TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Ứng dụng mô hình 2D cho bài toán truyền tải rác thải nhựa theo đặc trưng mùa tại vùng biển Đà Nẵng–Quảng Nam

Nguyễn Quốc Trinh[1,2*], Đào Đình Châm[1,2], Hoàng Thái Bình[1], Đào Thị Thảo[1], Lê Đức Hạnh[1], Nguyễn Thái Sơn[1], Lê Trung Hưng[3], Hoàng Hà Giang[4], Nguyễn Quang Vinh[5]

[1] Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội; nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; chamvdl@gmail.com; hoangthaibinh@yahoo.com; thaodt010@wru.vn; hanhvdl@gmail.com; nguyenthaison99@gmail.com

[2] Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội; nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; chamvdl@gmail.com

[3] Trung tâm Thông tin và Dữ liệu khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tương Thủy văn, số 8, Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội; hungtttl@gmail.com

[4] Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên, Phường Tân Thịnh, Thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên; hoanghagianghl@gmail.com

[5] Đài Khí tượng Cao không, Tổng cục Khí tương Thủy văn, số 8, phố Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội; vinhk46da@yahoo.com

*Tác giả liên hệ: nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; Tel: +84–989202527

Ban Biên tập nhận bài: 17/9/2022; Ngày phản biện xong: 15/11/2022; Ngày đăng bài: 25/11/2022

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này sử dụng mô hình hai chiều để giải quyết bài toán truyền tải rác thải nhựa khu vực cửa sông ven bờ Đà Nẵng–Quảng Nam bằng mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM của DHI có sử dụng thành phần thủy động lực (HD) và thành quy đạo vật thể trôi (PT) áp dụng đối với bài toán truyền tải rác thải nhựa. Kết quả tính toán được hiệu chỉnh, kiểm định và mô phỏng dựa vào đánh giá so sánh yếu tố mực nước giữa tính toán và thực đo tại các vị trí các trạm Thủy văn (Cẩm Lệ, Câu Lâu và Hội An), trạm Hải văn (Sơn Trà và Dung Quất) giai đoạn 2018–2022. Mà các kết quả đánh giá theo các chỉ số tương quan (R) lớn hơn 0,9, chỉ số NSE lớn hơn 0,74 và chỉ số RSR nhỏ hơn 0,2. Các kết quả tính toán truyền tải rác thải nhựa biến động theo mùa với các tháng điển hình cụ thể như tháng 07/2021 (mùa hè) với xu hướng di chuyển từ Nam lên Bắc, tháng 12/2021 (mùa đông) với xu hướng di chuyển từ Bắc xuống Nam. Bước đầu kết quả tính toán cho thấy có thể phát triển các nghiên cứu tiếp theo với điều kiện đầu vào sát thực hơn.

Từ khóa: Rác thải nhựa; MIKE 21/3 Couple model FM; Mực nước; Đà Nẵng, Quảng Nam.

1. Mở đầu

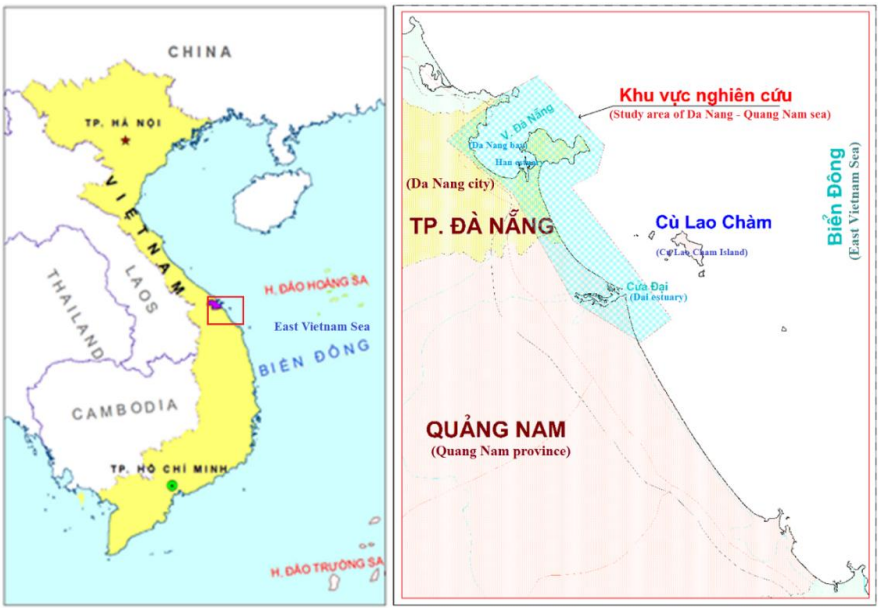
Ô nhiễm biển do nhựa là một vấn đề toàn cầu và thách thức (sự tồn tại của nhựa trên biển, hậu quả đối với sinh vật biển và sức khỏe con người) đổ ra cửa sông ven bờ [1] ra biển khơi [2]. Sự nguy hại đến môi trường sinh thái toàn cầu tăng lên bởi rác thải nhựa [3] với tốc độ từ $1{,}7\times10^6$ tấn năm 1950 đến $3{,}68\times10^8$ tấn năm 2019, trong đó $73{,}5\times10^6$ tấn sợi tơ tổng hợp [4] và ước tính khoảng trên 10^9 tấn năm 2020 [5]. Xấp xỉ $2{,}7\times10^5$ tấn rác thải

nhựa trôi nổi trên biển với khoảng $5{,}25\times10^{12}$ hạt nhựa [6], với khoảng 103 đến 105 hạt/m^3 [7]. Nguồn gốc vi nhựa ở sinh thái biển đều có từ nước sông, đất liền và không khí [8–11]. Sự đa dạng về nguồn nên rác thải nhựa rất đa dạng về kiểu cách hay màu sắc khác nhau [12–18].

Nói chung, sự phân mảnh của rác thải nhựa từ mảnh lớn hơn tạo thành các mảnh nhỏ thứ cấp do chịu các tác động môi trường phong hóa xung quanh như hóa–lý và sinh học [19–21]. Môi trường biến đổi phức tạp tác động liên tục sẽ dẫn đến sự phong hóa của các rác thải nhựa, gây ra nhiều sự biến dạng và phân mảnh đa dạng [22]. Bên cạnh, các quá trình thủy động lực tác động lên rác thải nhựa đã truyền tải chúng phân bố trong không gian thụ động [23–28] mà rác thải nhựa cũng thuộc một dạng vật chất đặc biệt ít biến đổi.

Hơn nữa, với sự hạn chế khan hiếm về dữ liệu sẵn có và đo đạc quan trắc rác biển và ô nhiễm rác nhựa [29], mô hình mô phỏng cho phép bổ sung thông tin quan trắc và theo dõi quá trình di chuyển và biến đổi của rác thải nhựa trong biển [30]. Thật vậy, mô hình số là công cụ thích hợp để hiểu biết về truyền tải rác thải nhựa trong đại dương [31], đặc biệt trong mô hình Lagrangian [32].

Sử dụng một phương pháp số sẵn có, chúng tôi nghiên cứu về truyền tải rác thải nhựa di chuyển và phân bố ở vùng biển cụ thể mà được lựa chọn là ở khu vực cửa sông ven bờ Đà Nẵng–Quảng Nam với các nguồn xả thải giả định dọc bờ và các cửa sông. Các kịch bản mô phỏng lựa chọn theo đặc trưng mùa trong khu vực nghiên cứu với các điều kiện khí tượng, thủy văn quan trắc đo đạc là tháng 7/2021 (mùa hè) và tháng 12/2021 (màu đông). Công cụ tính toán mô phỏng được sử dụng là mô hình MIKE 21/3 Coupled Model FM trong bộ phần MIKE của viện Thủy lực Đan Mạch (gọi tắt là DHI) mà lựa chọn mô phỏng trong không gian hai chiều. Các thành phần được lựa chọn tính toán của mô hình này là thủy động lực (mực nước–dòng chảy) và quỹ đạo trôi của vật chất. Các quá trình tính toán mô phỏng tương tác giữa quá trình thủy động lực (sóng, mực nước–dòng chảy) được thể hiện [33]. Đối với quỹ đạo trôi của vật chất được sửa dụng mô hình thành phần PT (*Particle Tracking*) để giải bài toán Lagrangian tích hợp đồng thời với các mô hình thủy động lực. Như trên đã nêu ra, rác thải nhựa được coi là vật chất ít biến đổi nên lựa chọn mô hình thành phần PT để phục vụ tính toán mô phỏng là phù hợp.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu trên thế giới đã lý giải về vấn đề ô nhiễm rác thải biển, trong đó có rác thải nhựa đang gia tăng nhanh chóng gây bức xúc cho xã hội như hiện nay. Do đó, cần xây dựng các chương trình giám sát rác thải nhựa, thực hiện các cuộc điều

