

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

NGÔ NAM THỊNH

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN
TÍNH DÒNG RỊP VÀ ÁP DỤNG TRÊN VÙNG
BIỂN BÃI DÀI – KHÁNH HÒA

Ngành: Vật lý địa cầu

Mã số ngành: 62440111

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ ĐỊA CẦU

TP. HỒ CHÍ MINH – 2025

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Nguyễn Thị Bảy

Phản biện 1: PGS.TS. Châu Nguyễn Xuân Quang

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Văn Hồng

Phản biện 3: TS. Nguyễn Văn Toàn

Phản biện độc lập 1: PGS.TS. Nguyễn Văn Hồng

Phản biện độc lập 2: PGS.TS. Châu Nguyễn Xuân Quang

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Cơ sở đào tạo họp tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, vào hồi.....giờ....., ngàytháng.....năm.....

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

1. Thư viện Tổng hợp Quốc gia Tp.HCM
2. Thư viện Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM
3. Thư viện Trung tâm, ĐHQG - HCM

GIỚI THIỆU

1. Đặt vấn đề

Dòng rip được ghi nhận trên nhiều bãi biển trên thế giới được coi là mối nguy hiểm tiềm tàng đối với người tắm biển. Dòng rip là một dạng của dòng chảy ven bờ dưới tác động tổng hợp của chế độ thủy động lực. Dòng chảy ven bờ gồm dòng chảy dọc bờ và dòng rip, trong khi dòng dọc bờ có hướng hầu như song song với đường bờ thì dòng rip lại có hướng ra xa bờ. Bài toán tính dòng rip là bài toán tính thủy động lực dưới tác động của sóng, triều và sự ảnh hưởng của địa hình.

Bãi Dài là bãi biển được công nhận là một trong những bãi biển đẹp và nổi tiếng của Việt Nam, hàng năm Bãi Dài đón lượng khách du lịch trong và ngoài nước khá lớn và ngày càng tăng trong những năm gần đây. Tuy nhiên, tại đây tình trạng đuối nước do dòng rip được ghi nhận nhiều hơn vào những năm gần đây. Trước mối lo ngại của công chúng về tính không an toàn của Bãi Dài cũng như các bãi tắm khác, một số nghiên cứu về dòng rip đã được thực hiện để giải quyết các rủi ro tiềm ẩn. Mặc dù vậy, các nghiên cứu về dòng rip chưa được triển khai một cách toàn diện cho bãi biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa. Do đó, nghiên cứu được triển khai để đánh giá dòng rip tại bãi biển Bãi Dài nhằm mục đích đưa ra cảnh báo sớm về những rủi ro tiềm ẩn do dòng rip gây ra.

Trên cơ sở lý thuyết động lực dòng rip, luận án phát triển mô hình tính toán dòng rip dưới tác động của thủy động lực học vùng ven biển bao gồm các yếu tố về sóng, triều, địa hình cũng như biến thiên dòng rip theo sự biến thiên của sóng, triều theo không gian và thời gian. Trước tiên, mô hình HYDIST – RC được kiểm nghiệm tính toán dòng rip dựa trên kết quả nghiên cứu của [Sorensen](#). Mô hình mã nguồn mở SWAN được ứng dụng tính toán các đặc trưng sóng, kết quả sẽ được mô hình HYDIST – RC tính toán ứng suất tán xạ sóng và dòng rip tại khu vực biển Bãi Dài.

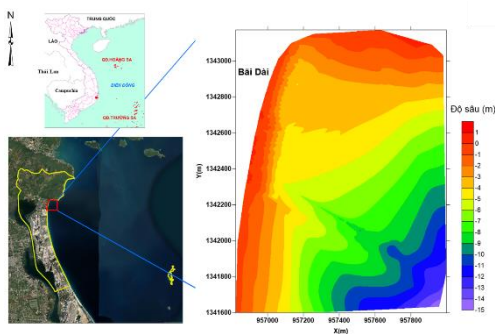
2. Mục tiêu của luận án

- Phát triển được mô hình toán tính dòng rip.
- Ứng dụng được mô hình toán tính dòng rip vào thực tiễn giúp xác định được dòng rip và sự biến đổi của nó theo không gian và thời gian tại vùng biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là chế độ thủy động lực ven biển cụ thể là sự hình thành dòng chảy xa bờ (dòng rip).

Phạm vi nghiên cứu: Bãi biển Bãi Dài – Khánh Hòa được thể hiện như trong hình 0.1.



Hình 0.1: Vị trí khu vực nghiên cứu

4. Câu hỏi nghiên cứu

Các câu hỏi nghiên cứu được đặt ra từ nhận định chung về dòng rip tại khu vực Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa như sau:

Hiện nay, mô hình toán tính dòng rip do Việt Nam phát triển đã có và hoàn thiện chưa? Mô hình tính dòng rip do Việt Nam phát triển có gì ưu việt hơn so với một số mô hình thương mại khác?

Nguyên nhân nào dẫn đến sự xuất hiện của dòng rip tại Bãi Dài và sự thay đổi các yếu tố về sóng biển, thủy triều có làm thay đổi về cường độ, quy mô của dòng rip hay không?

Vấn đề nghiên cứu đặt ra trong luận án là phát triển mô hình tính toán dòng rip và xác định sự xuất hiện cũng như sự biến thiên của dòng rip theo không gian và thời gian dưới tác động của thủy động lực ven bờ biển..

5. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Tổng quan, thu thập, phân tích, đánh giá các tài liệu địa hình, địa mạo, địa chất, khí tượng hải văn và các tài liệu có liên quan phục vụ luận án.

Nội dung 2: Phát triển mô hình toán tính dòng rip

Nội dung 3: Áp dụng tính toán dòng rip tại Bãi Dài, Khánh Hòa

6. Phương pháp nghiên cứu

- ❖ Phương pháp thu thập và thống kê, phân tích dữ liệu
- ❖ Phương pháp GIS
- ❖ Phương pháp mô hình hóa:

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- ☐ Ý nghĩa khoa học

- Mô hình toán tính dòng rip mà đề tài phát triển được sẽ góp phần làm giàu thêm tài sản phần mềm Việt Nam trong lĩnh vực nghiên cứu thủy động lực học biển ven bờ phục vụ nghiên cứu và giảng dạy.

- Nghiên cứu sử dụng mô hình đã được xây dựng áp dụng tính toán vào bãi biển Bãi Dài, góp phần đánh giá khả năng ứng dụng thực tế của mô hình, có cơ sở khoa học và thực tiễn, vì thế đây sẽ là tài liệu tham khảo hữu ích cho các nghiên cứu tiếp theo.

- ☐ Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả của nghiên cứu trong luận án sẽ giúp các nhà quản lý tại địa phương khoanh vùng những khu vực có thể xảy ra dòng rip theo không gian và thời gian nhằm phục vụ phát triển ngành du lịch biển, đảm bảo an toàn cho du khách tắm biển.

