

DÁNH GIÁ SỰ TƯƠNG TÁC GIỮA NƯỚC DÂNG DO BÃO VÀ THỦY TRIỀU

ĐỖ NGỌC QUỲNH, NGUYỄN THỊ VIỆT LIÊN,
ĐINH VĂN MẠNH

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước dâng do bão và thủy triều là hai hiện tượng cùng xảy ra trong biển. Nguyên nhân gây ra và bản chất của chúng hoàn toàn khác nhau. Vì vậy việc nghiên cứu các hiện tượng này từ xưa tới nay thường được tách riêng để xem xét một cách độc lập. Khi tách số liệu đo đạc mực nước tổng hợp ra các thành phần thủy triều và nước dâng bão cũng như tổng hợp nghiên cứu để nhận bức tranh dao động mực nước chung, chúng ta đều nhận giả thiết gần đúng rằng hai hiện tượng không có tương tác và sử dụng phép cộng tuyến tính.

Thực ra trong vùng nước nông, việc thừa nhận sự cần thiết phải sử dụng hệ phương trình chuyển động dạng phi tuyến để mô tả các hiện tượng thủy triều và nước dâng bão là không còn phải bàn cãi. Đồng thời về độ lớn hai hiện tượng này có giá trị cùng bậc. Như vậy có thể suy đoán rằng hai hiện tượng chắc chắn sẽ có mối quan hệ tương tác phi tuyến. Cần thiết phải đánh giá được mức độ tương tác này trong những vùng biển cụ thể. Điều đó có ý nghĩa khoa học và thực tiễn rõ rệt.

Việc đánh giá này sẽ được thực hiện bằng cách giải số trị các bài toán mô phỏng dao động thủy triều và nước dâng bão trong vịnh Bắc Bộ. Trình tự tiến hành như sau: Trước hết giải bài toán tính dự báo thủy triều tại những thời điểm có bão hoạt động. Giải bài toán nước dâng bão thuần túy, nghĩa là tính nước dâng bão trên nền mặt biển trung bình. Tiếp theo là giải bài toán thủy triều và nước dâng bão đồng thời, nghĩa là tính toán nước dâng bão xảy ra trên nền dao động thủy triều của vịnh. Cuối cùng là tiến hành so sánh kết quả tính bài toán hỗn hợp với kết quả cộng tuyến tính của hai bài toán đơn. Độ lệch của hai kết quả này nói lên mức độ tương tác phi tuyến giữa hai hiện tượng.

2. CÁC BÀI TOÁN

2.1. Bài toán 1. Tính dự báo thủy triều vịnh Bắc Bộ

Hệ phương trình xuất phát là hệ Saint-Venant 2 chiều (ký hiệu $S(x, y, t)$) với giả thiết không có thành phần ngoại lực [3].

$$S_1(x, y, t) = 0$$

với các điều kiện biên:

- + Biên cứng L_1 : Điều kiện không thấm $U_n = 0$.
- + Biên lỏng L_2 : Cho dao động thủy triều tổng hợp

$$\xi(x, y, t) = \sum_i f_i H_i \cos[q_i t + (v_0 + u)_i - g_i]$$

với i là các sóng triều chính, f_i và $(v_0, u)_i$ là các tham số thiên văn phụ thuộc vào thời gian, H_i , g_i là các hằng số điều hòa thủy triều phụ thuộc vị trí không gian, q_i - tốc độ góc của các sóng triều.

Hệ phương trình đầy đủ, phương pháp và kết quả giải số trị đã trình bày kỹ trong [3]. Chỉ lưu ý ở đây thời gian cần tính dự báo sẽ tương ứng với thời gian có bão tồn tại.

2.2. Bài toán 2. Tính nước dâng bão thuần túy

Bài toán này đã được nghiên cứu và kiểm định khá công phu trong khuôn khổ đề tài cấp Nhà nước [1].

Hệ phương trình xuất phát cũng là hệ phương trình Saint-Venant 2 chiều với các thành phần ngoại lực là lực gradient áp suất khí quyển theo phương ngang và ứng lực gió tiếp tuyến trên mặt biển. Ở đây mô hình giải tích phân bố áp suất và gió trong bão được sử dụng

$$S_2(x, y, t) = 0$$

Điều kiện biên:

- + Biên cứng L_1 : điều kiện không thấm $U_n = 0$
- + Biên lỏng L_2 : điều kiện phóng xạ $U_n = \xi \sqrt{\frac{g}{h + \xi}}$

2.3. Bài toán 3. Tính thủy triều và nước dâng hỗn hợp

Sử dụng hệ phương trình như bài toán 2

$$S_2(x, y, t) = 0$$

với điều kiện biên:

- + Biên cứng L_1 : điều kiện không thấm: $U_n = 0$
- + Biên lỏng L_2 : cho dao động của mực nước triều tổng hợp

$$\xi(x, y, t) = \sum_i f_i H_i \cos[q_i t + (v_0 + u)_i - g_i]$$

Các bài toán 1, 2, 3 đều được giải với điều kiện ban đầu từ trạng thái nước hoàn toàn yên tĩnh.

