

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Hoàng Thu Thảo

**ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ
THỦY ĐỘNG LỰC ĐẾN XU THẾ ỔN ĐỊNH THEO MÙA
VÙNG CỬA SÔNG ĐÀ DIỄN**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

Hà Nội, 2018

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Hoàng Thu Thảo

**ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ
THỦY ĐỘNG LỰC ĐẾN XU THẾ ỔN ĐỊNH THEO MÙA
VÙNG CỬA SÔNG ĐÀ DIỄN**

Chuyên ngành: Thủy văn học

Mã số: 8440224.01

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS NGUYỄN TIỀN GIANG

Hà Nội, 2018

LỜI CẢM ƠN

Luận văn thạc sĩ khoa học chuyên ngành thủy văn học với đề tài: "***Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực đến xu thế ổn định theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn***" là kết quả quá trình nghiên cứu của bản thân và được sự giúp đỡ, động viên khích lệ của các giảng viên, bạn bè đồng nghiệp và người thân. Qua trang viết này, tác giả xin gửi lời cảm ơn tới những người đã giúp đỡ tôi trong thời gian học tập và nghiên cứu khoa học vừa qua.

Tôi xin tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc đối với PGS. TS. Nguyễn Tiền Giang đã tận tình hướng dẫn, định hướng nghiên cứu, cũng như chia sẻ các kinh nghiệm nghiên cứu khoa học cần thiết cho luận văn này.

Xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Bộ môn Thủy văn học đã toàn điều kiện cho tôi hoàn thành tốt công trình nghiên cứu khoa học của mình.

Xin chân thành cảm ơn ban chủ nhiệm đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diễn và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội” mã số ĐTĐL.CN.15/15 do Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội chủ trì, đã cung cấp số liệu, tài liệu cũng như hỗ trợ tôi trong quá trình nghiên cứu.

Tác giả

Hoàng Thu Thảo

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG.....	i
DANH MỤC HÌNH.....	ii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1. Tổng quan chung.....	3
1.1. Định nghĩa và phân loại cửa sông.....	3
1.1.1. Định nghĩa.....	3
1.1.2. Phân loại cửa sông.....	4
1.2. Tổng quan các nghiên cứu về ảnh hưởng của thủy động lực đến xu thế ổn định cửa sông.....	7
1.3. Tổng quan về khu vực nghiên cứu.....	10
1.3.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên.....	10
1.3.2. Đặc điểm kinh tế - xã hội.....	17
1.3.3. Đặc điểm biến động hình thái khu vực cửa sông Đà Diễn.....	18
CHƯƠNG 2. Phương pháp và số liệu.....	21
2.1. Phương pháp xây dựng các chỉ tiêu ổn định cửa sông.....	21
2.1.1. Giảm đồ Escoffier.....	21
2.1.2. Các chỉ tiêu ổn định của P.Bruun.....	28
2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 21.....	33
2.2.1. Mô hình tính sóng Mike 21 SW.....	33
2.2.2. Mô hình tính thủy lực Mike 21FM HD.....	34
2.2.3. Mô hình tính vận chuyển trầm tích Mike 21 MT.....	36
2.3. Thu thập và xử lý số liệu.....	38

CHƯƠNG 3. Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực đến xu thế ổn định vùng cửa sông Đà Diễn	40
3.1. Xây dựng kịch bản về thông số thủy động lực theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn	40
3.1.1. Kịch bản theo mùa (ba giai đoạn trong năm)	40
3.1.2. Kịch bản dài hạn theo năm	50
3.2. Dự tính xu thế ổn định theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn	52
3.2.1. Kết quả dự tính xu thế ổn định theo giản đồ Escoffier.....	52
3.2.2. Thiết kế địa hình khu vực họng sông	56
3.2.3. Đánh giá xu thế ổn định của khu vực cửa sông bằng chỉ tiêu ổn định Bruun	59
Kết luận và kiến nghị	64
Tài liệu tham khảo.....	67
Phụ lục.....	70

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Bảng phân phối dòng chảy trung bình nhiều năm tại trạm Củng Sơn (1977 – 2016) [1].....	15
Bảng 2. Đường kính hạt trung bình (d_{50}) và độ chọn lọc (s_0) của trầm tích vùng cửa sông Đà Diển [4].....	15
Bảng 3. Chỉ tiêu ổn định cửa sông theo tỷ số P/M [11].....	31
Bảng 4. Chỉ tiêu ổn định cửa sông theo tỷ số Q_m/M và τ [11].....	31
Bảng 5. Phân tích giá trị độ cao sóng theo tháng.....	41
Bảng 6. Phân tích giá trị hướng sóng theo tháng.....	41
Bảng 7. Phân tích giá trị góc giữa sóng với đường bờ theo tháng.....	42
Bảng 8. Phân tích giá trị chu kỳ sóng theo tháng.....	43
Bảng 9. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo tháng.....	44
Bảng 10. Phân tích giá trị biên độ triều theo tháng.....	44
Bảng 11. Phân tích giá trị độ cao sóng theo giai đoạn.....	45
Bảng 12. Phân tích giá trị hướng sóng theo giai đoạn.....	46
Bảng 13. Phân tích giá trị góc giữa sóng với đường bờ theo giai đoạn.....	47
Bảng 14. Phân tích giá trị chu kỳ sóng theo giai đoạn.....	47
Bảng 15. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo giai đoạn.....	48
Bảng 16. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo giai đoạn.....	49
Bảng 17. Các kịch bản tính toán theo ba giai đoạn trong năm.....	49
Bảng 18. Phân tích các giá trị yếu tố sóng theo năm.....	50
Bảng 19. Phân tích các giá trị yếu tố sông và triều theo năm.....	51
Bảng 20. Các kịch bản điều kiện thủy động lực theo năm.....	51
Bảng 21. So sánh sai khác mặt cắt ngang thiết kế lý tưởng và thiết kế trên mô hình Mike.....	59

DANH MỤC HÌNH

Hình 1. Vị trí cửa Đà Diễn	10
Hình 2. Hoa gió tính từ số liệu gió đo tại trạm Tuy Hòa [1].....	13
Hình 3. Cửa sông Đà Diễn bị bồi lấp, tàu thuyền ra vào khó khăn (Tháng 12/2015)	18
Hình 4. Kè đá bảo vệ bờ Nam cửa sông Đà Diễn (11/2017)	19
Hình 5. Sơ đồ nghiên cứu của Luận văn	21
Hình 6. Giản đồ Escoffier cơ bản [21]	22
Hình 7. Giản đồ Escoffier mở rộng theo sự thay đổi của đường cong thực [31].....	23
Hình 8. Giản đồ Escoffier mở rộng xây dựng bởi Lam (2009) [21].....	24
Hình 9. Giản đồ Escoffier mở rộng theo sự thay đổi của đường cong cân bằng [31]	25
Hình 10. Sơ đồ cơ chế vận chuyển bùn cát tại cửa sông [11].....	29
Hình 11. Luồng dữ liệu tính toán và các quá trình vật lý được mô phỏng trong module HD và MT	37
Hình 12. Phân tích độ cao sóng theo tháng	40
Hình 13. Phân tích hướng sóng theo tháng	41
Hình 14. Phân tích góc giữa sóng với đường bờ theo tháng.....	42
Hình 15. Phân tích chu kỳ sóng theo tháng.....	43
Hình 16. Phân tích lưu lượng sóng theo tháng.....	43
Hình 17. Phân tích biên độ triều theo tháng.....	44
Hình 18. Phân tích độ cao sóng theo giai đoạn.....	45
Hình 19. Phân tích hướng sóng theo giai đoạn	46
Hình 20. Phân tích góc giữa sóng với đường bờ theo giai đoạn	46
Hình 21. Phân tích chu kỳ sóng theo giai đoạn.....	47
Hình 22. Phân tích lưu lượng sóng theo giai đoạn.....	48
Hình 23. Phân tích lưu lượng sóng theo giai đoạn.....	48
Hình 24. Phân tích yếu tố sóng theo năm	50
Hình 25. Phân tích yếu tố sóng và triều theo năm	51
Hình 26. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 1 (từ tháng 1 đến tháng 4)	52

Hình 27. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 2 (từ tháng 5 đến tháng 9)	53
Hình 28. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 3 (từ tháng 10 đến tháng 12) ..	54
Hình 29. Giản đồ Escoffier xây dựng thời đoạn cả năm.....	55
Hình 30. Bổ sung điểm địa hình thiết kế cho cửa sông Đà Diễn	57
Hình 31. Mặt cắt ngang hòng sông thiết kế trong trường hợp 1 và trường hợp 2	58
Hình 32. Vị trí các mặt cắt trích xuất kết quả từ mô hình Mike 21	60
Hình 33. Biểu đồ quan hệ A~Qm giai đoạn 1	61
Hình 34. Biểu đồ quan hệ A~Qm giai đoạn 2.....	62
Hình 35. Biểu đồ quan hệ A~Qm giai đoạn 3.....	62
Hình 36. Biểu đồ quan hệ A~Qm trận lũ năm 1993	63

MỞ ĐẦU

Lưu vực sông Ba là một trong chín lưu vực sông lớn nhất Việt Nam. Khu vực hạ lưu sông Ba, còn được gọi là sông Đà Rằng, đi qua địa phận phường 6 và phường Phú Lâm, thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên. Cửa Đà Diễn là nơi sông Ba đổ ra biển. Đây là nơi ngư dân địa phương sử dụng làm bến cảng với hơn 900 tàu khai thác hải sản xa bờ thường xuyên neo đậu. Vùng biển này có tiềm năng rất lớn về khai thác nguồn lợi thủy hải sản, đặc biệt cảng cá khu vực cửa sông Đà Diễn đã trở thành một trong những trung tâm buôn bán cá ngừ đại dương lớn nhất duyên hải miền Trung. Bên cạnh đó, khu vực Nam Phú Yên, đặc biệt là thành phố Tuy Hòa là vùng trung tâm phát triển kinh tế của tỉnh. Tuy nhiên, khu vực cửa sông Đà Diễn đã và đang có các diễn biến vô cùng phức tạp ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống người dân và tình hình phát triển kinh tế của khu vực. Cửa sông Đà Diễn có xu hướng bị bồi lấp và đã từng bị đóng hoàn toàn trong năm các năm 1990, 1998 và 2007. Hiện tượng này xảy ra phổ biến vào các tháng mùa kiệt. Nhưng chỉ trong thời gian ngắn khi lũ lớn xảy ra, cửa sông lại mở rộng ra rất lớn, đặc biệt là ảnh hưởng của trận lũ năm 1993 với lưu lượng lũ là $21.500 \text{ m}^3/\text{s}$ đo đạc tại trạm thủy văn Củng Sơn đã khiến độ rộng tại hòng cửa sông Đà Diễn mở rộng hơn 1.000m.

Có thể thấy, diễn biến cửa sông Đà Diễn có những biến động phức tạp không chỉ theo thời đoạn dài mà còn có xu hướng biến động khác nhau theo từng mùa. Do đó, việc đưa ra các phương án chỉnh trị cửa sông càng gặp nhiều khó khăn.

Luận văn với tên đề tài “***Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực đến xu thế ổn định theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn***” có mục tiêu: (i) Phân tích và dự tính xu thế ổn định của cửa sông Đà Diễn dưới các điều kiện thủy động lực khác nhau theo mùa; (ii) Phân tích và dự tính xu thế ổn định của cửa sông Đà Diễn theo thời đoạn dài (cả năm); (iii) Đề xuất khoảng diện tích mặt cắt ngang ổn định tại hòng cửa sông và (iv) Đánh giá sự ổn định của toàn bộ khu vực cửa sông trong điều kiện hòng cửa sông ổn định.

Để đạt được các mục tiêu đó, luận văn sử dụng kết hợp ba phương pháp bao gồm phương pháp xây dựng biểu đồ Escoffier, phương pháp mô hình toán (Mike 21) và áp dụng chỉ tiêu ổn định của P.Bruun.

Ngoài các mục mở đầu và kết luận, kiến nghị; luận văn bao gồm 3 chương như sau:

Chương 1: Tổng quan chung

Chương 2: Phương pháp và số liệu

Chương 3: Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực đến xu thế ổn định vùng cửa sông Đà Diễn

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CHUNG

1.1. Định nghĩa và phân loại cửa sông

1.1.1. Định nghĩa

Theo các nhà thủy văn học, cửa sông được hiểu với nghĩa khá rộng, đó là nơi kết thúc một con sông. Nơi kết thúc một con sông có thể là hồ, ao, đầm lầy, một con sông khác hoặc là biển. Trong khuôn khổ luận văn này, học viên tập trung nghiên cứu về các cửa sông ven biển.

Việc nghiên cứu vùng cửa sông ven biển trên thế giới nói chung và trong nước nói riêng đã rất phổ biến từ rất lâu. Có rất nhiều những định nghĩa về cửa sông được đưa ra bởi các nhà khoa học. Theo Cameron và Pritchard (1963) [12]: “Cửa sông là một thủy vực ven biển nửa kín có liên hệ trực tiếp với nước biển khơi và tại đây, nước biển bị pha loãng đáng kể với nước ngọt từ các khu vực thu nước trên đất liền”. Ngoài ra, trên cơ sở khoa học về hình thái và động lực học cửa sông, các nhà khoa học đã định nghĩa cửa sông như sau: “Cửa sông là vực nước ven bờ nửa kín có cửa thông với biển và trong đó nước biển xáo trộn với nước sông từ trong lục địa đổ ra”.

Năm 1980, Fairbridge đã đưa ra định nghĩa mới về cửa sông, trong đó bổ sung sự phân vùng cửa sông ven biển như sau: “Một cửa sông là một nhánh của biển đi vào một dòng sông đến nơi mà mực nước cao nhất của thủy triều còn vươn tới, thường được chia thành 3 phần khác nhau (i) phần biển hay phần cửa sông thấp, nối liền với biển khơi; (ii) phần cửa sông trung, nơi diễn ra sự pha trộn chính của nước biển và nước ngọt; và (iii) phần cửa sông cao, chi phối bởi nước ngọt nhưng còn tác động của thủy triều. Giới hạn giữa 3 phần này không cố định và biến động theo lượng nước ngọt đổ ra từ sông” [17].

Như vậy, có thể thấy cửa sông ven biển là một khu vực có đặc trưng động lực phức tạp do chịu tương tác của cả yếu tố sông và yếu tố biển. Đây cũng chính là khu vực có hệ sinh thái phát triển đa dạng và dồi dào dinh dưỡng.

1.1.2. Phân loại cửa sông

Do chịu ảnh hưởng của hai thủy vực khác nhau hoàn toàn (sông, biển) nên cửa sông là khu vực khá phức tạp. Vì vậy, việc phân loại cửa sông cũng đa dạng theo các hướng tiếp cận trong nghiên cứu vùng cửa sông ven biển.

1.1.2.1. Hướng phân loại cửa sông theo địa hình và hình dạng

Theo Pritchard (1952), cửa sông được phân thành 4 loại chính theo địa hình: (i) cửa sông đồng bằng ven biển (thung lũng ngập nước) hình thành trong thời kì biển tiến do sự ngập lụt các cửa sông bị chia cắt mạnh và tỷ lệ giữa độ rộng và độ sâu của cửa sông là lớn; (ii) cửa sông dạng Fjord (vịnh hẹp) hình thành ở vùng có sự hoạt động của băng, các cửa sông này thường rất sâu, hẹp và phân tầng mạnh; (iii) cửa sông có bar chắn xuất hiện trong thời kì băng hà, đặc trưng của các cửa sông này là các doi cát đặc trưng cắt ngang cửa sông, cửa sông thường nông, độ sâu khoảng vài mét, thường có các đầm phá và luồng tàu nông ở phía trong cửa; (iv) cửa sông kiến tạo hình thành do động đất, đứt gãy vỏ trái đất, hoạt động của núi lửa,...

Một phương pháp phổ biến phân loại cửa sông dựa trên hình dạng mặt bằng và bờ. Theo cách phân loại này, cửa sông Việt Nam được chia thành ba loại chính là cửa sông lồi (Delta), cửa sông phẳng (Liman) và cửa sông lõm (Estuary) [3]

- Cửa sông lõm (Estuary): là cửa sông có sự phát triển mạnh của các bãi bồi ven bờ do tác động của dòng chảy ven bờ trong quá trình phát triển cửa sông. Hay khi chịu tác động chính của dòng triều, cửa sông sẽ xuất hiện các bãi bồi phát triển mạnh hơn, tạo thành các doi cát, bar chắn thẳng góc với đường bờ.
- Cửa sông lồi (Delta): Cũng có sự phát triển các bãi bồi ven bờ nhưng lại xuất hiện chắn phía trước cửa sông ở dạng doi cát hoặc dạng bãi ngầm.
- Cửa sông phẳng (Liman): Ở loại cửa sông này, các bãi bồi phát triển chắn cửa và song song với đường bờ.

1.1.2.2. Hướng phân loại cửa sông theo tính chất vật lý, hóa học và sinh học

Phân loại cửa sông trên cơ sở sự cân bằng nước: Cửa sông được chia thành ba loại là (i) cửa sông tích cực (có lượng nước được bổ sung từ mưa, dòng chảy sông, băng tan lớn hơn lượng nước bị bốc hơi hoặc đóng băng); (ii) cửa sông tiêu cực (có lượng nước bị bốc hơi lớn hơn lượng nước bổ sung từ mưa, không có hoặc ít có dòng chảy sông) và (iii) cửa sông có dòng chảy nhập lưu thấp (lượng bốc hơi cao, có chịu ảnh hưởng nhỏ của sông, mùa kiệt cửa sông xuất hiện vùng độ mặn tối đa)

Theo cấu trúc độ muối, cửa sông được chia thành bốn loại: (i) Cửa sông phân tầng mạnh kiểu nêm mặn ở đó nước ngọt và nước mặn không xáo trộn mà bị ngăn cách bởi nêm mặn, (ii) cửa sông phân tầng mạnh kiểu Fjord có sự đồng độ mặn ở rất sâu do dạng cửa sông Fjord thường sâu và hẹp, (iii) cửa sông xáo trộn một phần xảy ra khi tốc độ dòng triều bắt đầu lớn và có khả năng gây ra sự xáo trộn giữa nước mặn với nước ngọt và (iv) cửa sông đồng nhất thẳng đứng là các cửa sông có lưu lượng dòng triều lớn hơn nhiều so với lưu lượng sông nên sự xáo trộn xảy ra tại cửa sông là hoàn toàn.

Dựa trên đặc điểm về độ đục, cửa sông được chia thành ba loại: Cửa sông có nhiều bùn cát ($\rho > 0.2 \text{ kg/m}^3$), cửa sông có ít bùn cát ($\rho < 0.16 \text{ kg/m}^3$) và dạng cửa sông quá độ ($0.16 < \rho < 0.2 \text{ kg/m}^3$).

1.1.2.3. Hướng phân loại cửa sông theo ảnh hưởng của các yếu tố động lực học

Năm 1975, Galloway đã đề xuất một tam giác phân loại cửa sông dựa trên mức độ chiếm ưu thế của ba yếu tố: sông, sóng và thủy triều. Theo đó, các cửa sông được phân theo bốn dạng chính gồm (i) sóng chiếm ưu thế, (ii) dòng chảy sông chiếm ưu thế và (iii) dòng triều chiếm ưu thế [18].

Với các cửa sông có yếu tố dòng triều chiếm ưu thế, độ ổn định của cửa sông tương đối cao, sự biến động cửa sông thường diễn biến chậm trong thời gian từ 10 đến hơn 1000 năm [35]. Cửa sông thường có tỷ lệ giữa độ rộng và độ sâu cửa khá lớn [34]. Đặc biệt khi dòng triều rút chiếm ưu thế, sự vận chuyển của trầm tích trong sông được đưa ra ngoài biển một cách mạnh mẽ tạo thành các doi cát ngầm phía biển,

khuyến cho cửa sông không bị bồi lấp bởi bùn cát cung cấp từ thượng lưu sông [23]. Ảnh hưởng của triều thường được xét dựa trên độ lớn thủy triều và được phân loại thành ba mức độ: (i) cửa sông có triều mạnh (biên độ triều $\Delta h > 4\text{m}$), (ii) cửa sông có triều trung bình ($2\text{m} < \Delta h < 4\text{m}$) và (iii) cửa sông có triều yếu ($\Delta h < 2\text{m}$). Các cửa sông có triều chiếm ưu thế thường là các cửa sông có chế độ triều mạnh. Tuy vậy, một số cửa sông có chế độ triều mạnh nhưng dòng triều không phải là yếu tố chiếm ưu thế, điển hình như cửa sông lớn Amazon [34]. Bên cạnh đó, cũng có các cửa sông ở chế độ triều yếu nhưng dòng triều lại là yếu tố chiếm ưu thế tại cửa sông.

Khi yếu tố sông chiếm ưu thế, cửa sông được hình thành có dạng đồng bằng. Nhờ sự bồi tụ bùn cát thường xuyên từ dòng chảy sông lớn, mà các đồng bằng ven biển luôn dồi dào chất dinh dưỡng và là đặc điểm quan trọng thu hút dân cư đến sinh sống tại đây. Cửa sông có yếu tố sông chiếm ưu thế thường có xu hướng mở rộng lấn biển theo thời gian, một lượng bùn cát khá lớn được vận chuyển về phía biển nhưng không bồi tụ tại trước cửa sông mà bị phân tán bởi sóng và dòng chảy ven bờ biển [13]. Tuy nhiên, do các cửa sông dạng đồng bằng phụ thuộc rất nhiều vào lượng bùn cát bồi đắp từ dòng chảy sông thượng lưu nên các cửa sông dạng này khá nhạy cảm với với các hoạt động khai thác [22] và sử dụng nước của con người cũng như ảnh hưởng của biến đổi khí hậu [36].

Khi so sánh hai dạng cửa sông có dòng triều chiếm ưu thế và yếu tố sông chiếm ưu thế có thể thấy, các cửa sông này có một số điểm tương đồng như: (i) tại một số cửa sông, sự rửa trôi các trầm tích tại cửa sông do dòng triều hoặc dòng chảy sông là khá lớn nhưng tại đây vẫn xuất hiện các bar cát chắn ngang kéo dài được hình thành do sự tác động của yếu tố sóng, (ii) tuy nhiên, các bar chắn cát này hoàn toàn không ổn định và sẽ bị phá vỡ bởi dòng chảy lũ hoặc dòng triều cường. Khi xét đến đoạn gần cửa sông, có thể thấy sự khác biệt giữa hai dạng cửa sông này. Với cửa sông có yếu tố triều chiếm ưu thế, bùn cát bồi tụ tại đoạn gần cửa sông không gắn kết chặt chẽ với nhau mà thường bị dòng triều dịch chuyển hoặc phá vỡ liên kết theo chu kỳ triều [13], do đó, khi sông có xuất hiện lũ lớn kết hợp với dòng triều xuống sẽ làm xói mạnh đoạn gần cửa sông khiến cho khu vực gần cửa sông này trở nên sâu và rộng.

Ngược lại, các cửa sông có yếu tố sóng chiếm ưu thế lại có sự liên kết chặt chẽ giữa các trầm tích bồi tụ tại đoạn gần cửa sông, hình thành nên các bãi bồi lớn, khi xuất hiện lũ lớn, chỉ một phần bãi bồi bị phá vỡ và dịch chuyển theo dòng chảy sông ra biển [13].

Nếu như dòng triều và dòng chảy sông có xu hướng rửa trôi bùn cát, làm mở rộng cửa sông thì ảnh hưởng của yếu tố sóng lại khiến cho cửa sông bị bồi tụ thông qua dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ mà nó gây ra [11]. Các cửa sông có yếu tố sóng chiếm ưu thế thường không ổn định và có xu hướng luôn dịch chuyển theo hướng chiếm ưu thế của sóng. Xu thế này của cửa sông càng ngày càng khiến cho sự lưu thông của dòng triều và dòng chảy sông gặp khó khăn, từ đó bùn cát được sóng đưa tới càng lắng đọng nhiều hơn và gây ra hiện tượng lấp cửa sông [27, 29]. Đối với các cửa sông có sóng chiếm ưu thế, lưu lượng sông và năng lượng thủy triều (lãng trụ triều) đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định sự đóng và mở của cửa sông.

Các cửa sông có yếu tố sóng chiếm ưu thế, kết hợp với điều kiện phân mùa rõ rệt của dòng chảy sông, thường rất không ổn định. Cửa sông sẽ có xu hướng đóng hoặc mở cửa sông theo mùa [26].

1.2. Tổng quan các nghiên cứu về ảnh hưởng của thủy động lực đến xu thế ổn định cửa sông

Dựa vào các biến động của cửa sông, Trang (2015) đã phân các cửa sông ổn định thành 3 loại [14]:

- (i) Cửa sông luôn mở và có vị trí không đổi
- (ii) Cửa sông luôn mở nhưng vị trí thường xuyên bị dịch chuyển
- (iii) Cửa sông đóng mở theo mùa nhưng có vị trí không đổi

Có thể thấy, theo cách phân loại này, một cửa sông được coi là ổn định có thể được hiểu theo nghĩa là sự ổn định một phần hoặc ổn định toàn phần. Hai yếu tố được xét đến chủ yếu khi nói về sự ổn định của cửa sông là độ rộng (diện tích mặt cắt ngang) của cửa sông và vị trí của cửa sông.

Để phân tích và đánh giá sự ổn định cũng như dự tính xu thế biến động của cửa sông, có thể chia các nghiên cứu trước đây theo 4 hướng tiếp cận cơ bản: giải tích, mô hình toán, kinh nghiệm và thống kê [9].

Hướng tiếp cận giải tích có mục đích chính là đơn giản hóa các phương trình hay hệ phương trình toán và tìm ra nghiệm của chúng. Hướng tiếp cận này là hướng tiếp cận cơ bản và đã được áp dụng vào nhiều các nghiên cứu khác nhau trên thế giới trong nhiều lĩnh vực. Đối với việc áp dụng hướng nghiên cứu giải tích trong việc đánh giá xu thế ổn định của cửa sông, phải kể đến các nghiên cứu của Escoffier (1940) [15], Escoffier (1977) [16] hay Van de Kreeke (1992) [33],... về xây dựng mối quan hệ giữa vận tốc dòng lớn nhất (hoặc ứng suất tiếp lớn nhất) và diện tích mặt cắt ngang cửa sông (giản đồ đường cong thủy lực ổn định). Thông qua việc xây dựng giản đồ đó, sự ổn định của cửa sông được đề xuất và đánh giá. Ưu điểm của phương pháp này là có thể xác định một cách định lượng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định của hòng sông, đây là một giá trị quan trọng trong việc đề xuất phương án quản lý và chỉnh trị cửa sông. Tuy nhiên, không có mối quan hệ nào có thể đại diện cho tất cả các cửa sông trên thế giới, do đó, mỗi cửa sông đều cần được nghiên cứu và đề xuất mối quan hệ khác nhau [19].

