

## NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐỊNH LƯỢNG CÁC THÀNH PHẦN NƯỚC DÂNG TRONG BÃO BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

Vũ Hải Đăng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Bá Thủy<sup>2</sup>, Đỗ Đình Chiến<sup>3</sup>, Sooyoul Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Viện Địa chất và Địa Vật lý biển, VAST*

<sup>2</sup>*Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn Trung ương*

<sup>3</sup>*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu*

<sup>4</sup>*Khoa Công trình Sau Đại học, Đại học Tottori, Tottori, 680-850, Nhật Bản*

\*E-mail: [vuhaidang@hotmail.com](mailto:vuhaidang@hotmail.com)

Ngày nhận bài: 20-4-2016

**TÓM TẮT:** Trong nghiên cứu này định lượng các thành phần nước dâng gây ra bởi gió, áp suất khí quyển và sóng trong bão được tính toán phân tích bằng mô hình số trị tích hợp thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão (SuWAT - Surge, Wave and Tide). Ảnh hưởng của thủy triều cũng được xem xét đánh giá. Trong đó, thủy triều và nước dâng do bão được tính toán dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều có xét đến nước dâng tạo bởi ứng suất sóng tính từ mô hình SWAN, một mô hình thành phần trong mô hình SuWAT. Mô hình đã được áp dụng để tính toán nước dâng trong bão Xangsane đổ bộ vào Đà Nẵng tháng 9/2006 với một số phương án tính toán khác nhau. Kết quả cho thấy, ảnh hưởng của thủy triều là không đáng kể do biên độ triều nhỏ, nước dâng do áp suất khí quyển chỉ đáng kể tại vùng ngoài khơi khi cường độ bão còn mạnh. Trong khi đó, tại vùng ven bờ nước dâng do ứng suất gió và ứng suất sóng chiếm phần lớn trong mực nước dâng tổng cộng trong bão.

**Từ khóa:** Nước dâng do bão, tương tác nước dâng - sóng - thủy triều, mô hình tích hợp nước dâng, sóng và thủy triều.

### MỞ ĐẦU

Với 3.260 km đường bờ biển nằm trong khu vực chịu tác động của bão và áp thấp nhiệt đới tây-bắc Thái Bình Dương, hàng năm trung bình có khoảng hơn 5 cơn bão đổ bộ vào vùng bờ biển Việt Nam [1-3]. Tại vùng ven biển, bão thường gây nên hiện tượng nước dâng làm ngập trên diện rộng gây nhiều thiệt hại về người và của. Trên thế giới gần đây đã ghi nhận nhiều cơn bão gây nước dâng cao như bão Katrina đổ bộ vào bang New Orleans, Hoa Kỳ tháng 8/2005 gây nước dâng tới hơn 8 m làm gần 1.200 người chết, gây thiệt hại khoảng 75 tỷ USD; bão Nargis đổ bộ vào Myanmar tháng 5/2008 làm hơn 130.000 người chết; và đặc biệt gần đây siêu bão Haiyan cấp 17 đổ bộ vào

Philippines tháng 11/2013 gây nước dâng cực đại 6,5 m làm hơn 6.000 người chết, thiệt hại lên đến 14 tỷ USD. Tại dải ven biển Việt Nam cũng đã ghi nhận nhiều cơn bão gây gió mạnh, sóng lớn và nước biển dâng cao như bão Washi (7/2005) đổ bộ vào Hải Phòng gây nước dâng 1,95 m tại Đồ Sơn; bão Xangsane (9/2006) đổ bộ vào Đà Nẵng gây nước dâng khoảng hơn 1,4 m tại Sơn Trà; bão Ketsana (9/2009) đổ bộ vào Quảng Nam gây nước dâng 2,4 m tại Hội An,... [4, 5].

