

3. Horikawa, K., Shuto, N., and Nishimura, H., 1969. Characteristic oscillation of water in an L-shaped bay. *Coastal Eng. in Japan*, 12: 47-56.
4. Hwang, L-S. and Tuck, E. O., 1970. On the oscillations of harbours of arbitrary shape. *J. Fluid Mech.*, 42: 447-464.
5. Imamura, F., Shuto, N., Goto, C., 1998. Numerical simulation of the transoceanic propagation of tsunami. *Proceedings of paper presented at the Sixth Congress of the Asian and Pacific Regional Division, Int. Assoc. Hydraul. Res., Kyoto, Japan.*
6. Ippen, A. T., and Goda, Y., 1963, "Wave-Induced Oscillations in Harbor: the Solution for a Rectangular Harbor Connected to Open-Sea," Report No. 59, Hydrodynamic Lab., M. I. T., MA, U.S.A.
7. Mile, J., and Munk, W., 1961, "Harbor Paradox," *Journal of Waterway and Harbor Division, ASCE*, Vol. 87, No. WW3, pp. 111-139.
8. Rabinovich, A., B., 2009. *Seiches and Harbor Oscillations – Handbook of Coastal and Ocean Engineering* (edited by Y.C.Kim), World Scientific Publ., Singapore.
9. Tanaka, N., Nandasena, N. A. K., Jinadasa, K. S. B. N., Sasaki, Y., Tanimoto, K. Mowjood, M. I. M., 2009. Developing effective vegetation bioshield for tsunami protection, *Journal of Civil and Environmental Engineering Systems, Taylor & Francis*, Vol. 26, pp. 163-180.
10. Nguyen Ba Thuy, Tanimoto, K., Tanaka, N., Harada K., Imura, K., Effect of open gap in coastal forest on tsunami Run-up - Investigations by experiment and numerical simulation, *Ocean Engineering, Elsevier*, 36 (2009), 1258-1269.

ÁP DỤNG MÔ HÌNH THỦY LỰC MIKE 11 ĐỂ ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ XÂM NHẬP MẶN THEO KỊCH BẢN NƯỚC BIỂN DÂNG TỈNH NAM ĐỊNH

PGS.TS. Lã Thanh Hà, TS. Dương Văn Khảm - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường
PGS.TS. Lê Huy Hà - Viện Di truyền Nông nghiệp

Mô hình MIKE 11 được áp dụng để đánh giá tình hình xâm nhập mặn trên các sông chảy qua Nam Định cho kết quả tốt. Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực và lan truyền chất được thực hiện với bộ số liệu đo đạc tại một số vị trí trên sông Hồng, sông Ninh Cơ và sông Đáy trong mùa kiệt năm 2006. Để dự báo tình hình xâm nhập mặn theo kịch bản nước biển dâng, các điều kiện biên được kết hợp giữa các phương án dòng chảy trên sông Hồng với các kịch bản nước biển dâng. Kết quả mô phỏng bằng mô hình cho thấy, trong tương lai quá trình xâm nhập mặn có thể xâm nhập khá sâu vào đồng bằng. Điều đó sẽ đặt ra những thách thức cho các hoạt động canh tác nông nghiệp, khi sử dụng nguồn nước tưới từ sông nhưng đồng thời cũng tạo điều kiện tăng diện tích sản xuất cho ngành nuôi trồng thủy sản nước lợ.

1. Mở đầu

Nam Định là một tỉnh nằm ở phía đông nam Đồng bằng Bắc Bộ có các cửa sông Hồng, Ninh Cơ và Đáy đổ ra Vịnh Bắc Bộ. Ngoài các thuận lợi về tài nguyên nước trên các nguồn sông này, vùng hạ lưu của tỉnh gồm các huyện Xuân Trường, Giao Thủy,

Nghĩa Hưng và Trực Ninh luôn đối mặt với hiện tượng xâm nhập mặn vào các tháng mùa cạn hàng năm. Mặn xâm nhập sâu vào trong các vùng cửa sông làm ảnh hưởng đến quá trình lấy nước ngọt phục vụ các ngành kinh tế, trước mắt cho sản xuất nông nghiệp. Đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Người đọc phản biện: PGS. TS. **Lương Tuấn Anh**

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

GIẤY XÁC NHẬN LÀ TÁC GIẢ CHÍNH CỦA BÀI BÁO KHOA HỌC

Tạp chí: Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển

Tên bài báo: Nghiên cứu khả năng ngăn cản sóng của rừng phòng hộ ven bờ bằng mô hình số trị (2012). Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, số 12/4A, trang 189-197.

Tác giả: Vũ Hải Đăng, Nguyễn Bá Thủy.

Chúng tôi công nhận TS. Nguyễn Bá Thủy là người đóng góp chính trong các nội dung của bài báo này và xác nhận TS. Nguyễn Bá Thủy là tác giả chính của bài báo.

Họ và tên tác giả	Chữ ký	Ngày/tháng/năm
ThS. Vũ Hải Đăng		26/6/2019
TS. Nguyễn Bá Thủy		29/6/2019

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
VIETNAM ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISSN 1859-3097

Tạp chí

**KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
BIỂN**

JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Số Đặc biệt tiến tới kỷ niệm 20 năm
Viện Địa chất và Địa vật lý Biển

4A (1.12)

2012

77A/501

Thay đổi mực nước biển ở khu vực cửa sông Đà Rằng trong Holocene - nay <i>Nguyễn Tiến Hải, Phùng Văn Phách, Ivanova Ye.D</i>	127
Lịch sử phát triển các thành tạo trầm tích Đệ tứ Đồng bằng Tuy Hòa <i>Phan Đông Pha, Trần Hoàng Yên</i>	136
Nghiên cứu thành lập bản đồ địa hình đáy biển khu vực quần đảo Trường Sa và Tư Chính-Vũng Mây tỷ lệ 1:250.000 <i>Trần Anh Tuấn, Lê Đình Nam, Phạm Hồng Cường, Phạm Hồng Việt, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trịnh Hoài Thu, Trần Xuân Lợi, Phan Đông Pha, Trần Hoàng Yên, Nguyễn Thùy Linh, Vũ Lê Phương</i>	144
Sử dụng phương pháp mô hình hóa địa chất thủy văn dự báo ảnh hưởng xâm nhập mặn tầng nước ngầm ở hai huyện Đông Hưng, Hưng Hà, tỉnh Thái Bình <i>Trịnh Hoài Thu</i>	152
Xác định ranh giới xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen khu vực ven biển đồng bằng sông Hồng theo kết quả phân tích hóa và đo sâu điện <i>Trịnh Hoài Thu, Nguyễn Như Trung</i>	163
Cơ sở địa chất công trình phục vụ xây dựng công trình trên đảo và bãi ngầm tại khu vực quần đảo Trường Sa <i>Bùi Thị Bảo Anh, Đỗ Huy Cường, Nguyễn Đức Thành, Nguyễn Thị Nhân</i>	171
Tính toán các đặc trưng dòng chảy bề mặt tại Biển Đông theo số liệu độ cao từ radar vệ tinh <i>Nguyễn Hồng Lân, Vũ Hải Đăng</i>	179
Nghiên cứu khả năng cản sóng của hệ thống rừng phòng hộ ven bờ bằng mô hình số trị <i>Vũ Hải Đăng, Nguyễn Bá Thủy</i>	189

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG NGĂN CẢN SÓNG CỦA RỪNG PHÒNG HỘ VEN BỜ BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

Vũ Hải Đăng¹, Nguyễn Bá Thủy²

¹*Viện Địa chất và Địa Vật lý Biển-Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

²*Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương*

Địa chỉ: Vũ Hải Đăng, Viện Địa chất và Địa vật lý Biển,
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam. Email: vuhaidang@hotmail.com

Ngày nhận bài: 15-7-2012

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, sự suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt khi các sóng dài (sóng thần, nước dâng do bão) truyền qua rừng phòng hộ ven bờ được tính toán phân tích bằng mô hình số trị. Mô hình số trị được phát triển dựa trên hệ phương trình sóng dài một chiều và đã được kiểm chứng với số liệu thí nghiệm trong máng sóng. Hệ số cản của cây được tính có xem xét đồng thời ảnh hưởng của thân, rễ, lá và cành. Mô hình sau đó được áp dụng tính toán thử nghiệm cho trường hợp địa hình vùng bờ đơn giản và phân bố cây đồng nhất. Trong đó, cây dừa dại, một loài cây phổ biến mọc ở vùng ven bờ các nước Nam và Đông Nam Á được lựa chọn. Kết quả tính toán cho thấy với 200m bề dày của rừng và mật độ cây 0,226 cây/m² có thể làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt tới 65% và 30% tương ứng.

MỞ ĐẦU

Sóng thần, nước dâng bão là những thiên tai nguy hiểm, gây thiệt hại lớn về người và tài sản tại nhiều khu vực trên thế giới. Đây là dạng sóng có chu kỳ dài, khi lan truyền vào vùng nước nông sẽ mang theo một nguồn năng lượng lớn gây ngập lụt và phá hủy các công trình ven bờ. Cho tới thời điểm này những nghiên cứu về hai dạng sóng dài này đã được thực hiện nhiều tại Việt Nam cũng như trên thế giới và hệ thống cảnh báo, dự báo đã được thiết lập một cách nghiệp vụ để phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại. Tuy nhiên, nghiên cứu đánh giá mức độ ngập lụt và sức phá hủy của sóng thần, nước dâng bão còn chưa được thực hiện nhiều. Đặc biệt những nghiên cứu đề xuất các giải pháp phòng ngừa cho vùng bờ hầu như chưa có tại nước ta. Sau trận sóng thần lịch sử năm 2004 tại đảo Sumatra - Indonesia, kết quả của rất nhiều chuyến điều tra, khảo sát đã minh chứng khả năng ngăn cản sóng thần của hệ thống rừng ven bờ (bao gồm rừng ngập mặn). Để ngăn ngừa thảm họa sóng thần thì các giải pháp

công trình (đê, kè), phi công trình (hệ thống rừng phòng hộ) và giải pháp kết hợp giữa công trình và phi công trình đang được nhắc tới nhiều. Hiện tại rừng phòng hộ ven bờ đang là sự lựa chọn rộng rãi bởi tính hiệu quả về kinh tế và khả năng bảo vệ môi trường. Mặc dù vẫn còn nhiều vấn đề tranh cãi do chưa thực sự được nghiên cứu đầy đủ và sâu rộng, nhưng trên thực tế đã có một vài dự án trồng rừng chống thảm họa sóng thần đang được triển khai tại một số nước ở Nam và Đông Nam Á như Sri Lanka, Indonesia và Thái Lan.

Khả năng ngăn cản sóng bằng rừng phòng hộ ven bờ đã được minh chứng qua nhiều chuyến điều tra, khảo sát, nhất là sau trận sóng thần tại Ấn Độ Dương năm 2004 [1, 5, 7, 8]. Phần lớn các công trình trên tập trung vào điều tra, phân tích khả năng của các loài cây trong ngăn cản sóng thần dựa theo các yếu tố mật độ cây, kích thước và phân bố rừng, sức chịu đựng của cây. Tất cả đều đưa ra kết luận rằng hệ thống rừng ven bờ thực sự có ý nghĩa trong ngăn cản sóng thần. Bên cạnh đó, hướng nghiên cứu

trong phòng thí nghiệm (sử dụng máng sóng) và mô hình số trị cũng đã được triển khai nhiều. Theo hướng nghiên cứu bằng thí nghiệm, đã có nhiều công trình được thực hiện trong máng thí nghiệm sóng. Ở đó, mức suy giảm độ cao và vận tốc sóng được phân tích và những số liệu này được dùng để hiệu chỉnh các mô hình tính toán [2, 4, 6]. Các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm tuy có một số hạn chế nhất định về tầm vóc và tính hiện thực, nhưng nó là cơ sở thảo luận cho các lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm. Cho tới thời điểm này hướng nghiên cứu bằng mô hình số là phổ biến hơn cả. Đây là phương pháp rất hữu dụng vì các số liệu đo đạc trong thực tế là rất hạn chế. Các tác giả Harada và Imamura đã thiết lập mô hình phân tích ảnh hưởng của cây thông, một loài cây phổ biến ở vùng ven bờ Nhật Bản trong ngăn cản sóng thần [3].

Khả năng ngăn cản sóng của hệ thống rừng ven bờ phụ thuộc vào các tham số sóng ven bờ, địa hình vùng bờ, loài cây (đặc trưng cây, sức chịu đựng), mật độ cây, kích thước và phân bố rừng. Do vậy, nghiên cứu đầy đủ, lựa chọn và đưa ra các giải pháp hợp lý về quy hoạch rừng cho từng vùng bờ cụ thể để phòng tránh và phục vụ công tác quy hoạch là nhiệm vụ cần thiết lúc này.

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{d} \right) + gd \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gn^2}{d^{7/3}} Q_x^2 + \frac{1}{2} \frac{\gamma C_{D-att} b_{ref}}{d} Q_x^2 = 0 \quad (2)$$

Ở đây, Q_x là lưu lượng nước theo phương x , t là thời gian, d là tổng độ sâu ($d=h+\zeta$), h là độ sâu ban đầu, ζ là dao động mực nước trên độ cao trung bình, g là gia tốc trọng trường, ρ là mật độ nước biển, n là hệ số nhám ($n=0,025$ trong tính toán này), γ mật độ cây (số cây/m²), b_{ref} và C_{D-att} là độ rộng bề ngang và hệ số cản của cây tính tại độ cao quy ước (chi tiết tại phần 3). Hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Thành phần thứ 5 trong phương trình (2) là đại lượng của lực cản do tác động của cây. Tại biên truyền sóng ngoài khơi, dao động sóng với độ cao và chu kỳ được xác định. Với các biên lòng khác, điều kiện phát xạ được áp dụng, trong khi đó điều kiện biên di động được áp dụng tại các biên cứng. Chi tiết về sơ đồ số của mô hình, các điều kiện biên đã được trình bày chi tiết trong công trình [10].

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN KIỂM CHỨNG MÔ HÌNH

Để kiểm chứng khả năng tính toán của mô hình, trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng kết quả

Trong nghiên cứu này, sự suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt khi các sóng dài (sóng thần, nước dâng do bão) truyền qua rừng phòng hộ ven bờ được tính toán, phân tích trên cơ sở mô hình số trị. Ở đây, mô hình số trị được nghiên cứu và phát triển dựa trên hệ phương trình sóng dài một chiều có xem xét đến ảnh hưởng của lực cản do quá trình sóng lan truyền qua hệ thống cây. Mô hình sau đây được áp dụng cho trường hợp phân bố đồng nhất của cây. Cây dừa dại, một loài cây phổ biến mọc ở vùng ven bờ các nước Nam và Đông Nam Á được lựa chọn. Khả năng làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt đã được phân tích trên cơ sở các kết quả tính toán cho trường hợp có rừng và không có rừng.

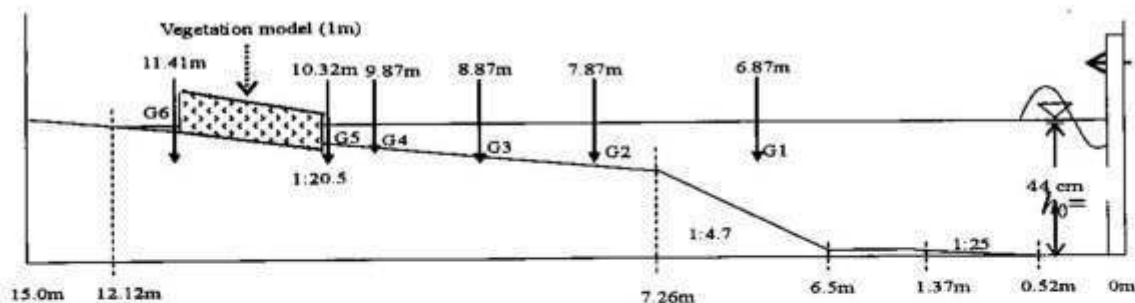
MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

Mô hình tính toán mô phỏng sóng dài truyền qua rừng phòng hộ được phát triển dựa trên hệ phương trình sóng dài phi tuyến một chiều [10], hệ các phương trình được diễn tả dưới đây:

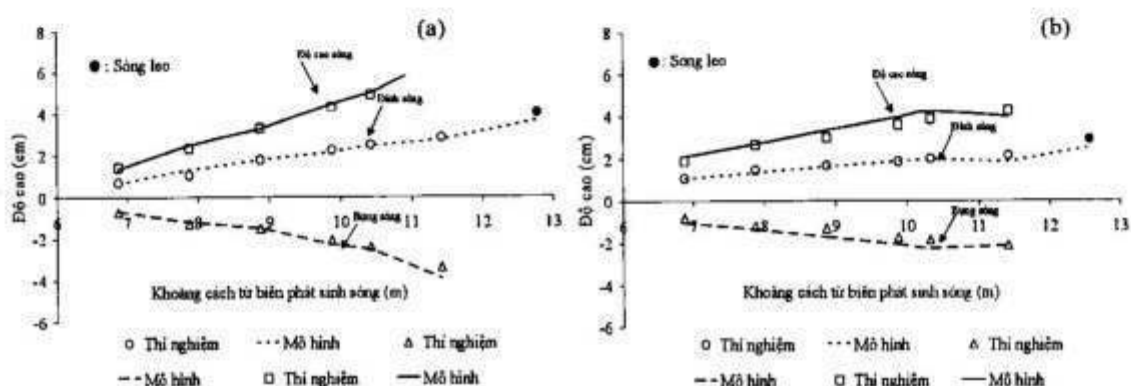
$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

thí nghiệm của Tanaka và nnk [9] về sự lan truyền của sóng dài trong kênh có độ dốc thoải với hệ thống cây được đơn giản hóa dạng hình trụ để kiểm chứng kết quả của độ cao sóng (bao gồm cả sóng leo) và dòng chảy sóng (hình 1). Các điều kiện của thí nghiệm này được mô tả chi tiết trong công trình nghiên cứu [9].

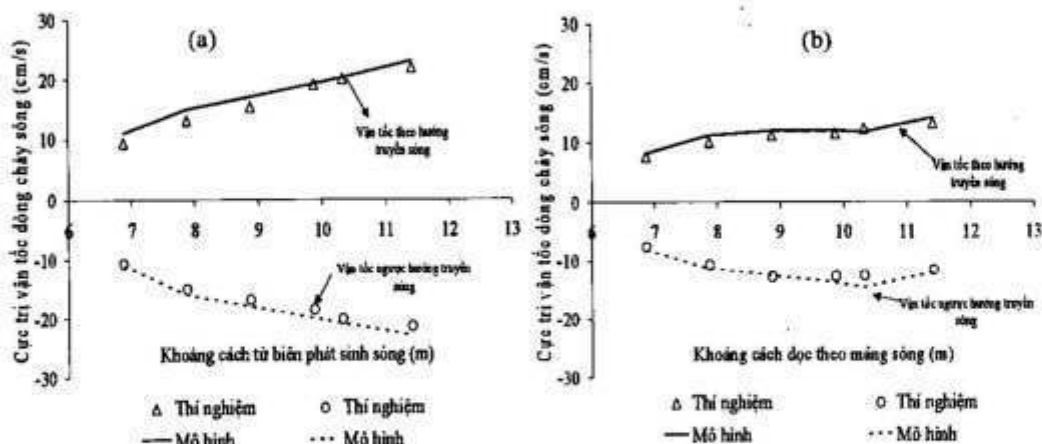
Hình 2 và 3 biểu diễn so sánh giữa kết quả tính toán của mô hình với số liệu thí nghiệm về độ cao (đỉnh, bụng và độ cao sóng) và vận tốc dòng chảy sóng cho trường hợp tham số sóng tại biên có độ cao $H_i=2\text{cm}$, chu kỳ $T=20$ giây. Số liệu thí nghiệm và kết quả tính toán cho thấy, khi sóng truyền từ vùng nước sâu vào vùng nước nông, độ cao và vận tốc dòng chảy sóng tăng lên do ảnh hưởng của hiệu ứng nước nông. Tuy nhiên, trong trường hợp có sự tồn tại của cây, độ cao và vận tốc dòng chảy sóng đã suy giảm do lực cản của cây. Các kết quả tính toán phù hợp nhất với số liệu thí nghiệm khi lựa chọn hệ số cản $C_d=1,5$.



Hình 1. Sơ đồ máng sóng thí nghiệm của Tanaka và nnk [9]



Hình 2. So sánh giữa kết quả tính toán bằng mô hình với số liệu thí nghiệm độ cao sóng dọc theo máng sóng. (a) trường hợp không có cây và (b) trường hợp có cây



Hình 3. So sánh giữa kết quả tính toán bằng mô hình với số liệu thí nghiệm vận tốc dòng chảy sóng dọc theo máng sóng. (a) trường hợp không có cây và (b) trường hợp có cây.

HỆ SỐ CẢN CỦA CÂY TRONG ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ

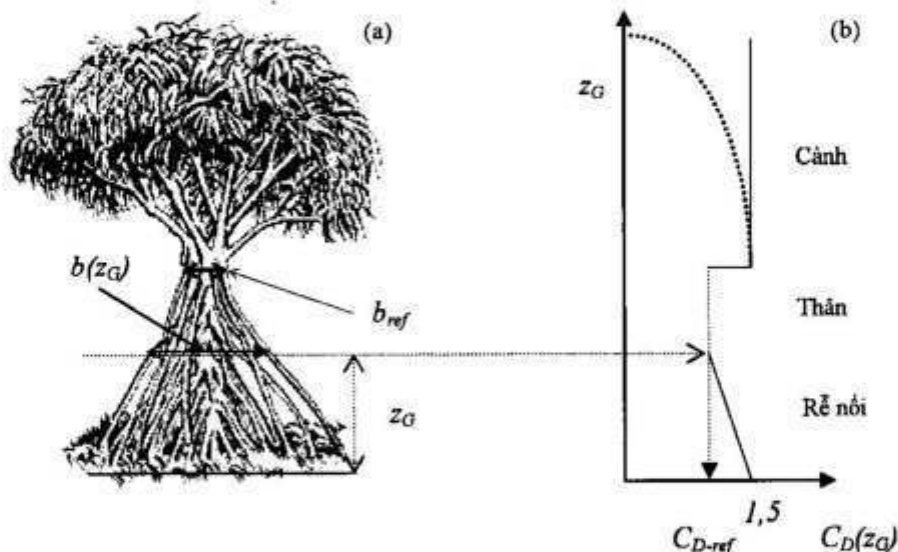
Tính toán hệ số cản của cây là bài toán rất phức tạp. Hầu hết các nghiên cứu trước đây chủ yếu xem xét cho trường hợp đơn giản cây hình trụ, khi đó hệ số cản phụ thuộc chính vào hệ số Reynolds. Trong nghiên cứu này, hệ số cản trung bình theo độ sâu C_{D-all} được tính theo phương pháp đơn giản của Tanaka và Sasaki [8]. Trong phương pháp này, ảnh hưởng của rễ nổi, thân, cành và lá được xem xét, cụ thể như sau:

$$C_{D-all}(d) = C_{D-ref} \frac{1}{d} \int_0^d \alpha(z_G) \beta(z_G) dz_G \quad (3)$$

$$\alpha(z_G) = \frac{b(z_G)}{b_{ref}} \quad (4)$$

$$\beta(z_G) = \frac{C_D(z_G)}{C_{D-ref}} \quad (5)$$

Trong đó $b(z_G)$ và $C_D(z_G)$ là hình chiếu bề ngang (bao gồm cả đường kính rễ và cành) và hệ số cản của cây tại độ cao z_G tính từ mặt đất, b_{ref} và C_{D-ref} là độ rộng bề ngang và hệ số cản của cây tính tại độ cao quy ước ($z_0=1,2m$). Giá trị $C_D(z_G)$ thay đổi theo độ cao của cây như trên hình 4(b). Theo đó C_{D-all} đạt giá trị lớn nhất tại gốc do có sự tham gia của nhiều rễ cây.



Hình 4. Minh họa các hệ số (a) $b(z_G)$ và b_{ref} , (b) $C_D(z_G)$ và C_{D-ref} (Tanaka và Sasaki, 2007).

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM

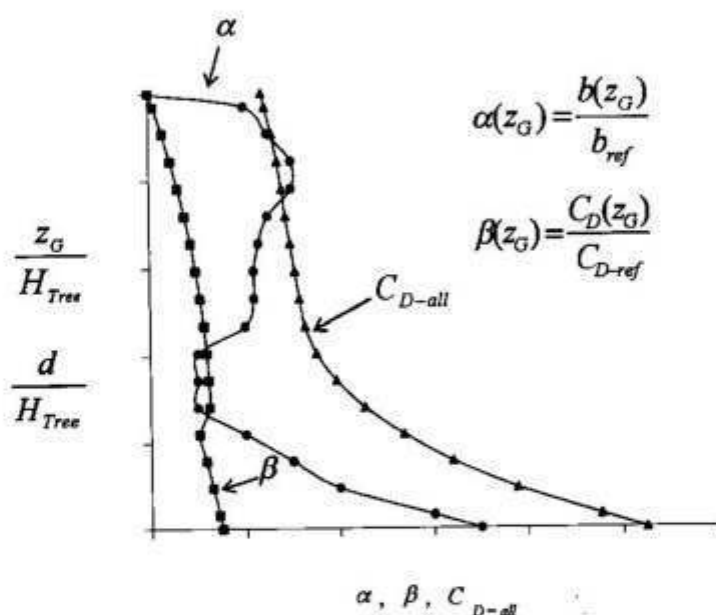
Các đặc trưng cây và hệ số cản

Trong nghiên cứu này, cây dừa dại (*Pandanus odoratissimus*) hình 5(a), một loài cây phổ biến mọc tại các vùng ven bờ ở các nước Nam và Đông Nam Á được lựa chọn tính toán thử nghiệm. Loài cây này có hệ thống rễ nổi rất dày, chính vì vậy đã làm tăng khả năng chịu đựng của cây đồng thời làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt [10]. Hình 5(b)

phân bố theo phương thẳng đứng các giá trị α , β , và C_{D-all} của cây dừa dại với các đặc trưng của cây như sau: Độ cao cây $H_{tree}=8m$, đường kính thân tại vị trí quy ước $b_{ref}=0,195m$, hệ số cản tại vị trí tham chiếu $C_{D-ref}=1,0$. Hệ số này được lựa chọn đối với thân hình trụ và trong điều kiện hệ số Reynolds cỡ 10^6 , đây là cỡ giá trị đặc trưng thủy lực trong sóng thần và nước dâng bão. Như vậy, hệ số C_{D-all} thay đổi theo độ cao của cây theo xu thế giảm dần từ gốc tới ngọn.



(a) Cây dừa dại



(b)

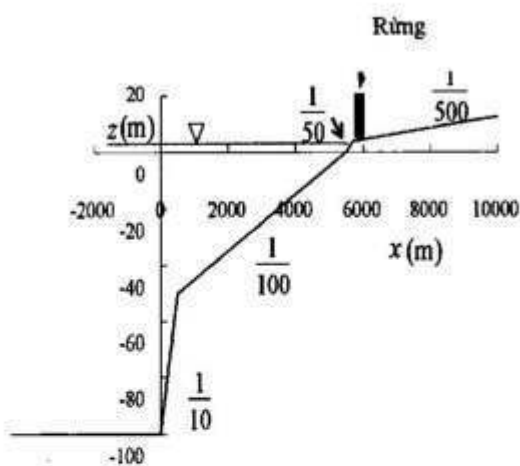
Hình 5. (a) Hình ảnh cây dừa dại tại ven biển và (b) phân bố theo phương thẳng đứng của các hệ số α , β , và C_{D-all} .

Địa hình miền tính, đặc trưng phân bố rừng và điều kiện tính toán

Địa hình vùng bờ với độ dốc đáy được phác họa như trên hình 6, bao gồm 4 đoạn dốc, với hệ số nghiêng $S=1/10$, $1/100$, $1/50$ và $1/500$ tương ứng. Đây là dạng địa hình tiêu biểu của vùng ven bờ. Rừng phòng hộ được giả định có phân bố cây đồng

nhất dọc theo hướng truyền sóng với mật độ cây $\gamma=0,226$ cây/m², độ dày của rừng $w=200$ m.

Trong tất cả các tính toán dưới đây đều áp dụng những điều kiện chung như sau: Độ cao mực nước triều cao 2m, biên độ và chu kỳ sóng ngoài khơi tương ứng là 3m và 20 phút, đây là tham số của sóng dài cỡ sóng thần, hướng truyền sóng vuông góc với đường bờ.



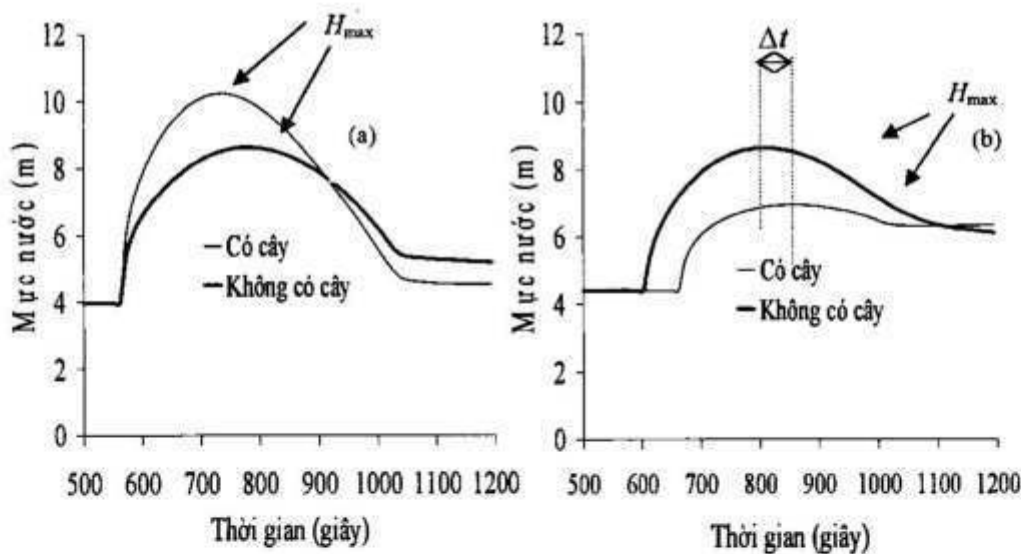
Hình 6. Phác họa địa hình miền tính toán

Một số kết quả tính toán

Khả năng ngăn cản sóng của rừng phòng hộ ven

bờ (độ sâu ngập lụt và năng lượng sóng - hai yếu tố được quan tâm nhất) sẽ được phân tích và đánh giá trên cơ sở so sánh các kết quả tính toán giữa hai trường hợp có và không có rừng tại 2 vị trí phía trước và sau rừng.

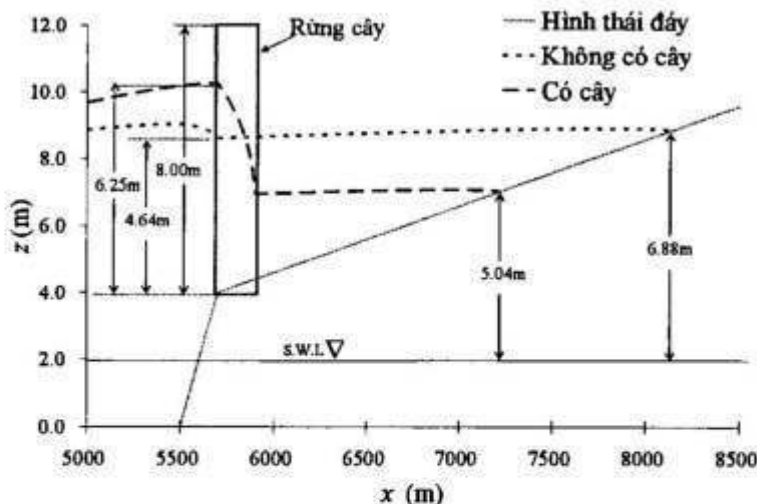
Kết quả tính toán dao động mực nước theo thời gian (độ sâu ngập lụt) cho trường hợp có và không có rừng tại 2 vị trí trước và phía sau rừng được thể hiện trên hình 7a, b. Tại vị trí phía trước rừng, sóng bắt đầu gây ngập lụt sau khoảng thời gian 560 giây truyền từ biển. Hiệu ứng phản xạ do sóng tác động lên cây đã làm tăng rất đáng kể độ cao mực nước và thời gian mực nước đạt cực trị (H_{max}) xuất hiện cũng sớm hơn so với trường hợp không có rừng. Độ cao mực nước cực trị đạt 10,1m (so với mực nước trung bình), tăng 1,6m so với trường hợp không có rừng. Phía sau rừng, tác động sức cản của cây đã làm trễ thời gian sóng tràn tới khoảng 60 giây (Δt) - hình 7(b), mực nước cực trị tại đây giảm mạnh, 1,9m so với trường hợp không có rừng.



Hình 7. Biến thiên theo thời gian dao động mực nước cho trường hợp có và không có rừng
(a) Phía trước rừng, (b) Phía sau rừng.

Hình 8 biểu diễn biến thiên mực nước cực trị dọc theo phương truyền sóng. Có thể thấy rằng, do sự tồn tại của rừng, giá trị mực nước cực trị tăng tại các vị trí phía trước rừng do hiệu ứng phản xạ lên cây, sau đấy giảm rất nhanh khi sóng lan truyền

trong rừng và hầu như không thay đổi phía sau rừng. Giá trị độ sâu ngập lụt là 5,04m tại phía sau rừng, giảm khoảng 30% khi so sánh với trường hợp không có rừng.

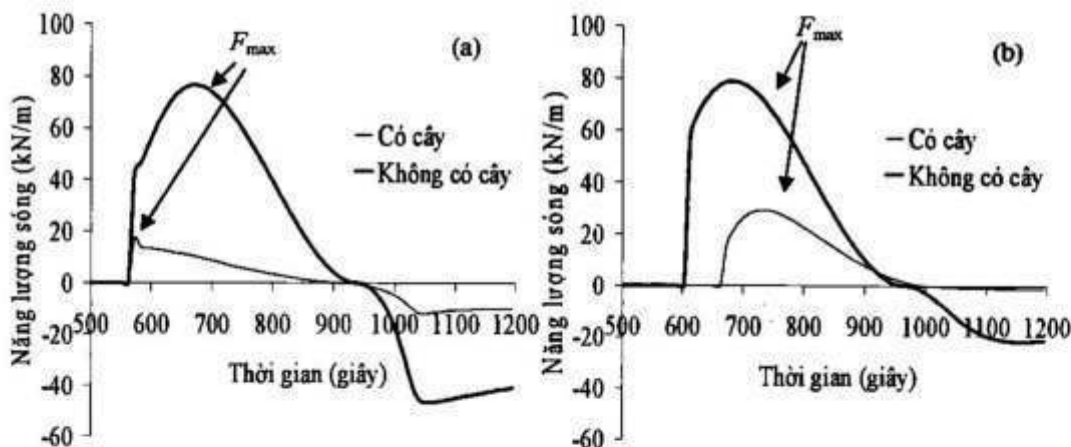


Hình 8. Biến thiên mực nước cực trị dọc theo phương truyền sóng.

Với sóng thần và nước dâng do bão, bên cạnh độ sâu ngập lụt, năng lượng sóng là yếu tố rất được quan tâm bởi tác động tới các công trình ven bờ. Trong nghiên cứu này, véc tơ năng lượng sóng $\vec{F}^*$ được tính theo công thức như sau:

$$\vec{F}^* = \frac{1}{2} \rho d \vec{V} |\vec{V}| \quad (6)$$

Đây là tổng động năng sóng theo độ sâu tác động lên một vật thể ảo với kích thước bề ngang và hệ số cản là một đơn vị, V là vận tốc dòng chảy sóng.



