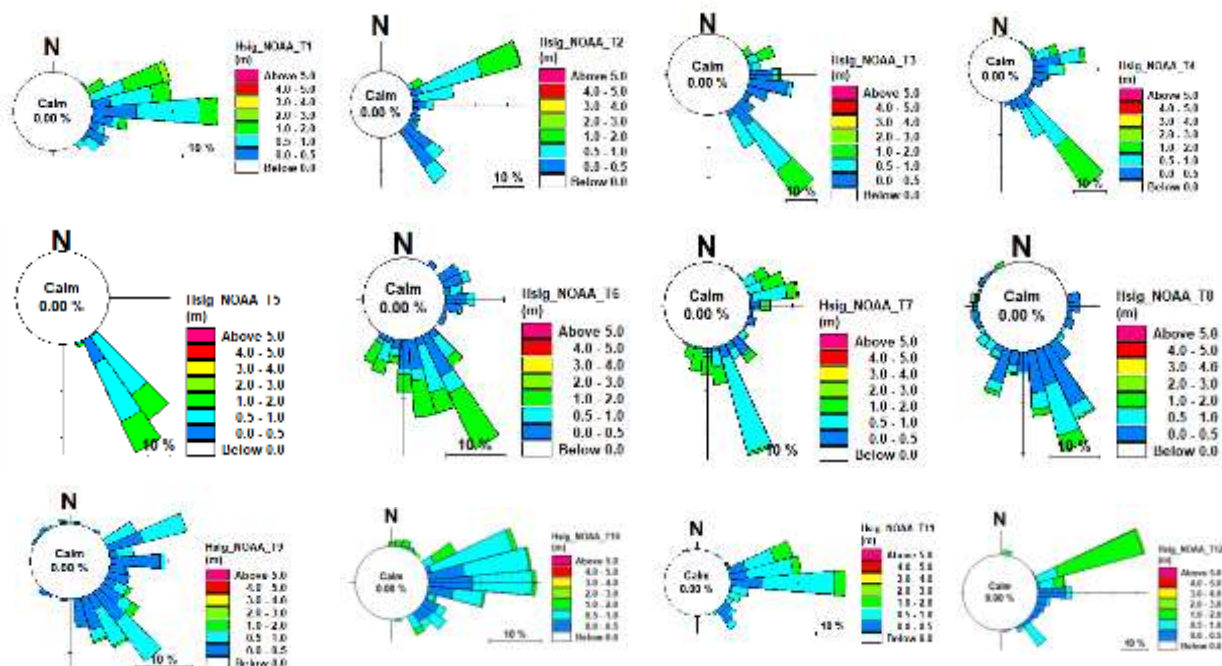
ĐB ở các tháng 1, 2 chuyển dần sang hướng ĐN (từ tháng 3 đến tháng 8). Vào tháng 9 bắt đầu có sự chuyển đổi từ hướng sóng ĐN sang hướng sóng ĐB và sau đó chuyển về hướng ĐB ở các tháng còn lại của năm (tháng 10, 11, 12). Chiều cao sóng dao động trong khoảng từ 1m đến 4m. Sóng do gió mùa Tây Nam chiếm ưu thế và kéo dài nhiều tháng trong năm (từ tháng 3 đến tháng 8).

Bảng 5: Vị trí các điểm trích kết quả tính toán

Điểm trích	Tọa độ X	Tọa độ Y	Vị trí điểm trích	Cao độ đáy (m)
P1	644153	2232679	Bờ biển phía Bắc cửa	-3
P2	642630	2231519	Cửa Hà Lạn	-3
P3	641128	2230112	Bờ biển phía Nam cửa	-3



Hình 8: Vị trí các điểm trích sóng, dòng chảy



Hình 9: Biến đổi sóng ngoài khơi các tháng trong một năm vùng biển ngoài khơi cửa Hà Lạn