Hướng tiếp cận kinh nghiệm hay bán kinh nghiệm cũng là một trong các hướng nghiên cứu phổ biến trong đánh giá mức độ ổn định của cửa sông. Hướng nghiên cứu này đã được bắt đầu từ khá lâu và dần phát triển trở nên phổ biến vào đầu thế kỷ XX. Một trong những nghiên cứu sớm nhất về ổn định cửa sông của hướng tiếp cận này là nghiên cứu của O'Brien (1931) [24]. Ông đã xây dựng một phương trình kinh nghiệm thể hiện mối quan hệ giữa diện tích mặt cắt ngang hòng sông và thể tích lắng trụ triều của các cửa sông ổn định.

$$A_c = c \times P^n \quad (1.1)$$

với các hệ số $c = 9,02 \times 10^{-4}$ và $n = 0,85$; A_c là diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất tại hòng sông và P là thể tích lắng trụ triều

Rất nhiều các nghiên cứu tiếp sau (Jarrett, 1976 [20]; Van de Kreeke, 1992 [33]; Townend, 2005 [30]; Powell, Thieke, and Mehta, 2006 [25]) đều tập trung vào áp dụng và phát triển phương trình này cho các cửa sông ở các khu vực khác nhau trên thế giới thông qua việc tìm các giá trị của hệ số c và n phù hợp. Đây là phương pháp phổ biến để đánh giá nhanh về trạng thái của cửa sông, tuy nhiên, phương pháp này phù hợp nhất với các cửa sông có yếu tố triều chiếm ưu thế. Bên cạnh phương pháp của O'Brien, các chỉ tiêu ổn định của P. Bruun cũng là một phương pháp phổ biến trong đánh giá sự ổn định của cửa sông. Ở đó, Bruun (1960) [10] đã đưa ra 3 chỉ tiêu ổn định bao gồm tỷ số P/M , Q_m/M and τ (trong đó, P là thể tích lắng trụ triều, M suất vận chuyển bùn cát dọc bờ, Q_m là lưu lượng nước lớn nhất qua mặt cắt cửa sông và ứng suất τ). Trạng thái của các cửa sông được đánh giá theo ba dạng: ổn định tốt, ổn định khá (trương đối) và kém ổn định; các biểu hiện tương ứng của các cửa sông cũng được mô tả chi tiết theo từng dạng ổn định này. Ưu điểm của phương pháp này là đã xét đến hầu hết các yếu tố tác động đến sự ổn định của cửa sông, tuy nhiên, sự đánh giá và phân loại của các chỉ tiêu ổn định đều chỉ mang tính định tính.

Hướng tiếp cận ứng dụng mô hình toán trong nghiên cứu cửa sông nói chung và nghiên cứu sự ổn định của cửa sông nói riêng là rất phổ biến. Tại Việt Nam, khá nhiều các nghiên cứu ứng dụng mô hình toán trong việc nghiên cứu về cửa sông, ví dụ như các nghiên cứu của Nguyễn Bá Quý (1994) [6], Nguyễn Bá Uân (2002) [8], Nguyễn Thọ Sáo (2010) [7] và Phạm Thu Hương (2013) [4]. Đây cũng là hướng tiếp cận được sử dụng một cách kết hợp linh hoạt với các hướng tiếp cận khác, như các nghiên cứu của Nghiêm Tiến Lam (2009) [21] và Trần Thanh Tùng (2011) [32] kết hợp ứng dụng mô hình DELFT3D với lý thuyết xây dựng giản đồ Escoffier để đánh giá sự ổn định của cửa sông dưới tác động của các yếu tố thủy động lực hay nghiên cứu của Trang (2015) [14] về đánh giá sự ổn định của các cửa sông nhỏ dưới ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu khi kết hợp giữa mô hình toán và chỉ tiêu ổn định của P. Bruun. Hướng tiếp cận sử dụng mô hình toán có ưu điểm lớn trong việc có thể xem xét đến hầu hết các yếu tố trực tiếp và gián tiếp ảnh hưởng đến cửa sông, diễn hình như tác động của con người. Tuy nhiên, mức độ chính xác của một mô phỏng bằng

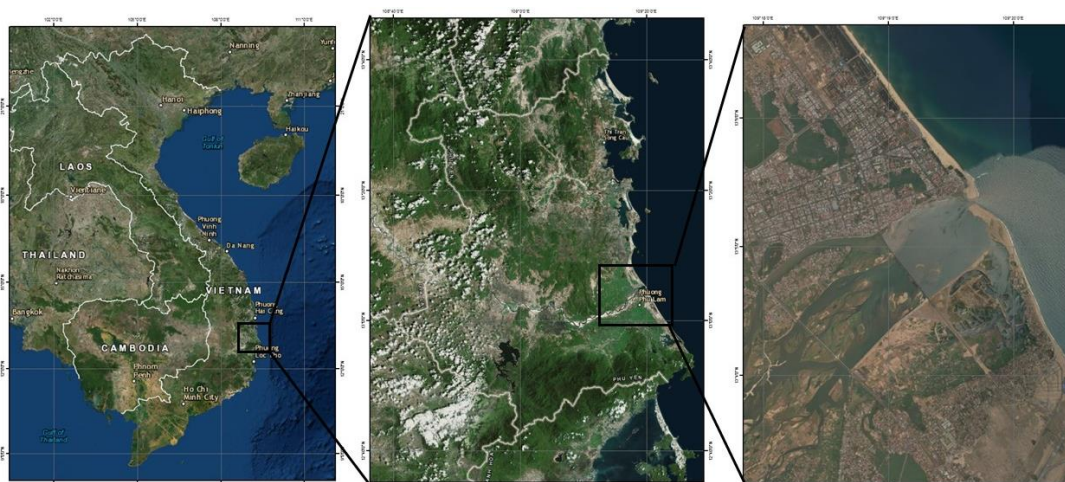
mô hình phụ thuộc vào sự chính xác và đầy đủ của chuỗi số liệu đầu vào cũng như cấu trúc của mô hình hay các thông số trong mô hình.

Hướng tiếp cận thống kê cũng là một hướng tiếp cận phổ biến tuy nhiên việc áp dụng hướng tiếp cận thống kê trong nghiên cứu biến động của cửa sông còn hạn chế, chủ yếu do chưa thỏa mãn yêu cầu về số liệu đầu vào. Một số nghiên cứu về phân tích và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến biến động cửa sông trên thế giới và trong nước như: phân tích các yếu tố thủy động lực của các cửa sông trên vùng biển Thái Bình Dương của Nhật Bản [28], nghiên cứu vai trò của dòng chảy sông đến sự phát triển hình thái của cửa sông Hoàng Hà, Trung Quốc [36], nghiên cứu cơ chế diễn biến hình thái cửa sông Đà Diễn, tỉnh Phú Yên [1],...

1.3. Tổng quan về khu vực nghiên cứu

1.3.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên

1.3.1.1. Vị trí địa lý



Hình 1. Vị trí cửa Đà Diễn

(Nguồn: Google Earth)

Hạ lưu sông Ba còn được gọi là sông Đà Rằng. Sông Ba dài 374 km, bắt nguồn từ dãy núi Ngọc Rô, tây bắc tỉnh Kon Tum, từ độ cao 1.549 mét, chảy theo hướng Bắc-Nam qua các huyện Kon Plông của tỉnh Kon Tum, KBang, Đăk Pơ, An Khê, Kông Chro, Ia Pa, Ayun Pa của tỉnh Gia Lai, chuyển sang hướng Tây Bắc-Đông Nam

qua huyện Krông Pa (Gia Lai) rồi đi vào địa phận Phú Yên theo hướng Tây-Đông làm thành ranh giới tự nhiên giữa Sơn Hòa và Sông Hinh, giữa Sơn Hòa và Tây Hòa, giữa Tây Hòa và Phú Hòa, giữa Tây Hòa và thành phố Tuy Hòa rồi đổ ra biển Đông ở cửa biển Đà Diễn (Hình 1).

Tọa độ của cửa sông Đà Diễn là khoảng 13°5'23.65" vĩ độ Bắc, 109°19'40.79" kinh độ Đông. Vùng cửa sông nằm ở phía Nam thành phố Tuy Hòa, giáp với huyện Đông Hòa – tỉnh Phú Yên.

1.3.1.2. Đặc điểm địa hình

Địa hình tỉnh Phú Yên khá phức tạp với phần diện tích đồi núi chiếm khoảng 70% diện tích toàn tỉnh. Địa hình của tỉnh có 6 đỉnh núi cao trên 1.000 m và đỉnh cao nhất là 1.470 m. Nửa phía Tây tỉnh Phú Yên là sườn phía Đông của dãy Trường Sơn, vì vậy địa hình của tỉnh thấp dần từ Tây sang Đông. Các vùng núi tương đối thấp ở phía Bắc và cao ở phía Nam tỉnh. Dãy núi Chư Mu, Hòn Bà cao trên 1000 m, ở biên giới phía Nam tỉnh. Thung lũng sông Ba kéo dài từ Gia Lai – Kon Tum, xuyên qua Phú Yên ra đến biển.

Do vị trí địa lý và ảnh hưởng của địa hình mà vùng hạ lưu vực sông Ba thường xuyên chịu tác động của các yếu tố tự nhiên như mưa, gió, sóng, bão, áp thấp nhiệt đới, phân bố bồi tích không đều gây nên lũ lụt, bồi lấp, xói lở khu vực cửa sông. Ngoài ra, những tác động của con người như khai thác không hợp lý tài nguyên rừng, khoanh đập các đầm nuôi hải sản, các công trình dân sinh, thủy lợi, thủy điện... làm thay đổi chế độ dòng chảy và lượng bùn cát từ sông đổ ra biển. Phía thượng nguồn rừng bị tàn phá làm suy thoái và cạn kiệt dòng chảy mùa khô ở hạ lưu dẫn đến hậu quả môi trường vùng ven biển như suy thoái hệ sinh thái, giảm nguồn lợi thủy sản, thay đổi vận chuyển bùn cát của sông, nhiễm mặn và suy giảm chất lượng nước.

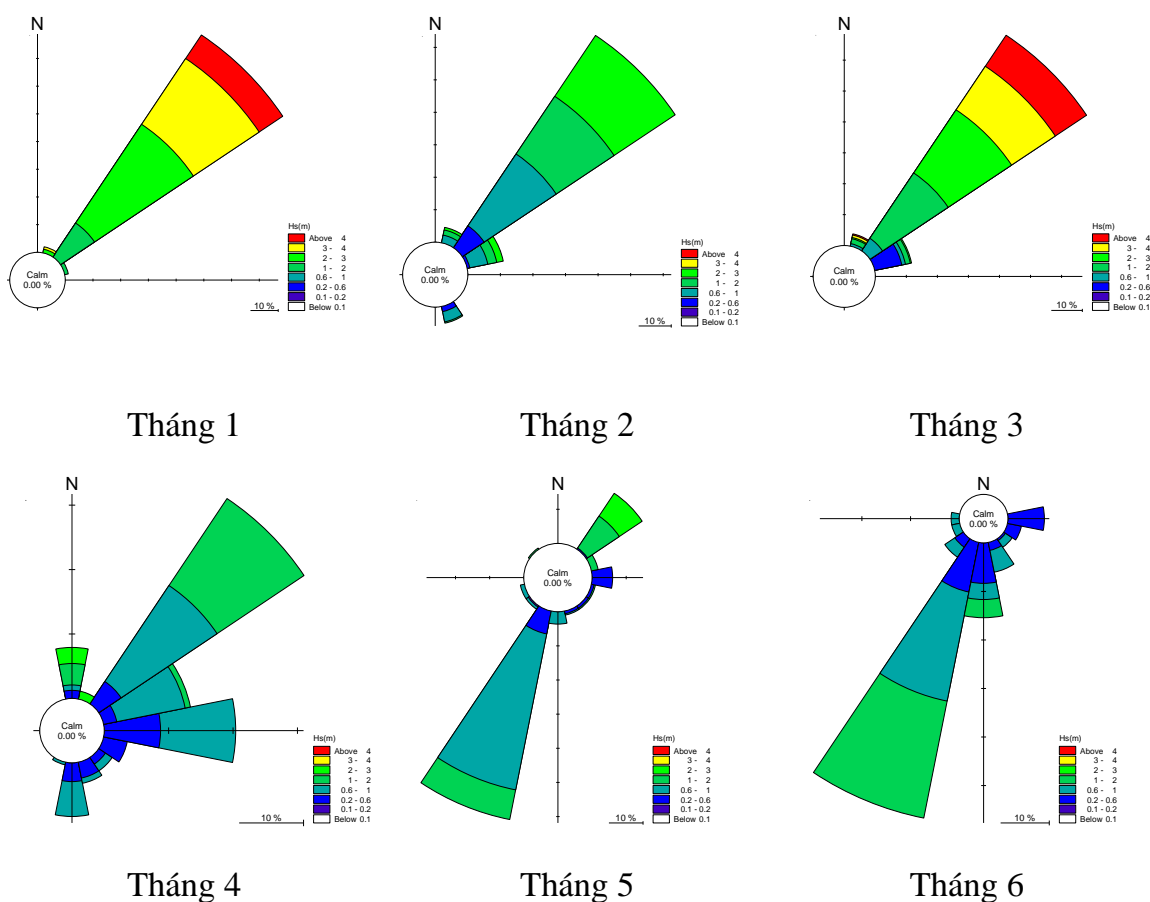
1.3.1.3. Đặc điểm khí tượng, thủy hải văn

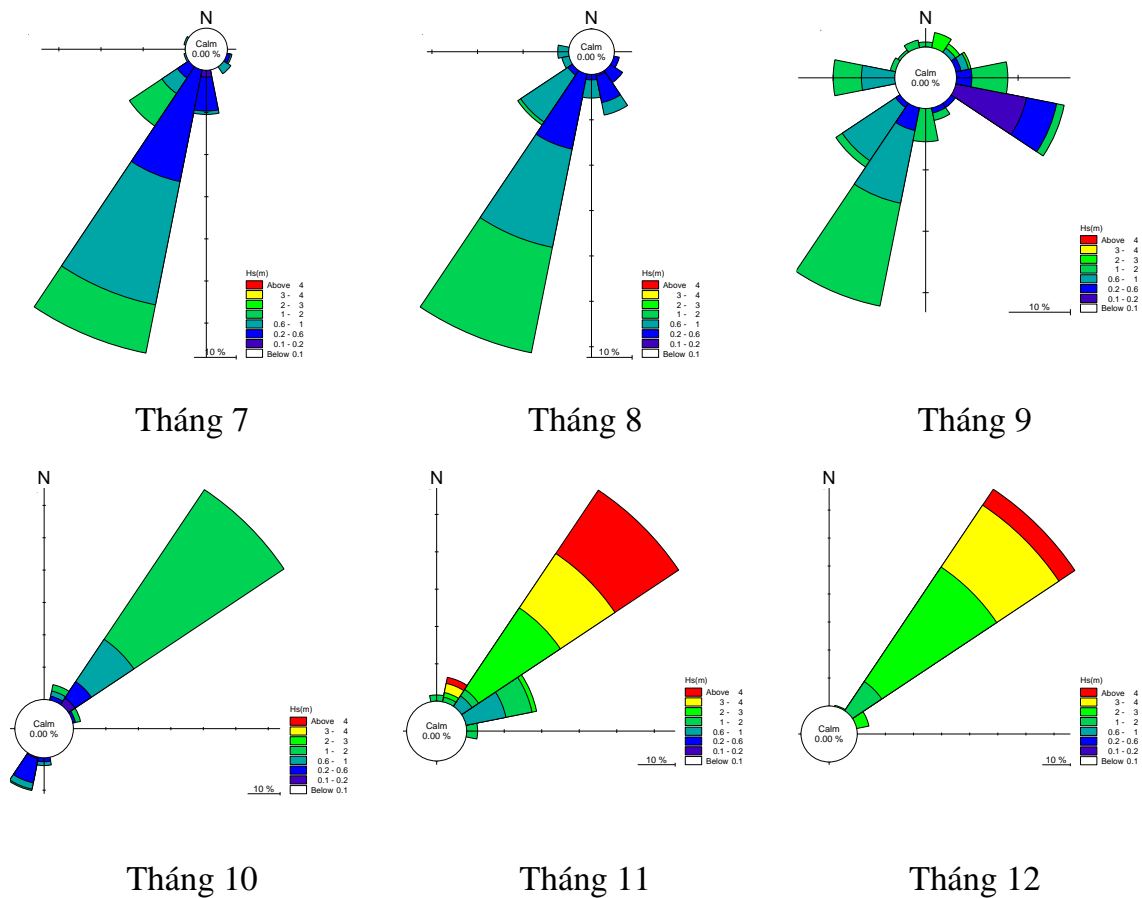
a. Đặc điểm khí tượng

Gió

Từ số liệu quan trắc tại các trạm Tuy Hoà, Miền Tây và Sơn Hòa (Phú Yên) từ năm 1987 đến năm 2007, có thể dễ dàng nhận thấy mùa đông (từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau) gió ở khu vực cửa Đà Diễn có hướng thịnh hành nhất là Bắc, tập trung chủ yếu vào góc từ 0 - 90° (từ Bắc đến Đông), trong mùa mưa có tần suất 50 – 60%, sau đó là gió Đông Bắc với tần suất 30 - 45%. Vào tháng 10 và tháng 4, gió Đông Bắc thường chiếm ưu thế nhất trong các hướng.

Từ tháng 5 đến tháng 9, gió mùa chủ yếu hướng Tây, tập trung vào góc từ 225° - 270° (từ Tây Nam đến Tây). Vào tháng 5, khu vực cửa Đà Diễn chủ yếu chịu ảnh hưởng bởi gió Đông với tần suất 32.3%. Suốt từ tháng 6 đến tháng 9, khu vực nghiên cứu thường xuyên có gió Tây với tần suất 30 - 65%, tháng 8 tần suất gió Tây lớn nhất trong năm. Từ cuối tháng 9, gió mùa Tây Nam bắt đầu bước vào thời kỳ suy thoái, đồng thời cũng là thời kỳ tranh chấp của hai thứ gió mùa. Có thể nói, tháng 9 là chuyển giao giữa hai mùa gió.





Hình 2. Hoa gió tính từ số liệu gió đo tại trạm Tuy Hòa [1]

Chế độ gió ở Phú Yên thể hiện hai mùa rõ rệt, từ tháng 10 đến tháng 4 là thời kỳ thịnh hành một trong ba hướng gió Bắc, Đông Bắc và Đông, từ tháng 5 đến tháng 9 là thời kỳ thịnh hành một trong ba hướng Tây, Tây Nam và Đông (Hình 2).

Mưa

Mưa là một yếu tố chính của khí hậu, thủy văn, là một trong những thành phần của cán cân nước. Phú Yên có một nền nhiệt độ cao thì mưa là nhân tố quan trọng chi phối thời vụ, cơ cấu cây trồng, năng suất và chất lượng sản phẩm nông nghiệp, đặc biệt là các vùng sản xuất còn lệ thuộc vào nước trời. Lượng mưa trung bình nhiều năm biến đổi từ 1300mm đến 2200mm, mưa ít nhất tại các vùng khuất gió như Cheo Reo, Phú Túc và mưa nhiều nhất là thượng nguồn sông Hinh và thượng nguồn sông Ba.

Mùa mưa trên lưu vực sông Ba giữa khu vực Tây và Đông Trường Sơn có khác nhau, ở Tây Trường Sơn mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, còn Đông Trường Sơn là từ tháng 9 đến tháng 12. Vì vậy dòng chảy mặt lưu vực sông Ba là phong phú, tính đến Tuy Hòa (diện tích 13000 km²) thì tổng lượng nước trung bình nhiều năm khoảng 9,8 tỷ m³. Vấn đề là lượng nước này phân bố không đều trong năm tạo ra mùa mưa ác liệt và mùa khô thiếu nước.

Có thể nói, Phú Yên tuy là một trong những tỉnh ven biển nằm trong khu vực đón bão, song bão không nhiều như Bắc Trung Bộ và miền Bắc, và xen kẽ có năm không có bão. Địa hình của tỉnh Phú Yên đóng vai trò quan trọng trong chế độ mưa của bão. Lượng mưa do bão đem tới đã góp phần làm cho tổng lượng mưa toàn mùa thêm phong phú, nhưng mưa bão kết hợp địa hình dốc ngấn đã làm cho các trận lũ trở nên phức tạp hơn trong suốt cả mùa.

b. Đặc điểm thủy văn

Dòng chảy

Lưu lượng dòng chảy vào mùa lũ trên sông Ba chiếm 71,8% lưu lượng dòng chảy cả mùa. Tháng có lưu lượng lớn nhất là tháng 11 với lưu lượng chiếm 25,8% lưu lượng dòng chảy cả năm (Bảng 1).

Dòng chảy mùa khô xuất hiện từ tháng 1 và kết thúc vào tháng 8. Từ cuối tháng 12 đến tháng 1, dòng chảy trên các sông được hình thành chủ yếu là do thành phần nước trữ lại từ mùa mưa trước đó cung cấp, thường giảm xuống nhanh chóng, đến tháng 4 đạt giá trị trung bình nhiều năm thấp nhất chỉ chiếm khoảng 1.4% dòng chảy năm. Từ tháng 5 đến tháng 8, nhờ có mưa lũ tiểu mãn, mùa Tây Nguyên và mưa sớm đầu mùa, nên tỉ lệ dòng chảy tăng lên đến 7,3% nhưng vẫn là mùa khô. Trong 8 tháng mùa khô, lượng dòng chảy chỉ chiếm khoảng 29,2% lượng dòng chảy năm, là thời kỳ thiếu nước cho sản xuất và dân sinh. Đây cũng chính là nguyên nhân động lực vùng cửa sông không còn khả năng cân bằng với động lực biển và thời gian này các yếu tố biển trội hơn nhiều các yếu tố sông, gây ra các tác động bồi lấp cửa do bùn

cát được vận chuyển từ biển và ven bờ, một phần nhỏ bùn cát mịn từ sông cũng bị lắng đọng ngay ở vùng trong cửa sông.

Bảng 1. Bảng phân phối dòng chảy trung bình nhiều năm tại trạm Củng Sơn (1977 – 2016) [1]

Tháng	1	2	3	4	5	6
Lưu lượng trung bình tháng nhiều năm (m ³ /s)	152,24	83,09	54,50	47,23	95,96	133,45
Tỷ lệ (%)	4,56	2,49	1,63	1,42	2,88	4,00
Tháng	7	8	9	10	11	12
Lưu lượng trung bình tháng nhiều năm (m ³ /s)	131,61	243,41	377,14	674,13	862,16	480,89
Tỷ lệ (%)	3,95	7,30	11,31	20,21	25,85	14,42

Bùn cát sông Ba

Các kết quả phân tích thống kê cho thấy độ đục (hàm lượng bùn cát) trung bình nhiều năm của sông Ba tại Củng Sơn là 228,0 g/m³ nước. Trong đó tháng cao nhất là tháng 10 đạt tới 294,2 g/m³, tháng thấp nhất là tháng 3 chỉ có 18,3 g/m³, chênh nhau tới 16 lần.

Bảng 2. Đường kính hạt trung bình (d₅₀) và độ chọn lọc (s₀) của trầm tích vùng cửa sông Đà Diễn [4]

Loại trầm tích	D ₅₀ (mm)	Độ chọn lọc (s ₀)
Cuội	7,0 – 15,0	-
Cát thô	0,7 – 1,4	1,1 – 1,6
Cát trung bình	0,2 – 0,8	1,2 – 1,4
Cát mịn	0,08 – 0,2	1,3 – 1,6
Bùn lẫn cát	0,008 – 0,1	2,2 – 2,7
Bột sét	0,003 – 0,005	2,3 – 3,5

Kết quả điều tra nghiên cứu khảo sát cho thấy, đường kính cấp hạt (d_{50}) của tất cả các mẫu trầm tích trong khu vực nghiên cứu biến đổi từ 0,003 - 1,4 mm, ngoại trừ có một số ít cuội sỏi với đường kính cấp hạt biến đổi từ 7,0 - 15,0 mm. Hầu hết các trầm tích hạt thô có màu trắng, vàng - trắng và xám nhạt, còn những trầm tích hạt mịn có màu xám xanh và vàng xám. Nhìn chung độ chọn lọc của các trầm tích hạt thô và trung khá tốt, biến đổi từ 1,1 - 1,6 (Bảng 2). Tuy nhiên độ chọn lọc của các trầm tích hạt mịn kém hơn, biến đổi từ 2,2 - 3,5 [4].

c. Đặc điểm hải văn

Thủy triều

Thủy triều tại khu vực này thuộc chế độ nhật triều không đều. Hàng tháng có từ 18 đến 22 ngày nhật triều. Thời kỳ triều cường thường xuất hiện nhật triều, khi triều kém thường xuất hiện bán nhật triều. Độ lớn triều trung bình là $1,50 \pm 0,20$ m. Khi triều cường, độ cao mực nước là 1,70 m, khi triều kém độ cao triều là 0.50 m. Thời gian triều dâng thường kéo dài hơn thời gian triều rút. Vận tốc dòng triều không lớn, vào khoảng $20 \div 30$ cm/giây. Vào mùa mưa thủy triều chỉ gây ảnh hưởng tối đa đến khoảng 4 km trong sông. Vào mùa khô, lưu lượng dòng chảy nhỏ, triều truyền xa hơn.

Sóng biển

Khu vực ngoài khơi cửa Đà Diễn, do bị ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc từ tháng 10 đến tháng 4 và Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 9 (Hình 2) nên tương ứng với chúng là 2 hướng sóng thịnh hành Đông Bắc và Đông Nam. Từ tháng 1 đến tháng 4, hướng sóng thịnh hành là Đông Bắc. Độ cao trung bình của 2 hướng sóng trên trong khoảng thời gian này là 1,0 m và cực đại là 4,0 m. Từ tháng 5 đến tháng 9, hướng sóng chủ đạo là Đông Nam với độ cao trung bình là 0,8 đến 1,0 m và lớn nhất là 3,5 m. Từ tháng 10 đến tháng 12, thịnh hành là hướng sóng Bắc và Đông Bắc với độ cao trung bình là 0,9 m và độ cao lớn nhất biến đổi từ 3,5 đến 4,0 m. Nhìn chung, chế độ sóng trong mùa hè không ổn định và độ lớn nhỏ hơn so với mùa đông.

1.3.2. Đặc điểm kinh tế - xã hội

1.3.2.1. Dân số và lao động:

Năm 2014, dân số tỉnh Phú Yên là 887,4 nghìn người, trong đó nam giới là 443,9 nghìn, nữ giới là 443,5 nghìn. Có khoảng 538,8 nghìn người trong độ tuổi lao động.

Phú Yên là tỉnh có nhiều dân tộc cùng sinh sống, trong đó người Kinh chiếm 95%, người Ê Đê chiếm 2,04 %, Chăm Hroi chiếm 2,02%, dân tộc Ba Na chiếm 0,4 %, còn lại là các dân tộc khác như: Tày, Hoa, Nùng, Thái, Mường, Gia Rai, Sán Dìu, Hrê, Mnông...

1.3.2.2. Tình hình phát triển kinh tế

Theo báo cáo “Tình hình thực hiện kế hoạch kinh tế-xã hội và quốc phòng - an ninh năm 2015 và nhiệm vụ kế hoạch năm 2016” của UBND tỉnh Phú Yên.

Trong năm 2015 tốc độ tăng trưởng kinh tế tăng 9,4%, trong đó Nông- lâm- thủy sản tăng 3,3%, Công nghiệp - Xây dựng tăng 11,6%, Dịch vụ tăng 11%. Cơ cấu kinh tế chuyển dịch đúng hướng; tỷ trọng công nghiệp - xây dựng chiếm 36,1% (năm 2014 là 35,8%); nông - lâm - thủy sản chiếm 21,9% (năm 2014 là 23%) và dịch vụ chiếm 42% (năm 2014 là 41,3%). Thu nhập bình quân đầu người là 32,8 triệu đồng, tăng 10,1% so năm trước. Chỉ số giá tiêu dùng bình quân 10 tháng đầu năm 2015 tăng 0,8% so với cùng kỳ.

Sản xuất nông-lâm-thủy sản tuy gặp khó khăn, nhưng vẫn tăng khá so với cùng kỳ. Giá trị sản xuất nông-lâm nghiệp và thủy sản ước đạt 10.165,4 tỷ đồng (giá so sánh năm 2010), đạt 100,3% so với kế hoạch, tăng 3,3% so cùng kỳ; trong đó nông nghiệp tăng 2,6%, lâm nghiệp tăng 15,8%, thủy sản tăng 4,4%.

Giá trị sản xuất công nghiệp ước thực hiện 14.878,9 tỷ đồng, đạt 95,1% kế hoạch, tăng 11,5% so với cùng kỳ, trong đó: công nghiệp khai khoáng tăng 10,6%, công nghiệp chế biến tăng 12,3%, sản xuất và phân phối điện tăng 4,2%, cung cấp nước và xử lý rác thải tăng 5,1%. Một số sản phẩm chủ yếu của Tỉnh vẫn giữ mức

tăng trưởng khá như: Bia các loại tăng 81,9%, hải sản các loại tăng 32,2%, tinh bột sắn tăng 29,2%, hàng may mặc tăng 25,4%, nhân hạt điều tăng 6,1%... Riêng chế biến đường giảm 15,6% so với cùng kỳ, nguyên nhân do thời tiết nắng hạn nên diện tích và năng suất mía giảm. Tình hình sản xuất, kinh doanh của các doanh nghiệp trong các Khu công nghiệp phát triển khá, doanh thu tăng 9,9% so với cùng kỳ.