Hình 9. Biến thiên theo thời gian năng lượng sóng tại vị trí phía trước (a) và sau rừng (b)

Kết quả tính toán biến thiên năng lượng sóng theo thời gian tại 2 vị trí phía trước và sau rừng cho trường hợp có và không có rừng được thể hiện trên hình 9. Với điều kiện của địa hình ven bờ và tham số sóng trong bài toán này, năng lượng sóng tại hai vị trí trước và sau rừng (trong trường hợp không có rừng) là khá lớn (khoảng 80kN/m). Tuy nhiên, năng lượng sóng đã giảm rất mạnh trong trường hợp có

rừng, F_{max} khoảng 20 và 25kN/m tại vị trí phía trước và sau rừng. Tại vị trí phía trước rừng, mặc dù độ sâu ngập lụt tăng so với trường hợp không có rừng, tuy nhiên giá trị vận tốc dòng chảy trong trường hợp này lại giảm do xuất hiện dòng chảy ngược khi sóng phản xạ lên cây (năng lượng sóng tỷ lệ với bình phương của vận tốc dòng chảy sóng) do vậy năng lượng sóng cũng giảm. Với 200m độ dày của rừng

và mật độ cây 0,226 cây/m², năng lượng sóng có khả năng suy giảm tới 65% tại các vị trí phía sau rừng phòng hộ.

Trên đây là một số kết quả tính toán khả năng làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt bởi rừng phòng hộ ven bờ cho trường hợp với một loài cây cụ thể và phân bố đồng nhất. Khả năng làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt phụ thuộc vào các đặc trưng của cây, mật độ cây và kích thước và phân bố rừng. Ảnh hưởng của các đặc trưng này cũng như nghiên cứu xem xét cho các loài cây phổ biến khác cùng với sự phân bố không đồng nhất của chúng sẽ được phân tích, đánh giá trong các nghiên cứu tiếp theo.

Kết quả của nghiên cứu trên đây đồng thời cũng rất có ý nghĩa về mặt phương pháp luận, nó là định hướng và cơ sở để xem xét cho các dạng sóng khác, như sóng gió, sóng tàu. Cụ thể hơn, tập thể tác giả đang vận dụng phương pháp này vào bài toán nghiên cứu khả năng chống xói lở bờ sông do sóng tàu gây nên bởi thực vật ven sông trên cơ sở giải hệ phương trình Boussinesq 2 chiều kết hợp với các thành phần tiêu tán năng lượng sóng bởi thực vật.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, khả năng ngăn cản sóng (độ sâu ngập lụt và năng lượng sóng) bằng hệ thống rừng phòng hộ ven bờ đã được nghiên cứu tính toán. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

Mô hình tính sóng lan truyền qua rừng phòng hộ đã được nghiên cứu và phát triển và cho kết quả tương đối tốt khi so sánh với số liệu thí nghiệm trong máng sóng.

Mô hình đã được áp dụng tính toán trong điều kiện thực tế với phân bố cây đồng nhất. Ở đó cây dừa dại, một loài cây phổ biến mọc ở vùng ven bờ các nước Nam và Đông Nam Á đã được lựa chọn. Đã dùng phương pháp tính hệ số cản của cây cho sát với điều kiện thực tế, trong đó ảnh hưởng của rễ, thân, cành và lá được xem xét.

Với độ dày của rừng là 200m, mật độ cây 0,226 cây/m² và chiều cao cây 8m có thể làm suy giảm năng lượng sóng và độ sâu ngập lụt tới 65% và 30% tương ứng.

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 105.12-2012.02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Danielsen, F., Sorensen, M. K., Olwig, M.F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N. D., Hiraishi, T., Karunagaran, V.M., Rasmussen, M.S., Hansen, L.B., Quarto, A., Suryadiputra, N., 2005. The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation, Science, Vol. 310, p. 643.*
2. *Harada, K. and Imamura, F., 2001. Experiment study on the resistance by Mangrove under the unsteady flow. Proc. of 1st Asia and Pacific Coastal Engineering Conference (APACE2001), p.975-984.*
3. *Harada, K. and Imamura, F., 2005. Effects of coastal forest on tsunami hazard mitigation - a preliminary investigation, tsunamis: case studies and recent development. In: Satake, K.(Ed.), Advances in Natural and Technological Hazards Research, p. 279-292.*
4. *Hiraishi, T. and Harada, K., 2003. Green belt Tsunami Prevention in South - Pacific Region. Report of the Port and Airport Research Institute, Vol. 42, No. 2, 23 p.*
5. *Kathiresan, K., and Rajendran, N., 2005. Coastal mangrove forests mitigated tsunami, short note. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 65, p. 601-606.*
6. *Latief, H., Harada, K., and Imamura, F., 1999. Experimental and Numerical study on the effect of Mangrove to reduce tsunami, Tohoku journal of Natural Disaster Science, Vol. 35, p. 127-132.*
7. *Mascarenhas, A. and Jayakumar, S., 2008. An environmental perspective of the post-tsunami scenario along the coast of Tamil Nadu, India: Role of sand dunes and forests, Journal of Environmental Management, Vol. 89, p. 24-34.*
8. *Tanaka, N., and Sasaki, Y., 2007. Limitation of coastal vegetation in the 2004 Indian Ocean tsunami and 2006 Java tsunami, Proc. IAHR 32nd Congress (CDROM).*
9. *Tanaka, N., Nandasena, N. A. K., Jinadasa, K. S. B. N., Sasaki, Y., Tanimoto, K., Mowjood, M. I. M., 2009. Developing effective vegetation bioshield for tsunami protection. Journal of Civil and Environmental Engineering Systems, Vol. 26, p. 163-180.*
10. *Thuy, N. B., Tanimoto, K., Tanaka, N., Harada K., Imamura, K., 2009. Effect of open gap in coastal forest on tsunami Run-up - Investigations by experiment and numerical simulation, Ocean Engineering, Vol. 36, p. 1,258-1,269.*

STUDY OF WAVE PREVENTION ABILITY OF COASTAL FOREST USING NUMERICAL MODEL

Vu Hai Đăng, Nguyen Ba Thuy

ABSTRACT: *In this study, reduction of wave energy and inundation depth of long waves as tsunami and storm surge propagating through the coastal forest is calculated and analyzed by numerical simulation. The numerical model is developed based on the one-dimensional nonlinear long wave equations and is verified with experimental data in the wave flume. Vegetation drag coefficient is calculated by considering simultaneously the influences of stems, roots, leaves and branches. After that the model is applied to calculate the ideal case of simple coastal topography and uniform vegetation distribution. Pandanus odoratissimus, a dominant coastal vegetation in South and Southeast Asia is considered as a tree species. Calculation results show that with 200m forest width and 0.226 tree/m² of tree density can reduce the wave energy and inundation depth to 65% and 30% respectively.*

6. HỘI THẢO QUỐC TẾ (3)



IUTAM Symposium on Storm Surge Modelling and Forecasting

Impact of the interaction of surge, wave and tide on a storm surge on the north coast of Vietnam

Tran Hong Thai^a, Nguyen Ba Thuy^{b*}, Vu Hai Dang^c, Sooyoul Kim^d, Lars Robert Hole^e

^aNational Hydrometeorological Service of Vietnam, No8 Phao Dai Lang, Dong Da, Hanoi, Vietnam

^bVietnam National Hydrometeorological Forecasting Center, No8 Phao Dai Lang, Dong Da, Hanoi, Vietnam

^cInstitute of Marine Geophysics and Geology, No18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

^dGraduate School of Engineering, Tottori University, Koyama-cho Minami, Tottori, 680- 850, Japan

^eDivision of Oceanography and Maritime Meteorology, Norwegian Meteorological Institute, Bergen, Norway

Abstract

In the present paper, the interaction of surge, wave and tide on the north coast of Vietnam is assessed using a coupled model of surge, wave and tide. A series of storm surge simulations for Typhoons Frankie (1996) and Washi (2005) are carried out, considering the effects of the tide and the wave that combines a wave dependent drag and wave-induced radiation stress to find out a predominant factor in the storm surge generation. Typhoon Frankie is land-falled at the low tide while Typhoon Washi land-falled at the high tide. The results indicate that the effect of the wave is crucial to the storm surge simulation. In particular, the wave induced-surge improves the accuracy of the storm surge level up to 30 %. It also shows that the surge induced by wave radiation stress is dependant with the space resolution, and the finest resolution is improved and in close agreement with the observation. On the other hand, the influence of the tide is ignorable for the case of Typhoon Frankie and considerable in the case of Typhoon Washi.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier B.V.

Selection and peer-review under responsibility of IUTAM Symposium on Storm Surge Modelling and Forecasting.

Keywords: Typhoon; storm surge; a coupled model of surge; wave and tide; interaction of surge

* Corresponding author. Tel.: 84-4-38241600; fax: 87-438241600.

E-mail address: thuybanguyen@gmail.com

1. Introduction

To assess storm surges, there are two conventional types of physics-based numerical models: a decoupled model of storm surge, and a coupled model of surge, wave and tide. In the last three decades, coupled models have been paid attention to, especially focusing on the interaction of surge, wave and tide. Several studies have introduced wind stress as a function of waves (*e.g.*, Janssen^{1,2}). Since then, a number of studies that examined wave-induced stress that is directly obtained in coupled models of surge and wave showed the significant improvements of the model results while comparing with observation data (*e.g.*, Funakoshi, Hagen, and Bacopoulos³; Kim, Yasuda, and Mase⁴; Zhang and Li⁵). Wave setup driven by a force of the divergence of radiation stress in the nearshore has also been studied with coupled models of surge and wave (*e.g.*, Bertin *et al.*⁶; Kim, Yasuda, and Mase⁷; Mastenbroek, Burgers, and Janssen⁸). It was found that the wave setup induced by the force of the radiation stress is substantial in the peak surge level during Typhoon Anita 1970 (*e.g.*, Kim, Yasuda, and Mase⁷). It was investigated that the tide-surge interaction is not negligible when estimating local surge levels (*e.g.*, Chen, Wang, and Zhao⁹; Choi, Eum, and Woo¹⁰; Kim, Yasuda, and Mase⁴). Besides the interaction of tide, wave and surge, topographic characteristics (*e.g.*, bed slope) also plays an important role in the increase or decrease of wave setup, runup and wind driven surge (*e.g.*, Dietrich *et al.*¹¹; Kennedy *et al.*¹²).

For several decades, climate change impact studies have focused on storm surge studies in Vietnam (*e.g.*, Ninh¹³; Sao¹⁴; Thuy¹⁵). Conventional ways of two (or three) dimensional nonlinear shallow water equations have been used. In other words, in those studies other factors such as tides and waves were not taken into account in the storm surge model. Recently, the effect of waves on storm surge has been investigated in Vietnam. Hien *et al.*¹⁶ showed that the wave setup induced by the force of the divergence of radiation stress is significant in the storm surge on the coast of Haiphong using empirical formula. Thuy *et al.*¹⁷ found that the Typhoon Kalmaegi (2014) surge was significantly influenced by the waves on the Haiphong coast in Vietnam, obtained from numerical simulations using a coupled model of surge, wave and tide.

In the present study, the primary factors affecting storm surge on the north coast of Vietnam are quantitatively investigated using a coupled model of surge, wave and tide. In the study area, the tidal cycles are *diurnal* and the maximum tidal range is up to 3.6 m. Therefore, the tide is also taken into account in the simulation. The study highlights that coupling processes between surge and wave are critical to the prediction of storm surge on the north coast of Vietnam and only using a coupled model of surge, wave and tide (*e.g.*, SuWAT developed by Kim *et al.*⁴) is able to accurately estimate storm surges. A series of storm surge simulations are conducted for Frankie (1996) and Washi (2005) that consider the interaction of surge, wave and tide.

2. Method

To analyze the storm surge in the study area, the coupled model of surge, wave and tide (called SuWAT), developed by Kim, Yasuda, and Mase⁴ was used. SuWAT is capable of doing parallel computations for an arbitrary number of domains using the Message Passing Interface (MPI). In the present study, three modules of surge, wave and tide are integrated into SuWAT as shown in Figure 1 that reveals the information of the flow among the modules and the domains. The tidal module provides only boundary conditions to the surge modules in the outermost domain. Coupling parameters include open boundary values, internal exchange among modules and domains in a machine. The calculations are sequentially carried out from the higher level domain to the lower level; the rest of the lower level domains wait for the completion of the higher level domain at a time step. This modeling system has been implemented and verified in other studies (*e.g.*, Kim, Yasuda, and Mase⁷; Kim *et al.*^{18,19}; Mase *et al.*²⁰).

2.1. Surge module

The surge module solves the depth averaged nonlinear shallow water equations using the staggered Arakawa C grid in space and the leap frog scheme in time. The explicit finite difference scheme is used with the upwind method:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial x} = fN - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x - F_x) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{NM}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial y} = -fM - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y - F_y) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

where η is the sea surface level, M and N are the components of depth-integrated velocity in the horizontal and vertical directions, P is the atmospheric pressure, f is the Coriolis parameter, g is the gravitational acceleration, d is the total water depth ($\eta + h$), A_h is the horizontal eddy diffusions, ρ_w is the density of water, and F_x and F_y represent the components of wave force which correspond to the gradients of wave-induced radiation stress:

$$F_x = \frac{-\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \quad (4)$$

$$F_y = \frac{-\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \quad (5)$$

where the wave radiation stresses are expressed by:

$$S_{xx} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \quad (6)$$

$$S_{xy} = S_{yx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\sigma d\theta \quad (7)$$

$$S_{yy} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \quad (8)$$

where C and C_g are the wave velocity and the group velocity, σ and θ are the angular frequency and the wave direction, and E is the energy, density, and spectrum respectively. A conventional quadratic law is applied to the sea surface and bottom boundary layers. The bottom stress is computed by:

$$\tau_b = \rho_w g n^2 \frac{|\vec{Q}|}{d^{7/3}} \quad (9)$$

In which $\vec{Q}$ is the depth-integrated velocity vector, and n is the Manning number (0.025) in all the domains, as determined by Chien²¹. The wind stress is usually estimated by the following equation:

$$\tau_s = \rho_a C_D \vec{U}_{10} |\vec{U}_{10}| \quad (10)$$

where ρ_a is the density of air, C_D is the drag coefficient and $\vec{U}_{10}$ is the wind speed at 10 m height. In a series of storm surge simulations, two C_D s are used. One is the conventional C_D (Honda and Mitsuyasu²²):

$$C_D = \begin{cases} (1.290 - 0.024W) \times 10^{-3} & (W \leq 8 \text{ m/s}) \\ (0.58 + 0.063W) \times 10^{-3} & (W > 8 \text{ m/s}) \end{cases} \quad (11)$$

The other is the wave dependent C_D (Janssen^{1,2}). In SuWAT, Mastenbroek, Burgers, and Janssen's⁸ iteration for Janssen's formulation of the exponential wave growth term in wave modules, (given in the section of Wave module), is used to estimate the wave dependent C_D . Following his assumption, waves influence the boundary layer: $\tau = \tau_w + \tau_\tau$, where τ_w is the wave-induced stress, τ_τ the turbulent stress and τ the total stress. The wind profile is given by:

$$U(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z+z_e+z_0}{z_e} \right) \quad (12)$$

where $U(z)$ is the wind speed at height, z_e is the effective roughness, z_0 is the roughness length, z is the height and $\kappa=0.4$ is the von Kármán constant. The turbulent stress is parameterized with a mixing-length hypothesis:

$$\tau_t = \rho_a (\kappa z)^2 \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 \quad (13)$$

where ρ_a is the air density. If the wind profile (12) is differentiated, squared and compared with the form (13), an expression for z_e for $z = z_0$ (Mastenbroek, Burgers, and Janssen⁸) can be found:

$$z_e = \frac{z_0}{\sqrt{1-\tau_w-\tau}} \quad (14)$$

where: $\tau_w = \tau_w(z_0)$. To parameterize the roughness length z_0 , Janssen assumes that a Charnock-like relation $z_0 = \tilde{\alpha} u_*^2 / g$ is valid with the values for $u_* = \sqrt{\tau / \rho_a}$ and $\tilde{\alpha} (=0.0081)$, the Charnock parameter. With the effective roughness (z_e), the wave dependent C_D is finally obtained by Eq. (15):

$$C_D = u_*^2 / U(z)^2 = \left[\kappa / \ln \left(\frac{z+z_e-z_0}{z_e} \right) \right]^2 \quad (15)$$

In this study, Eq. (15) is used to estimate the wind stress in Eq. (10) instead of the conventional C_D in Equation (11). The effect of levelling off at wind speeds of 22-33 m/s on C_D is not taken into account (Donelan *et al.*²³; Kim *et al.*¹⁹).

The solid boundary condition is adopted at land boundaries for no inundation conditions. The radiation condition along open boundaries is given by following Flather's method²⁴ in all the domains. The current and sea surface level in the coarse grid domain are transferred to the nested open boundaries in the fine grid domain at each time step of 4 s. The time step is 4 s for the surge model.

2.2. Tidal module

The astronomical tide in SuWAT is imposed by a global ocean tide model (Matsumoto, Takanezawa, and Ooe²⁵) that predicts tidal levels for sixteen constituents of M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, OO1, 2N2, Mu2, Nu2, L2 and T2. At every time step, the tidal level is imposed on open boundaries in only the outermost domain. Along the open boundary, the sea surface level is given by:

$$\eta = \eta_{tide} + \eta_{surge} \quad (16)$$

where η_{tide} is the tidal level and η_{surge} is the surge level.

2.3. Wave module

The wave model of Simulating WAVesNearshore (SWAN; Booij, Ris, and Holthuijsen²⁶) integrated in the wave module solves the spectral action balance equation to estimate a wave spectrum (Booij, Ris, and Holthuijsen²⁶). The wave in SuWAT is estimated by time varying currents and sea surface levels calculated from the surge module. The updated parameters of the wave dependent drag and the radiation stress in the wave module are returned to the surge module to calculate the current and sea surface level. The SWAN version 40.41 has been integrated into SuWAT as the wave module (Kim, Yasuda, and Mase⁴).

As done in Kim *et al.*¹⁹, in the present simulation, the default values of parameters for the physics are used: Cavaleri and Malanotte-Rizzoli²⁷ for linear wave growth, Janssen^{1,2} for exponential wave growth, Janssen² for white-capping, Hasselmann *et al.*²⁸ for quadruplet interaction, Battjes and Janssen²⁹ for depth-induced breaking and

Madsen, Poon, and Graber³⁰ for bottom friction. The diffraction is adapted in the wave calculation. An Ursell number of 10 is used for the limit of the quadruplet interaction with a factor of 1.0 for the fraction of breaking waves. The following discretizations were used: the direction resolution is 10° and the frequency range is 0.05 to 1.00 Hz. In the outermost domain, the wave spectrum along open boundaries is estimated by the JONSWAP spectrum with the peak enhancement parameter of 3.3, the peak period and the directional width of 10° . The wave spectrum in the coarse grid domain is transferred to the open boundaries in the fine grid domain at each time step of 900 s. The time step is 900 s for the wave model.

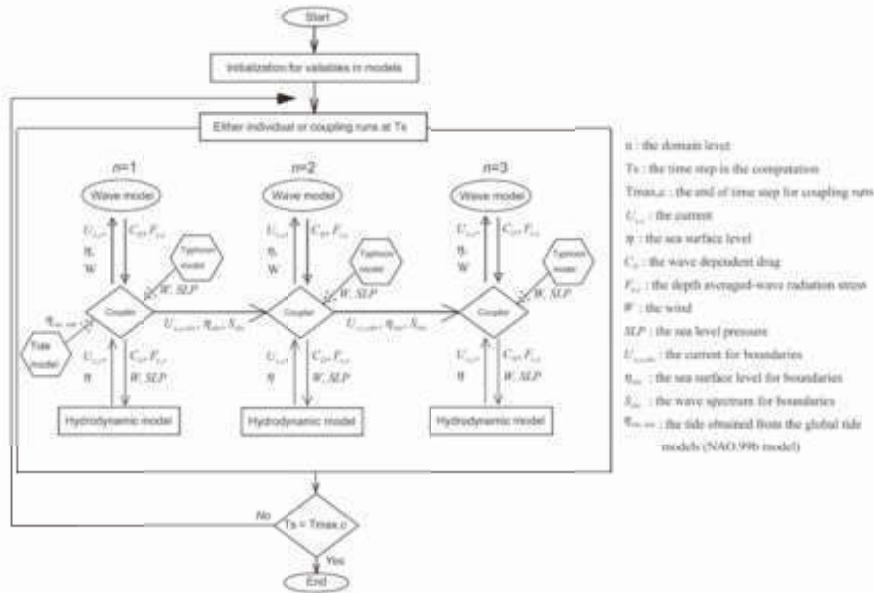


Fig. 1. Framework of SuWAT for three level domains that shows the information flow between surge and wave modules in each domain.

2.4. Parametric wind and pressure model

A parametric wind and pressure model implemented in the SuWAT model is used to estimate typhoon wind and pressure fields. Schloemer's formula³¹ is used for the pressure:

$$p = p_c + \Delta p \exp(-r_0/r) \quad (17)$$

where p is the atmospheric pressure at a distance r from the center, p_c is the central atmospheric pressure, Δp is the difference between p and p_c , and r_0 is the radius to the maximum wind.

Fujii and Mitsuta's formula³² for the surface wind is written as follows:

$$V_{gr} = r_t \left(\sqrt{\frac{f^2}{4} + \frac{r_0 \Delta p}{\rho_a r^2 r_t} \exp(-r_0/r)} - \frac{f}{2} \right) \quad (18)$$

where V_{gr} is the geostrophic wind and r_t is the following relation,

$$r_t = r / \left(1 + \frac{U_{10}}{V_{gr}} \sin \beta \right) \quad (19)$$

In Eq. (19) V_{gr} and U_{10} are at the previous time step. β is the degree between the typhoon moving direction and the direction to r in the anti-clockwise direction. U_{10} is calculated by multiplying V_{gr} by $G(x)$ as follows:

$$G(x) = G(\infty) + [G(x_p) - G(\infty)](x/x_p)^{k-1} \exp\left\{(1 - 1/k) \left[1 - (x/x_p)^k\right]\right\} \quad (20)$$

$$U_{10} = V_{gr} G(x) \quad (21)$$

where: $x = r/r_0$, $k = 2.5$, $x_p = 0.5$, $G(x_p) = 1.2$ and $G(\infty) = 0.667$ are given by Fujii and Mitsuta³². In the wind model, the geostrophic wind is reduced by a factor of $G(\infty)$. Finally, the wind at 10 m height is obtained from the vector sum of the wind at 10 m height calculated by Eq. (21) and the typhoon moving speed. In the present model, deformation of the core structure in the typhoon is not considered.

2.5. Bathymetry

For numerical simulations, the complexity of the geophysical features was taken into account using the three level grid system, where the outermost domain, D1, (Fig. 2 (a)) covers the whole East Sea and the domain, D2, (Fig. 2 (b)) is set to cover the northern coast of Vietnam. The innermost domain, D3 (Fig. 2 (c)), is focused on stations of Hondau. General Bathymetry Chart of the Ocean (GEBCO) of British Ocean Data Center was used to extract bathymetry for the domains of D1 and D2. On the other hand, coastal topography maps with scales of 1/100,000 published from the Vietnam Administration of Seas and Islands were used for the domain D3. The space resolutions for D1, D2 and D3 in both X and Y direction is 7400m, 1850m, and 825m.

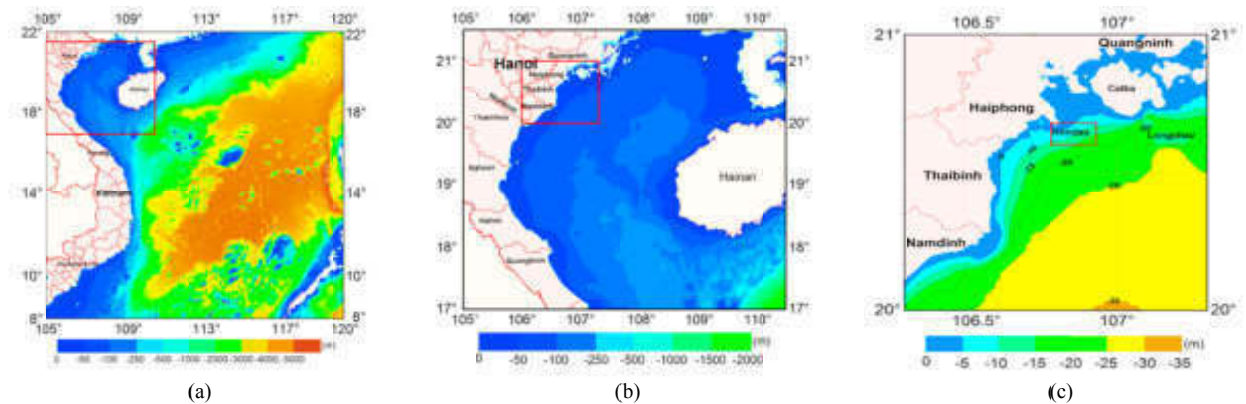


Fig. 2. Geophysical domains of the study area with three levels. (a) shows the outermost domain of the Vietnam coast. (b) shows the intermediate domain. (c) focuses on the innermost domain with Hondau station.

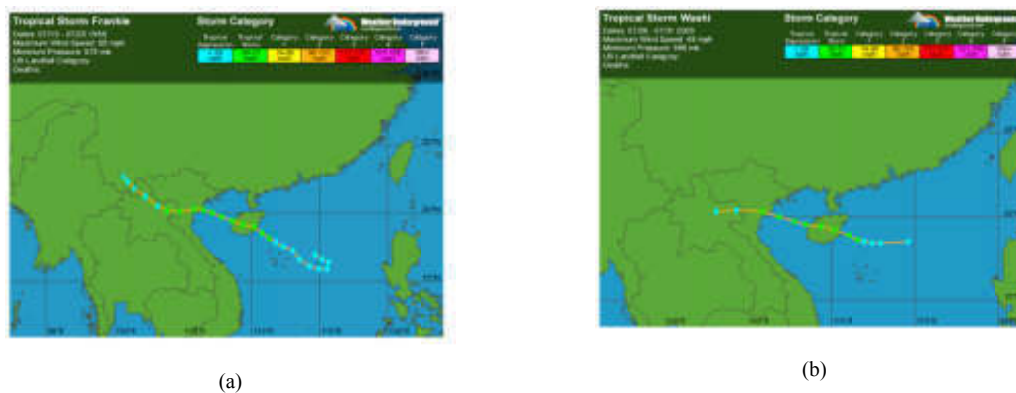


Fig. 3. Track of Typhoon (a) Frankie (1996), (b) Washi (2005).

3. Results

To examine a critical factor to the generation of storm surge in the north coast of Vietnam, the representative historical typhoons of Frankie (1996) and Washi (2005) were selected. These typhoon tracks are provided in Fig. 3. Typhoon Frankie landfalled at the low tide while Typhoon Washi landfalled at high tide as the time profile of total water level observation, tide predict and storm surge at Hondau station in both typhoon cases showed in Fig. 4.

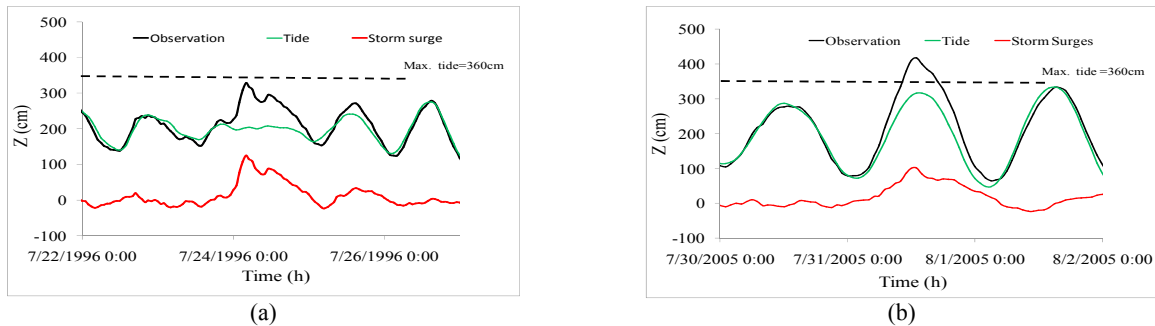


Fig.4. Time serial of total water level (observation), predicted tide and storm surge at Hondau station during Typhoon Frankie (a) and Washi (b).

3.1. Impact of the tide on the storm surge

In order to investigate how the tide influences the storm surge in the study area, a series of simulations were conducted using SuWAT that the surge and tide interaction was taken into account to calculate the Typhoon Frankie and Washi surge. In the storm surge simulation, the conventional C_D (Honda and Mitsuyasu²²) was used to estimate the wind stress. First, the surge simulation was carried out with the tide. Then, only the tide simulation was conducted to extract the surge level taking into account the surge and tide interaction. Finally, only the surge simulation without the tide was executed on mean sea level. With two surge levels, the effect of the tide on the storm surge is examined as shown in Fig. 5(a) and (b) that show a comparison of observations and calculations at Hondau. From the results of simulation, the effect of tide on storm surge in the case of Typhoon Frankie is very small, with a difference of about 3%. In the case of Typhoon Washi, the case considering the tide effect giving the pick surge is lower than the case without considering the tide effect with a difference of about 13%. This is due to Typhoon Washi landfalled at the high tide that the water deep is higher in the mean sea level. In addition, it indicates that the use of the conventional C_D in both cases is not enough to simulate the observations, regardless of the consideration of the surge and tide interaction. As a result, it was found that the tidal effect is significant in the surge level on the coast of study area when typhoon lanfalled is at the high tide.

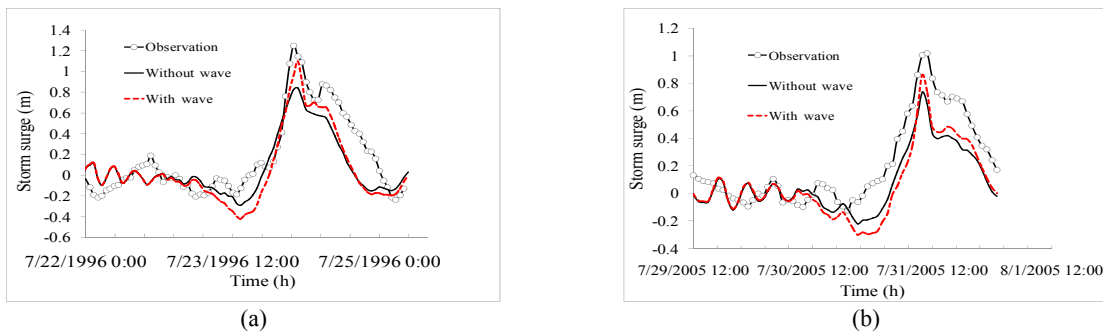


Fig.5. Comparisons of the observations and calculations with and without the tide in the surge simulations of Typhoon Frankie (a) and Whashi at Hondau station.

3.2. Impact of the wave on the storm surge

The effect of wave on storm surge was discussed for the case of the storm surge simulation running coupled and uncoupled surge and wave. This case was calculated using both of the wave dependent drag and the radiation stress on mean sea level, and then compared with that obtained from the run using only the conventional drag on mean sea level, as shown in Fig. 6 (a) and (b). From the results, it is seen that the peak surge level calculated with the wave effect is in close agreement with the observation at Hondau in both cases. The difference between them is about 0.3 m in both typhoon cases. Thus, it can be said that the surge and wave interaction apparently improves the surge level.

Figures 7(a) and (b) show the spatial distribution of the peak surge levels in the case of uncoupled surge with wave (a) and coupled surge with wave (b). It could be found that, in the case of the coupled surge with wave, the maximum surge level is higher and the area of storm surge is extended, in comparison with the case uncoupled with wave.

The effect of wave induced radiation stress (wave setup) is however depended on the space resolution. Although the space resolution used in the above figures is fine (925m) for conventional storm surge simulation, the result of peak surge is still underestimated in both typhoon cases. It may be due to the underestimation of wave setup estimated on the coarse resolutions. To concrete our finding, the additional simulations of the Typhoons Frankie surges were conducted for five cases of space resolution (450m (D4), 150m (D5)). It can be seen that, the peak surge is increased as the space resolution is increased, and is in close agreement with the observation data (Fig. 8). Hence, further studies should be done on higher resolutions of less than 1 km grid size when planning and managing coastal facilities and structures.

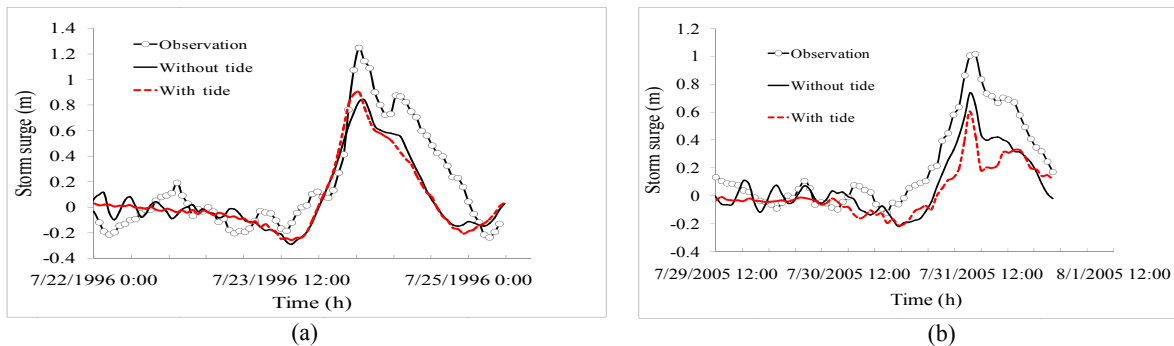


Fig. 6. Comparisons of the observations and calculations with and without the wave effect in the surge simulations of Typhoon Frankie (a) and Washi (2005) at Hondau station.

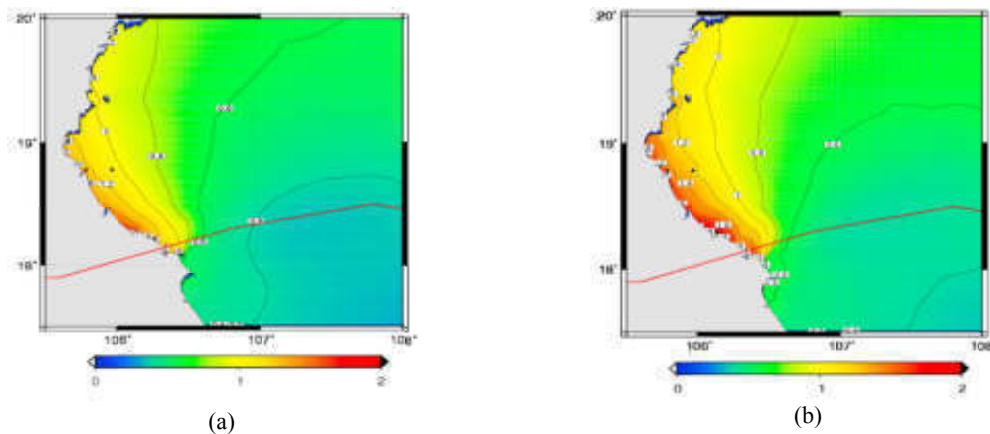


Fig.7. Spatial distributions of the peak surge levels due to Typhoon Washi for the case uncoupled (a) and coupled with wave(result in domain D2).

