

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21/3 FM COUPLE MÔ PHÒNG SÓNG VÀ MỰC NƯỚC VÙNG VEN BIỂN TỈNH QUẢNG BÌNH

Nguyễn Thị Hải*, Đinh Phùng Bảo, Lê Xuân Khánh
Nguyễn Thế Long, Đỗ Thị Phương Linh
Đài Khí tượng thủy văn khu vực Trung Trung Bộ

Tóm tắt

Khi các thiên tai xảy ra, đặc biệt là các loại hình thiên tai như bão, áp thấp nhiệt đới, lũ, ngập lụt,... thì thiệt hại do các thiên tai này gây ra thường rất lớn, đặc biệt là khi ảnh hưởng kết hợp của các loại hình thiên tai như lũ từ thượng lưu đổ về kết hợp với nước dâng do bão, triều cường. Việc tính toán, mô phỏng chế độ sóng, mực nước ven biển để đánh giá được ảnh hưởng của mực nước ven biển tới quá trình thoát lũ trong sông rất quan trọng. Bài báo này trình bày việc ứng dụng mô hình MIKE 21/3 FM Couple để mô phỏng sóng và mực nước ven biển của tỉnh Quảng Bình, khu vực cửa sông Nhật Lệ. Nghiên cứu sử dụng số liệu tái phân tích từ Trung tâm Dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF), số liệu mực nước tại trạm thủy văn Đồng Hới và số liệu sóng quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Cồn Cỏ. Kết quả mô phỏng đã thể hiện sự thay đổi của mực nước ven biển dưới tác động của các tác nhân khí tượng, kết quả đánh giá cũng cho thấy chất lượng mô phỏng của mô hình là tương đối tốt.

Từ khóa: Mô hình MIKE 21/3 FM Couple; Mô phỏng; Quảng Bình.

Abstract

The application of the MIKE 21/3 FM Couple model to simulate waves and coastal water levels in Quang Binh province

When natural disasters occur, especially types such as storms, tropical depressions, floods, inundations,... the damages they cause are often significant. This is particularly true when there is a combined impact of different disaster types, such as upstream floods converging with storm surges and high tides. Calculating and simulating wave regimes and coastal water levels to assess their effects on river flood drainage is crucial. This paper presents the application of the MIKE 21/3 FM Couple model to simulate waves and coastal water levels in Quang Binh province, specifically at the Nhat Le river mouth. In this study, reanalysis data from the European Centre for Medium - Range Weather Forecasts (ECMWF), water level data from the Dong Hoi hydrological station, and wave data from the Con Co marine meteorological station were used. The simulation results reflect changes in coastal water levels under the influence of meteorological factors, and the evaluation results also show that the model's simulation quality is relatively good.

Keywords: MIKE 21/3 FM Couple model; Simulation; Quang Binh.

***Tác giả liên hệ, Email:** haidbtv311@gmail.com

Nhận bài: 20/8/2024; Phản biện xong: 28/8/2024; Chấp nhận đăng: 20/12/2024

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.627>

1. Mở đầu

MIKE 21/3 FM Couple là một công cụ mô phỏng thủy động lực học tiên tiến được phát triển bởi Viện thủy lực Đan Mạch (DHI). Mô hình này dùng để mô phỏng các quá trình thủy động lực học trong môi trường 2 chiều và 3 chiều. Mô hình này có khả năng kết hợp đồng thời nhiều mô đun khác nhau cho phép mô phỏng chi tiết các quá trình tương tác trong môi trường nước. Điểm nổi bật của MIKE 21/3 FM Couple là khả năng sử dụng lưới tính phi cấu trúc, cho phép tăng độ phân giải tại các khu vực quan tâm mà không làm tăng đáng kể thời gian tính toán, điều này rất hữu ích cho việc mô phỏng cho các khu vực có địa hình phức tạp như cửa sông, ven biển.

Với khả năng tính toán mạnh mẽ và có độ chính xác cao, mô hình này được ứng dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu và giải quyết các vấn đề liên quan đến thủy động lực học, quản lý tài nguyên nước và bảo vệ môi trường. Tại Việt Nam, mô hình MIKE 21/3 FM Couple được ứng dụng trong các nghiên cứu về mô phỏng, phân tích quá trình vận chuyển bùn, cát và trầm tích hỗ trợ trong việc đánh giá xói mòn bờ biển [1, 2]; Nghiên cứu về chế độ thủy động lực học cho vùng cửa sông [4 - 6]; Mô phỏng sóng và nước dâng [3].

