

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

PHẠM TRÍ THỨC

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC CẢNH BÁO DỊ THƯỜNG MỰC
NƯỚC VEN BỜ BIỂN VIỆT NAM**

**(Tên xin điều chỉnh: Nghiên cứu nước dâng do bão và do gió mùa tại khu
vực ven bờ vịnh Bắc Bộ phục vụ trong công tác dự báo nước dâng tại Việt
Nam)**

Chuyên ngành: Hải dương học
Mã số: 9440228.01

(DỰ THẢO) TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ HẢI DƯƠNG HỌC

Hà Nội - 2020

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS. TS. Đinh Văn Mạnh

2. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy

Phản biện 1:

Phản biện 2:

.

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Cơ sở hợp
tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội vào hồi
.....giờ ngày tháng năm 2020.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu hiện nay trên phạm vi toàn cầu đang diễn ra rất phức tạp và hậu quả của nó là tạo sự thay đổi của mực nước biển và đại dương. Một trong những ảnh hưởng quan trọng của sự biến đổi khí hậu là xuất hiện các cơn bão có cường độ rất mạnh/ siêu bão đổ bộ vào ven biển nước ta và sự thay đổi bất thường của các yếu tố khí tượng. Kèm theo đó là hiện tượng nước dâng ở vùng ven bờ gây ngập úng ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống của dân cư các tỉnh ven biển, gây trở ngại rất lớn trong công tác phòng, chống thiên tai tại các địa phương.

Sử sách đã ghi lại nhiều thảm họa của nhân loại do nước dâng bão gây nên, xảy ra vào đúng lúc nước lớn (triều cường), cùng với sóng trong bão có độ cao cỡ đến hơn chục mét, tổng hợp lại thì tai họa thật khôn lường. Một vài thảm họa lớn có thể kể đến là:

Tháng 1/1953 một cơn bão lớn đã gây ra ngập lụt nặng nề cho cả một khu vực rộng lớn bao gồm Hà Lan, Đan Mạch, Anh và Scotland. Nước dâng xảy ra vào lúc triều cao, áp suất thấp đã tạo ra mực nước biển cao hơn 5,6 m ở một số địa phương. Hàng nghìn người đã chết hoặc mất tích trong thảm họa nước dâng vào thời điểm triều cường này [22].

Gần đây hơn, cơn bão Katrina (2005) đổ bộ vào Thành phố New Orleans, Bang Louisiana, Mỹ với tốc độ gió trong bão lên tới 70 m/s, gây nước dâng tới 6,0 m, làm chết 1.800 người (chủ yếu do nước dâng gây ngập lụt) và làm thiệt hại tới 81 tỷ đô la Mỹ [19].

Bão Nargis (2008) đổ bộ vào Myanmar, đây là cơn bão gây thương vong về người nhiều nhất trong lịch sử Myanmar, số người chết và mất tích lên tới hơn 100 nghìn người, thiệt hại khoảng 10 tỷ đô la [20].

Siêu bão Haiyan cấp 17 (2013) tràn vào phía đông Phillipines đã gây ra nước dâng bão tới 5,0 m, làm 6.300 người chết, phá hủy 90% thành phố Tacloban, thiệt hại hàng tỷ đô la Mỹ [44].

Vùng ven biển Bắc Bộ là nơi tập trung dân cư và có nhiều hoạt động kinh tế-xã hội quan trọng. Đây cũng là một trong những khu vực thường xuyên phải đối mặt với rủi ro thiên tai có nguồn gốc khí tượng thủy văn như bão, gió mùa và nước dâng. Trong quá khứ, có nhiều cơn bão mạnh đổ bộ và gây nước dâng rất cao trên dải ven biển Bắc Bộ, như bão Kelly (1981) gây nước dâng tại Lạch Gép-Nghệ An là 3,3 m, bão Ceicil (1985) gây nước dâng 2,5 m tại Thừa Thiên Huế đã gây ra ngập lụt một diện rộng dọc bờ biển miền Trung và cướp đi sinh mạng khoảng một nghìn người,

bão Frankie (1986) gây nước dâng tới 3,2 m tại Thái Bình, bão Dan (1989) gây nước dâng 3,6 m tại Cửa Việt đã làm thiệt mạng 350 người và mất tích 600 người, bão Niki (1996) gây nước dâng 3,1 m tại Hải Hậu-Nam Định ... [11].

Một số cơn bão đổ bộ vào đúng thời điểm triều cường, như cơn bão Washi (2005), cơn bão Damrey (2005) đã gây nước dâng cao, ngập lụt, làm vỡ một số tuyến đê biển tại Hải Phòng và Nam Định [17, 36]. Gần đây nhất, bão số 2 (năm 2013) khi đổ bộ gió chỉ đạt cấp 8, nhưng đúng vào thời điểm triều cường kết hợp nước dâng đạt tới 1,0 m đã gây ngập lụt tại một số vùng trũng ở ven biển Hải Phòng.

Nguyên nhân gây ra hiện tượng nước dâng đã được tập trung nghiên cứu nhiều nơi trên thế giới, cho thấy: ngoài do bão/ ATNĐ, hiện tượng nước dâng còn do gió mùa mạnh và nhiễu động khí áp thông qua tác động trực tiếp trên bề mặt biển hoặc gián tiếp như nước dâng do ứng suất sóng và ...

Tại Việt Nam, nghiên cứu về nước dâng đạt đỉnh xuất hiện trước hoặc sau khi bão đã đổ bộ và nước dâng do gió mùa chưa được quan tâm nhiều. Tuy nhiên, có nhiều đợt nước dâng khá cao (trên 0,5 m) mà nguyên nhân chưa được phân tích làm rõ, trong đó phải kể đến hiện tượng nước dâng cao tại trạm Hòn Dấu sau khi bão Kalmaegi-14 đã đổ bộ vào ven biển Quảng Ninh. Nước dâng tới hơn 1,0 m, 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). Hiện tượng nước dâng cao xảy ra vào ngày 20/9/2005, tức là trước thời điểm bão Damrey đổ bộ 10 ngày, cả trạm Hòn Dấu và Hòn Ngur đều ghi nhận nước dâng cao trên 1,0 m mà không rõ nguyên nhân.

Hiện tượng triều cường xảy ra tại vùng biển Nghệ An, xuất hiện trong đợt hoạt động của gió mùa đông bắc trên Biển Đông từ ngày 26/10-02/11/2017, đã gây ngập lụt nặng nề tại khu vực ven biển Cửa Lò-Nghệ An.

Với những phân tích ở trên, cho thấy: cần thiết phải nghiên cứu về nước dâng đạt đỉnh xuất hiện trước hoặc sau khi bão đã đổ bộ và nước dâng do gió mùa trên dải ven biển Bắc Bộ để làm rõ nguyên nhân, nhằm giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai và nâng cao chất lượng trong công tác phòng chống lụt bão.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

Luận án *“Nghiên cứu cơ sở khoa học cảnh báo dị thường mực nước ven bờ biển Việt Nam”* được lựa chọn với mục tiêu sau:

Trên cơ sở phân tích số liệu đo đạc mực nước, thống kê và nhận định các đặc điểm của hiện tượng nước dâng do bão và nước dâng do gió mùa trên dải ven biển Bắc Bộ. Sử dụng mô hình số trị để phân tích làm rõ các nguyên nhân gây nên hiện tượng nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ, phân tích đặc điểm của

nước dâng do gió mùa trên dải ven biển Bắc Bộ, nhằm phục vụ cảnh báo sớm hiện tượng này.

3. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Nước dâng do bão và nước dâng do gió mùa.
- Phạm vi nghiên cứu: khu vực ven biển Bắc Bộ (từ vĩ độ 16°00'N-21°30'N, từ kinh độ 105°40'E-110°00'E).

4. Điểm mới của luận án

- Các đợt nước dâng đáng kể (≥ 75 cm) tại các trạm đo hải văn chủ yếu do bão gây nên, trong đó tại trạm Hòn Dấu và trạm Sơn Trà nước dâng do bão là chủ yếu (chiếm 90%). Số đợt nước dâng đạt từ 75 cm trở lên xuất hiện tại trạm Hòn Ngự là nhiều nhất, trong đó nguyên nhân gây nên các đợt nước dâng này chủ yếu (do bão gây nên là 29%, 71% là do các nguyên nhân không phải là bão). Trong giai đoạn từ 1960-2018, trên ven biển Bắc Bộ, tần suất xuất hiện nước dâng do bão là 64,5%, do gió mùa là 26,1%, do các nguyên nhân khác là 9,4%.

- Phần lớn nước dâng cực đại xảy ra ở phía bên phải của vị trí bão đổ bộ. Tuy nhiên, vẫn ghi nhận được nước dâng đáng kể xuất hiện sau đó ở xa vị trí bão đổ bộ trong vịnh Bắc Bộ là do sự lan truyền của nước dâng do bão. Ngoài ra, một trong các nguyên nhân gây nên hiện tượng nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ là do sự tồn tại của trường gió mạnh sau bão.

- Trường gió hướng đông bắc về mùa đông gây nước dâng lớn hơn các trường gió hướng khác tại vùng biển vịnh Bắc Bộ. Các đợt gió mùa đông bắc cấp 6-7 trở có thể gây ra dao động của mực nước với chu kỳ khoảng 6-10 giờ; biên độ dao động từ 40-60 cm.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Ý nghĩa khoa học: góp phần hoàn thiện nghiên cứu nước dâng, phân tích làm rõ nguyên nhân của hiện tượng nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ, nghiên cứu đặc trưng nước dâng do gió mùa trên dải ven biển Bắc Bộ.

- Ý nghĩa thực tiễn: nhằm xác định nguyên nhân, diễn biến của hiện tượng nước dâng đạt đỉnh xuất hiện trước hoặc sau khi bão đã đổ bộ và nước dâng do gió mùa trên dải ven biển Bắc Bộ; phục vụ dự báo và ứng phó thiên tai nước dâng.