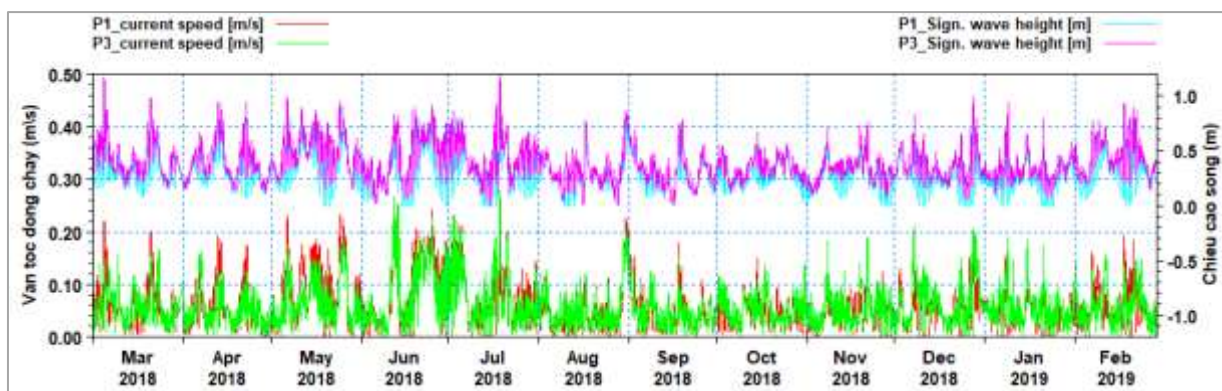


a) Hoa sóng



b) Hoa dòng chảy

Hình 10: Hoa sóng, dòng chảy khu vực ven bờ trong một năm



Hình 11: Quá trình vận tốc dòng chảy và sóng ven bờ tại cửa Hà Lạn trong một năm

Trên hình 9, hình 10 và hình 11 là kết quả tính toán sóng và dòng chảy các điểm ven bờ Bắc và Nam cửa Hà Lạn (điểm P1, P3). Kết quả tính toán cho thấy dòng chảy ven bờ khu vực cửa Hà Lạn khá nhỏ và phụ thuộc vào yếu tố sóng nhiều hơn so với yếu tố thủy triều: khi sóng ven bờ nhỏ hơn 0.5 m thì dòng chảy ven bờ nhỏ hơn 0.1 m/s, khi chiều cao sóng lớn hơn 0.5 m thì dòng chảy ven bờ lớn hơn đạt 0.1 - 0.25 m/s. Biến động các yếu tố sóng và dòng chảy khu vực cửa sông Hà Lạn theo mùa trong năm như sau:

Đặc trưng sóng, dòng chảy trong gió mùa Tây Nam

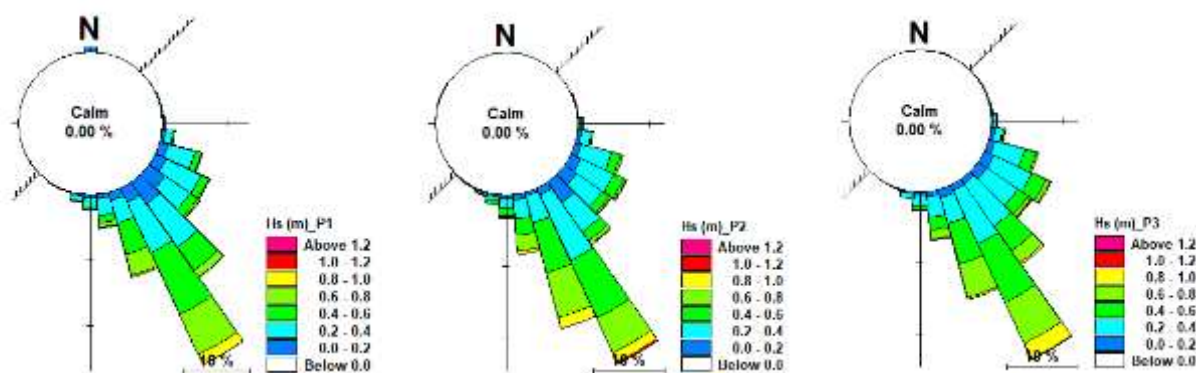
+ *Đặc trưng sóng trong gió mùa Tây Nam:*