2.4. Tổng hợp kết quả. Đánh giá định lượng tương tác phi tuyến nước dâng bão với thủy triều

Trên cơ sở kết quả tính toán các bài toán nêu trên đã tiến hành so sánh giá trị mực nước tính trong mô hình tổng hợp nước dâng bão thủy triều (bài toán 3) với giá trị cộng tuyến tính của thủy triều (bài toán 1) và nước dâng bão thuần túy (bài toán 2). Sự sai lệch của hai giá trị so sánh này chính là biểu hiện mức độ tương tác phi tuyến của hai hiện tượng

3. GIẢI SỐ TRỊ VÀ KẾT QUẢ

Các bài toán 1, 2, 3 được giải số trị theo sơ đồ sai phân ẩn bằng phương pháp truy đuổi luân hướng. Trong đó các mô hình số trị bài toán 1 và 2 đã được xây dựng và kiểm nghiệm kỹ trong khuôn khổ các đề tài cấp Nhà nước [1, 3]. Miền tính ở đây là vịnh Bắc Bộ với bước lưới không gian 1/4 độ kinh vĩ.

Để nghiên cứu tương tác giữa thủy triều và nước dâng bão đã chọn ra 10 cơn bão để tính toán (xem bảng 1). Đây là những cơn bão điển hình, gây nước dâng tương đối lớn xảy ra trong khoảng thời gian từ 1962 đến 1989 ở Bắc Bộ và Trung Bộ

Bảng 1. Danh sách các cơn bão để tính tương tác thủy triều - nước dâng

TT	Tên bão	Nơi đổ bộ	$\Delta P(mb)$	$V_{max}(m/s)$
1	Clara - 1962	Ninh Bình	45	41
2	Carmen - 1963	Hải Phòng	40	38
3	Clara - 1964	Hải Tĩnh-Quảng Bình	52	45
4	Rose - 1968	Thanh Hóa	38	36
5	Loe - 1980	Hòn Gai	40	38
6	Kelly - 1981	Nghệ An	38	36
7	Warren - 1981	Nam Định	40	38
8	Betty - 1987	Hà Tĩnh	55	46
9	Cary - 1987	Nghệ An	37	36
10	Dan - 1989	Hà Tĩnh	50	43

Trên cơ sở kết quả 3 bài toán 1, 2, 3 nói trên đã tiến hành nghiên cứu đánh giá sự tương tác giữa thủy triều và mực nước dâng bão. Quá trình tính toán đánh giá tiến hành như sau:

Với mỗi cơn bão đã lập bảng biến thiên cho tất cả các điểm dọc bờ Việt Nam, từ bắc xuống Nam (24 điểm). Tại mỗi điểm cho giá trị từng giờ của nước dâng h_d (kể từ khi nước dâng đạt 20cm trở lên), tương ứng của thủy triều h_t , của mực nước tổng hợp theo mô hình thủy triều nước dâng hỗn hợp h_{td} , giá trị sai lệch tuyệt đối Δ giữa h_{td} với tổng $h_t + h_d$, giá trị sai lệch tương đối σ (tỷ số Δ/h_d).

Bảng 2 chỉ ra kết quả tính cho một số cơn bão tại một vài địa điểm dọc bờ nước ta.