6. Cấu trúc của luận án

- *Mở đầu:*

- *Chương 1:* Tổng quan nghiên cứu về nước dâng:

- **Chương 2:** Thu thập số liệu và cơ sở phương pháp phân tích, tính toán nước dâng:
- **Chương 3:** Một số đặc điểm của nước dâng do bão và do gió mùa tại ven biển Bắc Bộ qua phân tích số liệu thực đo:
- **Chương 4:** Nghiên cứu nước dâng do bão và nước dâng do gió mùa bằng phương pháp mô hình số trị
- **Kết luận:**

CHƯƠNG 1:

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ NƯỚC DÂNG

1.1. Nghiên cứu nước dâng ở ngoài nước

Công thức bán thực nghiệm: Ippen và Hallenrman (1966) tính nước dâng theo vận tốc gió, đà gió, hướng gió và độ sâu biển. Phương pháp này đơn giản nhưng độ chính xác thấp [26].

Phương pháp biểu đồ: Yang (1970) xây dựng biểu đồ quan hệ giữa số liệu quan trắc nước dâng bão với các tham số bão [41].

Phương pháp mô hình số trị: (Mô hình loại 2D, 3D); Các mô hình phổ biến: SPLASH, SLOSH, Delft-3D, MIKE POM, ROMS, MECCA, SuWAT... Năm 2007, Sooyoul Kim và cộng sự đã xây dựng mô hình dự báo nước dâng do bão tích hợp cả thủy triều và sóng biển (Surge Wave and Tide - SuWAT) có thiết kế lưới lồng để tính toán nước dâng do bão [30].

Một số trường hợp nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ, như nước dâng sau bão: Vera-86, Dinah-87, Caitlin-91, Mireille-91, Rusa-02, Maemi-03, Songda-04 đổ bộ vào ven biển miền Trung Nhật Bản [32]; Trường hợp nước dâng đạt đỉnh xuất hiện trước khi bão đổ bộ, như nước dâng trước bão Iker-08 đổ bộ vào bắc bang Texas [29].

Nghiên cứu về nước dâng do gió mùa: Nghiên cứu của Tkalich và cộng sự (2013) tại trạm thủy triều Tanjong Pagar - Singapor, cho thấy: nước dâng do gió mùa đông bắc trung bình cao khoảng 30 cm và do gió mùa tây nam trên Biển Đông (trung bình khoảng 20 cm) [37]. Tại Malaysia, trong nhiều đợt gió mùa đông bắc mạnh và kéo dài, một số khu vực ven biển bên phía Biển Đông cũng ghi nhận nước dâng do gió mùa cao tới 50 cm [38].

1.2. Nghiên cứu nước dâng ở trong nước

Các dạng mô hình như: mô hình tự xây dựng (TSIM), mã nguồn mở (POM, ROMS, GHER, CTS, JMA, SuWAT) và thương mại (Mike, Delft, SMS): Các nghiên

cứ của Bùi Xuân Thông (1996, 2000); Đinh Văn Mạnh (2000); Phùng Đăng Hiếu (2014). Các kết quả tính toán đáp ứng được yêu cầu của dự báo về độ chính xác và tính kịp thời trong dự báo [8, 13, 17, 18]. Nguyễn Thọ Sáo (2008): dự báo NDB ven biển VN bằng mô hình Delft3D. Đỗ Đình Chiến (2015) sử dụng chương trình SuWAT của Nhật Bản và SWAN để nghiên cứu nước dâng bão có xét đến ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển [2].

Nghiên cứu về nước dâng bão tại khu vực ven bờ vịnh Bắc Bộ: Lê Trọng Đào (1999) sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán đồng thời thủy triều và nước dâng bão. Kết quả, cho thấy: ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng bão là đáng kể [3]. Nguyễn Vũ Thắng (1999) đã tính toán và dự báo nước dâng do bão cho khu vực ven biển Hải Phòng và đã có được những kết quả ban đầu cũng như đưa ra quy trình xây dựng sơ đồ dự báo nước dâng do bão cho khu vực [15]. Nguyễn Xuân Hiền (2013) sử dụng ADCIRC của Mỹ, SWAN của Hà Lan để nghiên cứu nước dâng do bão và nước dâng do sóng trong bão cho khu vực biển ven bờ Hải Phòng [5].

Nghiên cứu về nước dâng do gió mùa: Nghiên cứu của đề tài 48B.02.02 thì ngoài bão, gió mùa cũng gây ra nước dâng đáng kể. [11]. Phan Thanh Minh và Lê Thị Xuân Lan (2011) nghiên cứu hiện tượng triều cường tại Thành phố Hồ Chí Minh được gắn liền với những ngày có gió mùa mạnh, nguyên nhân chính là do không khí lạnh tăng cường gây ra các cơn sóng lớn đã dồn vào vùng cửa sông đẩy mực nước đỉnh triều dâng cao bất thường [9]. Hoàng Trung Thành (2012) kết quả cho thấy dao động của mực nước biển ven bờ và hải đảo nước ta còn thường xuyên xuất hiện các đợt nước dâng; thời gian của các đợt nước dâng chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi chế độ gió lớn nhất là trong mùa gió đông bắc; độ lớn của nước dâng trong các đợt gió mùa có thể đạt tới 30 - 40cm [14].

CHƯƠNG 2:

THU THẬP SỐ LIỆU VÀ CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH, TÍNH TOÁN NƯỚC DÂNG

2.1. Thu thập số liệu quan trắc mực nước, dữ liệu bão/ ATNĐ và gió mùa

2.1.1. Số liệu mực nước từng giờ và số liệu gió, khí áp thực đo tại các trạm

Luận án đã thu thập số liệu mực nước thực đo từng giờ tại 3 trạm hải văn trong khu vực, đó là: trạm Hòn Dấu, Hòn Ngur, Sơn Trà. Ngoài ra luận án còn thu thập số liệu gió, khí áp thực đo tại trạm Hòn Dấu và Hòn Ngur trong một số đợt nước dâng sau bão đổ bộ.

2.1.2. Dữ liệu bão/ ATNĐ

Dữ liệu bão/ ATNĐ trong khoảng thời gian từ 1960-2018 được thu thập trên trang JMA của Nhật Bản [46]. Ngoài ra còn thu thập một số thông tin về quỹ đạo bão (best track) từ báo cáo thường niên về bão (Annual Tropical Cyclone Report) của Trung tâm hỗn hợp cảnh báo bão JTWC - Hoa Kỳ [47].

2.1.3. Dữ liệu gió mùa

Lận án thu thập dữ liệu các đợt gió mùa (cấp 6-7 trở lên) từ số liệu tái phân tích NCEP của Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Mỹ (National Centers for Environmental Prediction). Bộ số liệu được thu thập bao gồm các biến khí áp bề mặt biển (p), gió kinh hướng (u) và vĩ hướng (v) tại mực 10 m được cung cấp trên trang (website <http://www.esrl.noaa.gov/psd>) [45], dùng để tính trường nước dâng do gió mùa theo từng đợt gió mùa.

Bộ số liệu trường gió trung bình tháng được cung cấp trên trang (website <https://cds.climate.copernicus.eu/user/reset>) [48], được thu thập bao gồm: gió kinh hướng (u) và vĩ hướng (v) tại mực 10 m, dùng để tính nước dâng do gió trung bình tháng.

2.2. Cơ sở phương pháp phân tích, tính toán nước dâng

2.2.1. Phương pháp tách nước dâng từ số liệu mực nước thực đo

2.2.1.1. Phương pháp bình phương tối thiểu trong phân tích điều hòa thủy triều

Độ cao thủy triều thiên văn tại một thời điểm (t) được tính theo công thức:

$$\xi_t = A_0 + \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i - g_i] \quad (2.1)$$

Trong đó: ξ_t là độ cao mực triều thiên văn tại thời điểm t; A_0 là độ cao mực nước trung bình tại địa điểm đã cho so với số 0 trạm; q_i là tốc độ góc của sóng triều thành phần thứ i; f_i là hệ số suy giảm biên độ; $(V_0 + u)_i$ là pha ban đầu của sóng thành phần trên kinh tuyến Greenwich; H_i , g_i là hằng số điều hòa biên độ và pha của sóng triều thành phần thứ i; n là số lượng sóng triều.

Phân tích điều hòa thủy triều dựa trên phương pháp bình phương tối thiểu là việc xác định các hằng số A_0 , H_i và g_i sao cho mực triều thiên văn ξ_t phù hợp tốt nhất với các giá trị mực nước thực đo ξ_d , tức là làm cho tổng các bình phương của hiệu mực nước quan trắc và mực triều thiên văn trong các quan trắc nhận giá trị cực tiểu, tức là:

$$\sum_{t_1}^{t_n} \left\{ \xi_d - A_0 - \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i - g_i] \right\}^2 = \min \quad (2.3)$$

2.2.1.2. Tách nước dâng từ số liệu thực đo

Trong trường hợp tại các vị trí đo đạc đã biết được các giá trị hằng số điều hòa, thành phần nước dâng tại thời điểm t sẽ được tính theo công thức:

$$\xi_{nd}(t) = \xi_d(t) - \xi_t(t) \quad (2.6)$$

Trong đó: $\xi_d(t)$ là mực nước thực đo tại thời điểm t ; $\xi_t(t)$ là mực thủy triều tại thời điểm t được tính từ công thức (2.1); $\xi_{nd}(t)$ là độ cao nước dâng.

2.2.2. Phương pháp mô hình số trị

2.2.2.1. Hệ phương trình thủy động lực hai chiều

Hệ phương trình thủy động lực hai chiều:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial x} - g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{\rho(h+\xi)} (\tau_x^a - \tau_x^b + F_x) \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} - fU = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial y} - g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h+\xi)} (\tau_y^a - \tau_y^b + F_y) \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial(h+\xi)U}{\partial x} + \frac{\partial(h+\xi)V}{\partial y} = 0 \quad (2.9)$$

Trong đó: t là thời gian; ξ là độ dâng mực nước biển so với mực nước trung bình; h là độ sâu biển so với mực nước trung bình; đặt $H = h + \xi$ là tổng độ cao cột nước; P_a là áp suất khí quyển; ρ là mật độ nước biển; τ_x^a và τ_y^a là thành phần ứng suất gió trên mặt nước; τ_x^b và τ_y^b là các thành phần ma sát đáy theo hướng x và y ; U , V là các thành phần vận tốc trung bình theo phương thẳng đứng.