Tổng kim ngạch xuất khẩu ước thực hiện là 96,5 triệu USD, đạt 83,1% kế hoạch, tăng 3% so cùng kỳ. Một số mặt hàng xuất khẩu chủ lực của tỉnh giảm, do thị trường tiêu thụ gặp khó khăn, như: Hàng thủy sản các loại giảm 9,4%; hàng may mặc giảm 3,8%; riêng mặt hàng hạt điều nhân về số lượng giảm 6,9% và giá trị tăng 10,1% so với cùng kỳ. Tổng kim ngạch nhập khẩu là 75,6 triệu USD, đạt 94,5% kế hoạch, tăng 24,9% so với năm 2014.

1.3.3. Đặc điểm biến động hình thái khu vực cửa sông Đà Diễn

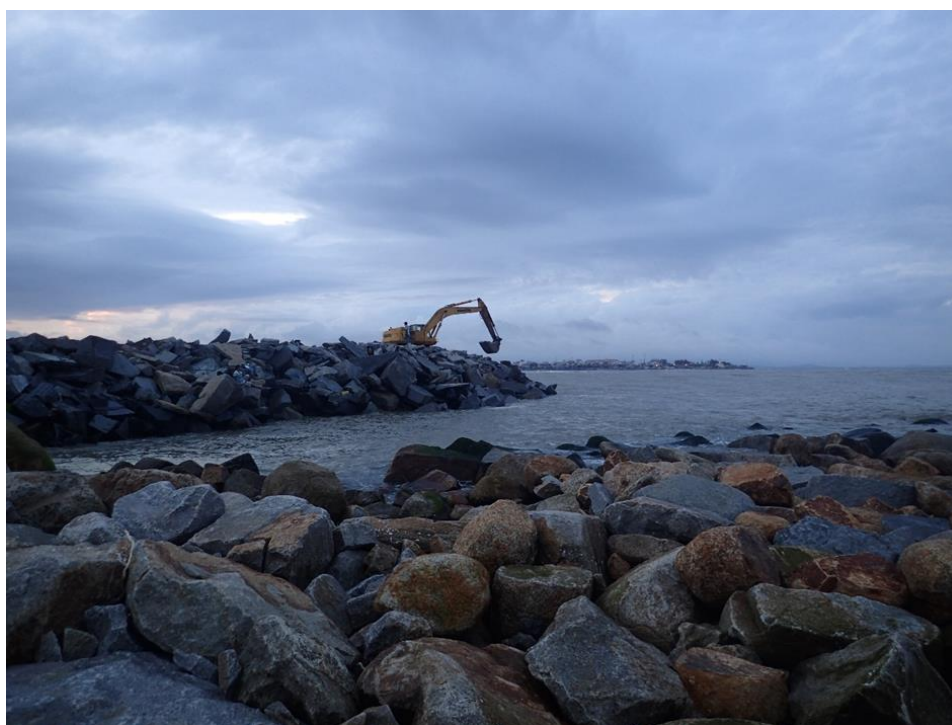
Biến động chế độ thủy động lực nói chung và biến động hình thái nói riêng ở vùng cửa sông là một hiện tượng cực kỳ phức tạp. Cửa sông là khu vực ảnh hưởng của tương tác giữa động lực sông và động lực biển. Cũng như các cửa sông ở khu vực miền Trung, ở cửa sông Đà Diễn do dòng chảy tập trung nhiều vào mùa mưa, vào mùa kiệt dòng chảy sông trong đó có dòng chảy bùn cát hầu như rất nhỏ, nên vào mùa kiệt với thời gian rất dài các yếu tố động lực biển thường chiếm ưu thế.



Hình 3. Cửa sông Đà Diễn bị bồi lấp, tàu thuyền ra vào khó khăn (Tháng 12/2015)

Chính vì vậy ở cửa sông biến động hình thái thường diễn ra hoặc là xói hoặc là bồi, hoặc cả xói, cả bồi theo không gian dọc bờ biển vào mùa kiệt (trùng với mùa gió Đông Bắc và đầu mùa gió Tây Nam từ tháng 11 tới tháng 5).

Cửa sông bị bồi khi có lượng bùn cát chuyển tải quá lớn dọc bờ và từ biển do tác động của sóng và hướng gió mùa đưa vào cửa sông. Ở vùng ven biển gần cửa sông có thể diễn ra xói do tác động của sóng gió mùa hoặc bão. Bùn cát do xói ở khu vực này là nguồn bổ sung thêm cho bồi tụ ở khu vực cửa sông. Trường hợp diễn ra cả xói cả bồi như vậy trong mấy năm gần đây thấy được ở cửa Đà Diển. Từ cuối năm 2013, vào mùa gió Đông Bắc từ tháng 11, 12 cho tới đầu mùa gió Tây Nam vào tháng 4, 5 của sông Đà Nông bị bồi lấp nghiêm trọng. Tàu thuyền không ra vào được hoặc ra vào rất khó khăn.



Hình 4. Kè đá bảo vệ bờ Nam cửa sông Đà Diển (11/2017)

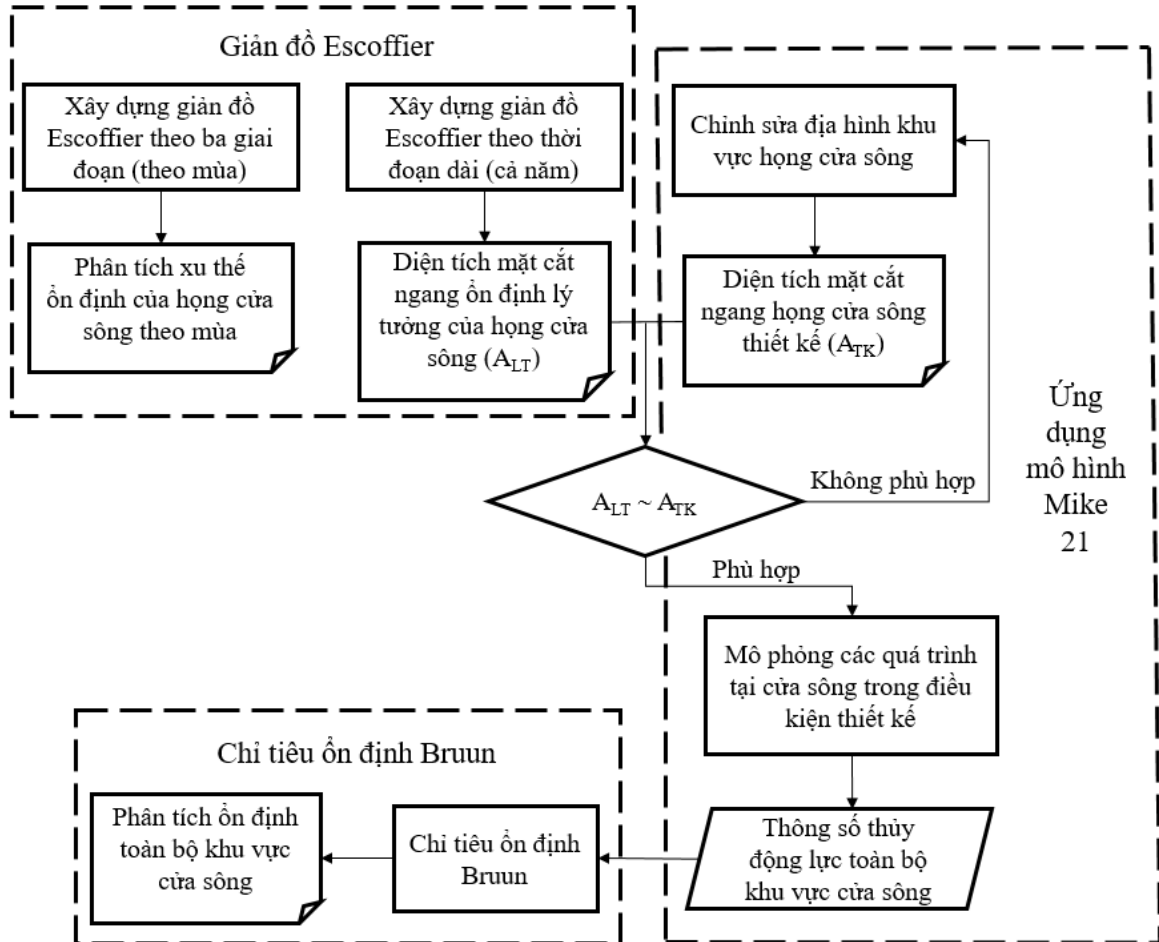
Tại đây, các doi cát do bồi tụ kéo dài từ bờ Bắc xuống phía Nam và ngược lại từ Nam lên Bắc làm cho chiều rộng cửa sông bị thu hẹp lại và lòng cửa sông bị bồi rất cao. Có giai đoạn doi cát tiến xuống phía Nam chiếm ưu thế, có giai đoạn doi cát tiến lên phía Bắc chiếm ưu thế, tùy thuộc vào hướng sóng và bùn cát vận chuyển. Sự

bồi tụ và co hẹp cửa sông như vậy làm cho tàu thuyền không thể ra vào các bến bãi nằm bên trong của sông.

Dưới tác động của các yếu tố ảnh hưởng khiến cửa sông bị thu hẹp đáng kể, chính quyền địa phương đã có các biện pháp tạm thời để giải quyết vấn đề này. Một trong số đó là việc nạo vét cát khu vực cửa sông. Tuy nhiên, việc nạo vét cát chưa cơ sở khoa học về khối lượng nạo vét, vị trí nạo vét và thời gian nạo vét đã khiến cửa sông có những biến động tiêu cực hơn sau trận lũ diễn ra vào tháng 11 năm 2017. Dải cát phía Nam hòng sông bị xói nghiêm trọng, chính quyền địa phương phải gấp rút làm kè đá để bảo vệ bờ, ngăn không cho hiện tượng xói ảnh hưởng vào sâu hơn (Hình 4). Đến năm 2018, từ kè đá bảo vệ bờ, chính quyền địa phương đã dần kéo dài kè đá để tái tạo lại dải phía Nam hòng cửa sông.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ SỐ LIỆU

Luận văn sử dụng ba phương pháp để đánh giá sự ảnh hưởng của chế độ thủy động lực đến xu thế ổn định cửa sông Đà Diễn. Hình 5 thể hiện các ứng dụng của mỗi phương pháp này trong khuôn khổ của Luận văn.



Hình 5. Sơ đồ nghiên cứu của Luận văn

2.1. Phương pháp xây dựng các chỉ tiêu ổn định cửa sông

2.1.1. Giản đồ Escoffier

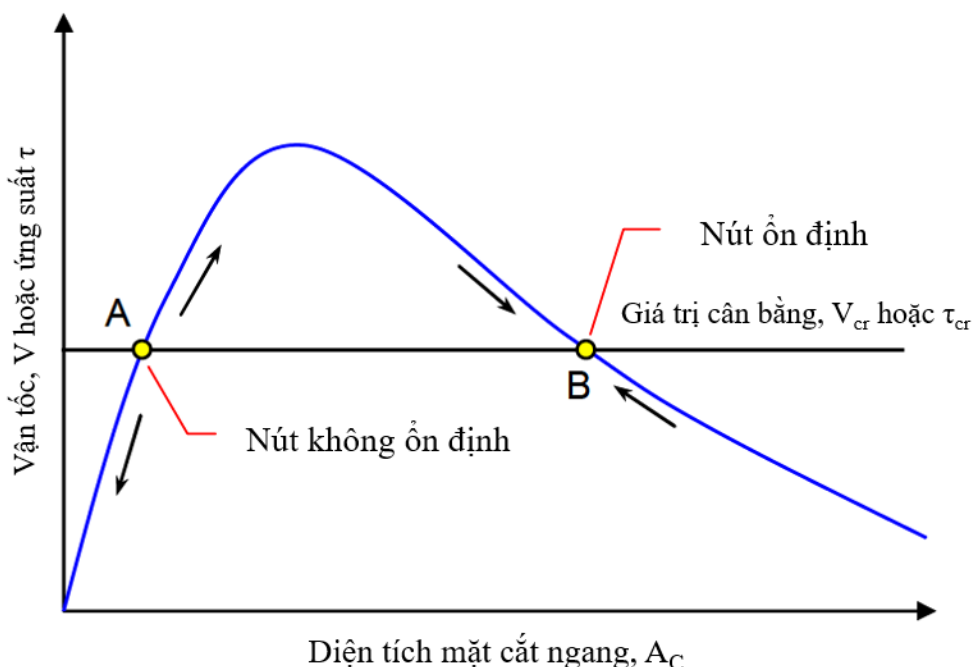
2.1.1.1. Giới thiệu về giản đồ Escoffier

Escoffier (1940) [15] đã đưa ra đề xuất về một giản đồ phân tích sự cân bằng ổn định của cửa sông dựa trên mối quan hệ giữa vận tốc dòng chảy tối đa tại cửa và diện tích mặt cắt ngang cửa sông. Dựa vào phương pháp tiếp cận của Escoffier (1940),

Van de Kreeke (1992) [33] đã phát triển một đường cong đóng – mở cửa sông bằng cách thay thế vận tốc dòng chảy tối đa bằng ứng suất cắt đáy tối đa [21].

Giản đồ Escoffier (hình 6) ở dạng cơ bản nhất gồm hai đường: Một đường cong đóng – mở cửa hình thành dựa trên mối quan hệ của vận tốc tối đa (hoặc ứng suất cắt tối đa) của cửa sông với diện tích mặt cắt ngang tại cửa (gọi tắt là *đường cong thực*); đường thứ hai là sự thay đổi của vận tốc tối đa cân bằng (hoặc ứng suất cắt tối đa cân bằng) theo diện tích mặt cắt ngang A_c (gọi tắt là *đường cong cân bằng*). Hai điểm giao nhau của hai đường này là hai nút thể hiện giá trị diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định và cân bằng không ổn định.

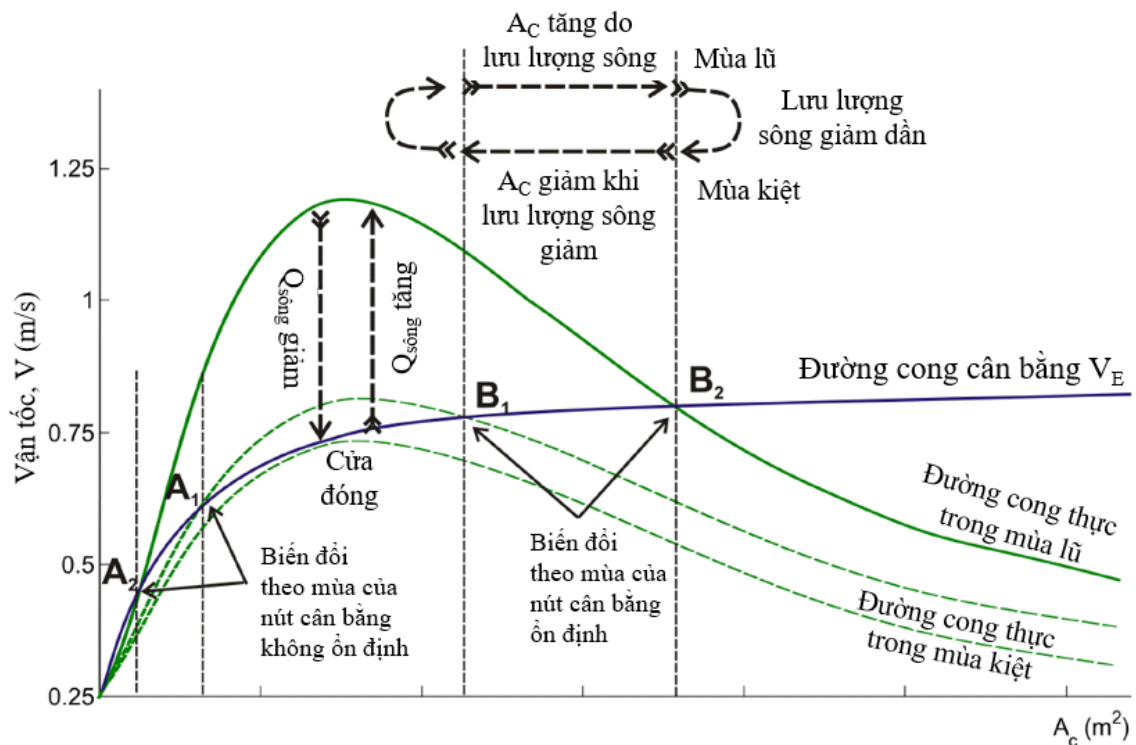
Theo giản đồ Escoffier, các cửa sông bị ảnh hưởng bởi một điều kiện thủy động lực nhất định sẽ có xu hướng tiến tới trạng thái ổn định trong thời đoạn dài. Tuy nhiên, khi cửa sông bị tác động bởi một điều kiện thủy động lực cục bộ khiến cửa sông bị bồi lấp nhỏ hơn diện tích cửa sông tại nút cân bằng không ổn định, thì cửa sông lại không thể trở về trạng thái ổn định mà có xu hướng bị bồi lấp dẫn tới đóng cửa.



Hình 6. Giản đồ Escoffier cơ bản [21]

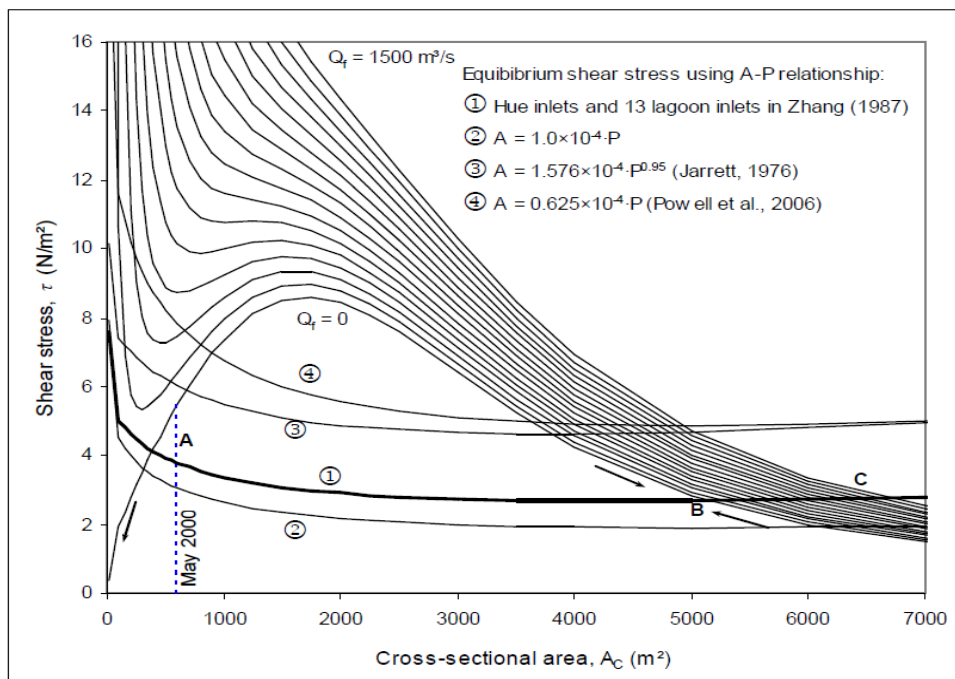
Có thể thấy, giản đồ Escoffier (ở dạng cơ bản) luôn tồn tại một điểm cân bằng ổn định duy nhất, đặc trưng cho một điều kiện thủy động lực nhất định. Tuy nhiên, một số cửa sông trên thế giới có sự biến động tương đối lớn theo mùa, đặc biệt là các cửa sông có yếu tố sóng chiếm ưu thế và yếu tố sóng biến động theo mùa rõ rệt (mục 1.1.2.3). Do đó, giản đồ Escoffier đã được mở rộng để phù hợp với các cửa sông như vậy bởi Tùng và Stive (2009) [31]. Theo đó, hình dạng của đường cong thực và đường cong cân bằng trong giản đồ đều có thể biến động theo sự khác biệt của các yếu tố thủy động lực theo mùa.

Hình 7 thể hiện sự khác nhau của đường cong thực theo mùa khi chịu tác động của sự thay đổi lưu lượng sông. Có thể thấy, lưu lượng sông càng cao, đường cong thực càng có xu hướng tịnh tiến lên trên. Do đó, mặt cắt ngang cân bằng ổn định trong điều kiện lưu lượng sông lớn có xu hướng lớn hơn so với điều kiện lưu lượng sông nhỏ hơn.



Hình 7. Giản đồ Escoffier mở rộng theo sự thay đổi của đường cong thực [31]

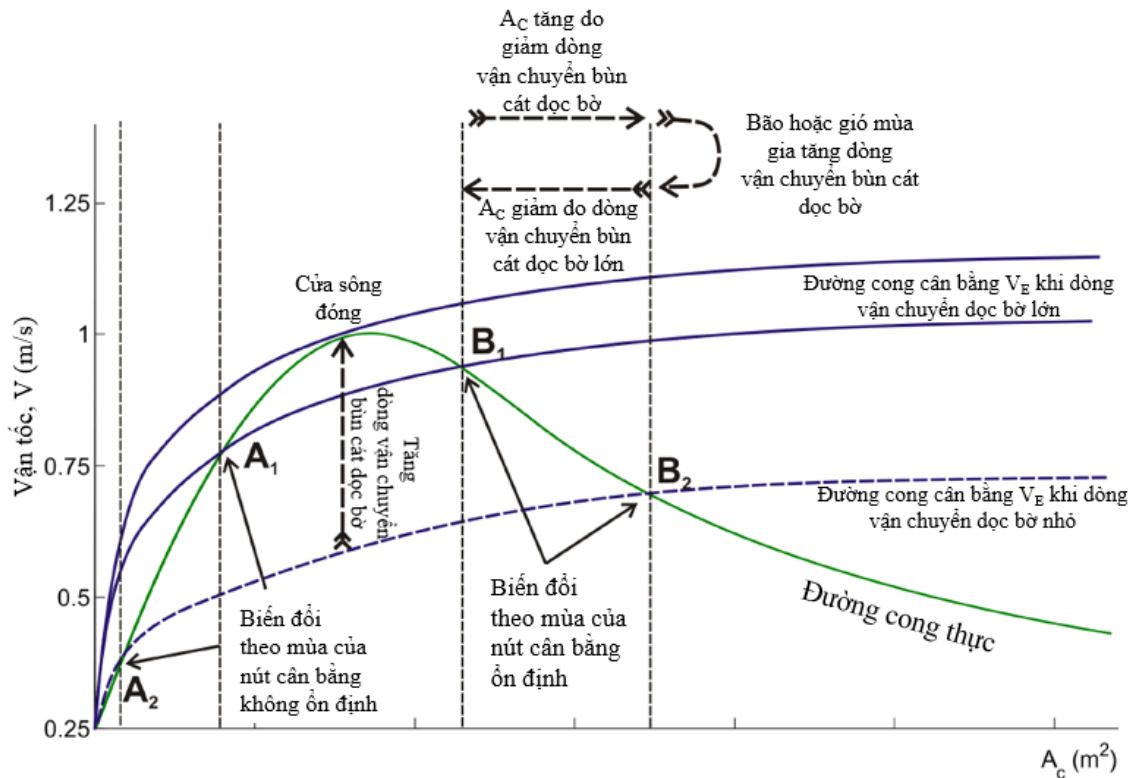
Thật vậy, Lam (2009) đã xây dựng các đường cong thực có xét đến yếu tố lưu lượng sông bằng công thức giải tích. Giản đồ xây dựng được cho thấy, lưu lượng sông có ảnh hưởng lớn đến giá trị diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định.



Hình 8. Giản đồ Escoffier mở rộng xây dựng bởi Lam (2009) [21]

Từ hình 8, có thể thấy, điểm nút cân bằng không ổn định có xuất hiện tại các cấp lưu lượng nhỏ, nhưng với cấp lưu lượng lớn hơn, đường cong cân bằng không thể cắt đường cong thực tại 2 điểm như giản đồ Escoffier dạng cơ bản, mà chỉ xuất hiện điểm nút cân bằng ổn định. Từ đó, có thể thấy, khi lưu lượng sông có thể duy trì một giá trị đủ lớn, cửa sông sẽ luôn có xu hướng mở và dần tiến về trạng thái cân bằng.

Khác với đường cong thực, đường cong cân bằng lại bị tác động bởi yếu tố sóng, cụ thể là dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ. Hình 9 cho thấy, đường cong cân bằng càng tịnh tiến lên trên khi dòng vận chuyển dọc bờ lớn. Do đó, diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định sẽ nhỏ hơn khi dòng vận chuyển dọc bờ càng lớn. Khi dòng vận chuyển dọc bờ quá lớn, đường cong cân bằng không cắt đường cong thực, cửa sông sẽ có xu hướng luôn bị bồi lấp dẫn đến đóng cửa.



Hình 9. Giản đồ Escoffier mở rộng theo sự thay đổi của đường cong cân bằng [31]

Như vậy, giản đồ Escoffier mở rộng đã có sự cải tiến để có thể áp dụng linh hoạt với các điều kiện thủy động lực khác nhau của cửa sông. Từ lý thuyết của giản đồ Escoffier mở rộng, nhận thấy, lưu lượng sông có tác động làm thay đổi vị trí và hình dạng của đường cong thực; diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định có xu hướng tăng khi lưu lượng sông tăng. Bên cạnh đó, đường cong cân bằng lại bị tác động bởi dòng vận chuyển dọc bờ (yếu tố sóng); cửa sông có thể bị đóng khi tác động của dòng vận chuyển dọc bờ đủ lớn.

2.1.1.2. Xây dựng giản đồ Escoffier mở rộng

Xây dựng đường cong thực với sự tham gia của lưu lượng sông

Năm 2004, Nghiêm Tiến Lam cùng cộng sự đã nghiên cứu và đưa ra nghiệm giải tích của dòng chảy tại khu vực cửa sông có xét đến sự ảnh hưởng của yếu tố lưu lượng sông. Từ đó, có thể mở rộng ứng dụng của giản đồ Escoffier với trường hợp cửa sông chịu tác động của sông là đáng kể. Kế thừa từ nghiên cứu của Nghiêm Tiến

Lam [5], luận văn sử dụng phương pháp giải lập phương trình bậc 4 để xây dựng đường cong thực của giản đồ Escoffier:

$$\hat{u}^4 + 2u_f \hat{u}^3 + \mu \hat{u}^2 - v = 0 \quad (2.1)$$

trong đó, các hệ số trong phương trình được tính thông qua các công thức:

$$\mu = v \left(\frac{\delta}{a_o} \right)^2 + u_f^2 = \frac{\delta^2}{\gamma^2} + u_f^2 \quad (2.2)$$

$$v = \left(\frac{3\pi g a_o}{4F} \right)^2 = \frac{a_o^2}{\gamma^2} \quad (2.3)$$

$$u_f = -\frac{Q_f}{A_c} \quad (2.4)$$

Với

$$\delta = \frac{1 - \alpha^2 A_c}{\omega A_b} \quad (2.5)$$

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{A_b L_c}{A_c g}} \quad (2.6)$$

$$\gamma = \frac{4F}{3\pi g} \quad (2.7)$$

Nghiệm số \hat{u} có thể nhận được bằng việc giải lập phương trình 2.1 theo phương pháp Newton Raphson:

$$\hat{u}_{k+1} = \hat{u}_k + \Delta \hat{u}_k \quad (2.8)$$

Với

$$\Delta \hat{u}_k = -\frac{\hat{u}_k^4 + 2u_f \hat{u}_k^3 + \mu \hat{u}_k^2 - v}{4\hat{u}_k^3 + 6u_f \hat{u}_k^2 + 2\mu \hat{u}_k} \quad (2.9)$$

Xây dựng đường cong cân bằng có sự ảnh hưởng của dòng chảy dọc bờ

Lượng bùn cát dọc bờ đi vào cửa sông (dòng vận chuyển dọc bờ) được kí hiệu là M (m^3/s). Trong đó, M được giả thiết là lượng bùn cát trung bình hằng năm và có

giá trị gần như không đổi theo thời gian (được tính theo công thức 2.20). Điều kiện cân bằng xuất hiện, khi lượng bùn cát đi vào cửa sông (do tác động bởi sóng) cân bằng với lượng bùn cát bị đánh ra ngoài bởi dòng triều rút và sông. Dòng chảy này tại cửa sông được kí hiệu là TR, có giá trị tương quan bội với vận tốc tại cửa với số mũ n và độ rộng cửa sông là w (Yanez, 1989) [37].

$$TR = k.u^n.w \quad (2.10)$$

Hệ số k là hằng số và phụ thuộc vào các đặc trưng của bùn cát như đường kính hạt trung vị (d_{50}) và mật độ trầm tích (ρ_s). Giá trị của số mũ n nằm trong khoảng từ 3 đến 6.