tra thông tin về nguồn gốc, số lượng, khối lượng, thành phần của rác thải nhựa. Mặt khác, khu vực cửa sông ven bờ Đà Nẵng–Quảng Nam là khu vực nghiên cứu thể hiện như Hình 1, là hạ lưu của hệ thống sông Vu Gia–Thu Bồn với 02 cửa sông chính chảy ra biển (cửa sông Hàn thuộc thành phố Đà Nẵng và cửa Đại thuộc thành phố Hội An, tỉnh Quảng Nam). Khu vực nghiên cứu chịu tác động ảnh hưởng mạnh mẽ của kinh tế–xã hội địa phương mà xả thải rác thải rác thải như thượng nguồn các con sông, du lịch, kinh tế biển, khai thác hải sản… [34–35]. Do đó, chúng tôi nghiên cứu và thiết kế các kịch bản tính toán truyền tải rác thải nhựa khác nhau giúp hiểu được phân bố theo đặc trưng mùa. Các kết quả nghiên cứu xem xét khía cạnh mùa theo các tháng đại diện cụ thể cho ra các bực tranh định hướng trong tương lai để giám sát và giảm thiểu các rác thải nhựa.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là mô hình tích hợp MIKE 21/3 COUPLED MODEL FM mà đã được áp dụng tính toán mô phỏngở vùng cửa sông, ven biển và trong sông [33, 36–37]. Mô hình hình tích hợp này được lựa chọn các thành phần phù hợp như thủy động lực (*HD–Hydrodynamic*) và truyền tải rác thải nhựa (vật chất) (*PT–Particle Tracking*). Các thành phần này thực hiện tính toán mô phỏng cho bải toán truyền tải rác thải nhựa. Sự kết hợp giữa các thành phần trong mô hình đồng thời cho phép tính toán dòng chảy và mực nước tác động đến di chuyển của rác thải nhựa theo từng bước thời gian tính toán nên độ chính xác kết quả mô phỏng cũng sẽ được nâng cao so với các mô hình khác. Dưới đây sẽ được trình bày giới thiệu thành phân trong mô hình như là:

- Thành phần thủy động lực đã được trình bày cơ sở khoa học và các tính năng trong bộ tài liệu hướng dẫn của phần mềm MIKE [36–37]. Cơ sở khoa học là sử dụng hệ phương trình Navier–Stock để giải bài toán hai chiều. Các tính năng cơ bản được sử dụng cho bài toán này là sử dụng lưới phi cấu trúc (lưới tam giác) nhằm mục đích linh hoạt lưới tính, số nút lưới và miền tính đối với vùng cửa sông ven bờ biến đổi phức tạp.

- Thành phần truyền tải rác thải nhựa được sử dụng như dạng vật chất đặc biệt đã được thể hiện trình bày trong tài liệu hướng dẫn sử tương tự như thành phần thủy động lực [36, 38]. Bài toán mô phỏng lan truyền được áp dụng phương pháp Lagrange cho tất cả các vật chất thành các hạt có tọa độ và khối lượng cụ thể, thay vì biến đổi trường của phương pháp Euler, trong đó khối lượng được biểu thị dưới dạng nồng độ trung bình trong mỗi ô lưới tính toán. Quá trình di chuyển của vật chất được môi trường tác động theo chế độ trôi và bổ sung thêm quá trình phân tán ngẫu nhiên.

Cơ sở khoa học mô tả sự truyền tải rác thải nhựa dựa vào quá trình bình lưu và khuếch tán của các hạt vật chất tuân theo phương trình Langevin [38]. Theo lý giải của Einstein về quan sát chuyển động của Brown, Langevin và cộng sự đã đưa ra phương trình truyền tải được viết dưới dạng:

$$dX_t = a\left(t, X_t\right)dt + b\left(t, X_t\right)\xi_t dt \quad (1)$$

Trong đó a(t, X_t) là thành phần vận chuyển (trôi dạt); b(t, X_t) là thành phần phân tán; $\xi_t dt$ là số ngẫu nhiên.

Trong mô hình truyền tải rác thải nhựa là phương pháp rời rạc theo Lagrangian được sử dụng [38]. Tuy nhiên, hệ thống lưới tham chiếu từ pương pháp Euler sang phương pháp Lagrange như vận tốc trôi của mỗi hạt khi cập nhật chuyển động của mỗi hạt. Sau mỗi bước thời gian, các hạt được xác định trong mỗi ô lưới sẽ được chuyển đổi ngược lại theo hệ thống lưới tham chiếu và trường nồng độ được tính toán bằng cách từ phương pháp Lagrange sang phương pháp Euler mà được gọi chuyển đổi từ tập chất điểm sang trường. Phương trình chuyển đổi hệ tham chiếu từ phương pháp Lagrange sang phương pháp Euler được viết dưới dạng:

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} M_i}{V_k} \quad (2)$$

Trong đó C_k là nồng độ trông ô lưới thứ k; k là chỉ số ô lưới; M_i là khối lượng của hạt thứ i; N_k là số hạt trong ô lưới thứ k.

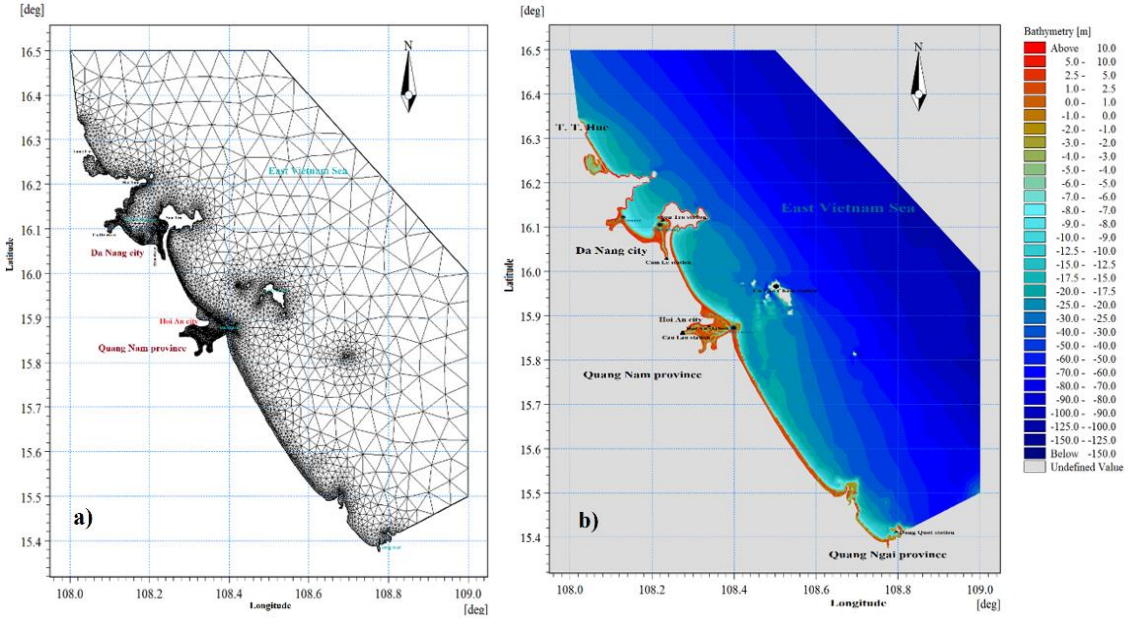
Phương pháp rời rạc Lagrangian này ổn định về mặt số học. Vì vậy, bước thời gian của mô phỏng theo dõi hạt không nên được chọn để xem xét tính ổn định, mà thay vào đó để xem xét hiện tượng được đề cập giải quyết phù hợp với thực tiễn hay không. Phương trình 2 được minh chứng về các kết quả dạng phân bố trường theo từng ô lưới sẽ được thể hiện ở phần kết quả tính toán mô phỏng.

2.2. Dữ liệu sử dụng

a) Địa hình, miền tính và lưới tính

Các thông tin về địa hình đã được thu thập vàsố hoá từ các tỷ lệ khác nhau theo các nguồn khác nhau như Bộ Tài nguyên và Môi trường, Bộ Quốc phòng và các đề tài dự án đã thực hiện và trên internet. Dữ liệu được xử lý và chỉnh biên thành hệ thống nhất [39]. Dữ liệu chuẩn hóa và đồng bộ hóa được sử dùng thiết kế và xây dựng miền lưới tính và trường độ sâu của miền lưới tính đó (Hình 2).

Miền tính được thiết kế và xây dựng giới hạn khu vực lưới từ 15,4°N đến 16,5°N và từ 108,0°E đến 109,0°E. Lưới tính thiết kết theo dạng lưới phi cấu trúc (tam giác) mà được xác định khoảng 7500 km^2 với cạnh tam giác biến đổi từ 20 m đến 1000 m và 16112 điểm lưới. Diện tích ô lưới lớn nhất khoảng 120,000 m^2 và 8695 ô lưới. Biên hở đượ tiếp giáp với Biển Đông có độ dài khoảng 225 km, biên dài nhất là phía đông bắc khoảng 78,5 km (Hình 2a).