* Các điều kiện biên và điều kiện ban đầu:

- Tại thời điểm ban đầu: cho trước giá trị U , V và ξ . Thông thường có thể sử dụng điều kiện tĩnh ($U = V = \xi = 0$).

- Tại biên cứng (ranh giới biển với đất liền hoặc đảo): sử dụng điều kiện không thấm, tức là thành phần vận tốc pháp tuyến $V_n = 0$.

- Tại biên lỏng (ranh giới biển thuộc miền tính toán với vùng biển lân cận): lấy mực nước tại biên lỏng là yên tĩnh ($\xi = 0$) khi biên lỏng đủ xa.

2.2.2.2. Phương pháp giải số

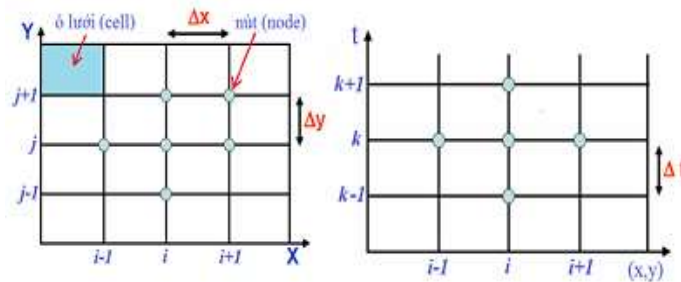
Luận án lựa chọn sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn do tính hiệu quả và đáp ứng được yêu cầu là phải tính toán nước dâng cho một khối lượng rất lớn các cơn bão và gió mùa gây ra.

Trong trường hợp với không gian hai chiều ngang (x , y) có thể xác định các điểm lưới và các lớp thời gian như sau:

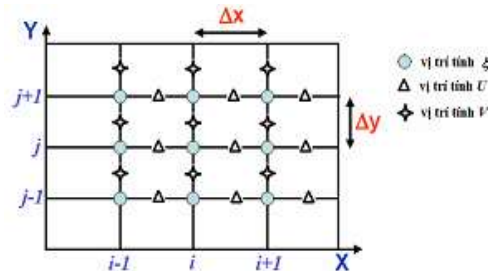
$$x_i = x_0 + i\Delta x ; \quad y_j = y_0 + j\Delta y ; \quad t_k = t_0 + k\Delta t$$

Trong đó: i , j , k là các số nguyên dương; (x_0, y_0) là gốc tọa độ; t_0 là thời điểm

ban đầu; Δx , Δy , Δt là kích thước lưới theo hướng x, y và bước thời gian t được thể hiện trên hình 2.3.



Hình 2.3. Rời rạc hóa không gian và thời gian bằng lưới sai phân
Các vị trí tính các đại lượng ξ , U và V được bố trí xen kẽ nhau (hình 2.4).

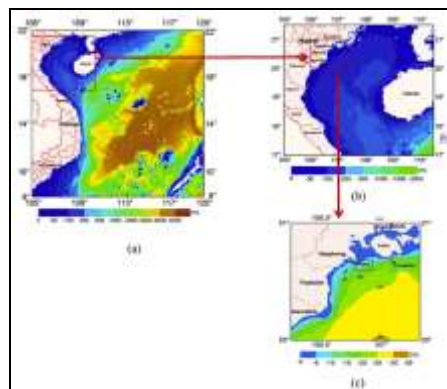


Hình 2.4. Sơ đồ các điểm tính ξ , U và V theo lưới sai phân

2.2.2.3. Thiết lập mô hình số trị

a) Miền tính và lưới tính:

Mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới vuông và lồng 3 lớp với miền tính lớn nhất là lưới Biển Đông - lưới D1 từ vĩ độ 8°N - 22°N , kinh độ 105°E - 120°E , độ phân giải 4 phút (tương đương 7,4 km). Miền tính lồng kế tiếp là lưới khu vực vịnh Bắc Bộ - lưới D2 trong phạm vi từ vĩ độ 16.0°N - 21.5°N , kinh độ 105.0°E - 110.5°E , độ phân giải 1 phút (khoảng 1,85 km). Miền tính lồng thứ 3 là lưới địa phương - lưới D3, có vĩ độ từ 20.0°N - 21.0°N , kinh độ từ 106.0°E - 107.5°E , độ phân giải 0,5 phút (khoảng 925 m), như trên hình 2.5.



Hình 2.5. Trường độ sâu và miền tính của 3 lưới lồng:

(a) Lưới tính Biển Đông (D1), (b) Lưới tính khu vực ven biển Bắc Bộ (D2), (c) Lưới chi tiết cho ven biển từ Quảng Ninh-Nam Định (D3)

b) Điều kiện tại biên lỏng:

Với lưới tính Biên Đông, tại biên lỏng, hằng số điều hòa của 16 sóng triều (M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, OO1, 2N2, μ_2 , γ_2 , L2, T2) được lấy từ mô hình thủy triều toàn cầu {NAO.99b, NAO.99Jb model [43]} làm điều kiện biên lỏng.

2.2.2.4. Mô hình bão giải tích (Fujita-1952)

Trường áp suất khí quyển được tính theo công thức:

$$P(r) = P_{\infty} - \frac{P_{\infty} - P_c}{\sqrt{1 + (r/r_0)^2}} \quad (2.14)$$

Trong đó: P_c là áp suất ở tâm bão; P_{∞} là áp suất ở rìa bão; r_0 là bán kính gió cực đại; r là khoảng cách từ tâm bão tới điểm tính.

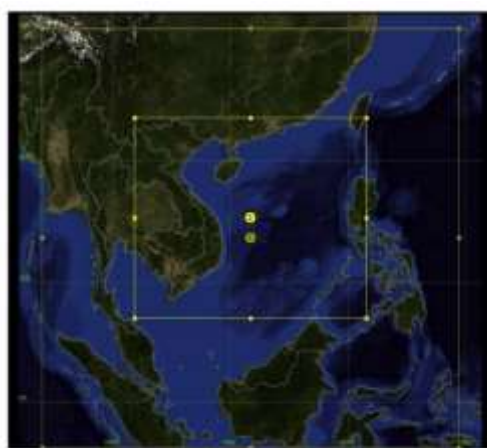
Vận tốc gió được tính theo công thức sau:

$$V = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} -V_g (\sin \alpha \cdot \cos \theta + \cos \alpha \cdot \sin \theta) \\ V_g (\cos \alpha \cdot \cos \theta - \sin \alpha \cdot \sin \theta) \end{pmatrix} + c_2 \begin{pmatrix} v_{tx} \\ v_{ty} \end{pmatrix} e^{-\frac{\pi}{500}} \quad (2.15)$$

Trong đó, các hệ số nằm trong các khoảng giá trị như sau: $c_1 = 0,6 - 0,8$ và $c_2 = 0,5 - 0,8$.

2.2.2.5. Mô hình dự báo số trị khí tượng WRF

Trong luận án này sử dụng mô hình WRF tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia với lưới lồng 2 lớp, độ phân giải 18 km (lưới D1) và 6 km (lưới D2) để mô phỏng trường gió và khí áp trong bão Kalmaegy (9/2014).



Hình 2.6. Miền tính của mô hình WRF mô phỏng trường gió và khí áp trong bão Kalmaegy (9/2014)

CHƯƠNG 3:

MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM NƯỚC DÂNG TẠI VEN BIỂN BẮC BỘ QUA PHÂN TÍCH SỐ LIỆU THỰC ĐO

3.1. Đặc điểm khu vực vịnh Bắc Bộ

3.1.1. Đặc điểm về địa hình

Vịnh Bắc Bộ là một trong hai vịnh lớn nhất thuộc khu vực Biển Đông nằm ở phía tây bắc Biển Đông (vĩ độ $16^{\circ}00'N$ - $21^{\circ}30'N$, kinh độ $105^{\circ}40'E$ - $110^{\circ}00'E$).

3.1.2. Đặc điểm về khí tượng, hải văn

3.1.2.1. Chế độ gió

Trong mùa đông có gió mùa đông bắc (từ tháng XI đến tháng IV năm sau), tốc độ gió mạnh nhất khi có gió mùa đạt tới cấp 8, cấp 9.

Trong mùa hè có gió mùa tây nam (từ tháng V đến tháng X). Tốc độ gió trung bình của các tháng mùa hè khoảng 5,5 m/s.

3.1.2.2. Hoạt động của bão và áp thấp nhiệt đới

Mùa bão trong khu vực ven biển vịnh Bắc Bộ thường bắt đầu từ tháng 5, và kết thúc vào tháng 10.

3.1.2.3. Sóng biển

Về mùa đông, sóng thịnh hành hướng đông với tần suất khoảng 25-27 %. Về mùa hè, sóng có hướng đông nam-nam với tần suất xuất hiện khoảng 40%.

3.1.2.4. Thủy triều và mực nước

Thủy triều vịnh Bắc Bộ có xu thế biến đổi từ nhật triều sang bán nhật triều.

3.1.2.5. Chế độ dòng chảy

Mùa đông, phần phía tây hướng dòng chảy thường men theo bờ biển đi xuống phía nam. với vận tốc 25-30 cm/s. Về mùa hè có một hoàn lưu cùng chiều kim đồng hồ với tốc độ 20-25 cm/s.

3.1.2.6. Nước dâng do bão

Các cơn bão đổ bộ vào vùng biển này thường có cường độ mạnh nên nước dâng bão tại khu vực ven biển Bắc Bộ khá lớn, gây thiệt hại nhiều về người và của.