Với u là vận tốc tại một mặt cắt ngang có diện tích A xác định. Độ rộng cửa sông được biểu diễn bởi quan hệ:

$$w = \alpha\sqrt{A} \quad (2.11)$$

Hệ số α phụ thuộc vào hình dạng của mặt cắt ngang.

Từ (2.10) và (2.11), ta có:

$$TR = ku^n\sqrt{A} \quad (2.12)$$

Trong phương trình này, hệ số α được tính ẩn trong hệ số k và u cũng là một hàm của diện tích A. Trong điều kiện cân bằng, ta có:

$$TR = M \quad (2.13)$$

Trong đó, giá trị vận tốc được tính bởi công thức:

$$u = \frac{\pi P}{AT} \quad (2.14)$$

Với P là thể tích lắng trụ triều, có quan hệ với A qua công thức kinh nghiệm:

$$A=C.P^q \quad (2.15)$$

Từ (2.12), (2.13) và (2.15), ta được:

$$C = \left(\frac{k\pi^n}{T^n M} \right)^{\frac{1}{n-\frac{1}{2}}} \quad (2.16)$$

$$q = \frac{n}{n - \frac{1}{2}} \quad (2.17)$$

Từ (2.14), (2.16) và (2.17), ta có:

$$V_c = \frac{\pi A_c^{\frac{1}{q}-1}}{T C^{\frac{1}{q}}} \quad (2.18)$$

2.1.2. Các chỉ tiêu ổn định của P.Bruun

2.1.2.1. Giới thiệu về phương pháp của P.Bruun [10, 11]

Theo lịch sử phát triển, các cửa sông luôn trong trạng thái cân bằng động do các yếu tố tác động đều là các yếu tố luôn thay đổi như sóng, gió, dòng chảy sông, thủy triều, dòng chảy dọc bờ, bão và hoạt động của con người. Trong đó, cửa sông luôn thể hiện sự thay đổi về mặt hình học bởi sự thay đổi của chiều dài cửa và mặt cắt ngang của cửa sông.

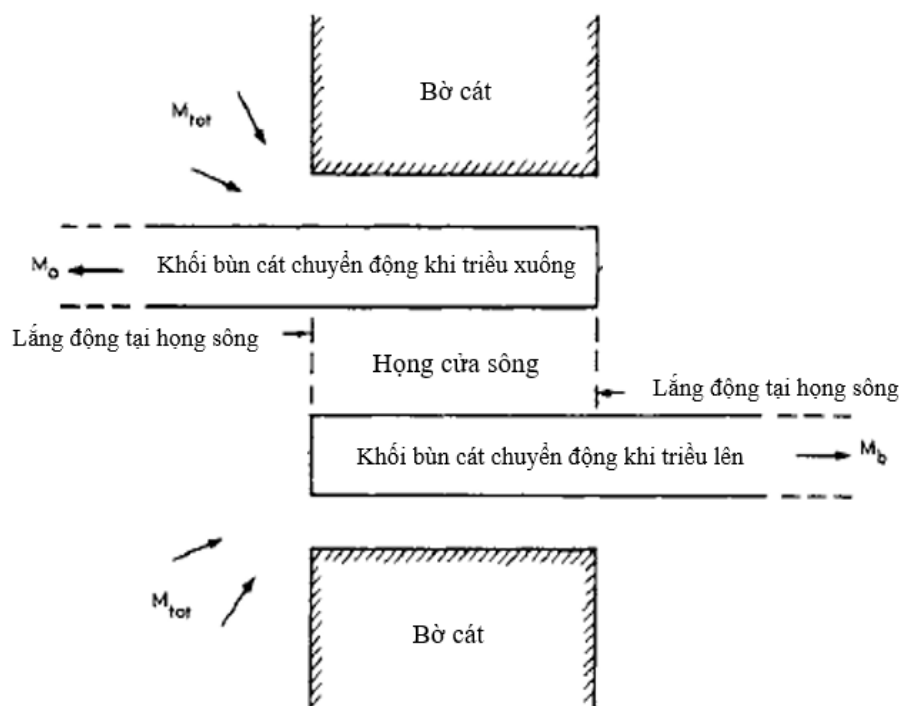
Trong nghiên cứu của P.Bruun, sự biến đổi của mặt cắt ngang của cửa sông được biểu diễn là hàm của các yếu tố như sau:

$$A = F(Q_m, \tau, \beta, B, c, W_a, M, Q_0, t)$$

ở đó, A là diện tích mặt cắt ngang tại cửa sông, Q_m là lưu lượng nước lớn nhất đi qua mặt cắt ngang cửa sông, τ là ứng suất cắt tại cửa sông, β là yếu tố địa hình, B là thành phần bùn cát đáy, c là nồng độ bùn cát, W_a là yếu tố sóng, M là dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ, Q_0 là dòng chảy sông và t là thời gian hình thành cửa sông. Mỗi yếu tố tác động này không chỉ ảnh hưởng độc lập đến hình thái cửa sông mà chúng còn có mối quan hệ chặt chẽ với nhau.

Lưu lượng nước lớn nhất đi qua mặt cắt ngang cửa sông (Q_m) chủ yếu là do dòng thủy triều gây ra, có quan hệ gần như tuyến tính với diện tích mặt cắt ngang cửa khi xét trong một điều kiện tương đối lý tưởng. Yếu tố địa hình (β) thể hiện cho độ rộng, dài, nông sâu của cửa sông và hình dạng đáy tại cửa; yếu tố này có quan hệ chặt chẽ với ứng suất cắt (τ), lưu lượng nước lớn nhất đi qua mặt cắt ngang cửa sông (Q_m)

và yếu tố sóng (W_a). Trong đó, yếu tố sóng là một yếu tố được coi là phức tạp nhất trong nghiên cứu về sự ổn định của cửa sông. Các yếu tố về bùn cát như thành phần bùn cát đáy (B) và nồng độ bùn cát (c) cũng là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến ứng suất cắt, dòng vận chuyển bùn cát ven bờ (M) và vận tốc dòng chảy. Đồng thời, dòng vận chuyển bùn cát ven bờ có tác động đến sự bồi lấp liên tục của cửa sông, độ dốc bờ và cũng tác động trở lại đến bùn cát về cả nồng độ và thành phần. Yếu tố Q_o thể hiện cho sự ảnh hưởng của dòng chảy sông đến hình thái cửa sông. Về lý thuyết, dòng chảy sông có thể được kết hợp với dòng triều để xác định chính xác lưu lượng đi vào sông lớn nhất Q_m .



Hình 10. Sơ đồ cơ chế vận chuyển bùn cát tại cửa sông [11]

Tuy nhiên, trong những nghiên cứu về sự ổn định của cửa sông, P.Bruun giả thiết dòng chảy sông là không có hoặc không đáng kể. Các cửa sông được xem xét trong nghiên cứu của Bruun là những cửa sông có nguồn gốc bùn cát chủ yếu do dòng vận chuyển bùn cát ven bờ mang đến. Dòng chảy sông coi như không có tác động đáng kể đến sự ổn định của cửa khi sự thay đổi của dòng chảy sông diễn ra trong thời đoạn ngắn trong năm (3 – 4 tháng).

Về cơ bản, điều kiện để duy trì một cửa sông là sự cân bằng giữa lượng bùn cát được đưa đến để bồi lấp cửa với lượng bùn cát tại cửa bị đưa đi. Trong giả thiết

của P.Bruun, dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ luôn có tác động bồi lấp cửa sông bằng cách đưa bùn cát từ biển vào hai bên cửa cửa sông (Hình 10). Sự bồi lấp này chỉ được phá vỡ nhờ dòng thủy triều lên xuống. Dòng triều lên sẽ đưa bùn cát tại cửa sông đi sâu vào trong sông, một phần bùn cát sẽ bị giữ lại trong sông tạo thành bãi bồi. Dòng triều rút sẽ kết hợp với dòng chảy sông đưa bùn cát ra ngoài biển xa hơn và cũng như dòng triều lên, một phần bùn cát sẽ bị giữ lại ở ngoài biển tạo thành những doi cát.

Như vậy, có thể thấy, nếu cửa sông chịu ảnh hưởng của dòng vận chuyển bùn cát ven bờ lớn và thể tích lắng trụ triều nhỏ thì cửa sẽ có trạng thái không ổn định, cửa sẽ không tồn tại được lâu và có khả năng bị bồi lấp. Ngược lại, nếu dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ nhỏ, lượng bùn cát gây nên sự bồi lấp tại cửa sông không nhiều, khi gặp dòng triều lớn thì bùn cát sẽ bị đẩy đi khỏi cửa, cửa sông luôn mở và luôn có xu hướng được mở rộng hơn.

Một trạng thái ổn định xảy ra khi thể tích lắng trụ triều cân bằng với dòng vận chuyển bùn cát ven bờ. Tuy nhiên, theo P.Bruun, trạng thái này cũng không tồn tại được quá lâu do sự hình thành và phát triển các bãi bồi trong sông và doi cát ngoài biển sẽ dần dần gây ra những hạn chế cho chính dòng triều và thu hẹp dần chiều dài của cửa sông. Chính vì thế, yếu tố thời gian cũng được đưa vào như một yếu tố ảnh hưởng đối với sự ổn định của cửa sông.

Qua sự phân tích các tác động đến sự ổn định mặt cắt ngang, các "chỉ tiêu ổn định" tương đối như đã được dự kiến thể hiện như sau:

$$\text{Tính ổn định} = F\left(\frac{P}{M}, \frac{Q_m}{M}, \tau\right)$$

ở đó, các yếu tố thể tích lắng trụ triều (P), suất vận chuyển bùn cát dọc bờ (M) lưu lượng nước lớn nhất qua mặt cắt cửa sông (Q_m) và ứng suất cắt đáy (τ) có mối liên hệ với nhau và phụ thuộc vào cửa sông và hình dạng vịnh trong sông, đặc điểm bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng và tính chất sóng.

Tỷ số P/M là chỉ tiêu ổn định được sử dụng phổ biến trên thế giới để đánh giá nhanh độ ổn định của cửa sông. Tuy nhiên, chỉ tiêu này phù hợp nhất với các cửa sông có sự ảnh hưởng của dòng chảy sông không đáng kể. Qua các nghiên cứu, Bruun đã đưa ra các ngưỡng chỉ tiêu để đánh giá độ ổn định cửa sông như bảng 3:

Bảng 3. Chỉ tiêu ổn định cửa sông theo tỷ số P/M [11]

P/M	Điều kiện của cửa sông	Tình trạng ổn định cửa
>150	Cửa có điều kiện tốt, ít xuất hiện bar và dòng chảy qua cửa thuận tiện	Tốt
100 – 150	Cửa sông chưa thỏa mãn được điều kiện ổn định tốt, các bar phía ngoài cửa sông bắt đầu xuất hiện	Trung bình
50 – 100	Các bar xuất hiện nhiều hơn và rộng hơn tại lối vào cửa sông nhưng vẫn đảm bảo được dòng chảy tại cửa	Trung bình kém
20 – 50	Các cửa sông thuộc trạng thái không ổn định và thay đổi thường xuyên, các bar tại cửa được phá vỡ trong mùa lũ hoặc khi có bão, cửa sông ở trạng thái nguy hiểm và không thể đoán trước diễn biến	Kém
<20	Cửa sông bất ổn định và không tồn tại như một cửa sông vĩnh cửu, dòng chảy qua cửa đôi khi chỉ là dòng chảy tràn qua các bar	

Bảng 4. Chỉ tiêu ổn định cửa sông theo tỷ số Q_m/M và τ [11]

P/M	>600	150 – 600	<150
Q_m/M	>0,03	0,01 – 0,03	<0,01
τ (kg/m²)	0,46	0,50	0,51

Giá trị của ứng suất cắt cân bằng ổn định τ cũng được coi như một giá trị mô tả cho tình hình cân bằng ổn định thực tế của cửa sông. Một giá trị τ lớn sẽ thể hiện cho sự lưu thông dòng chảy qua cửa tốt hơn và ngược lại, nếu giá trị τ là nhỏ thì cửa sông có khả năng bị bồi lắng cao.

Theo nghiên cứu của Bruun và Gerritsen (1960), “ứng suất xác định cho cửa sông ổn định”, τ_s , có giá trị từ khoảng 0,35 kg/m² đến khoảng 0,5 kg/m². Cửa sông

có giá trị ứng suất nhỏ hơn giá trị ứng suất ổn định có xu hướng bị bồi và ngược lại, cửa sông sẽ có xu hướng bị xói khi có giá trị ứng suất lớn [10]. Bảng 4 thể hiện sự liên hệ giữa các chỉ tiêu ổn định đối với các cửa sông tương đối lý tưởng.

Với các cửa sông ổn định lý tưởng, giá trị τ gần như là hằng số, khi đó, quan hệ giữa Q_m và A là một quan hệ tuyến tính theo công thức:

$$A = \frac{Q_m}{C \sqrt{\frac{\tau_s}{\rho g}}} \quad (2.19)$$

trong đó, C là hệ số Chezy, ρ là mật độ nước, g là gia tốc trọng trường.

Qua việc liệt kê và nghiên cứu các thông số hình thái của 23 cửa sông, P. Bruun đưa ra nhận xét về tỷ số Q_m/M , nếu xét một cách tương đối, những cửa sông có giá trị tỷ số Q_m/M lớn hơn 0,01 thể hiện sự ổn định hơn so với cửa sông có giá trị tỷ số Q_m/M nhỏ hơn 0,01.

2.1.2.2. Tính toán các chỉ tiêu ổn định

Để tính toán cho giá trị của suất vận chuyển bùn cát dọc bờ, khóa luận sử dụng công thức tính của CERC (1984):

$$M = \frac{0.023g^{1/2}H_s^{5/2}\sin(2\alpha_b)}{s-1} \quad (2.20)$$

trong đó: H_s là độ cao sóng có nghĩa tại đường sóng đở (đơn vị: m), α_b là góc giữa đỉnh sóng với đường bờ tại đường sóng đở, s là mật độ tương đối của trầm tích và g là gia tốc trọng trường (đơn vị: m^2/s).

Suất vận chuyển bùn cát dọc bờ trong cả năm được tính bằng tổng suất vận chuyển bùn cát dọc bờ của từng giai đoạn có hướng sóng tác động khác nhau.

Ứng suất cắt được tính theo công thức:

$$\tau_s = \rho g \frac{Q_m^2}{A^2 C^2} \quad (2.21)$$

trong đó, C là hệ số Chezy, ρ là mật độ nước, g là gia tốc trọng trường.

2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 21

2.2.1. Mô hình tính sóng Mike 21 SW

MIKE 21 SW là mô đun tính phổ sóng gió được tính toán dựa trên lưới phi cấu trúc. Mô đun này tính toán sự phát triển, suy giảm và truyền sóng tạo ra bởi gió và sóng lừng ở ngoài khơi và khu vực ven bờ. Động lực học của sóng trọng lực được mô phỏng dựa trên phương trình mật độ tác động sóng. Khi áp dụng tính cho vùng nhỏ thì phương trình cơ bản được sử dụng trong hệ tọa độ Đề-Các, còn khi áp dụng cho vùng lớn thì sử dụng hệ tọa độ cầu. Phổ mật độ tác động sóng thay đổi theo không gian và thời gian là một hàm của 2 tham số pha sóng. Hai tham số pha sóng là vektor sóng k với độ lớn k và hướng θ . Ngoài ra, tham số pha sóng cũng có thể là hướng sóng θ và tần suất góc trong tương đối σ hoặc tần suất góc tuyệt đối ω . Trong mô hình này thì hướng sóng θ và tần suất góc tương đối σ được chọn để tính toán.

Tần số phổ được giới hạn giữa giá trị tần số cực tiểu σ_{min} và tần số cực đại σ_{max}

Năng lượng mật độ khi đó là:

$$E(\sigma, \theta) = E(\sigma_{max}, \sigma) \pi r^2 \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma} \right)^{-m} \text{ với } m = 5 \quad (2.22)$$

MIKE 21 SW bao gồm hai công thức khác nhau:

- Công thức tham số tách hướng
- Công thức phổ toàn phần

Công thức tham số tách hướng được dựa trên việc tham số hoá phương trình bảo toàn tác động sóng. Việc tham số hoá được thực hiện theo miền tần số bằng cách đưa vào mô men bậc không và bậc một của phổ tác động sóng giống như các giá trị không phụ thuộc. Xấp xỉ tương tự được sử dụng trong mô đun phổ sóng gió ven bờ MIKE 21 SW. Công thức phổ toàn phần được dựa trên phương trình bảo toàn hoạt động sóng, tại đó phổ hướng sóng của sóng hoạt động là giá trị phụ thuộc. Các phương trình cơ bản được xây dựng trong cả hệ tọa độ Đề các với những áp dụng trong phạm

vi nhỏ và hệ toạ độ cầu cho những áp dụng trong phạm vi lớn hơn. MIKE 21 SW bao gồm các hiện tượng vật lý sau:

- Sóng phát triển bởi tác động của gió;
- Tương tác sóng-sóng là phi tuyến;
- Tiêu tán sóng do sự bạc đầu;
- Tiêu tán sóng do ma sát đáy;
- Tiêu tán sóng do sóng vỡ;
- Khúc xạ và hiệu ứng nước nông do sự thay đổi độ sâu;
- Tương tác sóng- dòng chảy;
- Ảnh hưởng của thay đổi độ sâu theo thời gian.

Việc rời rạc hoá phương trình trong không gian địa lý và không gian phổ được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn lưới trung tâm. Sử dụng kỹ thuật lưới phi cấu trúc trong miền tính địa lý. Việc tích phân theo thời gian được thực hiện bằng cách sử dụng xấp xỉ chia đoạn trong đó phương pháp hiện đa chuỗi được áp dụng để tính truyền sóng.

Phương trình cơ bản chính là phương trình cân bằng tác động sóng được xây dựng cho cả hệ toạ độ Đề các và toạ độ cầu

Phương trình cho tác động sóng được viết như sau:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (2.23)$$

2.2.2. Mô hình tính thủy lực Mike 21FM HD

Mô đun dòng chảy được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Mô đun này dựa trên nghiệm số của hệ các phương trình Navier-Stokes trung bình Reynolds cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều kết hợp với giả thiết Boussinesq và giả thiết áp suất thủy tĩnh. Do đó, mô đun bao gồm các phương trình: phương trình liên tục, động lượng, nhiệt độ, độ muối, mật độ và chúng được khép kín bởi sơ đồ khép kín

rời. Với trường hợp ba chiều thì sử dụng xấp xỉ chuyển đổi hệ tọa độ sigma. Việc rời rạc hoá không gian của các phương trình cơ bản được thực hiện bằng việc sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn trung tâm. Miền không gian được rời rạc hoá bằng việc chia nhỏ miền liên tục thành các ô lưới/phần tử không trùng nhau. Theo phương ngang thì lưới phi cấu trúc được sử dụng còn theo phương thẳng đứng trong trường hợp 3 chiều thì sử dụng lưới có cấu trúc. Trong trường hợp hai chiều các phần tử có thể là phần tử tam giác hoặc tứ giác. Trong trường hợp ba chiều các phần tử có thể là hình lăng trụ tam giác hoặc lăng trụ tứ giác với các phần tử trên mặt có dạng tam giác hoặc tứ giác.

Hệ phương trình cơ bản

Phương trình liên tục

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (2.24)$$

Phương trình động lượng theo phương x và y tương ứng

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} \\ = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_o} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ + u_s S \quad (2.25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial y} + \frac{\partial vu}{\partial x} + \frac{\partial wu}{\partial z} \\ = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_o} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ + v_s S \quad (2.26) \end{aligned}$$

trong đó, t là thời gian; x, y và z là tọa độ Đề các; η là dao động mực nước; d là độ sâu; $h = \eta + d$ là độ sâu tổng cộng; u, v và w là thành phần vận tốc theo phương x, y và z; $2\Omega \sin\Phi$ là tham số Coriolis; g là gia tốc trọng trường; ρ là mật độ nước; v_t là nhớt rối thẳng đứng; p_a là áp suất khí quyển; ρ_o là mật độ chuẩn. S là độ lớn của

lưu lượng do các điểm nguồn và (u_s, v_s) là vận tốc của dòng lưu lượng đi vào miền tính. F_u, F_v là các số hạng ứng suất theo phương ngang.

Phương trình tải cho nhiệt và muối

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} = F_T + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \hat{H} + T_s S \quad (2.27)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial us}{\partial x} + \frac{\partial vs}{\partial y} + \frac{\partial ws}{\partial z} = F_s + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial s}{\partial z} \right) + s_s S \quad (2.28)$$

trong đó D_v là hệ số khuếch tán rối thẳng đứng, \hat{H} là số hạng nguồn do trao đổi nhiệt với khí quyển. T_s và S_s là nhiệt độ và độ muối của nguồn; F_T và F_s là các số hạng khuếch tán theo phương ngang.

Phương trình tải cho đại lượng vô hướng

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = F_c + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) - k_p C + C_s S \quad (2.29)$$

trong đó C là nồng độ của đại lượng vô hướng; k_p là tốc độ phân huỷ của đại lượng đó; C_s là nồng độ của đại lượng vô hướng tại điểm nguồn; D_v là hệ số khuếch tán thẳng đứng; và F_c là số hạng khuếch tán ngang.

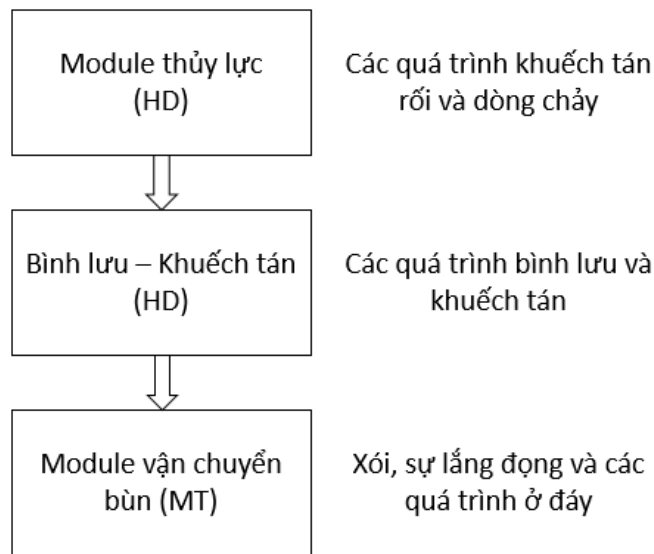
Điều kiện biên

Biên đất: Dọc theo biên đất thông lượng được gán bằng không đối với tất cả các giá trị. Với phương trình động lượng điều này gây ra sự trượt toàn phần dọc theo biên đất.

Biên mở: Điều kiện biên mở có thể được xác định dưới cả dạng lưu lượng hoặc mực nước cho các phương trình thủy động lực. Với phương trình tải thì giá trị xác định hoặc chênh lệch có thể được đưa vào.

2.2.3. Mô hình tính vận chuyển trầm tích Mike 21 MT

Trong Mike 21, quá trình vận chuyển trầm tích hạt mịn (bùn) được mô phỏng thông qua module vận chuyển bùn (MT) kết hợp với module thủy lực (HD), quá trình này được mô phỏng trong hình dưới.



Hình 11. Luồng dữ liệu tính toán và các quá trình vật lý được mô phỏng trong module HD và MT

Module MT bao gồm các quá trình sau:

- Tính toán nhiều thành phần bùn sét
- Tính toán nhiều lớp đáy
- Tương tác sóng dòng chảy
- Sự kết tụ
- Cản trở sự chìm lắng trầm tích
- Tính toán hỗn hợp bùn cát
- Tính toán vận chuyển trầm tích giữa các lớp
- Tính toán hình thái giản đơn

Các khả năng trên bao gồm hầu hết các trường hợp thích hợp cho mô hình 2D. Trong trường hợp các ứng dụng đặc biệt được yêu cầu chẳng hạn như mô phỏng ảnh hưởng của lượng nồng độ trầm tích lớn trên lưu lượng nước thông qua sự hình thành phân tầng và giảm rói, mô hình 3D thích hợp cho trường hợp này.

Quá trình vận chuyển trầm tích được tính toán thông qua các phương trình bình lưu – khuếch tán trong module thủy lực, module MT giải quyết phương trình này thông qua phương trình:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S \quad (2.30)$$

trong đó: C: Nồng độ trung bình độ sâu (g/m³)

u,v: vận tốc dòng trung bình độ sâu (m²/s)

D_x, D_y: Hệ số khuếch tán (m²/s)

h : Độ sâu

S: Giới hạn sự lắng đọng/xói (g/m³/s)

Q_L: nguồn xả trên một đơn vị diện tích ngang (m³/s/m²)

C_L: Nồng độ của nguồn xả (g/m³)

Trong trường hợp của nhiều thành phần trầm tích, các phương trình được mở rộng để bao gồm một số thành phần trong khi quá trình lắng đọng và xói mòn được kết nối với số lượng thành phần.

2.3. Thu thập và xử lý số liệu

- Số liệu về thủy hải văn
 - Số liệu lưu lượng sông: Lưu lượng ngày tại trạm Củng Sơn từ năm 1977 đến năm 2016
 - Số liệu sóng: Trích từ số liệu sóng toàn cầu từ năm 1979 đến năm 2017
 - Số liệu thủy triều: Mực nước thủy triều theo giờ tại trạm Hòn Chùa từ năm 1980 đến năm 2016
 - Số liệu địa hình
 - Số liệu địa hình: Số liệu địa hình đo đạc từ đề tài cấp nhà nước ĐTDL 15.15 [2]
 - Các số liệu khác
 - Số liệu về bùn cát được kế thừa từ luận án tiến sỹ của Phạm Thu Hương (2013) [4]
 - Bộ thông số mô hình Mike được kế thừa từ đề tài (Phụ lục 1)
 - Cửa sông Đà Diễn có nhiều biến động theo cả thời đoạn ngắn (giai đoạn) và theo thời đoạn dài do ảnh hưởng khác nhau của các yếu tố sông và biển.

Những biến động và cơ chế biến động theo thời đoạn ngắn (theo mùa) và theo thời đoạn dài cũng đã được nghiên cứu trong Luận văn Thạc sỹ của Phạm Duy Huy Bình [1]. Trong đó, yếu tố sông thay đổi rõ rệt theo mùa lũ – kiệt và yếu tố biển gồm sóng phụ thuộc vào yếu tố gió với hai mùa gió chính là mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Từ đó, luận văn xử lý số liệu theo cả thời đoạn dài (cả năm) và thời đoạn ngắn (theo giai đoạn).