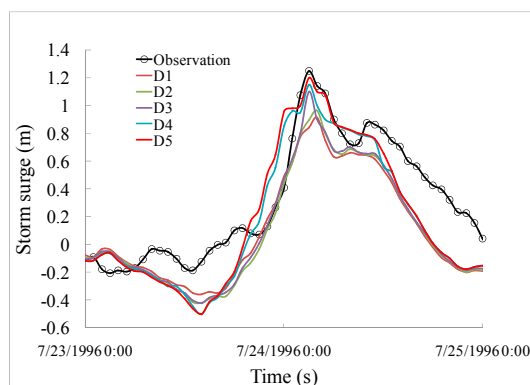


Fig. 8. Time serial of storm surge at Hondau station due to Typhoon Washi (2005) in six cases of space resolution.

4. Conclusions

The interaction of surge and tide is investigated during Typhoon Frankie (1996) and Washi (2005) landfalled at the north coast of Vietnam, where the maximum tidal range is up to 1.8 m. It indicates that the effect of the tide on the surge is ignorable for the case of Typhoon Frankie landfalled at low tide, and it is significant in the case of Typhoon Washi landfalled at the high tide with a difference of 13 % between the surge levels with and without the tide. For the surge and wave interaction, two factors of the wave dependent drag and the wave-induced radiation stress are focused in the surge simulation. It is shown that, the wave and surge interaction combining the wave dependent drag and the radiation stress contributes 30% of the total surge level and is crucial to simulating the storm surge. It also shows that, the surge induced by wave radiation stress is dependent on the space resolution, and the finest resolution is improved and in close agreement with the observation. Hence, further studies should be done on higher resolutions of less than 1 km grid size when planning and managing coastal facilities and structures.

Acknowledgements

This research is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 105.06-2017.07, partially supported by JSPS KAKENHI Grant Number 15549699 and the Norwegian Ministry for Foreign Affairs (Hole).

References

1. Janssen PAEM. Wave-induced stress and the drag of air flow over sea waves. *Journal of Physical Oceanography* 1989;**19**:745-754.
2. Janssen PAEM. Quasi-linear theory of wind-wave generation applied to wave forecasting. *Journal of Physical Oceanography* 1991;**21**: 1631-1642.
3. Funakoshi Y, Hagen SC and Bacopoulos P. Coupling of hydrodynamic and wave models: case study for Hurricane Floyd (1999) hindcast. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 2008;**134**(6):321-335.
4. Kim SY, Yasuda T, and Mase H. Numerical analysis of effects of tidal variations on storm surges and waves. *Applied Ocean Research* 2008; **30**:311-322.
5. Zhang MY and Li YS. The dynamic coupling of a 3rd-generation wave model and a 3D hydrodynamic model through boundary-layers. *Continental Shelf Research* 1997; **17**:1141-1170.
6. Bertin X, Li K, Roland A and Bidlot JR. The contribution of short waves in storm surges: two recent examples in the central part of the bay of Biscay. *Continental Shelf Research* 2015;**96**:1-15.
7. Kim SY, Matsumi Y, Yasuda T and Mase H. Storm surges along the Tottori coasts following a typhoon. *Ocean Engineering* 2014;**91**:133-145.
8. Mastenbroek C, Burgers G and Janssen PAEM. The dynamical coupling of a wave model and a storm surge model through the atmospheric boundary layer. *Journal of Physical Oceanography* 1983;**23**:1856-1866.
9. Chen Q, Wang L and Zhao H. An integrated surge and wave modeling system for Northern Gulf of Mexico: simulations for urricanes Katrina and Ivan. *Proceedings of the 31st International Conference on Coastal Engineering* (Hamburg, Germany); 2008. p.1072–1084.
10. Choi BH, Eum HM and Woo SB. A synchronously coupled tide-wave-surge model of Yellow Sea. *Coastal Engineering* 2003;**47**:381–398.
11. Dietrich JC, Bunya S, Westerink JJ, Ebersole BA, Smith JM, Atkinson JH, Jensen R, Resio DT, Luettich RA, Dawson C, Cardone VJ, Cox

- AT, Powell MD, Westerink HJ and Roberts HJ. A high resolution coupled riverine flow, tide, wind, wind wave and storm surge model for southern Louisiana and Mississippi: part II — synoptic description and analyses of Hurricanes Katrina and Rita. *Monthly Weather Review* 2010;**138**:378-404.
12. Kennedy AB, Westerink JJ, Smith JM, Hope ME, Hartman M, Taflanidis AA, Tanaka S, Westerink H, Cheung KF, Smith T, Hamann M. Minamide M, Ota A and Dawson C. Tropical cyclone inundation potential on the Hawaiian Islands of Oahu and Kauai. *Ocean Modelling* 2012;**52-53**:54-68.
 13. Ninh PV. *The storm surge models. UNDP project VIE/87/020*, 1992.
 14. Sao NT. Storm surge predictions for Vietnam coast by Delft3D model using results from RAMS model. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering* 2008;**23**:39-47.
 15. Thuy VTTh. *Storm surge modeling for Vietnam's coast*. Netherlands, Delft Hydraulic, Master's thesis; 2003.
 16. Hien NX, Uu DV, Thuc T and Tien PV. Study on wave setup with the storm surge in Hai Phong coastal and estuarine region. *Vietnam National University Journal of Science, Earth Sciences* 2010; **26**:82-89.
 17. Thuy NB, Cuong HD, Tien DD, Chien DD and Kim SY. Assessment of changes in sea-level caused by Typhoon No. 3 in 2014 and forecast problems. *Scientific and TechnicalHydro-Meteorological Journal* 2014;**647**:16-20. (in Vietnamese)
 18. Kim SY, Yasuda T and Mase H. Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita. *Coastal Engineering, ASCE* 2010;**57**:631–642.
 19. Kim SY, Mori N, Mase H and Yasuda T. The role of sea surface drag in a coupled surge and wave model for Typhoon Haiyan 2013. *Ocean Modelling* 2015;doi:10.1016/j.ocemod.2015.06.004.
 20. Mase H, Muto R, Mori N, Kim SY, Yasuda T and Hayashi Y. Storm surge simulation due to Isewan Typhoon using detail meteorological re-analysis data. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)* 2011;**67**(2):401-405. (In Japanese).
 21. Chien DD. *Researching the scientific basis to assess the storm surge in the sea areas from Quang Binh to Quang Nam*. Hanoi. Vietnam: University of Science-Vietnam National University, Ph.D. dissertation ; 2015. (in Vietnamese).
 22. Honda T and Mitsuyasu H. Experimental study of wind stress in the sea surface. *Annual Journal of Coastal Engineering* 1980;**27**:90–93. (in Japanese).
 23. Donelan M A, Haus BK, Reul N, Plant WJ, Stianssne M, Graber HC, Brown OB and Saltzman ES. On the limiting aerodynamic roughness of the ocean in very strong winds. *Geophysical Research Letters* 2004;**31**:L18306.
 24. Flather R A. A storm surge prediction model for the Northern Bay of Bengal with application to the cyclone disaster in April 1991. *Journal Physical Oceanography* 1994;**24**:172-90.
 25. Matsumoto K, Takanezawa T and Ooe M. Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter data into hydrodynamical model: a global model and a regional model around Japan. *Journal of Oceanography* 2000;**56**:567-581.
 26. Booij N, Ris RC and Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions, part I, model description and validation. *Journal of Geophysical Research* 1999;**104** (C4):7649–7666.
 27. Cavaleri L and Malanotte-Rizzoli P. Wind wave prediction in shallow water: Theory and applications. *Journal of Geophysical Research* 1981;**86**(C2):961-973.
 28. Hasselmann S, Hasselmann K, Allender JH and Barnett TP. Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear transfer for application in wave models. *Journal of Physical Oceanography* 1985; **15**(11):1378-1391.
 29. Battjes JA and Janssen JPFM. Energy loss and set-up due to breaking of random 894waves. *Proceeding of 16th International Conference Coastal Engineering*, ASCE 1978; p. 569-587.
 30. Madsen OS, Poon YK and Graber HC. Spectral wave attenuation by bottom friction: Theory. *Proceeding of 21th International Conference Coastal Engineering*, ASCE 1988; p. 492-504.
 31. Schloemer RW. *Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okechobee*. Washington, U.S. Govt. Print Off, No. 31; 1954.
 32. Fujii T and Mitsuta Y. Synthesis of a stochastic typhoon model and simulation of typhoon winds. *Annals Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, No.29, B-1, 1986; p. 229-239 (in Japanese).

Proceedings
of the 8th Asia-Pacific Workshop
on Marine Hydrodynamics in Naval
Architecture, Ocean Technology and
Constructions

September 20-23, 2016
Hanoi, Vietnam



Proceedings of the 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics in Naval Architecture, Ocean Technology and Constructions

September 20-23, 2016
Hanoi, Vietnam



Vietnam Academy of
Science and
Technology



Institute of Mechanics



Graduate University
of Science and
Technology

Hanoi, 2016

Hydrodynamics in Ocean Engineering

Combined Wave and Wind Energy as a Hybrid System for Improving Performance and Reducing Cost

Morteza Bahadori, Hassan Ghassemi

Simulations of tidally-driven and wind-induced circulation in the Southeast Asian Sea

Chien Pham Van

Development of a Motion Simulation for a Spar Buoy with a Ring-Fin Motion Stabilizer

Ryohei Fujimura, Yusuke Yamamoto, Toru Katayama, Hiroshi Asou, Shigenori Komori

A study on water balance in Mahanadi basin using Variable Infiltration Capacity (VIC) Model

Hai Van Khuong, Ha Thi Thu Doan

Waves in harbor. How to choose the optimal location for the terminal

Viacheslav Magarovskii, Alexander Kuznetsov, Konstantin Kurchukov

Study wave energy converter using a heave motion buoys

Phung Van Ngoc, Nguyen The Mich, Dang The Ba, Tran Thi Kim Phuong

Marine Hydrodynamics and Science

Modeling of a Ship Rolling Motion Under Wind and Wave Effects

Sergey V. Antonenko, Maksim V. Kitaev, Valeriy V. Novikov

Application of Remote Sensing and GIS in assessment of driving forces of Da Dien estuary change: a case study in Phu Yen, Vietnam

Binh Duy Huy Pham, Giang Tien Nguyen, Anh Ngoc Tran, Vinh Ngoc Tran, Thanh Bui Quang, Thao Thu Hoang

Optimization Methods for Experimental Facilities in Marine Hydrodynamics

Valery Borusevich, Aleksey Yakovlev, Anna Lobova, Nikolai Marinich

Preliminary results of the flow in the Mekong river-lake-delta system

Chien Pham Van, Pham Thanh Hai

Hydrodynamics and Short-Term Morphological Change in the Da Dien Estuary of Phu Yen Province, Vietnam

Cuong Kim Nguyen, Giang Tien Nguyen, Anh Ngoc Tran, Duc Dinh Dang, and Vinh Ngoc Tran

The impact of wave on coastal inundation

Ngoc Pham Khanh, Luan Nguyen Thanh, Thuy Nguyen Ba, Tien Tran Quang, Sooyoul Kim and Dang Vu Hai

Stability Analysis of Da Dien Estuary and Da Nong Estuary

Thao Thu Hoang, Giang Tien Nguyen, Anh Ngoc Tran, Vinh Ngoc Tran, Binh Duy

The impact of wave on coastal inundation

Ngoc Pham Khanh¹, Luan Nguyen Thanh², Thuy Nguyen Ba¹, Tien Tran Quang¹,
Sooyoul Kim³ and Dang Vu Hai⁴

¹Vietnam National Hydrometeorological Forecasting Center, 4 Dang Thai Than, Hoan Kiem,
Hanoi Vietnam

²Key Laboratory of River and Coastal Engineering (KLORCE), No 1, 165 lane,
Chua Boc Str, Dong Da Dist, Hanoi, Vietnam

³Graduate School of Engineering, Tottori University, Koyama-cho Minami,
Tottori, 680- 850, Japan

⁴Institute of Marine Geophysics and Geology, Hanoi, Vietnam

ABSTRACT

In the present paper, the interaction of surge, wave and tide is assessed using a coupled model of surge, wave and tide. A series of storm surge simulations for Typhoons Xangsane (2006), Ketsana (2009) and Nary (2013) is carried out, considering the effects of the tide and the wave that combines a wave dependent drag and wave-induced radiation stress to find out a predominant factor in the storm surge generation. The results indicate that the effect of the wave is crucial to the storm surge simulation. In particular, the wave dependent drag improves an accuracy of the storm surge level up to 30 %. In addition, the radiation stress contributes 15 %. The coastal inundation is increased much in comparison with the case without considering wave. On the other hand, the influence of the tide is ignorable.

KEY WORDS: Typhoon, storm surge, a coupled model of surge, wave and tide, interaction of surge, coastal inundation

INTRODUCTION

To mitigate potential storm surge damage, understanding of storm surge is crucial to planning of coastal facilities and activities. To assess storm surges, there are two conventional ways of physics-based numerical model: a decoupled model of storm surge and a coupled model of surge, wave and tide. In three decades, coupling models have been paid attention to, especially focusing on interaction of surge, wave and tide. In the present study, a primary factor that affects the storm surge

on the Vietnam coast is quantitatively investigated using a coupled model of surge, wave and tide. To examine it, a series of storm surge simulations is conducted for Xangsane (2006), Ketsana (2009) and Nary (2013) that considers the interaction of surge, wave and tide. The coastal inundation due to typhoon Xangsane is also discussed in both cases, with and without consider wave effect.

METHODS

To analyze the storm surge in the study area, the coupled model of surge, wave and tide (called SuWAT), developed by Kim, Yasuda, and Mase (2008) was used. SuWAT is capable of doing parallel computations for an arbitrary number of domains using the Message Passing Interface (MPI). In the present study, three modules of surge, wave and tide are integrated into SuWAT as shown in Figure 2 that reveals the information flow among modules and domains. The tidal module provides only boundary conditions to the surge modules in the outermost domain. Coupling parameters include open boundary values, internal exchange among modules and domains in a machine. Calculations are sequentially carried out from the higher level domain to the lower level; the rest of the lower level domains waits for the completion of the higher level domain at a time step. This modeling system has been implemented and verified in other studies (e.g., Kim, Yasuda, and Mase, 2010; Kim et al., 2014, 2015; Mase et al., 2011)

Surge module

The surge module solves the depth averaged nonlinear shallow water equations using the staggered Arakawa C grid in space and the leap frog scheme in time. The explicit finite difference scheme is used with the upwind method:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial x} = fN - \\ \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{NM}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial y} = -fM - \\ \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Where: η = the sea surface level, M and N = the components of depth-integrated velocity in the horizontal and vertical directions, P = the atmospheric pressure, f = the Coriolis parameter, g = the gravitational acceleration, d = the total water depth ($= \eta + h$), A_h = the horizontal eddy diffusion, ρ_w = the density of water, and F_x and F_y represent the components of wave force, which correspond to the gradients of wave-induced radiation stress:

$$\tau_x = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \quad (4)$$

$$\tau_y = -\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \quad (5)$$

where the wave radiation stresses are expressed by:

$$\tau_{xx} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \quad (6)$$

$$\tau_{xy} = S_{yx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\sigma d\theta \quad (7)$$

$$\tau_{yy} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \quad (8)$$

Where: C and C_g are the wave velocity and the group velocity, σ and θ are the angular frequency and the wave direction, and E is the energy density spectrum, respectively. A conventional quadratic law is applied to the sea surface and bottom boundary layers. The bottom stress is computed by

$$\tau_b = \rho_w g n^2 \frac{Q|Q|}{d^{7/3}} \quad (9)$$

in which: Q is the depth-integrated velocity

vector and n is the Manning number ($=0.025$) in all the domains, as determined by Chien (2015). The wind stress is usually estimated by the following equation:

$$\tau_s = \rho_a C_D \bar{U}_{10} |\bar{U}_{10}| \quad (10)$$

Where: ρ_a is the density of air, C_D is the drag coefficient and $\bar{U}_{10}$ is the wind speed at 10 m height. In a series of storm surge simulations, two C_D s are used. One is the conventional C_D (Honda and Mitsuyasu, 1980):

$$C_D = \begin{cases} (1.290 - 0.024W) \times 10^{-3} & (W \leq 8 \text{ m/s}) \\ (0.58 + 0.063W) \times 10^{-3} & (W > 8 \text{ m/s}) \end{cases} \quad (11)$$

The other is the wave dependent C_D (Janssen, 1989 and 1991)[9,10]. In SuWAT, Mastenbroek, Burgers, and Janssen's iteration (1983) for Janssen's formulation of the exponential wave growth term in wave modules, (given in the section of Wave module), is used to estimate the wave dependent C_D . Following his assumption, waves influence the boundary layer: $\tau = \tau_w + \tau_t$ where τ_w is the wave-induced stress, τ_t the turbulent stress and τ the total stress. The wind profile is given by:

$$U(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z+z_0+z_1}{z_0} \right) \quad (12)$$

Where: $U(z)$ is the wind speed at height, z_0 is the effective roughness, z_1 is the roughness length, z is the height and $\kappa=0.4$ is the von Kármán constant. The turbulent stress is parameterized with a mixing-length hypothesis:

$$\tau_t = \rho_a (\kappa z)^2 \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 \quad (13)$$

Where: ρ_a is the air density. If the wind profile (12) is differentiated, squared and compared with the form (13), an expression for z_0 for $z = z_0$ (Mastenbroek, Burgers, and Janssen, 1993) can be found:

$$z_0 = \frac{z_1}{\sqrt{1-\tau_w-\tau_t}} \quad (14)$$

where: $\tau_w = \tau_w(z_0)$. To parameterize the roughness length z_0 , Janssen assumes that a Charnock-like relation $z_0 = \tilde{a} u_*^2 / g$ is valid with the values for $u_* = \sqrt{\tau / \rho_a}$ and $\tilde{a}$ ($=0.0081$), the Charnock parameter. With the effective roughness (z_0), the wave dependent C_D is finally obtained by Equation (15).

$$C_D = u_*^2 / U(z)^2 = \left[\kappa / \ln \left(\frac{z+z_0+z_1}{z_0} \right) \right]^2 \quad (15)$$

In this study, Equation (15) is used to estimate the wind stress in Equation (10) instead of the conventional C_D in Equation (11). The effect of leveling off at wind speeds of 22 - 33 m/s on C_D is not taken into account (Donelan *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2015; Powell, Vickery, and Reinhold, 2003).

The solid boundary condition is adopted at land boundaries for no inundation conditions. The radiation condition along open boundaries is given by following Flather's method (1994) in all the domains. The current and sea surface level in the coarse grid domain are transferred to the nested open boundaries in the fine grid domain at each time step of 4 s. The time step is 4 s for the surge model.

Tidal module

The astronomical tide in SuWAT is imposed by a global ocean tide model (Matsumoto, Takanezawa, and Ooe, 2000) that predicts tidal levels for sixteen constituents of M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, O01, 2N2, Mu2, Nu2, L2 and T2. At every time step, the tidal level is imposed on open boundaries in only the outermost domain. Along the open boundary, the sea surface level is given by:

$$\eta = \eta_{\text{tide}} + \eta_{\text{surge}} \quad (16)$$

where: η_{tide} is the tidal level and η_{surge} is the surge level.

Wave module

The wave model of Simulating Waves Nearshore (SWAN; Booij, Ris, and Holthuijsen, 1999) integrated in the wave module solves the spectral action balance equation to estimate a wave spectrum (Booij, Ris, and Holthuijsen, 1999). The wave in SuWAT is estimated by time varying currents and sea surface levels calculated from the surge module. The updated parameters of the wave dependent drag and the radiation stress in the wave module are returned to the surge module to calculate the current and sea surface level. The SWAN version 40.41 has been integrated into SuWAT as the wave module (Kim, Yasuda, and Mase, 2008).

As done in Kim *et al.* (2015), in the present simulation, the default values of parameters

for the physics are used: Cavaleri and Malanotte-Rizzoli (1981) for linear wave growth; Janssen (1989, 1991) for exponential wave growth; Janssen (1991) for white-capping; Hasselmann *et al.* (1985) for quadruplet interaction; Battjes and Janssen (1978) for depth-induced breaking and Madsen, Poon, and Graber (1988) for bottom friction. The diffraction is adapted in the wave calculation. An Ursell number of 10 is used for the limit of the quadruplet interaction with a factor of 1.0 for the fraction of breaking waves. The following discretizations were used: the direction resolution is 10° and the frequency range is 0.05 to 1.00 Hz. In the outermost domain, the wave spectrum along open boundaries is estimated by the JONSWAP spectrum with the peak enhancement parameter of 3.3, the peak period and the directional width of 10° . The wave spectrum in the coarse grid domain is transferred to the open boundaries in the fine grid domain at each time step of 900 s. The time step is 900 s for the wave model.

Parametric wind and pressure model

A parametric wind and pressure model implemented in the SuWAT model is used to estimate typhoon wind and pressure fields. Schloemer's formula (1954) is used for the pressure:

$$p = p_c + \Delta p \exp(-r_0/r) \quad (17)$$

where: p is the atmospheric pressure at a distance r from the center, p_c is the central atmospheric pressure, Δp is the difference between p and p_c , and r_0 is the radius to the maximum wind.

Fujii and Mitsuta's formula (1986) for the surface wind is written as follows:

$$V_{gr} = r_t \left(\sqrt{\frac{p}{\rho_a}} + \frac{r_0 \Delta p}{\rho_a r^2 r_t} \exp(-r_0/r) - \frac{1}{2} \right) \quad (18)$$

where: V_{gr} is the geostrophic wind and r_t is the following relation,

$$r_t = r / \left(1 + \frac{U_{10}}{V_{gr}} \sin \beta \right) \quad (19)$$

In Equation (19) V_{gr} and U_{10} are at the previous time step. β is the degree between the typhoon moving direction and the direction to r in the anticlockwise direction. U_{10} is calculated by multiplying V_{gr} by $G(x)$ as follows:

$$\begin{aligned} \zeta(x) = & \\ \zeta(\infty) + [G(x_p) - G(\infty)](x/x_p)^{k-1} \exp \left\{ (1 - \right. & \\ \left. 1/k) [1 - (x/x_p)^k] \right\} & \quad (20) \end{aligned}$$

$$U_{10} = V_{gr} G(x) \quad (21)$$

where: $x = H/H_0$, $k = 2.5$, $x_p = 0.5$, $G(x_p) = 1.2$ and $G(\infty) = 0.667$ are given by Fujii and Mitsuta (1986). In the wind model, the geostrophic wind is reduced by a factor of $\zeta(\infty)$. Finally, the wind at 10 m height is obtained from the vector sum of the wind at 0 m height calculated by Equation (21) and the typhoon moving speed. In the present model, deformation of the core structure in the typhoon is not considered.

Bathymetry

In numerical simulations, the complexity of the geophysical features was taken into account using the three level grid system summarized in Table 2, where the innermost domain, D1, (Figure 1 (a)) covers the whole East Sea and the domain, D2, (Figure 1 (b)) is set to cover the northern coast of the Province of Quangbinh to the southern coast of the Province of Quangnam. The innermost domain, D3, is based on four tidal stations of Cuaviet, Thuanan, Sontra and Tamky (Figure 1 (c)) where high surge levels (normally larger than 0.5 m) generated. General Bathymetry chart of the Ocean (GEOCO) of British Ocean Data Center was used to extract bathymetry for the domains of D1 and D2. On the other hand, coastal topography maps with scales of 1/100,000 published in the Vietnam Administration of Seas and Islands were used for the domain D3. As showed in Figure 1, the continental shelf not only enlarges from South to North. It can be confirmed by Figure 3 where the cross profile in the cross-shore direction at the stations are shown.

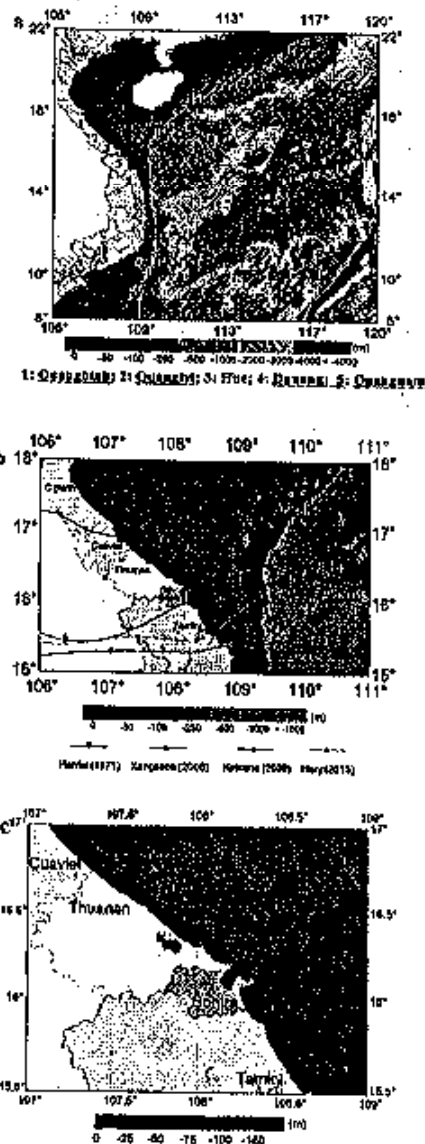


Figure 1. Geophysical domains of three levels (D1 (a), D2 (b), and D3 (c)) with stations tides (Cuaviet, Thuanan, Sontra and Tamky) and meteorology (Thuanan and Sontra) and tracks (Typhoons Xangsana, Ketsana, Nary and Harriet in Figure 1 (b)).

RESULTS

Impact of the tide on the storm surge

In order to investigate how the tide influences the storm surge in the study area, a series of simulations was conducted using SuWAT that the surge and tide interaction was taken into account to calculate the Typhoon Xangsane (2006) surge. In the storm surge simulation, the conventional C_D (Honda and Mitsuyasu, 1980) was used to estimate the wind stress. According to the Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) of Japan Meteorological Agency (JMA), after passing Philippines, Typhoon Xangsane (2006) made landfall on the central coast of Vietnam, causing coastal flooding and landslides. The typhoon was responsible for at least 279 deaths, mostly in the Philippines and Vietnam, and 747 million USD in damage (Thanh, 2011).

The six hourly synoptic observations of sea-level pressure indicate that the maximum depressions of sea-level pressure are 977 and 993 hPa at Sontra (Figure 2 (a)) and Thuanan (Figure 2 (b)), respectively. Observed winds reached 32 m/s at Sontra (Figure 2 (a)). Calculated wind and pressure fields were slightly overestimated within the relative errors of 10 %, however, it is believed that overall the estimated wind and pressure fields are acceptable to calculate the Typhoon Xangsane surge. First, the surge simulation was carried out with the tide. Then, only the tide simulation was conducted to extract the surge level taking into account the surge and tide interaction. Finally, only the surge simulation without the tide was executed on mean sea level. With two surge levels, the effect of the tide on the storm surge is examined as shown in Figure 3 that shows a comparison of observations and calculations at Sontra. From the results of simulation, there are discrepancies between the surge levels with and without the tide from 29th to 30th September. On the other hand, two surge levels seem to be identical from 30th September. In addition, it indicates that the use of the conventional C_D is not enough to simulate the observations, regardless of the

consideration of the surge and tide interaction. As a result, it was found that the tidal effect is insignificant in the surge level on the coast of study area.

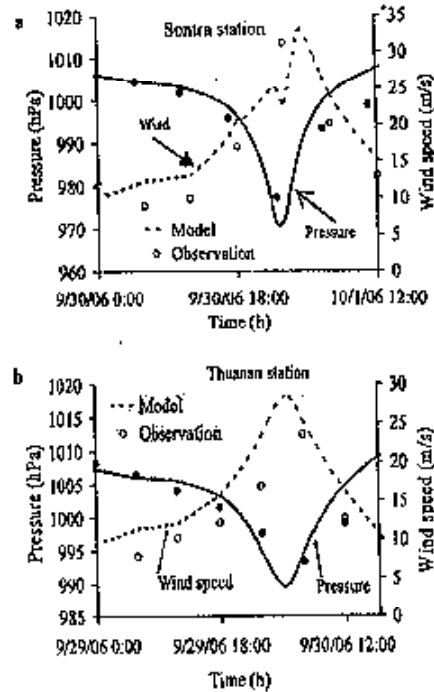


Figure 2. Comparisons between the measured and computed wind and pressure fields due to Typhoon Xangsane (2006) at the stations of Sontra (a), and Thuanan (b). Solid line: pressure; dot line: wind speed.

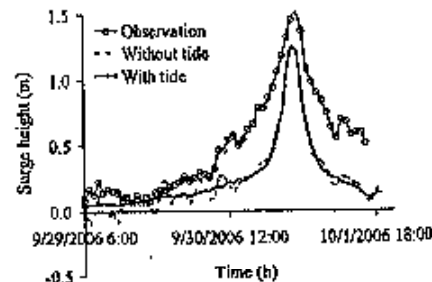


Figure 3. Comparisons of the observations and calculations with and without the tide in the surge simulations of Typhoon Xangsane (2006) at Sontra.

Impact of the wave on the storm surge

First, the Xangsane surge was calculated using both of the wave dependent drag and the radiation stress on mean sea level and then, compared that obtained from the run if using only the conventional drag on mean sea level as shown in Figure 4 (a). From the results, it is seen that the peak surge level calculated with the wave dependent drag and radiation stress is in close agreement with the observation at Sontra. The difference between them is 0.3 m. Thus, it can be said that the surge and wave interaction apparently improves the surge level. The calculated surge levels are overall underestimated except around the peak surge levels. To clarify which factor between the wave dependent drag and the radiation stress is more critical, the additional calculation was carried out as ignoring the radiation stress. Comparing the surge levels as shown in Figure 4 (b), it was found that the surge level is underestimated, especially, at peak, when the radiation stress is ignored. Its difference between both is 0.1 m. From the results of Sontra, the contribution of the wave dependent drag is about 14 % to the total surge level, while that of the radiation stress is approximately 7 %. In general, the surge level generated by the radiation stress depends on the spatial resolution, in particular, on the shoreline.

To concrete our finding, the additional simulations of the Typhoons Ketsana (2009) and Nary (2013) surges were conducted that generated storm surges in the study area. From the results of the simulations, a similar tendency was found at the uncoupled model underestimates the Ketsana (Figure 6 (a)) and Nary (Figure 6 (b)) surges at Sontra in Figure 6, while the coupled model estimates the surge in good agreement with the observation. Similar to the typhoon Xangsane surge, the influence of the surge and wave interaction is significant on the storm surge in both cases. It contributes up to 25 % (Typhoon Ketsana) to the total surge level. Therefore, the importance of the surge and wave interaction in the present study is concreted in the surge simulations of three typhoon surges of Xangsane (2006), Ketsana (2009) and Nary (2013).

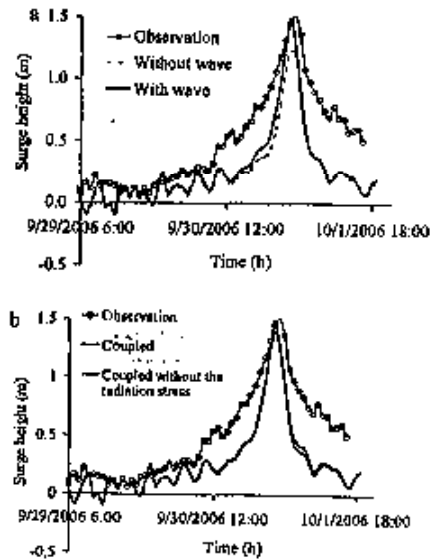


Figure 4. Comparisons of time series of storm surges at Sontra, (a) in the calculations, the wave dependent drag and radiation stress are included in the case of "with wave", while only the conventional drag is done in the case of "without wave". (b) the case of "Coupled" is same to "with wave" in (a). However, the radiation stress is ignored in the case of "Coupled without the radiation stress".

Figure 5 shows comparisons of the observed and calculated peak surge levels in the cases of "Coupled surge with wave" and "Uncoupled surge with wave" at four stations. The results show that in the case of "Coupled surge with wave", considering the wave effect makes an improvement of the accuracy of storm surge simulation at all the stations in comparison with the case of "Uncoupled surge with wave" (except at Thuanan because of no observations). The calculations underestimate the observations at all measured may be due to the underestimation of wave setup estimated on the coarse resolutions. In addition, it might arise from the horizontally two dimensional simplification to represent the Ekman transport in moderate water depth.

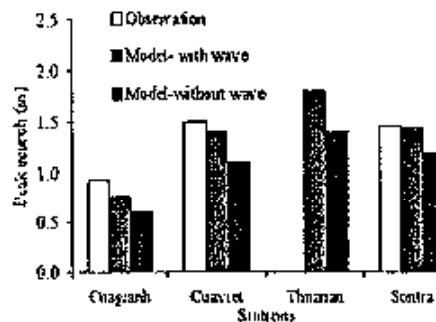


Figure 5. Comparisons of the peak surge levels of Typhoon Xangsana among the observation, the run with wave (the wave dependent drag and radiation stress) and the run without wave at Cuagianh, Cuaviet, Thuanan and Sontra.

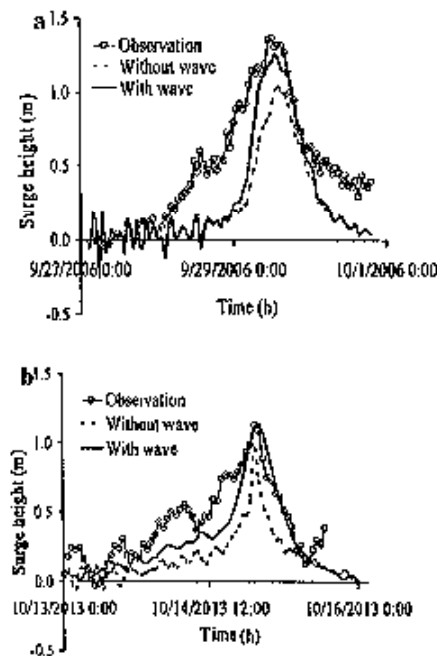


Figure 6. Effect of wave on storm surge at Sontra station: (a) in Typhoon Ketsana (8/2009), and (b) in Typhoon Nary (10/2013)

Impact of the wave on coastal inundation

The effect of wave on coastal inundation due to typhoon Sangxana is discussed on figure 6. In this figure, the coastal inundation due to storm surge and tide for the case the model run without and with couple with wave. The resolution in case is reduced to 50m in both directions. The results showed that, due to the wave setup can simulated well by the high resolution, the coastal inundation in this case is large in comparison with the case of uncoupled run with wave. The increase of the inundation are about 15km².

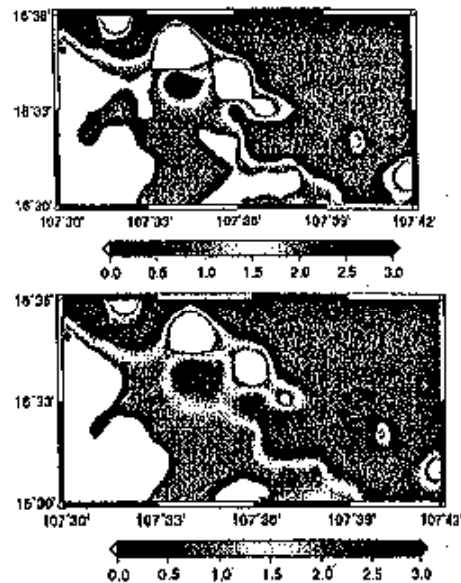


Figure 7. Coastal inundation due to tide and storm surge in typhoon Xangsana: (a) uncoupled with wave, (b) coupled with wave.