Khu vực Quảng Bình là tỉnh ven biển thuộc Bắc Trung Bộ, có 6/8 huyện, thị xã, thành phố giáp biển, có đường bờ biển dài 116,04 km với 5 cửa sông, trong đó có 2 cửa sông lớn là Nhật Lệ và Cửa Gianh. Có hệ thống đảo Hòn La, Hòn Gió, Hòn Chùa, Hòn Nồm, Hòn Cỏ. Thêm lục địa và vùng đặc quyền kinh tế rộng trên 2 vạn km², rộng gấp 2,6 lần diện tích đất

liền, tạo cho Quảng Bình một ngư trường rộng, trữ lượng hải sản lớn. Cùng với tiềm năng tài nguyên phi sinh vật như vận tải biển, điện gió, điện mặt trời là điều kiện rất thuận lợi để tỉnh Quảng Bình phát triển các lĩnh vực kinh tế tổng hợp về biển [8].

Quảng Bình là nơi chịu nhiều ảnh hưởng trực tiếp của các loại hình thiên tai như bão, áp thấp nhiệt đới, lũ, ngập lụt,... Đặc biệt là khi mực nước ven biển cao, do nước dâng do bão hoặc thủy triều cao, dòng chảy từ sông ra biển có thể bị cản trở. Điều này dẫn đến việc nước trong sông không thể thoát ra biển một cách dễ dàng, làm tăng nguy cơ ngập lụt ở khu vực ven biển.

Vì vậy việc nghiên cứu xác định sóng và mực nước ven biển khu vực Quảng Bình có ý nghĩa rất quan trọng trong việc đánh giá khả năng thoát lũ trong sông cũng như xác định được các nguy cơ tác động của nó sẽ giúp cho các nhà quản lý đưa ra các giải pháp, biện pháp để phòng ngừa và chuẩn bị ứng phó kịp thời giúp giảm thiểu rủi ro và đảm bảo an toàn cho cộng đồng và cơ sở hạ tầng.

2. Phạm vi, phương pháp nghiên cứu và số liệu đầu vào

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là sóng, mực nước ven biển Quảng Bình. Phạm vi nghiên cứu là vùng ven biển khu vực Quảng Bình.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình kết hợp MIKE 21/3 FM Couple là hệ thống mô hình động lực có thể áp dụng cho vùng cửa sông, ven biển và trong sông. Mô hình bao gồm các mô đun: Mô đun động lực, mô đun vận

chuyển, mô đun lan truyền ô nhiễm, tràn dầu, mô đun vận chuyển bùn, cát, mô đun theo dõi hạt, mô đun hình thái đường bờ và mô đun phổ sóng [9].

Mô đun thủy lực và phổ sóng là hai thành phần tính toán cơ bản của mô hình MIKE 21/3 FM Couple. Mô hình này cho phép mô phỏng sự tương tác qua lại giữa sóng và dòng chảy thông qua cơ chế kết nối động giữa mô đun thủy lực và mô đun phổ sóng. Ngoài ra, mô hình MIKE 21/3 FM Couple cũng tích hợp kết nối động giữa các vận chuyển bùn, cát và các mô đun thủy lực, phổ sóng. Đặc biệt, việc kết hợp các mô đun thủy lực, phổ sóng, vận chuyển cát cho phép kết nối thêm với mô đun biến đổi đường bờ, từ đó mô hình có thể phản ánh sự thay đổi của địa hình đáy đối với tính toán sóng và dòng chảy [9].

Mô đun thủy lực (HD) mô phỏng sự biến đổi mực nước và dòng chảy dưới tác động của nhiều yếu tố cưỡng bức khác nhau trong các môi trường như hồ chứa, sông, cửa sông và vùng ven biển. Mô đun này cho phép giải quyết các vấn đề ba chiều và hai chiều, tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể [9].