3.2. Đặc điểm nước dâng tại ven biển Bắc Bộ qua phân tích số liệu thực đo

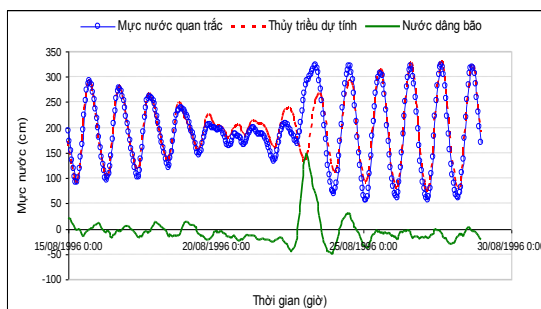
3.2.1. Đặc điểm nước dâng tại các trạm ven biển Bắc Bộ và tần suất xuất hiện nước dâng do các nguyên nhân khác nhau

Đợt nước dâng sử dụng trong luận án được hiểu là một đợt nước dâng có độ lớn ≥ 25 cm xuất hiện do các nguyên nhân như bão, gió mùa ... và có thời gian kéo dài ≥ 12 giờ.

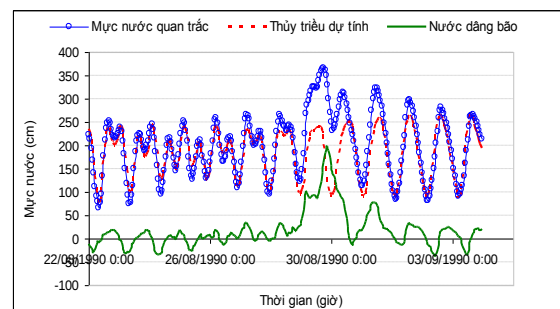
Như vậy, tổng số đợt nước dâng với biên độ ≥ 25 cm và kéo dài ≥ 12 giờ: tại trạm Hòn Dấu là 2587 đợt, trung bình một năm là 44 đợt, thời gian trung bình một đợt nước dâng là 27,8 giờ (1,2 ngày); tại trạm Hòn Ngu là 4191 đợt, trung bình một năm là 93 đợt, thời gian trung bình một đợt nước dâng là 29,6 giờ (1,2 ngày); tại trạm Sơn Trà là 404 đợt, trung bình một năm là 11 đợt, thời gian trung bình một đợt nước dâng là 165,6 giờ (6,9 ngày).

Các đợt nước dâng đáng kể (≥ 75 cm) tại các trạm: trạm Hòn Dấu, trong tổng số 42 đợt, có 38 đợt là do bão gây nên (chiếm 90%); trạm Hòn Ngu, trong tổng số 584 đợt, có 173 đợt là do bão gây nên (chiếm 29%); trạm Sơn Trà, trong tổng số 10 đợt, có 9 đợt là do bão gây nên (chiếm 90%).

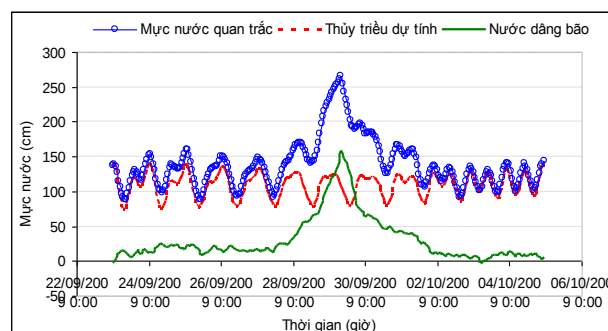
Các đợt nước dâng cao từ 100 cm trở lên tại các trạm: trạm Hòn Dấu, trong tổng số 18 đợt có 16 đợt là do bão gây nên (chiếm 89%); đợt nước dâng mạnh nhất xảy ra lúc 2^h 23/8/1996, độ lớn là 146,7 cm, xuất hiện trong bão NIKI-96 (hình 3.5a); trạm Hòn Ngu, trong tổng số 127 đợt, có 42 đợt là do bão gây nên (chiếm 33%); đợt nước dâng mạnh nhất xảy ra lúc 21^h 29/8/1990, với độ lớn là 197,9 cm xuất hiện trong bão BECKY-90 (hình 3.5b); trạm Sơn Trà trong tổng số 4 đợt, có 3 đợt là do bão gây nên (chiếm 75%); đợt nước dâng mạnh nhất xảy ra lúc 8^h 29/9/2009, với độ lớn là 157,8 cm xuất hiện trong bão Ketsana-09 (xem trên bảng 3.4c, hình 3.5c).



Hình 3.5a. Dao động mực nước trong bão Niki-96 tại trạm Hòn Dấu



Hình 3.5b. Dao động mực nước trong bão BECKY-90 tại trạm Hòn Ngu



Hình 3.5c. Dao động mực nước trong bão KETSANA-09 tại Sơn Trà

Khu vực ven biển Bắc Bộ có tổng cộng 310 đợt nước dâng có độ lớn ≥ 50 cm, trong đó có 200 đợt nước dâng liên quan đến hoạt động của bão, chiếm 64,5%; có 81 đợt nước dâng do gió mùa đông bắc gây nên, tương đương 26,1%; số đợt nước dâng không liên quan đến hoạt động của bão và gió mùa là 29 đợt (9,4%).

3.2.2. Nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ

Kết quả phân tích, cho thấy: Trong giai đoạn 1960-2018, khu vực ven biển Bắc Bộ ghi nhận được 22 đợt nước dâng đạt đỉnh có độ lớn ≥ 50 cm xuất hiện trước khi bão đổ bộ, tập trung chủ yếu tại trạm Sơn Trà, trạm Hòn Dấu có 2 đợt, trạm Hòn Ngu có 6 đợt

Bảng 3.6. Nước dâng đạt đỉnh có độ lớn ≥ 50 cm xuất hiện trước khi bão đổ bộ trong khu vực ven biển Bắc Bộ

TT	Tên bão	Địa điểm bão đổ bộ	Thời gian bão đổ bộ	Nước dâng đạt đỉnh [cm]	Thời gian xuất hiện nước dâng trước khi bão đổ bộ [giờ]	Thời gian kéo dài [giờ]	Trạm mực nước
1	BESS-68	T. Thiên Huế	22 ^h 05/09/1968	70	12	4	Hòn Ngu
2	N ⁰ 03-70	Hà Tĩnh	07 ^h 19/08/1970	115	18	13	Hòn Ngu
3	HARRIET-71	Ninh Bình	22 ^h 07/07/1971	70	14	5	Hòn Ngu
4	NANCY-82	Thanh Hóa	13 ^h 18/10/1982	70	30	7	Sơn Trà
5	N ⁰ 01-83	Thanh Hóa	23 ^h 03/10/1983	90	26	23	Hòn Ngu
6	LEX-83	Quảng Bình	11 ^h 26/10/1983	80	32	31	Sơn Trà
7	CECIL-85	T. Thiên Huế	04 ^h 16/10/1985	80	10	6	Sơn Trà
8	BETTY-87	Thanh Hóa	15 ^h 16/08/1987	80	22	10	Sơn Trà
9	CARY-87	Nghệ An	20 ^h 22/08/1987	50	12	3	Sơn Trà
10	IRVING-89	Thanh Hóa	06 ^h 24/07/1989	80	22	11	Hòn Dấu
				122	25	24	Hòn Ngu
				60	34	7	Sơn Trà
11	BRAIN-89	Nghệ An	16 ^h 03/10/1989	60	14	5	Sơn Trà
12	ANGELA-89	Quảng Bình	07 ^h 10/10/1989	80	5	4	Hòn Dấu
				70	16	19	Sơn Trà
13	DAN-89	Hà Tĩnh	20 ^h 13/10/1989	70	22	16	Sơn Trà

14	N ⁰ 06-90	T. Thiên Huế	01 ^h 19/09/1990	100	26	22	Sơn Trà
15	EVE-99	Quảng Bình	08 ^h 20/10/1999	60	26	18	Sơn Trà
16	KAEMI-00	Đà Nẵng	15 ^h 22/08/2000	90	6	5	Hòn Ngur
				70	12	11	Sơn Trà
17	VICENTE-05	Hà Tĩnh	15 ^h 18/09/2005	60	13	8	Sơn Trà
18	KAITAK-05	Hà Tĩnh	13 ^h 02/11/2005	80	31	15	Sơn Trà
19	NALGAE-11	Hà Tĩnh	19 ^h 05/10/2011	60	39	18	Sơn Trà
20	WUTIP-13	Hà Tĩnh	16 ^h 30/09/2013	60	11	5	Sơn Trà
21	VAMCO-15	Quảng Nam	20 ^h 14/09/2015	70	7	3	Sơn Trà
22	DOKSURI-17	Hà Tĩnh	11 ^h 15/09/2017	60	12	4	Sơn Trà

Trong giai đoạn 1960-2018, khu vực ven biển Bắc Bộ có 16 đợt nước dâng đạt đỉnh có độ lớn ≥ 50 cm xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ, tập chung chủ yếu tại trạm Hòn Dấu và Hòn Ngur (không có nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ vào bờ tại trạm Sơn Trà). bảng 3.7 được trình bày trong phụ lục 3 của luận án.