CONCLUSION

The interaction of surge and tide is investigated during Typhoon Xangsana (2006), indicating that the effect of the tide on the surge is ignorable with the difference of 2 % between the surge levels with and without the tide. For the surge and wave interaction, two factors of the wave dependent drag and the wave-induced radiation stress are focused in the surge.

simulation. The results show that the wave dependent drag influences the surge level up to 14 % in the total surge level. The radiation stress is also contributed to the surge level up to 7 % in the total surge level. From the series of storm surge simulations for Typhoons Ketsana (2009) and Nary (2013), it is also shown that the wave and surge interaction combined the wave dependent drag and the radiation stress contributes 25 % to the total surge level and is crucial to simulating the storm surge. The coastal inundation in the case coupled with wave is increase much in comparison with the case uncouple with wave.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is funded by Ministry of Science and Technology under grant number ĐTTĐL-C.35/15, partially supported by JSPS KAKENHI Grant Number 15540699.

REFERENCES

- Battjes, J.A. and Janssen, J.P.F.M., 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random 894 waves. *Proceeding of 16th International Conference Coastal Engineering*, ASCE, pp. 569-587.
- Booij, N.; Ris, R.C., and Holthuijsen, L.H., 1999. A third-generation wave model for coastal regions, part I, model description and validation. *Journal of Geophysical Research*, 104 (C4), 7649-7666.
- Chelariu, L. and Malanotte-Rizzoli, P., 1981. Wind wave prediction in shallow water: Theory and applications. *Journal of Geophysical Research*, 86, No. C11, 10, 961-973.
- Hien, D.D., 2015. Researching the scientific basis to assess the storm surge in the sea areas from Quang Binh to Quang Nam. Hanoi, Vietnam: University of Science- Vietnam National University, Ph.D. dissertation, 117p. (in Vietnamese).
- Jonsson, M. A.; Haus, B. K.; Reul, N.; Plant, W. J.; Stiansen, M.; Graber, H. C.; Brown, O. B., and Saltzman, E. S., 2004. On the limiting aerodynamic roughness of the ocean in very strong winds. *Geophysical Research Letters*, 31, L18306. doi:10.1029/2004GL019480.
- Fujii, T. and Mitsuta, Y., 1986. Synthesis of a stochastic typhoon model and simulation of typhoon winds. *Annuals Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, No.29, B-1, 229-239 (in Japanese).
- Hasselmann, S.; Hasselmann, K.; Allender, J.H., and Barnett, T.P., 1985. Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear transfer for application in wave models. *Journal of Physical Oceanography*, 15(11), 1376-1391.
- Honda, T. and Mitsuyasu, H., 1980. Experimental study of wind stress in the sea surface. *Annual Journal of Coastal Engineering*, JSCE 27, 90-93. (in Japanese)
- Janssen, P.A.E.M., 1989. Wave-induced stress and the drag of Air Flow over Sea Waves. *Journal of Physical Oceanography*, 19, 745-754.
- Janssen, P.A.E.M., 1991. Quasi-linear Theory of Wind-Wave Generation Applied to Wave Forecasting. *Journal of Physical Oceanography*, 21, 1631-1642.
- 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, 311-322.
- Kim, S.Y.; Yasuda, T., and Mase, H., 2010. Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita. *Coastal Engineering*, ASCE, 57, 631-642.
- Kim, S.Y.; Matsumi, Y.; Yasuda, T., and Mase, H., 2014. Storm surges along the Tottori coasts following a typhoon. *Ocean Engineering*, 91, 133-145.
- Kim, S.Y.; Mori, N.; Mase, H., and T. Yasuda, 2015. The role of sea surface drag in a coupled surge and wave model for Typhoon Haiyan 2013. *Ocean Modelling*. doi:10.1016/j.ocemod.2015.06.004.
- Madsen, O.S.; Poon, Y.K., and Graber, H.C., 1988. Spectral wave attenuation by bottom friction: Theory. *Proceeding*

- of 21th International Conference Coastal Engineering, ASCE, pp. 492-504.
- Mase, H.; Muto, R.; Mori, N.; Kim, S.Y.; Yasuda, T., and Hayashi, Y., 2011. Storm Surge Simulation due to Isewan Typhoon using Detail Meteorological Re-analysis Data, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, 67(2), 401-405. (In Japanese)
- Mastenbroek, C.; Burgers, G., and Janssen, P.A.E.M., 1983. The Dynamical Coupling of a Wave Model and a Storm Surge Model through the Atmospheric Boundary Layer. *Journal of Physical Oceanography*, 23, 1858-1866.
- Matsumoto, K.; Takanozawa, T., and Ooe, M., 2000. Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, *Journal of Oceanography*, 56, 587-581.
- RSMC Best Track Data. <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>.
- Schloemer, R.W., 1954. Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okechobee. Washington, U.S. Govt. Print Off., No. 31, 49p.
- Thanh, H.T., 2011. The variation of sea level in coastal zone of Vietnam. Hanoi, Vietnam: Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Ph.D. dissertation, 91p. (in Vietnamese).



Proceedings of the 14th Asian Congress of Fluid Mechanics (14 ACFM)

Volum 2

October 15-19, 2013
Hanoi-Halong, Vietnam

14th ACFM 2013

Organizer



Institute of Mechanics, VAST

Co-Organizer:

Vietnam Association of Fluid Mechanics

Published by Publishing House for Science and Technology

Proceedings



of the 14th Asian Congress of Fluid Mechanics (14 ACFM)

Volume 2

October 15-19, 2013,
Hanoi-Halong, Vietnam

Organizer



Institute of Mechanics, VAST

Co-Organizer:

Vietnam Association of Fluid Mechanics

Under the support of



Ministry of Science and
Technology of Vietnam



VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
Vietnam Academy
of Science and Technology



**HỘI
CƠ HỌC VIỆT NAM**
Vietnam Association
of Mechanics

Sponsors



Premium



**DANTEC
DYNAMICS**



LA VISION

WE COUNT ON PHOTONS

Gold



Silver



Bronzer

TABLE OF CONTENT

PREFACE	a
Welcome Speech of Minister of MOST of Vietnam.....	c
Welcome Message from AFMC Chairman	c

Volume 1

1.00 Plenary Lectures.....	1
1.01 Multiphase and multiscale in oceanology, climatology and economics <i>R.I. NIGMATULIN (Russia).....</i>	<i>1</i>
1.02 Dielectric-Barrier-Discharge (DBD) Plasma Induced Wall Jet and Its Application in Flow Control <i>J.J. Wang, L.H. Feng (China).....</i>	<i>4</i>
1.03 Study of Inner Ledge Effect on the Aerodynamic Noise Generation from a Deep Cavity <i>Yu Fukunishi, Yoichiro Nishi, Masaya Shigeta and Seiichiro Izawa (Japan).....</i>	<i>9</i>
1.04 Satish Dhawan Lecture: Search for the ultimate regime in turbulent free convection: Rayleigh-Benard convection and axially homogenous convection in a vertical tube <i>Jaywant H. Arakeri and Shashikant S. Pawar (India).....</i>	<i>13</i>
1.05 New methods for sensitivity analysis and uncertainty quantification of tsunamis <i>F. Dias, S. Guillas, N. Vayatis, A. Sarri, T.S. Stefanakis, E. Contal, C.E. Synolakis (Ireland & France).....</i>	<i>20</i>
1.06 A Particle-Based Modeling of Multiphase Fluids by Dissipative Particle Dynamics (DPD) <i>N. Phan-Thien, B.C. Khoo and N. Mai-Duy (Singapore).....</i>	<i>22</i>
1.07 Physics of transitional shear flows <i>A.V. Boiko, A. V. Dovgal, G. R. Grek, V. V. Kozlov (Russia).....</i>	<i>33</i>
1.08 CFD and HPC for modeling sediment-transport in geophysical flows <i>Kim Dan Nguyen, Damien Pham-Van-Bang, Miguel Uh and Quoc Lan Phan (Vietnam & France).....</i>	<i>37</i>
2.00 Keynote Lectures.....	50
2.01 Some experiments in turbulent wall-bounded flows <i>O.N. Ramesh, S.A. Dixit and V. Dhamotharan (India).....</i>	<i>50</i>
2.02 The Unified Transition Stages in Linearly Stable Shear Flows <i>Jianjun Tao and Xiangming Xiong (China).....</i>	<i>55</i>
2.03 Wake behind Flexible and Permeable Body <i>Hitoshi ISHIKAWA (Japan).....</i>	<i>63</i>
2.04 Proper Orthogonal Decomposition and its Applications <i>Sanjeev Sanghi and Nadeem Hasan (India).....</i>	<i>66</i>

14.06	Numerical analysis of the risk of anomalous water level in Harbor <i>Nguyen Ba Thuy, Vu Hai Dang, Do Dinh Chien, Nguyen Thanh Trang, Nguyen Manh Dung (Vietnam)</i>	971
14.07	A semi-relative reference frame method for maneuvering simulation in hydrodynamics <i>Wu Xiaocui, Huang Chenguang, Yang Letian, Hu zhiqiang, Wang Yiwei, Liao Lijuan (China)</i>	978
14.08	Investigation of sediment transport under asymmetric waves by LES <i>J. F. Zhou, J.L. Liu, S.H. Yang (China)</i>	983
14.09	Nonlinear Stability and Shearbanding in Sheared Granular Fluid <i>Meheboob Alam and Priyanka Shukla (India)</i>	987
14.10	Propagation of Water Wave over Submerged Vegetation <i>X. Y. Guo, Q. Wang, B.L. Wang and H. Liu (China)</i>	993
15.00	Membrane and Porous Media Flows	998
15.01	Dynamic performance of a solid oxide fuel cell working with hydrogen <i>Thinh Xuan Ho, Tranh Manh Vu and Ngo Khanh Hieu (Vietnam)</i>	998
16.00	Micro and Nano Fluid Dynamics	1004
16.01	Flow over Patterned Superhydrophobic Surface in a Microchannel <i>D. Dilip, R. N. Govardhan and M.S Bobji (India)</i>	1004
16.02	Flow of Nanopowders – New Continuum <i>S.P. Bardakhanov (Russia)</i>	1009
16.03	Three Dimensional Numerical Simulation of Droplet Passive Breakup in T-Shaped Micro-Fluidic Chip Using VOF Method <i>Bin Chen, Weimeng Wang, Yiping Ma and Peng Wang (China)</i>	1015
16.04	Impact and spreading of graphene suspension droplets on a solid substrate <i>H. K. Huh, D. H. Kwon, and S. J. Lee (Korea)</i>	1028
16.05	Visualization of Cytoplasmic Streaming <i>Kenji Kikuchi, Narihisa Suzuki and Osamu Mochizuki (Japan)</i>	1032
16.06	Microchannel Flows with Superhydrophobic Surfaces: Effects of Phase Shift of Wall Patterns <i>Chiu-On Ng and Bo Chen (Hongkong)</i>	1037
16.07	Immiscible two-phase micro Fluid Flows and Application <i>Phi Khu, Nguyen (Vietnam)</i>	1042
16.08	Vibration Characteristics of Micro Magnetic Fluid Bridge subject to Alternating Magnetic Field <i>Seiichi Sudo, Hiroki Takamatsu and Kunio Shimada (Japan)</i>	1048

Numerical analysis of the risk of anomalous water level in Harbor

Nguyen Ba Thuy*, Vu Hai Dang, Do Dinh Chien, Nguyen Thanh Trang, Nguyen Manh Dung

*e-mail address of presenting authors: thuybanguyen@gmail.com

Abstract A numerical model based on the two-dimensional nonlinear long wave equations was applied to study the anomalous water level oscillation in the semi-enclosed seas, harbors. Test calculations with the different conditions of the period and the direction of wave propagation have been applied at Tuy Hoa harbor, where many times observed the phenomenon of anomalous high water level. Calculation results and analysis show that amplification factor of water level oscillation in harbor depends strongly on both the period and the direction of long wave propagation from offshore. In range of wave periods in these calculations, there are always two peaks in variation of the amplification factors. At some points in harbor, water level can be 16 times higher than the water level at harbor mouth.

Keywords: anomalous water level, Tuy Hoa

1. Introduction

Studying and calculating water level oscillation in harbors to detect high water level oscillation (so called anomalous oscillation) have been conducted for a long time. Many theories and analytical formulas were given to calculate the amplification factor of water level oscillation in harbors with simple shapes as T-type and L-type [7, 4]. By experiments in the wave flume, Ippen and Goda, 1963, Horikawa et al, 1969 carried out classical experiments to study the water level oscillation in T-type and L-type harbors [5, 2]. In these experiments, the amplification factors caused by long waves of same height but different period were measured and analyzed. The results of these experiments contributed to explain the resonance mechanism of the long waves in harbor as well as were used to compare and adjust with the calculation results by the analytical methods and the numerical models. In recent years, numerical models have been developed and applied widely to study the water level oscillation in harbor [3, 6]. After being verified with

experimental data, these models were applied to calculate the risk of anomalous water level oscillation for a number of harbors in the world, where this phenomenon occurs with high frequency.

Generation mechanism of the anomalous water level in harbor is the resonance of the long waves with period coinciding with the fundamental period of the harbor. In offshore, long waves are formed primarily due to several causes such as the following: The process of atmospheric disturbances (atmospheric pressure disparity, movement of the front, strong monsoon), tsunami, local seismic activity, internal waves. In there, the meteorological factor (air pressure) is considered the main cause and is interesting by many scientists. The phenomenon of anomalous water level has frequently been observed in harbor areas of central and south of Vietnam. When appearance of the anomalous water level coinciding with high astronomical tide (so call high tide) will cause very dangerous phenomena as flooding, coastal erosion and affect the operation of ships in harbor due to not only the impact of the vertical (high water levels) but also horizontal (very strong flow system). In some developed countries such as Japan, the Netherlands, the anomalous oscillation in harbors has been extensively researched and system of warning and forecast has been set up for harbors at high risk [10].

In this study, firstly generation mechanism of the anomalous oscillation in harbors due to meteorological factor is analyzed through a specific case at Nagasaki harbor, Japan. Next, water level amplification factors in Tuy Hoa harbor are calculated by using a numerical model for the different cases of period and direction of wave propagation to detect the high water level oscillations and their periods respectively. Here, a numerical model basing on the two-dimensional nonlinear shallow water equations was developed to simulate water level oscillation in harbors.

2. Anomalous oscillation in harbors and its generation mechanism

In Vietnam, the phenomenon of unusually high water level in some coastal areas mainly occurs when storm approaches. However, storm surges are not much difference between the positions inside and outside of the harbor. Because storm surges are the waves of long period (approximately 6 hours) they do not create the resonance of the water level inside harbors. In this paper, the generating cause of anomalous oscillations in the harbors is mainly by the atmospheric disturbances such as atmospheric pressure disparity, movement of the front, strong monsoon. This phenomenon has been observed frequently at the semi-enclosed sea, estuary and harbors in our country as well as other countries in the world.

The results of project "Research anomalous water levels which are not due to storms in the estuarine regions of Vietnam" by Bui Xuan Thong [1] and recently updated information show that the anomalous water level oscillation appears at almost coastal region from Quang Tri to Ho Chi Minh City including high tide phenomenon at Ho Chi Minh City. The collected data shows that the abnormal water level can reach 2m at the Central region of Vietnam. At several harbors, influences of the anomalous water level are very big because the water level rise accompanying with high wave causes inundation, coastal erosion and destroys many buildings. According to the recent

information, on 12 December 2011, without storm activities, high tides caused inundation inside the shoreline more than 100m, 3 meters waves destroy houses at fishing port, precinct 6, Tuy Hoa City, Phu Yen (Figure 1a). Waves accompanying with huge sand quantity bury 50% area of fishing port and destroy two oil supply bases and tuna purchasing and preliminary processing factory (Figure 1b) (Source: Vnexpress).

Anomalous water level oscillation in semi-enclosed seas and harbors is generated by the resonance of the offshore long waves with period coinciding with the individual oscillation period of these areas. Therefore, we first need to find out and analyze generation and propagation mechanism of these long waves. According to survey and study results of foreign authors, the long waves that cause anomalous water level in semi-enclosed seas and harbors are generated mainly by atmospheric disturbance processes [10]. Figure 2(a) and (b) illustrate the generation and propagation mechanism of offshore long waves by the atmospheric disturbances and anomalous water level at Nagasaki harbor, Japan, Japanese calls *Abiki waves*. As shown in Figure 2 (a), the atmospheric pressure disparity in East China sea created the sea level difference (ie small amplitude long waves, about 3cm). These long waves propagated to the harbor. If there are no other effects, such a small wave height will not significantly impact the harbor.



Figure 1. Effect of high tides at fishing port, Phu An Dong precinct, Tuy Hoa city, Phu Yen, 12/12/2011.
(a) Fishing port position on Google Map, (b) Fishing port deposit (Source: Vnexpress)

However, during the moving process of long waves, an atmospheric disturbance mass also moved in the same direction (Figure 2 (b)). In the case, velocity of the atmospheric disturbance mass (U) was the same size as the propagation velocity of the long waves (C), unexpected resonance would be created. Then, wind energy would increase long wave's height. When the long waves got close to the shore, due to shallow water effects, long wave height increased. When

the period of long waves was same size as fundamental period of the harbor, As a result, 3 cm long waves in offshore resulted in 4.8 m waves at the head of the harbor. With suitable meteorological condition, water level in semi-enclosed seas and harbors can increase very much, even higher than that at moments of storm activity. Abnormal and unpredicted factors are mainly reason for huge damages of anomalous water level.

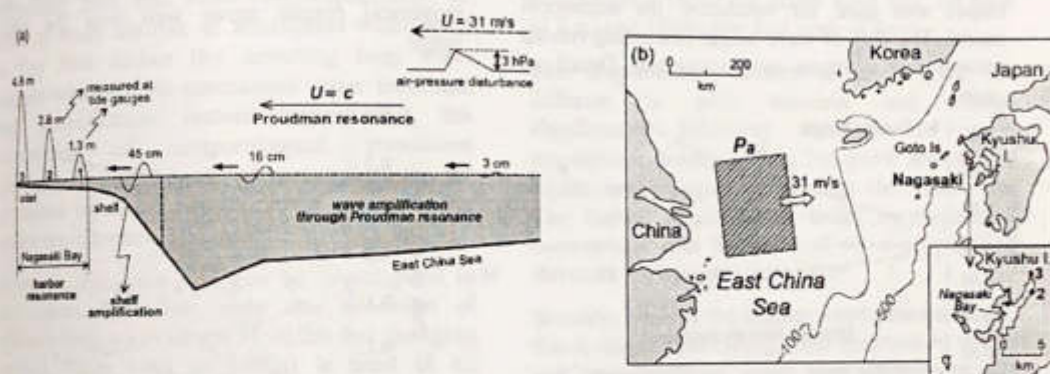


Figure 2. Illustrating the formation mechanism of the anomalous water level at Nagasaki harbor, Japan on 31 March 1979 [10]

3. The numerical model calculates the water level oscillation in harbors

The numerical model based on the two-dimensional nonlinear long wave equations is developed to simulate water level oscillation in harbors [11], as described below:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + g d \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{d} \right) + g d \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Where, Q_x and Q_y are water discharges in x component and y component, respectively; t is time; d is total depth ($d=h+\zeta$); h is still water depth; ζ is water surface displacement; g is gravitational acceleration; ρ is sea water density; n is drag coefficient ($n=0.025$); v_e is the turbulent coefficient which is calculated from the turbulent model SDS [8]. The above equations are solved by the finite difference method. At offshore boundary, incident waves are sinusal waves with certain height and period. At boundaries in water areas, the radiation condition is applied, while the movable boundary condition is used at boundaries

between land and sea. The details of numerical scheme of the model, the boundary conditions, as well as the results of model calculation and verification were described in papers [9, 11].

4. Validation of the numerical model

Before applying the model in reality, the numerical model should be tested to evaluate the capacity of numerical model. In this study, the experimental data of Thuy et al. 2009 of long wave propagation on wave flume with gradual slopes was used for validation the numerical model. The data of wave height (including run-up waves) and currents was validated. Detail of

experiment conditions were described in [11]. Fig. 3(a) shows the crest, trough elevations and the wave height along the wave flume. Results of both experiments (Exp. in the figure) and numerical simulations (Num. in the figure) are plotted against the distance from the wave paddle (wave source), where the black circles are the measured run-up height. While Fig. 3(b) shows the peak velocity at six wave gages. According to the results, the wave height and velocity increases due to shoaling as waves propagate to the shore. It is confirmed that the experimental and numerical results agree well over the whole range.

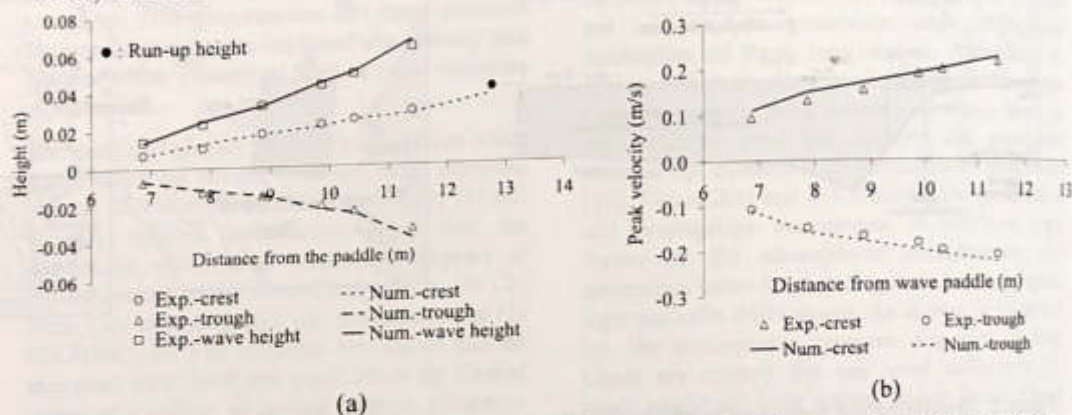


Figure 3. (a) Changes of wave crest, wave trough, and wave height (b) Changes of peak velocity. Exp. and Num. denote experiment and numerical simulation, respectively.

5. Calculation results of amplification factors in Tuy Hoa harbor

Anomalous water level phenomenon has appeared many times in Tuy Hoa harbor. The topography of Tuy Hoa harbor is shown in Figure 4. The harbor mouth faces east and this is the prevailing wind direction in winter in this area. The combination of East wind and suitable weather condition will create the long period waves propagating into harbor and increasing harbor water level. It might be the main reason to cause the anomalous water level in this region.

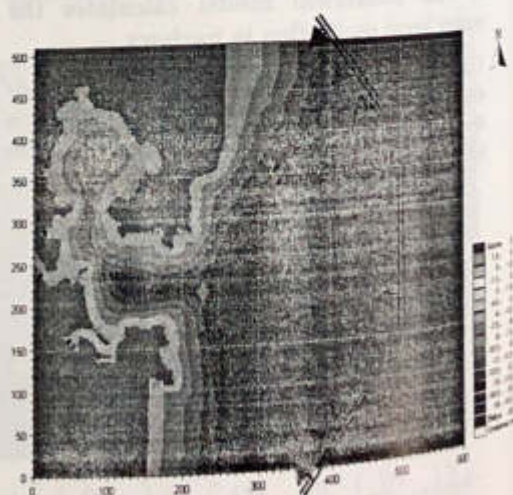


Figure 4. The topography of Tuy Hoa harbor. Positions of calculation points (•) and wave propagation direction scenarios

Amplification factors in Tuy Hoa harbor are calculated for many positions, but in this report, only some positions in which large values of the amplification factor are analysed and evaluated. Positions of calculation points (•) and wave propagation direction scenarios are shown in Figure 5. In there, Point 1 is at precinct 6, Tuy Hoa city – Phu Yen, where anomalous water level appeared in fishing port on 12 December 2011 (as mentioned in section 1).

Three scenarios of wave propagation direction are north-east, east, and south-east respectively. In order to study the risk of anomalous water level in Tuy Hoa harbor (by detecting long wave periods which create anomalous water level and their amplification factors respectively), the information of meteorological conditions (atmospheric disturbance processes which are not generated by storm) which create offshore long waves are extremely important.

However, this issue will not be investigated in this report. Therefore, only one condition of offshore long wave height $H_r=0.2\text{m}$ but changing periods (from 100s to 2400s) is used in all calculations; the biggest tidal field in this region is 2.0m; grid step of 10m is used for all calculations. We should remind that, these chosen wave parameters are the observed values of long waves which cause atmospheric disturbance processes [10].

The relationship between the water level amplification factors at 3 analysis points with different wave periods for 3 wave propagation direction scenarios is shown in Figure 5 (a, b, c). Here, the amplification factor R_m is the ratio between water level at calculated points and its at harbor mouth (♦). The maximum water level distribution in the harbor in case of 1800s-period and wave propagation of scenario 1 is performed in Figure 5 (d). Here are some conclusions from the analysis results:

According to all these scenarios, 3 chosen positions always have maximum water level variation. This conclusion was demonstrated in Figure 5(c).

In range of wave periods in these calculations, there are always two peaks in variation of the amplification factors. This explains that the anomalous water level appears only in case meteorology conditions create suitable long waves. These long waves are resonant in the harbor.

With different directions, there are different wave period groups that cause the maximum amplification factors. Specifically, with scenario 1, the wave period groups causing the maximum amplification factor are about 800s (the 1st peak of R_m) and 1800s (the 2nd peak of R_m).

The amplification factors at each point are different in each scenario and change significantly following scenarios of wave propagation direction. The 2nd point always has higher amplification factor than the other two. The highest amplification factor in scenario 1 corresponds with Eastward of wave propagation direction (R_m greater than 16).

Scenario 1 shows the highest amplification factor, this is also the prevailing wind direction in winter and the anomalous water level phenomenon is sometime observed in this season. Although the simulation results of the amplification factor in south-east direction are high, but in fact, south-east wind rarely creates suitable weather condition which causes the anomalous water level in the harbor.

These are the initial calculation results of the amplification factors at Tuy Hoa harbor with a simple condition of long wave in boundary condition (sinudal wave with certain period and height). The results of this study will contribute to the work of warning and forecasting anomalous water level in the future.

In fact, the anomalous water level in harbors is created by the long waves that have very complicated form. Determination of the offshore wave parameters through the relationship with meteorological conditions as well as experimental calculations for other harbors is needed to be investigated in next studies.

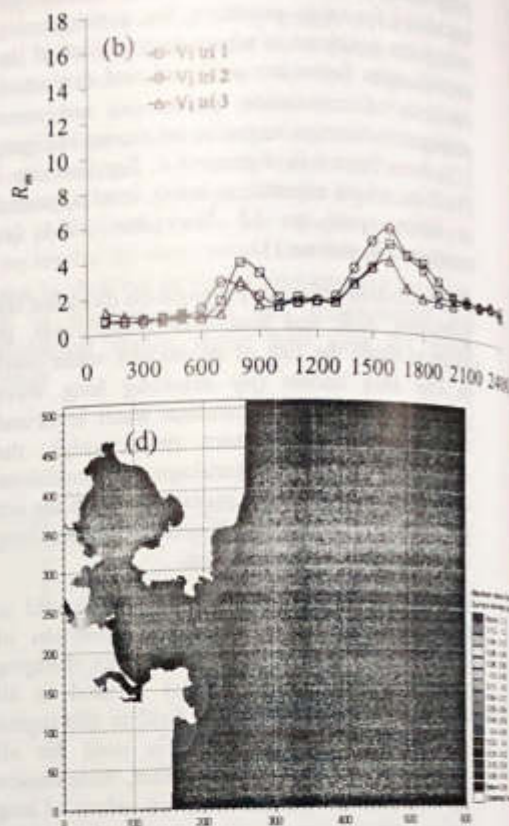
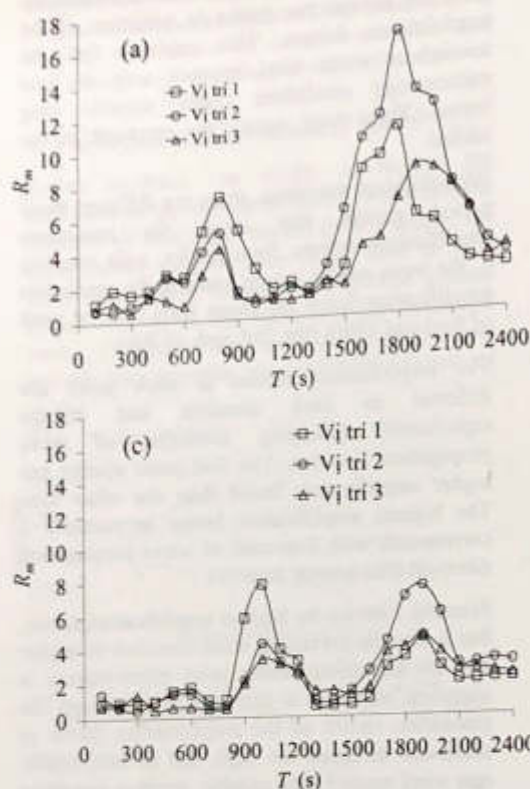


Figure 5. Variations of the amplification factor with different wave period at Tuy Hoa harbor in different scenarios of wave propagation direction: (a) scenario 1, (b) scenario 2, and (c) scenario 3; (d) distribution of maximum water level at Tuy Hoa harbor in scenario 1 ($T=1800$ s)

Conclusions

In this study, the cause and generation mechanism of the anomalous water level oscillation in harbors is analysed for a certain case at Nagasaki harbor – Japan. The risk of anomalous water level in Tuy Hoa harbor is calculated for the different cases of offshore wave period and the three scenarios of wave propagation direction.

Calculation and analysis results show that the amplification factors in Tuy Hoa harbor depends strongly on on incoming wave period as well as wave propagation direction. In range of wave periods in these calculations, there are always two peaks in variation of the amplification factors. At some points in harbor, water level can be 16 times higher than the water level at harbor mouth.

Acknowledgement

This research is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 105.12-2012.02. To which the authors are gratefully acknowledged.

References

- [1] Bùi Xuân Thông (2007). *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu hiện tượng mực nước biển dâng dị thường không phải do bão xảy ra tại các vùng cửa sông, ven biển Việt Nam"*. (in Vietnamese)
- [2] Horikawa K., Shuto N., and Nishimura H. (1969). Characteristic oscillation of water in an L-shaped bay. *Coastal Eng. in Japan*, 12, pp. 47-56.

- [3] Hsiao S. S. and Fang H. M. (2005), A drbem model for harbor oscillation with the effect of energy dissipation. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 28, No. 4, pp. 639-646.
- [4] Hwang L. S. and Tuck E. O. (1970). On the oscillations of harbours of arbitrary shape. *J. Fluid Mech.*, Vol. 42, pp. 447-464.
- [5] Ippen A. T. and Goda Y. (1963). "Wave-induced Oscillations in Harbor: the Solution for a Rectangular Harbor Connected to Open-Sea". *Reharbor No. 59*, Hydrodynamic Lab., M. I. T., MA, USA.
- [6] Jong M. P. C. (2004). Seiche characteristics of Rotterdam Harbour. *Coastal Engineering*, 51, pp. 373-386.
- [7] Mile J. and Munk W. (1961). "Harbor Paradox", *Journal of Waterway and Harbor Division*, ASCE, Vol. 87, No. WW3, pp. 111-139.
- [8] Nadaoka, K., Yagi, H. (1998). Shallow - water turbulence modeling and horizontal larger-eddy computation of river flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 124(5), pp. 493-500.
- [9] Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Thanh Trang, Nguyễn Quốc Trinh, Bùi Mạnh Hà (2012). Tính toán phân tích dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng khác nhau bằng mô hình số trị. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 613, pp. 25-29. (in Vietnamese)
- [10] Rabinovich A. B. (2009). *Seiches and Harbor Oscillations - Handbook of Coastal and Ocean Engineering* (edited by Y.C.Kim), World Scientific Publ., Singapoure.
- [11] Thuy N. B., Tanimoto K., Tanaka N., Harada K. and Iimura K. (2009). Effect of open gap in coastal forest on tsunami Run-up - Investigations by experiment and numerical simulation, *Ocean Engineering*, Elsevier, 36, pp. 1258-1269.

Author Information

Dr. Nguyen Ba Thuy, National Center for Hydro-meteorological Forecasting, 4 Dang Thai Than, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam

MSc. Vu Hai Dang, Institute of Marine Geophysics and Geology, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

Do Dinh Chien, Viet Nam Institute of Meterology, Hydrology and Environment, 23/62 Nguyen Chi Thanh, Hanoi, Vietnam

Nguyen Thanh Trang, Center for Marine Hydrology, 62 Nguyen Chi Thanh, Hanoi, Vietnam

Nguyen Manh Dung, National Center for Hydro-meteorological Forecasting, 4 Dang Thai Than, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam

7. HỘI THẢO TRONG NƯỚC (5)

HỘI CƠ HỌC VIỆT NAM
HỘI CƠ HỌC THỦY KHÍ



TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH
HỘI NGHỊ KHOA HỌC
CƠ HỌC THỦY KHÍ TOÀN QUỐC



QUY NHƠN, 19-21 THÁNG 7 NĂM 2018



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;

Phòng Biên tập: **024.37917148**;

Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;

Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**; Website: **www.vap.ac.vn**

**TUYÊN TẬP CÔNG TRÌNH
HỘI NGHỊ KHOA HỌC CƠ HỌC THỦY KHÍ TOÀN QUỐC
LẦN THỨ 21 - NĂM 2018**

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
TRẦN VĂN SẮC

Biên tập:

Đinh Như Quang, Lê Phi Loan
Nguyễn Văn Vĩnh, Nguyễn Thị Chiên

Trình bày kỹ thuật:

TS. Nguyễn Tiến Cường

Trình bày bìa:

Đỗ Hồng Ngân

Liên kết xuất bản Công ty CP Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt
Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

ISBN: 978-604-913-837-9

In 500 cuốn, khổ 16x24 cm, tại Công ty Cổ phần Khoa học & Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 1943-2019/CXBIPH/01-21/KHTNVN.
Số quyết định xuất bản: 32/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 06 tháng 6 năm 2019.
In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2019.