Nước biển dâng trong bão chủ yếu phụ thuộc vào các tham số bão (độ giảm áp ở tâm, vận tốc gió, bán kính vùng gió cực đại, hướng di chuyển của bão...), địa hình vùng bờ (độ sâu và hình dạng đường bờ), thủy triều và sóng (do

gió). Chính vì vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố trên đến nước dâng do bão và đánh giá định lượng các thành phần nước dâng trong bão cho một khu vực cụ thể sẽ có ý nghĩa khoa học trong xây dựng bài toán dự báo nước dâng do bão. Tại Việt Nam, nghiên cứu nước dâng có xét đến ảnh hưởng của thủy triều đã được đề cập đến trong một số công trình nghiên cứu như Trần Tân Tiến và nnk., [6], Nguyễn Xuân Hiền [7], Nguyễn Thọ Sáo [8]. Các kết quả cho thấy ảnh hưởng của thủy triều chỉ đáng kể tại những khu vực có biên độ triều lớn, đặc biệt khi bão đổ bộ vào lúc triều cường. Trong khi đó, ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng do bão mới chỉ được quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Nguyễn Xuân Hiền [4] đã thực hiện tính nước dâng do sóng theo công thức thực nghiệm tại khu vực ven biển Hải Phòng và thấy rằng nước dâng do sóng có thể chiếm từ 20% đến 30% mực nước dâng tổng cộng trong bão. Nghiên cứu nước dâng do sóng bằng mô hình số trị tích hợp đã được thực hiện bởi Đỗ Đình Chiến và nnk., [5, 9] trong bão Xangsane tháng 9/2006 đổ bộ vào Đà Nẵng và Nguyễn Bá Thủy và nnk., [10] trong bão Kalmaegi tháng 9/2014 đổ bộ vào Hải Phòng - Quảng Ninh. Kết quả của các nghiên cứu này đều cho thấy khi xét đến ảnh hưởng của sóng trong một số trường hợp, nước dâng do sóng có thể chiếm 35% nước dâng tổng cộng trong bão. Trên thế giới đã có một số nghiên cứu khẳng định mực nước dâng do sóng đóng góp phần đáng kể vào nước dâng tổng cộng trong bão và trong nhiều trường hợp nước dâng do sóng có thể chiếm tới 40% nước dâng tổng cộng trong bão [11-13]. Kết quả của các nghiên cứu trên đều chỉ ra rằng nếu chỉ thuần túy tính nước dâng gây bởi ứng suất gió và độ giảm áp ở tâm bão mà không xét đến ảnh hưởng của sóng đều cho kết quả nhỏ hơn giá trị thực tế.

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão được phân tích dựa trên kết quả tính toán bằng mô hình SuWAT. Mô hình này đã khắc phục được hạn chế của một số mô hình, công nghệ được xây dựng trước đây, đó là xem xét đồng thời tương tác giữa thủy triều, sóng biển và nước dâng trong bão [9, 12, 13]. Trong đó ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão, được hiểu là sự khác biệt của kết quả tính

nước dâng do bão của mô hình khi có và không xét đến thủy triều hay sóng biển. Ngoài ra nước dâng do khí áp và gió cũng được tính toán phân tích. Cơ sở bão mạnh Xangsane đổ bộ vào Đà Nẵng tháng 9/2006 được lựa chọn để tính toán phân tích. Các kết quả tính toán phân tích đã làm sáng tỏ vai trò và mức độ ảnh hưởng của các thành phần gây nước dâng trong bão tại khu vực ven bờ cũng như xa bờ tại khu vực này.

## TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Để nghiên cứu ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão, mô hình tích hợp SuWAT (Surge, Wave and Tide) tính toán đồng thời thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão đã được áp dụng. SuWAT bao gồm 2 mô hình thành phần là mô hình dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều có tính đến ứng suất sóng và mô hình SWAN tính toán các yếu tố sóng biển. Với việc xét tác động sóng, mô hình có thể tính đến cả ứng suất sóng và sự biến động của ứng suất gió do hệ số kháng trên bề mặt thay đổi khi có sóng. Cơ sở lý thuyết của mô hình SuWAT được trình bày chi tiết trong các công trình [9, 12, 13]. Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô SuWAT cho tính toán thủy triều và nước dâng do bão tại Việt Nam đã được thực hiện trong [9, 10, 14]. Đối với bài toán nước dâng do bão, mô hình được tính toán theo 4 phương án khác nhau: a) Không xét đến thủy triều và sóng; b) Chỉ xét đến thủy triều; c) Chỉ xét đến sóng và d) Xét đồng thời cả thủy triều và sóng.