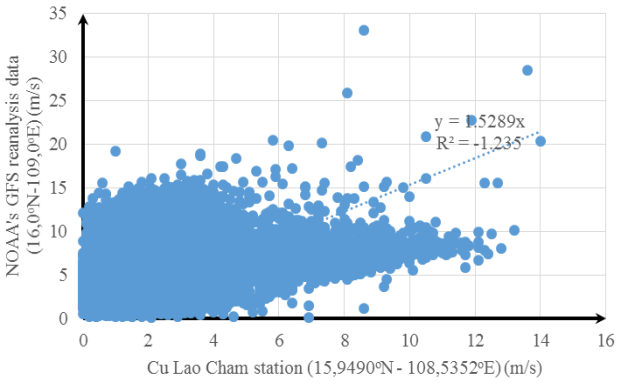
Hình 2. Miền lưới tính và trường độ sâu: (a) Miền lưới tính; (b) Trường độ sâu (m).

b) Điều kiện biên hở

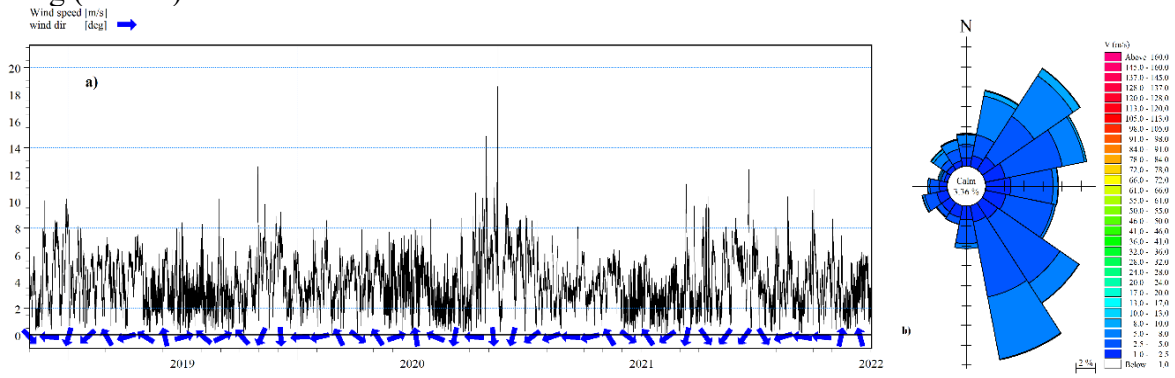
Hình 2 cho thấy thể hiện các biên hở như là (1) 02 biên sông trong đó được cắt ngang qua trạm Cẩm Lệ trên sông Hàn và trạm Câu Lâu trên sông Thu Bồn; (2) 05 biên biển theo các phía như phía Tây, phía Bắc, phía Đông Bắc, phía Đông và phía Nam Đông Nam. Điều kiện các biên hở, nơi mà trao đổi với Biển Đông sẽ được dùng công cụ dự tính mực nước thủy triều từng giờ trong phần mềm MIKE [40], và số liệu gió (GFS) của NOAA [41].

c) Điều kiện khí tượng thủy văn

+ Điều kiện biên bề mặt: Số liệu gió được khai thác từ nguồn số liệu tái phân tích của GFS của NOAA, sau đó được hiệu chỉnh với nguồn số liệu thực đo tại trạm Cù Lao Chàm (Hình 4). Do nguồn số liệu tại trạm Cù Lao Chàm không liên tục, có nhiều khoảng thời gian không có số liệu đo. Hiệu chỉnh số liệu gió bằng phương pháp lập hàm tương quan tuyến tính giữa số liệu tái phân tích và quan trắc thực đo trong từng thời điểm cả hai đều có giá trị. Từ đây, số liệu gió tái phân tích của NOAA được hiệu chỉnh theo để làm đầu vào cho mô hình tính toán mô phỏng (Hình 4).



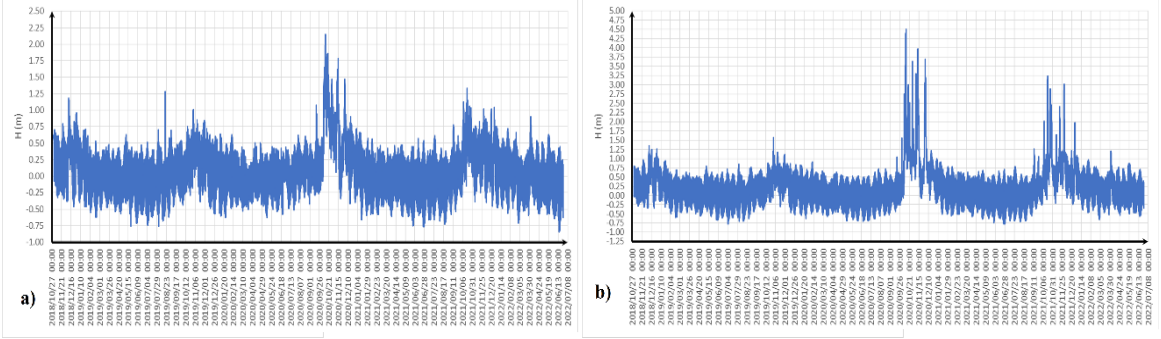
Hình 3. Tương quan tốc độ gió (m/s) giữa trạm Cù Lao Chàm (15.9490°N–108.5352°E) và số liệu tái phân tích GFS của NOAA (16.0°N–109,0°E) giai đoạn từ 6/11/2018 đến 26/06/2022.



Hình 4. Biến trình tốc độ gió và hoa gió tái phân tích của NOAA được hiệu chỉnh giai đoạn từ 6/11/2018 đến 26/06/2022 tại vị trí 16,0°N–109,0°E.

+ Điều kiện biên thủy triều: Các biên thủy triều được xác định giá trị dự tính thủy triều từ công cụ hỗ trợ trong mô hình [40].

+ Điều kiện biên sông: Giá trị mực nước từng giờ quan trắc đo đạc của trạm thủy văn Cẩm Lệ (Hình 5a) và trạm thủy văn Câu Lâu (Hình 5b) được sử dụng tham gia vào tính toán mô phỏng. Do các khoảng thời gian hiệu chỉnh, kiểm nghiệm và mô phỏng khác nhau nên số liệu thu thập được phải bao trùm tất cả quá trình tính toán mô phỏng này.



Hình 5. Biến trình mực nước từng giờ quan trắc giai đoạn từ tháng 11/2018 đến tháng 06/2022: (a) trạm Thủy văn Cẩm Lệ; (b) trạm Thủy văn Câu Lâu.

Bên cạnh đó, các giá trị mực nước từng giờ quan trắc của trạm thủy văn Hội An và trạm hải văn Sơn Trà, trạm hải văn Dung Quất và một số trạm đo liên tục cũng được thu thập để sử dụng để đánh giá độ đảm bảo chính xác của mô hình tính toán.

+ Thời gián tính toán: Mô hình được thực hiện tính toán mô phỏng trong khoảng 15 ngày phục vụ hiệu chỉnh, kiểm nghiệm và các kịch bản mô phỏng.

+ Thời gian mô phỏng: tháng 7/2021 (mùa hè) và tháng 12/2021 (mùa đông).

+ Các thông số khác: hệ số nhớt, hệ số nhám và các hệ số khác cũng sử dụng các quá trình hiểu chuẩn và kiểm nghiệm.

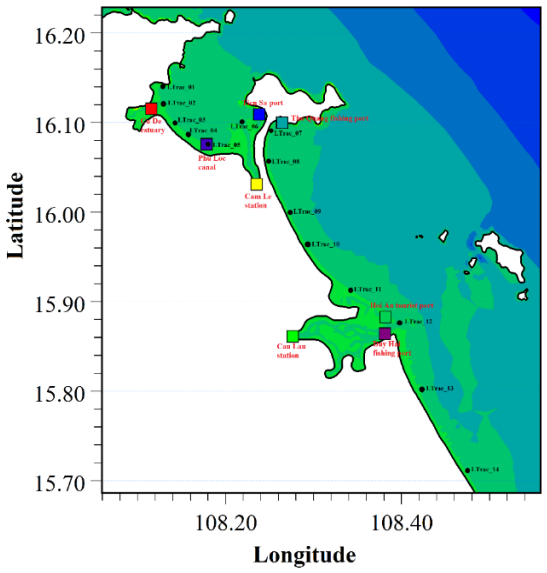
d) Điều kiện rác thải nhựa

Trong nghiên cứu này, loại chất thải nhựa đã được mô phỏng theo 06 loại khác nhau theo tỷ lệ mức độ nồng độ (Bảng 1) [42–43]. Các thông số của chất thải nhựa được sử dụng cho mô hình vận chuyển hạt tham chiếu từ các công thức thực nghiệm bao gồm: mật độ nhựa, vận tốc lắng, độ nhám, lực cản gió, tốc độ phân hủy, v.v. Lượng rác thải nhựa trong nước được tham khảo đề tài cơ sở chọn lọc thuộc VAST có mã số CSCL 10.01/22–22 của Viện Địa lý theo các kịch bản giả định. Bộ thông số đầu vào cho bài toán truyền tải rác thải nhựa với các kịch bản giả định theo cơ chế vận hành nguồn xả thải liên tục trong toàn bộ quá trình tính toán (Bảng 1).

Bảng 1. Thông số lựa chọn của các loại nhựa phổ biến phục vụ tính toán mô phỏng.

Loại	Tên	Mật độ (g/mL)	Sản phẩm	Tốc độ thải		Trọng lượng hạt nhỏ nhất (mg)	Tốc độ suy giảm (1/s)
				Nồng độ (mg/s)	Số hạt (1/s)		
1	Polyethylene (PE)	0,91–0,95	Túi ni lông, thùng nhựa,….	0.1	10	0.005	1e–15
2	Polypropylene (PP)	0,9–0,92	Dây thừng, nắp chai, dây câu,…	0.1	10	0.05	2e–14
3	Polystyrene (FPS)	1,01–1,09	Phao nổi, bộ làm mát, thùng chứa,…	0.1	10	0.1	5e–13
4	Polyvinyl chloride (PVC)	1,16–1,30	Phim, ống nhựa…	1.0	10	0.5	7e–12
5	Polyamide (Nylon)	1,13–1,15	Lưới đánh cá, quần áo,…	100	10	1.0	1e–11
6	Polyethylene terephthalate (PET)	1,34–1,39	Chai nhựa,…	100	10	10.0	5e–11

Các vị trí được lựa chọn để xả thải là các nơi có nguồn khả năng xả thải ra môi trường cao nhất như thượng nguồn các sông đổ về (trạm Cẩm Lệ của sông Hàn và trạm Câu Lâu của sông Thu Bồn), khu vực cảng cá (Cảng các Thọ Quang của TP. Đà Nẵng và cảng cá Duy Hải của tỉnh Quảng Nam), Cảng vận tải (Cảng Tiên Sa của TP. Đà Nẵng), cảng du lịch (cảng Hội An), cửa sông và cửa kênh (cửa sông Cu Đê và cửa kênh Phú Lộc) (Hình 6).