MỤC LỤC

1. Nguyễn Văn Bảo, Nguyễn Thế Hùng	
Nghiên cứu giải pháp chỉnh trị đoạn Khánh Trạch trên sông Lại Giang, tỉnh Bình Định	1
2. Nguyễn Quang Bình, Nguyễn Thế Hùng	
Ứng dụng công nghệ ảnh viễn thám đánh giá diễn biến đường bờ sông Cu Đê, thành phố Đà Nẵng.....	18
3. Nguyễn Quang Bình, Vũ Huy Công, Võ Ngọc Dương	
Ứng dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT đánh giá tải lượng bùn cát đến các hồ chứa trên lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh	27
4. Ngô Thị Thanh Bình, Phạm Ngọc	
Nghiên cứu đề xuất các giải pháp kiểm soát ngập bèn vững cho các khu vực đô thị mới, phía nam Thành phố Hồ Chí Minh.....	37
5. Nguyễn Văn Chín, Dương Minh Quang, Nguyễn Thị Lộc, Nguyễn Văn Tươi, Nguyễn Văn Hường	
Thực trạng ứng dụng và giải pháp nâng cao chất lượng bê tông tự lèn cho công trình thủy tại khu vực miền Trung	47
6. Nguyễn Chí Công, Võ Trung Dũng, Võ Ngọc Dương	
Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat trong phân tích diễn biến đường bờ biển tỉnh Bình Định	56
7. Nguyễn Tiến Cường, Nguyễn Chính Kiên, Nguyễn Tuấn Anh, Dương Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Hằng, Vũ Văn Trường	
Một số đặc trưng Thủy động lực của dòng chảy trên lưu vực Sông Tích - Bùi.....	65
8. Nguyễn Tiến Cường, Đặng Thế Ba, Phạm Thị Minh Hạnh, Trần Thị Thanh Huyền, Vũ Văn Trường	
Nghiên cứu sự lan truyền khí thải của tổ hợp công nghệ cao Samsung Thái Nguyên....	73
9. Bùi Mai Cường, Hồ Xuân Thịnh, Khiếu Hữu Lộc	
Nghiên cứu đặc tính và các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy qua lồng cá bằng phương pháp số.....	81
10. Nguyễn Khắc Đại, Nguyễn Phú Tuấn, Lê Việt Tuấn, Nguyễn Thế Diện	
Trường vận tốc cảm ứng bởi hệ xoáy xiên hình móng ngựa trong dòng khí dưới âm không chịu nén.....	91
11. Dương Công Diễn, Nguyễn Trung Việt, Nguyễn Ngọc Thế, Nguyễn Vũ Thắng	
Tính toán vận chuyển bùn cát khu vực biển Cửa Đại - Hội An bằng mô hình tính toán đồng thời các yếu tố thủy động lực học sóng và vận chuyển bùn cát.....	100

- 76. Bùi Đức Thọ, Nguyễn Quang Bình, Võ Ngọc Dương, Lê Chí Hiếu**
Đánh giá ảnh hưởng của việc thay đổi thảm phủ đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn741
- 77. Nguyễn Văn Thông, Nguyễn Quốc Ý, Ngô Hữu Cường, Nguyễn Hữu Thành**
So sánh các mô hình rối RANS trong việc tính toán tải trọng gió tĩnh tác dụng lên công trình751
- 78. Phạm Trí Thức, Đinh Văn Mạnh, Nguyễn Bá Thủy**
Đặc trưng nước dâng do bão khu vực ven biển Bắc Bộ762
- 79. Đặng Lê Hồng Lam, Nguyễn Thị Diễm Thúy**
Đánh giá tình hình ngập lũ dưới tác động của biến đổi khí hậu - nước biển dâng và thay đổi lưu lượng thượng nguồn tỉnh Đồng Tháp bằng mô hình HEC-RAS773
- 80. Phạm Thị Thúy, Lê Hải Trung, Trần Ngọc Sơn, Nguyễn Mạnh Linh**
Ảnh hưởng của vị trí công trình tới hiệu quả giảm sóng trên thềm đảo nổi ở QĐTS784
- 81. Phạm Thị Thúy, Lê Văn Công, Trần Ngọc Sơn, Nguyễn Thanh Trang**
Nghiên cứu quá trình vận chuyển trầm tích trên đảo nổi thuộc QĐTS phục vụ việc chống xói lở và tôn tạo đảo796
- 82. Nguyễn Văn Triều**
Nghiên cứu phát triển bánh lái lực nâng cao806
- 83. Nguyễn Văn Triều**
Nghiên cứu mô phỏng sức cản gió tác động lên tàu container815
- 84. Nguyễn Quang Trung, Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, Huỳnh Tấn Tiến**
Nghiên cứu quá trình phun và cháy nhiên liệu xăng-ethanol trong động cơ Daewoo A16DMS826
- 85. Vu Van Truong, Truong Viet Anh, Nguyen Tien Cuong**
Numerical simulation of solidification of a liquid drop attached a vertical wall.....838
- 86. Cong-Truong Dinh, Dinh-Quy Vu**
Effect of Rotor/Stator Distance on Aerodynamic Performances of a Single-Stage Transonic Axial Compressor.....850
- 87. Cong-Truong Dinh, Dinh-Quy Vu**
Effect of Stator Fillet on Aerodynamic Performances of a Single-Stage Transonic Axial Compressor857
- 88. Hoàng Anh Tú, Nguyễn Đình Sơn, Phan Tùng Sơn, Phan Đức Đình**
Nghiên cứu xác định các hệ số khí động của máy bay X thông qua các tham số ghi được trong chuyến bay865

Đặc trưng nước dâng do bão khu vực ven biển Bắc Bộ

Phạm Trí Thức¹, Đinh Văn Mạnh², Nguyễn Bá Thủy³

¹Học viện Hải quân-Quân chủng Hải quân; Số 30 Trần Phú-Nha Trang-Việt Nam

²Viện cơ học, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; Số 264 Đội Cấn-Hà Nội-Việt Nam

³Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn Trung ương; 62 Nguyễn Chí Thanh-Hà Nội-Việt Nam

Tóm tắt: Báo cáo sẽ đưa ra một số đặc trưng của nước dâng do bão dọc ven biển Bắc Bộ (từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh) trên cơ sở phân tích số liệu đo đặc mực nước trong thời gian có bão hoạt động tại 2 trạm hải văn Hòn Dấu và Hòn Ngự từ 1960 đến 2014. Trong đó, chỉ những cơn bão ảnh hưởng và gây ra nước dâng cao hơn 0,5 m được xem xét. Trong giai đoạn 1960 - 2014, nước dâng do bão lớn nhất ghi nhận được là 1,98 m tại trạm Hòn Ngự, do bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh tháng 8 năm 1990 gây ra. Trong khi đó, nước rút lớn nhất được ghi nhận là -1,31 m tại Hòn Dấu trước khi bão Faye tháng 9 năm 1963 đổ bộ vào Nam Định. Hiện tượng nước dâng chủ yếu xuất hiện trước và trong khi bão đổ bộ do ảnh hưởng của trường gió, áp. Tuy nhiên, các kết quả phân tích đã chỉ ra trong giai đoạn này có 9 cơn bão gây nước dâng lớn sau khi bão đã đổ bộ. Hiện tượng gây ra nước dâng lớn sau khi bão đổ bộ là rất đáng chú ý và cần nghiên cứu về bản chất vật lý. Từ các kết quả phân tích từ các chuỗi số liệu thực đo đã giúp đưa ra được bức tranh chung về biến thiên độ lớn nước dâng và gợi mở hướng nghiên cứu sâu hơn hiện tượng nước dâng nhằm nâng cao chất lượng dự báo nước dâng cho dải ven biển phía Bắc của Việt Nam.

Từ khóa: Nước dâng do bão, nước dâng sau bão, ven biển Bắc Bộ

Characteristics of storm surge in the coastal zone north Vietnam

Abstract: Some characteristics of storm surge in the coastal zone from Quang Ninh province to Ha Tinh province will be presented on the basis of analyzing the measured data at the Hon Dau and Hon Ngu marine stations during storm acting in the period of 1960-2014. In this period, the attention was paid for only storm surge which is higher than 0.5m. The maximum storm surge of 1.98m at Hon Ngu station was observed when storm Becky landed on Ha Tinh province coast in August, 1990. While the measured data also showed that the water level was set down to -1.31m before the storm Faye hit Nam Dinh province in September 1963. It is known that storm surge normally occurs before or during the storm land on because of strong winds and low air pressure. However, this investigation showed that in the period of 1960-2014, there were 9 storms in which the storm surge occurred after the storm reached the land. This phenomenon is noticeable and need to have further investigation of its mechanism. On the results of data analyzing the general characteristics of surge variations was revealed and some more investigations to be needed to improve the quality of storm surge forecast for the coastal zone of North Vietnam.

Keywords: Storm surge, after-runner surge storm, coastal zone of North Vietnam

1. Mở đầu

Theo số liệu thống kê nhiều năm, trung bình hàng năm có khoảng 6 cơn bão ảnh hưởng (trong đó 4, 5 cơn bão đổ bộ trực tiếp) vào bờ biển Việt Nam. Ngoài tác động do

mưa to, gió lớn, ở các vùng ven biển còn phải chịu những thiệt hại to lớn do sóng và do nước biển dâng cao hay còn gọi là nước dâng do bão. Đây là hiện tượng rất nguy hiểm và gây thiệt hại rất lớn về người và của, đặc biệt nguy hiểm khi nước dâng do bão xảy ra và đúng lúc triều cường.

Đã có nhiều thiệt hại to lớn về người và của do hiện tượng nước dâng bão gây ra, điển hình như bão Haiyan sức gió cấp 17 (trên 300km/h) tràn vào phía đông Phillipines đã làm 6.300 người chết, nguyên nhân chủ yếu do nước dâng cao hơn 5m, phá hủy gần 90% thành phố Tacloban, tổng thiệt hại về tài sản lên đến hàng tỷ đô la (hình 1). Tại Việt Nam, cơn bão số 3 - Kalmaegi (tháng 9/2014) đổ bộ vào Quảng Ninh lúc thủy triều đang xuống thấp nhất nên đã không gây ngập lụt tại thời điểm đó. Tuy nhiên, 6 giờ sau hoàn lưu sau bão kết hợp với gió mùa Tây - Nam đã gây nước dâng tới hơn 1,0m, kết hợp với lúc thủy triều lên cao và sóng lớn đã gây ngập lụt nặng nề tại khu vực ven biển Đồ Sơn (Hải Phòng) [4], (hình 2).



Hình 1. Bão Haiyan (11/2013) gây ngập lụt và tàn phá nặng nề tại Tacloban – Philippin

(Nguồn báo Vietnamnet-<http://www.Vietnamnet.vn>)



Hình 2. Sóng lớn và ngập lụt do triều cường kết hợp với nước dâng sau bão số 3 (9/2014) tại Hải Phòng

(Nguồn báo đầu tư-<http://www.baodautu.vn>)

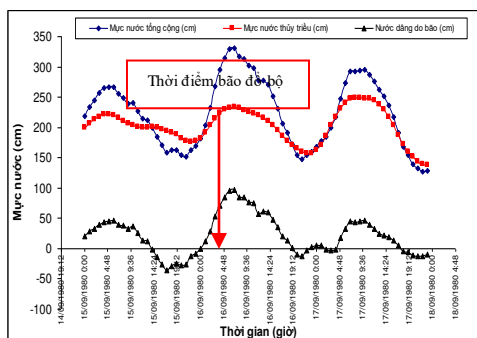
Do tính chất nguy hiểm của hiện tượng này, nghiên cứu về hiện tượng nước dâng do bão đã được nhiều tác giả trên thế giới và trong nước quan tâm và đã sử dụng bằng nhiều phương pháp khác nhau. Như nghiên cứu của Harris (1963) đã chỉ ra có 5 yếu tố khác nhau có thể gây nên sự thay đổi của mực nước biển trong một cơn bão; Ippen và Hallerman (1966) đã dùng công thức thực nghiệm để tính nước dâng bão trên mực nước nền theo vận tốc gió, chiều dài đường gió, góc giữa hướng gió và trục vuông góc với đường bờ và độ sâu; Sooyoul Kim (2007) đã xây dựng mô hình dự báo nước dâng do bão tích hợp cả thủy triều và sóng để tính toán nước dâng do bão, kết quả phù hợp với số liệu đo đạc... Những nghiên cứu trong nước, tác giả Vũ Như Hoán (1988) đã sử dụng phương pháp thống kê dự báo nước dâng và mực nước ven biển miền bắc Việt Nam khi bão tới; Đỗ Ngọc Quỳnh, Phạm Văn Ninh và Đinh Văn Mạnh (1986, 1991, 1993) đã áp dụng phương pháp số trị, giải hệ phương trình phi tuyến nước nông 2 chiều bằng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán thủy triều và nước dâng do bão toàn dải ven biển Việt Nam. Lê Trọng Đào (1998) đã dùng phương pháp phần tử hữu hạn với mục đích xấp xỉ đường bờ tốt hơn để tính toán thủy triều và nước dâng do bão cho Vịnh Bắc Bộ. Nguyễn Xuân Hiền (2013), trong luận án tiến sĩ đã nghiên cứu nước biển dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của sóng và áp dụng cho khu vực ven biển Hải Phòng, kết quả đã chỉ ra: nước dâng do sóng có đóng góp đáng kể vào mực

nước cực trị trong bão. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ tính toán dựa trên công thức thực nghiệm và tính toán cho một cơn bão Damrey...

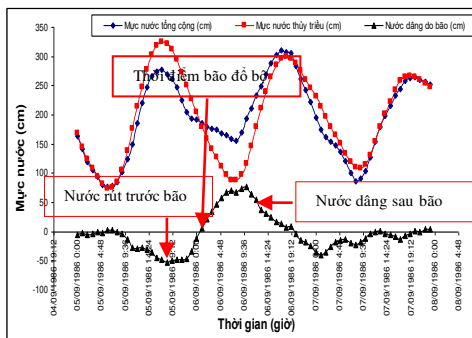
Hiện tượng nước dâng lớn (trên 0,5 mét) sau khi bão đổ bộ là hiện tượng rất đáng chú ý và cần nghiên cứu về bản chất vật lý. Thông thường, nước dâng do bão xảy ra trước, trong khi bão đổ bộ hoặc ngay sau bão đổ bộ (tức cách thời điểm bão đổ bộ từ 1-2 giờ, hình 3). Tuy nhiên có những cơn bão xảy ra hiện tượng nước dâng sau thời điểm bão đổ bộ khoảng 3-4 giờ và có thời gian kéo dài tới 8-9 giờ (như bão Wayne đổ bộ vào Hải Phòng-Nam Định ngày 06/9/1986, hình 4). Vì vậy, ảnh hưởng rất lớn đến công tác cảnh báo, dự báo nước dâng tại các địa phương do thông thường, các địa phương chỉ tập trung dự báo, cảnh báo nước dâng vào thời điểm trước đến ngay sau thời điểm bão đổ bộ vào đất liền. Nguyên nhân gây lên hiện tượng nước dâng sau bão có thể do hoàn lưu của bão kết hợp với gió mùa có hướng thổi vuông góc với đường bờ hoặc do hoạt động địa chấn; giáng thủy ...

Tại bờ biển Tottori-Nhật Bản, nhóm tác giả Sooyoul Kim và cộng sự (2014) đã nghiên cứu nước dâng bão trong cơn bão Songda (với khí áp thấp nhất tại tâm là 925 mb, vận tốc gió lớn nhất đạt 46,3 m/s) đổ bộ vào bờ ngày 08/9/2004. Kết quả cho thấy, khu vực này có hiện tượng nước dâng sau bão đạt mức cao nhất sau khi bão đổ bộ từ 15-18 giờ, [6].

Trong nghiên cứu này, chủ yếu đưa ra những đánh giá chung về biến thiên độ lớn nước dâng và thống kê hiện tượng nước dâng/ rút dệ thường do bão trong khu vực ven biển Bắc bộ giai đoạn 1960-2014. Gợi mở hướng nghiên cứu hiện tượng nước dâng lớn sau bão, nhằm nâng cao chất lượng dự báo nước dâng cho dải ven biển phía Bắc của Việt Nam.



Hình 3. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Ruth đổ bộ vào Ninh Bình ngày 16/9/1980



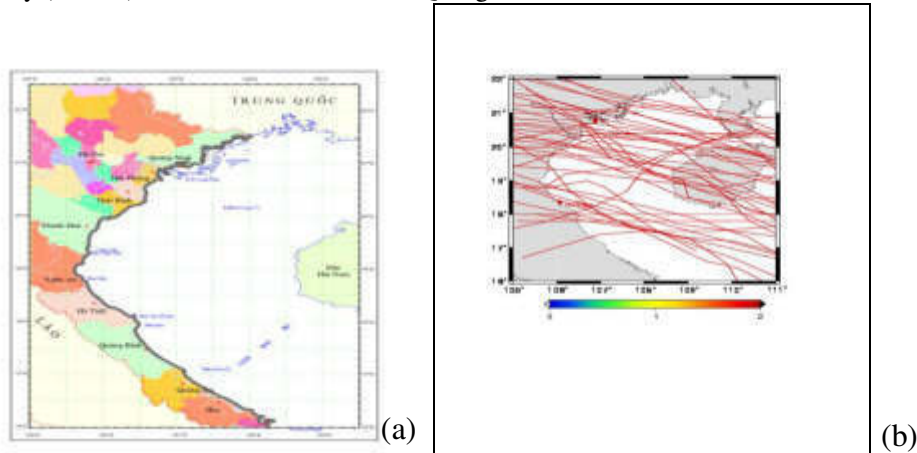
Hình 4. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Wayne đổ bộ vào Nam Định ngày 06/9/1986

2. Khu vực nghiên cứu và nguồn số liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu:

Khu vực ven biển Bắc bộ là nơi biển thường xuyên chịu những tác động bất lợi của thiên tai trong đó có bão và nước dâng do bão. Địa hình đường bờ bị chia cắt liên tục với nhiều cửa sông, có nhiều đảo nằm ở phía ngoài biển. Điều này có ảnh hưởng rất lớn tới chế độ thủy động lực nói chung và nước dâng do bão nói riêng. Mùa bão dọc ven biển Vịnh Bắc Bộ thường bắt đầu từ tháng 5, và kết thúc vào tháng 10. Khu vực Bắc Bộ - Thanh Hóa, bão tập trung từ tháng 6 đến tháng 9, cực đại vào tháng 8. Do khu vực nghiên cứu là vùng biển thoáng lại có địa hình nông và thoải, bờ biển cấu tạo chủ yếu là cát, không có đê biển

bao bọc, các cơn bão đổ bộ vào vùng biển này thường có cường độ mạnh nên nước dâng bão tại khu vực khá lớn, gây thiệt hại nhiều về người và của (hình 5a,b). Thống kê về nước dâng bão tại khu vực theo số liệu quan trắc tại các trạm hải văn, thủy văn cửa sông và các chuyến điều tra khảo sát sau bão của một số cơ quan như Viện Cơ học, Trung tâm Hải văn trong giai đoạn 1960-2014 cho thấy đã có nhiều cơn bão gây nước dâng lớn tại khu vực này như: bão Cecil (10/1985) gây nước dâng cao 1,69m tại Thanh Khê - Quảng Bình, bão Becky (8/1990) là 1,90m tại Thanh Khê - Quảng Bình.



Hình 5. (a) Khu vực nghiên cứu và (b) sơ đồ đường đi của các cơn bão mạnh đổ bộ vào khu vực ven biển Bắc bộ trong giai đoạn 1960-2014

2.2. Nguồn số liệu.

Sử dụng số liệu quan trắc mực nước từng giờ từ 00 giờ ngày 01/01/1960 đến 23 giờ ngày 31/12/2014 tại 02 trạm Hòn Dấu và Hòn Ngự; được lưu trữ tại trung tâm Hải văn biển.

Sử dụng dữ liệu bão từ 1960-2014, được thu thập từ số liệu besttrack bao gồm vị trí tâm bão, hướng và tốc độ di chuyển của bão, bán kính mắt bão, áp suất thấp nhất tại tâm bão, tốc độ gió cực đại, [7].

3. Xác định nước dâng do bão từ số liệu quan trắc mực nước

3.1. Xác định giá trị nước dâng do bão:

Số liệu quan trắc mực nước biển trong thời gian có bão hoạt động sẽ bao gồm thủy triều và nước dâng do bão do vậy để xác định được nước dâng do bão ta cần phải tách dao động thủy triều ra khỏi chuỗi số liệu này.

Theo quan điểm chung, độ cao thủy triều là tổ hợp tuyến tính của các sóng triều và phụ thuộc vào các tham số thiên văn theo thời gian. Độ cao thủy triều tại thời điểm t được tính theo công thức:

$$\zeta_t = A_0 + \sum_{i=1}^m f_i H_i \cos[q_i t + (V_o + u) - g_i] \quad (1)$$

trong đó: ζ_t là độ cao mực nước thủy triều tại thời điểm t ; A_0 - độ cao mực nước trung bình tại địa điểm đã cho so với số 0 trạm hoặc số 0 độ sâu; q_i - vận tốc góc của các sóng triều thành phần; f_i - hệ số suy giảm biên độ; $(V_o + u)_i$ - pha ban đầu của sóng thành phần trên

kinh tuyến Greenwich; H_i , g_i - hằng số điều hòa biên độ và pha của các sóng triều thành phần; m - số lượng sóng triều thành phần (trong nghiên cứu này $n=13$).

Tại các trạm đã có các chuỗi số liệu dài ngày như Hòn Dấu, Hòn Ngur các hằng số điều hòa biên độ H_i và pha g_i cũng như độ cao mực nước trung bình A_o sẽ được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Chi tiết của phương pháp phân tích điều hoà thủy triều được trình bày trong [3].

Khi đo nước dâng do bão tại một thời điểm k nào đó, $\zeta_{\text{ndb}}(k)$, sẽ được xác định qua số liệu đo $\zeta_{\text{đo}}(k)$ và thủy triều $\zeta_t(k)$ như sau:

$$\zeta_{\text{ndb}}(k) = \zeta_{\text{đo}}(k) - \zeta_t(k) \quad (2)$$

Nếu $\zeta_{\text{ndb}}(k) > 0$ ta có mực “nước dâng”; $\zeta_{\text{ndb}}(k) < 0$ ta có “nước rút”.

3.2. Xác định thời điểm bão đổ bộ:

Thời điểm bão đổ bộ vào đất liền trong nghiên cứu này được xác định là thời điểm quỹ đạo bão cắt đường bờ các tỉnh ven biển Bắc Bộ. Như vậy, trên cơ sở các số liệu về tọa độ tâm bão tại các thời điểm có được, sẽ xác định được vị trí và thời điểm quỹ đạo bão cắt đường bờ bằng phương pháp nội suy tuyến tính. Thời điểm bão đổ bộ này sẽ được sử dụng trong các phân tích tiếp sau.

4. Kết quả và thảo luận

Đã phân tích 41 cơn bão mạnh (cấp 9-10 trở lên) đổ bộ vào các tỉnh ven biển từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh trong giai đoạn 1960-2014 có mực nước dâng, rút lớn (>0,5 mét) trở lên. Kết quả, cho thấy: Có 21 cơn bão đổ bộ vào thời điểm có mực nước thủy triều thấp (chiếm 51%) và 20 cơn bão đổ bộ vào thời điểm có mực nước thủy triều lên cao (chiếm 49%). Thông thường nước dâng do bão xảy ra trước và ngay trong thời điểm bão đổ bộ do sự thay đổi của trường khí áp, trường ứng suất gió bão trên bề mặt biển. Mực nước cực trị trong các cơn bão: tại trạm đo Hòn Ngur đã ghi nhận mực nước dâng lớn nhất xuất hiện trong bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh ngày 29/8/1990 tại thời điểm bão đổ bộ là 1,98 mét (bảng 1, hình 6a).

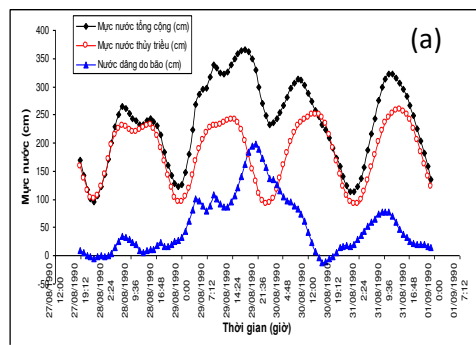
Bảng 1. Mực nước dâng/ rút cực trị của các cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Bắc bộ giai đoạn 1960-2014

Tên bão	Địa điểm bão đổ bộ	Thời gian bão đổ bộ	Áp suất thấp nhất tại tâm bão (mb)	Vận tốc gió cực đại (kts)	Mực nước cực trị (cm)		
					Trạm đo mực nước	Dâng	Rút
Charlotte	Thanh Hóa	17 ^h 22/9/1962	998	40	Hòn Dấu	109	-86
Faye	Nam Định	05 ^h 09/9/1963	995	35	Hòn Dấu	76	-131
Winie	Quảng Ninh	04 ^h 03/7/1964	976	60	Hòn Dấu	106	-68
Clara	Quảng Bình	07 ^h 08/10/1964	990	40	Hòn Ngur	126	-16
Freda	Quảng Ninh	22 ^h 15/7/1965	980	45	Hòn Dấu	52	-42

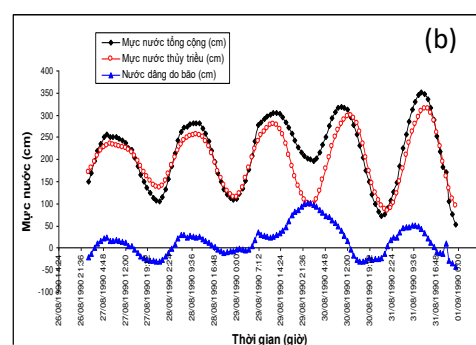
Kate	Quảng Ninh	03 ^h 26/8/1973	975	60	Hòn Dấu	92	-44
Marge	Ninh Bình	07 ^h 15/9/1973	990	30	Hòn Dấu	65	-45
Anita	Hà Tĩnh	17 ^h 08/7/1973	978	65	Hòn Dấu	93	-20
Dinah	Ninh Bình	05 ^h 14/6/1974	998	30	Hòn Dấu	74	-38
Sarah	Hải Phòng	15 ^h 21/7/1977	980	35	Hòn Dấu	80	-34
Ruth	Ninh Bình	05 ^h 16/9/1980	985	50	Hòn Dấu	97	-29
Warren	Thanh Hóa	05 ^h 20/8/1981	996	35	Hòn Dấu	128	-37
Nancy	Thanh Hóa	13 ^h 18/10/1982	990	50	Hòn Dấu	87	-39
Vera	Quảng Ninh	06 ^h 18/7/1983	980	55	Hòn Dấu	137	-29
Ike	Quảng Ninh	07 ^h 6/9/1984	980	50	Hòn Dấu	53	-49
Wayne	Thái Bình	01 ^h 6/9/1986	990	65	Hòn Dấu	77	-53
Betty	Thanh Hóa	15 ^h 16/8/1987	975	50	Hòn Dấu	107	-37
Cary	Thanh Hóa	20 ^h 22/8/1987	990	45	Hòn Dấu	97	-38
Dot	Thái Bình	15 ^h 11/6/1989	980	55	Hòn Dấu	95	-79
Irving	Thanh Hóa	06 ^h 24/7/1989	985	55	Hòn Dấu	91	-45
Angela	Ninh Bình	17 ^h 10/10/1989	980	45	Hòn Dấu	61	-19
Becky	Hà Tĩnh	19 ^h 29/8/1990	965	70	Hòn Ngư	198	-14
Zeke	Quảng Ninh	03 ^h 14/7/1991	980	55	Hòn Dấu	111	-62
Fred	Hà Tĩnh	15 ^h 17/8/1991	975	60	Hòn Ngư	112	-11
Chuck	Thái Bình	18 ^h 29/6/1992	980	60	Hòn Dấu	82	-59
Eli	Nam Định	02 ^h 14/7/1992	1000	20	Hòn Dấu	66	-24
Harry	Hải Phòng	22 ^h 28/8/1994	985	55	Hòn Dấu	72	-60
Lois	Thanh Hóa	21 ^h 29/8/1995	980	50	Hòn Ngư	94	-14

Willie	Thanh Hóa	00 ^h 22/9/1996	992	45	Hòn Dấu	71	-53
Frankie	Nam Định	04 ^h 23/7/1996	975	55	Hòn Dấu	140	-20
Niki	Ninh Bình	00 ^h 23/8/1996	975	65	Hòn Dấu	141	-62
Zita	Quảng Ninh	01 ^h 23/8/1997	985	55	Hòn Dấu	54	-37
Koni	Ninh Bình	14 ^h 22/7/2003	990	50	Hòn Dấu	94	-22
Krovanh	Quảng Ninh	21 ^h 25/8/2003	975	60	Hòn Dấu	57	-30
Washi	Nam Định	10 ^h 31/7/2005	985	45	Hòn Dấu	141	-52
Vicente	Quảng Bình	15 ^h 18/9/2005	985	50	Hòn Ngur	133	-46
Damrey	Ninh Bình	09 ^h 27/9/2005	975	60	Hòn Dấu	93	-74
Lekima	Hà Tĩnh	20 ^h 3/10/2007	975	65	Hòn Ngur	109	-10
Mindulee	Hà Tĩnh	17 ^h 24/8/2010	978	60	Hòn Ngur	121	-22
SonTinh	Nam Định	19 ^h 28/10/2012	982	55	Hòn Dấu	124	-15
Kalmaegi	Quảng Ninh	21 ^h 16/9/2014	985	40	Hòn Dấu	120	-20

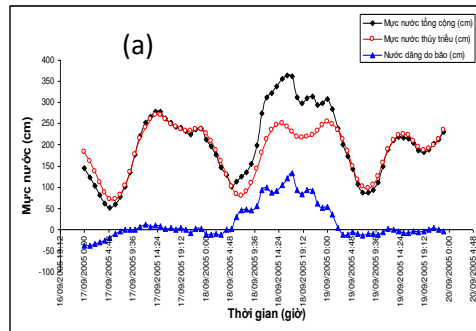
Kết quả bảng 1, cho thấy: Những cơn bão mạnh đổ bộ vào các tỉnh Nghệ An - Quảng Bình đã gây nước dâng lớn trên một dải ven biển rất rộng từ Quảng Ninh xuống Hà Tĩnh. Như bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh ngày 29/8/1990, tại trạm đo Hòn Ngur đã ghi nhận mực nước dâng lớn nhất là 1,98 mét (hình 6a) và tại trạm đo Hòn Dấu ghi nhận mực nước dâng lớn nhất là 1,02 mét (hình 6b); Bão số Vicente đổ bộ vào Quảng Bình ngày 18/9/2005, mực nước dâng lớn nhất đo được tại trạm Hòn Ngur là 1,33 mét (hình 7a) còn tại trạm Hòn Dấu cũng đo được nước dâng lớn nhất là 1,06 mét (hình 7b).



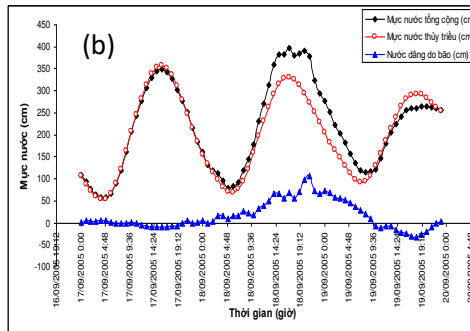
Hình 6a. Dao động mực nước tại trạm Hòn Ngur trong bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh ngày 29/8/1990



Hình 6b. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh ngày 29/8/1990



Hình 7a. Dao động mực nước tại trạm Hòn Ngự trong bão Vicente đổ bộ vào Quảng Bình ngày 18/9/2005



Hình 7b. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dầu trong bão Vicente đổ bộ vào Quảng Bình ngày 18/9/2005

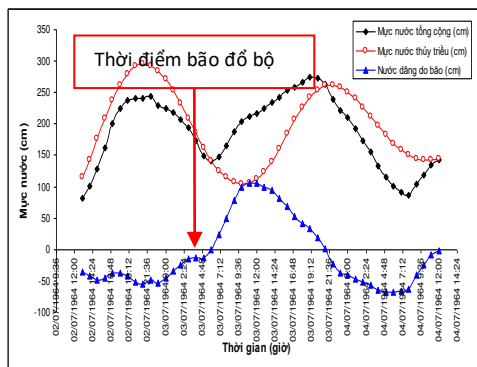
Hiện tượng nước dâng cao sau bão là hiện tượng thiên nhiên rất nguy hiểm và gây nhiều trở ngại cho công tác cảnh báo, dự báo tại các địa phương có bão đổ bộ. Kết quả chỉ ra, trong giai đoạn từ 1960-2014, có 9 cơn bão có nước dâng sau bão, thời gian tồn tại có mực nước dâng trên 0,5 mét kéo dài từ 4-12 giờ (bảng 2).

Bảng 2. Bảng thời gian tồn tại nước dâng lớn (>0,5 mét) tại trạm Hòn Dầu trong các cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Bắc bộ giai đoạn 1960-2014

Tên bão	Địa điểm bão đổ bộ	Thời điểm đổ bộ	Khoảng thời gian sau bão đổ bộ (giờ)	Thời gian tồn tại nước dâng >0,5 mét (giờ)
Faye	Nam Định	09/9/1963	4	5
Winie	Quảng Ninh	03/7/1964	4	8
Vera	Quảng Ninh	18/7/1983	3	8
Wayne	Nam Định	06/9/1986	3	8
Angela	Ninh Bình	10/10/1989	10	4
Zeke	Hải Phòng	14/7/1991	3	8
Harry	Hải Phòng	28/8/1994	9	4
Krovanh	Quảng Ninh	25/8/2003	4	10
Kalmaegi	Quảng Ninh	16/9/2014	3	12

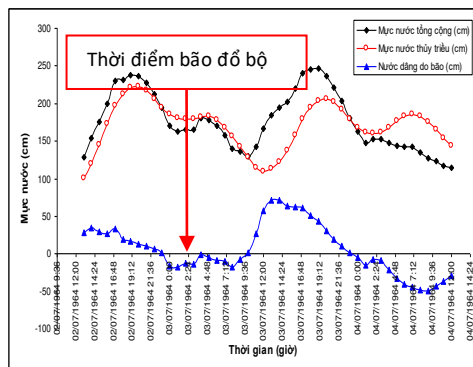
Theo bảng 2, hiện tượng nước dâng sau bão chỉ xảy ra trong những cơn bão đổ bộ vào phần phía bắc khu vực Bắc bộ (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình). Trong cơn bão Winie đổ bộ vào Quảng Ninh ngày 03/7/1964, tại trạm đo Hòn Dầu ghi nhận có một đợt nước dâng sau bão 4 giờ và thời gian nước dâng lớn kéo dài 8 giờ, độ cao nước dâng cực trị đạt 1,06 mét,

(hình 8a). Trong đó, tại trạm Hòn Ngư, độ cao nước dâng lớn nhất là 0,72 mét, thời gian dâng sau bão 6 giờ với thời gian tồn tại nước dâng lớn ($>0,5$ mét) là 7 giờ, (hình 8b).



(a)

Hình 8a. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Winie đổ bộ vào Quảng Ninh ngày 03/7/1964

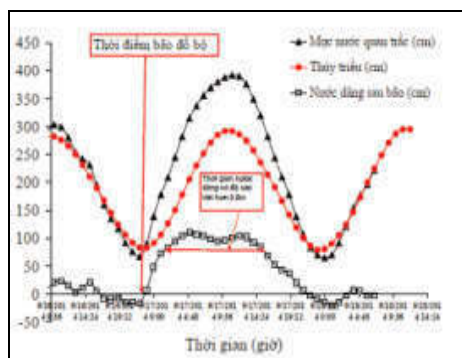


(b)

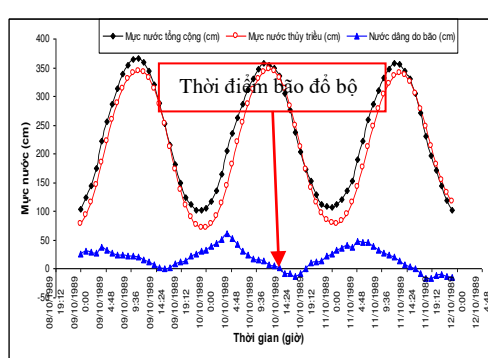
Hình 8b. Dao động mực nước tại trạm Hòn Ngư trong bão Winie đổ bộ vào Quảng Ninh ngày 03/7/1964

Trên hình 9 là dao động mực nước tổng cộng, thủy triều và nước dâng tại trạm đo Hòn Dấu trong bão Kalmaegi đổ bộ vào Quảng Ninh ngày 16/9/2014, sau khoảng 3 giờ bão đổ bộ nước dâng mới đạt trên 0,5 mét và thời gian tồn tại nước dâng kéo dài tới hơn 12 giờ. Nguyên nhân gây nước dâng lớn sau bão rất có thể là do hoàn lưu sau bão kết hợp với trường gió Tây-Nam hoạt động mạnh trong thời gian dài và có hướng thổi vuông góc với đường bờ, vì thời điểm bão đổ bộ nằm trong tháng có gió mùa Tây-Nam hoạt động mạnh.

Trong giai đoạn 1960-2014, khu vực ven biển Bắc bộ: Có 01 cơn bão có thời gian xuất hiện nước dâng sau bão tới 10 giờ (như bão Angela đổ bộ vào Ninh Bình ngày 10/10/1989). Cơn bão này tại trạm Hòn Dấu ghi nhận vừa có hiện tượng nước dâng trước bão với thời gian nước dâng trước bão 12 giờ, kéo dài 3 giờ, độ lớn nước dâng đạt 0,61 mét, vừa có hiện tượng nước dâng sau bão với thời gian nước dâng sau bão 10 giờ, kéo dài 4 giờ, độ lớn nước dâng là 0,48 mét, (hình 10).