Trường gió và áp trong bão được đưa vào mô hình SuWAT để tính nước dâng do bão được lấy từ mô hình bão giải tích của Fujii và Mitsuta [15], Schloemer [16]. Cơ sở lý thuyết và kiểm chứng mô hình bão giải tích này đã được đề cập trong [9].

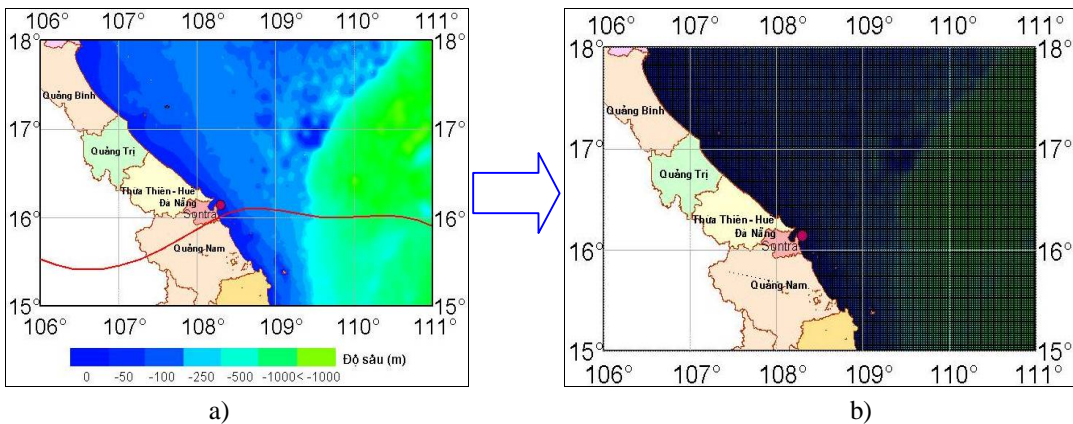
## ĐÁNH GIÁ ĐỊNH LƯỢNG CÁC THÀNH PHẦN NƯỚC DÂNG TRONG BÃO

### Miền tính, lưới tính, điều kiện biên

Để nghiên cứu ảnh hưởng của thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão cho khu vực ven biển miền Trung mà bài báo đề cập, mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới chữ nhật và lồng 3 lớp: Miền tính lớn nhất (lưới Biển Đông - lưới D1) từ vĩ độ  $8^{\circ}$  -  $22^{\circ}$ N, kinh độ

105° - 120°E có độ phân giải 4 phút (khoảng 7,4 km), miền tính lồng kế tiếp - lưới khu vực - D2 (xem hình 1) được thiết lập bao trùm và mở rộng về phía bắc của tỉnh Quảng Bình và phía nam của tỉnh Quảng Nam từ vĩ độ 12° - 18°N, kinh tuyến 106° - 111°E, độ phân giải 1 phút (1,85 km), miền tính thứ 3 (lưới địa phương - D3) có độ phân giải 0,5 phút (khoảng 925 m) với vị trí được xác định sao cho có thể bao trùm hết những khu vực có nước dâng đáng kể (lớn hơn 0,5 m). Hệ thống lưới lồng được xây dựng cho khu vực nghiên cứu nhằm hai mục đích: (1) Có thể chi tiết hóa sự biến đổi phức tạp của địa hình của khu vực ven bờ nhằm tăng độ chính xác tính toán; (2) Phục vụ tính nước dâng do sóng bởi vì nước dâng do sóng thường chỉ có thể được phát hiện khi mô hình được thiết lập trên lưới tính có độ phân giải cao. Các kết quả của Soo Youl Kim và nkn., [13] cho thấy rằng việc tăng độ phân giải lưới tính sẽ chủ yếu làm tăng độ chính xác thành phần nước dâng do ứng suất sóng tại vùng ven bờ. Tuy nhiên, đi kèm với tăng độ phân giải lưới tính là phải tăng số lượng lưới lồng nhau cũng như đòi hỏi hệ thống máy tính mạnh hơn để đảm bảo thời gian tính toán. Mặt khác, như đã được trình bày ở phần trên ảnh hưởng của sóng đến nước dâng trong bão được mô hình tính đến bao gồm