Trong mùa gió Tây Nam, sóng ven bờ vùng cửa Hà Lạn có hướng Đông Đông Nam (ĐĐN) đến Nam Đông Nam (NĐN) với chiều cao sóng Hs chỉ khoảng 0.2 – 1.2m; trong đó thành phần

sóng hướng NĐN có chiều cao sóng lớn nhất khoảng 0.2 – 1.2 m. Khu vực ven bờ phía Bắc cửa Hà Lạn (điểm P1 - Hình 12) sóng có hướng chủ đạo là NĐN chiếm 42% với chiều cao sóng lớn nhất có thể đạt 1.2m. Sóng hướng ĐĐN chiếm tỷ lệ 16% với chiều cao sóng lớn nhất có thể đạt 0.6m; thành phần sóng hướng ĐN chiếm tỷ lệ 32% và có chiều cao sóng nhỏ dưới 0.5m. Khu vực ven bờ phía Nam cửa Hà Lạn (điểm P3 - Hình 12) sóng có hướng chính là NĐN chiếm 42%, sóng hướng ĐĐN chiếm tỷ lệ 18%, chiều cao sóng trong khoảng 0.1-0.6m; thành phần sóng hướng ĐN chiếm tỷ lệ 30% với chiều cao sóng nhỏ 0.1-0.3m. Sóng cửa Hà Lạn (điểm P2 - Hình 12) có chiều cao khá lớn, chiều cao sóng Hs có thể đạt 1.2m với hướng sóng NĐN và ĐN tương ứng tỷ lệ 49% và 22%, thành phần sóng hướng ĐĐN chỉ chiếm tỷ lệ nhỏ 16% và chiều cao sóng nhỏ dưới 1m.

Bảng 6: Phân bố chiều cao sóng theo các hướng chính trong gió mùa Tây Nam

Vị trí	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %
P1	0.1-1.2	ĐĐN	16	0.1-1.2	ĐN	32	0.1-1.2	NĐN	42
P2	0.1-1.2	ĐĐN	16	0.1-1.2	ĐN	22	0.1-1.2	NĐN	49
P3	0.1-1.2	ĐĐN	18	0.1-1.2	ĐN	30	0.1-1.2	NĐN	42



Hình 12: Hoa sóng ven bờ cửa Hà Lạn trong gió mùa Tây Nam

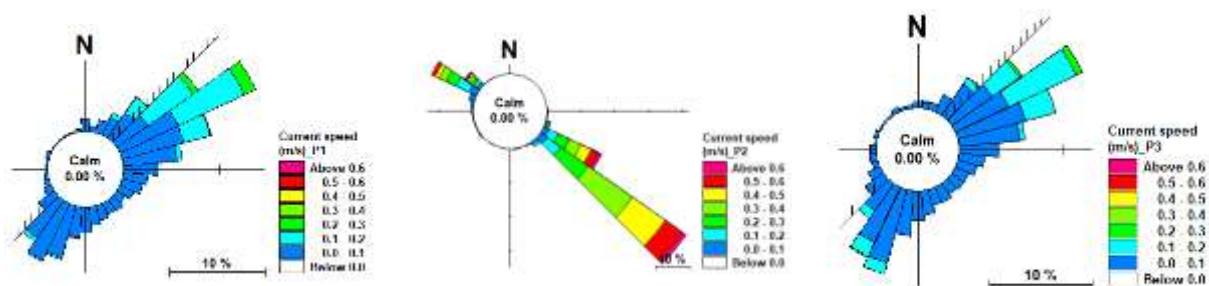
+ *Đặc trưng dòng chảy ven bờ trong gió mùa Tây Nam:*