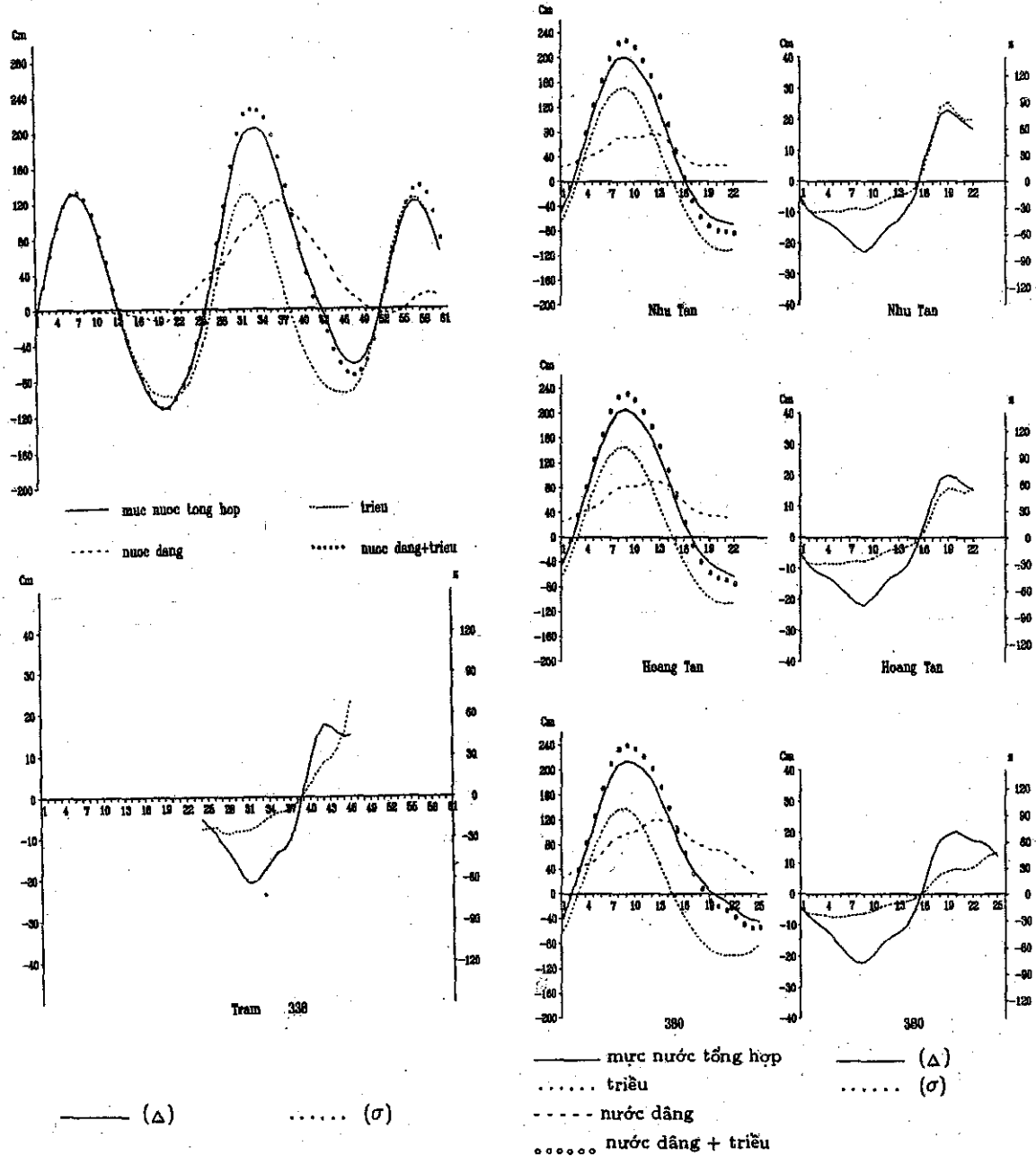
Bảng 2. Đánh giá tương tác thủy triều nước dâng bão

Tên bão	Địa điểm	Các giá trị từng giờ											
Clara-62	Trạm 446 (Vùng Nam Hà)	h_d^{cm}	28	58	98	129	93	65	43	38	53	69	73
		h_t^{cm}	80	51	20	-9	-38	-65	-87	-102	-112	-116	-114
		h_{td}^{cm}	114	122	139	143	81	19	-28	-52	-50	-42	-42
		Δ^{cm}	5	13	20	23	27	19	16	12	9	4	0
		$\delta\%$	18	22	20	17	28	28	37	31	16	5	0
Carmen-63	Trạm 556 (Vùng Quảng Ninh)	h_d^{cm}	36	84	125	141	108	89	85	80	68	56	44
		h_t^{cm}	-125	-96	-64	-29	6	43	81	114	141	160	173
		h_{td}^{cm}	-89	-6	67	109	102	115	143	171	193	207	213
		Δ^{cm}	0	5	5	-3	-12	-18	-23	-22	-16	-9	-5
		$\delta\%$	0	5	3	2	11	20	26	27	23	15	11
Cary-87	Trạm 338 (Vùng Nghệ An)	h_d^{cm}	43	51	65	79	89	94	102	113	120	123	120
		h_t^{cm}	28	64	95	118	129	130	121	102	76	47	17
		h_{td}^{cm}	61	101	144	177	198	204	205	199	182	158	127
		Δ^{cm}	-11	-13	-16	-19	-21	-20	-18	-15	-13	-12	-10
		$\delta\%$	25	25	24	23	23	21	17	13	10	9	8
Dan-89	Hộ độ (Hà Tĩnh)	h_d^{cm}	45	62	80	97	118	146	174	200	231	245	231
		h_t^{cm}	48	60	64	60	49	33	17	4	-1	-1	2
		h_{td}^{cm}	79	104	123	137	152	169	184	201	227	239	229
		Δ^{cm}	-14	-18	-20	-19	-16	-11	-6	-3	-2	-4	-4
		$\delta\%$	30	28	24	19	13	7	3	1	0	1	1

