

NGHIÊN CỨU CƠ CHẾ GÂY NƯỚC DÂNG SAU KHI BÃO ĐỔ BỘ TẠI VEN BIỂN BẮC BỘ

Nguyễn Bá Thủy

Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương
E-mail: thuybanguyen@gmail.com

Ngày nhận bài: 11-11-2017

TÓM TẮT: Trong nghiên cứu này, cơ chế gây nước biển dâng cao và kéo dài tại ven biển Bắc Bộ sau khi bão Kalmaegi (tháng 9/2014) đổ bộ vào Quảng Ninh được phân tích theo số liệu quan trắc và kết quả mô phỏng của mô hình số trị hải dương tích hợp SuWAT (Surge Wave and Tide). Trong đó, nước dâng được mô phỏng với trường gió, áp từ mô hình bão giải tích (theo tham số bão) và mô hình dự báo số trị WRF (Weather Research and Forecasting). Với trường hợp sử dụng trường gió từ mô hình WRF, phương án tính không xét tới ảnh hưởng của gió và khí áp sau khi bão đổ bộ được thực hiện để đánh giá vai trò của trường gió trước và sau khi bão đổ bộ tới nước dâng. Kết quả cho thấy, sử dụng trường gió, khí áp từ mô hình WRF cho kết quả sát với thực tế hơn do bởi mô hình WRF đã mô phỏng tốt trường gió và khí áp trước và sau khi bão đã đổ bộ và trường gió mạnh sau khi bão đổ bộ là nguyên nhân gây nước dâng lớn và kéo dài tại khu vực sau khi bão đã đi vào bờ. Kết quả nghiên cứu sẽ rất hữu ích trong công tác cảnh báo, dự báo nước dâng do bão tại khu vực.

Từ khóa: Nước dâng sau bão, SuWAT, WRF, Bắc Bộ.

MỞ ĐẦU

Những nhân tố chính ảnh hưởng tới nước dâng do bão bao gồm: Các tham số bão (quỹ đạo, vận tốc gió, bán kính gió mạnh, khí áp tâm bão), thủy triều, sóng biển và địa hình khu vực (độ sâu và hình dạng đường bờ). Thông thường nước dâng bão xuất hiện và đạt cực đại tại thời điểm bão đổ bộ vào bờ. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp đã ghi nhận hiện tượng nước biển dâng tại thời điểm trước (fore-runner surge) và sau khi bão đổ bộ (after-runner surge). Trong đó, hiện tượng nước dâng sau bão đổ bộ thường kéo dài trong hàng chục giờ, đã gây nhiều thiệt hại do tính bất ngờ chưa dự báo được. Một số trường hợp nước dâng sau bão điển hình như: Bão Vera (1986), Dinah (1987), Caitlin (1991), Mireille (1991), Rusa (2002), Maemi (2003), Megi và Songda (2004) đổ bộ vào ven biển miền Trung Nhật Bản [1]; bão Iker (2008) đổ bộ vào bắc bang Texas-Mỹ [2]; bão Berky

(1990), Kalmaegi (2014), Mirinae (2016) đổ bộ vào ven biển Bắc Bộ của Việt Nam [3]. Tù thuộc vào khu vực cũng như đặc trưng bão, nguyên nhân gây nước dâng sau bão có thể do: Tác động của hình thể gió, khí áp trước và sau khi bão đổ bộ, thủy triều, sóng biển và hiệu ứng bơm Ekman tại lưu vực [1]. Do vậy, nghiên cứu nguyên nhân và cơ chế gây nước dâng sau bão cần thiết phải thực hiện cho từng cơn bão và tại khu vực đổ bộ cụ thể, sau đó đề xuất cải tiến công nghệ dự báo phù hợp, nhất là trong bối cảnh biến đổi khí hậu khi được nhận định sẽ có nhiều cơn bão mạnh/siêu bão với diễn biến bất thường ảnh hưởng tới ven bờ của Việt Nam.

Với hiện tượng nước dâng sau bão, một số ít nghiên cứu đã được thực hiện cho các cơn bão cụ thể. Tác giả Kim và nnk., (2014) [1] đã sử dụng mô hình tích hợp SuWAT đánh giá hiện tượng nước dâng xuất hiện sau khi bão Songda