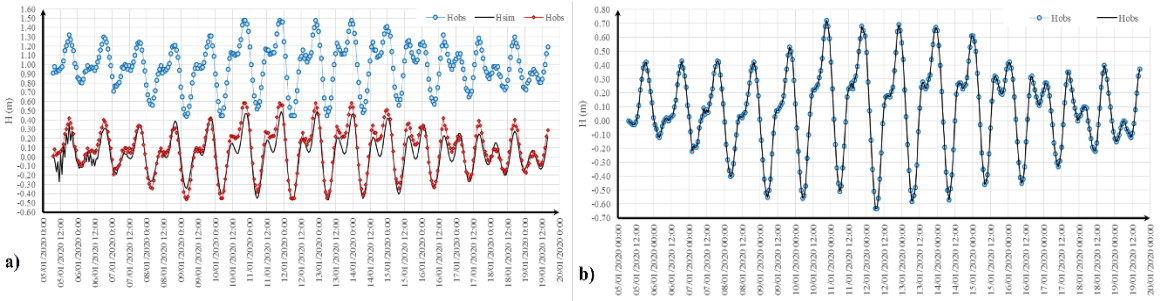
Hình 6. Sơ đồ phân bố các vị trí nguồn xả rác thải nhựa (hình vuông, chữ đỏ) trong khu vực nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm

- *Hiệu chỉnh*: Vai trò của chế độ thủy động lực rất quan trọng đến qua trình truyền tải rác thải nhựa. Do đo, hiệu chỉnh mô hình tính toán thủy động lực là cần thiết để đảm bảo kết quả tính toán mô phỏng đạt được độ chính xác phù hợp. Nghiên cứu này chỉ ra rằng mô hình được

hiệu chỉnh và xác thực bằng số liệu mực nước quan trắc và tính tính tại các trạm trạm Hội An và trạm Sơn Trà nằm trong khu vực nghiên cứu. Kết quả đánh giá hiệu chỉnh được thể hiện trình bày trong Hình 7 và Bảng 2. Đặc điểm mực nước chưa hiệu chỉnh và hiệu chỉnh là chúng thể hiện mốc cao độ của các vị trí trạm chưa được đưa về mốc quốc gia nên khi so sánh sẽ được hiệu chỉnh để đưa về cùng mốc mà thông thường các vị trí trạm này là trạm hải văn hoặc trạm đo đạc từ các đề tài, dự án.



Hình 7. Biến trình mực nước thực đo (Hobs), hiệu chỉnh (Hobs_01) và tính toán (Hsim) giai đoạn từ ngày 05/01/2020 đến ngày 20/05/2020: (a) Trạm Sơn Trà; b) Trạm Hội An.

Bảng 2. Đánh giá độ chính xác thống kê mực nước (m) của trạm Sơn Trà, trạm Hội An và các trạm đo liên tục phục vụ hiệu chỉnh mô hình.

Thời gian	Trạm	Đặc điểm	R	RSR	NSE
Từ 05/05/2019 đến 22/05/2019	Trạm Sơn Trà	Chưa hiệu chỉnh	0,916	0,981	–15,064
		Hiệu chỉnh	0,916	0,125	0,739
	Trạm Hội An	Chưa hiệu chỉnh	0,979	0,077	0,931
Từ 05/01/2020 đến 20/01/2020	Trạm Sơn Trà	Chưa hiệu chỉnh	0,951	0,879	–2,773
		Hiệu chỉnh	0,951	0,087	0,852
	Trạm Hội An	Chưa hiệu chỉnh	0,989	0,054	0,961

Hình 7 cho thấy mức độ phù hợp cao cả về pha và biên độ của mực nước tại trạm Hội An và trạm Sơn Trà. Bảng 2 trình bày kết quả đánh giá cụ thể độ chính xác giữa thực đo và tính toán dựa trên các chỉ số như là hệ số quan hệ tương quan (R), hệ số lệch chuẩn quan sát RMSE (RSR) và hệ số hiệu quả Nash–Sutcliffe (NSE). Giá trị hệ số R dao động 0,916÷0,989; Giá trị RSR nằm trong khoảng 0,054÷0,125 và giá trị NSE nằm trong khoảng 0,739÷0,961. Các giá trị kết quả đánh giá phản ánh độ đảm bảo chính xác tương đối cao. Nên bộ thông số này có thể được chuyển sang bước kiểm nghiệm để khẳng định rõ hơn.

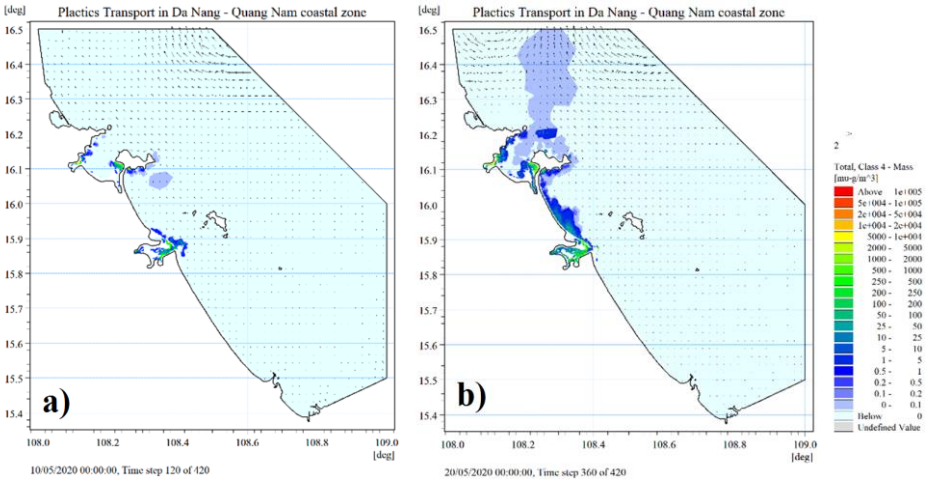
- *Kiểm định*: Đây là quá trình để đánh giá khẳng điịnh rõ hơn độ đảm bảo của bộ thông số của mô hình đã lựa chọn sau khi được hiệu chỉnh. Các kết quả tính toán kiểm nghiệm tiếp tục được đánh giá so sánh với số liệu quan trắc thực đo tại các vị trí trạm mực nước Sơn Trà, trạm Hội An, trạm Lăng Cô (16,235°N–108,092°E) và trạm Dung Quất (Bảng 3). Thời gian tính toán kiểm nghiệm là 15 ngày (trong gian đoạn khoàng từ ngày 05/05/2020 đến ngày 22/05/2020).

Bảng 3. Đánh giá độ chính xác thống kê mực nước (m) của trạm Sơn Trà, trạm Hội An, trạm Dung Quất và trạm Lăng Cô phục vụ kiểm nghiệm mô hình.

TT	Chỉ số đánh giá	Trạm Sơn Trà		Trạm Hội An	Trạm Dung Quất		Trạm Lăng Cô	
		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh	Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh
1	R	0,946	0,946	0,977	0,929	0,929	0,957	0,957
2	RSR	0,821	0,111	0,114	0,416	0,160	6,040	0,067
3	NSE	–12,806	0,749	0,806	–0,575	0,767	–1081,2	0,864

Bảng 3 cũng thể hiện được kết quả đánh giá so sánh giữa tính toán và quan trắc thực đo với độ đảm bảo chính xác cao như là chỉ số R lớn hơn 0,92, chỉ số RSR nhỏ hơn 0,2 và chỉ số NSE lớn hơn 0,74. Thông qua đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tính toán của mô hình phản ánh được bộ thông số lựa chọn là đảm bảo phục vụ cho công tác tính toán mô phỏng các kịch bản. Mặc dù, mô hình thủy động lực có 02 yếu tố chính là mực nước và dòng chảy. Nhưng trong bài báo này không đề cập đế đánh giá dòng chảy vì đây là mô hình mô phỏng hai chiều nên dòng chảy được thể hiện dòng trung bình của cột nước. Do đó, nhóm tác giả chưa có số liệu dòng chảy thực đo phù hợp để sử dụng đánh giá.

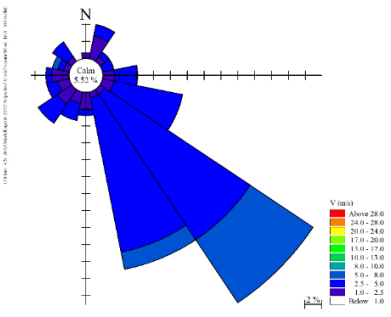
Sau khi hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình thủy động lực thì bài toán truyền tải rác thải nhựa được tính toán trên nền thủy động lực này trong mô hình MIKE 21/3, bộ thông số cho khu vực nghiên cứu đã được thiết lập (Bảng 1). Kết quả tính toán mô phỏng rác thải nhựa trong quá trình kiểm nghiệm mô hình được thể hiện ở Hình 8. Bộ thông số của mô hình này được sử dụng để mô phỏng đối với dự liệu đầu vào tháng 7/2021 (đại diện mùa hè) và tháng 12/2021 (dại diện mùa đông). Mà điều kiện rác thải nhựa được xả thải ra liên tục trong quá trình tính toán theo các thông tin ở Bảng 1 trong cả hai kịch bản tính toán mô phỏng. Kết quả tính toán mô phỏng của các mô hình sẽ được trình bày trong phần 3.2 và 3.3.