Bảng 3.7. Nước dâng đạt đỉnh có độ lớn ≥ 50 cm xuất hiện sau khi bão đổ bộ trong khu vực ven biển Bắc Bộ

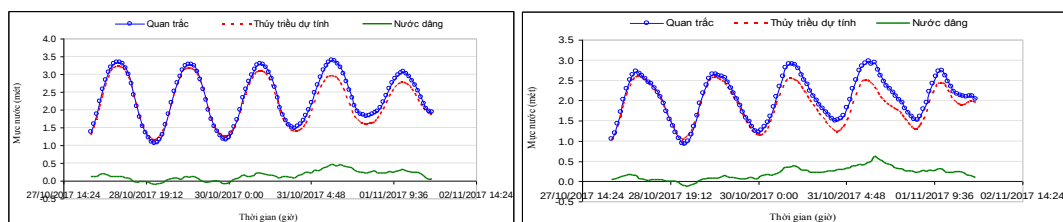
T T	Tên bão	Địa điểm bão đổ bộ	Thời gian bão đổ bộ	Nước dâng đạt đỉnh [mét]	Thời gian xuất hiện nước dâng sau khi bão đổ bộ [giờ]	Thời gian kéo dài [giờ]	Trạm mực nước
1	CHARLOTTE-62	Thanh Hóa	17 ^h 22/09/1962	80	4	4	Hòn Ngur
2	N ⁰ 03-62	Th. T. Huế	09 ^h 27/09/1962	60	8	8	Hòn Ngur
3	FAYE-63	Nam Định	05 ^h 09/09/1963	90	4	6	Hòn Dấu
4	WINNIE-64	Quảng Ninh	04 ^h 03/07/1964	107	4	13	Hòn Dấu
				70	8	4	Hòn Ngur
5	CLARA -64	Hà Tĩnh	07 ^h 08/10/1964	70	7	6	Hòn Dấu
6	NADINE-65	Nghệ An	16 ^h 18/08/1965	90	7	11	Hòn Ngur
7	HARRIET-71	Ninh Bình	22 ^h 07/07/1971	60	12	4	Hòn Ngur
8	VERA-83	Quảng Ninh	06 ^h 18/07/1983	101	4	10	Hòn Dấu
9	N ⁰ 01-83	Thanh Hóa	23 ^h 03/10/1983	70	6	7	Hòn Ngur
1 0	WAYNE-86	Thái Bình	01 ^h 06/09/1986	60	8	4	Hòn Dấu
1 1	ANGELA-89	Quảng Bình	17 ^h 10/10/1989	60	11	7	Hòn Dấu

1	ZEKE-91	Quảng Ninh	03 ^h 14/07/1991	107	4	9	Hòn Dấu
2				60	7	5	Hòn Ngu
1	FRANKIE-96	Nam Định	04 ^h 24/07/1996	80	5	6	Hòn Ngu
3							
1	WILLIE-96	Nghệ An	00 ^h 22/09/1996	80	20	3	Hòn Ngu
4							
1	KAEMI-00	Đà Nẵng	15 ^h 22/08/2000	90	5	7	Hòn Ngu
5							
1	KALMAEGI-14	Quảng Ninh	21 ^h 16/09/2014	90	3	14	Hòn Dấu
6				70	7	5	Hòn Ngu

3.2.3. Nước dâng do gió mùa tại ven biển Bắc Bộ

3.2.3.1. Đợt nước dâng ngày 31/10/2017

Diễn biến về mực nước quan trắc và nước dâng cho thấy ngay cả những ngày đỉnh triều không cao, nước dâng do gió đã đóng góp một phần đáng kể làm mực nước tổng cộng dâng trên 350 cm tại Hòn Dấu (hình 3.11a) và tại Hòn Ngu dâng trên 300 cm (hình 3.11b).



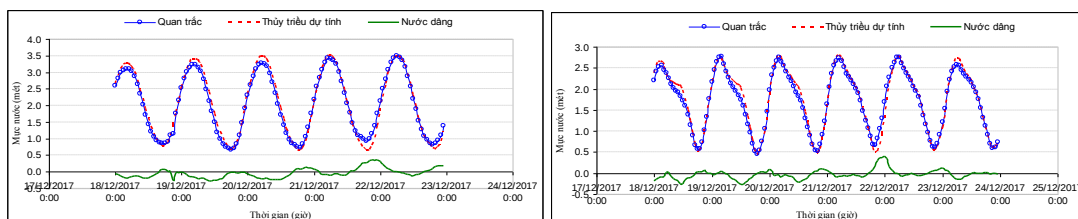
a - Trạm Hòn Dấu

b - Trạm Hòn Ngu

Hình 3.11. Biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng trong ngày 28/10-02/11/2017 (a)- tại trạm Hòn Dấu và (b)- tại trạm Hòn Ngu

3.2.3.2. Đợt nước dâng ngày 21-22/12/2017

Diễn biến về mực nước quan trắc và nước dâng cho thấy nước dâng do gió mùa xảy ra vào lúc thủy triều xuống thấp nên mực nước tổng cộng chỉ đạt 170 cm tại Hòn Dấu (hình 3.13a) và tại Hòn Ngu dâng là 140 cm (hình 3.13b).



a - Trạm Hòn Dấu

b - Trạm Hòn Ngu

Hình 3.13. Biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng trong ngày 18-22/12/2017 (a)- tại trạm Hòn Dấu và (b)- tại trạm Hòn Ngu

CHƯƠNG 4:

NGHIÊN CỨU NƯỚC DÂNG DO BÃO VÀ DO GIÓ MÙA TẠI VEN BIỂN BẮC BỘ BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

4.1. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình

4.1.1. Đánh giá sai số

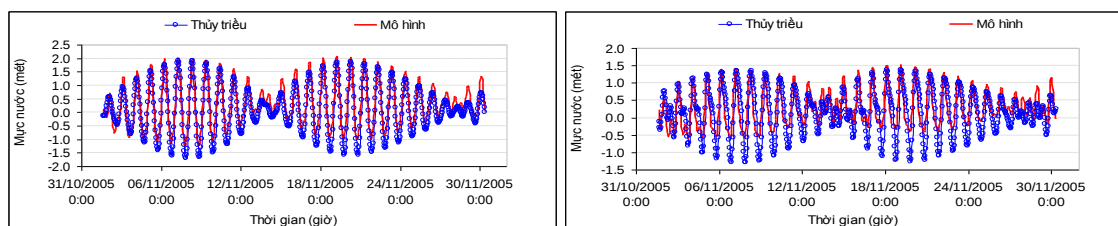
Luận án sử dụng sai số trung bình tuyệt đối (MAE) và sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE), được tính như sau:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X'_i - X_i| \quad ; \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X'_i - X_i)^2}{n}}$$

Với n là tổng số số liệu, X'_i là số liệu tính toán, X_i là số liệu thực đo.

4.1.2. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm thủy triều

Hệ số nhám sử dụng trong mô hình SuWAT cho kết quả tính toán có sai số nhỏ nhất là $n=0.028$ với sai số RMSE là 3 cm, sai số MAE là 24 cm tại Hòn Dấu. Tại Hòn Ngur, sai số RMSE là 4 cm, sai số MAE là 34 cm.

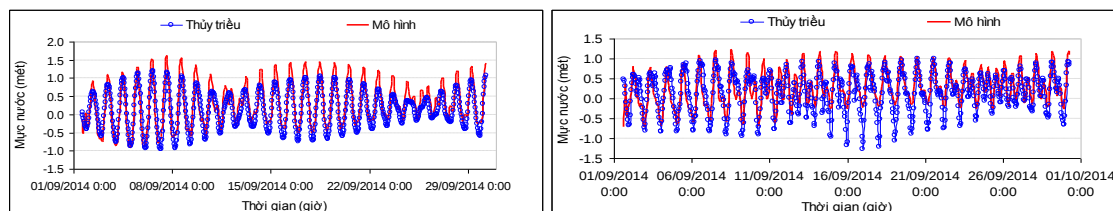


a - Trạm Hòn Dấu

b - Trạm Hòn Ngur

Hình 4.2. So sánh kết quả tính toán với mực nước thủy triều trong tháng 11/ 2005 tại trạm Hòn Dấu (a), Hòn Ngur (b)

Hệ số nhám $n=0.028$ tiếp tục được sử dụng để kiểm nghiệm mô hình cho tháng 9/2014 đối với Hòn Dấu và Hòn Ngur. Kết quả cho thấy mô hình SuWAT mô phỏng tương đối tốt cả về pha và biên độ thủy triều, nhất là tại các thời điểm có biên độ thủy triều lớn, với sai số RMSE là 2,8 cm, sai số MAE là 24 cm tại Hòn Dấu. Tại Hòn Ngur, sai số RMSE là 3,1 cm, sai số MAE là 25 cm.



a - Trạm Hòn Dấu

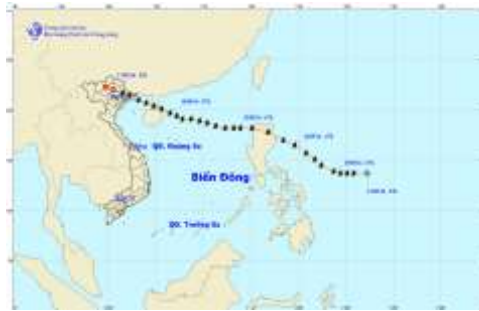
b - Trạm Hòn Ngur

Hình 4.3. So sánh kết quả tính toán với mực nước thủy triều trong tháng 9/ 2014 tại trạm Hòn Dấu (a) và Hòn Ngur (b)

4.2. Nghiên cứu nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ tại ven biển Bắc Bộ

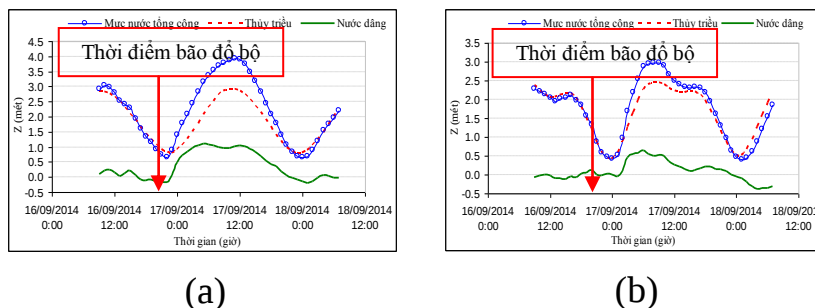
4.2.1. Nguyên nhân gây nên nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ

Bão Kalmaegi có quỹ đạo như trên hình 4.4, hình thành ngoài khơi phía đông Philippines vào trưa ngày 12/9/2014 từ một ATNĐ. Tâm bão đi vào ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng khoảng 21 giờ ngày 16/9/2014, đúng lúc thủy triều xuống thấp nhất trong ngày và sau đó tiếp tục đi sâu vào đất liền, suy yếu dần thành ATNĐ.