- Giai đoạn 1 (Tháng 1 – 4): cửa sông chịu tác động của sóng hướng Đông Bắc thịnh hành trong thời kì mùa kiệt
- Giai đoạn 2 (Tháng 5 – 9): cửa sông chịu tác động của sóng hướng Tây Nam thịnh hành trong thời kì mùa kiệt
- Giai đoạn 3 (Tháng 10 – 12): cửa sông chịu tác động của sóng hướng Đông Bắc thịnh hành trong thời kì mùa lũ

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ THỦY ĐỘNG LỰC ĐẾN XU THẾ ỔN ĐỊNH VÙNG CỬA SÔNG ĐÀ DIỄN

3.1. Xây dựng kịch bản về thông số thủy động lực theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn

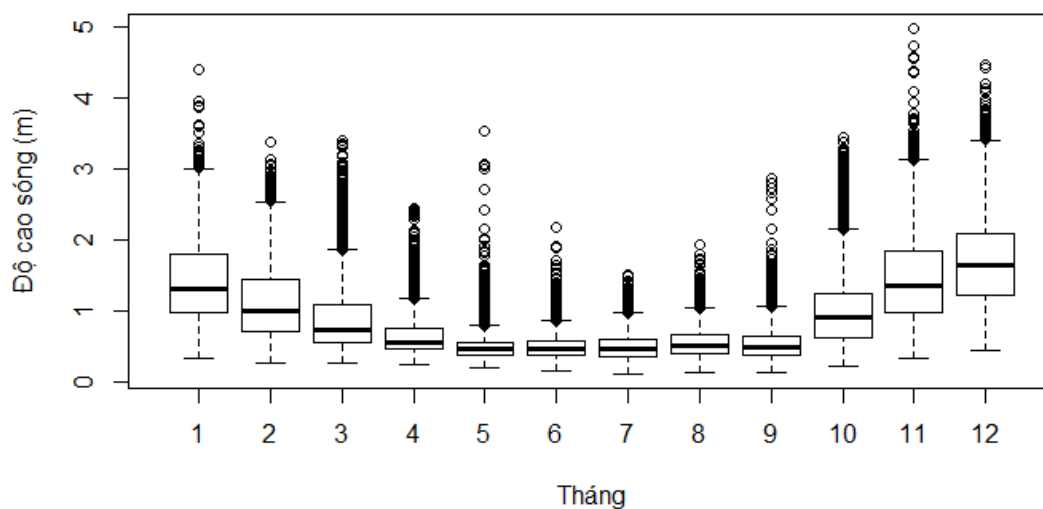
Để xây dựng kịch bản tính toán với các thông số về thủy động lực, luận văn sử dụng phương pháp phân tích số liệu bằng biểu đồ hộp (boxplot). Các yếu tố được phân tích và tính toán là:

- Yếu tố sóng: độ cao sóng, chu kỳ sóng, hướng sóng và góc tạo bởi đỉnh sóng với đường bờ (gọi tắt là góc giữa sóng và đường bờ)
- Yếu tố triều: biên độ triều
- Yếu tố sông: lưu lượng trung bình ngày

Kết quả phân tích và tính toán cho thấy:

3.1.1. Kịch bản theo mùa (ba giai đoạn trong năm)

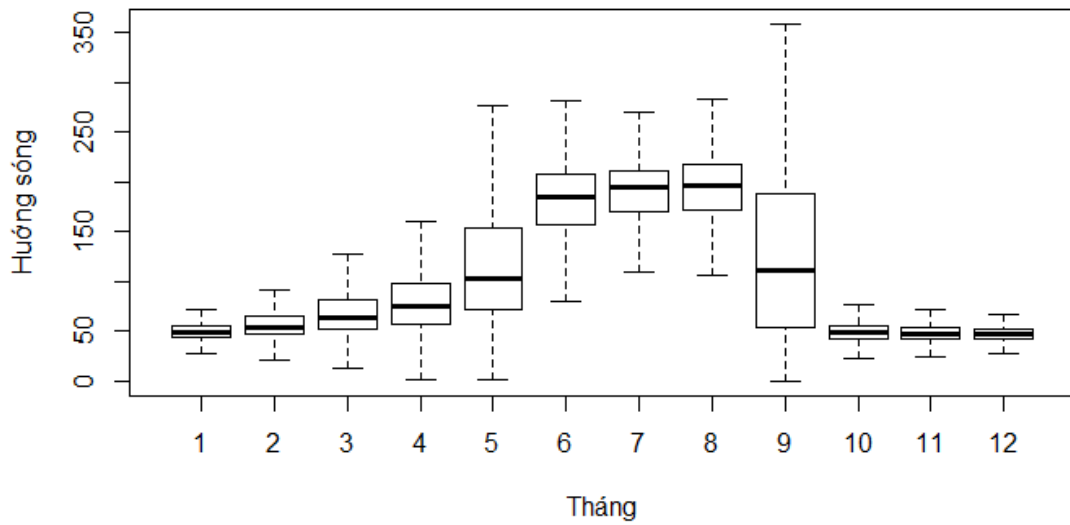
Độ cao sóng của các tháng từ tháng 5 đến tháng 9 tương đối đồng đều và có sự phân bố sát với giá trị trung vị (Hình 12). Độ cao sóng các tháng này tương đối thấp, trung bình vào khoảng 0,5m. Các tháng còn lại có độ cao sóng lớn hơn, đặc biệt là tháng 12. Tuy nhiên, sự phân bố của độ cao sóng trong các tháng còn lại rộng hơn so với các tháng giai đoạn 2.



Hình 12. Phân tích độ cao sóng theo tháng

Bảng 5. Phân tích giá trị độ cao sóng theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	0.35	0.27	0.27	0.26	0.21	0.16	0.12	0.15	0.15	0.23	0.35	0.44
Q1 (75%)	0.98	0.71	0.56	0.48	0.39	0.38	0.37	0.40	0.38	0.64	0.98	1.23
Trung vị	1.32	1.00	0.74	0.57	0.46	0.47	0.48	0.52	0.50	0.92	1.36	1.66
Q3 (25%)	1.79	1.44	1.08	0.76	0.56	0.57	0.61	0.66	0.66	1.24	1.84	2.10
Lớn nhất	4.39	3.38	3.40	2.45	3.54	2.17	1.51	1.93	2.86	3.44	4.97	4.45



Hình 13. Phân tích hương sóng theo tháng

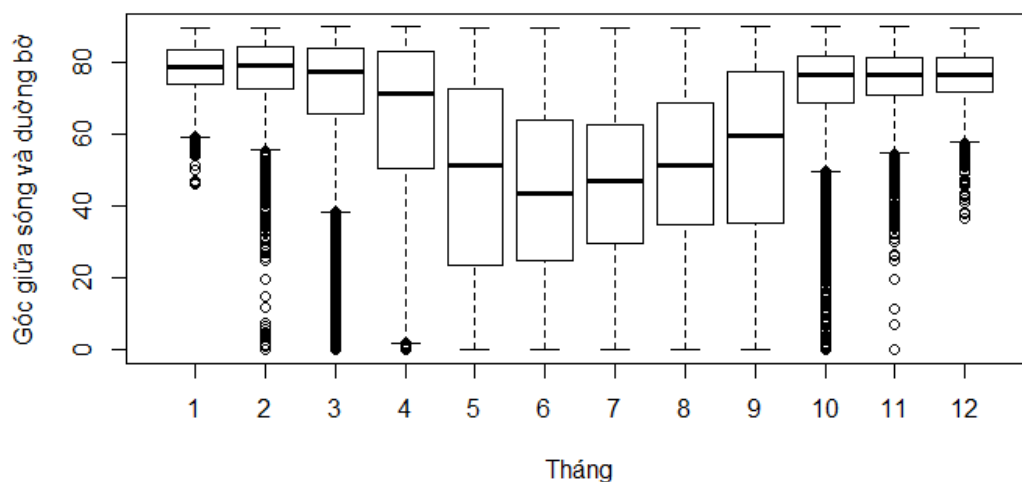
Bảng 6. Phân tích giá trị hương sóng theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	16.17	11.02	13.31	1.925	0.758	4.422	1.716	2.046	0.048	0.097	0.141	6.88
Q1 (75%)	44.47	47.09	52.63	57.48	71.32	156.6	170.8	172.4	54.11	42.65	41.62	42.23
Trung vị	49.63	54.17	63.73	74.65	102.7	184.5	194.7	197.2	111.4	48.79	47.64	47.07
Q3 (25%)	55.71	64.72	82.45	98.8	153.8	208.2	211.1	217.1	189.1	56.13	53.58	52.16
Lớn nhất	95.16	157.5	166.1	356.2	359.1	357.6	335.2	355.7	358.9	359.7	359.2	91.55

Sự phân bố của hương sóng các tháng có thể cho thấy rõ sự chuyển hướng của sóng trong tháng 5 và tháng 9. Dải phân bố giá trị của hương sóng trong hai tháng

này đặc biệt rộng hơn các tháng còn lại. Hướng sóng có sự phân biệt rõ rệt giữa hai mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Các tháng mùa gió Đông Bắc, hướng sóng phổ biến tập trung ở dải từ 45° đến 70° , tương ứng với hướng sóng Đông Bắc. Các tháng mùa gió Tây Nam, hướng sóng phổ biến tập trung ở dải giá trị từ 120° đến 190° , tương ứng với hướng sóng Đông Nam và Nam.

Từ hướng sóng, góc giữa sóng với đường bờ cũng có sự khác biệt giữa hai mùa gió. Với mùa gió Đông Bắc, sóng chủ yếu đánh gần như vuông góc với đường bờ. Giá trị góc sóng với đường bờ trong mùa gió Đông Bắc phân bố tập trung khoảng từ 75° đến 85° . Sự phân bố giá trị góc sóng với đường bờ của mùa gió Tây Nam rộng hơn mùa gió Đông Bắc, với các giá trị phân bố từ khoảng 30° đến 70° .

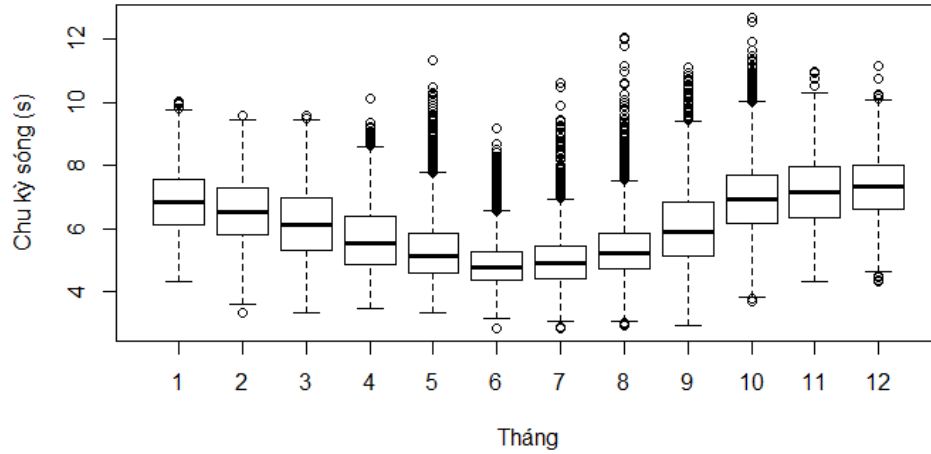


Hình 14. Phân tích góc giữa sóng với đường bờ theo tháng

Bảng 7. Phân tích giá trị góc giữa sóng với đường bờ theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	46.17	0.087	0.027	0	0	0	0	0	0	0	0	36.88
Q1 (75%)	73.92	72.83	65.79	50.71	23.5	24.84	29.61	35.04	35.43	69.05	70.85	71.95
Trung vị	78.72	79.14	77.44	71.59	51.47	43.7	47.29	51.68	59.57	76.78	76.83	76.84
Q3 (25%)	83.71	84.4	84.01	83.22	72.83	64.31	62.66	68.78	77.6	82	81.59	81.4
Lớn nhất	89.99	89.99	90	90	89.99	89.98	89.98	89.99	90	90	90	89.99

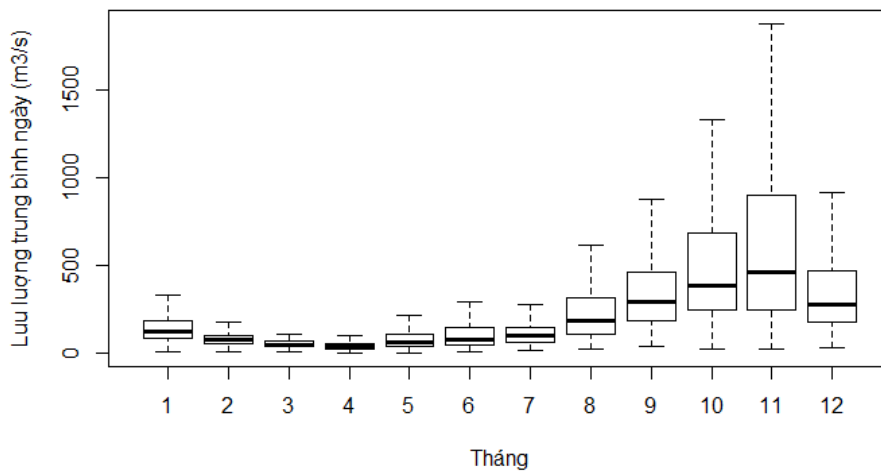
Chu kỳ sóng cũng có sự khác biệt giữa hai mùa gió (Hình 15). Có thể dễ nhận thấy chu kỳ sóng trong mùa gió Đông Bắc dài hơn so với chu kỳ sóng trong mùa gió Tây Nam.



Hình 15. Phân tích chu kỳ sóng theo tháng

Bảng 8. Phân tích giá trị chu kỳ sóng theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	4.331	3.316	3.345	3.444	3.316	2.85	2.838	2.908	2.931	3.673	4.337	4.334
Q1 (75%)	6.117	5.786	5.308	4.88	4.601	4.367	4.413	4.711	5.122	6.146	6.346	6.633
Trung vị	6.839	6.527	6.099	5.554	5.112	4.766	4.897	5.219	5.893	6.912	7.141	7.331
Q3 (25%)	7.574	7.278	6.976	6.375	5.866	5.248	5.435	5.84	6.838	7.702	7.961	8.024
Lớn nhất	10.04	9.61	9.604	10.14	11.36	9.173	10.62	12.08	11.14	12.7	10.98	11.17

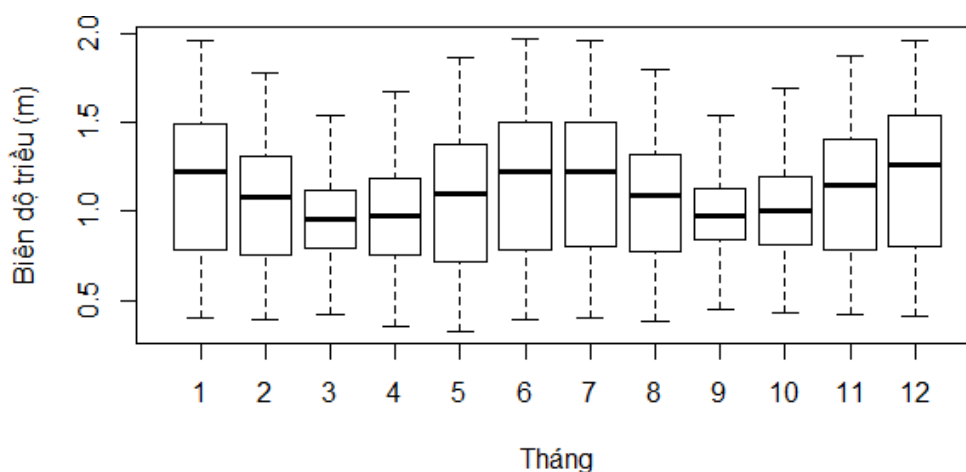


Hình 16. Phân tích lưu lượng sông theo tháng

Từ Hình 16 có thể thấy, lưu lượng tại sông Ba bắt đầu tăng dần từ tháng 8,9 và tập trung chủ yếu vào tháng 10, 11 và 12. Trong đó, tháng 11 là tháng có lưu lượng trung bình ngày nhiều năm lớn nhất.

Bảng 9. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	11.8	4.7	8.4	1.7	1.7	4.8	12.5	23.8	36.7	27.0	20.0	30.2
Q1 (75%)	87.9	55.5	38.3	26.4	35.1	46.4	65.4	109.0	182.0	248.0	244.8	174.0
Trung vị	125.0	76.7	49.1	36.0	60.6	74.9	103.0	186.5	293.0	388.0	461.5	278.0
Q3 (25%)	185.0	103.0	65.9	55.7	108.0	146.3	149.0	314.0	463.3	683.0	898.0	472.3
Lớn nhất	1370	294	325	445	1030	2220	1130	1950	4300	13500	10300	7620



Hình 17. Phân tích biên độ triều theo tháng

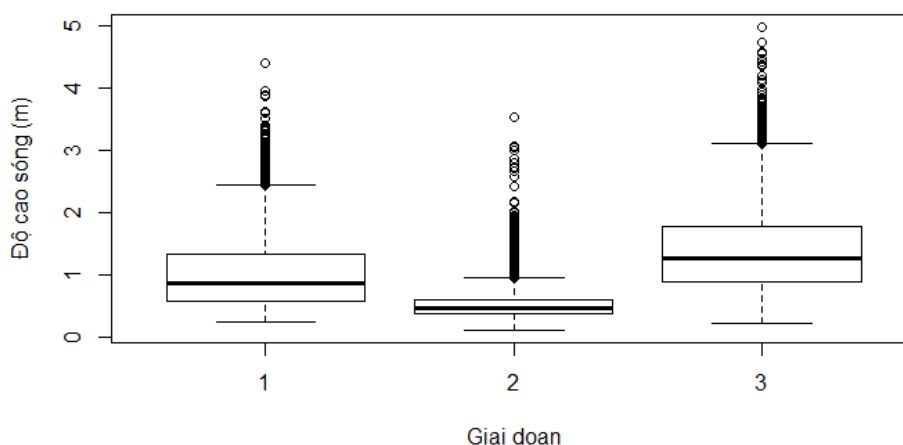
Bảng 10. Phân tích giá trị biên độ triều theo tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nhỏ nhất	0.399	0.388	0.417	0.353	0.328	0.387	0.397	0.385	0.453	0.428	0.419	0.411
Q1 (75%)	0.787	0.760	0.789	0.752	0.716	0.789	0.805	0.773	0.837	0.810	0.780	0.805
Trung vị	1.225	1.078	0.959	0.978	1.102	1.222	1.224	1.085	0.979	1.000	1.143	1.260
Q3 (25%)	1.489	1.307	1.121	1.183	1.372	1.501	1.500	1.314	1.127	1.198	1.400	1.535
Lớn nhất	1.954	1.781	1.541	1.674	1.862	1.966	1.954	1.798	1.541	1.686	1.875	1.957

Biên độ triều trung vị theo các tháng gần như tương đương nhau (Hình 17). Trong đó, tháng 3 và tháng 9 là hai tháng có độ phân bố giá trị biên độ lưu lượng là nhỏ nhất.

Tương tự, luận văn so sánh sự khác nhau của các đặc trưng thủy động lực qua các giai đoạn: Giai đoạn 1 (từ tháng 1 đến tháng 4); Giai đoạn 2 (từ tháng 5 đến tháng 9) và Giai đoạn 3 (từ tháng 10 đến tháng 12).

Độ cao sóng của giai đoạn 3 có giá trị lớn nhất và của giai đoạn 2 là nhỏ nhất.

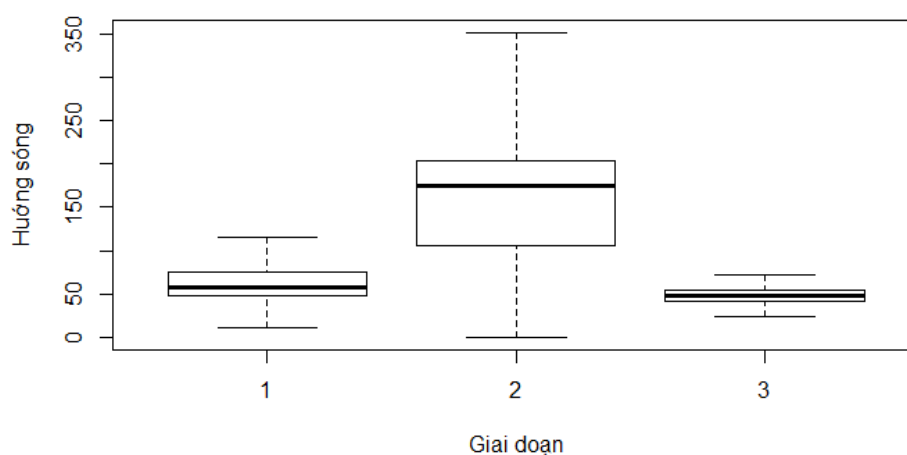


Hình 18. Phân tích độ cao sóng theo giai đoạn

Bảng 11. Phân tích giá trị độ cao sóng theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	0.26	0.12	0.23
Q1 (75%)	0.59	0.38	0.89
Trung vị	0.87	0.48	1.28
Q3 (25%)	1.33	0.61	1.78
Lớn nhất	4.39	3.54	4.97

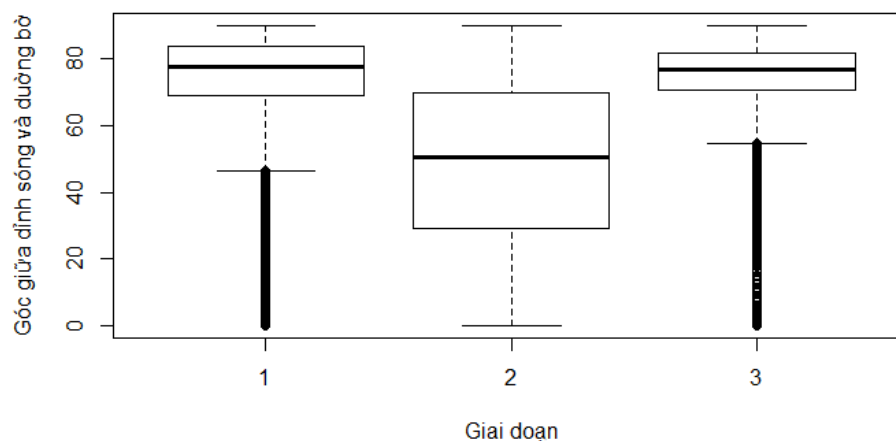
Hướng sóng trong giai đoạn 1 và giai đoạn 3 chịu tác động của gió mùa Đông Bắc nên có khoảng dao động từ khoảng 45° đến 75° . Hướng sóng giai đoạn 2 có sự khác biệt rõ rệt khi chịu tác động của gió mùa Tây Nam, hướng sóng phổ biến từ khoảng 105° đến 200° .



Hình 19. Phân tích hướng sóng theo giai đoạn

Bảng 12. Phân tích giá trị hướng sóng theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	1.92	0.05	0.10
Q1 (75%)	48.67	105.86	42.05
Trung vị	56.96	174.46	47.77
Q3 (25%)	75.04	204.18	53.72
Lớn nhất	356.17	359.11	359.69

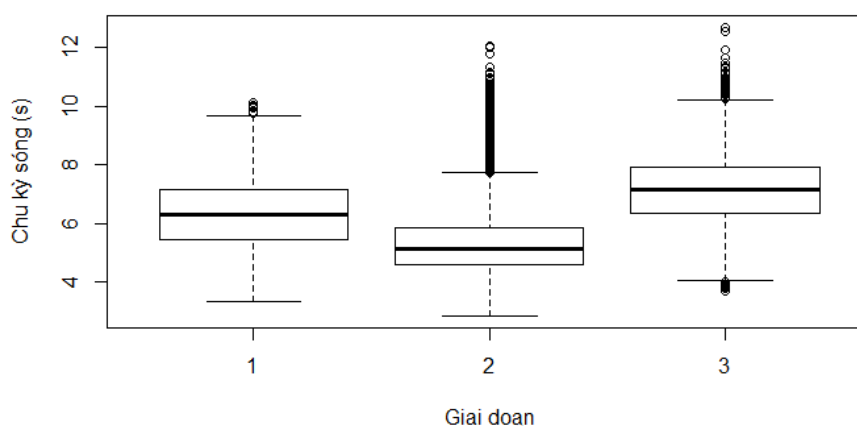


Hình 20. Phân tích góc giữa sóng với đường bờ theo giai đoạn

Góc giữa sóng với đường bờ có sự khác biệt rõ rệt giữa hai mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam (Hình 20).

Bảng 13. Phân tích giá trị góc giữa sóng với đường bờ theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	0.00	0.00	0.00
Q1 (75%)	68.97	29.08	70.79
Trung vị	77.81	50.57	76.82
Q3 (25%)	83.92	69.99	81.67
Lớn nhất	90.00	90.00	90.00



Hình 21. Phân tích chu kỳ sóng theo giai đoạn

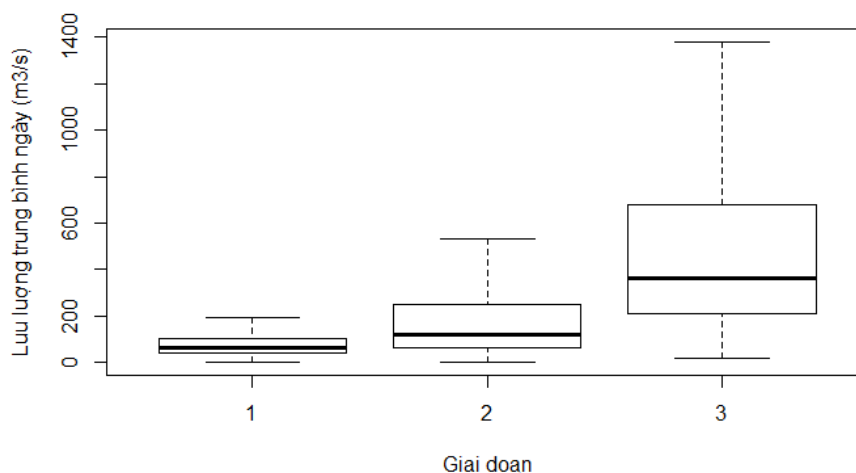
Như phân tích ở trên, chu kỳ sóng của gió mùa Đông Bắc dài hơn so với gió mùa Tây Nam, và đặc biệt, chu kỳ sóng tại giai đoạn 3 là dài nhất.

Bảng 14. Phân tích giá trị chu kỳ sóng theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	3.32	2.84	3.67
Q1 (75%)	5.47	4.57	6.36
Trung vị	6.28	5.11	7.13
Q3 (25%)	7.16	5.83	7.92
Lớn nhất	10.14	12.08	12.70

Lưu lượng sông theo giai đoạn có sự khác biệt khá rõ rệt (Hình 22). Với giai đoạn 1, khi vừa kết thúc mùa lũ, lưu lượng sông nhỏ nhất. Giai đoạn 3 là giai đoạn tập trung nước nhiều nhất trong năm, thường xuyên xảy ra lũ lớn, do đó, độ phân bố

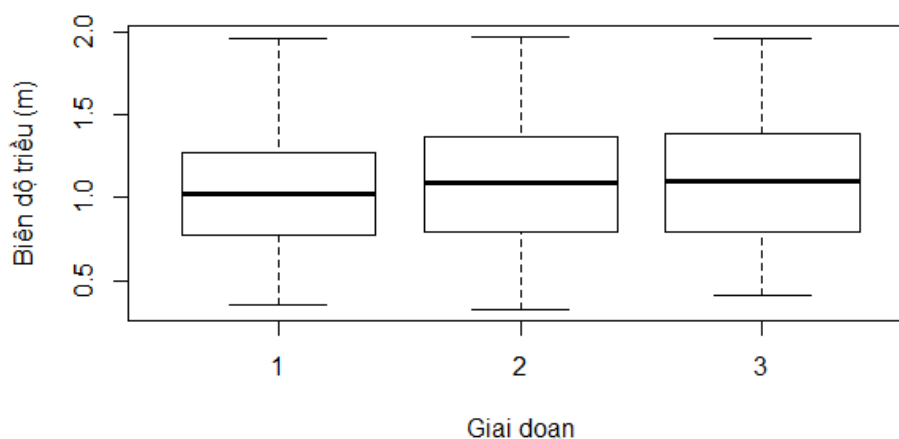
lưu lượng rộng hơn và giá trị lưu lượng trung vị trong giai đoạn này cũng cao hơn hai giai đoạn trước khá nhiều (Bảng 15).