Mô đun phổ sóng (SW) mô phỏng sự phát triển, suy giảm và biến đổi của sóng sinh ra do gió trong các khu vực ngoài khơi và ven biển.

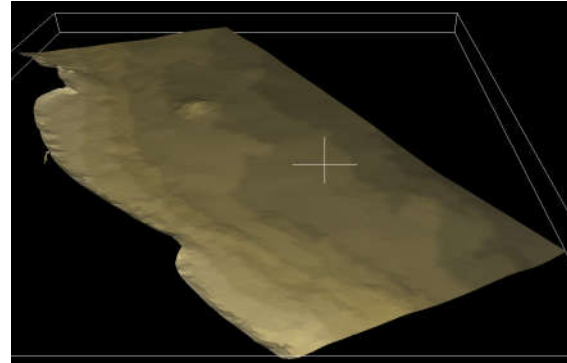
Trong nghiên cứu này sử dụng mô đun động lực và mô đun phổ sóng để tính toán một số đặc trưng hải văn vùng hạ lưu sông Kiến Giang - Quảng Bình.

2.3. Số liệu đầu vào

2.3.1. Số liệu địa hình

Số liệu địa hình được sử dụng để xây dựng lưới tính cho mô hình được lấy từ

trang web: <https://www.ncei.noaa.gov/maps/grid-extract/> của NOAA và số liệu địa hình cửa biển Nhật Lệ thu thập từ [7].



Hình 1: Địa hình lưới tính của mô hình MIKE21/3 vùng biển Quảng Bình

2.3.2. Miền tính

Khu vực tính toán thuộc khu vực biển Quảng Bình, được giới hạn từ Kinh độ 106°09'54"E tới 108°08'44"E và từ Vĩ độ 16°45'02"N tới 18°41'35"N, khoảng cách từ bờ ra ngoài khơi khoảng 100 km. Ngoài ra, mô hình xây dựng thêm lưới tính cho đoạn sông Nhật Lệ từ cửa biển vào sâu trong sông khoảng 6 km, để trích kết quả tại trạm Đồng Hới và để hiệu chỉnh thông số mô hình.

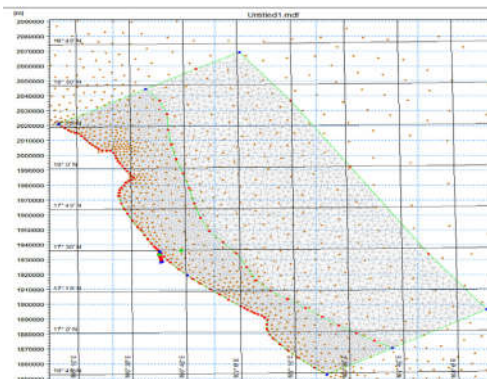
Lưới tính: Trong nghiên cứu đã xây dựng 3 miền lưới để đảm bảo mức độ chi tiết của địa hình ven bờ và trong sông của khu vực nghiên cứu. Lưới thưa (lưới III trên Hình 2) chiếm phần lớn diện tích miền tính nằm phía ngoài khơi cách bờ khoảng 30 - 100 km. Lưới mịn là vùng ven bờ có địa hình biên cho lưới mịn (lưới II trên Hình 2) với kích thước ô lưới lớn nhất mặc định là 1.000.000 m². Mục đích sử dụng lưới mịn là để chính xác hóa địa hình vùng gần bờ và lưới này không quá rộng để tiết kiệm thời gian tính toán. Khu vực lưới thô (vùng lưới III) của mô hình được xác định từ danh giới của vùng

Nghiên cứu

lưới 2 đến vùng ngoài khơi các bờ biển Quảng Bình khoảng 100 km. Vùng lưới 1 được xây dựng theo dạng lưới ô vuông



cho vùng lòng sông đoạn sông Nhật Lệ, từ cửa biển đến cầu Nhật Lệ 2 với kích thước ô lưới 200×50 m.



Hình 2: Lưới tính toán của mô hình MIKE 21/3 vùng biển Quảng Bình

2.3.3. Biên đầu vào

Nghiên cứu xác định biên đầu vào của mô hình gồm có 4 vị trí biên trong đó có 3 biên ngoài biển (Đông, Bắc, Nam) và 01 biên trong sông (Cầu Nhật Lệ 2).