Với điều kiện trong gió mùa Tây Nam có sóng lớn hơn sóng trong gió mùa Đông Bắc nên dòng

chảy ven bờ cũng lớn hơn, lớn nhất đạt 0.25m/s, trung bình khoảng 0.1m/s. Dòng chảy ven bờ có hướng từ Đông Bắc xuống Tây Nam và ngược lại, nhưng thành phần dòng chảy hướng Tây Nam lên

Đông Bắc chiếm ưu thế lớn (như điểm P1, điểm P3 - Hình 13). Tại khu vực cửa sông, do có sự tương tác giữa dòng chảy từ sông nên dòng chảy

có hướng Tây Bắc – Đông Nam; vận tốc dòng chảy tại điểm này có độ lớn đạt trung bình 0.2-0.5 m/s (như điểm P2 - Hình 13).



Hình 13: Hoa dòng chảy ven bờ cửa Hà Lan trong gió mùa Tây Nam

Đặc trưng sóng, dòng chảy trong gió mùa Đông Bắc

+ Đặc trưng sóng trong gió mùa Đông Bắc:

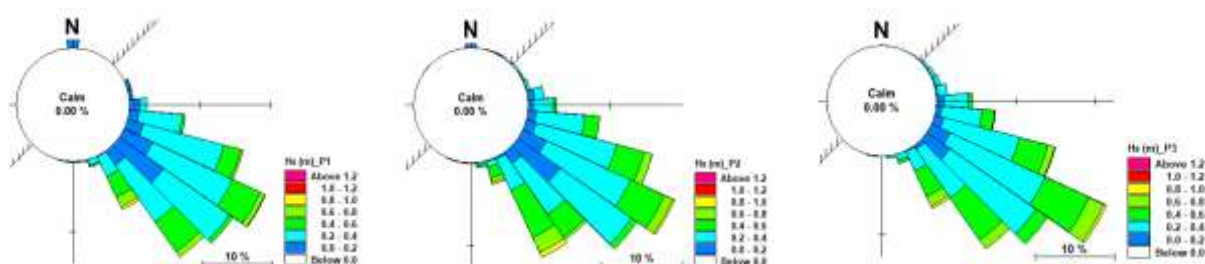
Trong mùa gió Đông Bắc, thành phần sóng hướng ĐĐN và hướng ĐN chiếm ưu thế hơn nhiều so với thành phần sóng hướng NĐN. Khu vực ven bờ phía Bắc cửa Hà Lan (điểm P1 - Hình 14) sóng có hướng chủ đạo là ĐĐN đến ĐN, tương ứng chiếm tỷ lệ lần lượt là 40% và 43%, sóng hướng NĐN chỉ chiếm tỷ lệ 5%. Khu vực ven bờ phía Nam cửa Hà Lan (điểm P3 - Hình 14), sóng hướng ĐĐN chiếm 40%, sóng

hướng ĐN chiếm tỷ lệ 39%, chiều cao sóng khoảng 0.1-1.2m; thành phần sóng hướng NĐN chiếm tỷ lệ nhỏ 9% với chiều cao sóng đạt 0.2-0.8m. Cửa Hà Lan (điểm P2 - Hình 14), sóng có hướng chủ đạo là ĐĐN và ĐN chiếm tỷ lệ lần lượt là 36% và 35%, chiều cao sóng 0.1-1.2m; thành phần sóng hướng NĐN chiếm tỷ lệ nhỏ 15% ứng với chiều cao sóng 0.1-0.8m.

Chi tiết về tỷ lệ phần trăm, chiều cao sóng ứng với các hướng chính và hoa sóng tại các điểm như Bảng 5 và Hình 14.