8. Điểm mới của luận án

- Phát triển và tích hợp mô đun tính toán ứng suất sóng vào mô hình HYDIST-RC để hoàn thiện mô hình tính toán dòng rip ven biển.
- Xác định được các điều kiện hình thành dòng rip, cũng như biến thiên về cường độ, vị trí của dòng rip dưới tác động của thủy triều.

9. Cấu trúc của luận án

Luận án bao gồm phần Mở đầu, 3 Chương và phần Kết luận và kiến nghị

Mở đầu: Bao gồm Đặt vấn đề; Mục tiêu; Đối tượng và phạm vi nghiên cứu; Câu hỏi nghiên cứu; Nội dung; Phương pháp nghiên cứu; Ý nghĩa khoa học và thực tiễn; Điểm mới của luận án và Cấu trúc của luận án.

Chương 1. Tổng quan nghiên cứu. Chương này sẽ giới thiệu về: Tổng quan dòng rip; Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước;; Những thành tựu đạt được và những tồn tại trong nghiên cứu về dòng rip; Vấn đề nghiên cứu của luận án; Tổng quan các mô hình tính toán dòng rip; Tổng quan khu vực nghiên cứu; Tiểu kết chương 1.

Chương 2. Phát triển mô hình tính toán dòng rip. Trong chương này sẽ giới thiệu về mô hình phát triển, cơ sở lý thuyết về mô hình dòng chảy, phát triển mô hình sóng, kiểm tra mô hình dòng chảy do sóng và kiểm tra mô hình tính toán dòng rip so với nghiên cứu trước.

Chương 3. Tính toán dòng rip tại khu vực biển Bãi Dài – Khánh Hòa. Chương này giới thiệu về thu thập và xử lý dữ liệu phục vụ mô hình toán, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cũng như kết quả tính toán trường sóng và dòng rip tại khu vực Bãi Dài, từ đó đề xuất giải pháp.

Kết luận và kiến nghị.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. TỔNG QUAN DÒNG RIP

1.1.1. Định nghĩa

Dòng rip là một luồng nước mạnh chảy theo hướng vuông góc từ bờ ra biển, xảy ra trong vùng sóng đổ, có hình thái và kích thước của một luồng nước mạnh với chiều ngang hẹp chừng 15-30m, chiều dài từ bờ ra khoảng 100-150m, nổi bật trên nền chuyển động chung của nước biển ở dải ven bờ, với tốc độ dòng cao hơn hẳn và hướng chảy khác biệt một cách tương phản so với vùng nước xung quanh, tốc độ có thể đạt cực đại trên 2 m/s.

1.1.2. Phân loại dòng rip

Dòng rip có nhiều dạng khác nhau, các dạng dòng rip tiêu biểu đã xảy ra phổ biến tại các bãi biển thế giới mà cơ chế hình thành của nó có sự liên quan mật thiết với các dạng địa hình bờ và đáy biển và các đặc trưng của trường sóng tới tác động. Trong thực tế, dòng rip được hình thành rất đa dạng, nhưng ở đây chỉ giới thiệu 4 loại dòng rip cơ bản và phổ biến nhất, đó là: dòng rip xác định (Fixed rip), dòng rip cố định (Permanent rip), dòng rip tức thời (Flash rip) và dòng rip di chuyển (Traveling rip).

1.1.3. Cấu trúc của dòng rip

Dòng rip có nhiều dạng khác nhau nên cấu trúc của nó cũng có những điểm khác biệt. Tuy nhiên, cấu trúc chung nhất của một dòng rip điển hình có thể được mô tả gồm 3 phần chính như sau:

- ✓ Phân chân dòng rip (Feeder Currents): là nơi giao nhau của 2 dòng dọc bờ khác hướng, tạo ra vùng xoáy nhỏ gần bờ và cuối cùng chuyển hướng ra ngoài khơi.
- ✓ Cổ dòng rip (rip Neck): là nơi có vận tốc dòng chảy lớn nhất, có hướng vuông góc với bờ hoặc xiên với bờ một góc nào đó.

- ✓ Đầu dòng rip (rip Head): dòng chảy tại đây yếu hơn phần cổ dòng rip và tỏa ra các hướng khác nhau như hình bó hoa, một phần bị tan biến, một phần hòa vào với dòng chảy sóng đang tiến vào bờ và bắt đầu lại quá trình cấu tạo dòng rip.

1.1.4. Nguyên nhân và cơ chế hình thành

1.1.4.1. Nguyên nhân

Nguyên nhân hình thành dòng rip cho đến nay được xác định là tổng hợp của nhiều yếu tố cấu thành như địa hình, sóng, gió, thủy triều,... Trong đó, có 2 nguyên nhân chính quan trọng nhất là do trường sóng tại khu vực ven bờ và hình thái bãi biển (địa hình bờ và đáy biển ven bờ).

1.1.4.2. Cơ chế hình thành

- Quá trình hình thành một cấu trúc của hoàn lưu tế bào có thể hình dung như sau: Sóng biển tiến vào bờ như một front sóng với độ cao lớn dần, nhất là ở những nơi có cấu tạo địa hình là bãi thoải thoải. Tùy thuộc vào điều kiện thời tiết và địa hình đáy, khi đến gần bờ, front sóng tạo thành hai luồng dòng chảy sát bờ theo hai hướng đối nghịch nhau, tách nhau ra. Như vậy sẽ có nhiều điểm có cơ chế tách dòng như vậy trên một bãi biển và cũng sẽ có những điểm tương ứng mà tại đó dòng chảy dọc bờ giao nhau. Tại điểm giao nhau của hai luồng dòng dọc bờ khác hướng, dòng chảy khựng lại, hòa quyện vào nhau (gọi là feeder current) và cuối cùng chuyển hướng gấp ra khơi tạo thành dòng rip.

1.2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

1.2.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Dòng rip được ghi nhận và mô tả bởi Shepard, Emery và Lafond lần đầu tiên vào năm 1941 tại các bãi biển phía Nam California, Mỹ. Từ những dữ liệu quan trắc và đo đạc được tại các bãi biển phía Nam, California, các

tác giả đã đưa ra được cường độ và kích thước của dòng rip có liên quan tới độ cao sóng. Nghiên cứu này đã dựa vào số liệu thực tế đo đạc được tại các bãi biển khác nhau ở phía Nam California để phân tích tương quan giữa dòng rip với các yếu tố liên quan như địa hình bãi biển, độ cao sóng, gió, thủy triều,... Từ các nghiên cứu và công bố khoa học mang tính chất phát hiện này, những nghiên cứu và cảnh báo về dòng rip tại các bãi biển đã được quan tâm hơn. Năm 1950, Shepard và Inman đã đưa ra một khái niệm mới và tương đối hoàn chỉnh về hoàn lưu gần bờ dạng “tế bào” (cell circulation) trong hệ dòng chảy ven bờ nói chung. Trong nghiên cứu này đã mô tả được hoàn lưu ven bờ và sự hình thành dòng rip dưới tác động của sóng vỡ. Tác giả làm rõ hơn về sự hình thành dòng chảy ven bờ dưới tác động của sóng vỡ theo những hướng khác nhau, phụ thuộc vào địa hình và hình thái bãi biển. Khi hai dòng chảy dọc bờ gặp nhau dễ dẫn đến sự xuất hiện của dòng rip.