Các biên được thu thập, tính toán số liệu đầy đủ phục vụ mô phỏng hiệu chỉnh, kiểm định mô hình theo chuỗi thời gian lựa chọn. Các biên lòng ngoài khơi cần có các dữ liệu mực nước, độ cao sóng, chu kỳ sóng, tốc độ gió, hướng gió, hướng sóng, hệ số ma sát đáy.

Biên mực nước: Đối với các biên mực nước, nghiên cứu sử dụng hàm điều hoà có sẵn trong bộ MIKE để tính toán biên tại các vị trí Bắc, Đông, Nam cho mô hình.

Biên lưu lượng: Nghiên cứu sử dụng kết quả của mô hình thủy lực 1 chiều được trích tại vị trí cách cửa sông 10 km.

Biên độ cao trung bình của sóng, tốc độ gió trung bình, hướng sóng, hướng gió, chu kỳ sóng. Nghiên cứu sử dụng số liệu tái phân tích của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF) và dữ liệu gió thực đo của trạm Cồn Cỏ. Nghiên cứu đã trích xuất dữ liệu từng giờ của tháng 9

và tháng 10 các năm 2010, 2013, 2016, 2017 và 2020 làm dữ liệu đầu vào cho mô hình MIKE 21/3 trong quá trình hiệu chỉnh, kiểm định và chạy thử nghiệm.

2.4. Hiệu chỉnh

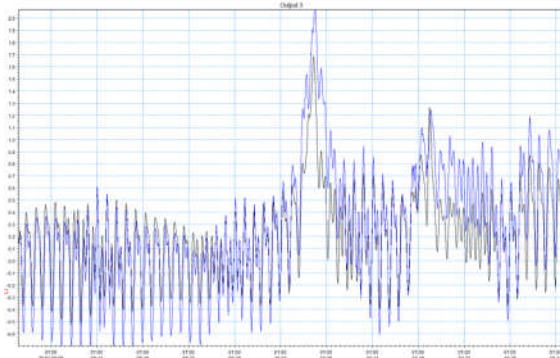
Đây là bước quan trọng trong quá trình áp dụng mô hình toán, là bước dò tìm bộ thông số tối ưu nhất cho mô hình sao cho kết quả tính toán phù hợp nhất với số liệu thực đo. Đối với mô đun thủy lực chủ yếu hiệu chỉnh hệ số nhám (Bed Resistance) và độ nhớt (Eddy Viscosity); Đối với mô đun sóng cần hiệu chỉnh các thông số điều kiện sóng vỡ (Wave Breaking) và ma sát đáy (Bottom Friction).

Số liệu dùng để hiệu chỉnh là số liệu mực nước tại trạm thủy văn Đồng Hới và độ cao sóng tại trạm Cồn Cỏ, thời đoạn sử dụng để hiệu chỉnh từ 01/9/2010 và từ 01/9 - 31/10/2013.

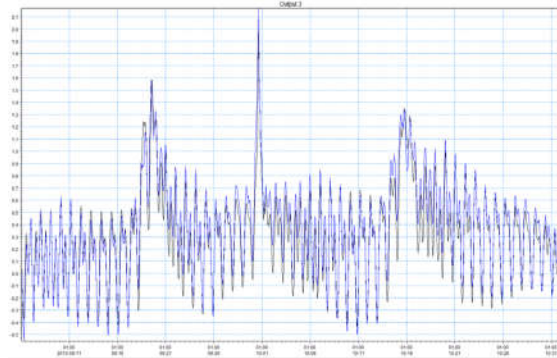
Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho kết quả tương đối tốt, chỉ số Nash tính toán cho mực nước tại Đồng Hới từ 0,77 - 0,91, hệ số Nash tính toán cho độ cao sóng tại Cồn Cỏ từ 0,5 - 0,68. Quá trình so sánh giữa số liệu thực đo và kết quả tính toán được thể hiện từ Hình 3 đến Hình 6.