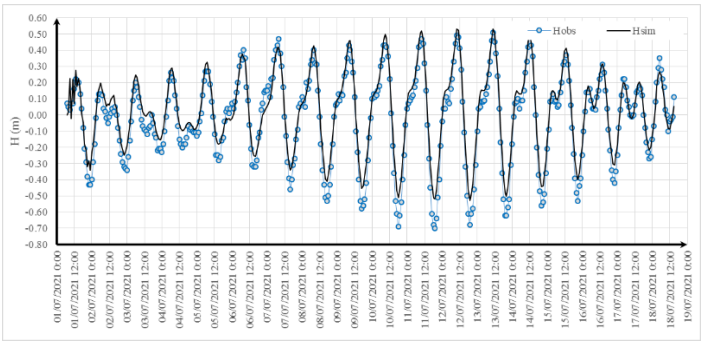
Hình 8. Trường nồng độ rác thải nhựa của loại 4: (a) sau 05 ngày (lúc 7 giờ ngày 10/05/2020; (b) sau 15 ngày (lúc 7 giờ ngày 20/05/2020).

3.2. Kết quả tính toán trong mùa gió Tây Nam trong tháng 7/2021

Thông tin phân tích từ mô hình chất thải nhựa trong báo cáo được mô phỏng với gió (hướng và tốc độ với bước thời gian 3 giờ) và mực nước (mực nước từng giờ tại trạm Cẩm Lệ, trạm Câu Lâu và thủy triều trên biên biển [40]) vào tháng 7 năm 2021.



Hình 9. Hoa gió tháng 7/2021.



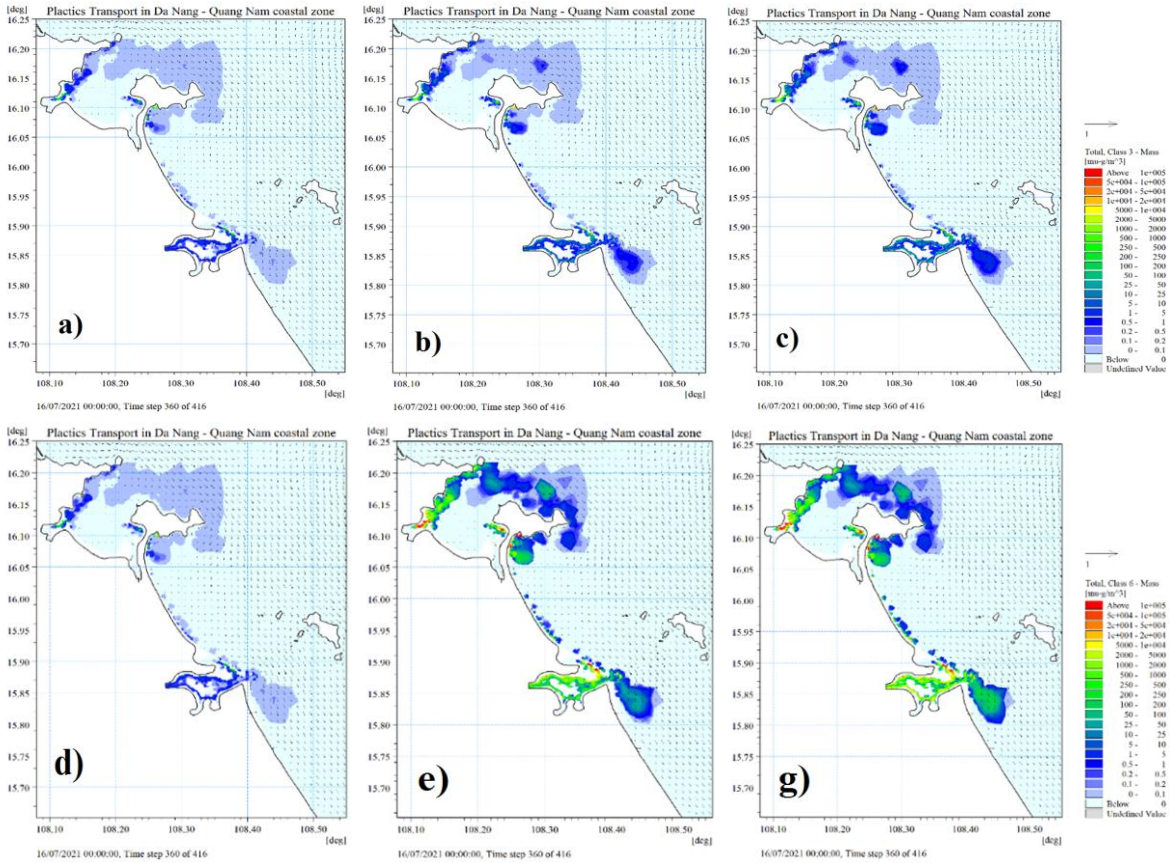
Hình 10. Biến trình mực nước thực đo (H_{obs}) và mô phỏng (H_{sim}) tại trạm Hội An tháng 7/2021.

Trong tháng 7/2021 (mùa hè), hướng gió chủ yếu từ Đông Đông Nam và Đông Nam ảnh hưởng chủ yếu đến khu vực nghiên cứu (Hình 9). Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy trường thủy động lực chịu tác động ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều mà chúng được thể hiện khá rõ nét như Hình 10. Đánh giá so sánh mực nước giữa thực đo và tính toán tại trạm Hội An trạm Dung Quất và trạm Sơn Trà xác định độ đảm bảo chính xác cao (xem Bảng 4).

Bảng 4. Đánh giá độ chính xác thống kê mực nước (m) của trạm Sơn Trà, trạm Hội An và trạm Dung Quất phục vụ mô phỏng cho mùa hè (07/2021).

TT	Chỉ số đanh giá	Trạm Sơn Trà		Trạm Hội An	Trạm Dung Quất	
		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh
1	R	0,949	0,973	0,985	0,617	0,956
2	RSR	0,850	0,057	0,072	1,353	0,115
3	NSE	–14,111	0,932	0,928	0,480	0,865

Kết quả tính toán mô phỏng nồng độ rác thải nhựa trong nghiên cứu cho thấy xu hướng phát tán rác thải nhựa trong môi trường nước (Hình 11). Các kết quả này cho thấy rằng sự thay đổi truyền rác thải nhựa theo thời gian là đáng kể. Quá trình này cho thấy xu hướng truyền tải từ nam lên bắc và áp sát dọc theo bờ biển. Các khu vực tập trung nhiều là bờ biển tây bắc vịnh Đà Nẵng, bờ nam bán đảo Sơn Trà, vùng cửa Đại và rải rác dọc theo ven bờ từ bán đảo Sơn Trà đến cửa Đại. Khu vực nghiên cứu được thể hiện sự phân bố nồng độ rác thải nhựa trong không gian khá đồng nhất qua bức tranh tổng thể so sánh giữa các loại sau 15 ngày tính toán mô phỏng (Hình 11). Sự phân bố này cho thấy quy luật của các quá trình biến đổi là tập trung phù hợp, không xảy ra các trường hợp khác biệt dị thường theo phân bố tỷ lệ nồng độ của nguồn đầu vào theo Bảng 1. Sự phân bố của rác thải nhựa thay đổi mạnh mẽ theo hàm lượng nguồn đầu vào đáng kể.



Hình 11. Trường nồng độ rác thải nhựa tổng cộng của các loại sau 15 ngày (lúc 07 giờ ngày 16/07/2021) (a) Loại 1; b) Loại 2; c) Loại 3; d) Loại 4; e) Loại 5; g) Loại 6).