1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Ở Việt Nam, người ta mới bắt đầu tìm hiểu và nhận thức được sự nguy hiểm của dòng rip trong những năm gần đây. Theo thống kê, điều tra và thu thập từ người dân sống vùng ven biển của Viện Hải dương học Nha Trang, ta thấy rằng tại các bãi biển đẹp ở các tỉnh như: Đà Nẵng, Hải Phòng, Khánh Hòa, Bình Thuận, Vũng Tàu,... đã xảy ra rất nhiều tai nạn chết người khi tắm biển do dòng rip. Trong khi đó, các nghiên cứu về dòng rip tại những vùng này còn rất hạn chế. Một số các nghiên cứu tiên phong có thể kể đến là nghiên cứu của các tác giả sau: Nguyễn Bá Xuân, Lê Đình Mậu, Phạm Thị Phương Thảo, Nguyễn Kỳ Phùng, Nguyễn Thị Bảy.

1.3. NHỮNG THÀNH TỰU ĐẠT ĐƯỢC VÀ NHỮNG TỒN TẠI TRONG NGHIÊN CỨU VỀ DÒNG RIP

Nghiên cứu về dòng rip đã được các tác giả nước ngoài quan tâm từ rất sớm, từ các chuyến đo đạc thực tế để quan trắc dòng rip cho đến xây dựng

các mô hình toán, mô hình vật lý phục vụ xác định dòng rip tại các bãi biển khác nhau. Giai đoạn từ 1941 – 1969: Là giai đoạn nghiên cứu dòng rip đầu tiên, trong giai đoạn này, dòng rip được phát hiện và đưa ra được các định nghĩa, giải thích hiện tượng là chủ yếu. Giai đoạn từ 1970 – 1999: Thể hiện được mối liên hệ giữa dòng rip với sự bề vỡ sóng và hệ thống các bar cát dọc bờ dựa trên các đo đạc hiện trường, phòng thí nghiệm và kết hợp mô hình toán chứng minh (chủ yếu là mô hình tính dòng chảy do sóng vỡ). Giai đoạn 2000 – 2011: Chủ động đo đạc dòng rip bằng các thiết bị hiện đại hơn, có độ chính xác cao hơn. Các tác giả chỉ ra được các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành dòng rip gồm: dạng bờ biển, biến đổi bãi theo mùa, sóng biển, thủy triều. Giai đoạn 2012 – nay: Tính toán và dự báo dòng rip bằng các mô hình toán hiện đại, có độ chính xác cao kết hợp với các thiết bị đo đạc hiện đại.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu bước đầu mang tính thống kê, định tính và còn mang tính phỏng đoán là chủ yếu; Mô hình toán hiện đại được ứng dụng kết hợp với dữ liệu khảo sát ... Các nghiên cứu này chủ yếu ứng dụng mô hình thương mại Mike 21 tính toán đặc trưng sóng khác nhau để xác định vị trí, cường độ dòng rip. Chưa thấy được ảnh hưởng cụ thể của từng yếu tố cấu thành dòng rip, phụ thuộc hoàn toàn vào mô hình thương mại đã xây dựng sẵn nên khó giải thích cơ chế, nguyên nhân hình thành cũng như quá trình biến đổi của dòng rip. Năm 2018, có nghiên cứu tính dòng rip bằng chương trình tự lập để tính toán ứng suất tán xạ sóng nhưng vẫn phải nhờ mô hình thương mại Mike 21 tính toán các đặc trưng sóng, từ đó mới tính toán dòng rip cho trường hợp độ cao sóng cụ thể, chưa xem xét đến sự biến đổi liên tục theo thời gian của sóng, chưa xem xét đến ảnh hưởng của dao động thủy triều theo thời gian cũng như chưa tích hợp vào mô hình HYDIST.

1.4. VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN

Tổng kết từ những kết quả nghiên cứu liên quan đến dòng rip cho thấy vẫn còn nhiều vấn đề cần tiếp tục phát triển nghiên cứu, hoàn thiện mô hình

toán và làm rõ tác động của các yếu tố thủy động lực vùng ven bờ. Vì thế, luận án sẽ nghiên cứu các vấn đề chính như sau:

- Tiếp tục phát triển mô hình tính toán dòng rip HYDIST – RC dựa trên các nghiên cứu đã có nhằm hoàn thiện mô hình hơn.
- Áp dụng tính toán trong một số bài toán thực nghiệm và áp dụng thực tế tại bãi biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa.
- Xem xét tác động của thủy triều đến sự biến thiên của dòng rip về cường độ và quy mô tại bãi biển Bãi Dài.

1.5. TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH TÍNH TOÁN DÒNG RIP

Các mô hình toán học đã trở thành công cụ tính toán hiệu quả trong nghiên cứu và dự báo dòng chảy ven biển, trong đó có dòng rip, góp phần quan trọng vào việc nâng cao an toàn bờ biển. Sự phát triển của các mô hình này phản ánh sự hiểu biết ngày càng sâu sắc về tương tác phức tạp giữa sóng, dòng chảy và địa hình đáy biển. Một số mô hình toán đã được áp dụng tính toán dòng rip hiện nay như Mike 21, Delft3D, SWAN, XBeach, FUNWAVE-TVD, SWASH, HYDIST-RC,... Các mô hình này giải hệ phương trình nước nông, thường là dạng trung bình theo chiều sâu, để mô tả dòng chảy và sóng trong vùng nước nông. Sự hình thành dòng rip được tính toán dựa trên ứng suất bức xạ sóng (radiation stress), là lực do sóng tác động lên cột nước khi sóng vỡ.

1.6. TỔNG QUAN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Bãi Dài - Cam Ranh có chiều dài dọc bờ khoảng 11 km, với độ dốc bãi và đáy tương đối thoải thoải và với chất lượng nước trong sạch so với các bãi tắm khác ở thành phố Nha Trang. Tuy nhiên qua nghiên cứu bằng các phương pháp tiếp cận khác nhau, đã chứng minh và đánh giá đây là một bãi tắm tiềm ẩn khá cao về sự hình thành và tồn tại của dòng rip. Trong nghiên cứu này cũng chỉ giới hạn tính toán dòng rip tại khu vực bãi tắm Cù Hin, vì

muốn tính được dòng rip phải có địa hình thật chi tiết và dày. Viện Hải dương học đã cung cấp số liệu địa hình chi tiết (để tính dòng rip) tại bãi tắm Cù Hin.