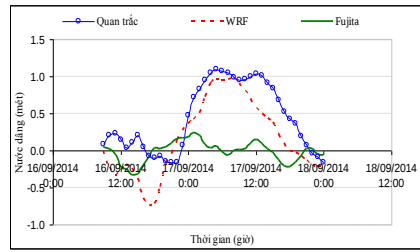
Hình 4.4. Sơ đồ đường đi của bão Kalmaegi-14

Nước dâng do bão Kalmaegi-14 có một số điểm khác thường bởi sau khoảng 3 giờ bão đổ bộ nước dâng mới đạt trên 0,5m và thời gian tồn tại nước dâng kéo dài tới hơn hơn 12 giờ tại trạm Hòn Dấu (hình 4.5a). Tại trạm Hòn Ngu, nước dâng xuất hiện sau khi bão đổ bộ 6 giờ và nước dâng cao 0,5m kéo dài trong 7 giờ (hình 4.5b).

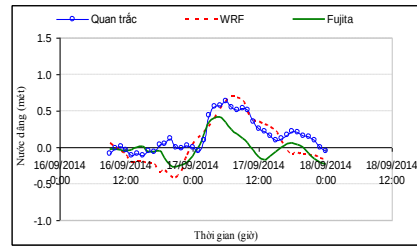


Hình 4.5. Dao động của mực nước tổng cộng, thủy triều và nước dâng trong bão Kalmaegi-14 ảnh hưởng tại Hòn Dấu (a) và Hòn Ngu (b)

Trường hợp sử dụng trường gió, áp từ mô hình WRF cho kết quả tính nước dâng bão khá tương đồng kể cả biên độ và pha so với nước dâng quan trắc tại trạm Hòn Dấu và Hòn Ngu. Trong khi đó, nước dâng tính theo số liệu gió, áp từ mô hình Fujita cho kết quả thấp hơn nhiều so với nước dâng quan trắc tại Hòn Dấu và trạm Hòn Ngu.



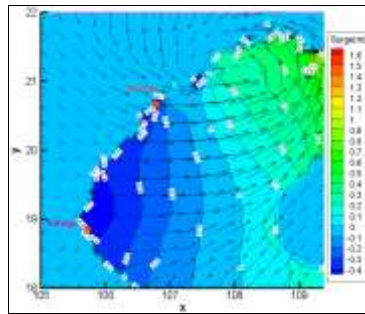
(a)



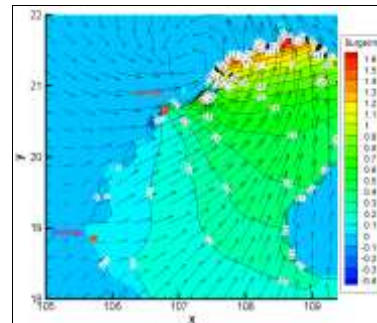
(b)

Hình 4.8. So sánh nước dâng tính toán với quan trắc tại Hòn Dấu (a) và Hòn Ngư (b) trong thời gian bão Kalmaegi-14 ảnh hưởng

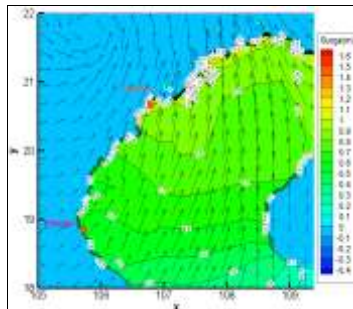
Tại thời điểm bão đổ bộ mực nước tại Hòn Dấu và Hòn Ngư ở dưới mực nước trung bình. Sau khi bão đổ bộ 4 giờ, mực nước phía bắc vịnh Bắc Bộ dâng cao nhất (140 cm), tại Hòn Dấu (20 cm) và Hòn Ngư (10 cm) mực nước bắt đầu dâng (hình 4.10b). Sau khi bão đổ bộ khoảng 6 giờ mực nước tại Hòn Dấu dâng cao nhất (100 cm) và sau 2 giờ kế tiếp mực nước tại Hòn Ngư dâng cao nhất (70 cm).



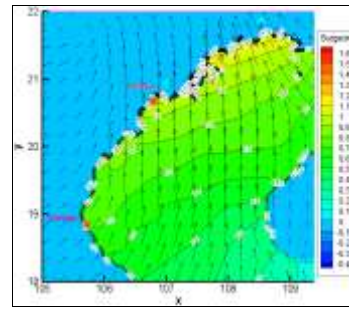
(a)



(b)



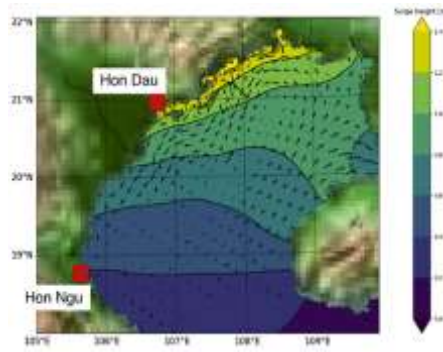
(c)



(d)

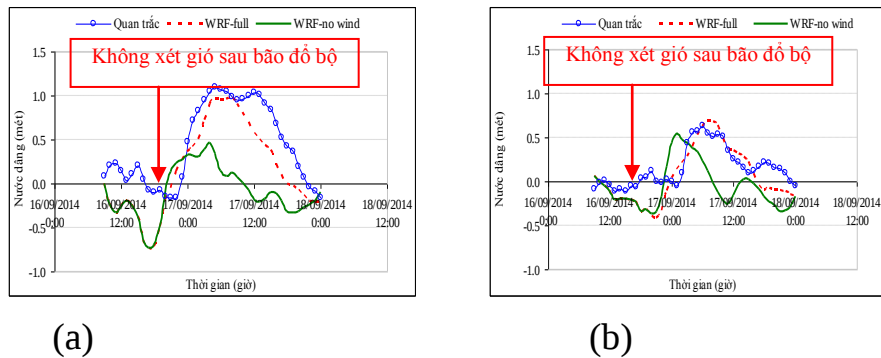
Hình 4.10. Phân bố trường gió và nước dâng tại các thời điểm: bão đổ bộ (a); sau bão đổ bộ 4 giờ (b); sau 6 giờ (c) và 8 giờ (d)

Ngoài ra, phần 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 Ngư, minh họa trên hình 4.11 tại thời điểm sau bão đổ bộ 4 giờ, ở đó dòng chảy có xu hướng chảy xuống phía nam do mực nước phía bắc cao hơn phía nam.



Hình 4.11. Phân bố trường nước dâng và dòng chảy tại các thời điểm sau khi bão đổ bộ 4 giờ

Tại trạm Hòn Dấu độ lớn nước dâng 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 Ngu mức độ giảm của nước dâng lớn nhất nhỏ hơn so với tại Hòn Dấu.

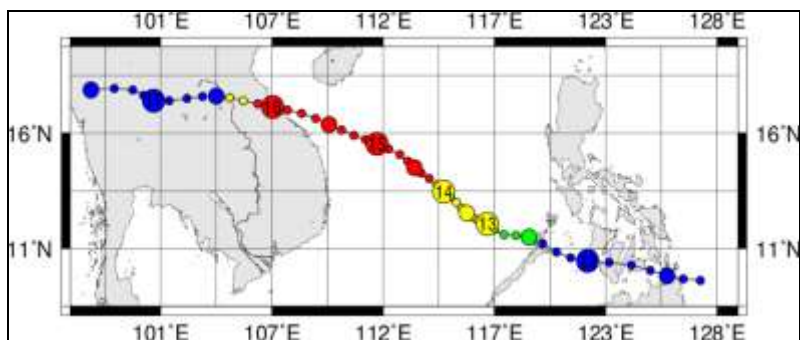


Hình 4.12. So sánh nước dâng tính toán và quan trắc tại Hòn Dấu (a) và Hòn Ngu (b) trong bão Kalmaegi-14 theo phương án xét đầy đủ trường gió, khí áp và chỉ xét trước khi bão đổ bộ

4.2.2. Nguyên nhân xuất hiện nước dâng tại những điểm xa vị trí bão đổ bộ trong vịnh Bắc Bộ

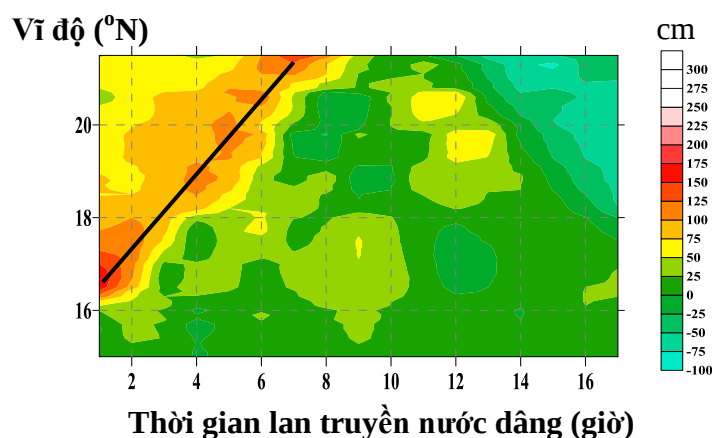
Lan truyền nước dâng trong vịnh Bắc Bộ là một trong các nguyên nhân gây nước dâng đáng kể ở vị trí xa sau khi bão đã đổ bộ.

Cơn bão Cecil-85 đổ bộ vào bờ biển Thừa Thiên Huế. Cơn bão này đã gây ra nước dâng cao dọc theo bờ biển từ Quảng Bình đến Nghệ An. Nước dâng bão lớn nhất là 171 cm xảy ra ở vĩ độ 16,9°N. Sau đó, tại trạm Hòn Dấu, nước dâng lớn nhất đạt trên 100 cm.