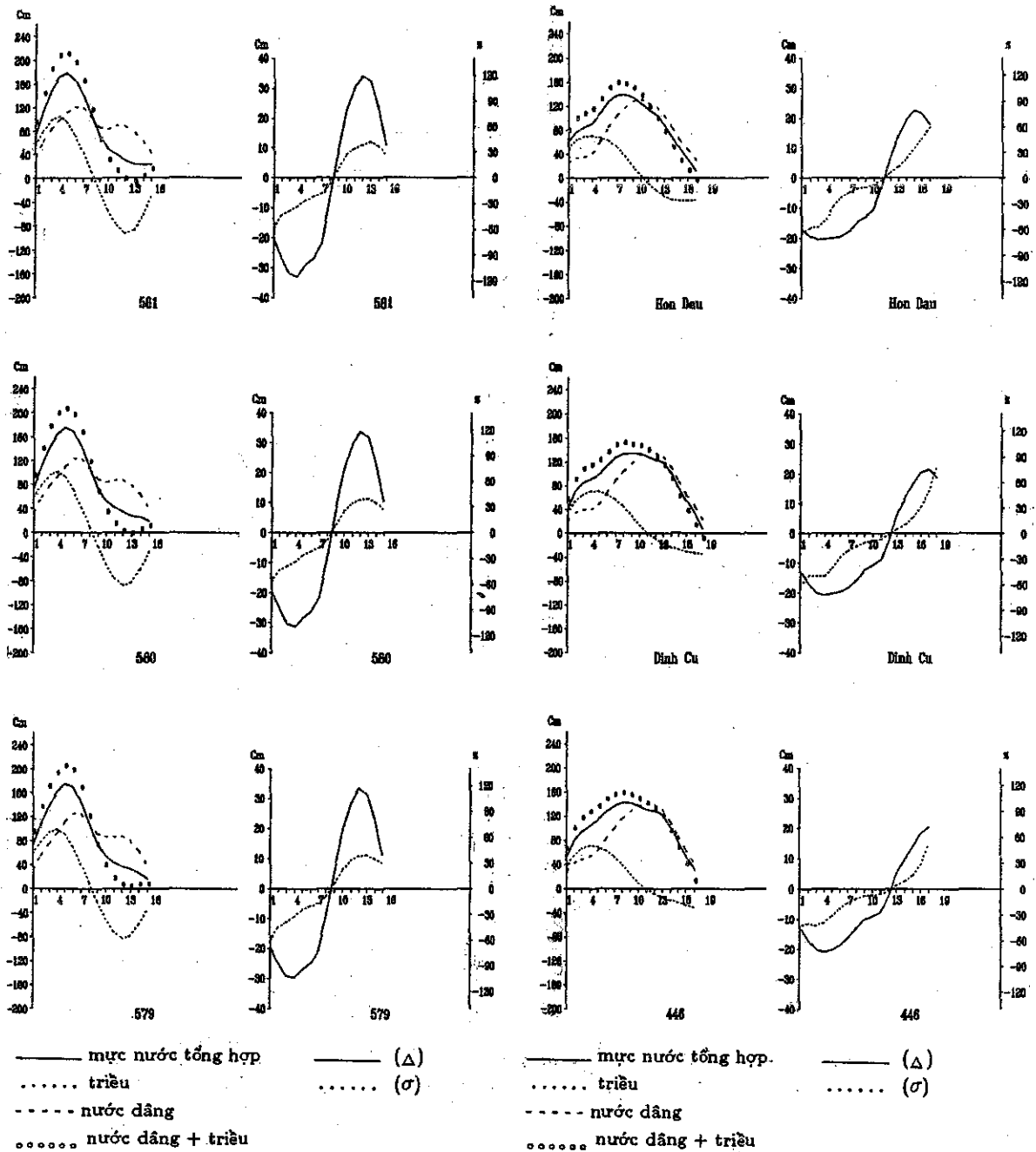
Các kết quả trên được biểu diễn lên đồ thị cho từng cơn bão tại từng điểm ven bờ. Trên đồ thị đã mô tả các đường biến trình theo thời gian:

- Mức nước dâng bão thuần túy (h_d)
- Mức nước thủy triều (h_t)
- Mức nước tổng hợp do kết quả tính mô hình hỗn hợp thủy triều - nước dâng bão (h_{td})
- Mức nước do cộng tuyến tính thủy triều nước dâng bão ($h_t + h_d$)
- Giá trị sai lệch tuyệt đối (Δ)
- Giá trị sai lệch tương đối (σ)

Trên các hình 1 và 2 chỉ ra các đồ thị này cho một số điểm ứng với một vài cơn bão



Hình 1. Tương tác thủy triều nước dâng (Bão Cary 1987 đổ bộ tại trạm Hệ Đệ)



Hình 2. Tương tác thủy triều nước dâng (Bảo Đan 1989 đồ bộ tại trạm Cẩm Nhung)

Như vậy bằng cách xem xét giá trị các độ lệch ta có thể đánh giá mức độ tương tác phi tuyến của hai hiện tượng.

Qua các bảng tính và các đồ thị có thể thấy rằng: Quả thật tồn tại sự tương tác phi tuyến thủy triều và nước dâng bão ở vùng ven bờ nước ta. Hiệu ứng này đã làm thay đổi mức nước tổng hợp một cách khá rõ ràng và tùy thuộc vào pha thủy triều cũng như độ lớn của nước dâng bão. Sự sai lệch tuyệt đối từ vài cm đến vài chục cm, tương ứng với sai lệch tương đối từ một vài phần trăm đến vài chục phần trăm. Có thể rút ra một số đặc điểm chung của quá trình tương tác này như sau:

- Ở pha thủy triều lớn (nước lớn) thì hiệu ứng tương tác làm giảm mực nước tổng hợp so với mực nước cộng tuyến tính.
- Ở pha thủy triều thấp (nước ròng) thì hiệu ứng tương tác làm tăng mực nước tổng hợp so với mực nước cộng tuyến tính
- Ở pha thủy triều trung gian (gần mực nước trung bình) hiệu ứng tương tác yếu.
- Ở các đỉnh cao của nước dâng, nhất là khi giá trị của chúng lớn vượt nhiều lần thủy triều ở thời điểm tương ứng thì tương tác thường thường xảy ra yếu hơn ở các thời điểm khác, làm giảm từ 5 đến 10% giá trị cộng tuyến tính. Trong khi đó, ở các quá trình dâng và rút trước và sau đỉnh thì hiệu ứng tương tác làm sai lệch khá lớn mực nước do cộng tuyến tính. Sự sai lệch này có thể đạt tới 30% giá trị nước dâng thuần túy.

4. KẾT LUẬN

Sự tương tác phi tuyến giữa thủy triều và nước dâng do bão trong vùng biển vịnh Bắc Bộ nước ta biểu hiện rất rõ ràng. Nó làm tăng hoặc giảm mực nước tổng hợp so với giá trị cộng tuyến tính của hai đại lượng tùy thuộc vào pha của thủy triều. Nhìn chung hiệu ứng tương tác có xu hướng giảm biên độ dao động của mực nước tổng hợp. Mức độ tương tác phụ thuộc vào độ lớn của nước dâng bão và thủy triều.

Công trình này được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của chương trình nghiên cứu cơ bản

Địa chỉ:

Phân viện Cơ học Biển, Viện Cơ học

Nhận ngày 27/2/1995

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Ninh, Đỗ Ngọc Quỳnh, Đinh Văn Mạnh. Nước dâng do bão ở Việt Nam. Tuyển tập báo cáo Hội nghị cơ học chất lỏng, chất khí toàn quốc lần thứ ba, Hà Nội 1990.
2. Đỗ Ngọc Quỳnh, Phạm Văn Ninh, Nguyễn Thị Việt Liên. Về các điều kiện biên trong bài toán thủy triều vịnh bắc Bộ. Tạp chí Cơ học số 4, 1994.
3. Đỗ Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thị Việt Liên. Tính dư báo thủy triều vịnh Bắc Bộ. Tạp chí Cơ học số 4, 1995.

SUMMARY

ESTIMATING THE INTERACTION BETWEEN A STORM SURGE AND A TIDE

In the paper the using numerical hydrodynamical model for the researching the non-linear interaction between a storm surge and a tide in the Gulf of Tonkin, where the storm surge and the tide are of the same rank in value is presented. The results of calculating denote that the interaction lowers a total sea-level at high tide and rises a total sea-level at low tide.