(2004) đổ bộ vào ven bờ Tottori-Nhật Bản theo nhiều phương án tính toán (sử dụng trường gió, khí áp từ mô hình bão giải tích, mô hình số trị dự báo khí tượng; có và không xét tới ảnh hưởng của thủy triều, sóng và hiệu ứng bơm Ekman) và đưa ra kết luận rằng hiệu ứng bơm Ekman là nguyên nhân chính gây hiện tượng nước dâng sau bão và trường gió, khí áp từ mô hình dự báo số trị khí tượng cho kết quả phù hợp hơn mô hình bão giải tích. Sau đó, quy trình dự báo hiện tượng nước dâng xuất hiện sau bão đã được xây dựng cho khu vực ven bờ Tottori-Nhật Bản [1]. Nghiên cứu của Kenedy và nnk., (2011) [2] cho hiện tượng nước dâng xuất hiện trước khi bão Iker (2008) đổ bộ vào bắc bang Texas cho thấy ngoài hiệu ứng bơm Ekman, địa hình khu vực có ảnh hưởng mạnh đến cơ chế gây nước dâng trước và sau khi bão đổ bộ. Tại Việt Nam, nghiên cứu về nước dâng bão có xét tới ảnh hưởng của thủy triều đã được thực hiện bởi một số tác giả (thí dụ: Nguyễn Thị Thu Thủy (2003), Nguyễn Thọ Sáo (2008), Đỗ Đình Chiến và nnk., (2016), Nguyễn Bá Thủy và nnk., (2014), Thuy và nnk., (2017) [3-7]). Nội dung chính của những nghiên cứu này chủ yếu tập chung đánh giá nước dâng khi bão đổ bộ vào các pha triều khác nhau. Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng do bão gần đây đã được nghiên cứu. Kết quả của Nguyễn Xuân Hiền và nnk., (2010) [9] cho thấy nước dâng do ứng suất bức xạ sóng tính theo công thức bán thực nghiệm là đáng kể tại ven biển Hải Phòng. Một số nghiên cứu nước dâng bão có xét tới ảnh hưởng của thủy triều và sóng bằng mô hình số trị tích hợp SuWAT được thực hiện bởi nhóm tác giả Nguyễn Bá Thủy và

nnk., (2014), Đỗ Đình Chiến và nnk., (2015), Vũ Hải Đăng và nnk., (2016), Phạm Khánh Ngọc và nnk., (2016) [3, 6, 9, 10]. Mặc dù sử dụng lưới tính không gian có độ phân giải thô, tuy nhiên các nghiên cứu ở trên đều chỉ ra rằng sóng biển đóng góp một phần đáng kể tới nước dâng do bão.

Trong nghiên cứu này cơ chế gây nước biển dâng sau khi bão Kalmaegi tháng 9/2014 đổ bộ vào Quảng Ninh được phân tích theo số liệu quan trắc và kết quả mô phỏng của mô hình số trị tích hợp SuWAT với trường hợp sử dụng trường gió, khí áp từ mô hình bão giải tích [11] và mô hình dự báo số trị WRF. Đây là một hiện tượng dị thường của nước dâng do bão nên kết quả của nghiên cứu rất có ý nghĩa trong công tác cảnh báo, dự báo nước dâng bão tại Việt Nam.

SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Để mô phỏng nước dâng trong bão Kalmaegi, mô hình tích hợp thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão được áp dụng, mô hình SuWAT. SuWAT bao gồm 2 mô hình thành phần là mô hình sóng dài dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến 2 chiều có xét đến nước dâng do ứng suất bức xạ sóng và mô hình SWAN để tính sóng. Hệ phương trình cơ bản của mô hình nước nông phi tuyến 2 chiều được mô tả như sau:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

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

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

Với: η : Mực nước bề mặt; M , N : Thông lượng trung bình theo độ sâu, theo hướng x và y ; f : Tham số Coriolis; P : Áp suất khí quyển; d : Độ sâu tổng cộng $d = \eta + h$, với h là độ sâu mực nước tĩnh; A_h : Hệ số khuếch tán rối theo phương ngang; ρ_w : Mật độ nước; τ_b , τ_s : ứng suất ma sát đáy và bề mặt; F_x , F_y : Ứng suất sóng

được bổ sung để xét nước dâng do sóng, được tính từ mô hình SWAN. Cơ sở lý thuyết, phương pháp giải và điều kiện biên ban đầu đã được trình bày chi tiết trong Kim và nnk., (2010), Nguyễn Bá Thủy và nnk., (2014), Đỗ Đình Chiến (2016), Thuy và nnk., (2016) [3, 6, 7, 12].