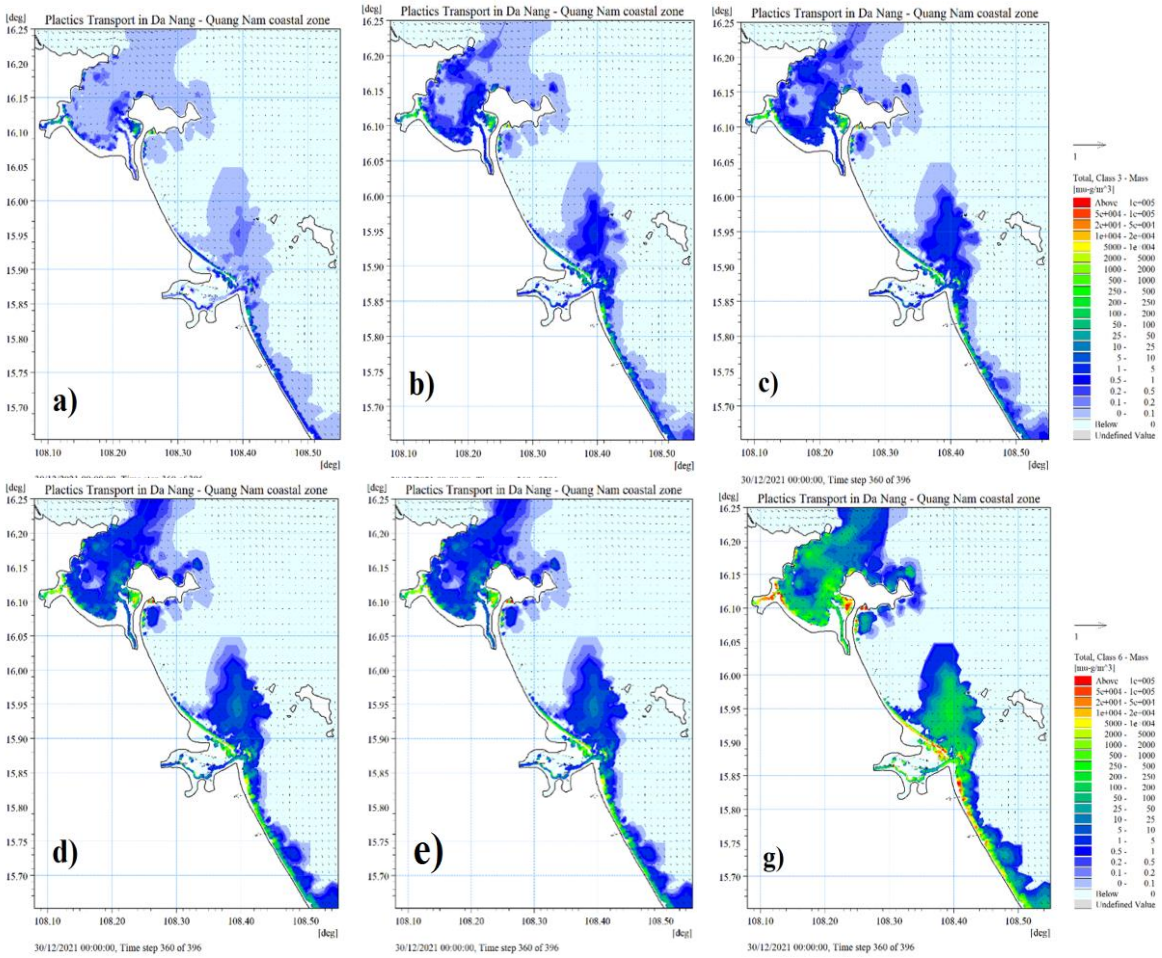
3.3. Kết quả tính toán gió mùa Đông Bắc trong tháng 12/2021

Tương tự như tháng 7/2021 (mùa hè), tháng 12/2021 (đại diện mùa đông) cũng được tính toán mô phỏng quá trình truyền tải rác thải nhựa. Thông tin đầu vào phục vụ mô hình tính toán truyền tải rác thải nhựa được tính toán với điều kiện gió, mực nước sông ra và thủy triều của tháng 12 năm 2021. Trong mùa đông, hướng gió chủ yếu từ Đông Bắc. Kết quả cũng được đánh giá so sánh mực nước giữa thực đo và tính toán tại trạm Hội An, trạm Dung Quất và trạm Sơn Trà có độ chính xác tương quan cao (Bảng 5).

Bảng 5. Đánh giá độ chính xác thống kê mực nước (m) của trạm Sơn Trà, trạm Hội An và trạm Dung Quất phục vụ mô phỏng mùa đông (12/2021).

TT	Chỉ số đanh giá	Trạm Sơn Trà		Trạm Hội An	Trạm Dung Quất	
		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh		Chưa hiệu chỉnh	Hiệu chỉnh
1	R	0,811	0,968	0,963	0,789	0,956
2	RSR	1,199	0,069	0,202	0,777	0,190
3	NSE	–18,268	0,910	0,832	0,569	0,792

Vào tháng 12/2021 (mùa đông), dưới tác động của gió thì hệ thống hoàn lưu có xu hướng di chuyển từ từ bắc xuống nam. Tuy nhiên, hệ thống hoàn lưu ven biển sẽ hình thành các đặc điểm chế độ riêng biệt, có nơi dòng chảy lệch khỏi dòng chính, tạo ra các xoáy ven bờ quy mô nhỏ do tác động ảnh hưởng của địa hình và đường bờ. Ở khu vực xa bờ, hiện trường đồng đều hơn khu vực gần bờ do ảnh hưởng của thủy triều nên có sự xoay đổi hướng theo con nước nước triều lên xuống trong ngày.



Hình 12. Trường nồng độ rác thải nhựa tổng cộng của các loại sau 15 ngày (lúc 07 giờ ngày 30/12/2021) (a) Loại 1; b) Loại 2; c) Loại 3; d) Loại 4; e) Loại 5; g) Loại 6).

Tuy nhiên, các kết quả tính toán nồng độ rác thải nhựa trong nghiên cứu cho thấy xu hướng phát tán rác thải nhựa trong môi trường cũng được quyết định bởi hệ thống hoàn lưu này (Hình 12). Cụ thể, loại 4 cho thấy rằng sự thay đổi truyền tải nồng độ rác thải nhựa theo thời gian là đáng kể (Hình 12d). Quá trình này cho thấy nồng độ rác thải nhựa có xu hướng truyền tải từ bắc xuống nam và chạy áp sát dọc theo bờ biển. Đặc biệt, do đặc điểm hình thái đường bờ đã tạo ra hệ thống hoàn lưu dẫn đến phân bố rác thải hầu hết ở trên vịnh Đà Nẵng. Các khu vực tập trung nồng độ rác thải nhựa lớn là vịnh Đà Nẵng, khu vực nhỏ lân cận cảng cá Thọ Quang, vùng cửa Đại và theo ven bờ phía nam cửa Đại. Sự phân bố của rác thải nhựa thay đổi mạnh mẽ theo mô phỏng tương tự như tháng 7/2021.

Hơn nữa, đánh giá xem xét theo cấp độ nồng độ đầu vào khác nhau thì các kết quả tính toán sau 15 ngày cũng được thể hiện tương tự tháng 7/2021 (Hình 12). Các loại được thể hiện sự phân bố nồng độ rác thải nhựa trong không gian khá đồng nhất qua bức tranh tổng thể so sánh với loại 4. Sự phân bố này cho thấy quy luật của các quá trình biến đổi là tập trung phù hợp, không xảy ra các trường hợp khác biệt dị thường theo phân bố tỷ lệ nồng độ của nguồn đầu vào. Hình 12g thể hiện với nguồn đầu vào nồng độ lớn nhất cho thấy phân bố rác thải nhựa trong không gian sau 15 ngày khá rõ nét thông qua phân giải màu trên hình ảnh với các khu tập trung cao (mầu đỏ, màu cam), trung bình (màu vàng, xanh lá cây), thấp (màu xanh nước biển) và vùng không bị ảnh hưởng.

Cần phải lưu ý rằng chưa có kịch bản nào thỏa mãn chính xác nồng độ của rác thải nhựa trong các vùng khác nhau, đặc biệt là quá trình tổng hợp các các dữ liệu quan sát đo đạc chưa thống nhất và đồng nhất với nhau. Điều này có thể là do thực tế số lượng các loại đầu vào rộng rãi hơn

3.4. Thảo luận

Nghiên cứu này là một trường hợp lý tưởng từ nhiều khía cạnh. Thực tế, ô nhiễm nhựa của các biển châu Á lớn hơn một bậc so với các đại dương trên thế giới [44]. Mà do khối lượng rác thải không được quản lý tốt nên chúng thải ra các vùng biển châu Á là lớn nhất trên thế giới [45].

Ô nhiễm nhựa biển là ngày càng gia tăng gây ra sức ép đối với môi trường. Do tác động ảnh hưởng bất lợi nghiêm trọng đến các hệ sinh thái biển và do chi phí rất lớn để xử lý ô nhiễm này nhằm làm sạch các bãi biển [1]. Tuy nhiên, cần có chung tây góp sức của cộng đồng và một bước tiến đột phá trong nghiên cứu sẽ cải thiện chất lượng thông tin có sẵn về ô nhiễm rác thải biển, đòi hỏi tiêu chuẩn hóa các bộ dữ liệu [29].

Các công trình nghiên cứu ở nhiều nước về rác thải nhựa như nghiên cứu phân tán trên toàn đại dương do sông đổ ra và sinh hoạt người dân ven biển [46], nghiên cứu vùng biển Nhật bản do tác động sóng, gió và dòng chảy mặt [47], vùng biển Ấn Độ Dương [48], toàn đại dương [49]. Tuy nhiên, hiện nay có rất ít ấn phẩm liên quan tính toán mô phỏng phân bố trong không gian ở Việt Nam. Gần đây, nghiên cứu rác thải nhựa chủ yếu theo dạng khảo sát và phân tích thu thập mẫu xác định các nguồn và phân loại ở ven biển Thanh Hóa [42], trên sông Sài Gòn Đồng Nai [50], trên sông Hương [51], một số vị trí ở thành phố Đà Nẵng [52], .v.v. Nhưng đối với bài toán truyền tải hay lan truyền khuếch tán của rác thải nhựa trong không gian biển đổi theo thời gian được nhắc đến còn rất hạn chế. Kết quả tính toán được chứng minh truyền tải rác thải nhựa bằng phân bố nồng độ thay đổi theo thời gian do tác động hoạt động thủy động lực tại khu vực cửa sông và ven bờ Đà Nẵng–Quảng Nam.