Hình 4.13. Sơ đồ đường đi của bão Cecil-85

Tại thời điểm bão đổ bộ, nước dâng cao nhất 171 cm xảy ra xung quanh vĩ độ 17°N, sau đó di chuyển về phía bắc. Sau 2 giờ, nước dâng bão đạt cực đại ở khoảng 18°N và sau 8 giờ đạt cực đại ở 21,5°N. Do đó, nước dâng do bão được hiểu là sự dâng lên như một cơn sóng dài và lan theo hướng bắc dọc theo ven bờ biển, đạt đến đầu phía bắc vịnh Bắc Bộ sau khoảng 8,5 giờ.

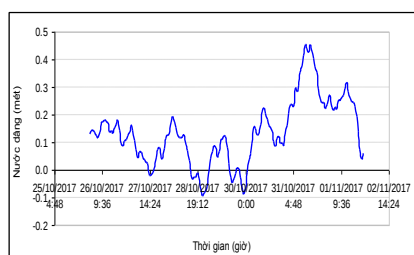


Hình 4.16. Lan truyền nước dâng theo thời gian sau khi bão Cecil-85 đổ bộ

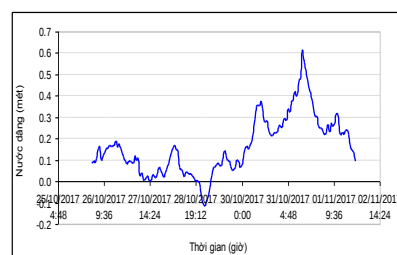
4.3. Nghiên cứu nước dâng do gió mùa tại ven biển Bắc Bộ

4.3.1. Đợt nước dâng ngày 31/10/2017

Tại trạm Hòn Dấu ghi nhận đợt nước dâng cực đại 46 cm, thể hiện trên hình 4.18a; tại trạm Hòn Ngu ghi nhận đợt nước dâng có giá trị cực đại 61 cm, thể hiện trên hình 4.18b.



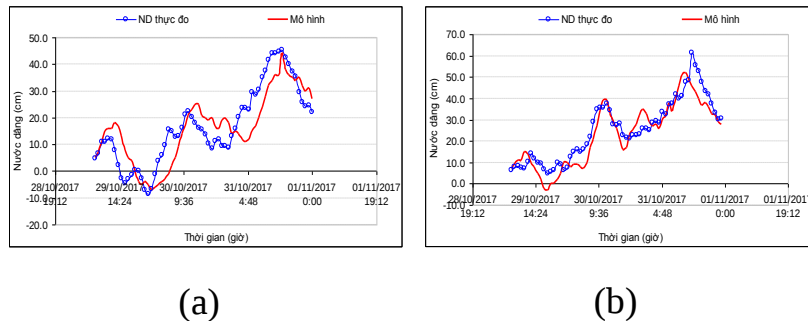
(a)



(b)

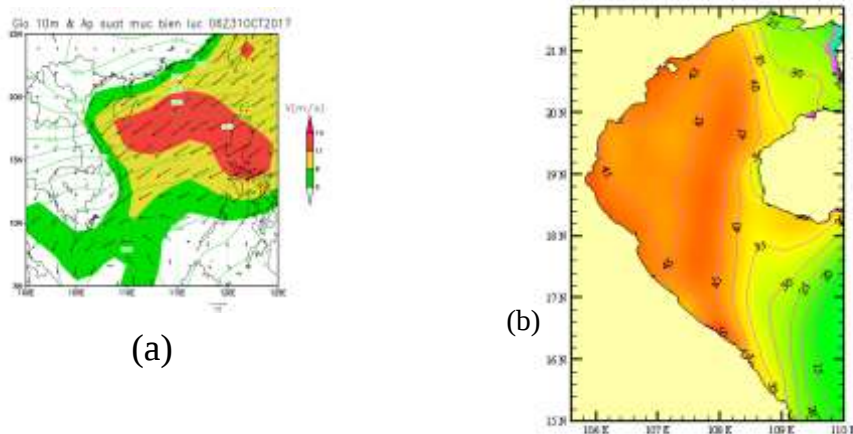
Hình 4.18. Diễn biến nước dâng trong ngày 26/10-02/11/2017 tại:
(a)- trạm Hòn Dấu; (b)- trạm Hòn Ngu

Kết quả tính toán nước dâng bằng mô hình số trị được so sánh với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu và trạm Hòn Ngự, thể hiện trên hình 4.19a-b, cho thấy: nước dâng tính toán từ mô hình tương đối phù hợp với nước dâng quan trắc với sai số tại đỉnh nước dâng là 2 cm tại trạm Hòn Dấu, 9 cm tại trạm Hòn Ngự.



Hình 4.19. So sánh mực nước tính toán từ mô hình với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu (a) và Hòn Ngự (b)

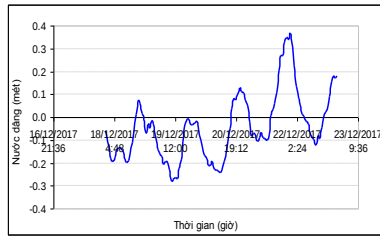
Kết quả mô phỏng trường nước dâng đợt ngày 31/10/2017, cho thấy hình thể thời tiết có gió đông bắc với cường độ cấp 6-7, được thể hiện trên hình 4.20a đã gây nên nước dâng lên tới 50 cm tại khu vực từ Hải Phòng đến Nghệ An, như trên hình 4.20b.



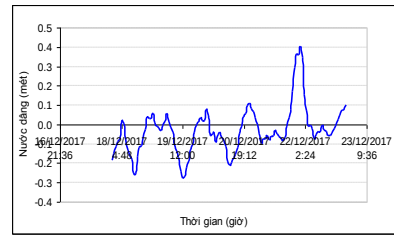
Hình 4.20. Hình thể thời tiết lúc 13 giờ ngày 31/10/2017 (a) và Phân bố nước dâng lớn nhất trên vịnh Bắc Bộ trong đợt ngày 31/10/2017 (b)

4.3.2. Đợt nước dâng ngày 21-22/12/2017

Diễn biến về nước dâng trong đợt ngày 21-22/12/2017 được thể hiện trên hình 4.21, cho thấy: đợt gió mùa trên vịnh Bắc bộ từ ngày 18-22/12/2017 đã gây đợt nước dâng có độ lớn 35 cm tại trạm Hòn Dấu, như trên hình 4.21a và đợt nước dâng có độ lớn 41 cm tại trạm Hòn Ngự, như trên hình 4.21b.



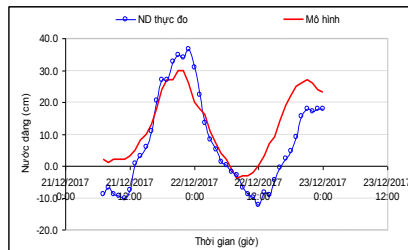
(a)



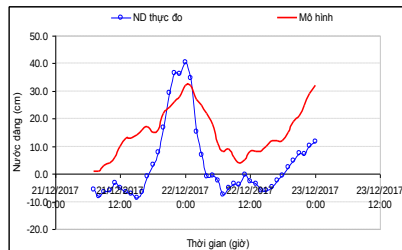
(b)

Hình 4.21. Diễn biến nước dâng đợt ngày 21-22/12/2017 tại:
(a)- trạm Hòn Dấu; (b)- trạm Hòn Ngư

Kết quả tính toán nước dâng do gió mùa từ mô hình số trị được so sánh với nước dâng quan trắc tại trạm Hòn Dấu và Hòn Ngư được thể hiện trên hình 4.22a-b, cho thấy: nước dâng tính toán từ mô hình tương đối phù hợp với nước dâng quan trắc với sai số tại đỉnh nước dâng là 6,6 cm tại trạm Hòn Dấu và sai số tại trạm Hòn Ngư là 8,5 cm.



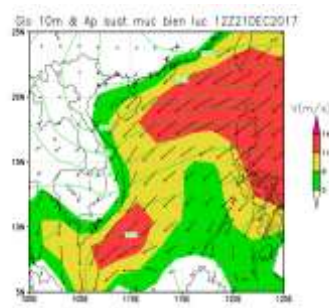
(a)



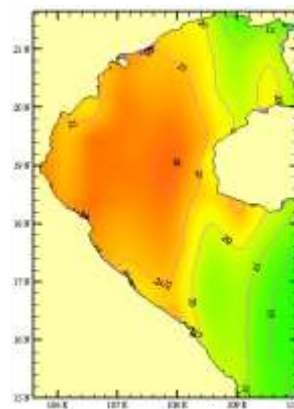
(b)

Hình 4.22. So sánh mực nước tính toán từ mô hình với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu (a) và Hòn Ngư (b)

Kết quả mô phỏng trường nước dâng trong đợt nước dâng ngày 21-22/12/2017 trong khu vực vịnh Bắc Bộ được thể hiện trên hình 4.23, cho thấy: hình thể thời tiết có gió đông bắc cấp 8, như trên hình 4.23a đã gây nên nước dâng có độ lớn 30 cm tại dải ven biển Bắc Bộ, thể hiện trên hình 4.23b.



(a)

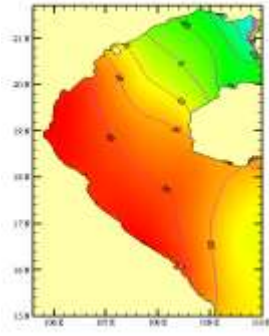


(b)

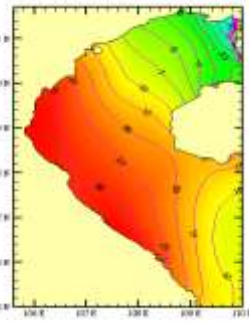
Hình 4.23. Hình thể thời tiết lúc 19 giờ ngày 21/12/2017 (a) và trường nước dâng trong vịnh Bắc Bộ đợt nước dâng ngày 21-22/12/2017 (b)

4.3.3. Đặc điểm nước dâng theo gió trung bình các tháng

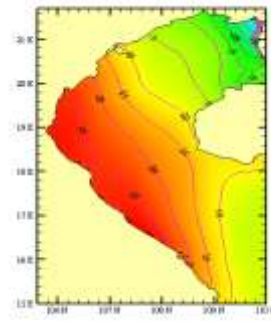
Trường gió hướng đông bắc (tháng 10-tháng 3 năm sau) gây nước dâng đáng kể từ Thanh Hóa đến Đà Nẵng, độ lớn khoảng 20-30 cm. Trường gió hướng đông nam (tháng 5, tháng 9) gây nước dâng từ Quảng Ninh đến Nghệ An, độ lớn nước dâng nhỏ hơn khoảng 5-6 cm. Trường gió hướng tây nam (từ tháng 6 đến tháng 8) gây nước dâng có khoảng 4-5 cm, tập trung ở phía ven bờ Trung Quốc.