Hình 22. Phân tích lưu lượng sông theo giai đoạn

Bảng 15. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	1.7	1.7	20.0
Q1 (75%)	40.0	62.2	209.0
Trung vị	63.9	122.0	364.0
Q3 (25%)	102.0	250.0	677.3
Lớn nhất	1370	4300	13500



Hình 23. Phân tích lưu lượng sông theo giai đoạn

Biên độ triều không có nhiều thay đổi qua các giai đoạn. Độ phân bố giá trị biên độ triều của các giai đoạn cũng gần như tương đương nhau (Hình 23)

Bảng 16. Phân tích giá trị lưu lượng sông theo giai đoạn

Giai đoạn	GD1	GD2	GD3
Nhỏ nhất	0.353	0.328	0.411
Q1 (75%)	0.772	0.796	0.796
Trung vị	1.026	1.086	1.095
Q3 (25%)	1.273	1.369	1.381
Lớn nhất	1.954	1.966	1.957

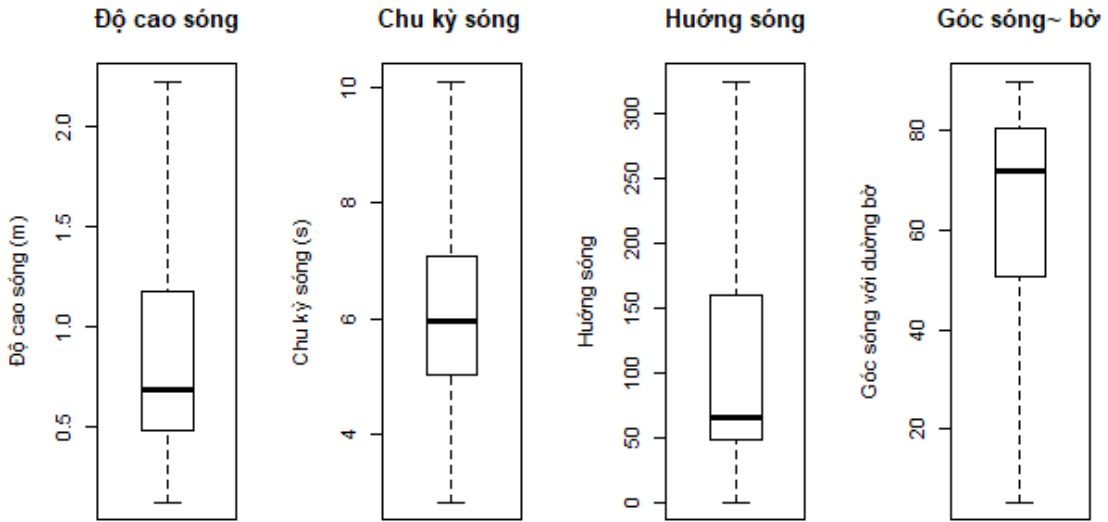
Từ các đặc trưng trên, luận văn đã tổng hợp các đặc trưng theo từng giai đoạn để xây dựng kịch bản tính toán xu thế ổn định cửa sông Đà Diễn theo mùa. Các giá trị tứ phân vị thứ nhất (Q1), giá trị trung vị và giá trị tứ phân vị thứ ba (Q3) được lựa chọn là các giá trị biên cho các kịch bản 1, 2 và 3 tương ứng (Bảng 17).

Bảng 17. Các kịch bản tính toán theo ba giai đoạn trong năm

Giai đoạn 1						
Kịch bản	Độ cao sóng	Hướng sóng	Góc sóng với bờ	Chu kỳ	Lưu lượng	Biên độ triều
KB1	0.59	48.67	68.97	5.47	40.00	0.772
KB2	0.87	56.96	77.81	6.28	63.85	1.026
KB3	1.33	75.04	83.92	7.16	102.00	1.273
Giai đoạn 2						
Kịch bản	Độ cao sóng	Hướng sóng	Góc sóng với bờ	Chu kỳ	Lưu lượng	Biên độ triều
KB1	0.38	105.86	29.08	4.57	62.18	0.796
KB2	0.48	174.46	50.57	5.11	122.00	1.086
KB3	0.61	204.18	69.99	5.83	250.00	1.369
Giai đoạn 3						
Kịch bản	Độ cao sóng	Hướng sóng	Góc sóng với bờ	Chu kỳ	Lưu lượng	Biên độ triều
KB1	0.89	42.05	70.79	6.36	209.00	0.796
KB2	1.28	47.77	76.82	7.13	364.00	1.095
KB3	1.78	53.72	81.67	7.92	677.25	1.381

3.1.2. Kích bản dài hạn theo năm

Các thông số về thủy động lực học được tính toán theo năm có kết quả như sau:



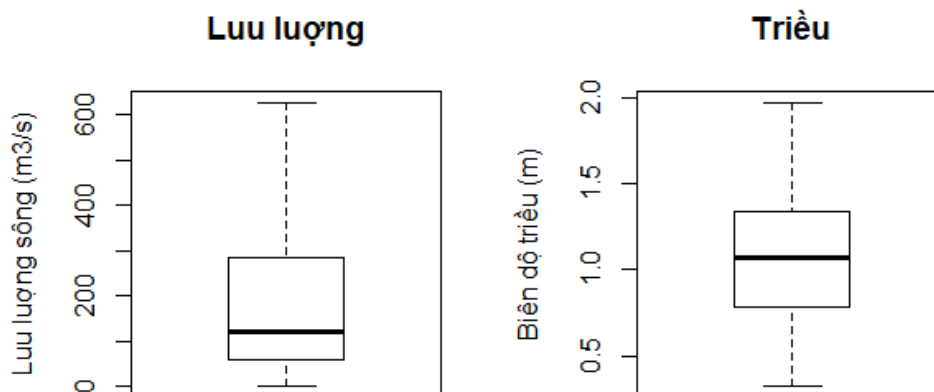
Hình 24. Phân tích yếu tố sóng theo năm

Bảng 18. Phân tích các giá trị yếu tố sóng theo năm

Cả năm	Độ cao sóng	Chu kỳ sóng	Hướng sóng	Góc sóng với đường bờ
Nhỏ nhất	0.12	2.84	0.05	0.00
Q1 (75%)	0.48	5.05	48.92	50.52
Trung vị	0.69	5.98	66.06	71.96
Q3 (25%)	1.18	7.08	159.47	80.67
Lớn nhất	4.97	12.70	359.69	90.00

Các thông số của yếu tố sóng có dải phân bố giá trị khá rộng (Hình 24). Độ cao sóng trung vị nhiều năm vào khoảng 0,69 m; trong khi đó, độ cao sóng nhỏ nhất là 0,12 m và độ cao sóng lớn nhất là 4,97 m. Góc giữa sóng và đường bờ có sự phân bố từ 0° (sóng song song với đường bờ) đến 90° (sóng vuông góc với đường bờ). Theo nhiều năm, sóng tác động vào cửa sông với góc khoảng 71,96° (gần như vuông góc với đường bờ).

Lưu lượng sông có dải phân bố rộng do sự khác biệt rõ rệt về lưu lượng giữa các tháng mùa lũ và các tháng mùa kiệt (Hình 25). Biên độ triều có giá trị trung vị nhiều năm vào khoảng 1,065 m.



Hình 25. Phân tích yếu tố sông và triều theo năm

Bảng 19. Phân tích các giá trị yếu tố sông và triều theo năm

Cả năm	Lưu lượng sông	Biên độ triều
Nhỏ nhất	1.67	0.328
Q1 (75%)	58.4	0.786
Trung vị	121	1.065
Q3 (25%)	286	1.339
Lớn nhất	13500	1.966

Như vậy, kịch bản dự tính xu thế ổn định của cửa sông Đà Diễn theo năm được tính toán với các điều kiện thủy động lực như sau:

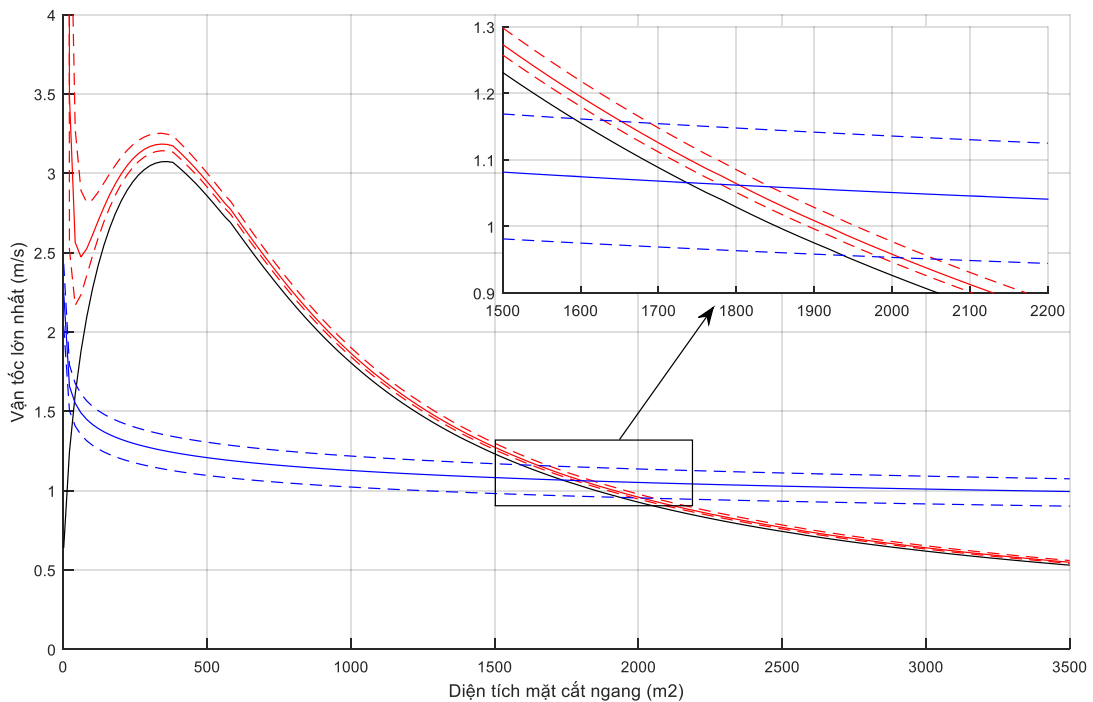
Bảng 20. Các kịch bản điều kiện thủy động lực theo năm

Kịch bản	Độ cao sóng	Hướng sóng	Góc sóng với đường bờ	Chu kỳ sóng	Lưu lượng sông	Biên độ triều
KB 1	0.48	48.92	50.52	5.05	58.40	0.786
KB 2	0.69	66.06	71.96	5.98	121.00	1.065
KB 3	1.18	159.47	80.67	7.08	286.00	1.340

3.2. Dự tính xu thế ổn định theo mùa vùng cửa sông Đà Diễn

3.2.1. Kết quả dự tính xu thế ổn định theo giản đồ Escoffier

Từ các kịch bản cho từng giai đoạn và cả năm, giản đồ Escoffier xây dựng được có kết quả như sau:



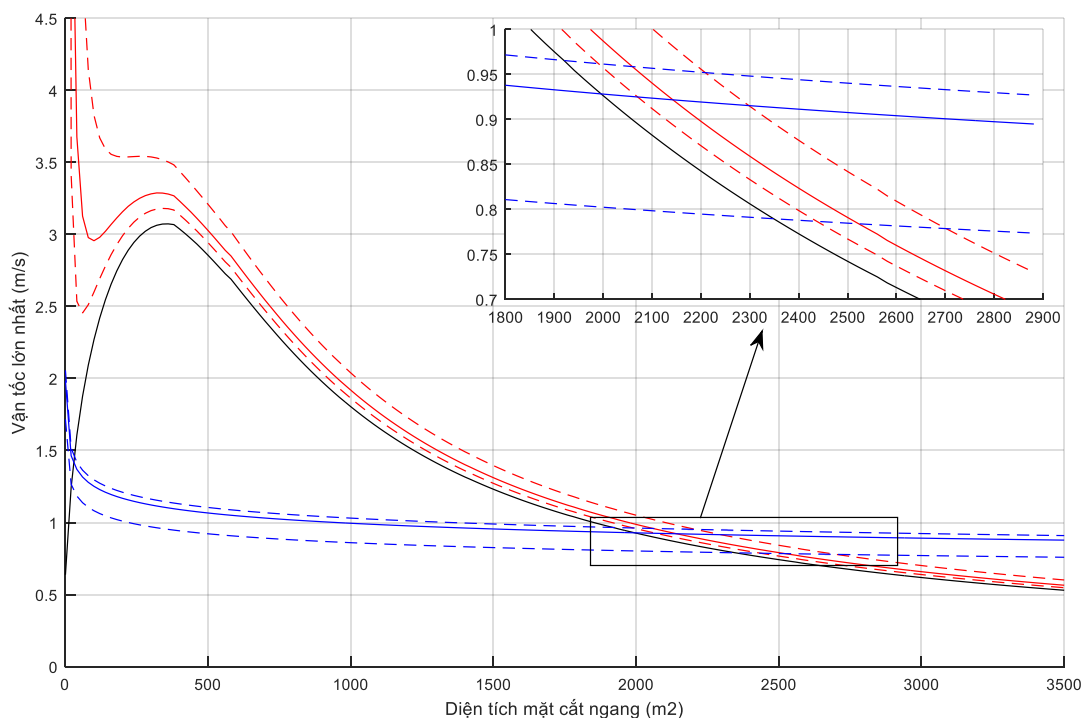
Hình 26. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 1 (từ tháng 1 đến tháng 4)

Ở các giản đồ Escoffier, các đường kẻ đứt thể hiện các yếu tố ở mức giá trị phân tử thứ nhất và phân tử thứ ba. Đường liền nét màu thể hiện các yếu tố ở mức giá trị trung vị. Đường liền nét màu đen được xây dựng khi lưu lượng sông bằng $0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Từ giản đồ Escoffier cho cửa Đà Diễn (Hình 26), ta thấy khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định của cửa ở giai đoạn 1 nằm trong khoảng từ 1630 m^2 đến 2050 m^2 . Có thể thấy, xét trong cùng một điều kiện của sóng nhất định, diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định chênh lệch chỉ khoảng 50 m^2 khi lưu lượng sông tăng từ $40 \text{ m}^3/\text{s}$ đến $102 \text{ m}^3/\text{s}$. Trong khi đó, lại thấy có sự thay đổi lớn hơn của các điểm nút cân bằng ổn định theo dòng vận chuyển bùn cát ven bờ. Xét trong cùng một điều kiện lưu lượng sông, diện tích mặt cắt ngang ổn định ở trường hợp dòng vận chuyển bùn

cát lớn chênh lệch khoảng 350 m² so với trường hợp dòng vận chuyển bùn cát nhỏ. Như vậy, sự thay đổi của lưu lượng sông trong giai đoạn 1 không có tác động đáng kể đến sự thay đổi của diện tích mặt cắt ngang hống sông ổn định.

Vào giai đoạn 2, khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định của cửa trong khoảng từ 1970 m² đến 2700 m² (Hình 27). Ở giai đoạn này, lưu lượng sông lớn hơn so với giai đoạn 1 kết hợp với yếu tố sóng tác động không mạnh khiến cho diện tích mặt cắt ngang ổn định của sông tăng đáng kể. Có thể thấy, với điều kiện của giai đoạn 2, cửa sông có xu hướng mở rộng hơn so với khi chịu tác động bởi các điều kiện ở giai đoạn 1.



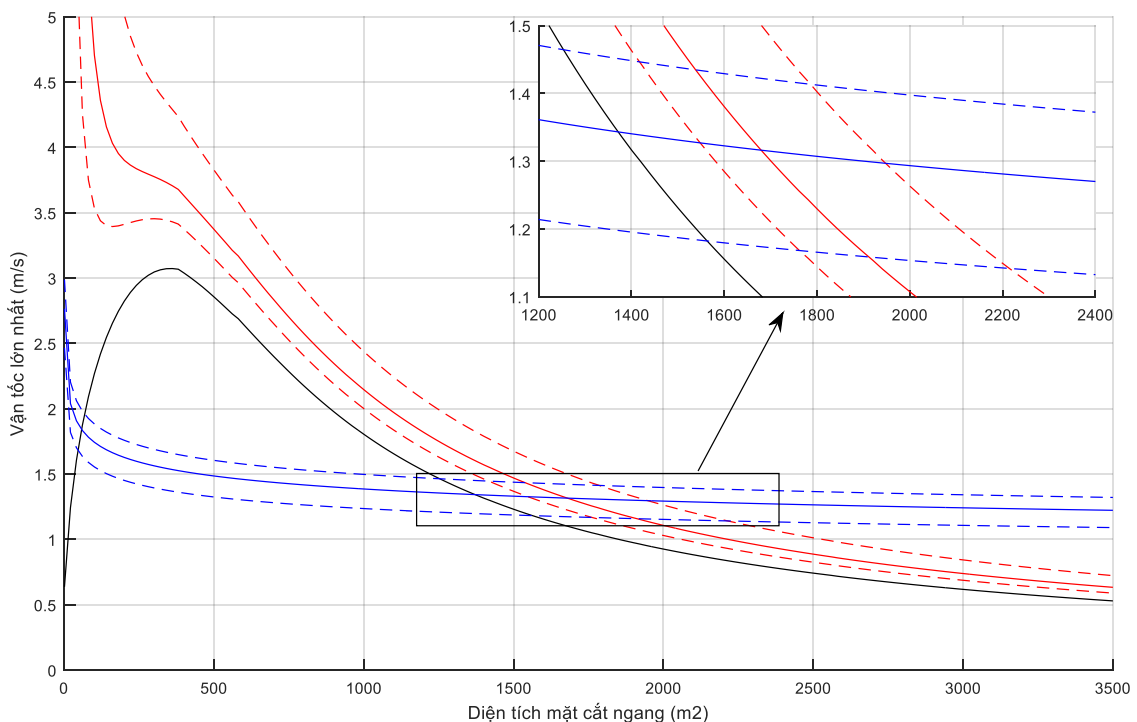
Hình 27. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 2 (từ tháng 5 đến tháng 9)

Ở giai đoạn 2, với cùng một điều kiện sóng nhất định, sự thay đổi của lưu lượng sông từ 62,18 m³/s đến 250 m³/s làm diện tích mặt cắt ngang ổn định tăng lên khoảng 200 m². Bên cạnh đó, sự thay đổi của sóng cũng gây ra sự thay đổi khá lớn của diện tích mặt cắt ngang ổn định (chênh lệch khoảng 400 m²). Có thể thấy, ở giai đoạn này, trong điều kiện lưu lượng sông đạt giá trị lớn kết hợp với điều kiện dòng chảy vận chuyển bùn cát dọc bờ nhỏ khiến giá trị diện tích mặt cắt ngang hống sông

ổn định rộng nhất; giá trị này chênh lệch 200 m² với giá trị diện tích mặt cắt ngang ổn định trong trường hợp các tác động thủy động lực ở giá trị trung vị (2500 m²).

Sang giai đoạn 3 (từ tháng 10 đến tháng 12), giản đồ Escoffier (Hình 28) cho thấy, ở giai đoạn này, mức ảnh hưởng của cả yếu tố sông và yếu tố sóng đều lớn hơn so với giai đoạn 1 và giai đoạn 2. Do đó, khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định giai đoạn này nằm trong khoảng từ 1420 m² đến 2220 m².

Mức chênh lệch giữa giá trị lưu lượng Q1 (giá trị tứ phân vị thứ nhất) và Q3 (giá trị tứ phân vị thứ ba) lên tới khoảng 470 m³/s (từ 209 m³/s đến 677 m³/s) đã khiến diện tích mặt cắt ngang ổn định hòng sông khác nhau đến khoảng 400 m² trong hai trường hợp (khi xét cùng một điều kiện sóng nhất định). Yếu tố sóng trong giai đoạn này cũng tạo ra sự khác biệt lớn về giá trị dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ. Trong đó, dòng vận chuyển bùn cát lớn khiến diện tích mặt cắt ngang ổn định nhỏ hơn khoảng 400 m² so với trường hợp dòng vận chuyển bùn cát nhỏ khi xét trong cùng một điều kiện lưu lượng sông nhất định.

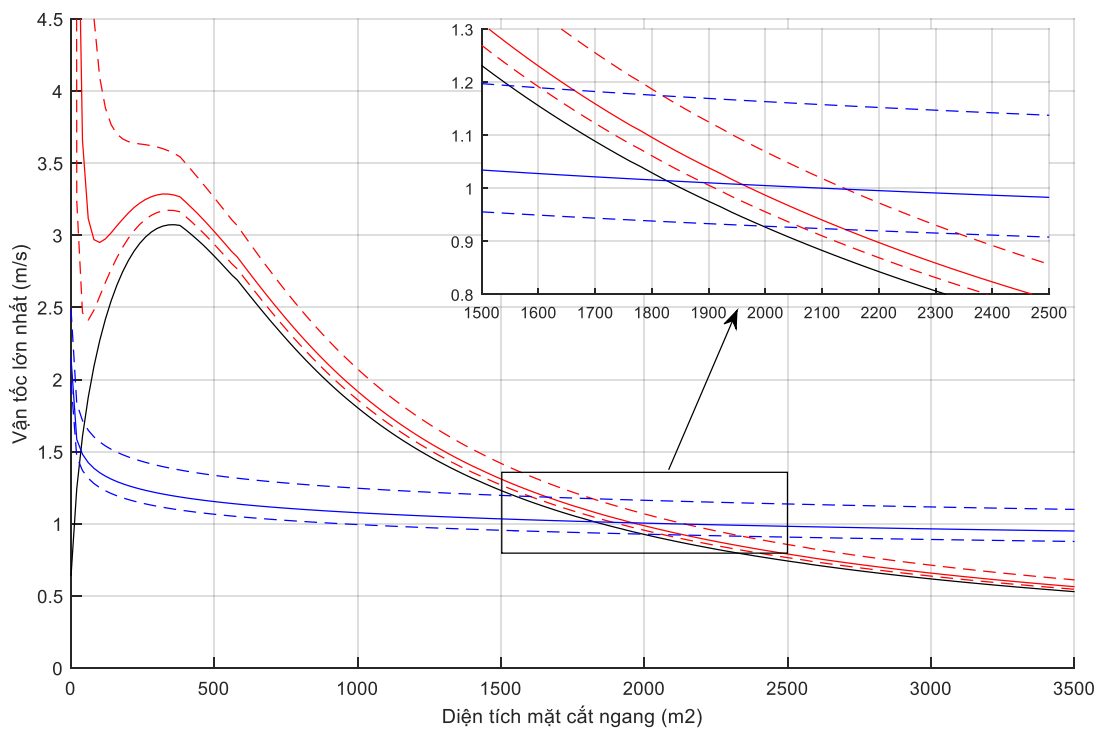


Hình 28. Giản đồ Escoffier xây dựng cho giai đoạn 3 (từ tháng 10 đến tháng 12)

Ở giai đoạn 3, giá trị lưu lượng sông Q3 lên tới 677,25 m³/s; tuy nhiên khi kết hợp với dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ lớn do sóng gây ra thì diện tích mặt cắt ngang ổn định hòng sông vào khoảng 1790 m²; giá trị này nhỏ hơn so với giá trị diện tích mặt cắt ngang ổn định trong trường hợp điều kiện thủy động lực ở giá trị trung vị (khoảng 1920 m²).

Có thể thấy, tuy lưu lượng sông ở giai đoạn 3 lớn hơn so với 2 giai đoạn còn lại, tuy nhiên, khi kết hợp với điều kiện sóng tác động mạnh, khiến cho cửa sông không có xu hướng mở rộng như giai đoạn 2. Như vậy, từ giai đoạn 2 sang giai đoạn 3, cửa sông sẽ có xu hướng thu hẹp hơn.

Để dự tính diện tích mặt cắt ngang cân bằng dài hạn cho cửa sông Đà Diễn, luận văn xây dựng giản đồ Escoffier cho kịch bản trong điều kiện trung bình nhiều năm (Hình 29).



Hình 29. Giản đồ Escoffier xây dựng thời đoạn cả năm

Qua đó cho thấy, khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định nằm trong khoảng từ 1600 m² đến 2350 m². Trong trường hợp này, dải biến đổi của yếu tố sóng

lớn hơn so với trường hợp tính theo các giai đoạn trong năm. Diện tích mặt cắt ngang ổn định chênh lệch lên tới 450 m² trong hai trường hợp lớn và nhỏ của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ (khi xét trong cùng một điều kiện lưu lượng sông nhất định). Trong khi đó, dải biến đổi lưu lượng sông từ 58,4 m³/s đến 286 m³/s. Mức chênh lệch này khiến diện tích mặt cắt ngang cửa sông sai khác khoảng 230 m² với cùng một điều kiện sóng nhất định.

Như vậy, có thể thấy, mức biến động lớn của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ do sóng gây ra khiến giá trị ổn định của hòng sông thay đổi nhiều hơn. Dải dao động của lưu lượng sông trung bình ngày tính trong nhiều năm cho thấy, lưu lượng sông tập trung chủ yếu ở mức lưu lượng trung bình và nhỏ.

Theo P.Bruun (1960), tỷ lệ giữa sâu trung bình và độ rộng của các cửa sông ổn định trên thế giới nằm trong khoảng từ 0,026 đến 0,035. Do đó, có thể thấy, mặt cắt ngang cân bằng ổn định của cửa sông Đà Diễn sẽ có độ rộng khoảng 343 m đến 416m và độ sâu từ 5,5 m đến 6,7 m.

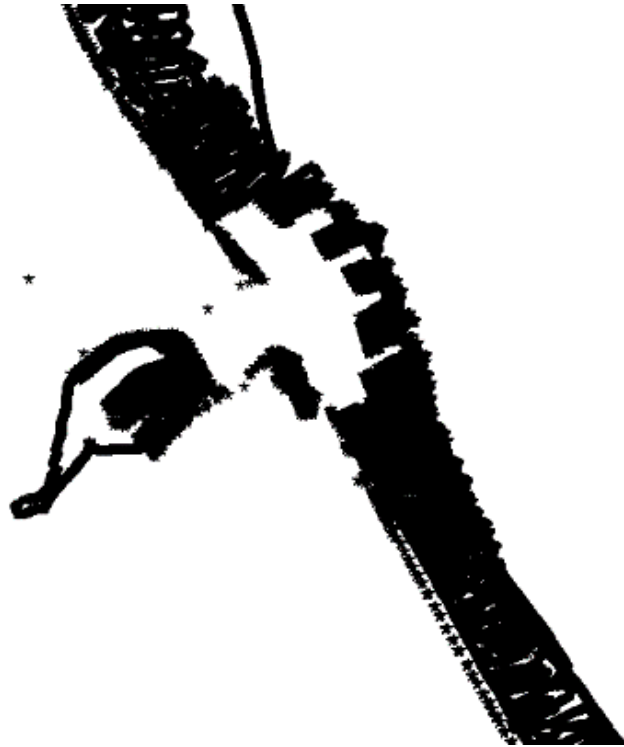
3.2.2. Thiết kế địa hình khu vực hòng sông

Địa hình khu vực cửa sông sẽ được thiết kế sao cho diện tích mặt cắt ngang tại hòng của cửa sông phù hợp với khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định (đã xác định ở mục 3.2.1). Cụ thể, hai trường hợp diện tích được sử dụng để xây dựng mặt cắt ngang cửa sông là trường hợp 1600 m² và 2350 m² (tương ứng với ngưỡng cận dưới và cận trên của khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định cửa sông theo thời đoạn dài).

Mặt cắt ngang cân bằng ổn định được thiết kế trên nền địa hình cửa sông Đà Diễn năm 2016 từ số liệu đo đạc của đề tài cấp Nhà nước “*Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diễn và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội*” do PGS.TS. Nguyễn Tiền Giang chủ trì.