1.7. TIỂU KẾT CHƯƠNG 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về dòng rip cũng như tổng quan được các nghiên cứu về dòng rip trên thế giới và tại Việt Nam. Từ những tổng quan đó, luận án đã phân tích những thành tựu đạt được và những tồn tại chưa được trong nghiên cứu dòng rip tại Việt Nam, qua đó đề xuất được một số vấn đề nghiên cứu cụ thể về dòng rip. Ngoài ra, trong chương này cũng nêu được tổng quan về vị trí địa lý, đặc điểm khí tượng hải văn khu vực nghiên cứu.

CHƯƠNG 2. PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH TÍNH TOÁN DÒNG RIP

2.1. Giới thiệu mô hình

HYDIST là mô hình do PGS. TS. Nguyễn Thị Bảy [37] cùng nhóm nghiên cứu thành lập từ năm 2004 và hoàn thiện cho đến nay. Mô hình này có khả năng tính dòng chảy 2 chiều, chuyển tải bùn cát, diễn biến lòng dẫn,... Trong mô hình HYDIST bao gồm các module: module tính toán thủy lực (HYDIST – HD), module tính toán vận chuyển bùn cát (HYDIST – ST), module tính toán diễn biến đáy (HYDIST – BG), module tính toán sục bờ (HYDIST-RF). Trong đó, module tính toán thủy lực HYDIST – HD chỉ mới tính toán dòng chảy trong sông và ven bờ dưới tác động của lũ, triều, gió. Trong đó, khi tính toán dòng chảy 2 chiều vùng ven biển thì sóng biển chỉ mới xây dựng được một chương trình (module) tính toán ứng suất tán xạ sóng biển đổi theo không gian (module RS) mà chưa hoàn thiện biến đổi theo thời gian, cũng như chưa tích hợp chương trình tính này vào mô hình HYDIST. Vì thế, module đó đã được phát triển tính toán ứng suất tán xạ sóng biển theo cả không gian, thời gian (module RS) và tích hợp vào trong mô hình HYDIST để hoàn thiện module HYDIST-RC tính toán dòng rip ven biển biến thiên theo không gian và thời gian.

2.2. Mô hình dòng chảy hai chiều

Mô hình HYDIST là mô hình 2 chiều giải hệ phương trình dòng chảy mặt trung bình theo độ sâu bao gồm 2 phương trình động lượng và phương trình liên tục.

2.3. Cơ sở lý thuyết mô hình tính toán sóng

SWAN được sử dụng để tính toán phổ sóng, sóng được diễn tả với phổ mật độ tác động sóng 2 chiều, ngay cả trong trường hợp các hiện tượng phi tuyến lẫn át (ví dụ trong vùng sóng vỡ). Việc sử dụng phổ trong trường hợp

điều kiện phi tuyến mạnh là hợp lý, trong một số điều kiện sóng có thể dự báo với độ chính xác vừa phải cho phân bố phổ của moment bậc hai của các sóng này (mặc dù không đầy đủ để mô tả sóng theo các phương pháp thống kê).

Các quá trình được tính đến trong modul này bao gồm:

- + Sự phát sinh bởi gió
- + Sự tiêu tán bởi sóng bạc đầu, ma sát đáy và sự vỡ sóng do độ sâu.
- + Tương tác phi tuyến giữa các sóng có tần số khác nhau.

Thêm vào đó quá trình truyền sóng qua các vật cản và thiết lập ảnh hưởng sóng trên bề mặt biển trung bình có thể được tính.

2.4. KIỂM TRA MÔ HÌNH DÒNG CHẢY SÓNG

Bài toán 1: Dòng chảy sóng dọc bờ

Bài toán này nhằm mục đích kiểm tra dòng chảy dọc bờ do sóng gây ra với hướng sóng tác động trực tiếp vào đường bờ (với hướng sóng 45 độ). Mô hình được áp dụng cho trường hợp đáy phẳng dốc với trục x hướng vuông góc với bờ và trục y song song với bờ.

➤ ***Kết quả tính toán***

Kết quả mô hình cho ta thấy dòng chảy do sóng có vận tốc lớn tại vùng sóng vỡ, giá trị vận tốc lớn nhất tại đây đạt 0,671 m/s và hướng dòng chảy song song với đường bờ. Trong khi đó với lời giải giải tích vận tốc dòng chảy lớn nhất đạt 0,637m/s. Ta thấy hai lời giải có kết quả tương đối phù hợp nhau.

2.5. Kiểm tra mô hình dòng rip do sóng

Bài toán 2: Dòng rip do sóng

Độ sâu nước ở nước sâu: $h = 20$ m; chu kỳ sóng $T = 7.9$ giây; độ cao sóng $H = 2.8$ m; hướng sóng 90^0N ; lưới vuông $2m \times 2m$; ma sát đáy hệ số Chezy là $35 m^{1/2}/s$.

Kết quả so sánh giữa mô hình HYDIST-RC và mô hình Mike cho thấy vị trí xuất hiện dòng rip khá tương đồng, cả hai mô hình đều cho thấy xuất hiện 2 dòng nuôi dọc bờ có hướng ngược nhau, khi hai dòng nuôi gặp nhau làm xuất hiện dòng rip. Vận tốc dòng rip của mô hình Mike đạt cực đại khoảng 1,0 – 1,2 m/s, mô hình HYDIST-RC có vận tốc dòng rip đạt khoảng 1,0 m/s. Cơ chế xuất hiện dòng rip trong trường hợp này phù hợp với nghiên cứu lý thuyết về dòng rip của [Shepard và Inman](#).

2.6. Kiểm tra module tính dòng rip HYDIST - RC

Kết quả tính toán ứng suất tán xạ sóng của mô đun RC sẽ được sử dụng làm đầu vào tính toán dòng rip bằng mô đun HYDIST – RC. Để kiểm nghiệm tính đúng của mô đun HYDIST - RC, việc so sánh kết quả tính của mô hình và kết quả tính trước đó được tính bằng Mike 21 HD FM là cần thiết.

2.6.1. Thông số đầu vào

Các thông số đầu vào để so sánh kết quả tính toán dựa trên dữ liệu đầu vào mô hình Mike trong nghiên cứu tại Khánh Hòa. Các thông số cụ thể như sau:

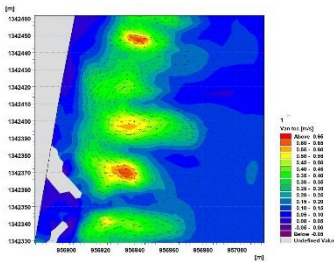
- Địa hình đáy khu vực biển Bãi Dài

- Ứng suất tán xạ sóng: hướng gió là hướng Đông; Chu kì sóng T_m 7s;

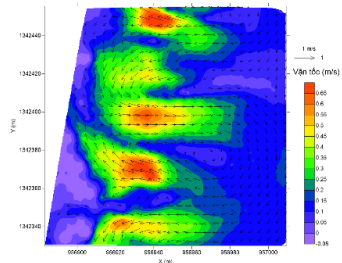
Chiều cao sóng H_m 2.3m.