Hình 9. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Kalmaegi đổ bộ vào Quảng Ninh ngày 16/9/2014



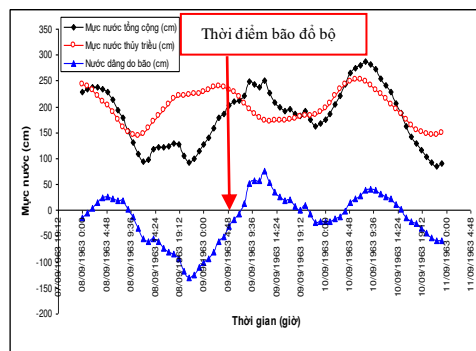
Hình 10. Dao động mực nước tại trạm Hòn Dấu trong bão Angela đổ bộ vào Ninh Bình ngày 10/10/1989

Thông thường trước thời điểm bão đổ bộ, mực nước sẽ dâng/rút với thời gian tồn tại ngắn. Tuy nhiên, thống kê cho thấy: trong giai đoạn này có 05 cơn bão có hiện tượng nước rút trước thời điểm bão đổ bộ với khoảng thời gian cách thời điểm bão đổ bộ từ 3-13 giờ; thời gian tồn tại nước rút từ 8-16 giờ (bảng 3).

Bảng 3. Bảng thời gian tồn tại nước rút lớn ($< -0,5$ mét) tại trạm Hòn Dấu trong các cơn bão ảnh hưởng đến khu vực biển Bắc bộ giai đoạn 1960-2014

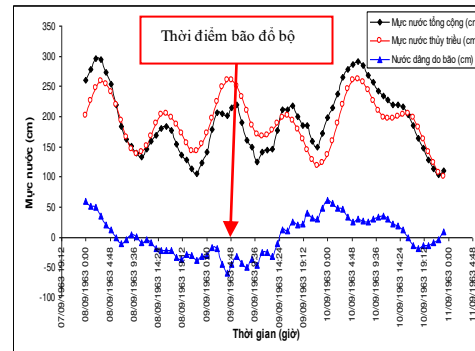
Tên bão	Địa điểm bão đổ bộ	Thời điểm đổ bộ	Khoảng thời gian trước bão đổ bộ (giờ)	Thời gian tồn tại nước rút $< -0,5$ mét (giờ)
Faye	Nam Định	09/9/1963	3	16
Dot	Thái Bình	11/6/1989	13	11
Charlotte	Nam Định	22/9/1962	10	9
Mike	Quảng Ninh	18/11/1990	12	8
Damrey	Ninh Bình	27/9/2005	10	8

Tại Hòn Dấu ghi nhận nước rút lớn nhất trong bão Faye đổ bộ vào Nam Định ngày 9/9/1963 là -1,3 mét (bảng 1), đợt nước rút này xuất hiện trước bão 3 giờ và có thời gian tồn tại mực nước rút ($< -0,5$ mét) là 16 giờ (hình 11a). Trong khi đó, tại trạm Hòn Ngu ghi nhận mực nước rút lớn nhất trong cơn bão này là -0,59 mét (hình 11b).



(a)

Hình 11a. Dao động mực nước tại Hòn Dấu trong bão Faye đổ bộ vào Nam Định ngày 9/9/1963



(b)

Hình 11b. Dao động mực nước tại Hòn Ngu trong bão Faye đổ bộ vào Nam Định ngày 9/9/1963

5. Kết luận và kiến nghị

Sử dụng phương pháp thống kê đã chỉ ra trong 41 cơn bão mạnh đổ bộ vào khu vực ven biển Bắc bộ giai đoạn 1960-2014 có 09 cơn bão có hiện tượng nước dâng sau thời điểm bão đổ bộ và có thời gian nước dâng cao (trên 0,5 mét) kéo dài từ 4-12 giờ; 05 cơn bão xuất hiện hiện tượng nước rút trước bão, với thời gian tồn tại nước rút dưới -0,5 mét từ 8-16 giờ; 01 cơn bão vừa có hiện tượng nước dâng trước bão, vừa có hiện tượng nước dâng sau bão.

Mức nước dâng lớn nhất xảy ra trong bão Becky đổ bộ vào Hà Tĩnh ngày 29/8/1990 ghi nhận được tại trạm Hòn Ngư đạt trên 1,98 mét. Trong khi đó, tại trạm Hòn Dấu ghi nhận mức nước rút lớn nhất trong bão Faye đổ bộ vào Nam Định ngày 09/9/1963 là -1,31 mét.

Những cơn bão đổ bộ và Nghệ An - Quảng Bình gây nước dâng lớn cho cả khu vực từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh. Trong khi đó các cơn bão đổ bộ vào Quảng Ninh - Ninh Bình thường gây nước dâng sau bão.

Thông thường, công tác cảnh báo, dự báo nước dâng tại các địa phương chỉ tập trung vào thời điểm trước và ngay thời điểm bão đổ bộ hoặc ngay sau thời điểm bão đổ bộ. Tuy nhiên, có nhiều cơn bão trong giai đoạn 1960-2014, khu vực ven biển Bắc bộ xảy ra hiện tượng nước dâng sau bão. Nguyên nhân của hiện tượng này sẽ còn nghiên cứu tiếp theo, nhưng một trong các nguyên nhân có thể do hoàn lưu sau bão kết hợp với trường gió Tây-Nam hoạt động mạnh trong thời gian dài và có hướng thổi vuông góc với đường bờ. Vì vậy công tác phòng, chống hiện tượng nước dâng cao sau bão tại các địa phương rất cần chú ý đề phòng ngay cả sau khi bão đã tan.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Xuân Hiền. (2013). “Nghiên cứu nước biển dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của sóng và áp dụng cho khu vực ven biển Hải Phòng”. *Luận án Tiến sĩ Địa lý*, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Hà Nội.
- [2]. Phạm Văn Huân, Hoàng Trung Thành. (2009). “So đồ chi tiết phân tích điều hòa thủy triều”. *Tạp chí khoa học ĐHQGHN*. Tập 25, Số 1S, tr. 66-75.
- [3]. Hoàng Trung Thành. (2011). “Nghiên cứu đặc điểm biến thiên mực nước biển ven bờ Việt Nam”. *Luận án Tiến sĩ Địa lý*, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Bá Thủy, Đỗ Đình Chiến, Hoàng Đức Cường, Dư Đức Tiến, 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.
- [5]. Nguyen Tho Sao. (2008). “Storm surge predictions for Vietnam coast by Delft3D model using results from RAMS model”. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, No. 23, pp. 39-47.
- [6]. Sooyoul Kim , Yoshiharu Matsumi , Tomohiro Yasuda , Hajime Mase. (2014). “Storm surges along the Tottori coasts following a typhoon”. *Ocean Engineering*, Vol 91, pp. 133-145.
- [7]. <http://www.weather.uniys.com>



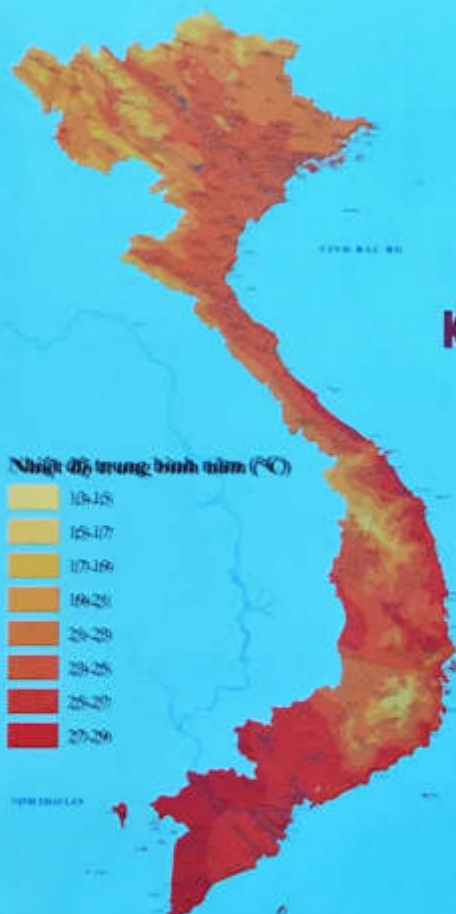
BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

ISBN: 978-604-904-248-5

TUYỂN TẬP BÁO CÁO

HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA VỀ KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN, MÔI TRƯỜNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

(LẦN THỨ XVII)



(Nguồn: Bản đồ nhiệt độ trung bình năm,
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2014)



NHÀ XUẤT BẢN TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM

BIÊN

46. Mô hình dự báo sóng MRI-III trong dự báo nghiệp vụ sóng biển tại Việt Nam307
Phạm Khánh Ngọc, Nguyễn Bá Thủy, Nadao Kohno, Nguyễn Mạnh Dũng
47. Nghiên cứu ứng dụng mô hình JMA trong dự báo nghiệp vụ nước dâng bão tại Việt Nam.....313
Bùi Mạnh Hà, Nguyễn Bá Thủy, Trịnh Thị Tâm, Nadao Kohno, Nguyễn Thị Thu Mai
48. Xác định biến động nội mùa của trường nhiệt độ bề mặt nước biển khu vực nước trời Nam Trung Bộ.....319
Lê Quốc Huy, Trần Thực, Đinh Văn Ưu, Nguyễn Xuân Hiền
49. Năng suất sinh học của quần xã sinh vật nổi (PLANKTON) khu vực quần đảo Hoàng Sa Việt Nam325
Nguyễn Ngọc Tiến, Lư Quang Huy, Dư Văn Toán
50. Tính toán nguy cơ ngập gây bởi nước dâng do siêu bão.....333
Trần Thực, Nguyễn Xuân Hiền, Phạm Văn Tiến
51. Một số kết quả tính toán thủy triều, sóng biển và nước dâng trong bão bằng mô hình SUWAT tại Việt Nam.....339
Đỗ Đình Chiến, Trần Sơn Tùng, Nguyễn Bá Thủy, Trịnh Thị Tâm, Sooyoul Kim
52. Hiện trạng đa dạng thực vật nổi khu dự trữ sinh quyển Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh.....345
Lê Xuân Tuấn, Nguyễn Đức Tuấn, Nguyễn Xuân Tùng
53. Đa dạng các nhóm động vật nổi (ZOOPLANKTON) vùng rừng ngập mặn huyện Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh.....352
Lê Xuân Tuấn, Phan Văn Mạch

MÔI TRƯỜNG

54. Nghiên cứu phối hợp năng lực xử lý sinh học hiếu khí và kỵ khí để xử lý nước thải lò giết mổ quy mô phòng thí nghiệm.....360
Ngô Kim Anh, Bạch Quang Dũng, Vũ Tiến Nhiên
55. Nghiên cứu tiền xử lý nước thải giết mổ gia súc tại lò giết mổ tập trung....366
Bạch Quang Dũng, Vũ Tiến Nhiên, Đỗ Tiến Anh
56. Bước đầu đánh giá kết quả giám sát lắng đọng axit (Lắng đọng ướt) tại một số trạm giám sát thuộc Miền Bắc Việt Nam.....372
Phan Thị Thúy Hoàn, Nguyễn Thị Diệu Tú, Nguyễn Duy Dương
57. Nghiên cứu quá trình hình thành khí sinh học trong bể yếm khí xử lý chất thải rắn của lò giết mổ.....378

MÔ HÌNH DỰ BÁO SÓNG MRI-III TRONG DỰ BÁO NGHIỆP VỤ SÓNG BIỂN TẠI VIỆT NAM

Phạm Khánh Ngọc⁽¹⁾, Nguyễn Bá Thủy⁽¹⁾, Nadao Kohno⁽²⁾, Nguyễn Mạnh Dũng⁽¹⁾

⁽¹⁾Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

⁽²⁾Viện nghiên cứu khí tượng, Cơ quan khí tượng Nhật Bản

MRI-III là mô hình tính sóng thế hệ thứ ba được Viện nghiên cứu Khí tượng (MRI) thuộc Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) xây dựng dựa trên hệ phương trình cân bằng năng lượng phổ để phụ vụ dự báo sóng nước sâu và nước nông. Trong báo cáo này đưa ra một số kết quả trường sóng dự báo trong điều kiện có bão để đánh giá khả năng ứng dụng của mô hình MRI-III trong dự báo nghiệp vụ sóng trong bão tại Việt Nam.

1. Mở đầu

Thông tin về sóng biển có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với các hoạt động kinh tế, giao thông trên biển cũng như vùng ven bờ. Chính vì vậy mà các bản tin dự báo sóng luôn được quan tâm không những trong những ngày có thời tiết nguy hiểm trên biển (bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa mạnh...) mà còn để lập kế hoạch cho các hoạt động trên biển. Hiện tại, đã có nhiều mô hình, công nghệ dự báo sóng cho vùng biển ngoài khơi và ven bờ đã được xây dựng và đang ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ, như các mô hình WAM, SWAN, STWAVE, WAVEWATCH... Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn (KTTV) Trung ương là đơn vị chịu trách nhiệm dự báo nghiệp vụ sóng biển cho khu vực Biển Đông và các vùng biển cả nước (bao gồm cả vùng biển quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa), trong khi đó các Đài Khí tượng Thủy văn khu vực ven biển có trách nhiệm dự báo chi tiết khu vực biển mình phụ trách. Tuy nhiên, nói về công nghệ dự báo sóng tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương thì một trong những hạn chế được quan tâm nhất hiện nay mới chỉ có một mô hình dự báo sóng (SWAN) và mô hình được thiết kế cho toàn bộ khu vực Biển Đông và ven bờ Việt Nam với độ phân giải thô (1/5 độ). Các kết quả dự báo chưa đảm bảo độ chi tiết cần thiết cho khu vực ven bờ và quanh đảo nơi thông tin dự báo sóng được quan tâm hơn cả. Trong báo cáo này, mô hình dự báo sóng MRI-III do Cơ quan khí tượng Nhật Bản xây dựng và hiện đang áp dụng trong dự báo nghiệp vụ tại Nhật Bản được giới thiệu. Mô hình được xây dựng dựa trên hệ phương trình cân bằng năng lượng phổ để tính toán trường sóng nước sâu và có xét đến ảnh hưởng của hiệu ứng nước nông ven bờ. Mô hình MRI-III cũng đã được thiết kế tính toán cho lưới lồng hai lớp để có thể mô phỏng chi tiết trường sóng tại những khu vực cần quan tâm như vùng ven bờ và quanh các đảo mà không tốn nhiều thời gian tính toán. Một số kết quả tính toán thử nghiệm mô hình cho điều kiện tại Việt Nam đã cho thấy khả năng áp dụng trong dự báo nghiệp vụ sóng biển trong thời gian tới.

2. Giới thiệu mô hình MRI-III

2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình

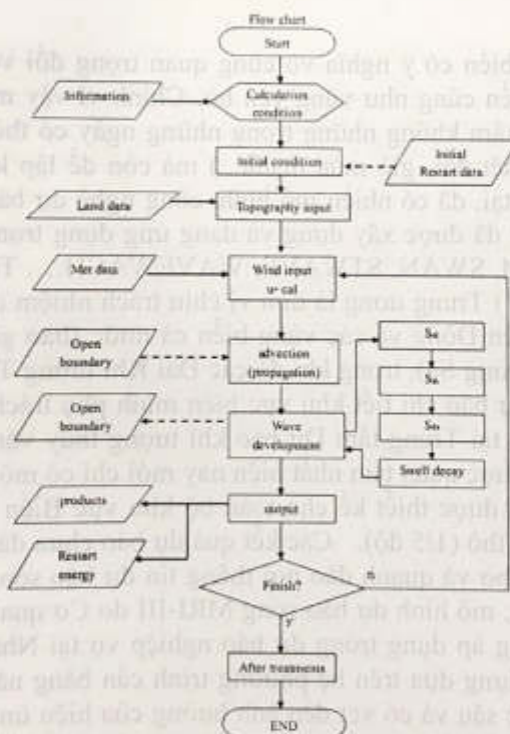
Mô hình MRI-III là sự kết hợp giữa mô hình sóng toàn cầu GWM (Global Wave Model) - mô hình lưới thô và mô hình sóng ven bờ CWM (Coastal Wave Model) - mô hình lưới tinh. Sản phẩm của mô hình GWM được sử dụng làm điều kiện biên cho mô hình sóng ven bờ CWM.

Mô hình MRI-III được xây dựng dựa trên hệ phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng:

$$\frac{\partial E(f, \theta)}{\partial t} + \nabla \cdot C_g(f) \cdot E(f, \theta) = S_{in} + S_{nl} + S_{ds}$$

Trong đó: $\partial E(f, \theta)$: là phổ sóng 2 chiều phụ thuộc vào tần số và hướng, $C_g(f)$: là vận tốc nhóm sóng, S_{in} : là năng lượng gió đầu vào. $S_{in} = A + BF$, với A là thành phần đại diện cho cho sóng phát triển tuyến tính và thành phần BF cho sóng phát triển theo quy luật hàm mũ, S_{nl} : là năng lượng phổ phi tuyến (phổ JONSWAP), S_{ds} : là tiêu tán năng lượng do quá trình sóng vỡ được tính theo công thức của Ueno (1997). Chi tiết về cơ sở lý thuyết của mô hình được trình bày trong [2].

Sơ đồ khối của mô hình được minh họa như trên hình 1.



Hình 1: Sơ đồ khối mô hình MRI

2.2. Trường gió

Thông thường mô hình nhận trường gió đầu vào từ các mô hình dự báo số trị trường khí tượng. Tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương sản phẩm của các mô hình dự báo số trị GSF, HRM, ... đang phục vụ dự báo khí tượng, thủy văn và hải văn, trong đó có dự báo nghiệp vụ sóng biển. Trong trường hợp có bão mà có sự khác biệt về kết quả dự báo quỹ đạo bão của các mô hình dự báo số trị với quỹ đạo bão thực tế (quỹ đạo khi phát tin bão), lúc đó mô hình bão giải tích được áp dụng để tái tạo trường gió trong bão theo các tham số bão dự báo (vị trí, áp thấp tại tâm, bán kính gió

mạnh). Mô hình bão giải tích cũng cho phép xác định trường gió theo các kịch bản của sai số trong dự báo các tham số bão thường gặp phải trong dự báo như vị trí tâm bão (bão di nhanh, chậm, lệch trái, lệch phải). Một số mô hình bão giải tích thông dụng hiện đang được áp dụng như Fujita (1952), Mayer (1954).

2.3. Điều kiện ban đầu

Tại Cơ quan Khí tượng Nhật Bản, trường sóng ban đầu cho mô hình MRI-III được xác định trên cơ sở đồng hóa kết quả của mô hình chạy trước đó 6 giờ và số liệu quan trắc từ rada, vệ tinh, phao và máy ghi tự động. Chi tiết về quy trình đồng hóa dữ liệu sóng được giới thiệu trong Nadao Kohno và các cộng sự (2014). Việc hiệu chỉnh trường ban đầu này sẽ cải thiện đáng kể kết quả dự báo trường sóng, đặc biệt là trong thời đoạn dự báo ngắn.

3. Kết quả dự báo thử nghiệm mô hình

Trong báo cáo này, mô hình MRI-III được thiết kế chạy thử nghiệm cho vùng biển Việt Nam trong thời gian bão Rammasun tháng 7 năm 2014 ảnh hưởng trên lưới tính lồng là lưới cho mô hình sóng nước sâu trên toàn Biển Đông (GWM) và lưới cho mô hình sóng ven bờ cho vịnh Bắc Bộ (CWM). Ở đây số liệu gió được sử dụng trường dự báo chứ không phải trường tái phân tích vì phục vụ cho 2 mục đích: (1) Do Rammasun là cơn bão có hướng di chuyển và cường độ khá ổn định, các mô hình dự báo số trị cho kết quả dự báo trường khí tượng và đường đi của cơn bão khá tương đồng với thực tế nên có thể sử dụng để đánh giá độ tin cậy của mô hình dự báo sóng (so với số liệu sóng quan trắc); (2) So sánh kết quả cũng như thời gian tính toán của mô hình với mô hình hiện đang chạy nghiệp vụ tại Trung tâm (mô hình SWAN).

3.1. Thiết lập mô hình

• Miền tính, lưới tính

Với mô hình GWM, miền tính được thiết lập từ 0° - 25° N và 99° - 125° E, lưới tính là lưới vuông với độ phân giải $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ (khoảng 27.8km), số điểm lưới theo hướng kinh độ và vĩ độ tương ứng là 105 và 101. Với mô hình CWM, miền tính được thiết lập từ 17° - 22° N và 105° - 111° E, lưới tính là lưới vuông với độ phân giải $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ (khoảng 5.6km), số điểm lưới theo hướng kinh độ và vĩ độ tương ứng là 121 và 101 điểm. Số liệu địa hình được lấy từ ETOPO5 được nội suy về độ phân giải phù hợp với miền tính và lưới tính được thiết lập.

• Số liệu đầu vào, điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Trường khí tượng dự báo cho cả hai mô hình GWM và CWM là vận tốc và hướng gió tại độ cao 10m với bước thời gian 3 giờ nhận được từ mô hình GSF có độ phân giải 0.25×0.25 . Trường gió có được sau đó sẽ chuyển đổi về format theo yêu cầu của mô hình MRI-III. Mô hình dự báo sóng nước sâu GWM sẽ được chạy trước để lấy điều kiện biên làm đầu vào cho mô hình sóng ven bờ CWM.

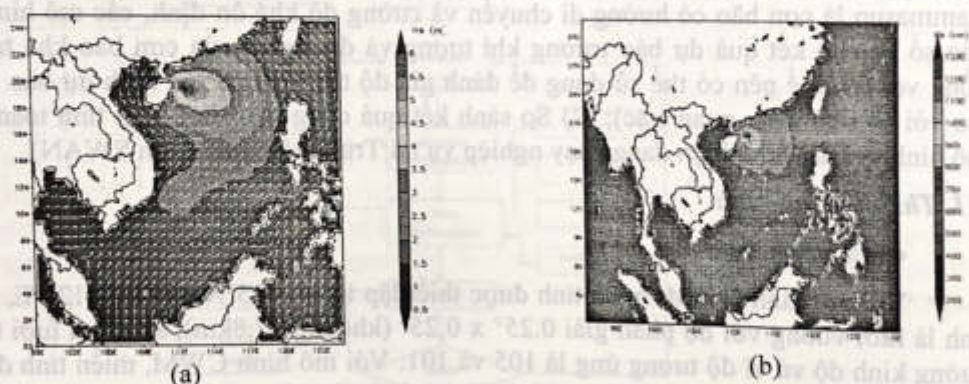
3.2. Kết quả dự báo thử nghiệm

Kết quả dự báo trường sóng ý nghĩa trên lưới Biển Đông GWM tại thời điểm trước khi bão đổ bộ vào đảo Hải Nam và khi bão đã vượt qua bán đảo Lôi Châu vào vịnh Bắc Bộ được thể hiện trên hình 2(a) và 3(a) tương ứng. So sánh với trường sóng dự báo tại cùng thời điểm với kết quả của mô hình SWAN đang chạy dự báo nghiệp vụ

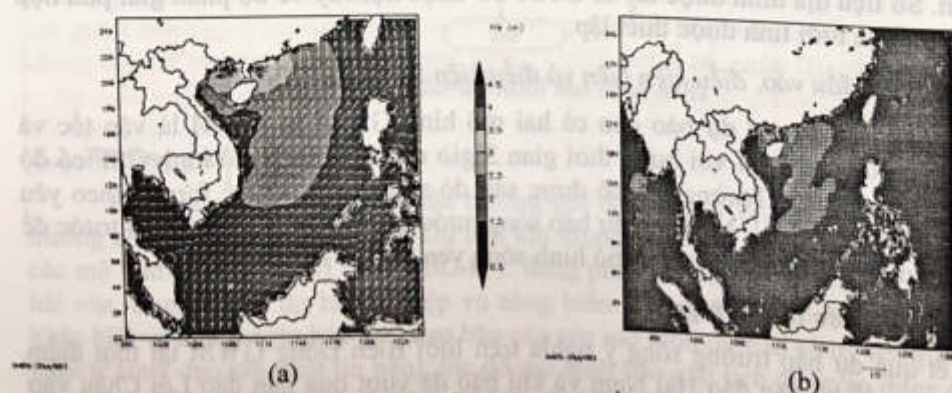
vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương cho thấy sự tương đồng cao giữa hai mô hình về phân bố độ cao và hướng sóng.

Hình 4(a) là phân bố trường sóng ý nghĩa từ kết quả tính toán của lưới ven bờ CWM. Kết quả tính toán cho thấy có sự tương đồng về phân bố trường sóng của hai lưới tính. Tuy nhiên, so sánh với lưới tính CWM, lưới tính GWM cho kết quả độ cao sóng lớn hơn. Nhận định này đã được kiểm tra khi so sánh độ cao sóng quan trắc bằng mắt tại trạm Bạch Long Vĩ theo các OBS quan trắc như trên hình 4(b). Sự khác biệt khá lớn giữa kết quả tính toán từ mô hình trên hai lưới tính và số liệu quan trắc có thể do một số nguyên nhân như sau: Vị trí điểm tính và điểm quan trắc trên thực tế có thể không trùng nhau; Điểm quan trắc nằm ở vị trí khuất gió (phía sau đảo) so với hướng bão di chuyển của bão, trong khi đó ảnh hưởng của đảo Bạch Long Vĩ lại không xét tới trong mô hình (điểm tính trên đảo vẫn là nước); trường gió sử dụng là trường dự báo nên trên thực tế vẫn có nhiều khác biệt so với thực tế.

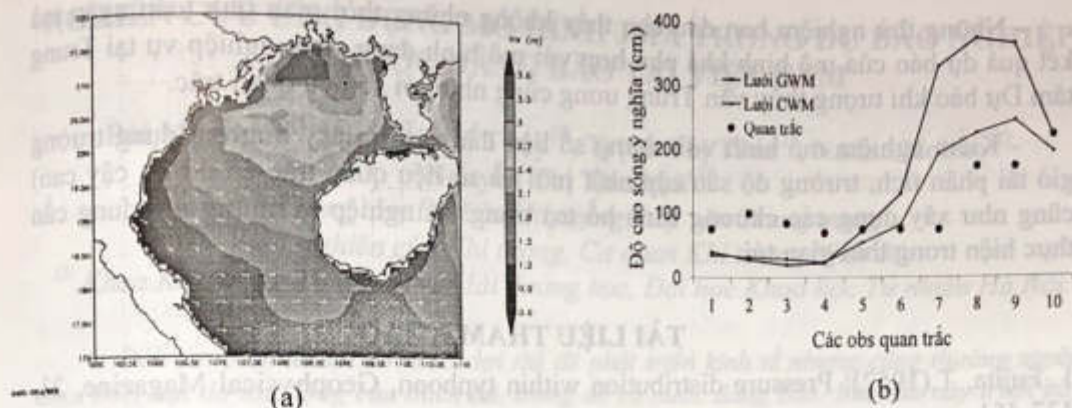
Mô hình MRI không những cho kết quả dự báo sóng ý nghĩa mà còn nhiều tham số sóng khác như sóng lừng, sóng gió như minh họa trên hình 5(a) và 5(b). Sự đa dạng trong sản phẩm dự báo sóng của mô hình sẽ phục hữu ích cho nhiều đối tượng với các tiêu chí khác nhau, đây cũng là một ưu điểm mạnh của mô hình so với các mô hình hiện đang sử dụng.



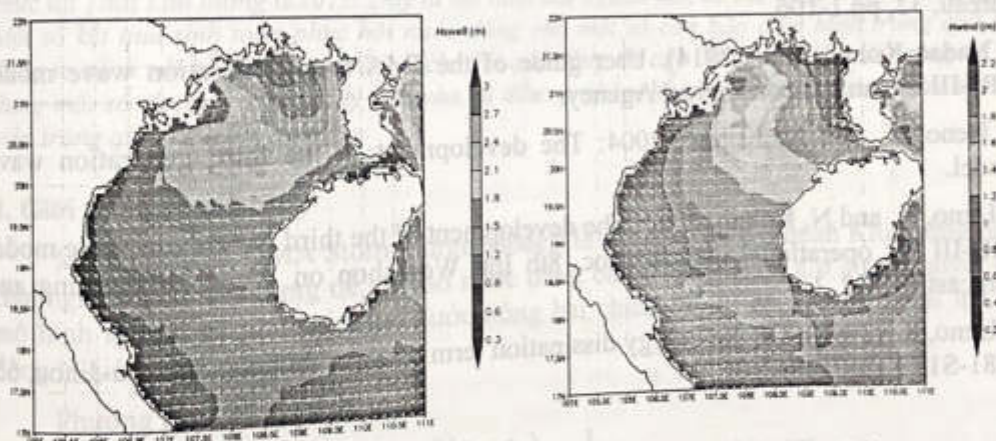
Hình 2: Trường sóng ý nghĩa tại thời điểm tâm bão chuẩn bị vào đảo Hải Nam
(a) Mô hình GWM. (b) Mô hình SWAN



Hình 3: Trường sóng ý nghĩa tại thời điểm tâm bão trên Vịnh Bắc Bộ
(a) lưới GWM, (b) Mô hình SWAN



Hình 4: Trường sóng ý nghĩa tại thời điểm bão trên vịnh Bắc Bộ tính (a) trên lưới CWM, (b) Độ cao sóng tại trạm Bạch Long vĩ bắt đầu tại thời điểm dự báo.



Hình 5: Sản phẩm dự báo của mô hình trên lưới CWM
(a) trường sóng liêng, (b) trường sóng gió.

Trên đây là một số kết quả tính toán thử nghiệm trường sóng dự báo bằng mô hình MRI-III cho điều kiện Việt Nam. Mặc dù chưa được phân tích đánh giá kỹ lưỡng và còn có sự khác biệt giữa kết quả tính toán dự báo và số liệu quan trắc, nhưng những sản phẩm của mô hình MRI-III đã cho thấy khả năng ứng dụng mô hình dự báo sóng tại Việt Nam trong thời gian tới đây.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mô hình dự báo sóng của cơ quan khí tượng Nhật Bản được giới thiệu và áp dụng thử nghiệm cho điều kiện Việt Nam trong trường thời gian bão Rammasun tháng 7 năm 2014 ảnh hưởng. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Mô hình đã được khai thác áp dụng cho điều kiện Việt Nam với chạy trên 2 lưới tính, lưới thô áp dụng cho vùng biển ngoài khơi và lưới tinh áp dụng cho vùng ven bờ.

- Những thử nghiệm ban đầu cho thấy không những thời gian tính toán ngắn mà kết quả dự báo của mô hình khá phù hợp với mô hình đang chạy nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương cũng như với số liệu quan trắc.

- Kiểm nghiệm mô hình với những số liệu đầu vào tin cậy hơn (sử dụng trường gió tải phân tích, trường độ sâu cập nhật mới và số liệu quan trắc có độ tin cậy cao) cũng như xây dựng các chương trình hỗ trợ trong tác nghiệp là những nội dung cần thực hiện trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Fujita, T.(1952): Pressure distribution within typhoon, Geophysical Magazine, 23, 437-451.
2. Myers, V.A. (1954). Characteristics of United States Hurricanes Pertinent to Levee Design for Lake Okeechobee, Florida. Hydro-Meteorological Report of U.S Weather Bureau, 32, pp.1-106.
3. Nadao Kohno *et al* (2014). User guide of the JMA third generation wave model MRI-III. Japan Meteorological Agency.
4. Ueno, K. and N. Kohno, 2004: The development of the third generation wave model.
5. Ueno, K. and N. Kohno, 2004: The development of the third generation wave model MRI-III for operational use. in Proc. 8th Int. Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, G2, 1-7.
6. Ueno, K. (1998): On the energy dissipation term of wave models. Sokkou-Jihou, 65, S181-S187. (in Japanese)

STUDY THE CAPABILITY OF MRI-III WAVE MODEL IN OPERATION WAVE FORECASTING IN VIET NAM

Pham Khanh Ngoc⁽¹⁾, Nguyen Ba Thuy⁽¹⁾, Nadao Kohno⁽²⁾, Nguyen Manh Dung⁽¹⁾

⁽¹⁾ National Centre for Hydrometeorological Forecasting of Vietnam

⁽²⁾ Meteorological Research Institute-Japan Meteorological Agency

The JMA ocean wave model MRI-III, originally developed at Meteorological Research Institute (MRI) of the Japan Meteorological Agency (JMA), is based on the energy balance equation for wave spectrum, and applied for deep and shallow water wave. In this report, MRI-III model is used for simulating wave field forecast in stormy conditions, which evaluate the applicability of MRI model in the operation forecasting of storm waves in Vietnam.

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH JMA TRONG DỰ BÁO NGHIỆP VỤ NƯỚC DÂNG BÃO TẠI VIỆT NAM

Bùi Mạnh Hà⁽¹⁾, Nguyễn Bá Thủy⁽¹⁾, Trịnh Thị Tâm⁽¹⁾, Nadao Kohno⁽²⁾
Nguyễn Thị Thu Mai⁽³⁾

⁽¹⁾ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

⁽²⁾ Viện Nghiên cứu Khí tượng, Cơ quan Khí tượng Nhật Bản

⁽³⁾ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội

Dải ven biển là nơi có nhiều lợi thế để phát triển kinh tế nhưng cũng thường xuyên chịu thiệt hại do tác động của thiên tai, trong đó có nước dâng bão. Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu, khai thác mô hình dự báo nước dâng bão của Cơ quan khí tượng Nhật Bản (mô hình JMA) được chuyển giao cho Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương thông qua Hội thảo quốc tế do Trung tâm Phòng tránh thiên tai Châu Á (ADPC) tổ chức tại Thái Lan tháng 6/2012. Đây là mô hình mã nguồn mở, có thể chạy trên hệ điều hành. Một số kết quả tính toán phục hồi nước dâng cho một số cơn bão điển hình trong quá khứ được so sánh với số liệu quan trắc và cho kết quả đáng tin cậy. Nhóm nghiên cứu cũng đã xây dựng một số chương trình xử lý đầu vào và đầu ra nhằm hỗ trợ thuận lợi tối đa cho dự báo viên trong quá trình tác nghiệp.

1. Giới thiệu về mô hình

Mô hình JMA (JMA Storm Surge Model) là mô hình do Cơ quan Khí tượng Nhật Bản nghiên cứu xây dựng để dự báo nước dâng bão ở Nhật Bản. Cơ sở lý thuyết của mô hình là giải hệ phương trình nước nông hai chiều, trong đó yếu tố ngoại lực tác động là gió và áp suất khí quyển.

Phương trình chuyển động:

$$\frac{\partial D_u}{\partial t} + \frac{\partial D_{u^2}}{\partial x} + \frac{\partial D_{uv}}{\partial y} = \frac{1}{\rho_w g} D \frac{\partial (\zeta - \zeta_0)}{\partial x} - \frac{1}{\rho_w} (\tau_{ax} - \tau_{bx}) + f D_v \quad (1)$$

$$\frac{\partial D_v}{\partial t} + \frac{\partial D_{uv}}{\partial x} + \frac{\partial D_{v^2}}{\partial y} = \frac{-1}{\rho_w g} D \frac{\partial (\zeta - \zeta_0)}{\partial y} - \frac{1}{\rho_w} (\tau_{ay} - \tau_{by}) - f D_u \quad (2)$$

$$\text{Phương trình liên tục: } \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial D_u}{\partial x} + \frac{\partial D_v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Trong đó: u, v là các thành phần vận tốc trung bình theo độ sâu theo phương ngang, x và y tương ứng; f : tham số Coriolis, ρ_w : mật độ nước biển, ζ : độ dâng mực nước biển, g : gia tốc trọng trường, τ_{ax}, τ_{ay} : các thành phần ứng suất gió trên mặt biển, τ_{bx}, τ_{by} : các thành phần ma sát đáy, H là độ sâu nước biển.