4. Kết luận

Trong bài báo này, bài toán truyền tải rác thải nhựa được nghiên cứu với các đầu vào giả định 06 loại nguồn gốc rác thải nhựa khác nhau áp dụng với khu vực của sông ven bờ Đà Nẵng–Quảng Nam theo điều kiện thực tế của tháng 7/2021 và tháng 12/2021 bằng

phương pháp tiếp cận Lagrange (theo dõi hạt di chuyển). Công cụ tính toán là mô hình MIKE 21/3 Couple FM (HD và PT) với điều kiện đầu vào thực (gió, mực nước, thủy triều). Các kết quả đánh giá hiệu chỉnh và kiểm nghiệm theo số liệu mực nước so sánh giữa tính toán và quan trắc thực đo theo các chỉ số thông dụng đảm bảo độ chính xác cao. Dự trên bộ thông số của mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm tin cậy. Sau đó, tiến hành tính toán mô phỏng các kịch bản (tháng 7/2021 và tháng 12/2021) đối với 06 loại rác thải nhựa cụ thể: Đối với tháng 7/2021 (đại diện mùa hè), nồng độ rác thải nhựa phân bố chủ yếu ở một số khu vực ven bờ phía Tây Bắc vịnh Đà Nẵng, vùng lân cận cảng cá Thọ Quang và rải rác dải ven bờ từ bán đảo Sơn Trà đến khu vực cửa sông cửa Đại. Ngược lại, tháng 12/2021 (đại diện mùa đông), sự phân bố tập trung rác thải nhựa mạnh hơn, rộng hơn như toàn bộ vịnh Đà Nẵng, vùng biển cửa Đại và kéo dài dọc theo bờ biển về phía Nam. Các yếu tố đầu vào là chế độ thủy động lực sẽ quyết định việc phân bố nồng độ rác thải ở vùng cửa sông ven bờ và vùng biển xa của khu vực nghiên cứu.

Tóm lại, đây chỉ là kết quả nghiên cứu tính toán ban đầu vẫn chưa thể hiện được hết các đặc trưng ven bờ và cửa sông; thời gian hiệu chỉnh và kiểm nghiệm vẫn con hạn chế; đặc biệt là đầu vào rác thải nhựa chưa được cụ thể hóa thay đổi theo thời gian; hàm lượng của các nguồn phát thải rác nhựa là đồng nhất; và tính chất các quá trình biến đổi và tương tác về vật lý, hóa học và sinh học trong hệ sinh thái tương tác với nhau chưa được thể hiện rõ nét. Nên khu vực này vẫn cần có những nghiên cứu cụ thể và sâu hơn để thể hiện lột tả được bức tranh tổng thể hơn và ứng dụng cho các vấn đề liên quan khác.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Q. Trinh, Đ.Đ. Châm; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.Q. Trinh, Đ.Đ. Châm, H.H. Giang.; Xử lý số liệu: H.T. Bình, L.Đ. Hạnh., N.T. Sơn, Đ.T. Thảo, L.T. Hưng, H.H. Giang, N.Q. Vinh.; Viết bản thảo bài báo: N.Q. Trinh, Đ.Đ. Châm, H.H. Giang; Chỉnh sửa bài báo: N.Q. Trinh, N.Q.Vinh.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài cơ sở chọn lọc cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với mã số đề tài CSCL 10.01/22–22 do TS. Nguyễn Quốc Trinh làm chủ nhiệm, Viện Địa lý – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam là cơ quan chủ trì đã hỗ trợ, cung cấp cơ sở dữ liệu để thực hiện bài báo này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Napper, I.E.; Thompson, R.C. Plastic debris in the marine environment: history and future challenges. *Global Chall.* **2020** *4*, 1900081. https://doi.org/10.1002/gch2.201900081.
2. Lebreton, L.C.M.; Slat, B.; Ferrari, F.; Sainte–Rose, B.; et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Nat. Sci. Rep*. **2018**, *8*, 4666. https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w.
3. Hale, R.; Seeley, M.; la Guardia, M.; Mai, L.; Zeng, E. A global perspective on microplastics. *J. Geophys. Res–Oceans* **2020,** *125*. https://doi.org/10.1029/2018JC014719.
4. Plastics Europe Plastics–the Facts 2020. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. 2020, pp. 44. Available online: http//www.Plast.org (accessed on 20 December 2021).
5. Kane, I.; Clare, M.; Miramontes, E.; Wogelius, R.; Rothwell, J.; Garreau, P.; Pohl, F. Seafloor microplastic hotspots controlled by deep–sea circulation. *Science* **2020**, *368*, 1140–1145. https://doi.org/10.1126/science.aba5899.
6. Seltenrich, N.E. New Link in the Food Chain? Marine Plastic Pollution and Seafood Safety. Environ. *Health Perspect*. **2016**, *124*, A123.

7. Andrady, A.L. The plastic in microplastics: A review. *Mar. Pollut. Bull*. **2017**, *119*, 12–22.
8. Cho, Y.; Shim, W.J.; Jang, M.; Han, G.M.; Hong, G.M. Nationwide monitoring of microplastics in bivalves from the coastal environment of Korea. *Environ. Pollut*. **2021**, *270*, 116175. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116175.
9. MacLeod, M.; Arp, H.P.H.; Tekman, M.B.; Jahnke, A. The global threat from plastic pollution. *Science* **2021,** *373(6550),* 61–65. https://doi.org/10.1126/science.abg5433.
10. Senathirajah, K.; Attwood, S.; Bhagwat, G.; Carbery, M.; Wilson, S.; Palanisami, T. Estimation of the mass of microplastics ingested—A pivotal first step towards human health risk assessment. *J. Hazard. Mater*. **2021**, *404*, 124004.
11. Liu, J.; Zhu, X.; Teng, J.; Zhao, J.; Li, C.; Shan, E.; Zhang, C.; Wang, Q. Pollution characteristics of microplastics in mollusks from the coastal area of Yantai, China. Bull. *Environ. Contam. Toxicol.* **2021a**, *107*, 693–699. https://doi.org/10.1007/s00128-021-03276-7.
12. Minh, N.Đ. Rác thải nhựa trong môi trường biển tại Quảng Bình: Nguồn gốc, tồi tại và ảnh hưởng Tuyển tập báo cáo "Ô nhiễm rác thải nhựa trên biển Việt nam", Hội thảo khoa học quốc tế, Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học quốc gia Hà Nội, 2019, 67–74.
13. Hien, H.T.; H.T Lan.; Trang, T.D.M.; Cuc, N.T.T.; Sen, T.M.; Long, N.T. Initial results of microplastics on the sediment surface in the Balat river mouth, Northern Vietnam. Proceedings of international workshop for marine plastic pollution in vietnam: Current situation and solutions, Hanoi, **2019**, 130–138.
14. Trang, N.T.; Hiền, B.T.T.; Cường, C.T. Bước đầu đánh giá hiện trạng ô nhiễm rác thải nhựa tại một số bãi biển Việt Nam. *Tạp chí Môi trường* **2020**, *6*, 30–31.
15. Nghi, D.T. et al. A study of microplastic pollution in Cua Luc bay. *Vietnam J. Mar. Sci. Technol.* **2020**, *20(4B)*, 139–146. https://doi.org/10.15625/1859-3097/15834.
16. Lim, D.T. et al. Preliminary assessment of marine debris pollution and coastal water quality on some beaches in Thanh Hoa province, Vietnam. *Vietnam J. Mar. Sci. Technol.* **2021,** *21(3)*, 327–338. https://doi.org/10.15625/1859-3097/15951.
17. Cham, D.D. et al. Distribution and characteristics of microplastics in surface water at some beaches in Thanh Hoa province, Viet Nam. *VN J. Catal. Adsorption* **2021**, *10(1)*, 193–200.
18. Masry, M.; Rossignol, S.; Gardette, J.L.; Therias, S.; Bussi`ere, P.O.; Wong–Wah–Chung, P. Characteristics, fate, and impact of marine plastic debris exposed to sunlight: A review. *Mar. Pollut. Bull.* **2021**, *171*, 112701. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112701.
19. Browne, M.; Galloway, T.; Thompson, R. Microplastic–an emerging contaminant of potential concern? *Integr. Environ. Asses*. **2010**, *3*, 559–566. https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412.
20. Liu, M.; Ding, Y.; Huang, P.; Zheng, H.; Wang, W.; Ke, H.; Chen, F.; Liu, L.; Cai, M. Microplastics in the western Pacific and South China Sea: spatial variations reveal the impact of Kuroshio intrusion. *Environ. Pollut.* **2021b**, *288*, 117745. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117745.
21. Cai, M.; Liu, M.; Qi, H.; Cui, Y.; Zhang, M.; Huang, P.; Wang, L.; Xie, M.; Li, Y.; Wang, W.; Ke, H.; Liu, F. Transport of microplastics in the South China Sea: a review. *Gondwana Res.* **2021**, *S1342–937X(21)*, 00351–00358. https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.12.003.
22. Fu, D.; Zhang, Q.; Fan, Z.; Qi, H.; Wang, Z.; Peng, L. Aged microplastics polyvinyl chloride interact with copper and cause oxidative stress towards microalgae