Bảng 1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 21/3 FM Couple

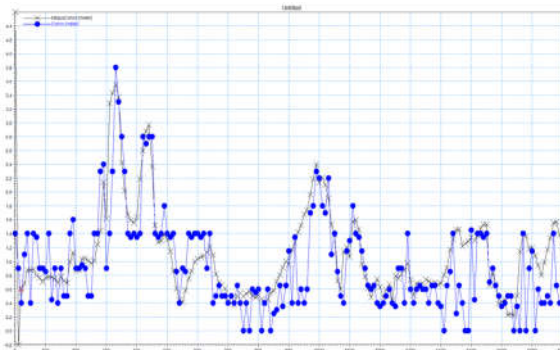
TT	Yếu tố	Thời gian	Hệ số Nash
1	Mực nước	09 - 10/2010	0,77
2	Mực nước	09 - 10/2013	0,91
3	Độ cao sóng	09 - 10/2010	0,51
4	Độ cao sóng	09 - 10/2013	0,68



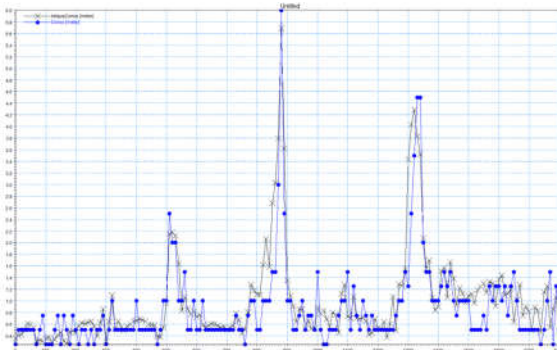
Hình 3: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2010 tại Đồng Hới



Hình 4: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2013 tại Đồng Hới



Hình 5: Đường quá trình độ cao sóng thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2010 tại Côn Cỏ



Hình 6: Đường quá trình độ cao sóng thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2013 tại Côn Cỏ

2.5. Kiểm định

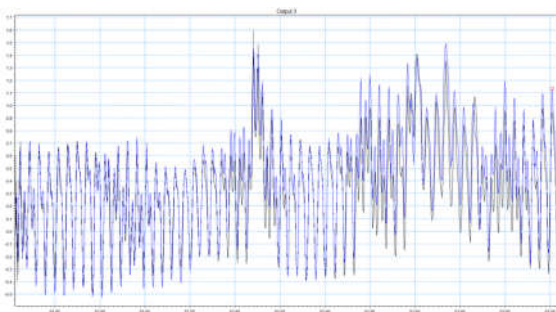
Nghiên cứu sử dụng chuỗi số liệu mực nước tại trạm thủy văn Đồng Hới và số liệu quan trắc sóng tại trạm khí tượng hải văn Côn Cỏ từ tháng 9 đến tháng 10 các năm 2020, 2021 và 2022 để đánh giá kết quả. Hệ số Nash-Sutcliffe được sử dụng để đánh giá kết quả của mô hình.

Kết quả so sánh giữa số liệu thực đo và kết quả tính toán mực nước tại trạm Đồng Hới và sóng tại trạm Côn Cỏ được trình bày từ Hình 3 đến Hình 8. Kết quả cho thấy các giá trị tính toán và thực đo có tương quan tốt về cả pha và biên độ, xu thế đường quá trình tương đối khớp

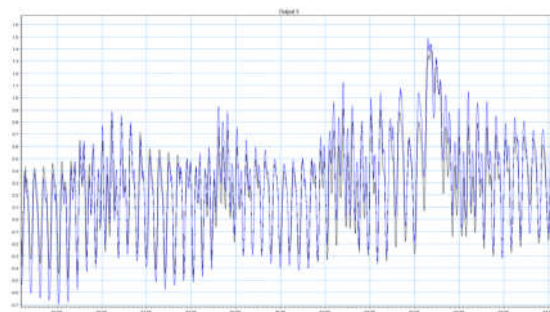
nhau, thời gian xuất hiện các giá trị lớn nhất tương đối bám sát. Hệ số Nash tính toán cho mực nước tại trạm Đồng Hới đạt từ 0,76 - 0,86, chỉ số Nash tính toán cho sóng tại trạm Côn Cỏ đạt từ 0,56 - 0,81.