không chỉ là ứng suất sóng mà còn tính đến sự biến động của ứng suất gió do hệ số kháng trên bề mặt thay đổi khi có sóng. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn độ phân giải lớn nhất cho lưới tính là 925 m với mục tiêu ban đầu là đánh giá được mức độ ảnh hưởng của sóng đến độ cao nước dâng tổng cộng. Việc tăng độ phân giải lưới tính sẽ được thực hiện trong những nghiên cứu tiếp theo. Dữ liệu địa hình được lấy từ GEBCO (General Bathymetry Chart of the Ocean) của BODC (British Ocean Data Center) độ phân giải 4 phút cho lưới tính Biển Đông, 1 phút cho lưới tính miền và được số hóa từ bản đồ địa hình đáy biển tỉ lệ 1/100.000 của Tổng cục Biển và Hải đảo dùng cho vùng ven bờ. Hình 1 minh họa trường độ sâu địa hình (a) và lưới tính D2 (b). Với lưới tính Biển Đông, tại biên lồng, hằng số điều hòa của 16 sóng triều (M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, OO1, 2N2,  $\mu_2$ ,  $\gamma_2$ , L2, T2) được lấy từ mô hình thủy triều toàn cầu (NAO.99b, NAO.99Jb model [17]) làm điều kiện biên. Theo cấu trúc của mô hình SuWAT, lưới tính tinh hơn sẽ sử dụng kết quả tính mực nước và dòng chảy từ lưới thô làm điều kiện biên lồng. Hiệu chỉnh mô hình SuWAT trong tính toán thủy triều cho cho khu vực ven bờ Việt Nam đã thực hiện trong [14].



Hình 1. Địa hình (a) và lưới tính khu vực - D2 (b)

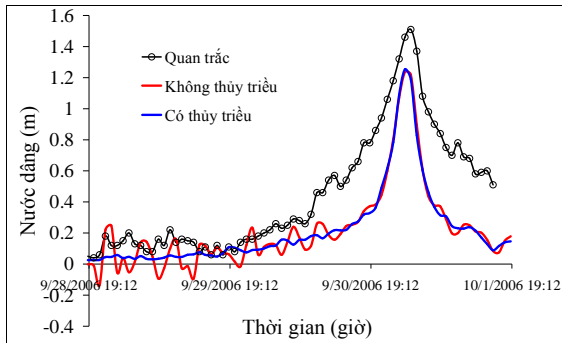
Hình tròn màu đỏ là vị trí trạm khí tượng hải văn Sơn Trà, đường màu đỏ là đường đi của bão Xangsane (2006)

### Ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng do bão

Để xem xét ảnh hưởng của thủy triều, số

liệu bão Xangsane tháng 9/2006 đổ bộ vào Đà Nẵng và số liệu quan trắc mực nước theo giờ tại Trạm Khí tượng Hải văn Sơn Trà được sử dụng để tính toán và phân tích. Trong trường

hợp này, mô hình tính cho 2 phương án: a) Có và b) Không xét đến ảnh hưởng của thủy triều, trong cả 2 trường hợp đều không xét đến sóng biển. Biên độ triều tại trạm Sơn Trà trong thời gian bão đổ bộ là chỉ khoảng 1 m. Kết quả so sánh thể hiện trên hình 2 đã cho thấy ảnh hưởng của thủy triều là không đáng kể bởi biên độ triều lúc bão đổ bộ không lớn.