2.6.2. Kết quả so sánh kiểm tra

- Kết quả vị trí và cấu tạo dòng rip của mô hình Mike 21 SW và mô hình HYDIST RC cũng không khác nhau. Tại khu vực I, cả 2 mô hình đều xuất hiện 1 dòng rip, vị trí xuất hiện như nhau. Cấu tạo dòng rip của 2 mô hình khá tương đồng, nơi giao thoa của 2 dòng chảy ven bờ sau đó chảy ra ngoài khơi với vận tốc khoảng 0,2 – 0,4m/s.



a). Kết quả tính trên Mike 21



b). Kết quả tính trên HYDIST RC

Hình 2.11: Kết quả so sánh Mike 21 SW và mô hình HYDIST RC

Kết quả tính toán dòng rip tại khu vực II bằng mô hình Mike 21 và mô hình HYDIST RC khá tương đồng về vị trí cũng như cấu trúc tạo ra dòng rip. Tại khu vực II, cả hai mô hình đều cho thấy xuất hiện một dòng rip tương đối hẹp, dòng rip này có sự giao thoa của hai dòng chảy ven bờ, có hướng thẳng ra ngoài khơi tại cổ dòng rip sau đó đầu dòng rip có hướng về phía Nam. Tốc độ lớn nhất của dòng rip ở hai mô hình khoảng 0,5 – 0,6 m/s.

2.7. Tiểu kết chương 2

Trong chương 2, luận án đã giới thiệu mô hình HYDIST, cơ sở lý thuyết của mô hình dòng chảy 2 chiều và mô hình sóng. Luận án đã phát triển mô đun tính toán ứng suất sóng biến thiên theo không gian, thời gian và tích hợp vào mô hình HYDIST – RC tính toán dòng rip dưới tác động tổng hợp của sóng, triều. Ngoài ra, trong chương này luận án cũng đã kiểm tra mô đun tính toán sóng cũng như mô đun tính toán dòng rip dựa trên các bài toán nghiên cứu trước đây. Kết quả kiểm tra cho thấy mô hình HYDIST – RC khá chính xác so với các nghiên cứu trước đây và hoàn toàn có thể áp dụng tính toán vào thực tế tại bãi biển.

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN DÒNG RIP TẠI KHU VỰC BÃI DÀI, KHÁNH HÒA

3.1. Dữ liệu đầu vào cho mô hình

3.1.1. Lưới tính và địa hình

Độ sâu địa hình chi tiết tại bãi tắm Bãi Dài đo đạc với tỉ lệ 1:1000 từ đề tài “ Điều tra, đánh giá hiện tượng dòng rip (rip current) tại các bãi tắm Khánh Hòa, xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp phòng tránh” năm 2012 và độ sâu khu vực lưới tính lớn ngoài khơi kế thừa từ dữ liệu thu thập và xử lý cũng từ đề tài trên.

Dữ liệu được thu thập ở dạng số và sau đó sử dụng phần mềm Surfer 13 nội suy giá trị độ sâu trong miền tính của mô hình. Khu vực tính toán trong luận án là khu vực bãi tắm Bãi Dài sẽ được chia lưới tứ giác với khoảng cách các ô lưới là 2m x 2m để thấy rõ được chế độ sóng, dòng chảy khu vực ven bờ cũng như tính toán được mức độ chi tiết của dòng rip.

3.1.2. Điều kiện biên

Khu vực nghiên cứu có 2 biên lỏng (biên 1 và biên 2).

Biên triều: Biên triều được lấy từ mô hình toàn cầu có hiệu chỉnh về biên độ và pha dao động.

Biên sóng: Được chạy từ mô hình Swan lưới tính lớn.

3.1.3. Số liệu đầu vào cho mô hình

- Dữ liệu biên sóng: Đối với miền tính lớn, trường sóng được tính toán từ dữ liệu trường gió tái phân tích khu vực Biển Đông. Đối với miền tính nhỏ, biên lỏng ngoài khơi là kết quả tính toán và trích xuất từ miền tính lớn.

- Số liệu gió: Trường gió thu thập là trường gió tái phân tích (NOAA) năm 2012, 2013 và năm 2021 biến đổi theo không gian và thời gian. Dữ liệu gió thu thập dưới dạng netCDF, được xử lý theo định dạng của mô hình.

Ngoài dữ liệu đầu vào quan trọng nhất là địa hình đáy, trong mô hình còn sử dụng các dữ liệu đầu vào khác như hệ số nhám Manning. Hệ số nhám Manning biến đổi theo độ sâu địa hình.

3.2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.2.1. Cơ sở hiệu chỉnh và kiểm định

Để đánh giá độ tin cậy giữa số liệu tính toán từ mô hình với số liệu đo đạc, sử dụng các chỉ số thống kê được đề xuất bởi Moriasi và cộng sự (2015) gồm: (1) chỉ số NSE (Nash – Sutcliffe) và (2) hệ số tương quan R^2 .

3.2.2. Hiệu chỉnh mô hình

Sau khi thay đổi các thông số sử dụng để hiệu chỉnh, mô hình đã cho kết quả tính khá tốt với xu thế biến động tương quan và các giá trị tính gần như tương đối. Kết quả hiệu chỉnh mô hình trong giai đoạn từ 23 giờ ngày 06/01/2013 đến 9 giờ ngày 12/01/2013 (mùa gió Đông Bắc) qua giá trị độ cao sóng được tính toán và giá trị độ cao sóng thực đo với hệ số tương quan R^2 đạt 0,85 và chỉ tiêu Nash đạt 0,84. Kết quả hiệu chỉnh mô hình qua giá trị chu kỳ sóng tính toán và chu kỳ sóng thực đo với sai số tương đối trung bình là 5,28%.

3.2.3. Kiểm định mô hình

Sau khi có kết quả hiệu chỉnh đã tiến hành kiểm định kết quả tính toán với số liệu thực đo tại cùng vị trí như đã trình bày tại phần hiệu chỉnh nhưng ở giai đoạn từ 11 giờ ngày 01/07/2013 đến 12 giờ ngày 04/07/2013 (mùa gió tây nam). Kết quả kiểm định mô hình qua giá trị độ cao sóng được tính toán và độ cao sóng thực đo cho thấy mức độ tương quan trong giới hạn chấp nhận với hai hệ số R^2 đạt 0,82 và Nash đạt 0,75. Kết quả kiểm định mô hình qua giá trị chu kỳ sóng được tính toán và chu kỳ sóng thực đo với sai số tương đối trung bình là 3,28%.

3.3. Kết quả tính trường sóng

3.3.1. Xác định kịch bản tính toán

Từ kết quả sóng biển năm 2021 tại Bãi Dài, kết quả trường sóng vào tháng 7 (KB1) và tháng 12 (KB2) năm 2021 sẽ được lựa chọn phân tích kịch bản tính toán dòng rip vì tháng 7 và tháng 12 là hai tháng tiêu biểu đặc trưng và đại diện cho chế độ gió mùa Đông Bắc và Tây Nam tại vùng nghiên cứu.