Bảng 2. Kết quả kiểm nghiệm mô hình MIKE 21/3 FM Couple

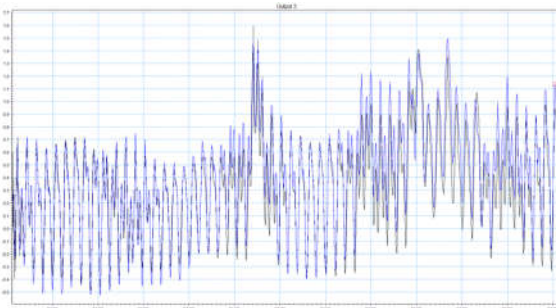
TT	Yếu tố	Thời gian	Hệ số Nash
1	Mực nước	09 - 10/2020	0,76
2	Mực nước	09 - 10/2021	0,88
3	Mực nước	09 - 10/2022	0,86
4	Độ cao sóng	09 - 10/2020	0,71
5	Độ cao sóng	09 - 10/2021	0,81
6	Độ cao sóng	09 - 10/2022	0,56



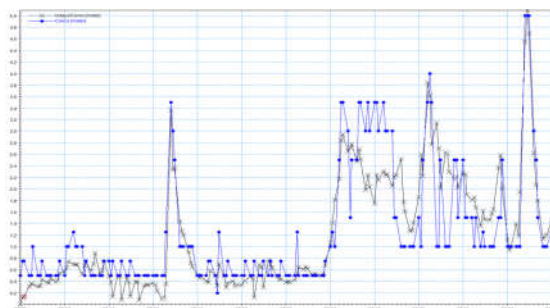
Hình 7: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2020 tại Đồng Hới



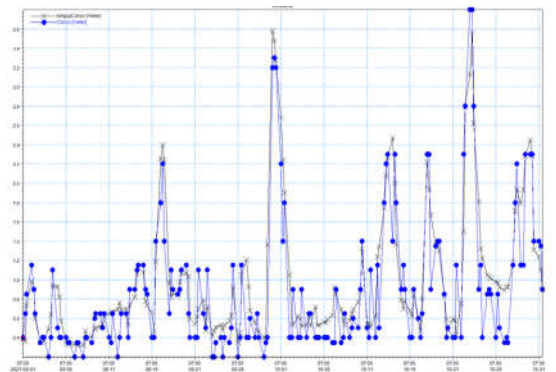
Hình 8: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2021 tại Đồng Hới



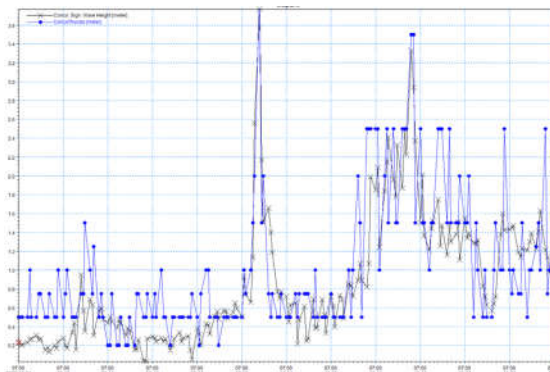
Hình 9: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2022 tại Đồng Hới



Hình 10: Đường quá trình độ cao sóng thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2020 tại Cồn Cỏ



Hình 11: Đường quá trình độ cao sóng thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2021 tại Cồn Cỏ



Hình 12: Đường quá trình độ cao sóng thực đo và tính toán tháng 9 - 10/2022 tại Cồn Cỏ

3. Kết quả và thảo luận

Vùng ven biển khu vực Quảng Bình vào các tháng cuối năm thường chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc và là thời kỳ cao điểm ảnh hưởng của bão, áp thấp nhiệt đới. Kết quả của mô phỏng sóng vào thời gian từ tháng 9 đến tháng 10, cho thấy độ cao sóng trong các thời kỳ chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc thường đạt từ 1 - 2 m, tuy nhiên trong những đợt gió mùa mạnh có thể đạt trên 2 m. Vào

thời kỳ ảnh hưởng của bão, áp thấp nhiệt đới độ cao sóng vùng ven biển có thể 2 - 4 m tùy thuộc vào cường độ của bão, áp thấp nhiệt đới, có những cơn bão mạnh có thể lên đến 3 - 6 m.