Số liệu quan trắc mực nước, gió và khí áp tại trạm hải văn Hòn Dấu và Hòn Ngự trong thời gian bão Kalamegi ảnh hưởng được thu thập để phân tích cơ chế nước dâng và kiểm nghiệm mô hình. Với mô hình WRF, số liệu gió và khí áp tái phân tích của cơ quan Khí tượng hạn vừa Châu Âu được thu thập để mô phỏng chi tiết trường gió và khí áp. Các tham số bão (tọa độ, khí áp, bán kính gió mạnh, tốc độ di chuyển) trong quá trình bão di chuyển vào bờ được thu thập tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương để mô phỏng trường gió, khí áp theo mô hình bão giải tích. Đề thuận tiện cho phân tích cơ chế của hiện tượng nước dâng sau khi bão đổ bộ, mô hình SuWAT tính nước dâng với phương án không xét tới ảnh hưởng của thủy triều.

CƠ CHẾ NƯỚC DÂNG SAU KHI BÃO KALMAEGI ĐỔ BỘ

Hiện tượng nước dâng sau bão Kalmaegi đổ bộ

Bão Kalmaegi có quỹ đạo như trên hình 1, hình thành ngoài khơi phía đông Philippines vào trưa ngày 12/9/2014 từ một vùng áp thấp nhiệt đới. Trong quá trình di chuyển về phía đất

liền Việt Nam, cường độ bão đã có lúc mạnh trên cấp 13. Tâm bão đi vào ven biển Quảng Ninh khoảng 21 giờ ngày 16/9, là lúc thủy triều xuống thấp nhất trong ngày và sau đó tiếp tục đi sâu vào đất liền, suy yếu dần thành ATNĐ. Bão Kalmaegi gây ra gió mạnh cấp 9 - 10, giật cấp 11 - 12 cho ven biển Quảng Ninh và Hải Phòng. Vào sáng và trưa ngày 17/9 tức là sau khoảng 10 giờ bão đổ, khu vực ven biển Hải Phòng - Quảng Ninh đã xuất hiện nước biển dâng cao kèm theo những con sóng cao từ 3 - 4 m gây ngập lụt một số khu vực trũng, như tại thị trấn Đồ Sơn - Hải Phòng (hình 2). Đây là một tình huống khá bất ngờ vì đây không phải là thời điểm thủy triều cao nhất của năm. Trong quá trình bão di chuyển vào vùng ven bờ Việt Nam, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương thường xuyên cập nhật các bản tin dự báo nước dâng do bão và cảnh báo nguy cơ ngập lụt vùng ven bờ theo đúng quy chế ban hành. Khu vực được dự báo có nước dâng cao nhất là ven bờ phía bắc tỉnh Quảng Ninh với độ cao khoảng một mét nên ít có khả năng gây ngập lụt vùng do bão đổ bộ vào thời điểm thủy triều xuống thấp. Công tác dự báo nước dâng do bão kết thúc khi bão đã đổ bộ vào đất liền.



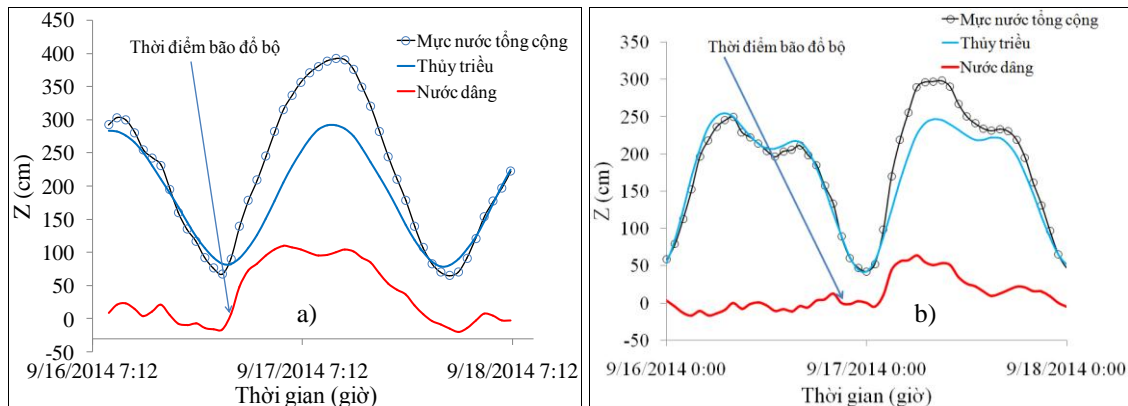
Hình 1. Sơ đồ đường đi của bão Kalmaegi tháng 9/2014



Hình 2. Sóng lớn và ngập lụt ven bờ nước dâng bão kết hợp với triều cường tại Đồ Sơn - Hải Phòng sau khi bão Kalmaegi đổ bộ [Nguồn: Báo Đầu tư [13]]

Trên hình 3 là dao động mực nước tổng cộng, thủy triều và nước dâng (mực nước tổng cộng-thủy triều) tại Hòn Dấu (hình 3a) và Hòn Ngur (hình 3b). Nước dâng do bão Kalmaegi có một số điểm khác thường so với những cơn bão thông thường là sau khoảng 3 giờ bão đổ bộ

nước dâng mới đạt trên 50 cm và thời gian tồn tại nước dâng kéo dài tới hơn 12 giờ. Tại trạm Hòn Ngur, nơi rất xa vị trí bão đổ bộ, cũng ghi nhận nước dâng xuất hiện sau khi bão đổ bộ 6 giờ và nước dâng cao 0,5 m kéo dài trong 7 giờ (hình 3b).