3.3.2. Kết quả tính toán sóng

Kết quả tính toán trường sóng vào thời kỳ gió mùa Tây Nam (KB1) tháng 7/2021 cho thấy ở ngoài khơi độ cao sóng dao động trong khoảng 1 – 2,5 m, hướng sóng chủ yếu là hướng Tây Nam, chịu tác động bởi chế độ gió mùa Tây Nam. Tuy nhiên, khi trường sóng lan truyền vào khu vực nghiên cứu ven bờ Bãi Dài, độ cao sóng giảm còn khoảng 0,5 – 2 m, hướng sóng cũng chịu tác động bởi hình thái bờ và địa hình đáy nên hướng sóng chủ yếu là hướng Đông Nam.

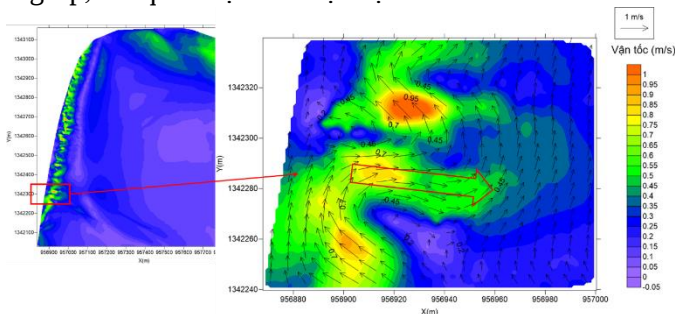
Vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc (KB2), trường sóng được tính toán vào tháng 12/2021 cho thấy độ cao sóng ngoài khơi dao động trong khoảng từ 1,0 – 5,0 m, hướng sóng chủ yếu là hướng Bắc đến Đông Bắc. Trường sóng vào thời kỳ này khi lan truyền vào vùng ven bờ khu vực nghiên cứu bị tác động một phần của đảo Hòn Tre nên hướng sóng và độ cao sóng đã có sự thay đổi rõ rệt. Hướng sóng đã chuyển sang hướng Đông, độ cao sóng lúc này giảm còn khoảng 0,5 – 3,0 m.

3.4. Kết quả tính toán dòng rip

3.4.1. Kết quả tính toán gió mùa Tây Nam (KB1)

Dòng rip được tính toán tại khu vực bãi biển Bãi Dài, Cam Ranh – Khánh Hòa vào thời kỳ gió mùa Tây Nam (tháng 7). Kết quả tính toán dòng rip được xuất chi tiết tại 3 khu vực có vị trí xuất hiện dòng rip nhằm phân tích chi tiết để thấy rõ được dòng rip về vị trí cũng như cường độ tại từng

dòng rip tại khu vực Bãi Dài. Vào mùa gió Tây Nam, khu vực Bãi Dài xuất hiện 3 dòng rip, kết quả được thể hiện cụ thể như sau:



Hình 3.27: Kết quả dòng rip tại Bãi Dài mùa gió Tây Nam tại khu vực I

Tại khu vực I (Hình 3.27), dòng rip có vận tốc khoảng 0,7 – 0,8 m/s (cấp độ nguy hiểm cao), bề rộng dòng rip khoảng 20m chạy dài từ trong ra ngoài khơi khoảng 60m, có hướng thẳng góc từ trong bờ ra ngoài khơi xa. Dòng rip này được tạo từ 2 dòng nuôi dọc bờ có hướng ngược nhau. Kiểm tra địa hình ta thấy địa hình tại đây bị lõm sâu hơn vào đất liền so với khu vực kế cận, độ sâu cũng sâu hơn so với 2 bên, đây cũng là nguyên nhân tạo ra dòng rip khi có sóng lớn, đây cũng là dạng địa hình tương tự dòng rip được mô phỏng trong bài toán 2 của chương 2.

Kết quả tính toán cho thấy dòng rip số 2 tại khu vực II có vận tốc khoảng 0,7 – 0,8 m/s (nguy hiểm cao), dòng rip có độ rộng khoảng 30m, dài khoảng 50 - 70 m, có hướng thẳng góc với bờ tại chân dòng rip và cổ dòng rip, tuy nhiên tại đầu dòng rip do tác động của hướng sóng Đông Nam nên đầu dòng rip có hướng về phía Bắc.

Tại khu vực III, dòng rip này có độ rộng khoảng 17 m, chiều dài dòng rip khoảng 70 m, có hướng gần vuông góc với đường bờ, vận tốc của dòng rip này khoảng 0,95 m/s xuất hiện tại cổ của dòng rip, tại chân dòng rip vận tốc dòng chảy chỉ khoảng 0,6 m/s, còn tại đầu của dòng rip này vận tốc khoảng 0,65 m/s do bị tác động của sóng, dòng chảy từ ngoài khơi đập vào

và hướng dòng chảy tại đây cũng bắt đầu đổi hướng đi về phía bắc sau đó đi lại vào trong bờ.

3.4.2. Kết quả tính toán gió mùa Đông Bắc (KB2)

Kết quả tính toán dòng rip vào mùa gió Đông Bắc cũng được phân tích chi tiết tại 7 khu vực có xuất hiện dòng rip. Kết quả tính toán dòng rip mùa gió Đông Bắc, số lượng dòng rip lớn nhất thu nhận được là 12 dòng rip, kết quả xuất được lựa chọn tại thời điểm dòng rip có vận tốc lớn nhất trong thời gian tính toán.

Tổng kết:

Các kết quả tính toán trong 2 mùa gió: Đông Bắc và Tây Nam

Bảng 3.6: So sánh dòng rip trên 2 trường hợp

	Số dòng rip	Vận tốc (m/s)
Gió mùa Tây Nam	3	0,7 – 0,9
Gió mùa Đông Bắc	12	0,3 – 1,1

Dựa vào [bảng 3.6](#) ta thấy rằng vào mùa gió Đông Bắc xuất hiện nhiều dòng rip hơn so với mùa gió Tây Nam, về vận tốc dòng rip thì cũng tương tự nhau giữa 2 mùa gió. Tuy là mùa gió Tây Nam khả năng xuất hiện dòng rip ít hơn nhưng đây là mùa cao điểm của du lịch, vì thế cần có các giải pháp cảnh báo du khách tắm biển tại những vị trí có khả năng xuất hiện dòng rip.