Bảng 7: Phân bố chiều cao sóng theo các hướng chính trong gió mùa Đông Bắc

Vị trí	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %
P1	0.1-1.2	ĐĐN	40	0.1-1.2	ĐN	43	0.1-1.2	NĐN	5
P2	0.1-1.2	ĐĐN	36	0.1-1.2	ĐN	35	0.1-1.2	NĐN	15
P3	0.1-1.2	ĐĐN	40	0.1-1.2	ĐN	39	0.1-1.2	NĐN	9

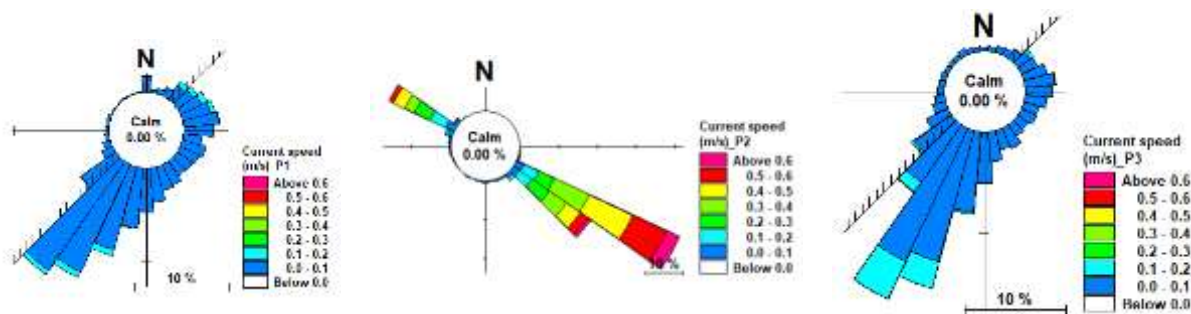


Hình 14: Hoa sóng ven bờ cửa Hà Lan trong gió mùa Đông Bắc

+ *Đặc trưng dòng chảy ven bờ trong gió mùa Đông Bắc:*

Với điều kiện trong mùa gió Đông Bắc có sóng không lớn bằng sóng trong gió mùa Tây Nam nên dòng chảy ven bờ cũng nhỏ hơn, lớn nhất chỉ đạt 0.2m/s, trung bình khoảng 0.1m/s. Dòng chảy ven bờ có hướng từ Đông Bắc xuống Tây

Nam và ngược lại, nhưng thành phần dòng chảy hướng Đông Bắc xuống Tây Nam chiếm ưu thế lớn hơn hẳn, xu thế này ngược lại so với hướng dòng chảy trong gió mùa Tây Nam. Khu vực cửa sông có dòng chảy từ sông ra biển nên dòng chảy có hướng từ Tây Bắc đến Đông Nam và ngược lại, vận tốc dòng chảy đạt giá trị từ 0.1 – 0.6m/s (điểm P2 -Hình 15).



Hình 15: Hoa dòng chảy ven bờ cửa Hà Lạn trong gió mùa Đông Bắc

4. KẾT LUẬN

Các kết quả tính toán phân tích trong nghiên cứu này cho thấy chế độ thủy động lực khu vực cửa sông Hà Lạn khá phức tạp do tương tác giữa dòng chảy sông với biển. Độ cao sóng ven bờ khu vực cửa sông dao động từ 0.2m đến 1.2m với hướng sóng chính là Đông Nam. Kết quả tính cũng cho thấy độ cao sóng khu vực cửa Hà Lạn khác biệt so với các khu vực khác ven biển vùng châu thổ sông Hồng khi độ cao sóng thời kỳ gió mùa Đông Bắc nhỏ hơn độ cao sóng trong gió mùa Tây Nam do có sự che chắn của các bãi bồi khu vực cửa Ba Lạt. Vận tốc dòng chảy ven bờ khu vực cửa sông này dao động từ 0.02m/s – 0.25m/s. Vào thời kỳ gió mùa Tây Nam từ tháng 3 đến tháng 8, vận tốc dòng chảy có thể đạt đến 0.25m/s. Thời kỳ gió mùa Đông Bắc vận tốc dòng chảy ven bờ nhỏ hơn so vận tốc