Hình 3. Dao động của mực nước tổng cộng, thủy triều và nước dâng sau bão tại trạm Hòn Dấu (a) và Hòn Ngur (b) trước và sau khi bão đổ bộ vào bờ

Cơ chế gây nước dâng bão sau khi bão Kalmaegi đổ bộ

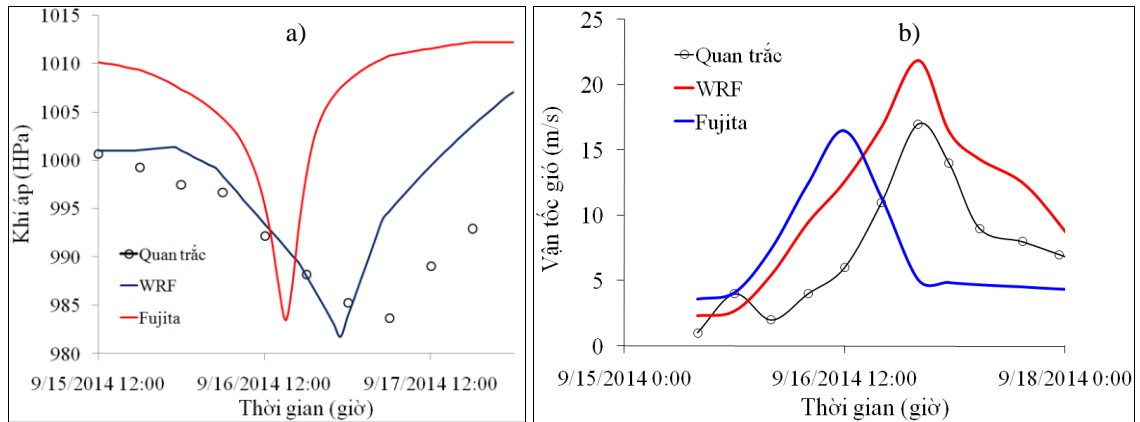
Để xác định cơ chế gây nước dâng lớn sau khi bão Kalmaegi đổ bộ vào đất liền, mô hình SuWAT được áp dụng để mô phỏng nước dâng theo 2 phương án: Sử dụng trường gió, khí áp tính từ mô hình bão giải tích với các tham số bão (vị trí tâm, khí áp tại tâm và bán kính gió mạnh nhất) được xác định tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương và phương án sử dụng trường gió và khí áp từ mô hình

WRF, mô hình hiện đang chạy dự báo nghiệp vụ tại Trung tâm.

Trên hình 4a và hình 4b là so sánh số liệu vận tốc gió, khí áp trước và sau bão đổ bộ được tính từ mô hình bão giải tích, mô hình WRF và số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Hòn Dấu. Kết quả cho thấy có sự khá tương đồng giữa tính toán bằng mô hình WRF và quan trắc. Mô hình bão giải tích cho sai số lớn với khí áp lớn hơn, vận tốc gió nhỏ và thời điểm xuất hiện vận tốc gió lớn nhất sớm hơn

so với thực tế là do không mô tả được trường gió, khí áp do gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh sau khi bão đổ bộ gây nên. Chính do sai số trong mô phỏng trường gió, khí áp nên kết