Mặt cắt ngang cân bằng ổn định lý tưởng được thiết kế với dạng hình thang. Tuy nhiên, do địa hình thiết kế trên nền địa hình năm 2016 và sử dụng mô hình Mike

với lưới tính tam giác (Phụ lục 1) do đó, mặt cắt ngang thiết kế có sự sai khác so với mặt cắt ngang cân bằng lý tưởng (Bảng 21)



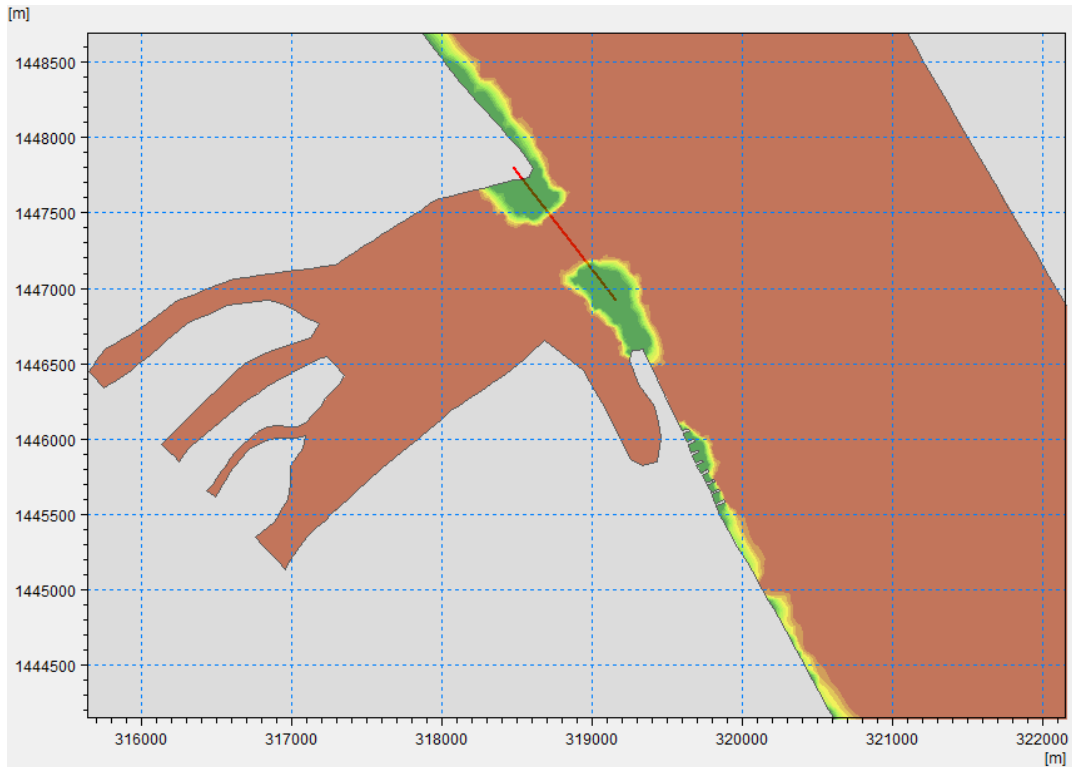
a. Các điểm đo địa hình khu vực cửa sông Đà Diễn năm 2016



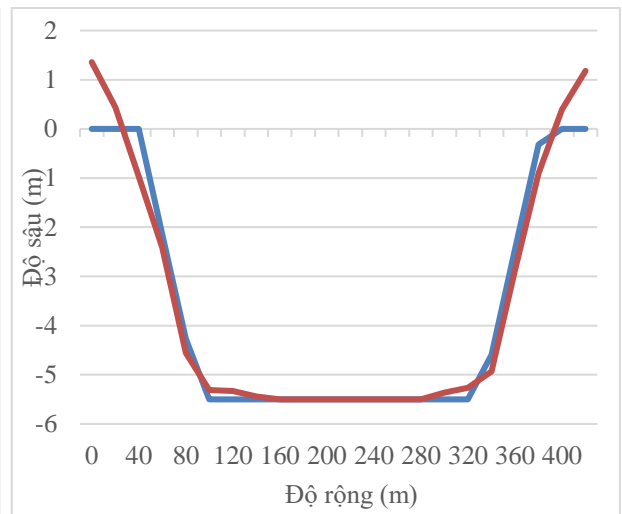
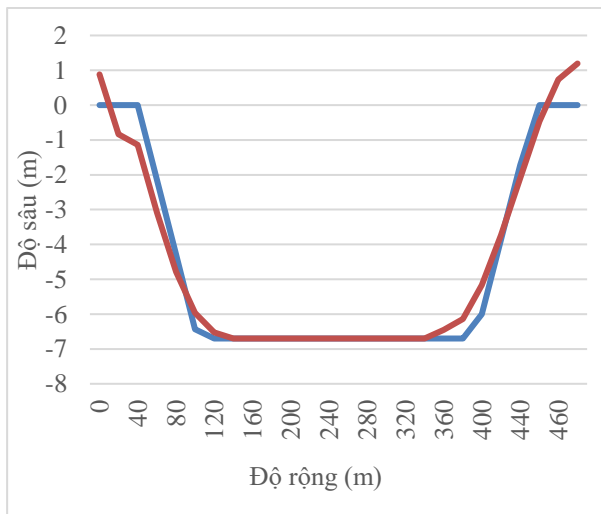
b. Các điểm địa hình khu vực họng của sông Đà Diễn năm 2016

c. Các điểm địa hình khu vực họng của sông Đà Diễn khi bổ sung điểm địa hình thiết kế

Hình 30. Bổ sung điểm địa hình thiết kế cho cửa sông Đà Diễn



a. Vị trí trích xuất mặt cắt ngang thiết kế



a. So sánh mặt cắt ngang thiết kế trường hợp 1 (đường xanh là mặt cắt thiết kế lý tưởng, đường đỏ là mặt cắt thiết kế trong Mike 21)

b. So sánh mặt cắt ngang thiết kế trường hợp 2 (đường xanh là mặt cắt thiết kế lý tưởng, đường đỏ là mặt cắt thiết kế trong Mike 21)

Hình 31. Mặt cắt ngang hống sông thiết kế trong trường hợp 1 và trường hợp 2

Bảng 21. So sánh sai khác mặt cắt ngang thiết kế lý tưởng và thiết kế trên mô hình Mike

Trường hợp	Độ sâu (m)	Độ rộng (m)	Diện tích (m ²)	Thiết kế
Trường hợp 1: Cận trên	6.7	416	2350	Lý tưởng
	6.7	440	2258	Mô hình Mike
Trường hợp 2: Cận dưới	5.5	343	1600	Lý tưởng
	5.5	372	1627	Mô hình Mike

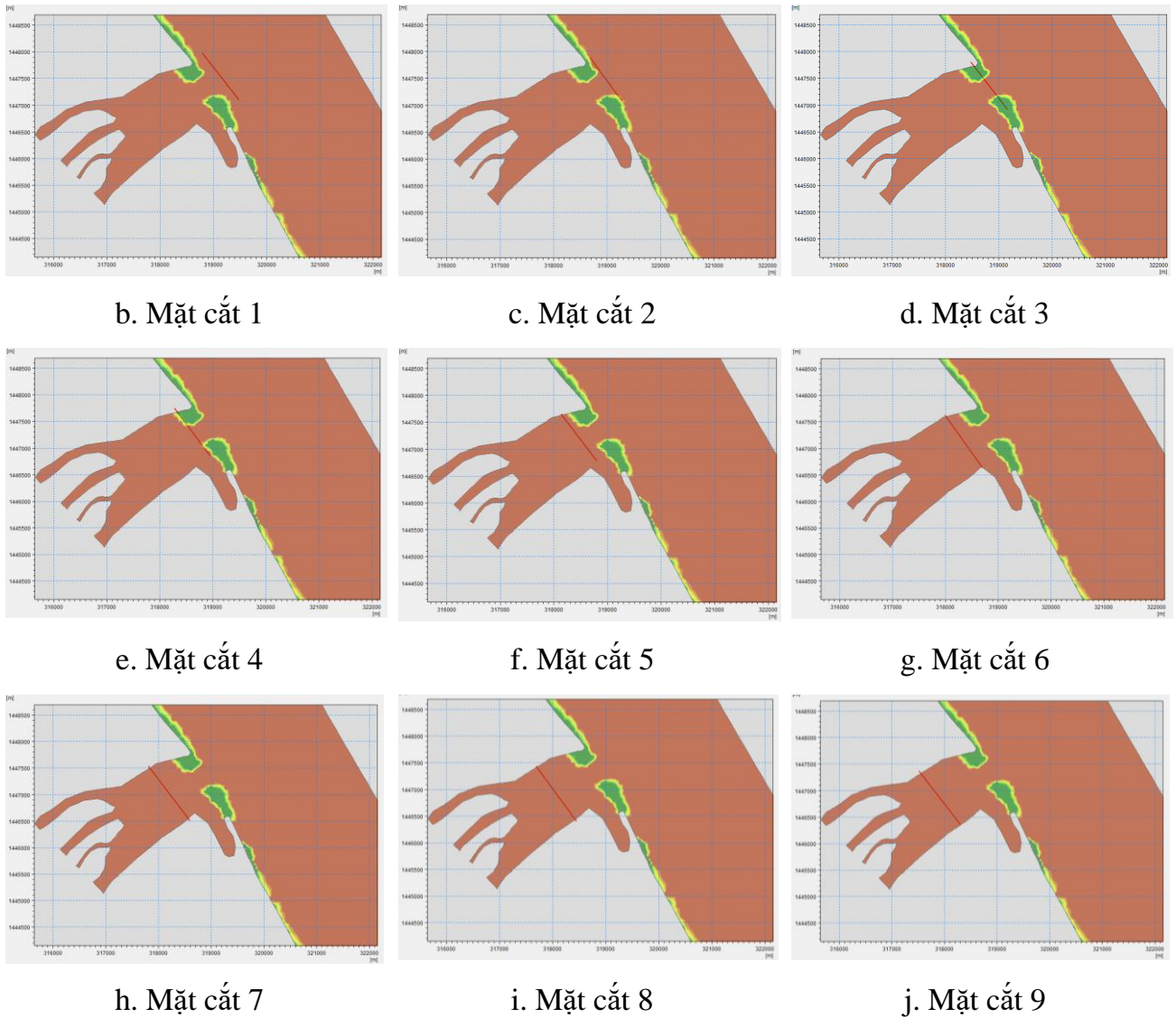
Địa hình thiết kế trong hai trường hợp trên được coi là phù hợp và được sử dụng để tính toán và đánh giá độ ổn định của cửa sông.

3.2.3. Đánh giá xu thế ổn định của khu vực cửa sông bằng chỉ tiêu ổn định Bruun

Để đánh giá xu thế ổn định của khu vực cửa sông theo thời đoạn ngắn (giai đoạn), luận văn thực hiện mô phỏng chế độ thủy động lực khu vực cửa sông trong tháng 3 (đại diện cho giai đoạn 1), tháng 7 (đại diện cho giai đoạn 2), tháng 11 (đại diện cho giai đoạn 3) và trong trận lũ lịch sử năm 1993 (trùng ứng với lũ tần suất 1%). Từ đó, đánh giá sự ổn định khu vực cửa sông thông qua 9 mặt cắt với vị trí như sau:



a. Vị trí tổng thể 09 mặt cắt



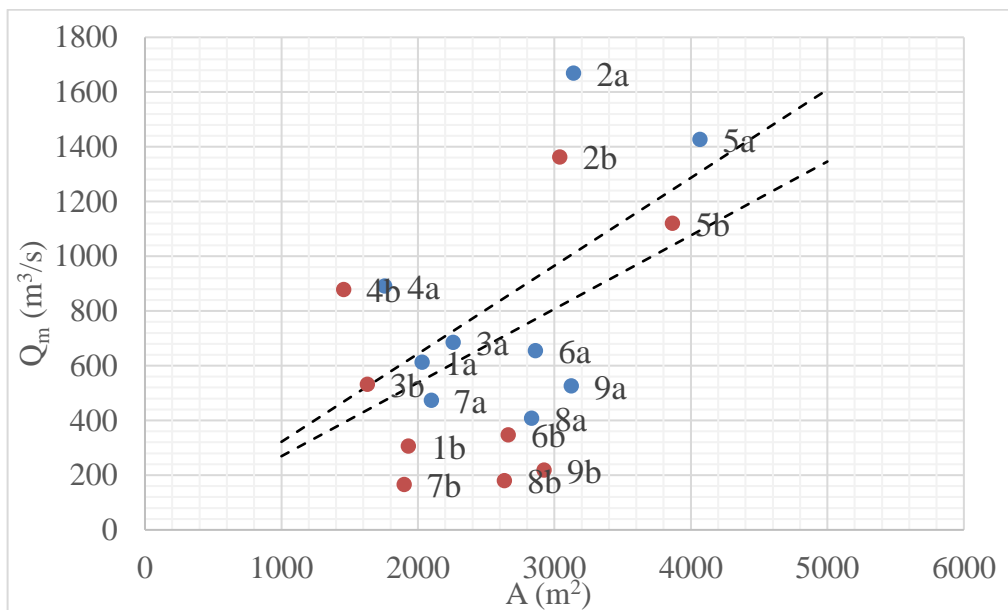
Hình 32. Vị trí các mặt cắt trích xuất kết quả từ mô hình Mike 21

Trong đó, mặt cắt 3 tương ứng với điều kiện khu vực họng cửa sông. Mặt cắt 1 thể hiện cho khu vực ngoài biên; các mặt cắt 2, 4 và 5 thể hiện cho khu vực sát họng cửa sông; các mặt cắt số 6, 7, 8 và 9 là thể hiện cho khu vực phía trong cửa sông.

Từ kết quả trích xuất dữ liệu từ 9 mặt cắt khu vực cửa sông, luận văn sử dụng quan hệ tương quan giữa lưu lượng lớn nhất qua mặt cắt (Q_m) và diện tích mặt cắt ngang đó (A) để đánh giá sự ổn định của khu vực cửa sông. Một cửa sông được coi là đạt trạng thái ổn định lý tưởng khi quan hệ giữa hai đại lượng này gần như tuyến tính. “Ứng suất xác định cho cửa sông ổn định”, τ_s , có giá trị từ khoảng $0,35 \text{ kg/m}^2$ đến khoảng $0,5 \text{ kg/m}^2$. Cửa sông có giá trị ứng suất nhỏ hơn giá trị ứng suất ổn định

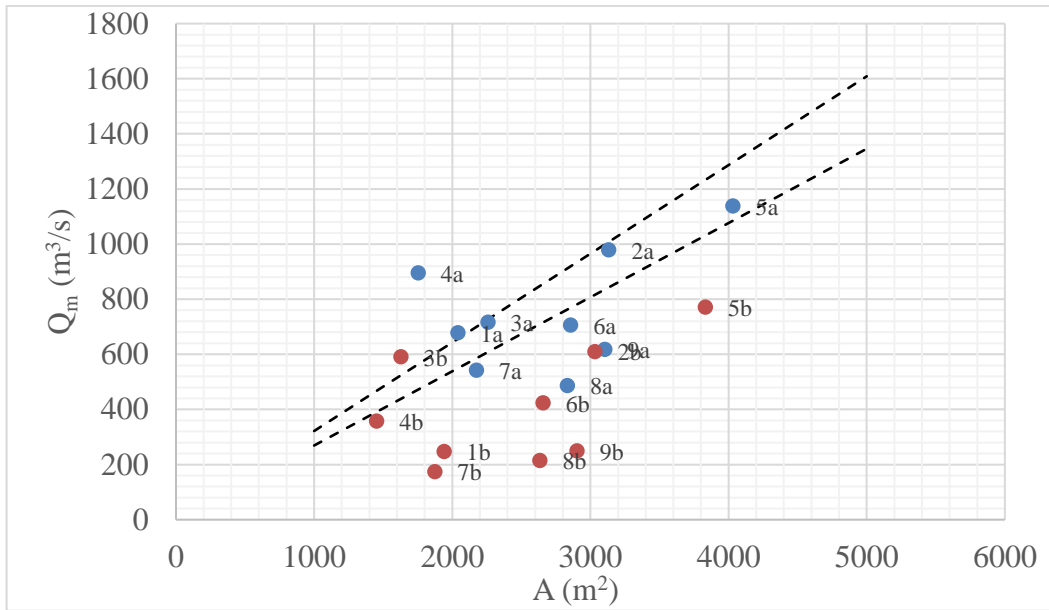
có xu hướng bị bồi và ngược lại, cửa sông sẽ có xu hướng bị xói khi có giá trị ứng suất lớn (mục 2.1.2.1).

Xét trong điều kiện thủy động lực của giai đoạn 1, khu vực cửa sông chưa đạt trạng thái ổn định lý tưởng (Hình 33). Có thể thấy, mức độ tương quan tuyến tính của A và Q_m chưa tốt ở cả hai trường hợp thiết kế. Trong đó, một số mặt cắt có xu thế bị bồi ở cả hai trường hợp thiết kế như mặt cắt 8 và mặt cắt 9 (đây là hai mặt cắt ở phía bên trong sông). Giá trị ứng suất trung bình của các mặt cắt trong sông ở trường hợp 1 là $0,18 \text{ kg/m}^2$ và ở trường hợp 2 là $0,04 \text{ kg/m}^2$. Mặt cắt 2 và mặt cắt 4 có khả năng bị xói ở cả hai trường hợp thiết kế (đây là hai mặt cắt có vị trí ngay sát với mặt cắt hống sông). Trong khi đó, mặt cắt tại hống cửa sông (mặt cắt 3) có mức độ ổn định tương đối tốt ở cả hai trường hợp với ứng suất $\tau = 0,44 \text{ kg/m}^2$ ở trường hợp 1 và $\tau = 0,51 \text{ kg/m}^2$ ở trường hợp 2.



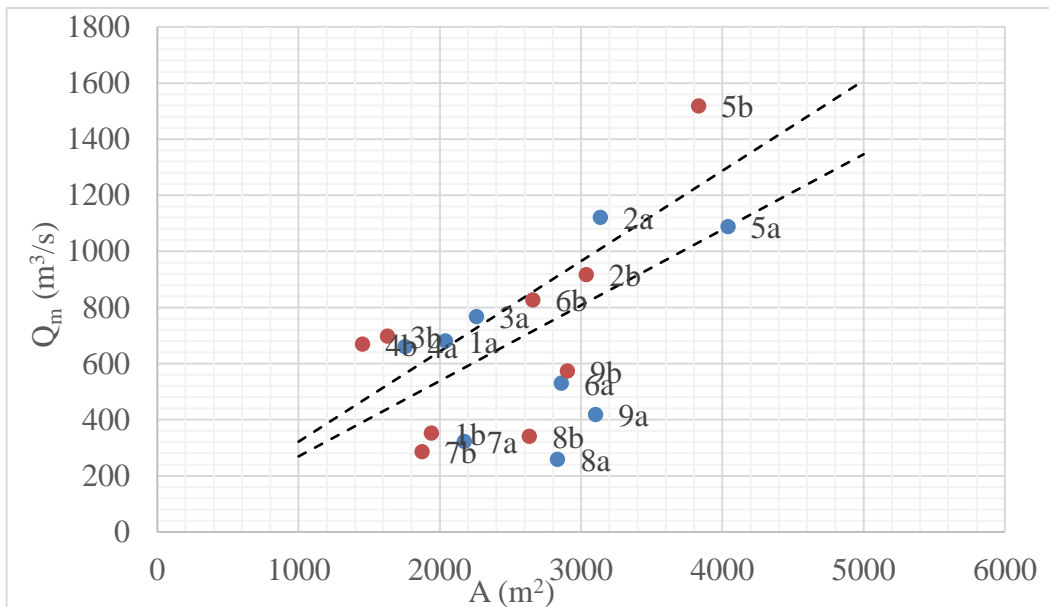
Hình 33. Biểu đồ quan hệ $A \sim Q_m$ giai đoạn 1

Các mặt cắt được đánh số từ 1 đến 9. Hệ số a và b chỉ các kết quả theo trường hợp 1 và trường hợp 2 tương ứng. Các đường thẳng đứt nét thể hiện đường tương quan lý tưởng của A và Q_m trong trường hợp ứng suất ổn định lần lượt bằng $0,35 \text{ kg/m}^2$ và $0,5 \text{ kg/m}^2$.



Hình 34. Biểu đồ quan hệ A~Qm giai đoạn 2

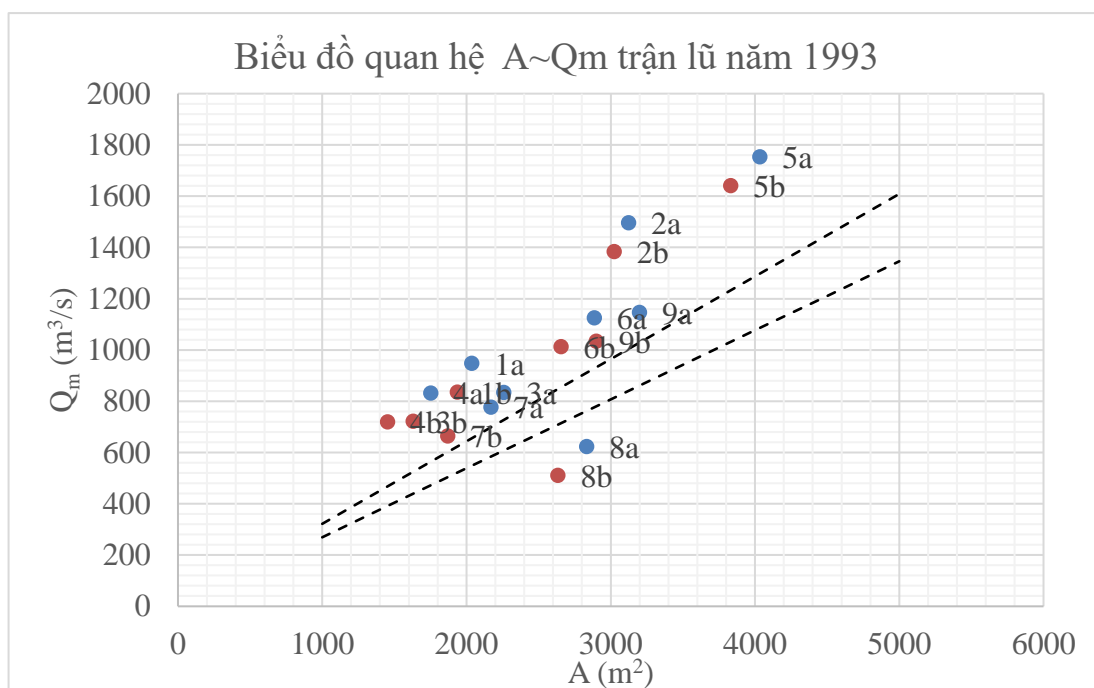
Ở giai đoạn 2, trường hợp thiết kế 1 đã có mức độ ổn định tương đối khá (Hình 34). Ở trường hợp này, dễ thấy chỉ mặt cắt số 4 có khả năng bị xói ($\tau = 1,26 \text{ kg/m}^2$). Mặt cắt số 8 và số 9 có xu thế bị bồi. Trường hợp thiết kế 2, khi mặt cắt hạ sông nhỏ hơn, cho thấy khu vực cửa sông có xu thế bồi tụ nhiều hơn cả trong và ngoài cửa sông. Giá trị ứng suất trung bình của các mặt cắt ở trường hợp 2 là $0,19 \text{ kg/m}^2$.



Hình 35. Biểu đồ quan hệ A~Qm giai đoạn 3

Trong điều kiện của giai đoạn 3, trường hợp thiết kế 2 có độ tương quan khá tốt giữa các mặt cắt. Tuy nhiên, một số mặt cắt ở khu vực trong sông vẫn có xu hướng bồi như mặt cắt 7,8 và 9 và mặt cắt 4, 5 có xu hướng bị xói (Hình 35). Trường hợp thiết kế 1 chưa đạt chỉ tiêu ổn định lý tưởng, các mặt cắt phía trong cửa sông có xu hướng bồi tụ rõ rệt.

Xét trong điều kiện trận lũ lịch sử năm 1993, cho thấy khu vực cửa sông có xu hướng xói là chủ yếu ($\tau_{tb} = 0,78 \text{ kg/m}^2$) (Hình 36). Tuy nhiên, với mặt cắt tại hòng cửa sông (mặt cắt số 3) cho thấy độ xói không quá lớn trong trường hợp này (Giá trị ứng suất trung bình của mặt cắt hòng sông trong 2 trường hợp là $0,64 \text{ kg/m}^2$). Bên cạnh đó, mặt cắt 8 vẫn có xu hướng bị bồi ($\tau_{tb} = 0,28 \text{ kg/m}^2$).



Hình 36. Biểu đồ quan hệ A~Qm trận lũ năm 1993

Như vậy, có thể thấy rằng, khu vực cửa sông có các biểu hiện khác nhau theo từng giai đoạn nếu chỉ thiết kế hòng sông ổn định theo phương pháp xây dựng biểu đồ Escoffier. Khu vực phía trong sông ở ba giai đoạn luôn có xu hướng bồi (mặt cắt số 7, 8 và 9) và khu vực xung quanh hòng sông lại có xu hướng bị xói ở một số trường hợp (mặt cắt số 2, 4 và 5).

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định của cửa sông có thay đổi theo các điều kiện thủy động lực của mỗi giai đoạn khác nhau. Trong đó, do lưu lượng sông nhỏ lại gặp sự tác động mạnh mẽ của sóng gây ra bởi gió mùa Đông Bắc nên sự biến đổi lưu lượng sông không có tác động đáng kể đến sự thay đổi giá trị ổn định của mặt cắt ngang hòng sông trong giai đoạn 1 (từ tháng 1 đến tháng 4). Ở giai đoạn này, khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định là từ 1630 m² đến 2050 m².

Ở giai đoạn 2 (từ tháng 5 đến tháng 9), khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định là từ 1970 m² đến 2700 m². Tác động của sóng gây ra bởi gió mùa Tây Nam vẫn có tác động tương đối lớn đến sự ổn định của hòng cửa sông, tuy nhiên, cửa sông vẫn có xu hướng mở rộng hơn do lưu lượng sông trong giai đoạn này lớn hơn so với giai đoạn 1.

Ở giai đoạn 3 (từ tháng 10 đến tháng 12), mặc dù là giai đoạn mùa lũ có lưu lượng sông lớn nhất trong cả ba giai đoạn, nhưng đây cũng là giai đoạn có yếu tố sóng gây ra bởi gió mùa Đông Bắc tác động mạnh mẽ nhất, do đó, khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định sẽ có xu hướng thu hẹp lại so với giai đoạn 2. Khoảng diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định là từ 1420 m² đến 2220 m². Sự chênh lệch giá trị ổn định của mặt cắt ngang hòng sông lên tới khoảng 350 m² đến 400 m² giữa hai trường hợp lớn và nhỏ của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ khi xét trong cùng một điều kiện lưu lượng sông nhất định (đối với giai đoạn 1 và giai đoạn 3).

Như vậy, có thể thấy được tác động của các yếu tố thủy động lực đến cửa sông Đà Diễn, đặc biệt là hòng cửa sông có sự thay đổi theo mùa. Trong trường hợp các yếu tố thủy động lực này tác động đến cửa sông một cách tự nhiên thì cửa sông sẽ có xu hướng luôn biến đổi theo mùa để tiến đến trạng thái ổn định của cửa sông trong từng giai đoạn.

Khoảng diện tích mặt cắt ngang ổn định thời đoạn dài (cả năm) của cửa sông Đà Diễn nằm trong khoảng từ 1600 m² đến 2350 m². Khi xét điều kiện thủy động lực cả năm, cho thấy, dải dao động của lưu lượng sông tập trung nhiều vào khoảng lưu lượng nhỏ và trung bình (từ 58,4 m³/s đến 286 m³/s). Tác động của sóng được thể hiện rõ ở mức độ chênh lệch lớn (khoảng 450 m²) ở giá trị mặt cắt ngang ổn định trong trường hợp dòng vận chuyển bùn cát lớn và nhỏ khi xét trong cùng một điều kiện lưu lượng sông.