Các thành phần ứng suất gió và ma sát đáy được tính như sau:

$$\tau_a = \begin{cases} \tau_{ax} = -\rho_a C_{da} |V| v_x \\ \tau_{ay} = -\rho_a C_{da} |V| v_y \end{cases} \quad (4)$$

Các thành phần ma sát đáy được tính theo luật bình phương như sau:

$$\tau_b = \begin{cases} \tau_{bx} = -\rho_w C_{d_b} |U| u_x \\ \tau_{by} = -\rho_w C_{d_b} |U| u_y \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: V là vận tốc gió, U là vận tốc nước, ρ_a là mật độ không khí, ρ_w là mật độ nước, C_{d_a} , C_{d_b} là các hệ số có giá trị như sau:

$$\begin{cases} C_{d_a} = 3.2 \times 10^{-3} \\ C_{d_b} = 2.5 \times 10^{-3} \end{cases}$$

Trong mô hình JMA, trường gió và áp suất khí quyển đầu vào có thể sử dụng trường dự báo từ mô hình số trị hoặc được tính theo công thức bão giải tích của Fujita (1952) hoặc Mayer (1972) từ các tham số dự báo bão. Thực tế trường gió trong bão có dạng phức tạp hơn do chịu tác động của nhiều hiệu ứng mà không phải là trường đối xứng xuyên tâm. Chẳng hạn chuyển động tịnh tiến của tâm bão, độ lệch của véc tơ gió khỏi tiếp tuyến đường đẳng áp và ảnh hưởng của một số yếu tố gây nhiễu khác... Trong mô hình đã có chú ý tính đến các hiệu ứng này để có được bức tranh gần đúng thực tế của trường gió và áp suất khí quyển trong bão.

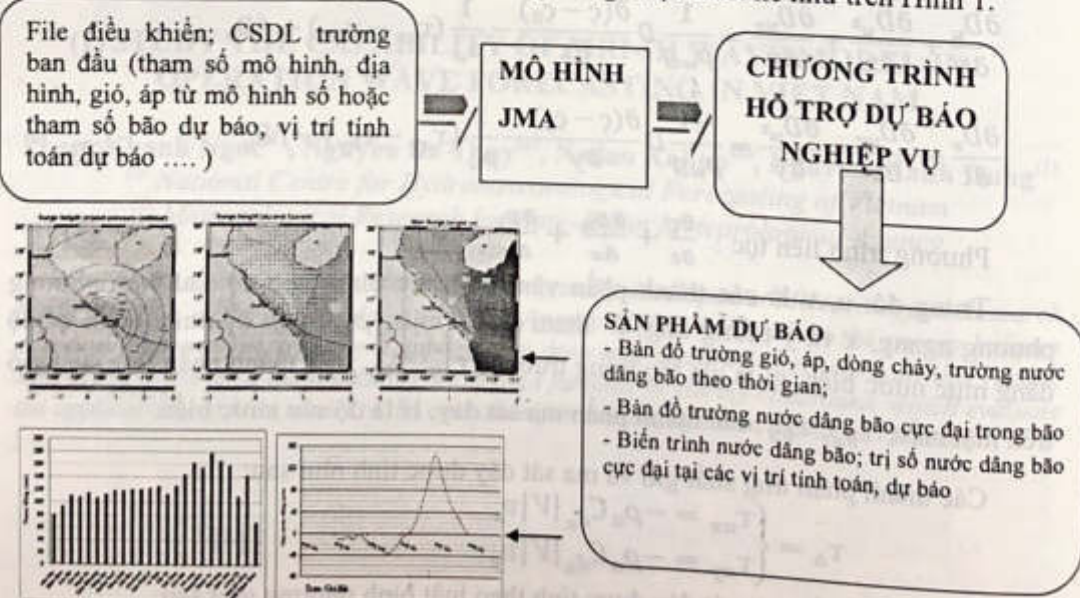
2. Một số kết quả tính toán nước dâng bão bằng mô hình JMA

2.1. Miền tính và lưới tính

Miền tính được xây dựng cho điều kiện của Việt Nam từ vĩ tuyến 8°N đến vĩ tuyến 22°N và từ kinh tuyến 103°E đến 120°E . Độ phân giải ngang của lưới tính là 2 phút (khoảng 3.7km).

2.2. Quy trình tính toán, dự báo nước dâng bão bằng mô hình JMA

Sơ đồ quy trình tính toán, dự báo nước dâng do bão bằng mô hình JMA tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương được thiết kế như trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình dự báo nước dâng bão bằng mô hình JMA

2.3. Một số kết quả tính toán kiểm nghiệm mô hình

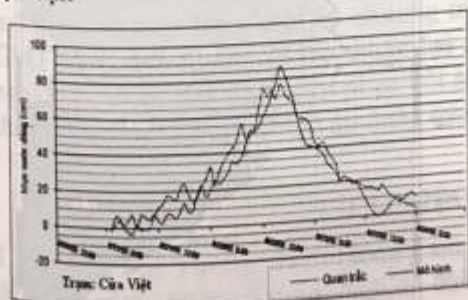
Trước khi triển khai thử nghiệm trong dự báo nghiệp vụ, mô hình JMA cũng đã được kiểm nghiệm cho một số cơn bão gây nước dâng đáng kể trong quá khứ, trong khuôn khổ báo cáo này chỉ đưa ra kết quả tính toán nước dâng trong 4 cơn bão: Keami (8/2000), Wukong (9/2000), Washi (7/2005) và Damrey (9/2005). Định dạng file tham số bão đầu vào cho mô hình JMA theo như Bảng 1.

Bảng 1. Định dạng file tham số bão đầu vào cho mô hình JMA

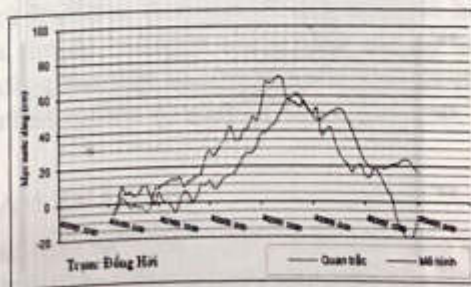
Cyclone Wukong (2000) TIME: Start: 200090719 End: 20009110119						
72 Hours Calculation						
06 Hourly Data						
DATE	Po (mb)	Longitude	Latitude	Ro (km)	Coef	Pfar
20090712	975	115.2	190	70	0.5	1012
20090818	970	114.7	19.0	75	0.5	1012
20090800	960	114.2	18.9	80	0.6	1012
20090806	955	113.4	18.8	90	0.6	1012
20090812	955	112.5	18.8	95	0.7	1012
20090918	960	111.6	18.6	80	0.7	1012
20090900	960	110.5	18.4	80	0.6	1012
20090906	970	109.7	18.1	80	0.5	1012
20090912	975	108.8	18.3	75	0.5	1012
20091018	980	107.8	18.5	70	0.5	1012
20091000	985	106.8	18.3	65	0.4	1012
20091006	990	105.6	17.9	60	0.4	1012
20091012	996	104.0	17.9	50	0.4	1012

Ghi chú: Ro: bán kính gió mạnh (km), Coef: hệ số cân.

Hình 2 và 3 dưới đây so sánh giữa trị số nước dâng bão thực đo và tính toán bằng mô hình JMA trong bão Kaemi tại Cửa Việt và Đồng Hới. Kết quả cho thấy không có sự sai khác đáng kể về trị số cũng như thời điểm xuất hiện nước dâng bão cực đại.



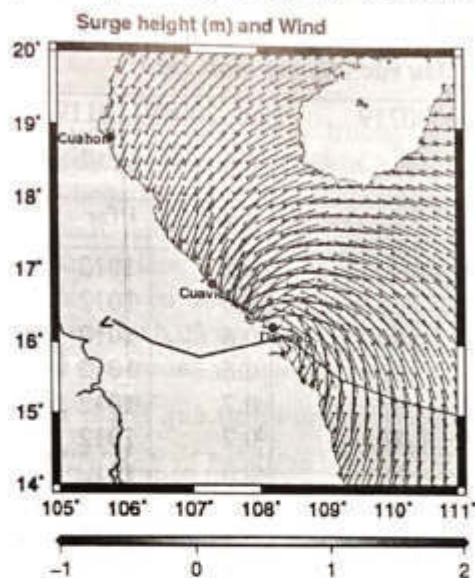
Hình 2: So sánh giữa thực đo và tính toán nước dâng trong bão Kaemi tại Cửa Việt



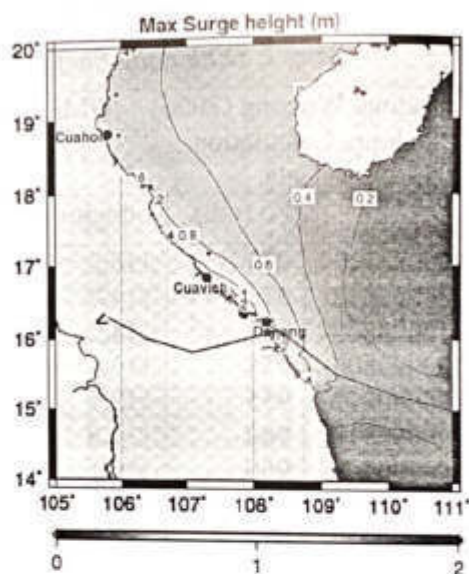
Hình 3: So sánh giữa thực đo và tính toán nước dâng trong bão Kaemi tại Đồng Hới

Một số kết quả mô phỏng trường áp và nước dâng cực đại trong bão Kaemi được thể hiện qua các Hình 4 và Hình 5. Đối với cơn bão Wukong, kết quả tính toán

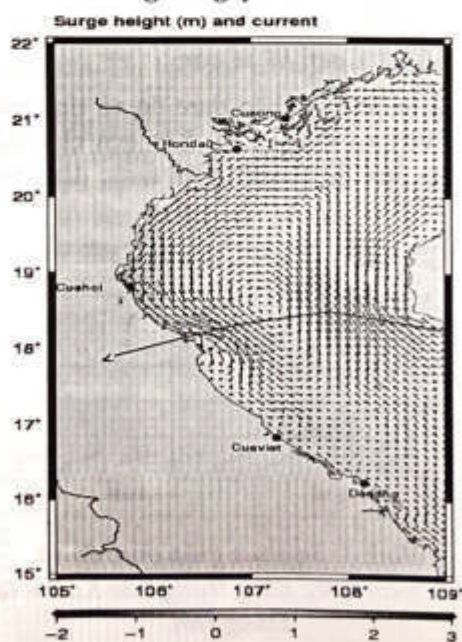
cho thấy trị số nước dâng bão cực đại khá lớn, dao động từ 1,4m đến 1,6m. Các kết quả mô phỏng trường nước dâng cực đại cho thấy nước dâng dồn về phía bên phải đường đi của cơn bão, gây nước dâng cao trên 1,0m dọc ven biển khu vực từ Thanh Hóa đến Hà Tĩnh, nước dâng cao nhất đạt xấp xỉ 1,6m tại Cửa Hội. Hình 6 và 7 dưới đây thể hiện trường dòng chảy và nước dâng cực đại tính toán trong bão Wukong.



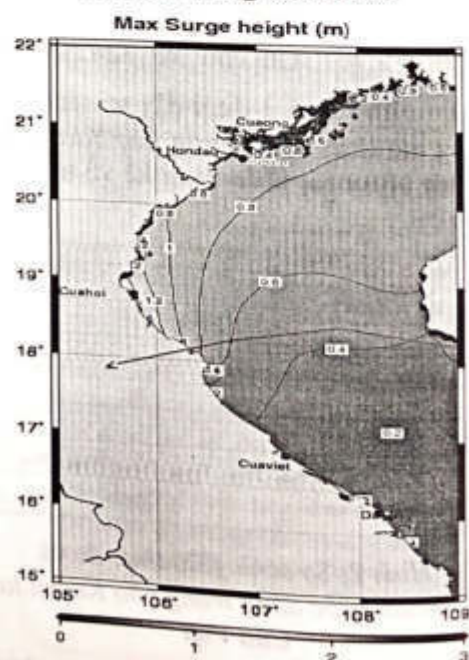
Hình 4. Trường áp trong bão Kaemi lúc 15 giờ, ngày 22/08/2000



Hình 5. Trường nước dâng cực đại tính toán trong bão Kaemi

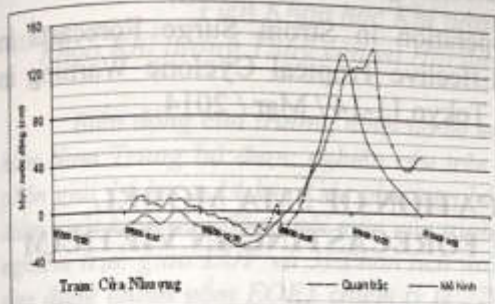


Hình 6. Trường dòng chảy trong bão Wukong lúc 15 giờ, ngày 10/9/2000

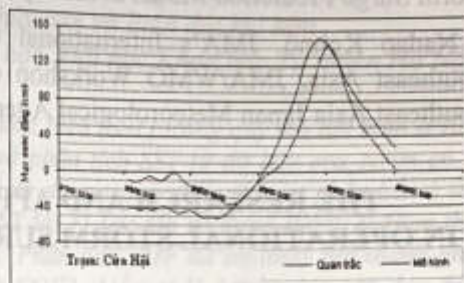


Hình 7. Trường nước dâng cực đại tính toán trong bão Wukong

So sánh giữa kết quả tính toán và thực đo trong bão Wukong tại trạm Cửa Nhượng, trạm Cửa Hội được chỉ ra trong hình 8 và hình 9. Về cơ bản không có sự sai khác lớn về trị số nước dâng cực đại tại hai trạm này nhưng về thời điểm xuất hiện (pha) tại Cửa Nhượng lại có sự sai khác đáng kể, khoảng 6-7 tiếng.

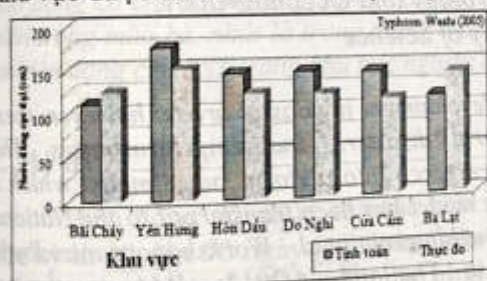


Hình 8: So sánh giữa thực đo và tính toán nước dâng bão Wukong tại Cửa Nhượng

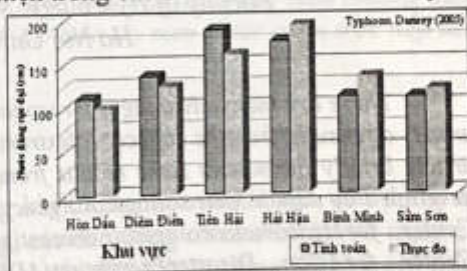


Hình 9: So sánh giữa thực đo và tính toán nước dâng trong bão Wukong tại Cửa Hội

Các kết quả tính toán nước dâng cực đại trong bão Washi và Damrey tại một số khu vực được so sánh với số liệu thực đo thể hiện trong các Hình 10 và 11 dưới đây.



Hình 10: So sánh trị số nước dâng cực đại giữa tính toán và thực đo trong bão Washi tại một số khu vực



Hình 11: So sánh trị số nước dâng cực đại giữa tính toán và thực đo trong bão Damrey tại một số khu vực

3. Kết luận

Mô hình tính toán, dự báo nước dâng bão JMA đã được Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương cải tiến khâu nhập dữ liệu đầu vào, hiệu chỉnh các tham số mô hình và xây dựng một số chương trình xử lý đầu ra theo format của trình độ họa GMT và Grads nhằm hỗ trợ thuận lợi tối đa cho dự báo viên trong công tác dự báo nghiệp vụ. Kết quả tính toán phục hồi nước dâng cho một số cơn bão quá khứ đã cho thấy triển vọng của mô hình áp dụng trong dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thế Tường, Trần Hồng Lam và các cộng tác viên (2007). Báo cáo tổng kết đề tài Hợp tác Việt - Trung, Nghiên cứu dự báo sóng biển và nước dâng do bão bằng phương pháp số.
2. Lê Đức Toàn và các cộng tác viên (2009). Báo cáo tổng kết đề tài, Nghiên cứu tác động của bão và các hiện tượng kèm theo đối với hệ thống cầu cảng, khu neo đậu tàu thuyền và khu nuôi trồng thủy sản tập trung ở trung Trung Bộ.

3. Trần Hồng Lam, Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Tài Hợi. Nước dâng do bão, công tác triển khai dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam. Tạp chí KTTV số 543, tháng 3/2006.
4. Masakazu Higaki, Hironori Hayashibara, Futoshi Nozaki (2008). Outline of the Storm Surge Prediction Model at the Japan Meteorological Agency.
5. Nadao Kohno. JMA's International Cooperation in Storm Surge Forecasts in Southeast Asia. JMA/WMO Workshop on Effective Tropical Cyclone Warning in Southeast Asia Japan Meteorological Agency, Tokyo, 11-14 / Mar / 2014

THE RESEARCH AND APPLICATION OF JMA MODEL IN OPERATIONAL STORM SURGE FORECASTING IN VIETNAM

**Bui Manh Ha ⁽¹⁾, Nguyen Ba Thuy ⁽¹⁾, Trinh Thi Tam ⁽¹⁾, Nadao Kohno ⁽²⁾,
Nguyen Thi Thu Mai ⁽³⁾**

⁽¹⁾ National Center for Hydro-Meteorological Forecasting

⁽²⁾ Meteorological Research Institute-Japan Meteorological Agency

⁽³⁾ Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography,
Ha Noi University of Science

There are many advantages for economic development in coastal areas; however, these areas often suffer from the effects of extreme natural disasters, including storm surges. This article briefly introduces some results from the research into a storm surge model which is developed by Japan Meteorological Agency. This model has been transferred to the National Center for Hydrometeorological Forecasting through International Workshop organized by the Center for Asian Disaster Prevention (ADPC) in Thailand, 6/2012. JMA is the open source model, which can run on Linux operating system. Some results from simulated storm surges for typical storms in the past compared with observed data were positive. The research team has also developed some programs that handle the input and the output to provide maximum support for forecasters in operational forecasting.

MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THỦY TRIỀU, SÓNG BIỂN VÀ NƯỚC DÂNG TRONG BÃO BẰNG MÔ HÌNH SUWAT TẠI VIỆT NAM

Đỗ Đình Chiến⁽¹⁾, Trần Sơn Tùng⁽²⁾, Nguyễn Bá Thủy⁽²⁾, Trịnh Thị Tâm⁽²⁾,
Sooyoul Kim⁽³⁾

⁽¹⁾ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu

⁽²⁾ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

⁽³⁾ Khoa công trình sau đại học-Đại học Tottori-Nhật Bản

Trong nghiên cứu này, mô hình tích hợp SuWAT (Surge, Wave and Tide) dự báo thủy triều, sóng biển và nước dâng trong bão được nghiên cứu và tính toán thử nghiệm. Trong đó, mô hình thành phần tính thủy triều và nước dâng trong bão được xây dựng dựa trên hệ phương trình sóng nước nông phi tuyến hai chiều có xem xét đến ảnh hưởng của nước dâng do sóng được tạo bởi ứng suất sóng, với ứng suất sóng được tính từ mô hình SWAN. Mô hình SuWAT đã được kiểm nghiệm cho thủy triều và nước dâng trong bão 3 cơn bão lịch sử gây nước dâng đáng kể. Kết quả tính toán cho thấy chỉ số NASH trong đánh giá sai số giữa thực đo và tính toán của thủy triều và nước dâng trong bão tại các trạm so sánh hầu hết đạt trên 0.8.

1. Mở đầu

Thủy triều, sóng biển và nước dâng trong bão là các yếu tố hải văn rất được quan tâm trong các hoạt động kinh tế, giao thông trên biển. Các yếu tố này đã được tính toán và dự báo từ rất lâu. Hiện tại có nhiều nghiên cứu ứng dụng các mô hình số trị trong tính toán và dự báo nghiệp vụ thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão. Thông thường, các yếu tố trên được tính toán độc lập, tức là chưa tính đến tương tác giữa chúng ngoại trừ nước dâng và thủy triều đã được nghiên cứu theo hướng kết hợp gần đây [1, 2]. Do vậy mà độ chính xác của mô hình trong một số trường hợp còn hạn chế. Lấy thí dụ với nước dâng do bão, trên thực tế sóng biển đóng góp một phần rất đáng kể vào mực nước dâng tổng cộng trong bão. Nhiều nghiên cứu đã kết luận rằng mực nước dâng do sóng phụ thuộc vào các tham số sóng (độ cao và chu kỳ), độ sâu và độ dốc đường bờ, trong nhiều trường hợp có thể đóng góp tới 40% trong mực nước dâng tổng cộng trong bão. Nhiều kết quả tính toán của các mô hình không xem xét đến ảnh hưởng của nước dâng do sóng (wave setup) mà chỉ tính nước dâng gây bởi ứng suất gió và độ giảm áp ở tâm bão thường dẫn tới kết quả nhỏ hơn giá trị thực đo khá nhiều. Do vậy, xem xét phần đóng góp của nước dâng do sóng vào mực nước dâng tổng cộng (thủy triều + nước dâng do bão (gió, áp) + nước dâng do sóng) là rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, một số kết quả tính toán thử nghiệm thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão bằng mô hình couple SuWAT được giới thiệu. Mô hình này được phát triển tại đại học Kyoto-Nhật Bản, đã khắc phục được những hạn chế mà các mô hình, công nghệ dự báo nước dâng bão được xây dựng và phát triển trong nước trước đây, đó là xem xét đến đồng thời ảnh hưởng của thủy triều, sóng biển và có chức năng tính lưới lồng. Một số kết quả thử nghiệm ban đầu đã cho thấy có thể sử dụng mô hình này trong tính toán cũng như dự báo nghiệp vụ thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão.

2. Giới thiệu mô hình SuWAT

Mô hình SuWAT là mô hình Couple dự tính đồng thời cả nước dâng do bão, thủy triều và sóng biển. SuWAT là mô hình được xây dựng tại đại học Kyoto Nhật Bản để phục vụ tính toán và dự báo nước dâng do bão với độ chính xác cao do tính đến nước dâng do sóng. Mô hình SuWAT được xây dựng dựa trên hệ phương trình nước nông 2 chiều để tính thủy triều và nước dâng do bão. Trong đó thành phần ứng xuất sóng (tạo nước dâng do sóng) được tính từ mô hình SWAN. Hệ phương trình cơ bản của mô hình được mô tả như sau:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial x} = fN - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{NM}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial y} = -fM - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right)$$

Với: η : mực nước bề mặt; M, N: Vận tốc theo các hướng x và y; F: tham số coriolis; P: áp suất khí quyển; D: độ sâu tổng cộng $d = \eta + h$; A_h : Hệ số khuếch tán rối theo phương ngang; ρ_w : mật độ nước; F_x, F_y : Lực gây ra sóng bức xạ sóng; τ_b^x, τ_b^y : Ứng suất đáy, ứng suất bề mặt

$$F_x = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}; F_y = -\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}$$

$$S_{xx} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\alpha d\theta$$

$$S_{yy} = S_{xx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\alpha d\theta$$

$$S_{xy} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\alpha d\theta$$

Với C, C_g là vận tốc truyền sóng và vận tốc nhóm sóng.

3. Một số kết quả tính toán thử nghiệm

3.1. Miền tính, lưới tính, điều kiện biên và trường gió, áp cho mô hình

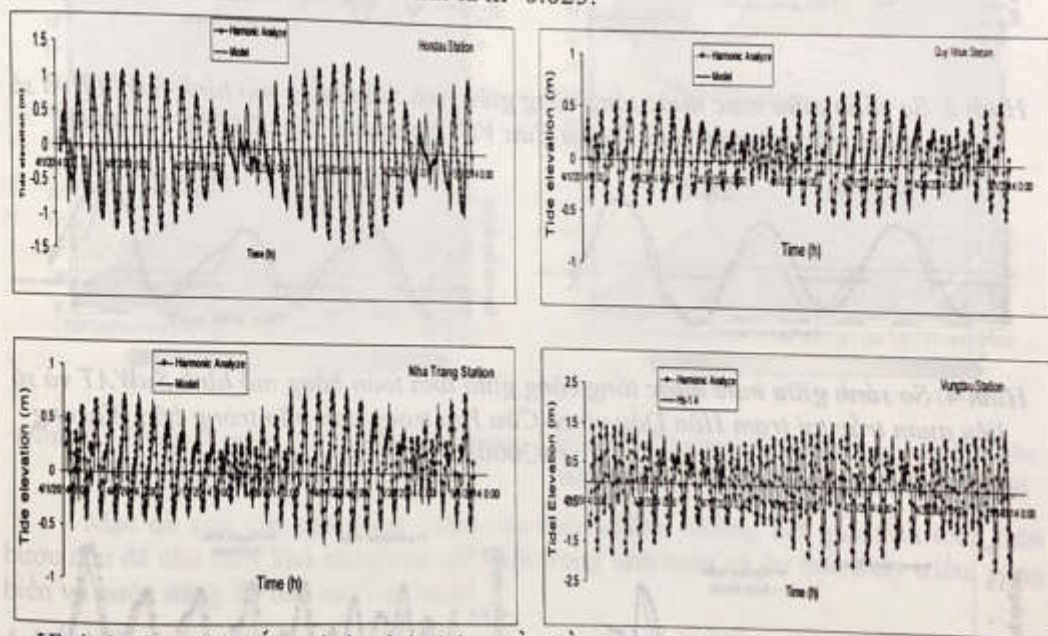
Miền tính được xây dựng cho điều kiện của Việt Nam từ vĩ tuyến 8°N đến vĩ tuyến 22°N, và từ kinh tuyến 103°E đến 120°E. Độ phân giải ngang của lưới tính là 2 phút (khoảng 3.7km). Dữ liệu địa hình được lấy từ GEBCO có độ phân giải 0.5m. Tại biên lỏng, số liệu thủy triều của 16 (M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, OOI, 2N2, Mu2, Nu2, L2, T2) được lấy từ mô hình thủy triều toàn cầu (NAO.99b, NAO.99Jb model - http://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/README_NAOTIDE_En.html) làm điều kiện biên cho lưới Biển Đông. Số liệu trường khí tượng (gió, áp) làm đầu vào cho mô hình SuWAT có thể là số liệu nhận được từ các mô hình số trị như GFS, WRF, HRM..., hoặc mô hình bão giải tích (tái tạo trường gió, áp theo các tham số dự bão bão như tọa độ, độ giảm áp tại tâm, bán kính gió cực đại). Các mô hình bão giải tích phổ biến sử dụng như Fujita, Mayer, Holland, Boe.... Các tham số bão được xác định

thông thường 3 hoặc 6 giờ theo quỹ đạo đường đi của bão (besttrack). Trường số liệu có thể là định dạng ascii hoặc binary. Trong báo này, các kết quả thử nghiệm mới chỉ tính trên lưới đơn.

3.2. Một số kết quả tính toán thử nghiệm

Thủy triều

Trên hình 1(a), (b), (c) và (d) trình bày so sánh giữa tính toán thủy triều bằng mô hình SuWAT với số liệu phân tích điều hòa tại các trạm Hòn Dấu, Quy Nhơn, Nha Trang và Vũng Tàu trong tháng 4 năm 2014. Kết quả cho thấy độ lệch pha giữa 2 kết quả không nhiều, với biên độ triều kết quả từ mô hình số trị có xu hướng nhỏ hơn với số liệu phân tích điều hòa và sai số lớn nhất gặp phải là tại trạm Vũng Tàu, chênh lệch biên độ thủy triều khoảng 20 cm. Hệ số NASH đánh giá sai số giữa mô hình số trị và phương pháp phân tích điều hòa tại các tất cả các trạm đều cho giá trị lớn hơn 0.8, ngoại trừ trạm Vũng Tàu là 0.68. Sai số cả về pha và biên độ sẽ được cải thiện khi có trường độ sâu và hệ số nhám phù hợp. Hiện tại trong nghiên cứu này mới hiệu chỉnh hệ số nhám chung cho toàn miền tính là $m=0.025$.



Hình 1. So sánh kết quả dự tính thủy triều bằng mô hình SuWAT và phân tích điều hòa tại Hòn Dấu, Quy Nhơn, Nha Trang và Vũng Tàu

Nước dâng trong bão

Nước dâng trong bão ở đây là mực nước tổng cộng, tức là bao gồm mực nước triều, nước dâng do gió, áp và nước dâng do sóng. Với nước dâng trong bão, mô hình đã tính toán và kiểm chứng với số liệu quan trắc (mực nước tổng cộng) trong 3 cơn bão gây nước dâng đáng kể (lớn hơn 0.5m) là Kaemi (tháng 8/2000), Wukong (tháng 9/2000) và Xangsena (tháng 9/2006). Quỹ đạo của 3 cơn bão như trên Hình 3. Trường gió và áp trong 3 cơn bão này được tái tạo theo mô hình bão giải tích của Fujita (1952) dựa trên số liệu của các tham số bão dọc theo quỹ đạo bão được ghi nhận (số liệu besttrack).

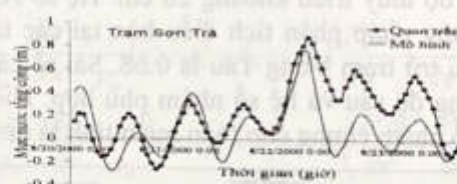
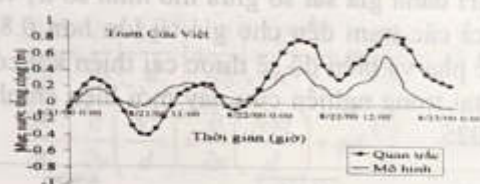


(a)

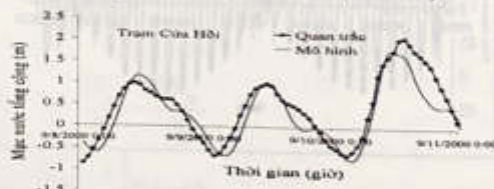
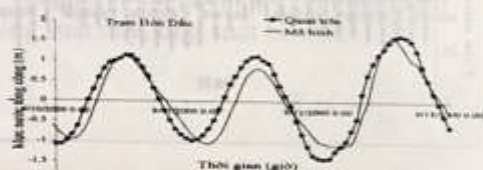
(b)

(c)

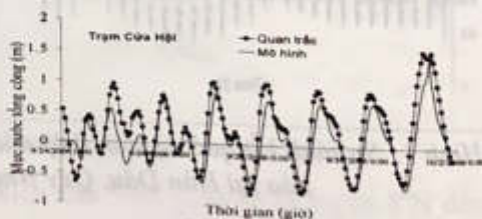
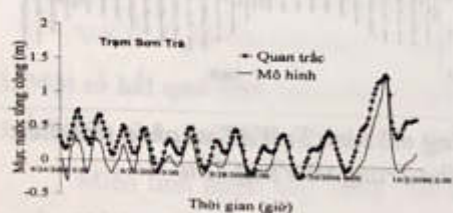
Hình 2. Quỹ đạo của bão Kaemi(a), Wukong(b) và XANGSANE (c)



Hình 3. So sánh giữa mực nước tổng cộng giữa tính toán bằng mô hình SuWAT và số liệu quan trắc tại trạm Sơn Trà và Cửa Việt trong cơn bão KAEMI (8/2000)



Hình 4. So sánh giữa mực nước tổng cộng giữa tính toán bằng mô hình SuWAT và số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu và và Cửa Hội trong cơn bão trong bão Wukong (9/2000)



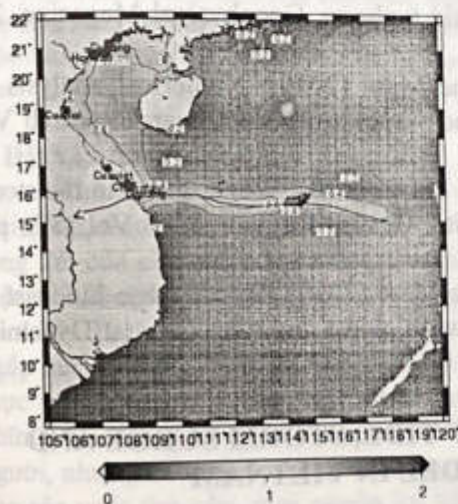
Hình 5. So sánh giữa mực nước tổng cộng giữa tính toán bằng mô hình SuWAT và số liệu quan trắc tại trạm Sơn Trà và và Cửa Hội trong cơn bão XANGSANE (9/2006)

So sánh giữa kết quả tính toán và quan trắc mực nước tổng cộng tại một số trạm trong 3 cơn bão được thể hiện trên các Hình 3 (bão Kaemi), Hình 4(bão Wukong) và Hình 5 (bão Sangxena). Nhìn chung mô hình phản ánh khá phù hợp với dao động của mực nước tổng cộng trong bão, ngoại trừ trong bão Kaemi, mực nước quan trắc tại Sơn Trà và Cửa Việt lớn hơn kết quả của mô hình. Phân bố độ cao lớn nhất của nước dâng lớn nhất (không bao gồm thủy triều) được thể hiện trên Hình 6 cho thấy mô hình cho bức tranh phù hợp với phân bố thực tế của nước dâng trong cơn bão. Cũng giống như thủy triều sai số còn tồn tại trong tính toán nước dâng do bão sẽ được cải tiến theo

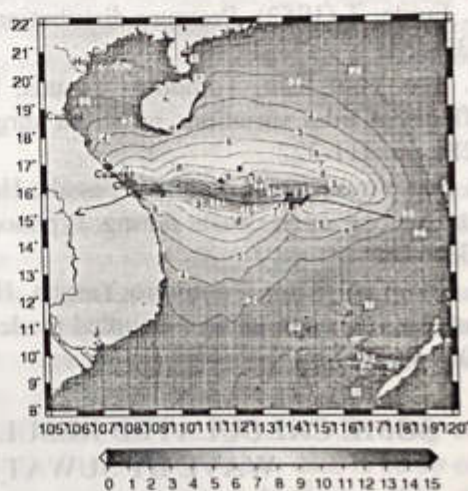
hướng cập nhật trường địa hình và lựa chọn hệ số nhám phù hợp nhất, đồng thời với việc sử dụng hệ thống tính toán lưới lồng có độ phân giải cao, thành phần nước dâng do sóng có thể sẽ tăng đáng kể nên sẽ hạn chế được sự khác biệt còn khá lớn trong cơn bão Kaemi.

Sóng biển

Trong mô hình SuWAT, trường độ cao sóng được tính từ mô hình SWAN trên nền dòng chảy và mực nước là đầu ra của mô hình nước nông phi tuyến 2 chiều. Trong khuôn khổ bài báo này, chỉ đưa ra một sản phẩm về phân bố độ cao sóng ý nghĩa lớn nhất trong cơn bão Xangsena tháng 9/2006 như trên hình. Việc kiểm chứng mô hình SuWAT trong tính toán, dự báo trường sóng trong bão sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 6. Trường nước dâng lớn nhất trong bão Xangsena tháng 9/2006



Hình 7. Trường độ cao sóng ý nghĩa lớn nhất trong bão Xangsena tháng 9/2006

Mặc dù còn cần tập trung thêm cho hiệu chỉnh, những kết quả tính toán trên bước đầu đã cho thấy khả năng của mô hình trong tính toán và dự báo thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão tại Việt Nam.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mô hình couple tính toán dự báo thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão, mô hình SuWAT đã được thử nghiệm trong tính toán thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Đã khai thác và áp dụng thành công mô hình cho điều kiện Việt Nam trong tính toán, dự báo thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão trên hệ thống lưới lồng (mặc dù không đi sâu trong khuôn khổ bài báo này).