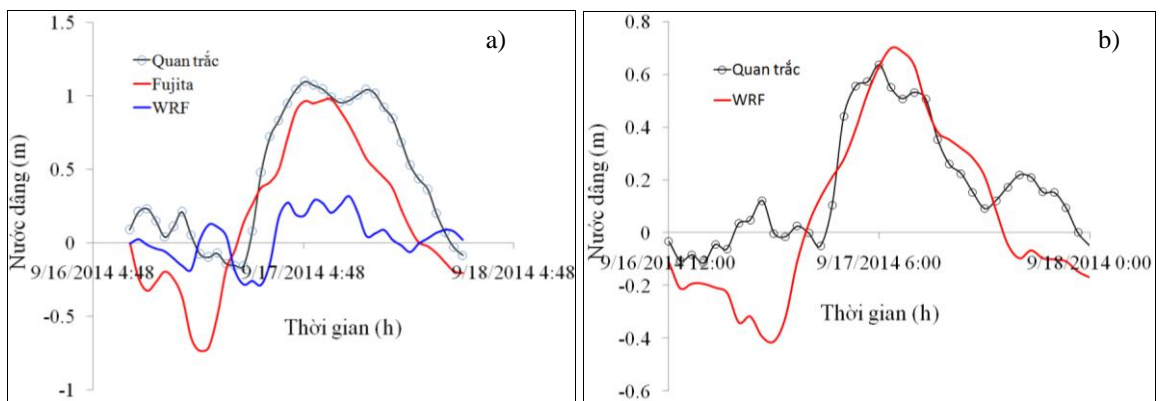
quả tính toán nước dâng theo phương án sử dụng mô hình bão giải tích trong bão Kalmaegi đã cho kết quả khác biệt rất lớn so với thực tế như phân tích sau đây.



Hình 4. So sánh kết quả tính toán và số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Hòn Dấu: (a) áp suất khí quyển và (b) vận tốc gió trong bão Kalmaegi

Trên hình 5 là so sánh kết quả tính nước dâng trong bão Kalmaegi với số liệu quan trắc tại Hòn Dấu và Hòn Ngự. Trong đó phương án tính sử dụng số liệu gió, khí áp từ mô hình bão giải tích cũng được so sánh tại Hòn Dấu. Kết quả cho thấy trường hợp sử dụng trường gió và khí áp từ mô hình WRF cho kết quả nước dâng bão khá tương đồng kể cả biên độ và pha nước dâng bão tại Hòn Dấu và Hòn Ngự. Trong khi

đó, nước dâng tính theo số liệu gió và khí áp từ mô hình bão giải tích cho kết quả thấp hơn nhiều so với số liệu quan trắc tại Hòn Dấu. Phương án sử dụng trường gió và khí áp từ mô hình bão giải tích cho kết quả thiên thấp nước dâng sau khi bão đổ bộ là do mô hình bão giải tích không mô phỏng được trường gió và khí áp sau khi bão đã đổ bộ vào bờ, như đã phân tích trên hình 4.



Hình 5. So sánh nước dâng tính toán với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu (a) và Hòn Ngự (b) trong thời gian bão Kalmaegi ảnh hưởng

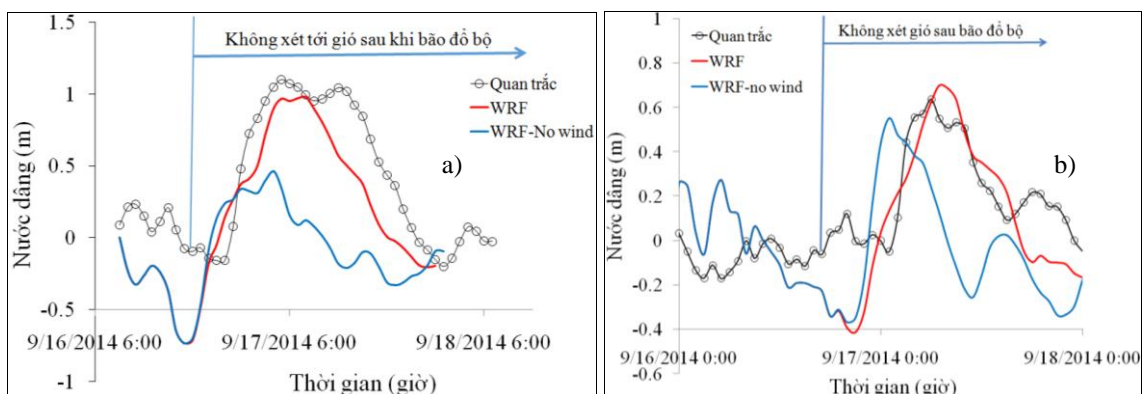
Để làm sáng tỏ cơ gây nước dâng sau bão Kalmaegi đổ bộ, thêm một phương án tính

được áp dụng là sử dụng trường gió, khí áp từ mô hình WRF, nhưng không xét tới ảnh