Kết quả mô phỏng, mực nước ven biển của khu vực Quảng Bình chủ yếu ảnh hưởng theo chế độ bán nhật triều không đều. Tuy nhiên, vào thời kỳ ảnh hưởng của bão, áp thấp nhiệt đới mực nước ven biển tăng lên do ảnh hưởng của nước dâng

do bão, tùy thuộc vào cường độ bão và vị trí đổ bộ mà nước dâng đạt từ 0,2 - 1 m đối với khu vực hoàn lưu phía Bắc của cơn bão, từ 0,2 - 0,6 m đối với khu vực hoàn lưu phía Nam cơn bão. Cá biệt đối với một số trường hợp bão mạnh đổ bộ trực tiếp ở khu vực Quảng Bình, Quảng Trị thì nước dâng có thể đạt từ 1 - 2 m ở khu vực này.

4. Kết luận

Mô hình MIKE 21/3 FM Couple là một công cụ mạnh mẽ trong việc tính toán, mô phỏng dòng chảy 2 chiều có sự tương tác của các yếu tố sóng và dòng chảy.

Kết quả nghiên cứu thông qua quá trình mô phỏng thủy động lực đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm dựa trên số liệu quan trắc thực tế cho thấy độ chính xác tương đối tốt. Mô hình đã thể hiện rõ sự tương tác giữa các yếu tố như dòng chảy, địa hình và các điều kiện biên, cho phép mô phỏng mực nước và độ cao sóng một cách tương đối chính xác.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng độ chính xác của kết quả mô phỏng phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng dữ liệu đầu vào và các tham số được sử dụng trong mô hình. Các tính toán trong nghiên cứu này vẫn còn tiềm ẩn nhiều sai số, sở dĩ như vậy là còn thiếu các dữ liệu đo đạc trong phạm vi tính toán.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ KH&CN: “Nghiên cứu ảnh hưởng của mực nước ven biển tới quá trình thoát lũ tại hạ lưu sông Miền Trung. Áp dụng thử nghiệm tại hạ lưu sông Kiến Giang, Quảng Bình”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Ngọc Tiến (2014). *Ứng dụng mô hình MIKE 21/3 FM Couple nghiên*

cứu quá trình vận chuyển trầm tích tại vịnh Cam Ranh. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển; Tập 14, Số 3; 2014:229-237.

[2]. Nguyễn Đức Vương, Lê Mạnh Hùng, Nguyễn Thị Phương (2016). *Nghiên cứu đề xuất giải pháp ổn định của La Gi, Sông Dinh, tỉnh Bình Thuận*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 31, tr.1 - 8.

[3]. Lê Thanh Chương, Nguyễn Duy Khang, Lê Mạnh Hùng (2021). *Kết quả tính sóng, nước dâng do bão vùng ven Biển Đông đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 49, tr.1 - 10.

[4]. Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cương, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Quang Minh (2018). *Nghiên cứu biến động theo mùa của chế độ thủy động lực khu vực cửa sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 48, tr. 1 - 15.

[5]. Phùng Đức Chính, Đặng Đình Khá, Nguyễn Thọ Sáo, Nguyễn Tiên Giang, Đặng Thị lan Phương (2020). *Ứng dụng mô hình MIKE 21/3 FM Couple mô phỏng chế độ thủy động lực vùng cửa sông Đà Nông*. Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, số 13, tr. 20 - 31.

[6]. Hoàng Thái Bình, Đào Đình Châm, Đào Thị Thảo, Lê Đức Hạnh, Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Minh Huân, Nguyễn Quốc Trinh (2022). *Nghiên cứu quá trình thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) bằng MIKE 21/3 FM vùng biển Đà Nẵng*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. Doi: 10.36335/VNJHM.2022(735).1-11.

[7]. Nguyễn Thanh Hùng (2020). *Nghiên cứu quá trình xói lở, bồi tụ dài bờ biển, cửa sông từ Quảng Bình đến Thừa thiên Huế, có xét ảnh hưởng các tác động từ thượng nguồn và đề xuất giải pháp ổn định*. Đề tài khoa học và công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước, mã số KC08/16.16-20.

[8]. <https://quangbinh.gov.vn/chi-tiet-tin/-/view-artic>