Chlorella vulgaris. *Aquat. Toxicol.* **2019**, *216*, 105–319. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105319.
23. Huan, N.M.; Trinh, N.Q. Object drift forecast in the ocean the Leeway numerical method. International Conference on Bien Dong 2012, 90 years of marine science in Vietnamese and adjacent waters. NhaTrang City, Vietnam.
24. Trinh, N.Q.; Huan, N.M.; Hieu, P.D.; Toan, D.V. Simulation for object drift forecast in the East Vietnam Sea by the Leeway numerical method. Proceedings of the 14th Asian Congress Fluid Mechanics, Volum2, October 15–19, 2013. Hanoi–Halong, Vietnam.
25. Trinh, N.Q.; Huấn, N.M.; Hiếu, P.Đ.; Toán, D.V. Mô phỏng chuyển động trôi của vật thể trên biển Đông bằng phương pháp số. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *640*, 39–45.
26. Trinh, N.Q. Nghiên cứu và phát triển mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tại khu vực Biển Đông. *Tạp chí Dầu khí* **2017**, *8*, 51–59.
27. Trinh, N.Q.; Vinh, N.Q. Nghiên cứu và phát triển mô phỏng dầu tràn ngược thời gian trên khu vực Biển Đông. *Tạp chí Dầu khí* **2018**, *2*, 60–68.
28. Long, B.T.; Diem, T.T.L. Assessing marine environmental carrying capacity in semi–enclosed coastal areas – Models and related databases. *Sci. Total Environ*. **2022**, *838*, 156043. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156043.
29. Galgani, F.; Brien, A.S.; Weis, J. et al. Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean?. *Micropl. Nanopl.* **2021**, *1*, 2. doi:https://doi.org/10.1186/s43591-020-00002-8.
30. van Sebille, E. et al. The physical oceanography of the transport of floatingmarine debris. *Environ. Res. Lett*. **2020**, *15*, 023003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d.
31. Hardesty, B.D.; Harari, J.; Isobe, A.; Lebreton, L.C.M.; Maximenko, N.A.; Potemra, J.; van Sebille, E.; Vethaak, A.D.; Wilcox, C. Using numerical model simulations to improve the understanding of micro–plastic distribution and pathways in the marine environment. *Front. Mar. Sci.* **2017**, *4*, 30. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00030.
32. van Sebille, E.; Griffies, S.M.; Abernathey, R.; Adams, T.P.; Berloff, P.; Biastoch, A.; Blanke, B.; Chassignet, E.P.; Cheng, Y.; Cotter, C.J.; Deleersnijder, E. Do ¨os, ¨ K., Drake, H.F., Drijfhout, S., Gary, S.F., Heemink, A.W., Kjellsson, J., Koszalka, I.M., Lange, M., Lique, C., MacGilchrist, G.A., Marsh, R., Mayorga Adame, C.G., McAdam, R., Nencioli, F., Paris, C.B., Piggott, M.D., Polton, J.A., Rühs, S., Shah, S.H., Thomas, M.D., Wang, J., Wolfram, P.J., Zanna, L., Zika, J.D., 2018. Lagrangian ocean analysis: fundamentals and practices. *Ocean Model.* **2018**, *121*, 49–75. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.11.008.
33. Bình, H.T.; Châm, Đ.Đ.; Thảo, Đ.T.; Hạnh, L.Đ.; Sơn, N.T.; Huấn, N.M.; Trinh, N.Q. Nghiên cứu các quá trình thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) bằng MIKE 21/3 coupled model FM vùng biển Đà Nẵng. *Tạp chí khí tượng thủy văn* **2022**, *735*, 1–11. Doi:10.36335/VNJHM.2022(735).1-11.
34. Thông tin của Đà Nẵng. **2022**. https://danang.gov.vn/gop-y-do-an/chi-tiet?id=3009&_c=94677463.
35. Thông tin của Quảng Nam, **2022**. https://quangnam.gov.vn/webcenter/portal/ubnd/pages_tin-tuc/chi-tiet?dDocName=PORTAL072221.
36. DHI. MIKE 21/3 Couple Model FM, User Guide. DHI, **2019a.**
37. DHI. Hydrodynamic and Transport Module, MIKE 21/3 Couple Model FM, Scientific Documentation. DHI, **2019b**.

38. DHI. Particle Tracking Module, MIKE 21/3 Couple Model FM, Scientific Documentation. DHI, **2019c**.
39. Huấn, N.M.; Trinh, N.Q. Quy chuẩn hệ cao độ phục vụ lồng ghép bản đồ lục địa và bản đồ biển. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, *582*, 19–26.
40. DHI. MIKE 21 TOOLBOX, User Guide. DHI, **2019d**.
41. NOAA, 2022. https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/index.html.
42. Dũng, L.V.; Dực, T.H.; Hà, N.T.H.; Tùng, N.D.; Tuệ, N.T.; Hiếu, P.V.; Định, N.Q.; Nhuận, M.T. Nghiên cứu phương pháp xác điịnh hạt vi nhựa trong môi trường trầm tích bãi triều ven biển, áp dụng thử nghiệm tại xã Đa Lộc, huyện Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *715*, 1–12. https:// doi:10.36335/VNJHM.2020(715).1-12.
43. Harris, P.T. The fate of microplastic in marine sedimentary environments: A review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.* **2020**, *158*, 111398. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.11139.
44. Isobe, A.; Tokai, T.; Uchida, K.; Iwasaki, S. East Asian seas, a hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull*. **2015**, *101*, 618–623. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.042.
45. Jambeck, J.R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T.R.; Rerryman, M.; Andrady, A.; Narayan, R.; Law, K.L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* **2015**, *347*, 768–771.
46. Chenillat, F.; Huck, T.; Maes, C.; Grima, N.; Blanke, B. Fate of floating plastic debris released along the coasts in a global ocean model. *Mar. Pollut. Bull*. **2021**, *165*, 112116. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112116.
47. Iwasaki, S.; Isobe, A.; Kako, S.; Uchida, K.; Tokai, T. Fate of microplastics and mesoplastics carried by surface currents and wind waves: A numerical model approach in the Sea of Japan. *Mar. Pollut. Bull.* **2017**, *121*, 85–96. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.057.
48. Qi, H.; Li, H.; Meng, X.; Peng, L.; Zheng, H.; Wang, L.; Wang, W.; Chen, K.; Zhang, J.; Zhang, H.; Cai, M. Fate of microplastics in deep–sea sediments and its influencing factors: Evidence from the Eastern Indian Ocean. *Sci. Total Environ*. **2022**, *828*, 154266. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154266.
49. Evangeliou, N.; Tichý, O.; Eckhardt, S.; Zwaaftink, C.G.; Brahney, J. Sources and fate of atmospheric microplastics revealed from inverse and dispersion modelling: From global emissions to deposition. *J. Hazard. Mater.* **2022**, *432*, 128585. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128585.
50. Phú, H.; Hân, H.T.N.; Thảo, N.L.N.; Đông, Đ.V.; Hân, T.G. Nghiên cứu mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn – Đồng Nai. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *731*, 69–81. https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(731).69-81.
51. Tuan, T.N.; Long, N.D.H.; Hieu, D.V.; Thang, L.V. Current state of waste plastic on the Huong river bed, Hue city. Proceedings of international workshop for marine plastic pollution in vietnam: Current situation and solutions, Hanoi, 2019, 45–54.
52. Manh, D.V.; Thao, L.T.X.; Ngo, V.D.; Thom, D.T. Distribution and occurrence of microplastics in wastewater treatment plants. *Envi. Tech. Inno*. **2022**, *26*, 102286. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102286.

Application of 2D models for the problem of plastic waste transmission to seasonal characteristics in the Danang–Quang Nam sea

Nguyen Quoc Trinh[1,2*], Dao Dinh Cham[1,2], Hoang Thai Binh[1], Dao Thi Thao[1], Le Duc Hanh[1], Nguyen Thai Son[1], Le Trung Hung[3], Hoang Ha Giang[4], Nguyen Quang Vinh[5]

[1] Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), No. 18, Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Ha Noi; nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; chamvdl@gmail.com; hoangthaibinh@yahoo.com; thaodt010@wru.vn; hanhvdl@gmail.com; nguyenthaison99@gmail.com

[2] Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), No. 18, Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Ha Noi; nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; chamvdl@gmail.com

[3] Vietnam Hydro-meteorological Data and Information Center, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA), MONRE, No 8, Phao Dai Lang, Dong Da, Ha Noi; hungtttl@gmail.com

[4] Thai Nguyen University of Sciences, Tan Thinh Ward, Thai Nguyen City, Thai Nguyen; hoanghagianghl@gmail.com

[5] Aero-Meteorological Observatory (AMO), Vietnam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA), MONRE, No 8, Phao Dai Lang, Dong Da, Ha Noi; vinhk46da@yahoo.com

Abstract: In this study, a two–dimensional model is used to solve the problem of plastic waste transmission in the coastal estuary area of Da Nang–Quang Nam by DHI's MIKE 21/3 Couple Model FM model using hydrodynamic components (HD) and Particle Tracking (PT) applied to the problem of plastic waste transmission. Calculation results are calibrated, tested and simulated based on comparative assessment of water level factors between calculated and observated at hydrological stations (Cam Le, Cau Lau and Hoi An), marine–hydrometeorological stations. (Son Tra and Dung Quat) period 2018–2022. These results are evaluated according to the correlation index (R) greater than 0.9, the NSE index greater than 0.74 and the RSR index less than 0.2. From the calculation results of plastic waste transmission, there are seasonal fluctuations with specific typical months such as July 2021 (summer) with a tendency to move from South to North, December 2021 (winter) with a tendency to move from South to North. direction of movement from North to South.The calculation results show that it is possible to develop further studies with more realistic input conditions.

Keywords: Plastic waste; MIKE 21/3 Couple; Water Level; Da Nang; Quang Nam.