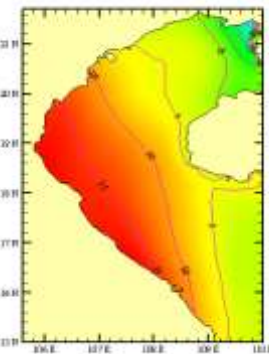
(a - Tháng 01)



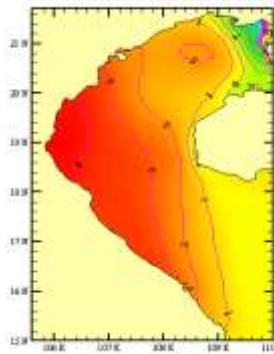
(b - Tháng 02)



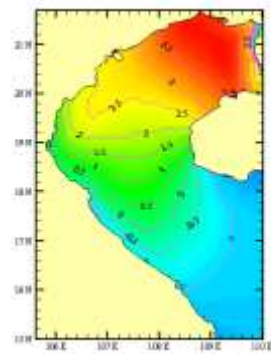
(c - Tháng 03)



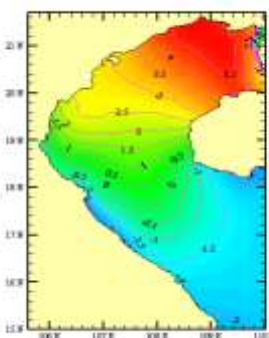
(d - Tháng 04)



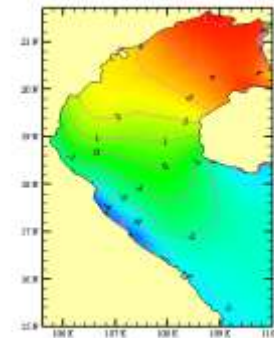
(e - Tháng 05)



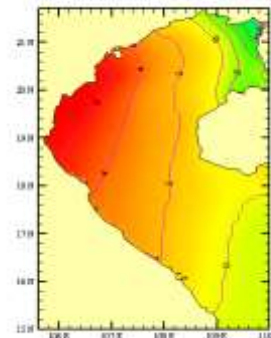
(f - Tháng 06)



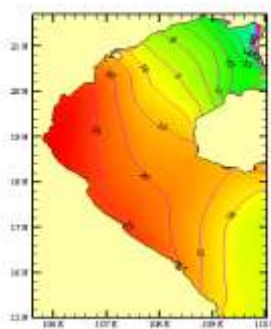
(g - Tháng 07)



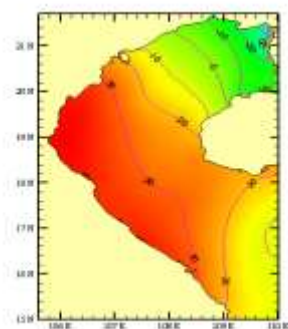
(h - Tháng 08)



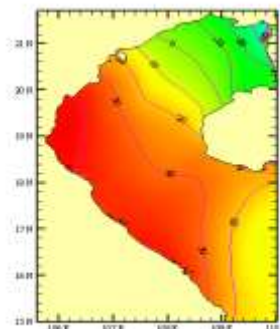
(i - Tháng 09)



(k - Tháng 10)



(m - Tháng 11)



(n - Tháng 12)

Hình 4.24. Phân bố nước dâng trong vịnh Bắc Bộ theo gió trung bình các tháng

KẾT LUẬN

Từ việc phân tích các đặc điểm của nước dâng tại ven biển Bắc Bộ do các nguyên nhân khác nhau gây nên và nghiên cứu nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ, nghiên cứu các đặc trưng nước dâng do gió mùa bằng mô hình số trị, luận án rút ra một số kết luận như sau:

1. Nước dâng tại các trạm đo hải văn trong khu vực ven biển Bắc Bộ có biên độ dao động từ 25-200 cm, trong đó nước dâng đạt từ 25-75 cm chiếm chủ yếu. Tại trạm Hòn Ngự có tổng đợt nước dâng nhiều nhất so với trạm Hòn Dấu và trạm Sơn Trà. Trung bình một năm, số đợt nước dâng trong khoảng từ 11-93 đợt, trong đó tại trạm Hòn Ngự có số đợt nước dâng trung bình năm là lớn nhất (93 đợt/ năm). Thời gian trung bình một đợt nước dâng dao động từ 1,2-6,9 ngày, trong đó tại trạm Sơn Trà có thời gian trung bình một đợt nước dâng là lớn nhất (6,9 ngày/ đợt).

2. Các đợt nước dâng đáng kể (≥ 75 cm) tại các trạm đo hải văn chủ yếu do bão gây nên, trong đó tại trạm Hòn Dấu và trạm Sơn Trà nước dâng do bão là chủ yếu (chiếm 90%). Số đợt nước dâng đạt từ 75 cm trở lên xuất hiện tại trạm Hòn Ngự là nhiều nhất, trong đó nguyên nhân gây nên các đợt nước dâng tại trạm này chủ yếu (do bão gây nên là 29%, 71% là do các nguyên nhân không phải là bão). Đợt nước dâng mạnh nhất xuất hiện trong bão BECKY-90 với độ lớn 198 cm tại trạm Hòn Ngự.

3. Tại vùng ven biển Bắc Bộ, tần suất xuất hiện nước dâng do bão 64,5% và do gió mùa là 26,1%, do các nguyên nhân khác là 9,4%, trong đó tại trạm Hòn Ngự nước dâng do gió mùa xuất hiện (35,3%) chiếm nhiều hơn so với trạm Hòn Dấu (14%).

4. Nước dâng do bão phần lớn xuất hiện và đạt đỉnh vào thời điểm bão đổ bộ. Tại ven biển Bắc Bộ ngoài xuất hiện các đợt nước dâng do bão thông thường (81% trong tổng số đợt nước dâng do bão) còn xuất hiện đợt nước dâng đạt đỉnh trước khi

bão đổ bộ nhiều giờ (khoảng 11% trong tổng số đợt nước dâng do bão) hoặc sau khi bão đã đổ bộ nhiều giờ (chiếm 8% trong tổng số đợt nước dâng do bão) và có thời gian kéo dài gây trở ngại rất lớn cho các địa phương trong phòng chống lụt bão do tính bất ngờ của hiện tượng này.

5. Lan truyền nước dâng trong vịnh Bắc Bộ là một trong các nguyên nhân gây nên hiện tượng nước dâng xuất hiện ở xa vị trí sau khi bão đã đổ bộ vào bờ do tính chất lan truyền của nước dâng là sự lan truyền của sóng dài trong vịnh. Ngoài ra, sự tồn tại của trường gió mạnh sau khi bão đã đổ bộ vào bờ là một trong những nguyên nhân gây ra hiện tượng nước dâng đạt đỉnh xuất hiện sau khi bão đã đổ bộ.

6. Trường gió hướng đông bắc về mùa đông gây nước dâng lớn hơn các trường gió hướng khác tại vùng biển vịnh Bắc Bộ. Các đợt gió mùa đông bắc cấp 6-7 trở lên ảnh hưởng đến vịnh Bắc Bộ có thể gây ra sự dao động của mực nước với chu kỳ khoảng 6-10 giờ; biên độ dao động từ 35-60 cm. Trường gió mùa đông bắc gây nước dâng đáng chú ý ở phần phía nam vịnh lớn hơn phía bắc vịnh, trong khi đó trường gió đông nam gây nước dâng đáng kể trên toàn bộ dải ven bờ vịnh Bắc Bộ với độ lớn nhỏ hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Phạm Trí Thức**, Đinh Văn Mạnh, Nguyễn Bá Thủy (2018), “Đặc trưng nước dâng do bão khu vực ven biển Bắc Bộ”, *Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học Thủy khí Toàn quốc*, số 21, tr. 762-772.
2. **Pham Tri Thuc**, Dinh Van Manh, Nguyen Ba Thuy (2019), “Some characteristics of seawater level rises in the coastal zone from Quang Ninh to Quang Binh”, *Proceedings of the 5th International Conference on Engineering Mechanics and Automation (ICEMA5)*, Publishing house for Science and Technology, Hanoi, Vietnam, pp. 75-84.
3. **Phạm Trí Thức**, Nguyễn Bá Thủy, Đỗ Đình Chiến, Đinh Văn Mạnh, Phạm Khánh Ngọc, Nguyễn Văn Mơi (2020), “Ảnh hưởng của tham số bão tới nước dâng sau khi bão đổ bộ tại ven biển Bắc Bộ”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, (712), tr 1-9.
4. **Pham Tri Thuc**, Dinh Van Manh, Nguyen Ba Thuy (2020), “Abnormal seawater level rises and warning issues of surges after typhoons landfall time”, *Science & Technology Development Journal-Engineer and Technology*, 3(SI3), pp 01-9.
5. Nguyen Ba Thuy, Sooyoul Kim, Tran Ngoc Anh, Nguyen Kim Cuong, **Pham Tri Thuc**, Lars Robert Hole (2020), “The influence of moving speeds, wind speeds, and sea level pressures on after-runner storm surges in the Gulf of Tonkin, Vietnam”, *Ocean Engineering* (212), No OE-D-20-00182, pp 1-17.
6. **Phạm Trí Thức**, Đinh Văn Mạnh, Nguyễn Bá Thủy (2020), “Một số đặc điểm nước dâng do bão và do gió mùa tại ven biển Bắc Bộ”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, (...), tr 1-10.