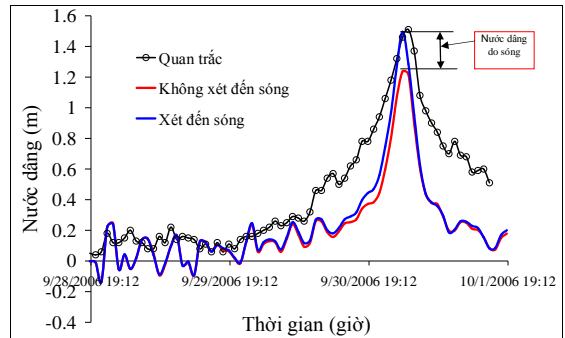


Hình 2. Nước dâng do bão tại trạm Sơn Trà theo phương án: a) Có và b) Không xét đến ảnh hưởng của thủy triều

### Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng do bão

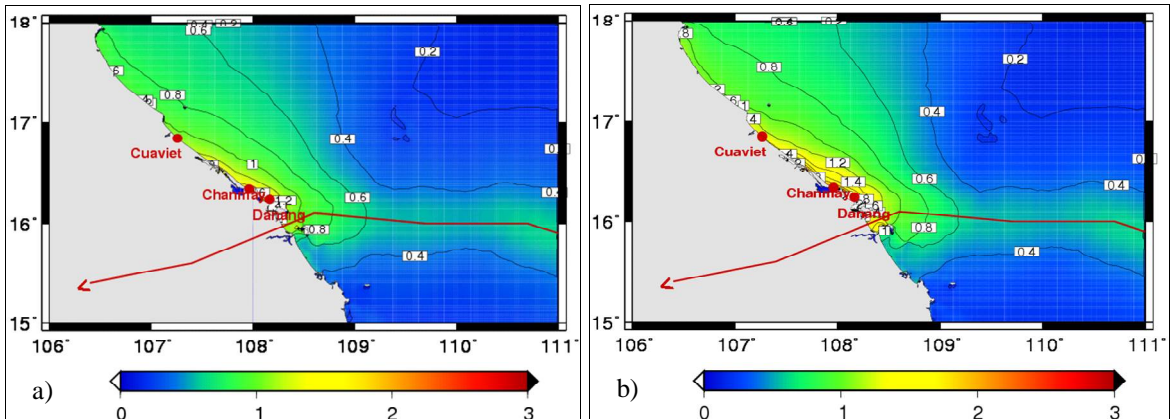
Để xem xét ảnh hưởng của sóng đối với nước dâng do bão, cũng với việc sử dụng số liệu bão Xangsane tháng 9/2006 đổ bộ vào Đà Nẵng và số liệu quan trắc mực nước theo giờ tại Trạm Khí tượng Hải văn Sơn Trà để phân tích. Trong trường hợp này, mô hình tính cho trường hợp: a) Có và b) Không xét đến ảnh

hưởng của sóng. Kết quả so sánh thể hiện trên hình 3 đã cho thấy ảnh hưởng của sóng biển là khá lớn. Độ chênh lệch giữa kết quả tính toán trong trường hợp có và không xét đến ảnh hưởng của sóng tại thời điểm nước dâng đạt cực đại khoảng 0,3 m. So sánh độ lớn nước dâng tính toán theo mô hình và số liệu quan trắc, giá trị nước dâng lớn nhất tiếp cận gần với số liệu quan trắc hơn so với trường hợp không xét đến ảnh hưởng của sóng.



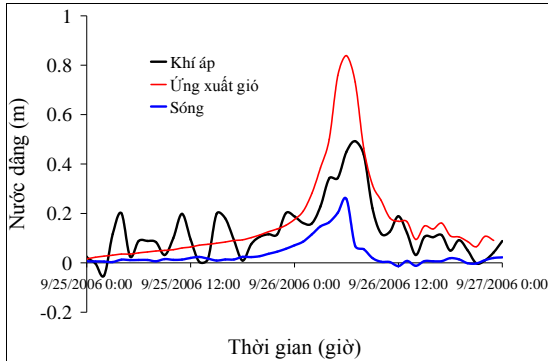
Hình 3. Nước dâng do bão tại trạm Sơn Trà theo phương án: a) Có và b) Không xét đến ảnh hưởng của sóng biển

Phân bố nước dâng lớn nhất trong bão cho 2 trường hợp được thể hiện trên hình 4a, hình 4b cho thấy phạm vi và độ cao nước dâng tăng đáng kể khi mô hình tính đến đóng góp của nước dâng do sóng. Kết quả này đã cho thấy để nâng cao độ chính xác trong dự báo nghiệp vụ thì cần thiết phải tính đến phần đóng góp của nước dâng do sóng.