Khi xét khu vực cửa sông trong điều kiện đã thiết kế mặt cắt ngang tại hống sông phù hợp với diện tích mặt cắt ngang cân bằng ổn định trong điều kiện thời đoạn dài:

+ Giai đoạn 1, khi lưu lượng sông nhỏ kết hợp với sự tác động mạnh của gió mùa Đông Bắc, khu vực cửa sông có biến động phức tạp. Khu vực xung quanh hống sông có xu thế bị xói. Trong khi đó, khu vực trong sông có xu thế bị bồi.

+ Giai đoạn 2, khu vực cửa sông chưa đạt trạng thái ổn định với tình trạng bồi phổ biến ở trường hợp thiết kế 2. Khu vực phía trong sông có xu hướng tiếp tục có xu hướng bị bồi như giai đoạn 1.

+ Cửa sông có mức độ ổn định tương đối khá ở giai đoạn 3 trong trường hợp thiết kế 2 (diện tích hống cửa sông ổn định là 1600 m²). Tuy nhiên, hiện tượng bồi vẫn là xu thế phổ biến ở các mặt cắt phía trong cửa sông trong cả hai trường hợp thiết kế.

+ Với hai trường hợp mặt cắt thiết kế, cửa sông có khả năng thoát lũ tốt. Trạng thái xói chiếm ưu thế ở cả hai trường hợp thiết kế. Tuy nhiên, có thể thấy, mặt cắt hống cửa sông có độ ổn định tương đối tốt. Ngược lại, mặt cắt số 8 vẫn có xu hướng bị bồi.

Kiến nghị

Có thể thấy, yếu tố thủy động lực tại cửa sông Đà Diễn biến đổi rõ rệt theo mùa (theo từng giai đoạn) do đó dẫn đến cửa sông Đà Diễn có những diễn biến phức

tạp theo từng giai đoạn trong năm. Để khắc phục hiện trạng này, cần nghiên cứu thêm về các phương án chỉnh trị bằng công trình có tác động thay đổi điều kiện thủy động lực tác động đến khu vực cửa sông.

Khu vực phía trong sông cho thấy luôn có xu hướng bồi trong giai đoạn 1 và giai đoạn 2, một số mặt cắt còn có xu hướng bị bồi ở giai đoạn 3 và đặc biệt là trong điều kiện lũ. Do đó, cần nghiên cứu về biện pháp nạo vét khu vực phía trong cửa sông.

Cần nghiên cứu thêm các tác động của Biến đổi khí hậu và nước biển dâng để có thể đề xuất biện pháp chỉnh trị có hiệu quả theo thời đoạn dài hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Phạm Duy Huy Bình (2017), *Ứng dụng phương pháp hồi quy đa biến Logistic xây dựng mô hình nhận thức về diễn biến hình thái khu vực cửa sông Đà Diễn, tỉnh Phú Yên*, Luận văn Thạc sỹ, Đại học Khoa học Tự nhiên
2. Nguyễn Tiền Giang (2015), *Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diễn và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội*, Đề tài cấp Nhà nước.
3. Lưu Thị Thu Hiền (2013), *Nghiên cứu chế độ động lực học vùng cửa Tùng sông Bến Hải (Tỉnh Quảng Trị) dưới tác động của các công trình thủy lợi*, Luận văn Thạc sỹ Kỹ thuật, Đại học Thủy Lợi.
4. Phạm Thu Hương (2013), *Nghiên cứu cơ sở khoa học cho việc đề xuất giải pháp ổn định cửa Đà Rằng, tỉnh Phú Yên*, Luận án Tiến sỹ, Đại học Thủy Lợi.
5. Nghiêm Tiến Lam, Verhagen Henk Jan, Wegen Van Der (2004), "Nghiệm giải tích của dòng chảy trong cửa triều nối với đầm phá có sự tham gia của dòng chảy thượng nguồn", *Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Kỹ thuật Môi trường*. 5, 24 -28.
6. Nguyễn Bá Quý (1994), *Một số vấn đề diễn biến cửa sông vùng triều dưới ảnh hưởng của bão, lũ*, Luận án Tiến sỹ, Đại học Thủy Lợi.
7. Nguyễn Thọ Sáo, Nguyễn Minh Huân, Ngô Chí Tuấn, Đặng Đình Khá (2010), "Biến động trầm tích và diễn biến hình thái khu vực cửa sông ven bờ Cửa Tùng, Quảng Trị", *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. 26(3S), 427-434.
8. Nguyễn Bá Uân (2002), *Nghiên cứu diễn biến vùng cửa sông ven biển miền Trung và ảnh hưởng của nó đến vấn đề thoát lũ và khai thác kinh tế trong vùng*, Luận án Tiến sỹ, Đại học Thủy Lợi.

Tiếng Anh

9. Behrens Dane Kristopher (2012), *The Russian River estuary: inlet morphology, management, and estuarine scalar field response*, University of California, Davis, California, USA.
10. Bruun Per, Gerritsen Franciscus (1960), "Stability of coastal inlets", *Coastal Engineering Proceedings*. 1(7), 386-417.
11. Bruun Per (1978), *Stability of tidal inlets*, Vol. 23, Elsevier, 506.
12. Cameron WM, Pritchard DW (1963), "Estuaries", *The Sea*. 2, 306–324.
13. Cooper J Andrew G (2001), "Geomorphology of Tide-dominated and River-dominated, Barred, Microtidal Estuaries: a Contrast", *Journal of Coastal Research*. Special Issue 34, 428-436.
14. Duong Trang Minh (2015), *Climate change impacts on the stability of small tidal inlets*, TU Delft, Delft University of Technology.

15. Escoffier Francis F (1940), "The stability of Tidal Inlets", *Shore and Beach*. 8(4), 111-115.
16. Escoffier Francis F (1977), *Hydraulics and Stability of Tidal Inlets*, U.S Army Coastal Engineering Research Center, Virginia, 72.
17. Fairbridge R (1980), "The estuary: its definition and geodynamic cycle", *Chemistry and biochemistry of estuaries*, 1-37.
18. Galloway William E (1975), "Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems", 87-98.
19. Hinwood JB, McLean EJ (2018), "Estuaries, Tidal Inlets, Escoffier, O, Brien and Morphological attractors", *E-proceedings of the 36th IARH World Congress*, 1-13.
20. Jarrett James T (1976), *Tidal prism-inlet area relationships*, GITI Rep. 3, U.S. Army Eng. Waterw. Exp. Stn., Vicksburg, MS.
21. Lam Nghiem Tien (2009), *Hydrodynamics and morphodynamics of a seasonally forced tidal inlet system*, Doctoral Thesis, TU Delft, The Netherlands, TU Delft.
22. Li Xing, Liu J Paul, Saito Yoshiki, Nguyen Van Lap (2017), "Recent evolution of the Mekong Delta and the impacts of dams", *Earth-Science Reviews*. 175, 1-17.
23. Luo Jing, Li Ming, Sun Zhilin, O'Connor Brian A (2013), "Numerical modelling of hydrodynamics and sand transport in the tide-dominated coastal-to-estuarine region", *Marine Geology*. 342, 14-27.
24. O'Brien Morrrough P (1931), "Estuary tidal prisms related to entrance areas", *Civil Engineering*. 1(8), 738-739.
25. Powell Mark A., Thieke Robert J., Mehta Ashish J. (2006), "Morphodynamic relationships for ebb and flood delta volumes at Florida's tidal entrances", *Ocean Dynamics*. 56(3-4), 295-307.
26. Ranasinghe Roshanka, Pattiaratchi Charitha (2003), "The seasonal closure of tidal inlets: causes and effects", *Coastal engineering journal*. 45(04), 601-627.
27. Seminack Christopher T, McBride Randolph A (2018), "A life-cycle model for wave-dominated tidal inlets along passive margin coasts of North America", *Geomorphology*. 304, 141-158.
28. Shigemura Toshiyuki (1976), "Characteristics of tidal inlets on the Pacific Coast of Japan", *Coastal Engineering 1976*, 1666-1680.
29. Slinger Jill H (2017), "Hydro-morphological modelling of small, wave-dominated estuaries", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 198, 583-596.
30. Townend Ian (2005), "An Examination of Empirical Stability Relationships for UK Estuaries", *Journal of Coastal Research*. 215, 1042-1053.
31. Tung TT, Stive MJF (2009), Coastal inlets and estuaries along the Central coast of Vietnam, *Proc. of 3rd Int. Conf. on Estuaries and Coasts (ICEC 2009)*.
32. Tung TT (2011), *Morphodynamics of seasonally closed coastal inlets at the central coast of Vietnam*, Doctoral Thesis, TU Delft, The Netherlands, TU Delft

33. Van de Kreeke J (1992), "Stability of tidal inlets; Escoffier's analysis", *Shore and Beach*. 60(1), 9-12.
34. Wells John T (1995), "Tide-dominated estuaries and tidal rivers", *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 179-205.
35. Wolanski Eric (2006), "The evolution time scale of macro-tidal estuaries: examples from the Pacific Rim", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 66(3-4), 544-549.
36. Wu Xiao, Bi Naishuang, Xu Jingping, Nittrouer Jeffrey A, Yang Zuosheng, Saito Yoshiki, Wang Houjie (2017), "Stepwise morphological evolution of the active Yellow River (Huanghe) delta lobe (1976–2013): Dominant roles of riverine discharge and sediment grain size", *Geomorphology*. 292, 115-127.
37. Yanez M. (1989), *Stability of a double inlet bay system; Marco Island, FLA*, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Florida.

PHỤ LỤC

THIẾT LẬP, HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH TOÁN MIKE 21 CHO KHU VỰC CỬA SÔNG ĐÀ DIỄN

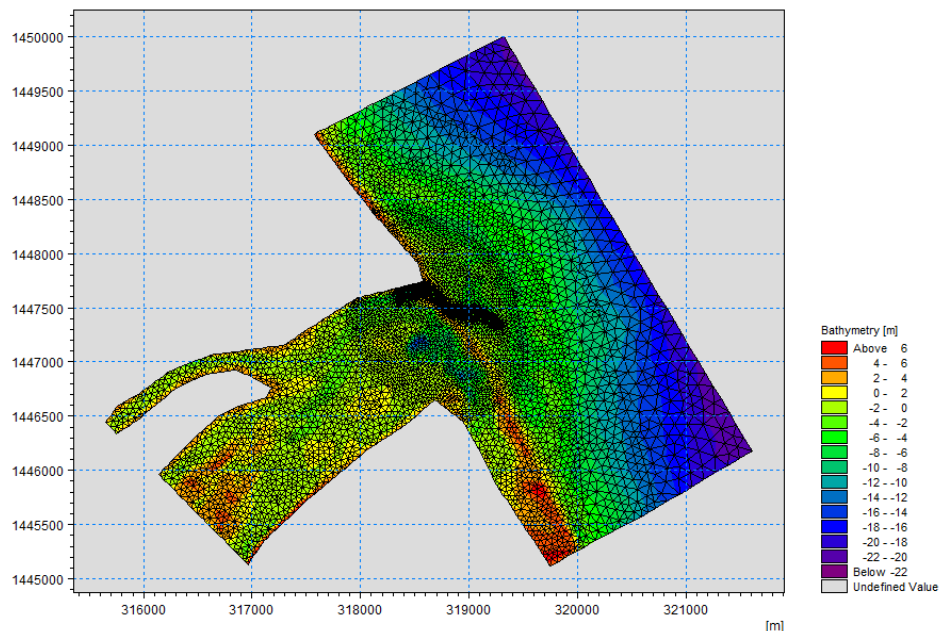
1.1. Thiết lập mô hình toán

3.2.4. Xây dựng miền tính toán cho khu vực cửa sông Đà Diễn

Lưới tính toán của mô hình 2 chiều được xây dựng dựa trên nền địa hình 1/5000 thực đo của Đề tài cấp nhà nước mã số ĐTĐL.15.15 ở khu vực cửa sông Đà Diễn. Số liệu địa hình được đo chi tiết cả phần dưới nước và trên bờ, vì vậy việc xây dựng lưới tính toán sẽ sát với thực tế. Cụ thể, lưới tính được chia như sau:

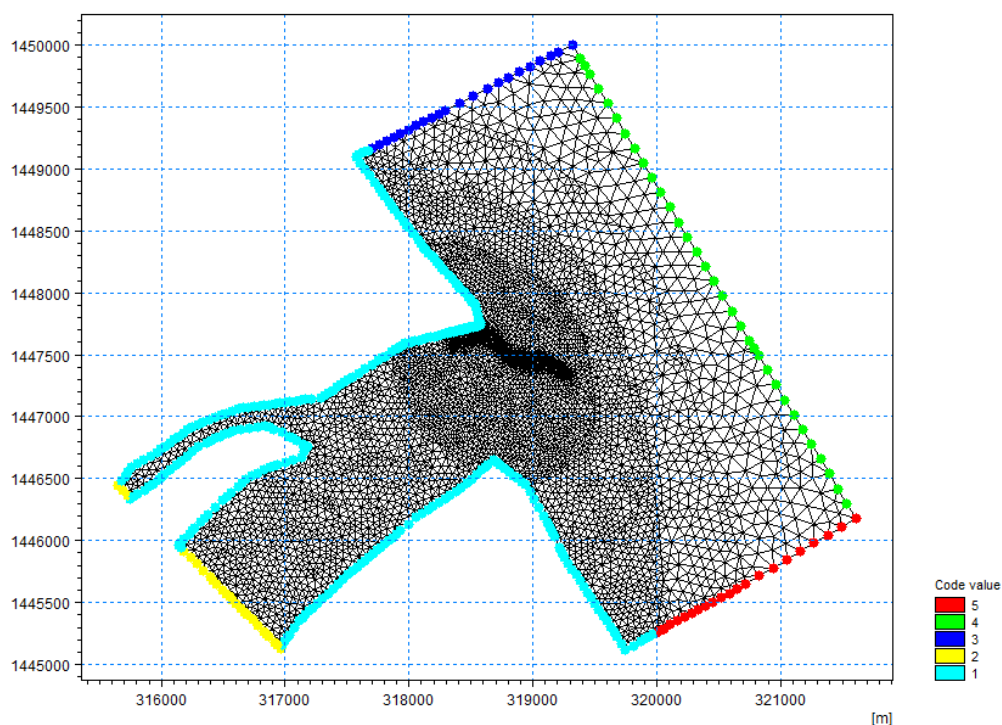
- Tổng số phần tử được đưa vào tính toán là 10680 phần tử, kích thước mỗi phần tử khoảng 20 – 400m, trong đó khu vực luồng tàu ra vào cửa được chi tiết hóa với kích thước ô lưới từ 10 – 30m, khu vực ngoài biển kích thước các ô lưới từ 50 – 400m (hình P. 1).

- Tọa độ chia lưới được xác định ở khoảng sau: 318454.013710 (Đông) - 316882.875710 (Tây) và 1447083.300911 (Bắc) - 1447012.731195 (Nam)



Hình P. 1. Lưới tính toán 2 chiều khu vực cửa sông Đà Diễn

- Biên tính của lưới tính toán vùng 2 chiều gồm 3 biên, bao gồm 1 biên trên được xác định tại cầu Đà Rằng cũ (biên 2), 3 biên dưới ngoài biển là mực nước thủy triều (biên 3, 4, 5). Đường biên số 1 là biên đất cứng (hình P. 2).



Hình P. 2. Các biên tính toán vùng 2 chiều

Các thông số mô hình tính toán vùng 2 chiều cửa Đà Diễn được thiết lập bằng Mike 21/3 Couple Model

3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

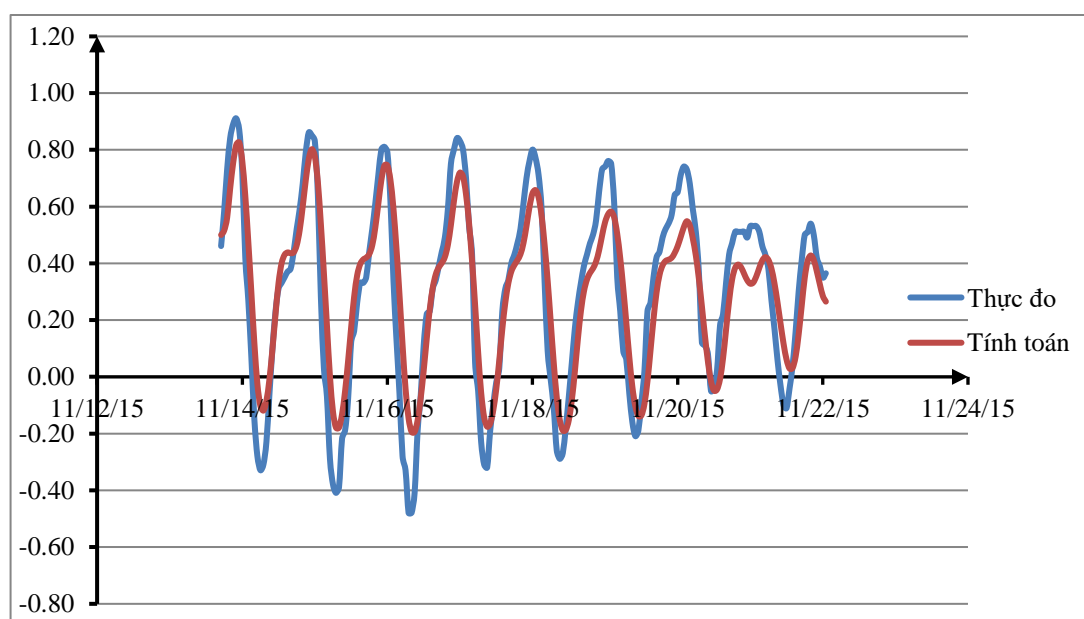
3.3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

3.3.1.1. Hiệu chỉnh mô hình thủy lực

Chuỗi số liệu quan trắc tại Trạm C trong khoảng thời gian từ 13 tháng 11 năm 2015 đến ngày 28 tháng 11 năm 2015 được sử dụng để hiệu chỉnh mô đun thủy lực, kết quả so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo được thể hiện trong hình P. 3.

Qua hình P. 3 có thể thấy, pha dao động mực nước giữa giá trị tính toán và thực đo là tương đối đồng nhất, giá trị cao độ mực nước thì giá trị thực đo cao hơn giá trị tính toán khoảng 15 – 20cm, điều này có thể giải thích do trạm C quan trắc

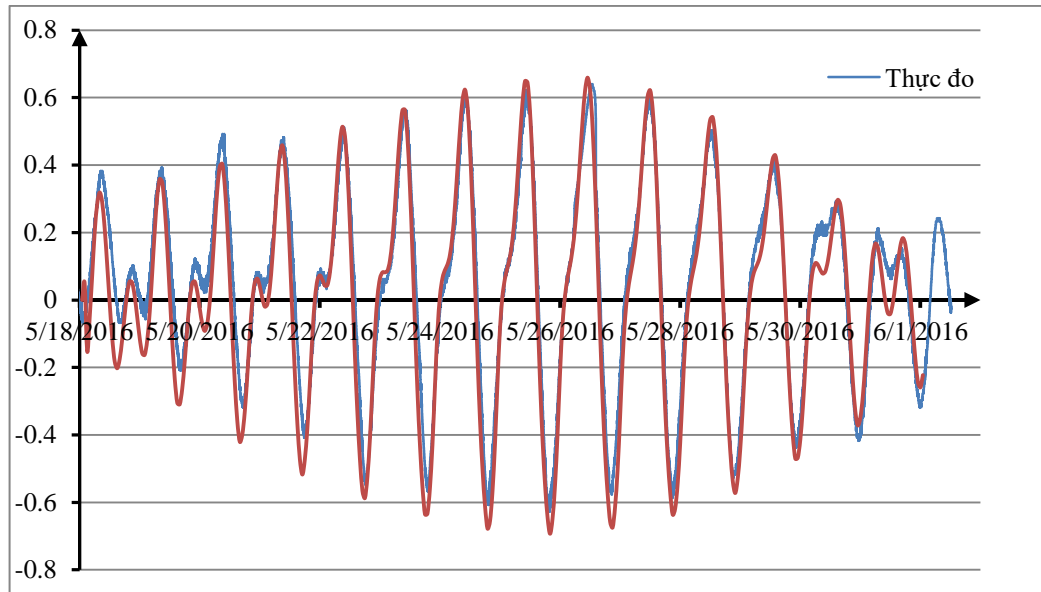
trong khu vực có nhiều tàu thuyền quan lại mà mô hình chưa thể tính toán hết được các điều kiện này nên giá trị mực nước thực đo cao hơn giá trị tính toán. Tuy nhiên sai số này nhỏ hơn 20cm nằm trong giới hạn cho phép nên kết quả hiệu chỉnh có thể chấp nhận được. Sai số đánh giá theo chỉ tiêu Nash $R^2 = 84\%$. Mô hình đã hiệu chỉnh có đủ độ tin cậy cho các công việc mô phỏng tiếp theo.



Hình P. 3. Quá trình mực nước thực đo và tính toán tại trạm C

3.3.1.2. Kiểm định mô hình thủy lực

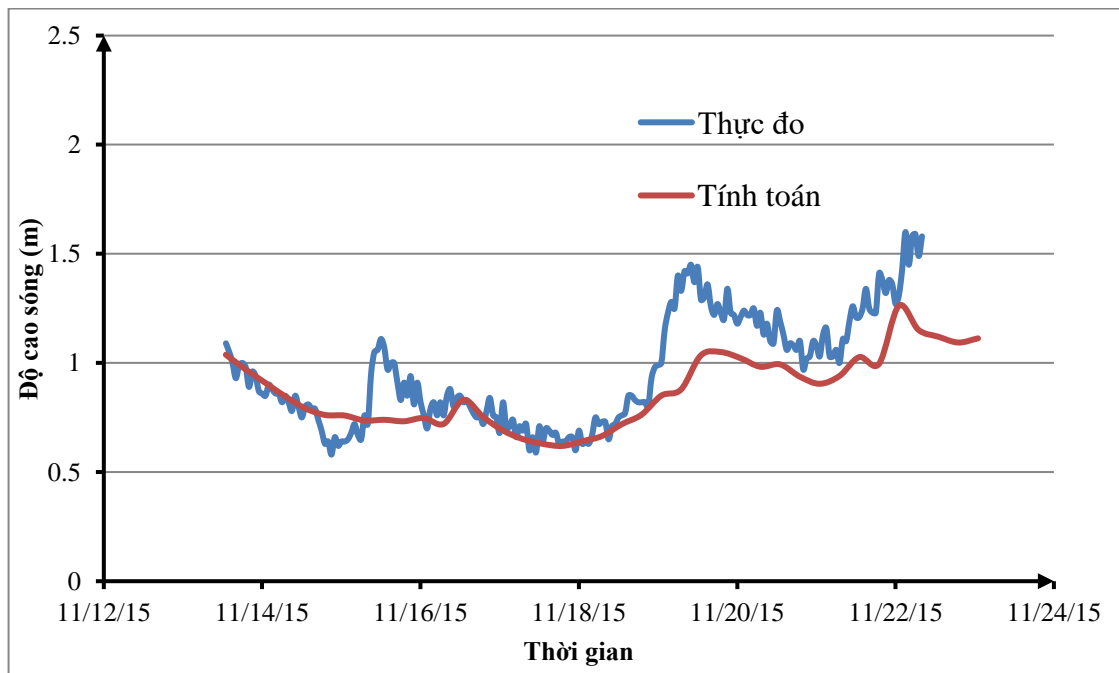
Để kiểm định lại bộ thông số mô hình đã hiệu chỉnh và bộ mô hình đã thiết lập, đề tài đã tiến hành kiểm định mô hình với chuỗi số liệu độc lập đo đạc từ ngày 18 tháng 5 năm 2016 đến ngày 1 tháng 6 năm 2016. Kết quả so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo được thể hiện trong hình P. 4. Kết quả so sánh cho thấy đường quá trình mực nước thực đo và tính toán khá giống nhau cả về pha và độ lớn, đánh giá theo chỉ tiêu Nash đạt 95%, đây là kết quả khá tốt. Do vậy bộ mô hình đã xây dựng và bộ thông số đã chọn cho kết quả tốt và đủ cơ sở và độ tin cậy để tiến hành tính toán các kịch bản



Hình P. 4. Đường quá trình mực nước giữa giá trị tính toán và thực đo tại trạm G

3.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng

3.3.2.1. Hiệu chỉnh mô hình sóng



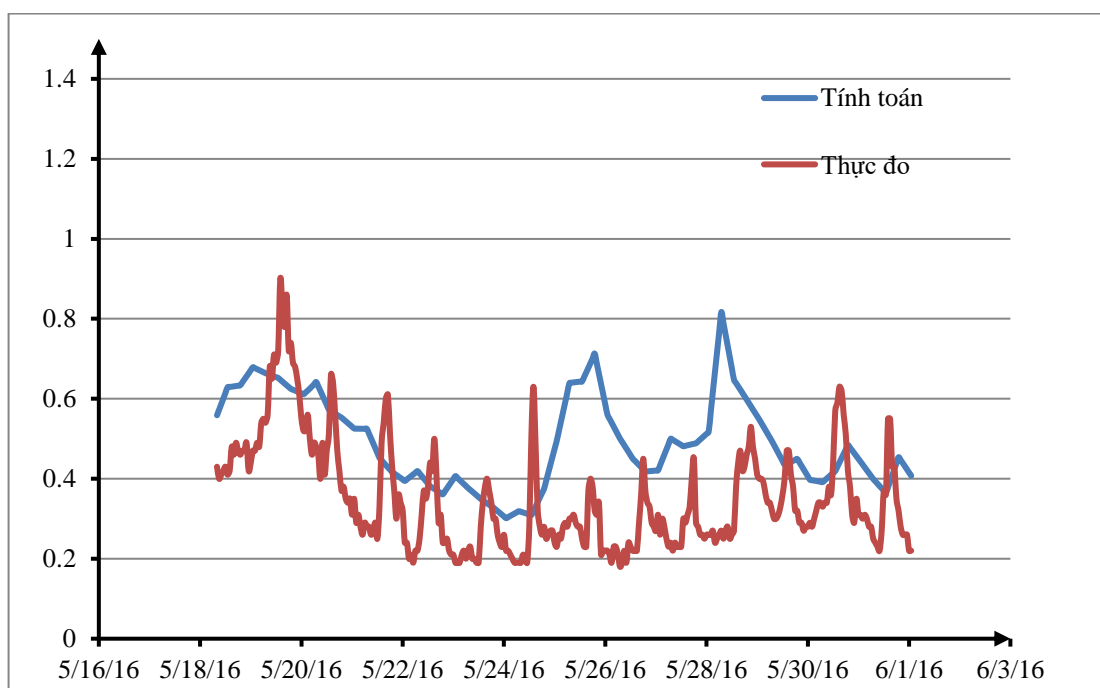
Hình P. 5. So sánh giá trị tính toán và thực đo giá trị độ cao sóng tại Trạm A

Nhằm đánh giá tính ổn định của mô hình đã xây dựng, đề tài đã tiến hành chạy mô hình sóng kết hợp với mô hình thủy lực. Chuỗi số liệu đo đạc ngày 13 tháng 11

năm 2015 đến ngày 23 tháng 11 năm 2015 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Hình ảnh so sánh giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm A được thể hiện trong hình P. 5, có thể thấy mô hình tính toán khá ổn định, trường sóng có hướng vuông góc với bờ khi đi vào bờ, độ cao sóng giảm dần. Đánh giá theo chỉ tiêu Nash = 65% thuộc loại đạt. Do đó bộ mô hình có đủ độ tin cậy để có thể sử dụng để kiểm định mô hình.

3.3.2.2. Kiểm định mô hình sóng

Đề tài sử dụng chuỗi số liệu quan trắc tháng 5 năm 2016 để tiến hành kiểm định mô hình. Kết quả cho thấy trường sóng trong khu vực cửa Đà Diễn khá là ổn định, và mô hình mô đã xây dựng có khả năng mô phỏng tốt trường sóng cũng như trường thủy động lực trong khu vực cửa Đà Diễn. Kết quả so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo được thể hiện trong hình P. 6. Đánh giá sai số theo chỉ tiêu Nash = 50%, bộ mô hình đạt yêu cầu để tiến hành mô phỏng các kịch bản.



Hình P. 6. So sánh giá trị tính toán và thực đo giá trị độ cao sóng tại Trạm A