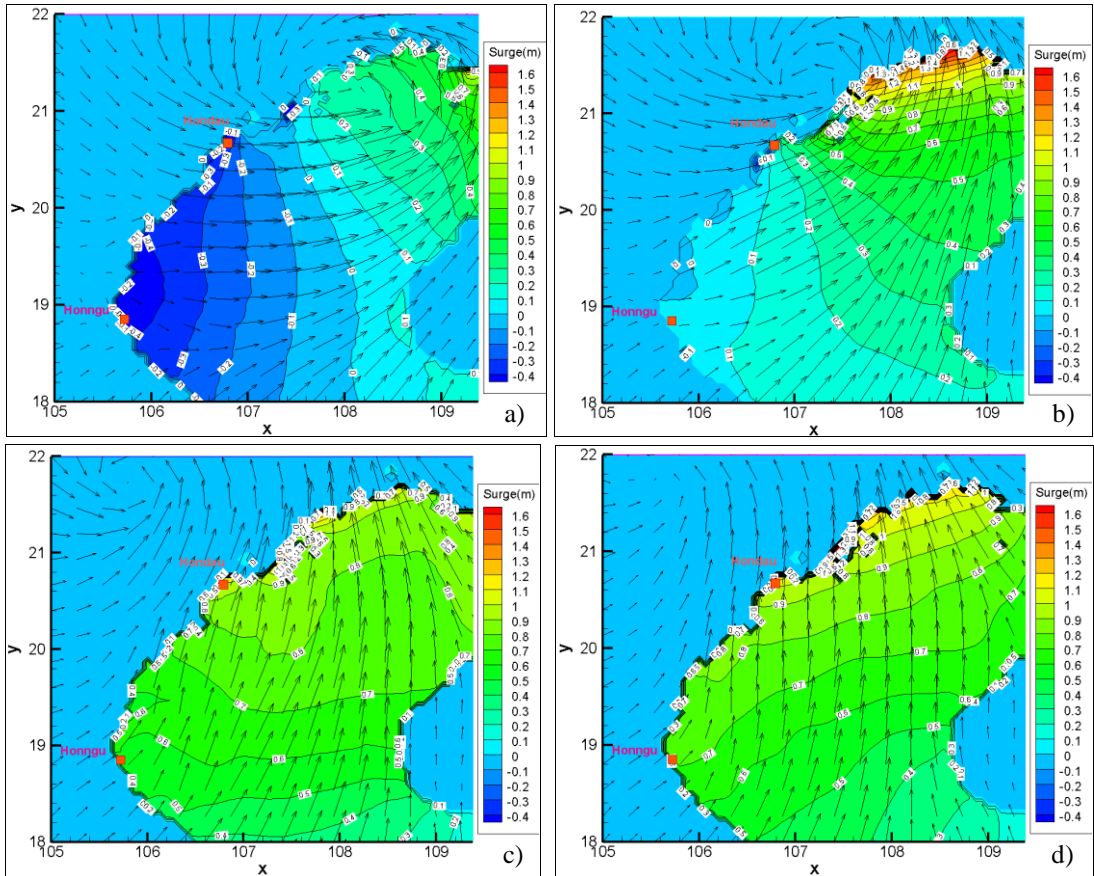
hướng của gió và khí áp sau khi bão đã đổ bộ, tức là trường gió và khí áp giả định ở trạng thái thời tiết bình thường với vận tốc gió gần bằng “0” và khí áp bằng giá trị nền “1013” (WRF-no wind, trên hình 6a và hình 6b). Mục đích của phương án tính này nhằm đánh giá vai trò của trường gió trước (front wind) và sau (tail wind) khi bão đổ bộ. Kết quả tính nước dâng theo phương án này được thể hiện trên hình 6a và hình 6b cho thấy, tại Hòn Dấu, độ lớn và thời gian tồn tại nước dâng nhỏ hơn khi không sử dụng trường gió sau khi bão đổ bộ. Trong khi đó tại Hòn Ngự mức độ giảm của nước dâng lớn nhất nhỏ hơn so với tại Hòn Dấu. Như vậy, có thể thấy rằng trường gió mạnh sau khi bão đổ bộ là nguyên nhân gây nước dâng sau bão tại Hòn Dấu. Để thấy rõ cơ chế này, kết quả mô phỏng phân bố trường gió và nước dâng tại một số thời điểm được thể hiện trên hình 7a, 7b, 7c được phân tích. Trong đó, với hình 7a là tại thời điểm bão đổ bộ, hình 7b sau khi bão đổ bộ 4 giờ, hình 7c sau khi bão đổ bộ 6 giờ và sau 8 giờ bão đổ bộ trên hình 7d. Có thể thấy rằng, tại thời điểm bão đổ bộ mực nước ở phía bắc của vịnh Bắc Bộ bắt đầu tăng, trong khi đó khu vực phía nam vị trí bão đổ bộ (Hòn Dấu và Hòn Ngự) mực nước ở dưới mực nước trung bình, ở phía bên phải bão đổ bộ gió có hướng đi vào bờ, trong khi đó gió có hướng ra biển ở bên trái bão đổ bộ. Sau khi bão đổ bộ 4 giờ, mực nước phía bắc vịnh Bắc Bộ dâng cao nhất, tại