Hình 4. Phân bố nước dâng bão lớn nhất trong trường hợp không (a) và có (b) tính đến nước dâng do sóng

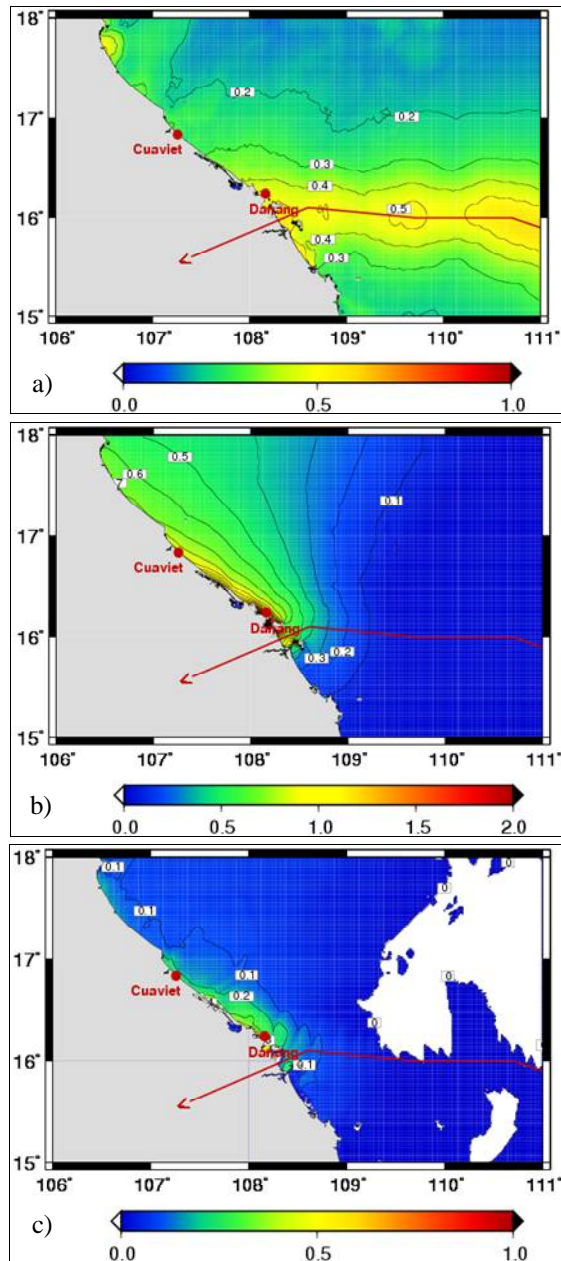
**Nước dâng do ứng suất gió và khí áp trong bão**



Hình 5. Nước dâng do khí áp, ứng suất gió và sóng tại trạm Sơn Trà

Phần lớn những nghiên cứu về nước dâng do bão trước đây chủ yếu đề cập đến nước dâng do gió và độ giảm khí áp ở tâm bão. Tuy nhiên các nghiên cứu tách biệt sự đóng góp của 2 thành phần này là rất ít, chủ yếu theo các công thức giải tích, chưa có tính toán theo mô hình số trị. Trên hình 5 là dao động theo thời gian của các thành phần nước dâng do ứng suất gió, khí áp và sóng trong bão do cơn bão Xangsane gây ra tại trạm Sơn Trà. Kết quả cho thấy, nước dâng tại vùng ven bờ chủ yếu do đóng góp của ứng suất gió, tiếp đến là khí áp và cuối cùng do sóng.