dòng chảy ven bờ với thời kỳ gió mùa Tây Nam, lớn nhất đạt khoảng 0.2m/s. Với vận tốc dòng chảy ven bờ trong gió mùa Tây Nam lớn hơn gió mùa Đông Bắc có thể lý giải hiện tượng cửa sông chảy lệch lên phía Bắc trong thời kỳ gần đây. Sự biến động của sóng và dòng chảy tại các vị trí xung quanh cửa sông này có liên quan mật thiết tới sự biến động hình thái cửa sông cũng như nguyên nhân bồi tụ và dịch chuyển luồng lạch vùng cửa Hà Lạn sông Sò.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này nhận được kinh phí từ nguồn ngân sách nhà nước thông qua sở Khoa học Công nghệ tỉnh Nam Định trong việc triển khai đề tài “Nghiên cứu nguyên nhân bồi tụ cửa Hà Lạn sông Sò và đề xuất giải pháp ổn định để đảm bảo an toàn cho tàu thuyền”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Duc, D.M.; Nhuan, M.T.; Ngoi, C.V. An analysis of coastal erosion in the tropical rapid accretion delta of the Red River, Vietnam. J. Asian Earth Sci. 2012, 43, 98–109.
- [2]. Delft Hydraulics, 2006. Delft3D-Flow User Manual; Delft3D-Wave User Manual.

- [3]. Cong V. Mai, Marcel J.F. Stive, and Pieter H.A.J.M. Van Gelder, 2009. Coastal Protection Strategies for the Red River Delta. *Journal of Coastal Research*, Vol. 25, No1, 105-116.
- [4]. Nguyen Van Hanh, Nguyen Duc Dien, Nguyen Thanh Hung, 2005. Flood prediction for Red and Thaibinh river system base on MIKE software. *Proceeding of national conference on fluid mechanics*, 160-172.
- [5]. Nguyen Thanh Hung, Do Minh Duc, Dinh Thi Quynh and Vu Dinh Cuong, Nearshore Topographical Changes and Coastal Stability in Nam Dinh Province, Vietnam. *Journal of marine science and engineering*, 2020, 8, 755; doi:10.3390/jmse8100755.
- [6]. Vũ Đình Cường, Nguyễn Thanh Hùng, Tô Vĩnh Cường, Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Thị Thu Huyền, Nghiên cứu các đặc trưng thủy động lực và biến động hình thái vùng cửa sông Mã tỉnh Thanh Hóa, Tuyển tập Khoa công nghệ 2009-2014 (tập II), Tr. 424-437, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội 2014-2015.
- [7]. Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường, Yoshimitsu Tajima, Tô Vĩnh Cường, Numerical modeling of Hydrodynamics and sediment transport processes in Ma rivier estuary, Vietnam, *Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress 2014*, Hanoi, Vietnam.
- [8]. Vũ Cao Minh, Biến động cửa Ba Lạt, cửa Hà Lạn trong thời kỳ cận đại và ảnh hưởng của chúng tới diễn biến bồi tụ xói lở khu vực Hải Hậu - Nam Định, Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi, số 13, tháng 3 năm 2013.
- [9]. Pruszek, Z.; Szmytkiewicz, M.; Hung, N.M.; Ninh, P.V. Coastal processes in the Red River delta area, Vietnam. *Coast. Eng. J.* 2002, 44, 97–126.
- [10]. National Weather Service. NOAA Wave Watch III Model Data Access. Available online: <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/ensemble/download.shtml?> (accessed on 29 June 2021).
- [11]. Te Slaa, S. Coastal Erosion Processes near Sea Dike in Hai Hau District, Vietnam. Master's Thesis, Hydraulic Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2009; 191p.