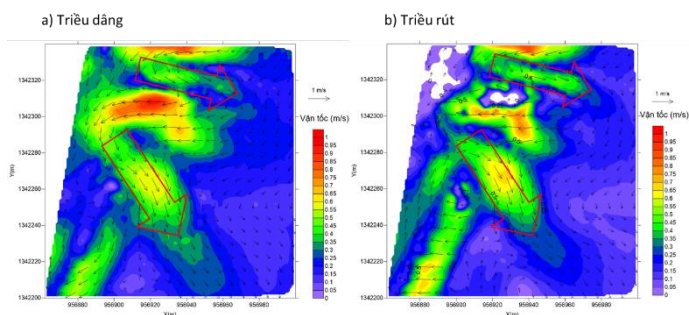
3.4.3. Đánh giá sự biến thiên dòng rip theo thủy triều

Để xem xét sự biến thiên dòng rip theo thủy triều, mô hình đã mô phỏng dòng rip tại Bãi Dài trong cùng một điều kiện sóng vào mùa Đông Bắc (cùng độ cao sóng, hướng sóng và chu kỳ) trong điều kiện có dao động thủy triều tại khu vực nghiên cứu. Kết quả đánh giá sự tác động của thủy triều đến dòng rip được xuất tại sườn triều lên và sườn triều xuống nhằm thể hiện rõ được tác động của dòng triều đến cường độ cũng như vị trí của dòng rip tại Bãi Dài.

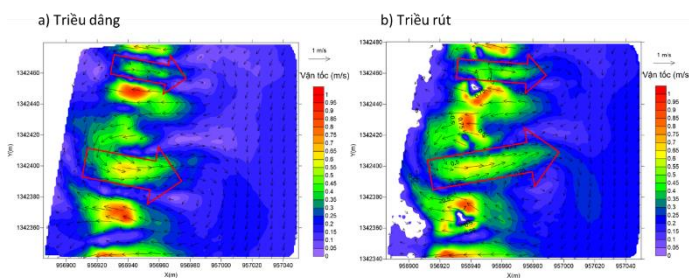
Kết quả tính toán và so sánh dòng rip giữa triều lên và triều xuống được xuất tại 6 khu vực.

- ✓ Tại khu vực I: Khu vực này có 2 dòng rip, vị trí của 2 dòng rip này giống nhau giữa triều lên và triều rút. Về độ lớn, khi triều rút vận tốc dòng rip lớn hơn so với triều lên, lớn hơn khoảng 0,1 – 0,2 m/s. Đối với dòng rip ở phía Bắc khu vực 1, đầu dòng rip kéo dài ra phía biển và vận tốc lớn hơn khá rõ rệt so với lúc triều lên, điều này chứng tỏ có sự cộng hưởng của dòng chảy triều vào cường độ của dòng rip và gây nguy hiểm hơn so với lúc triều dâng.
- ✓ Tại khu vực II: Cả 2 dòng rip đều cho thấy khi triều rút vận tốc dòng rip có lớn hơn, cụ thể tại đầu dòng rip lúc triều lên vận tốc khoảng 0,3 m/s nhưng cũng tại vị trí đó lúc triều xuống vận tốc khoảng 0,5 m/s, hẹp hơn khoảng 2 – 5 m và dài hơn so với dòng rip lúc triều lên khoảng 5 – 10 m.
- ✓ Tại khu vực III: Tại khu vực này cũng xuất hiện 2 dòng rip, lúc triều xuống 2 dòng rip này khá dài và vận tốc lớn hơn gấp khoảng 2 lần so với lúc triều lên, cả 2 dòng rip đều có hướng thẳng ra phía biển.
- ✓ Tại khu vực IV: Xét về vận tốc dòng rip và vi mô (rộng, dài) của dòng rip thì cũng có sự khác nhau tương tự như tại khu vực III. Khi triều dâng mức độ nguy hiểm của 2 dòng rip này chỉ ở mức trung bình nhưng khi triều rút, mức độ nguy hiểm đã ở mức cao.
- ✓ Tại khu vực V: Khi triều rút, chân dòng rip dịch chuyển về phía biển khoảng 5 m so với lúc triều lên. Vận tốc dòng rip khi triều rút khoảng 0,8 m/s (nguy hiểm ở mức cao), còn lúc triều lên vận tốc dòng rip khoảng 0,4 m/s (nguy hiểm ở mức trung bình). Xét về độ rộng và chiều dài của dòng rip, khi triều xuống dòng rip rộng hơn lúc triều lên khoảng 5 – 7 m và dài hơn khoảng 5 – 8 m.

- ✓ Tại khu vực VI: Tại khu vực này xuất hiện 3 dòng rip, sự khác nhau của 3 dòng rip này giữa lúc triều lên và xuống cũng tương tự như tại khu vực V. Về vị trí xuất hiện, lúc triều xuống vị trí của chân dòng rip có lệch ra ngoài phía biển khoảng 4 – 8 m, chiều rộng và dài so với lúc triều lên cũng lớn hơn. Về vận tốc dòng rip, lúc triều xuống dòng rip có vận tốc khoảng 0,6 – 0,7 m/s, còn lúc triều lên vận tốc dòng rip khoảng 0,4 – 0,5 m/s.



Hình 3.37: Kết quả dòng rip tại Bãi Dài mùa gió Đông Bắc khu vực I



Hình 3.38: Kết quả dòng rip tại Bãi Dài mùa gió Đông Bắc khu vực II

3.5. Đề xuất giải pháp cảnh báo dòng rip

➤ Đối với đơn vị quản lý các bãi tắm: Cần có biển cảnh báo và biển hướng dẫn cách thoát khỏi dòng rip khi bị dòng rip cuốn đi. Ngoài ra, tại những vị trí có khả năng xuất hiện dòng rip cần cắm cờ cảnh báo cấm người dân tắm biển tại những khu vực đó. Trên bãi tắm, phải cử người có chuyên

môn giám sát, theo dõi tại những vị trí thường xuất hiện dòng rip để cảnh báo người dân không tắm tại vị trí đó và trang bị thiết bị cứu hộ kịp thời khi xảy ra tai nạn đối với người tắm biển.

➤ Đối với người tắm biển: đặc biệt đối với khách du lịch ở các nơi xa đến tắm biển, do chưa hiểu biết về dòng rip và các đặc điểm của bãi tắm, cho nên cần tìm hiểu các tiêu chuẩn an toàn của một bãi tắm, có thể bằng cách đọc kỹ các biển cảnh báo được lắp đặt tại các điểm có khả năng dòng rip thường xuyên xuất hiện và những nơi có cấm còi cảnh báo khu vực cấm tắm biển.