Trên hình 5 chỉ là phân tích nước dâng gây bởi gió, áp và sóng tại vùng nước nông ven bờ. Phân bố nước dâng do các thành phần này gây nên có thể có nhiều khác biệt theo không gian của vùng bão ảnh hưởng. Trên hình 6a, 6b, 6c là phân bố theo không gian nước dâng lớn nhất trong bão được tạo bởi khí áp, ứng suất gió và sóng. Kết quả cho thấy vùng nước dâng do khí áp lớn tập chung chủ yếu 2 bên đường đi của bão, càng vào gần bờ nước thành phần nước dâng này giảm đi do độ giảm áp tại tâm bão giảm trong quá trình di chuyển vào bờ. Trong khi đó nước dâng do ứng suất gió chủ yếu tập chung ở vùng ven bờ và phía bên phải vị trí bão đổ bộ, càng vào gần bờ nước dâng do ứng suất gió càng tăng, nguyên nhân chính là do hiệu ứng dồn nước vùng ven bờ. Tương tự như nước dâng do ứng suất gió, nước dâng do sóng cũng tập trung chủ yếu vùng ven bờ do tại những khu vực có độ cao sóng lớn, độ sâu giảm làm phát sinh sóng vỡ.



Hình 6. Phân bố nước dâng lớn nhất do: (a) khí áp, (b) ứng suất gió và (c) sóng biển trong bão Xangsane tháng 9/2006

**KẾT LUẬN**

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng do sóng, ứng suất gió và độ giảm khí áp ở tâm bão tới nước dâng trong bão được phân tích dựa trên các kết quả tính toán bằng mô hình SuWAT với các phương án tính

toán khác nhau cho trường hợp cơn bão Xangsane đổ bộ vào Đà Nẵng tháng 9/2006, đó là: a) Không xét đến thủy triều và sóng; b) Chỉ xét đến thủy triều; c) Chỉ xét đến sóng; và d) Xét đồng thời cả thủy triều và sóng.

Kết quả cho thấy, ảnh hưởng của thủy triều là không đáng kể do biên độ triều nhỏ, nước dâng do ứng suất gió chiếm chủ đạo, sau đây là khí áp và sóng biển. Nước dâng do ứng suất gió và sóng chủ yếu đạt giá trị lớn ở vùng ven bờ phía bên phải bão đổ bộ. Trong khi đó nước dâng do khí áp có độ lớn tập trung quanh đường đi của bão và giảm dần khi vào vùng ven bờ. Mô hình khi có xét đến ảnh hưởng của sóng đã làm tăng độ chính xác của kết quả tính toán nước dâng toàn phần trong bão.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.06-2017.07 và Bộ Khoa học và Công nghệ trong đề tài mã số ĐTTĐL-CN.35/15. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đình Văn Ưu, 2010. Sự biến động hoạt động và đổ bộ của bão nhiệt đới vào bờ biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **26**(3S), 479 - 485.
- Đình Văn Ưu, 2011. Đặc điểm biến động bão và áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng trực tiếp đến đất liền Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **27**(1S), 266-272.
- Vũ Thanh Hằng, Ngô Thị Thanh Hương và Phan Văn Tân, 2010. Đặc điểm hoạt động của bão ở vùng biển gần bờ Việt Nam giai đoạn 1945-2007. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **26**(3S), 344-353.
- Nguyễn Xuân Hiền, Trần Thục và Đình Văn Ưu, 2012. Nghiên cứu, tính toán nước dâng tổng cộng trong bão cho khu vực ven biển thành phố Hải Phòng. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **28**(3S), 63-70.
- Đỗ Đình Chiên, Nguyễn Thọ Sáo, Trần Hồng Thái và Nguyễn Bá Thủy, 2015. Ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão khu vực ven biển Quảng Bình - Quảng Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **31**(3S), 28-36.
- Trần Tân Tiến, Công Thanh, Nguyễn Minh Trường, Lê Thị Hồng Vân, Phạm Thị Minh, Phùng Đăng Hiếu, Đỗ Ngọc Quỳnh và Nguyễn Thọ Sáo, 2011. Dự báo thời tiết, bão, sóng và nước dâng trên biển Đông. *Hội nghị Khoa học và Công nghệ biển toàn quốc lần thứ V. Tuyển tập báo cáo (Quyển 2) - Khí tượng, Thủy văn và Động lực học biển*. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 1-13.
- Nguyễn Xuân Hiền, Phạm Văn Tiến, Dương Ngọc Tiến, Đinh Văn Ưu, 2009. Ứng dụng mô hình ADCIRC tính toán nước dâng do bão tại khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng trong cơn bão Damrey 2005. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **25**(3S), 431-438.
- Sao, N. T., 2008. Storm surge predictions for Vietnam coast by Delft3D model using results from RAMS model. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, **23**(3), 39-47.
- Đỗ Đình Chiên, Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Thọ Sáo, Trần Hồng Thái, Sooyoul Kim, 2014. Nghiên cứu tương tác sóng và nước dâng do bão bằng mô hình số trị. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Số 647, tháng 11/2014.
- Nguyễn Bá Thủy, Hoàng Đức Cường, Du Đức Tiến, Đỗ Đình Chiên, Sooyoul Kim, 2014. Đánh giá diễn biến nước biển dâng do bão số 3 năm 2014 và vấn đề dự báo. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Số 647, tháng 11/2014.
- Funakoshi, Y., Hagen, S. C., and Bacopoulos, P., 2008. Coupling of hydrodynamic and wave models: Case study for Hurricane Floyd (1999) hindcast. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, **134**(6), 321-335.
- Kim, S. Y., Yasuda, T., and Mase, H., 2008. Numerical analysis of effects of tidal