Hòn Dấu và Hòn Ngự bắt đầu dâng. Sau khi bão đổ bộ khoảng 6 giờ mực nước tại Hòn Dấu dâng cao nhất (1,1 m) và sau 2 giờ kế tiếp mực nước tại Hòn Ngự dâng cao nhất (0,63 m). Trong khoảng thời gian này, gió luôn đổi dần hướng theo xu thế hướng lên phía bắc và vào bờ. Như vậy có thể thấy rằng, trường gió sau khi bão đổ bộ mạnh lên và có hướng xoay dần vào bờ là nguyên nhân gây hiện tượng nước biển dâng cao và kéo dài sau khi bão đã đi vào bờ vài giờ. Ngoài ra, nước ở phía bắc vịnh Bắc Bộ sau khi dâng cao đã dồn xuống phía nam cũng là nguyên nhân gây hiện tượng nước dâng sau bão tại Hòn Dấu và Hòn Ngự, đã được minh họa trên hình 8 tại thời điểm sau khi bão đổ bộ 6 giờ, ở đó dòng chảy có xu hướng chảy xuống phía nam do mực nước phía bắc cao hơn phía nam.

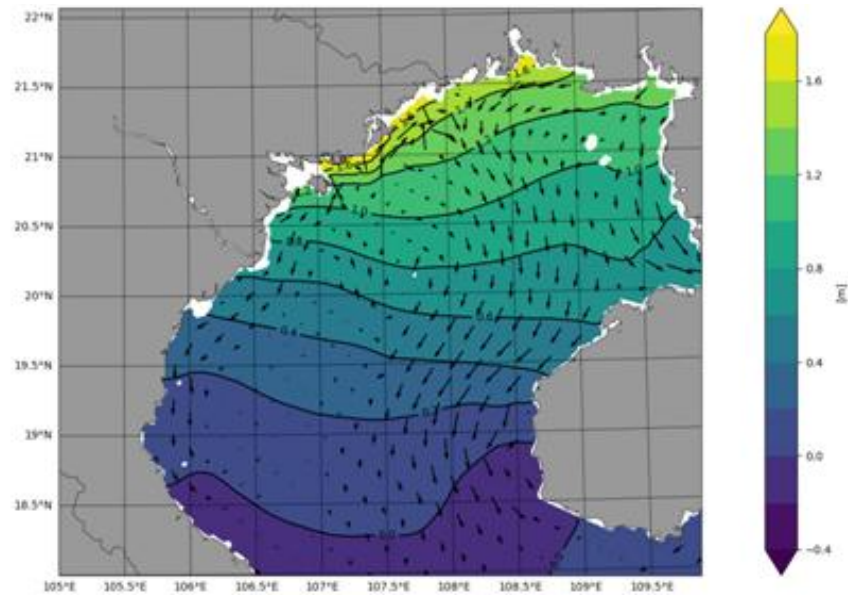
Kết quả phân tích ở trên đã đưa ra một số kinh nghiệm trong công tác cảnh báo, dự báo nước dâng do bão như sau: (1) Nước dâng lớn có thể xuất hiện ngay cả sau khi bão đổ bộ và tồn tại trong thời gian dài khi gặp hình thể khí tượng phù hợp như có sự kết hợp của hoàn lưu sau bão và gió mùa mạnh, kéo dài thổi hướng vuông góc với đường bờ; (2) Mô hình bão giải tích là phương pháp truyền thống để mô phỏng trường gió, khí áp sử dụng tính toán dự báo nước dâng trong bão trong một số trường hợp không thể mô tả phù hợp trường gió, khí áp, nhất là sau khi bão tan và có hình thể khí tượng trội khác xuất hiện.



Hình 6. So sánh nước dâng tính toán và quan trắc tại Hòn Dấu (a) và Hòn Ngự (b) trong bão Kalmaegi theo phương án xét đầy đủ trường gió, khí áp và chỉ xét trước khi bão đổ bộ



Hình 7. Phân bố trường gió và nước dâng tại các thời điểm: Bão đổ bộ (a), sau khi bão đổ bộ 4 giờ (b), sau đổ bộ 6 giờ (c) và sau đổ bộ 8 giờ (d)



Hình 8. Phân bố trường nước dâng và dòng chảy tại các thời điểm sau khi bão đổ bộ 4 giờ

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, cơ chế gây nước dâng sau khi bão Kalmaegi đổ bộ được phân tích theo số liệu quan trắc và kết quả mô phỏng của mô hình số trị tích hợp SuWAT sử dụng trường gió và khí áp từ mô hình WRF và mô hình bão giải tích. Một số kết quả được tóm tắt như sau:

Trong bão Kalmaegi, nước dâng đã xuất hiện sau khi bão đổ bộ với độ cao lên tới hơn một mét, thời gian tồn tại nước dâng kéo dài 12 giờ.