- Những thử nghiệm ban đầu cho thấy kết quả tính toán thủy triều và nước dâng do bão khá phù hợp số liệu quan trắc.

- Kiểm nghiệm mô hình với những số liệu đầu vào tin cậy hơn (sử dụng trường gió tái phân tích, trường độ sâu cập nhật mới, trường hệ số nhám chi tiết, tính trên hệ lưới lồng) là những nội dung cần thực hiện trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Xuân Hiền, Phạm Văn Tiến, Dương Ngọc Tiến, Đinh Văn Ưu. *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-Khoa học Tự nhiên và công nghệ, 2009.
2. Đinh Văn Mạnh và nnk (2011), "*Phát triển và hoàn thiện mô hình dự bão sóng bão, nước dâng do bão, thủy triều cho dải ven biển Việt Nam*". Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Cơ học.
3. Fujita, T.(1952): Pressure distribution within typhoon, Geophysical Magazine, 23, 437-451.
4. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010). Numerical analysis of effects of tidal variations on storm surges and waves. Applied Ocean Research Vol (28), pp. 311-322.
5. Soo Youl Kim,, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010). Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita. Coastal Engineering, Vol (57), pp. 631-642.
6. Soo Youl Kim,, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010). Storm surge hindcast in tosa bay of japan using a coupled model of surge, wave and tide. Coastal Dynamics 2009 Paper No. 21.

SOME CALCULATED RESULT OF TIDE, STORM SURGE AND WAVE BY SUWAT MODEL IN VIETNAM

Do Dinh Chien⁽¹⁾, Tran Son Tung⁽²⁾, Nguyen Ba Thuy⁽²⁾, Trinh Thi Tam⁽¹⁾, Sooyoul Kim⁽³⁾

⁽¹⁾ Viet Nam Institute of Meterology, Hydrology and Climate Change

⁽²⁾ National Centre for Hydrometeorological Forecasting

⁽³⁾ Graduate School of Engineering, Tottori University

In this paper, a coupled numerical model of Surge, Wave and Tide (called as SuWAT) was applied for simulation of tide, storm surge and wave in Vietnam. The tidal and storm surge model is based on two dimensional nonlinear shallow water equations, considering the effect of wave set-up, which was calculated from SWAN model. The model applied to simulate tide, storm surge and wave in 3 historical typhoons. The NASH coefficients between numerical and observation data of tide only and total water level in all calibration stations are mostly greater 0.8.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

THỦY VĂN - TÀI NGUYÊN NƯỚC

1	Ứng dụng Google Earth trong phòng chống lũ trên các lưu vực sông nhỏ, áp dụng thí điểm cho lưu vực Ngòi Thia, tỉnh Yên Bái	1
	An Tuấn Anh	
2	Tính toán thủy văn, thủy lực phục vụ thiết kế hệ thống kênh thoát nước Tàu Hũ - Bến Nghé, Đồi - Tẻ	10
	Lương Tuấn Anh, Lã Thanh Hà, Hoàng Văn Đại	
3	Đánh giá hệ thống dự báo thủy văn bằng tỷ số RCRPS	18
	Trịnh Nguyên Bảo	
4	Đánh giá hiệu quả của các công trình khai thác nước thi công bằng công nghệ khoan tuần hoàn ngược	25
	Trần Văn Chung	
5	Xây dựng hệ thống thông tin khí tượng - thủy văn phục vụ các hồ chứa thủy điện	33
	Trần Thành Công, Trần Đình Phương, Nguyễn Hồng Vân	
6	Cập nhật mô hình dự báo lũ trên hệ thống sông Hồng - Thái Bình và một số kết quả dự báo lũ năm 2012	41
	Hoàng Văn Đại, Đặng Thu Hiền, Phan Văn Thành, Hoàng Thị Thảo, Nguyễn Thị Bích, Đặng Thị Lan Phương	
7	Tác động phát triển đô thị và công nghiệp phía Tây Nam Vĩnh Phúc đến chế độ lũ lụt sông Phan - Cà Lồ	49
	Hoàng Văn Đại, Hoàng Thị Nguyệt Minh	
8	Nghiên cứu ứng dụng mô hình số thích hợp dự báo tài nguyên nước mặt cho lưu vực sông Ba	57
	Thân Văn Đón, Dương Văn Khánh	
9	Biểu hiện của biến đổi khí hậu và tác động lên tài nguyên nước của tỉnh Bình Định	67
	La Đức Dũng, Nguyễn Hoàng Minh, Lê Hữu Hoàng, Nguyễn Mạnh Thắng, Đỗ Đình Chiến, Trần Hồng Thái	
10	Nước ảo và quản lý tài nguyên nước theo quan điểm nước ảo	74
	Lương Hữu Dũng, Hoàng Minh Tuyên, Ngô Thị Thủy, Lê Tuấn Nghĩa	
11	Bước đầu đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn cho vùng hạ lưu hệ thống sông Mã	81
	Lã Thanh Hà, Hoàng Văn Đại, Nguyễn Thị Hiền	
12	Nhận xét bước đầu về ảnh hưởng của ENSO đến dòng chảy các sông Đà, Thao và Lô	88
	Lã Thanh Hà, Trần Thanh Xuân, Văn Thị Hằng	

29	Diễn biến mặn ở đồng bằng sông Cửu Long	220
	Trần Thanh Xuân, Hoàng Minh Tuyên, Lương Hữu Dũng, Ngô Thị Thủy	

BIỂN

30	Sự lơ lửng trở lại của phù sa đáy khu vực phía trong thềm lục địa – Trường hợp nghiên cứu bờ biển Tây Bắc Đài Loan	229
	Hoàng Anh, Hwa Chien, Hao-Yuan Cheng	
31	Biến động dòng chảy và bùn cát hạ lưu sông Mê Công	235
	Nguyễn Xuân Hiên, Trần Thực, Lương Hữu Dũng	
32	Ứng dụng công nghệ Web GIS nhằm dự báo quỹ đạo vật thể trôi phục vụ tìm kiếm cứu nạn trên biển	243
	Đàm Duy Hùng, Dương Hồng Sơn, Trần Thị Nhung, Lê Văn Quy	
33	Ứng dụng bộ mô hình kết nối nghiên cứu biến động của nhiệt độ nước bề mặt (SST) khu vực bờ Tây Biển Đông	250
	Lê Quốc Huy, Trần Thực, Đinh Văn Ưu	
34	Một số đặc điểm địa chất, địa mạo và xói lở bờ biển đảo Phú Quốc	257
	Lê Hoài Nam, Nguyễn Ngọc Tuyên, Hà Quang Hải	
35	Ứng dụng ROMS nghiên cứu trường dòng chảy khu vực biển Cà Mau	264
	Trần Thùy Nhung, Dương Hồng Sơn, Lê Văn Quy	
36	Phân tích biến động đường bờ khu vực Cà Mau bằng ảnh landsat	270
	Doãn Hà Phong, Trần Thực, Lê Phương Hà, Nguyễn Ngọc Anh	
37	Ứng dụng viễn thám thành lập bản đồ lượng trầm tích lơ lửng ven biển tỉnh Cà Mau	276
	Doãn Hà Phong, Trần Thực, Nguyễn Minh Hằng	
38	Nghiên cứu tính toán sóng bằng Delft 3D tại khu vực biển Cần Giờ	282
	Bảo Thanh, Ngô Nam Thịnh, Trần Tuấn Hoàng	
39	Nghiên cứu khả năng suy giảm sóng tàu bởi hệ thực vật ven sông bằng mô hình số trị	288
	Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Xuân Hiên, Vũ Hải Đăng	

MÔI TRƯỜNG

40	Bước đầu đánh giá ảnh hưởng của mưa đến xói mòn khu vực hồ Hòa Bình (phần Việt Nam)	297
	Nguyễn Thị Hồng Chiên	
41	Đánh giá hiện trạng môi trường nước mặt sông Vu Gia-Thu Bồn đoạn qua huyện Đại Lộc, tỉnh Quảng Nam	302
	Dương Anh Điệp	
42	Khả năng giám sát từ xa mực nước sông hồ bằng thiết bị đo nguyên lý phao và công nghệ không dây trong quan trắc nghiệp vụ, dự báo thủy văn và cảnh báo lũ lụt	308
	Nguyễn Văn Hà, Nguyễn Minh Tuấn, Lê Hà Hoàng Minh	
43	Nghiên cứu tính toán quá trình ô nhiễm kim loại nặng vịnh Cam Ranh – Khánh Hòa theo các kịch bản kinh tế xã hội	314
	Nguyễn Thị Thủy Hằng, Nguyễn Kỳ Phùng, Nguyễn Thị Bảy	

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG SUY GIẢM SÓNG TÀU BỞI HỆ THỰC VẬT VEN SÔNG BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

Nguyễn Bá Thủy⁽¹⁾, Nguyễn Xuân Hiền⁽²⁾, Vũ Hải Đăng⁽³⁾

⁽¹⁾ Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

⁽²⁾ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

⁽³⁾ Viện Địa chất và Địa Vật lý Biển

Trong nghiên cứu này, khả năng suy giảm sóng tàu bởi thực vật ven sông được tính toán phân tích bằng mô hình số trị. Mô hình tính toán quá trình phát sinh, lan truyền và tác động tới bờ sông của sóng tàu được nghiên cứu xây dựng dựa trên hệ phương trình Boussinesq 2 chiều, có xem xét đến thành phần tiêu tán năng lượng sóng bởi thực vật. Mô hình sau đây áp dụng cho một đoạn sông với địa hình lý tưởng. Ảnh hưởng của mật độ cây và kích thước bãi thực vật được tính toán phân tích. Kết quả tính toán cho thấy năng lượng sóng tàu và sóng leo suy giảm rất đáng kể khi tăng mật độ cây và kích thước bãi thực vật. với mật độ cây 250 cây/m² và bề dày thực vật 35 m có thể suy giảm 59% và 73% độ cao sóng leo và áp lực sóng tương ứng.

1. Mở đầu

Các hiệu ứng nước nông, khúc xạ, nhiễu xạ, sóng đồ, sóng leo của sóng gió cũng như tác động của chúng tới quá trình xói lở bờ và biến đổi địa hình đáy đã được nghiên cứu kỹ lưỡng. Tuy nhiên, quá trình phát sinh, lan truyền và tác động của sóng tàu lên các công trình và hoạt động lưu thông xung quanh chưa được nghiên cứu quan tâm nhiều tại Việt Nam cũng như trên thế giới. Trên thế giới, hiện tượng sóng tàu đã được quan tâm từ khá lâu và theo nhiều hướng với các mục đích khác nhau. Những nghiên cứu gần đây phải kể tới như các tác giả Tanimoto (2000), Dam và những người khác (2006) cho thấy rằng sóng do tàu sinh ra và lan truyền phụ thuộc vào hình dạng vỏ tàu, tốc độ di chuyển, độ sâu của nước và khoảng cách tàu chạy. Kirkegaard et al. (1999) đưa ra báo cáo về hiện trạng một số tàu lớn di chuyển với tốc độ nhanh gây ra sự nguy hiểm đối với các tàu nhỏ và cư dân tắm biển. Về khía cạnh môi trường, tác giả Nakase et al. (1999) đã kết luận rằng sóng tàu có tác động rất lớn đến các hoạt động nuôi trồng thủy sản như rong, tảo. Hướng nghiên cứu năng lượng sóng tàu và tác động lên công trình bờ được quan tâm nhiều hơn, cụ thể như các công trình nghiên cứu của Weggel and Sørensen (1986), Chen and Sharmal (1997), Dong et al. 2009 trên cơ sở giải các phương trình dạng Kadomtsev–Petviashvili (KP).

Tại Việt Nam, trong thời gian gần đây, hiện trạng các tuyến luồng có xu hướng xấu đi, hiện tượng sạt lở bờ sông, mái dốc luồng liên tiếp xảy ra và đã được cơ quan chức năng và hệ thống truyền thông đề cập. Tại khu vực sông Sài Gòn và các kênh rạch thuộc đồng bằng sông Cửu Long có tới hàng trăm điểm xói lở, có nhiều khu vực xói lở nghiêm trọng gây nên những thiệt hại rất lớn, gây ảnh hưởng bất lợi đến đời sống nhân dân, hoạt động kinh tế, quy hoạch sử dụng đất và môi trường. Có nhiều nguyên nhân gây ra sạt lở như: khai thác cát bừa bãi, mưa lũ... Trong đó có một phần nguyên nhân do tác động của sóng tàu (có năng lượng rất lớn). Tuy nhiên, hiện tại nghiên cứu về sóng tàu còn rất ít ỏi, chủ yếu là các báo về tác động của sóng tàu tới xói lở bờ và được thực hiện bởi các cơ quan chức năng và hệ thống truyền thông. Trong một số nghiên cứu trước gần đây, các tác giả Nguyễn Bá Thủy (2006), Nguyễn Xuân Hiền và những người khác (2008) đã đề cập tới nghiên cứu tính toán quá trình phát sinh và lan truyền của sóng tàu dựa trên hệ phương trình Boussinesq 2 chiều. Tuy

nhiên, các tính toán này mới chỉ thực hiện cho kênh lý tưởng với các đường đẳng sâu song song, độ cao sóng leo và áp lực sóng, những tham số sóng tác động mạnh đến độ ổn định của đường bờ và khả năng làm suy giảm sóng của bãi thực vật ven sông chưa được đề cập chi tiết.

Trong nghiên cứu này, mô hình mô phỏng quá trình phát sinh, lan truyền qua bãi thực vật của sóng tàu dựa theo hệ phương trình Boussinesq 2 chiều tiếp tục được phát triển theo hướng ảnh hưởng của thực vật được xem xét. Sau đó, tác động của thực vật tới suy giảm năng lượng sóng và độ cao sóng leo sẽ được tính toán phân tích cho một số trường hợp của mật độ cây và kích thước bãi thực vật. Các tính toán phân tích bước đầu được dựa trên điều kiện lý tưởng của địa hình sông và phân bố thực vật (cây có dạng hình trụ, phân bố đều).

2. Cơ sở lý thuyết mô hình toán

2.1. Hệ phương trình cơ bản

Mô hình tính toán mô phỏng sóng tàu được dựa trên việc giải phương trình Boussinesq 2 chiều của Madsen và Sorensen (1992). Các thành phần mô phỏng sóng leo, sóng đổ và tác động của thực vật đã được bổ sung trong hệ phương trình như mô tả dưới đây:

Phương trình liên tục:

$$b \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Phương trình chuyển động theo phương x:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{A} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{A} \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial x} - R_{bx} + E_x + \frac{F_x}{\rho} + \frac{\tau_x}{\rho} \\ = \left(\beta + \frac{1}{3} \right) h^2 \left(\frac{\partial^3 Q_x}{\partial t \partial x^2} + \frac{\partial^3 Q_y}{\partial t \partial x \partial y} \right) + h \frac{\partial h}{\partial y} \left(\frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q_y}{\partial t \partial x} \right) \\ + \beta g h^2 \left\{ \frac{\partial h}{\partial x} \left(2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right\} + \beta g h^3 \left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial x \partial y^2} \right) \\ + h \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{3} \frac{\partial^2 Q_x}{\partial t \partial x} + \frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q_y}{\partial t \partial y} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Phương trình chuyển động theo phương y:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{A} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{A} \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial y} - R_{by} + E_y + \frac{F_y}{\rho} + \frac{\tau_y}{\rho} \\ = \left(\beta + \frac{1}{3} \right) h^2 \left(\frac{\partial^3 Q_x}{\partial t \partial x \partial y} + \frac{\partial^3 Q_y}{\partial t \partial y^2} \right) + h \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q_x}{\partial t \partial y} \right) \\ + \beta g h^2 \left\{ \frac{\partial h}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right\} + \beta g h^3 \left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial x^2 \partial y} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial y^3} \right) \end{aligned}$$

$$+ h \frac{\partial h}{\partial y} \left(\frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q_x}{\partial t \partial x} + \frac{1}{3} \frac{\partial^2 Q_y}{\partial t \partial y} \right) \quad (3)$$

Trong đó, η là mực nước dao động bề mặt (m), Q_x , Q_y là lưu lượng trung bình theo độ sâu theo các phương x và y (m^3/s); t là thời gian (s); h là độ sâu mực nước yên tĩnh (m); g là gia tốc trọng trường (m/s^2); ρ là mật độ nước (kg/m^3); $\beta = 1/15$ là hệ số phân tán (Madsen và Sorensen, 1997); R_{bx} , R_{by} là thành phần tiêu tán năng lượng do sóng vỡ theo phương x , y ; d là độ sâu mực nước tức thời, b là chiều rộng tương đối của kênh truyền sóng trong mô phỏng sóng leo, τ_x , τ_y là thành phần ma sát đáy. Hệ phương trình, lý thuyết dài cũng như kết quả kiểm nghiệm mô hình đã được trình bày chi tiết trong các công trình trước [1,2,4]. F_x , F_y là lực cản của thực vật tác động lên chuyển động của sóng được mô tả trong phương trình (4, 5):

$$F_x = \frac{1}{2} \gamma C_d d_t \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{d} \quad (4)$$

$$F_y = \frac{1}{2} \gamma C_d d_t \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{d} \quad (5)$$

Với γ là mật độ cây trên một đơn vị diện tích và C_d là hệ số lực kéo sinh ra do sóng tác dụng lên thực vật được giả thiết $=1.0$ với thực vật hình trụ và khoảng giá trị của hệ số Reynold trong điều kiện hiện tại, d_t là đường kính của cây.

2.2. Mô hình phát sinh sóng do chuyển động tàu

Mô hình phát sinh sóng do tàu chuyển động của Chen và Sharma (1995) được sử dụng. Giả thiết rằng chiều rộng tàu là nhỏ hơn nhiều so với chiều dài và coi tàu có dạng như một đoạn thẳng, nguồn năng lượng phát ra do tàu chuyển động có dạng nguồn đường và được đưa ra như sau:

$$Q_y = \pm \frac{1}{2} U_s \frac{dS}{dx} \quad (6)$$

Trong đó, U_s là tốc độ di chuyển của tàu, S là diện tích tàu tiếp xúc với mực nước yên tĩnh tại các thời điểm khác nhau trong quá trình di chuyển của tàu và được tính như sau:

$$S(x_s) = S_0 \left[1 - \left(\frac{2x_s}{L_s} \right)^2 \right], \quad -1 \leq \frac{2x_s}{L_s} \leq 1 \quad (7)$$

Với x_s là khoảng cách tính từ điểm giữa của tàu và L_s là chiều dài tàu và S_0 là diện tích mặt cắt ngang của thân tàu ngập dưới nước (giữa tàu) được tính như sau:

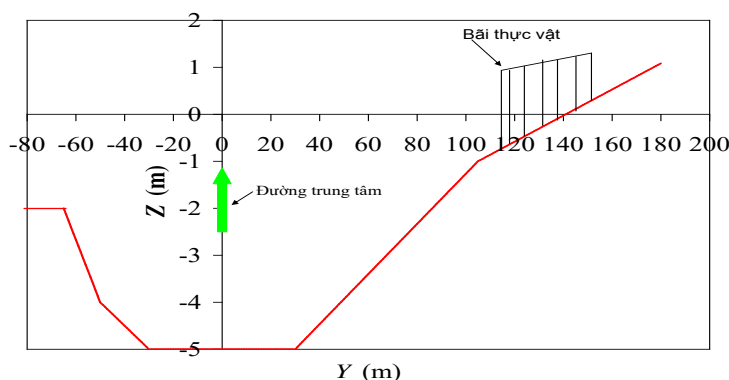
$$S_0 = \alpha B_s d_s$$

Trong đó, α là hệ số liên quan đến hình dạng tàu (hình dạng tiết diện ngang của tàu), B_s là kích thước bề ngang của tàu, d_s là khoảng cách theo phương thẳng đứng tính từ mực nước yên tĩnh đến đáy tàu (chiều chìm).

3. Kết quả tính toán phân tích

3.1. Điều kiện tính toán

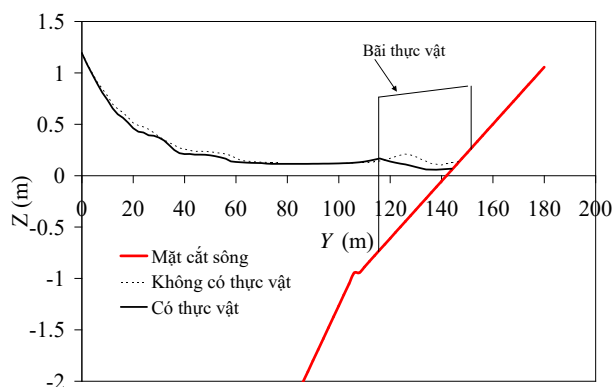
Để nghiên cứu ảnh hưởng của thực vật tới quá trình suy giảm độ cao sóng leo và năng lượng sóng tàu, tất cả các tính toán dưới đây được thực hiện chung trên một đoạn sông với mặt cắt ngang như trên hình 1. Trong đó, độ sâu tại trung tâm $H_0=5\text{m}$, chiều dài đoạn sông dùng tính toán mô phỏng $L_0=1500\text{m}$. Bãi thực vật được giả thiết phân bố bên phía bờ phải theo hướng tàu chạy, cây hình trụ với đường kính $d_t=0.01\text{m}$, phân bố đều và bắt đầu tại khoảng cách 115m tính từ tâm sông. Các thông số về tàu như sau: chiều dài tàu là 21.75 m, chiều rộng tàu 8.5 m; ngăn nước 2.0 m và hệ số hình dạng tàu được lấy là 0.9, vận tốc lưu thông $U=5.33\text{m/s}$. Một số điều kiện khác nhau của kích thước bãi thực vật và mật độ cây được tính toán phân tích.



Hình 1: Mặt cắt ngang của sông

3.2. Ảnh hưởng của thực vật tới lan truyền sóng tàu

Hình 2 biểu diễn phân bố độ cao sóng tàu dọc theo mặt cắt ngang của sông tại khoảng cách 1000 m tính từ điểm suất phát. Đây là vị trí mà sóng tàu đã đạt đến độ cao lớn nhất. Điều kiện của bãi thực vật: bề rộng 35 m, mật độ cây 0.0115 cây/cm^2 . Kết quả tính toán cho thấy, trong trường hợp không có bãi thực vật, độ cao sóng tàu tăng dần khi truyền vào vùng nước nông ven bờ, tới một giá trị tới hạn sóng bị vỡ. Trong trường hợp có tồn tại của bãi thực vật, do hiệu ứng phản xạ với cây, độ cao sóng tăng nhẹ phía trước và suy giảm đáng kể phía trong bãi thực vật. Giá trị cao sóng leo giảm khoảng 46% khi so sánh với trường hợp không có bãi thực vật. Tại vùng nước sâu hơn phía ngoài bãi thực vật, độ cao sóng hầu như không có sự khác biệt giữa 2 trường hợp.



Hình 2: Phân bố độ cao sóng dọc theo mặt cắt sông (trường hợp có và không có bãi thực vật)

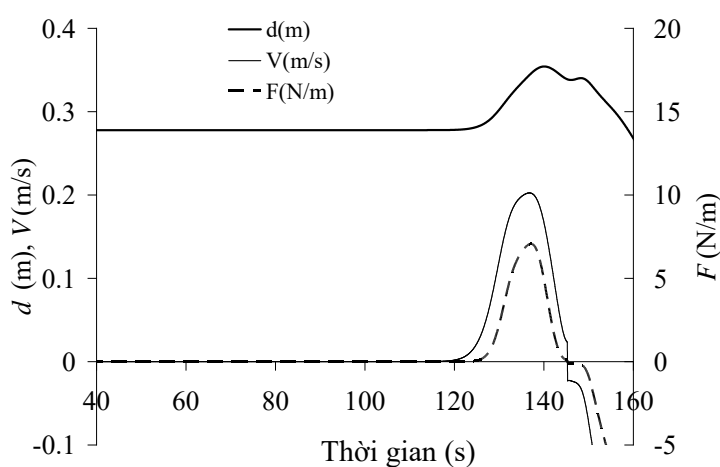
3.3. Năng lượng sóng tàu

Trong nghiên cứu này, véc tơ năng lượng sóng $\vec{F}$ được tính theo công thức như sau:

$$\vec{F} = \frac{1}{2} \rho d \vec{V} |\vec{V}| \quad (8)$$

Đây là tổng năng lượng sóng theo độ sâu tác động lên một vật thể ảo với kích thước bề ngang và hệ số cản là một đơn vị, V là vận tốc dòng chảy sóng.

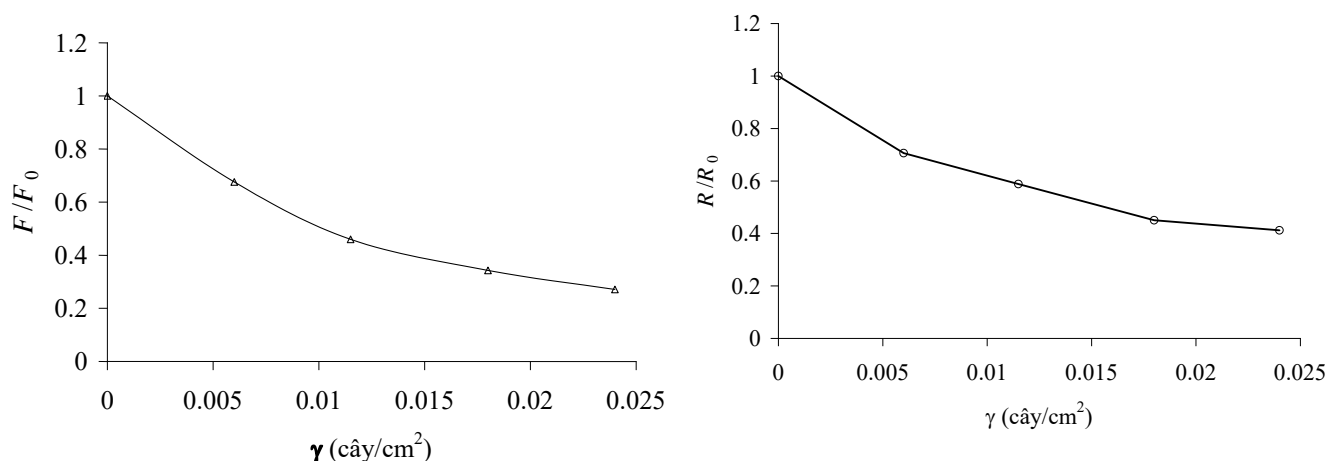
Hình 3 biểu diễn biến thiên theo thời gian của độ cao mực nước, vận tốc dòng chảy và áp lực sóng tàu tại điểm giữa bãi thực vật (15m tính từ vị trí có thực vật). Kết quả tính toán cho thấy, giá trị cực trị của vận tốc dòng chảy sóng và năng lượng sóng xuất hiện chậm pha hơn so với thời điểm mực nước đạt giá trị cực trị.



Hình 3: Biến thiên theo thời gian của độ cao mực nước (d), vận tốc dòng chảy sóng (V) và năng lượng sóng (F).

3.4. Ảnh hưởng của mật độ cây

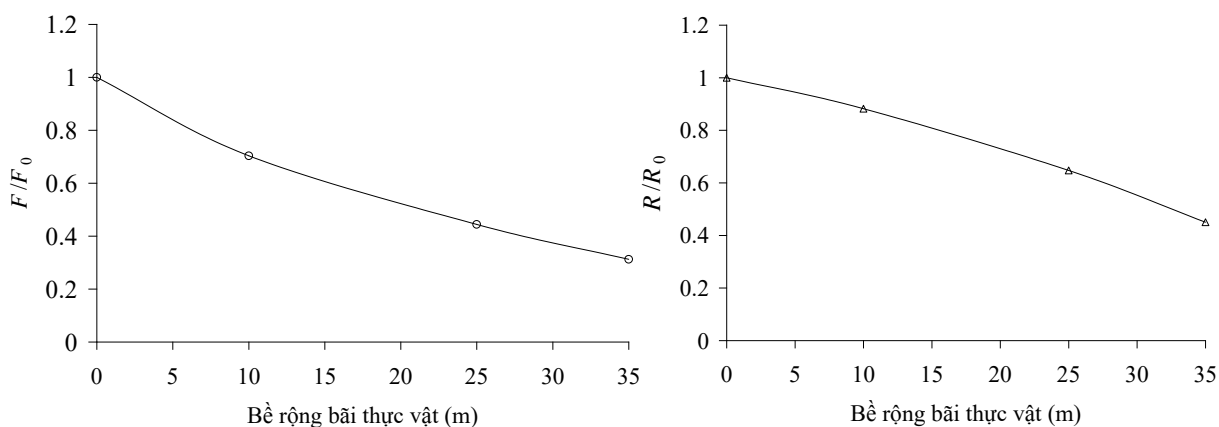
Ảnh hưởng của mật độ cây tới suy giảm năng lượng sóng tàu và độ cao sóng leo được tính toán phân tích cho các trường hợp mật độ cây $\gamma = 0, 0.0060, 0.0115, 0.0180$ và 0.0240 cây/cm² và trong cùng một điều kiện bề rộng của bãi thực vật $W=35$ m. Hình 3(a) và (b) biểu diễn mối liên hệ giữa đại lượng không thứ nguyên của năng lượng sóng tàu (F/F_0), độ cao sóng leo (R/R_0) với mật độ cây tại vị trí phía sau bãi thực vật. Trong đó, chỉ số “0” là trường hợp không có bãi thực vật. Kết quả tính toán cho thấy, năng lượng sóng và độ cao sóng leo suy giảm tuyến tính với mật độ cây. Có thể kết luận rằng với cùng một điều kiện của bãi thực vật, năng lượng sóng suy giảm mạnh hơn độ cao sóng leo. Với mật độ cây $\gamma=0.025$ cây/cm² có thể làm suy giảm tới 73% và 59% năng lượng sóng và độ cao sóng leo tương ứng.



Hình 4: Mức độ suy giảm của năng lượng sóng (F/F_0) và độ cao sóng leo (R/R_0) với mật độ cây (γ).

3.5. Ảnh hưởng của bề rộng thực vật

Mức độ suy giảm năng lượng sóng và độ cao sóng leo của bề rộng bãi thực vật được tính toán phân tích cho 4 trường hợp $W=0, 10, 25$ và 35 m, trong trường hợp mật độ cây $\gamma=0.0115$ cây/cm². Hình 4(a) và (b) biểu diễn mối liên hệ giữa đại lượng không thứ nguyên của năng lượng sóng tàu (F/F_0), độ cao sóng leo (R/R_0) với kích thước bãi thực vật. Trong đó, vị trí được kiểm tra nằm ở phía sau bãi thực vật. Kết quả tính toán cho thấy, cũng giống như ảnh hưởng của mật độ, kích thước bãi thực vật càng tăng thì mức độ suy giảm năng lượng và độ cao sóng càng lớn. Năng lượng sóng suy giảm mạnh hơn so với độ cao sóng leo. Với mật kích thước bãi thực vật $W=35$ m có thể suy giảm tới 69% và 55% năng lượng sóng và độ cao sóng leo tương ứng.



Hình 5: Mức độ suy giảm của năng lượng sóng (F/F_0) và độ cao sóng leo (R/R_0) với kích thước bãi thực vật (W).

Trên đây là một số kết quả tính toán khả năng làm suy giảm năng lượng sóng và độ cao sóng leo bởi hệ thực vật ven sông do tác động của sóng tàu cho trường hợp đơn giản của phân bố và đặc trưng của thực vật. Ảnh hưởng của mật độ cây và kích thước bãi thực vật được tính toán phân tích. Tính toán cho điều kiện thực tế (với một đoạn sông và loài thực vật cụ thể) cũng như ảnh hưởng của vận tốc lưu thông của tàu sẽ được đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, khả năng làm suy giảm sóng (năng lượng sóng và độ cao sóng leo) bằng hệ thực vật ven sông đã được nghiên cứu tính toán. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Mô hình tính toán quá trình phát sinh, lan truyền qua bãi thực vật ven sông của sóng tàu đã được nghiên cứu và phát triển dựa trên hệ phương trình Boussinesq 2 chiều. Năng lượng sóng và độ cao sóng leo đã được tính toán và phân tích.

- Mật độ cây và kích thước bãi thực vật có tác dụng rất đáng kể tới quá trình suy giảm năng lượng sóng và độ cao sóng leo. Trong đó, mức độ suy giảm của năng lượng sóng lớn hơn độ cao sóng leo. Với mật độ cây $\gamma=0.025$ cây/cm², bề rộng bãi thực vật $W=35$ m có thể suy giảm tới 73% và 59% năng lượng sóng và độ cao sóng leo tương ứng.

Những nghiên cứu tính toán cho điều kiện thực tế của một sông cụ thể (địa hình, đặc trưng và phân bố thực vật, kích thước và vận tốc lưu thông của tàu) sẽ cần được đầu tư và nghiên cứu kỹ lưỡng hơn.

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 105.12-2012.02. Tập thể các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bá Thủy, Bùi Mạnh Hà, Trần Đức Trứ, Bùi Minh Tuấn (2006). Nghiên cứu quá trình phát triển và lan truyền của sóng tàu trong vùng ven bờ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 534 (2006), trang 23-26.
2. Nguyễn Xuân Hiền. (2008). “Nghiên cứu ảnh hưởng của thực vật tới sự lan truyền của sóng bằng mô hình số trị”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Số 573, trang 27-34.
3. Chen, X. N. and Sharma, S. D. (1995). “A slender ship moving at a near - critical speed in a shallow channel”. *J. Fluid Mech.*, vol 291, pp. 263-285.
4. Dam, K. T., Tanimoto, K., Thuy, N. B., and Akagawa, Y. (2006). “Numerical study of propagating of ship waves on a sloping coast”. *Ocean Eng.*, vol 33, pp. 350-364.
5. Dong, G.H., Sun L., Zong Z., Zhao Y.P (2009). Numerical analysis of the forces exerted on offshore structures by ship waves. *Ocean Eng.*, vol 36, pp. 468-478
6. Kirkegaard, J., Hansen, H.K. and Elfrink, B., (1998). Wake wash of high-speed craft in coastal areas, *Coastal Engineering* 1998, ASCE, 3258-3273.
7. Nakase, H., Shimatani, M. and Sekimoto, T., (1999). Distribution conditions of zoostera under the influence of ship generated waves. *Proc. Coastal Eng.*, Vol. 46. 1196-1200.
8. Tanimoto, K., Kobayashi, H. and Ca, V. T. (2000). “Ship wave in shallow and narrow channel”. *Proc. Conf. on Coastal Eng.*, ASCE, Australia, vol 2, pp.1141-1154.

STUDY THE EFFECT OF RIVER VEGETATION ON SHIP WAVE BY NUMERICAL SIMULATION

Nguyen Ba Thuy¹, Nguyen Xuan Hien², Vu Hai Dang³

¹ National Center for Hydro-meteorological Forecasting

² Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment

³ Institute of Marine Geophysics and Geology

The objective of this study is to investigate the effects of river vegetation on ship wave action to river bank. A numerical model based on two-dimensional Boussinesq 2D equations was developed to consider the effect of drag resistant due to the presence of vegetation. The numerical model then apply to river channel, where river vegetation plating on the bank. Effect of tree density and forest width on ship wave force and runup height was investigated.. The numerical results show that tree density and forest width is significant effect ship wave force and runup height. With the tree density of 250/m² and 35m of width can reduce 59% and 73 % of runup height and wave force respectively.