- variations on storm surges and waves. *Applied Ocean Research*, **30**(4), 311-322.
13. Kim, S. Y., Yasuda, T., and Mase, H., 2010. Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita. *Coastal Engineering*, **57**(7), 631-642.
14. Đỗ Đình Chiến, Trần Sơn Tùng, Nguyễn Bá Thủy, Trịnh Thị Tâm, Sooyoul Kim, 2014. Một số kết quả tính toán thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão bằng mô hình SuWAT. *Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học Quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu* (ISBN: 978-604-904-248-5). Nxb. Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
15. Fujii, T., and Mitsuta, Y., 1986. Synthesis of a stochastic typhoon model and simulation of typhoon winds. *Annuals Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, (29), 229-239.
16. Schloemer, R. W., 1954. Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. *Hydrometeorological Report*, **31**, 49.
17. NAO.99b, [http://www.miz.nao.ac.jp/staffs-/nao99/README\\_NAOTIDE\\_En.html](http://www.miz.nao.ac.jp/staffs-/nao99/README_NAOTIDE_En.html).

## THE STUDY ON QUANTITATIVE ASSESSMENT OF STORM SURGE COMPONENTS BY NUMERICAL MODEL

Vu Hai Dang<sup>1</sup>, Nguyen Ba Thuy<sup>2</sup>, Do Dinh Chien<sup>3</sup>, Sooyoul Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Marine Geophysics and Geology, VAST*

<sup>2</sup>*Vietnam National Center for Hydrometeorological Forecasting*

<sup>3</sup>*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change*

<sup>4</sup>*Graduate School of Engineering, Tottori University, Tottori, 680-850, Japan*

**ABSTRACT:** In this study, components of storm surge caused by wind, atmospheric pressure and wave are calculated and analyzed by using integrated numerical models of tides, waves and storm surge (SuWAT - Surge, Wave and Tide). The influence of tide is also considered. In which, tide and storm surge are calculated based on two-dimensional nonlinear shallow water equations considering surge component generated by wave radiation stress that is calculated from the SWAN model, a component model in SuWAT model. The model is applied to calculate storm surge during Xangsane typhoon in Da Nang in September 2006 with a number of different computing cases. The results show that influence of tide is negligible due to small tidal amplitude, surge caused by atmospheric pressure is only significant in offshore areas where storm intensity is still strong. Meanwhile, surge components caused by wind stress and wave radiation stress dominate total water level in coastal areas.

**Keywords:** Storm surge, interaction of surge, wave and tide, a coupled model of surge, wave and tide.