Mô hình SuWAT cho kết quả tính nước dâng sau bão Kalmaegi đổ bộ khá tương đồng với số liệu quan trắc kể cả về độ cao và thời gian tồn tại nước dâng khi sử dụng trường gió, khí áp từ mô hình WRF. Trong khi đó với phương án dụng trường gió, khí áp từ mô hình bão giải tích cho kết quả thấp với thực tế.

Trường gió mạnh sau bão là nguyên nhân chính gây hiện tượng nước dâng sau khi bão Kalmaegi đổ bộ.

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

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim, S., Matsumi, Y., Yasuda, T., and Mase, H., 2014. Storm surges along the Tottori coasts following a typhoon. *Ocean Engineering*, **91**, 133-145.
2. Kennedy, A. B., Gravois, U., Zachry, B. C., Westerink, J. J., Hope, M. E., Dietrich, J. C., Powell, M. D., Cox, A. T., Luettich Jr., R. A., and Dean, R. G., 2011. Origin of the Hurricane Ike forerunner surge. *Geophysical Research Letters*, **38**, L08608.
3. Nguyễn Bá Thủy, Hoàng Đức Cường, Du Đức Tiên, Đỗ Đình Chiến, 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*, (647), 14-18.

4. Thuy, V. T. T., 2003. Storm surge modelling for Vietnam's coast. *IHE MSc report HE136*.
5. Sao, N. T., 2017. Storm surge predictions for Vietnam coast by Delft3D model using results from RAMS model. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, (23), 39-47.
6. Đỗ Đình Chiến, 2016. Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán và đánh giá quy mô nước dâng bão ở vùng biển từ Quảng Bình đến Quảng Nam. *Luận án Tiến sĩ Hải dương học. Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội*.
7. Thuy, N. B., Kim, S., Chien, D. D., Dang, V. H., Cuong, H. D., Wettre, C., and Hole, L. R., 2016. Assessment of Storm Surge along the Coast of Central Vietnam. *Journal of Coastal Research*, **33**(3), 518-530.
8. Hien, N. X., Van Uu, D., Thuc, T., and Van Tien, P., 2016. Study on wave setup with the storm surge in Hai Phong coastal and estuarine region. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, **26**(2), 82-89.
9. Vũ Hải Đăng, Nguyễn Bá Thủy, Đỗ Đình Chiến, Sooyoul Kim, 2017. Nghiên cứu đánh giá định lượng các thành phần nước dâng trong bão bằng mô hình số trị. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **17**(2), 132-138.
10. Ngoc, P. K., Luan, N. T., Thuy, N. B., Kim, S. and Dang, V. H., 2016. The impact of wave on coastal inundation. *The 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics-APHydro 2016*, Hanoi, September 20-23. *Marine Hydrodynamics and Science section*, pp. 168-176.
11. Fujita, T., 1952. Pressure distribution within typhoon. *Geophysical Magazine*, **23**, 437-451.
12. Kim, S. Y., Yasuda, T., and Mase, H., 2010. Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita. *Coastal Engineering*, **57**(7), 631-642.
13. <http://baodautu.vn/bao-so-3-da-suy-yeu-hai-phong-ngap-nang-lang-son-canh-bao-lu.html>

THE MECHANISM OF AFTER-RUNNER STORM SURGE ALONG THE NORTHERN COAST OF VIETNAM

Nguyen Ba Thuy

National Centre for Hydrometeorological Forecasting

ABSTRACT: In this study, the mechanism of sea level rise along the Northern coast of Vietnam after the landfall of the Typhoon Kalmaegi (September/2014) at Quang Ninh province was analyzed based on the observation data and the results of a coupled model of surge, wave and tide (called SuWAT), by using asymmetric and symmetric wind and pressure fields. For the asymmetric wind and pressure field, the Weather Research and Forecasting (WRF) model was used, while for the symmetric wind and pressure field, a parametric wind and pressure model was used. In the case using wind fields from the WRF model, the case that did not consider the effect of tail wind field after the typhoon landfall was also conducted in order to assess the role of the wind field before and after the typhoon landfall on the surge. The results showed that the case using wind and pressure field from the WRF model showed better agreement with observation data, because the WRF model well simulated the wind and pressure field before and after the typhoon landfall. The strong tail wind mainly caused the high surge in the area. This research result will be useful in warning and forecasting storm surges in the area.

Keywords: After-runner storm surge, SuWAT, WRF, Northern coast.