3.6. Tiểu kết chương 3

Mô hình HYDIST – RC đã áp dụng tính toán dòng rip tại khu vực Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa. Kết quả cho thấy rằng vào mùa gió Đông Bắc xuất hiện nhiều dòng rip hơn (12 dòng rip) so với mùa gió Tây Nam (3 dòng rip), về vận tốc dòng rip thì cũng tương tự nhau giữa 2 mùa gió. Mùa gió Tây Nam có vận tốc các dòng rip dao động từ 0,7 – 0,9 m/s, còn mùa gió Đông Bắc có vận tốc dòng rip dao động từ 0,3 – 1,1 m/s. Ngoài ra, mô hình cũng thể hiện rõ nguyên nhân, cơ chế hình thành dòng rip cũng như đã so sánh được cường độ, quy mô của dòng rip giữa triều dâng và triều rút nhằm đánh giá tác động của thủy triều, xác định được cấp độ nguy hiểm của dòng rip tại bãi tắm Bãi Dài – Khánh Hòa. Kết quả tính toán đã cho thấy được, khi triều rút cường độ dòng rip tăng lên từ 0,2 – 0,4 m/s, chiều dài của dòng cũng tăng về phía biển đáng kể từ 5 – 10 m và cấp nguy hiểm cũng tăng so với khi triều dâng. Đã xác định được các vị trí xuất hiện các dòng rip xác định tại bãi biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa và đề xuất thiết lập các biển cảnh báo, chòi cứu hộ nhằm đảm bảo an toàn cho người dân đến tắm biển.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mô đun tính toán ứng suất tán xạ sóng RC đã được tích hợp và phát triển tính biên thiên theo thời gian vào mô hình tính dòng rip HYDIST - RC. Mô hình HYDIST – RC đã được áp dụng để tính toán sự xuất hiện dòng rip dưới ảnh hưởng của sóng, triều biên thiên theo không gian và thời gian. Mô hình cũng được so sánh với lời giải giải tích cũng như tính toán dòng rip giả định và có kiểm chứng với kết quả nghiên cứu trước đây, kết quả so sánh đều cho thấy sự phù hợp với các nghiên cứu trước. Ngoài ra, mô hình được áp dụng vào khu vực nghiên cứu, cũng đã được hiệu chỉnh và kiểm định tính phù hợp với số liệu đo đạc thực tế tại khu vực biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa.

Kết quả tính toán cho thấy khi sóng càng lớn thì vận tốc dòng rip càng mạnh và số lượng dòng rip xuất hiện cũng tăng lên, mùa gió Đông Bắc xuất hiện nhiều dòng rip hơn (12 dòng rip) so với mùa gió Tây Nam (3 dòng rip), tuy nhiên do mùa gió Tây Nam là mùa cao điểm du lịch nên rủi ro đuối nước xảy ra là khá cao. Mô hình đã cho thấy rõ được khu vực nào có khả năng xuất hiện dòng rip, khu vực nào xuất hiện các xoáy hay chỉ là dòng chảy dọc bờ đơn thuần, đồng thời còn thể hiện được cường độ của các dòng chảy một cách chi tiết.

Ngoài ra, mô hình cũng thể hiện rõ nguyên nhân, cơ chế hình thành dòng rip cũng như đã so sánh được cường độ, quy mô của dòng rip giữa triều dâng và triều rút nhằm đánh giá tác động của thủy triều, xác định được cấp độ nguy hiểm của dòng rip tại bãi tắm Bãi Dài – Khánh Hòa. Kết quả tính toán đã cho thấy được, khi triều rút cường độ dòng rip tăng lên từ 0,2 – 0,4 m/s, chiều dài của dòng cũng tăng về phía biển đáng kể từ 5 – 10 m và cấp nguy hiểm cũng tăng so với khi triều dâng. Đã xác định được các vị trí xuất hiện các dòng rip xác định tại bãi biển Bãi Dài, Cam Ranh, Khánh Hòa và đề xuất thiết lập các biển cảnh báo, chòi cứu hộ nhằm đảm bảo an toàn cho người dân đến tắm biển.

Mô hình HYDIST - RC cho thấy được khả năng ứng dụng vào trong tính toán dòng rip tại bãi biển của Việt Nam, điều này có ý nghĩa khoa học

và thực tiễn rất lớn, đây là mô hình của Việt Nam không còn phụ thuộc vào mô hình thương mại của nước ngoài trong tính toán dòng rip như mô hình Mike.

Hiện nay, việc dự báo dòng rip theo thời gian thực là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn giúp du khách có thể tự bảo vệ mình khi đi tắm biển. Mô hình HYDIST – RC là mô hình tự chủ công nghệ nên hoàn toàn có thể phát triển để làm được. Ngoài ra, mô hình HYDIST – RC còn có module tính toán vận chuyển trầm tích và biến đổi đáy dưới tác động của thủy động lực, nên có thể kết hợp việc tính toán dự báo dòng rip với biến đổi địa hình các cồn cát do sóng, thủy triều đảm bảo độ chính xác theo thời gian thực.

KIẾN NGHỊ

1. Mô hình HYDIST – RC đã được hoàn thiện, mô hình đã so sánh với lời giải giải tích cũng như có so sánh với kết quả mô phỏng dòng rip giả định và ứng dụng tính toán dòng rip tại Bãi Dài có so sánh kết quả với mô hình Mike trong nghiên cứu trước đây. Vì vậy, mô hình cần được đưa vào ứng dụng cho các bãi biển du lịch khác của Việt Nam nhằm xác định dòng rip đảm bảo an toàn cho người dân tắm biển, cũng như tiếp tục đánh giá và hoàn thiện mô hình hơn nữa.

2. Kết quả tính toán dòng rip đã xác định được vị trí xảy ra dòng rip dưới tác động của sóng, triều. Tại các vị trí đó cần xây dựng nghiên cứu thực nghiệm nhằm đưa ra công thức thực nghiệm giúp dự báo sớm dòng rip dưới tác động của sóng, triều.

3. Tính toán và dự báo dòng rip nếu có xem xét đến sự biến đổi địa hình đáy của bãi biển thì kết quả tính toán sẽ toàn diện hơn vì dòng rip cũng làm thay đổi địa hình ven biển. Vì vậy, cần tính toán dòng rip kết hợp với tính toán biến đổi địa hình đáy biển.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH

1. **Ngô Nam Thịnh**, Nguyễn Thị Bảy (2025), “Development of a two-dimensional Hydrodynamic Model to Simulate Rip Currents in the Bai Dai-Cam Ranh Coast of Khanh Hoa Province, Vietnam”, *Journal of Environmental & Earth Sciences*, 7(4), 203–216. <https://doi.org/10.30564/jees.v7i4.8574>.
2. **Ngô Nam Thịnh**, Nguyễn Thị Bảy (2023), “Applicability of the MIKE21 Model for Simulating the rip current: A case study for Cam Ranh Bay, Khanh Hoa Coastal of Vietnam”, *Physical Oceanography*, 30 (4), pp. 508-521.
3. **Ngô Nam Thịnh**, Nguyễn Thị Bảy (2023), “Nghiên cứu xác định trường sóng ven bờ khu vực Bãi Dài – Cam Ranh bằng mô hình toán”, *Khí tượng thủy văn*, 755, tr. 35-43.
4. **Ngô Nam Thịnh**, Đỗ Vĩnh Nguyên, Lê Thị Phụng, Nguyễn Thị Bảy (2021), “Nghiên cứu xác định năng lượng sóng biển khu vực Nam Trung Bộ”, *Khí tượng thủy văn*, 722, tr. 58-67.