

TÍNH TOÁN NỒC DANG TRONG BAO CHO VUNG BIEN VUNG RO (PHU YEN)

Bui Hong Long, Tran Van Chung
Vien Hai Dõng Hõc (Nha Trang)

TOM TAT Trong bai bao nay chung toi trõnh bay mot sõ ket qua tõnh toan nõõc dang do bao tren cõ sõ mõi hõnh thuy ñõng võĩ ñõõng bien di ñõng (mang lõõĩ o tõnh 135 x 84 ñĩem va $dx = dy = 50$ m) cho khu võõc võnh Vung Ro (Phu Yen) cõ sõ dung cac sõ lieu cua ñĩe tai cap bõ nam 2002. Ñĩa chõn 2 cõn bao FAITH (12/1998) va LINGLING (11/2001) võĩ gia ñĩõnh la cac cõn bao nay ñĩo bõ trõõc tiẽp vao Vung Ro theo cac hõõng Bac, Nam, Tay Bac, Tay Nam va Tay. Tõ cac ket qua tõnh toan cho thay trõõng ñĩo cao nõõc dang cao nhĩt do bao gay ra tõõng õõng theo cac hõõng ñĩo bõ vao khu võõc Vung Ro la Tay Nam, Tay, Tay Bac, Bac va Nam. Ñĩo dang cõõc ñĩai la 80 cm, ñĩo rut cõõc ñĩai la -74 cm, ñĩo dang trung bõnh 40 cm, ñĩo rut trung bõnh la -35 cm.

CALCULATION OF STORM SURGE IN THE WATERS OF VUNG RO (PHU YEN)

Bui Hong Long, Tran Van Chung
Institute of Oceanography (Nha Trang)

ABSTRACT The paper presents some calculated results of storm surge based on the hydrodynamic model with moving boundaries. Calculating area was separated by 135 x 84 grid with side of about $dx = dy = 50$ m for Vung Ro bay in Phu Yen province. Marine data of NCTSC project in 2002 were used for calculation in this model. If two storms FAITH (12/1998) and LINGLING (11/2001) were proposed to be directly landed to the Vung Ro bay from different directions, the calculated results showed that highest possible storm surge happened in directions of SW, W, N and S. Maximum sea level height can reach to 80 cm, minimum sea level height can fall to -74 cm, average sea level rise is about 40 cm and average sea level fall is about - 35 cm.

I. ÑĩAT VAN ÑĩE

Nam õĩ võ tuyen 12 - 13⁰N, bõ bien tẽnũ Phu Yen luõn chõu ảnh hõõng cua bao nang ne hõn sõ võĩ hai khu võõc can ke tren va dõõĩ (khu võõc 11 - 12⁰N va 13 - 14⁰N). Theo thõng ke tõ nam

1954 ñĩen 1982, khi ñĩanh gia sõ lõõõng cac cõn bao ñĩo bõ vao ven bõ bien Viet Nam, kha nang bao ñĩo bõ vao Phu Yen chiẽm khoang 6,74%, nõ cao gap khoang 1,7 lan sõ võĩ hai khu võõc ke tren va ke dõõĩ (chẽ la 3,93%) [12]. Do ñĩo nghiẽn cõũ tõnh toan cac trõ sõ nõõc

đang cản trở trong bão sẽ có ý nghĩa thúc tiến rất lớn cho công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai, cũng nhờ việc thiết kế, xây dựng, khai thác các công trình biển tại nhà phông.

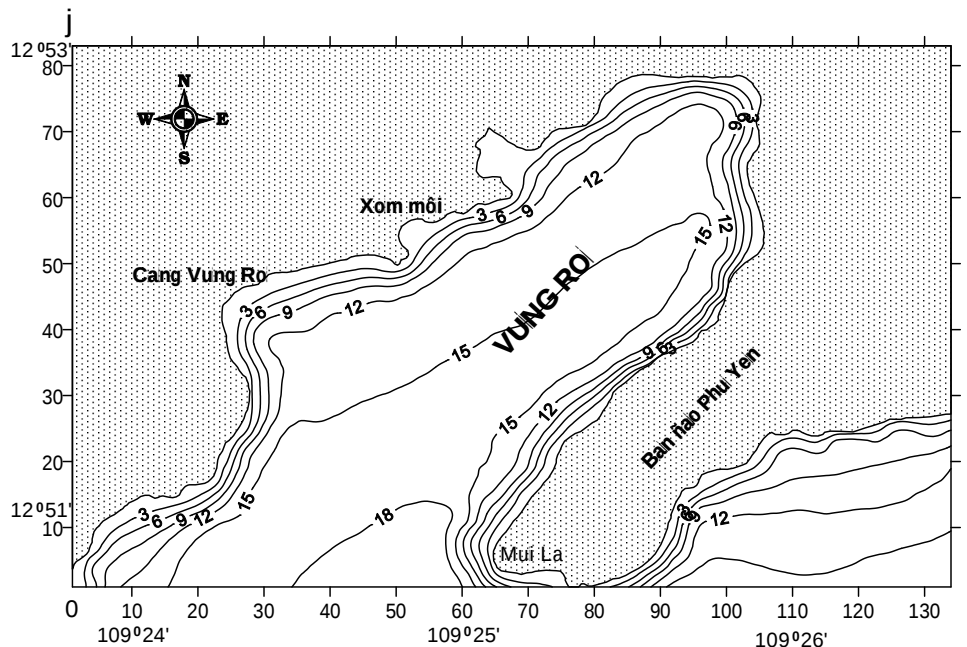
II. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Trong tính toán nước đang cho vùng biển Vũng Rô (Phu Yên), chúng tôi đã chọn hai cơn bão thúc xảy ra trong những năm gần đây (mà các thông số về bão liên quan đến các tính toán tổng thể này đều nhất) di chuyển theo hai hướng khác nhau khi bão đổ (phía bắc và phía nam khu vực nghiên cứu) đã gây những ảnh hưởng đáng kể đến tỉnh Phú Yên (cơn bão FAITH (12/1998) và LINGLING (11/2001)). Không thôi chúng tôi giả định bão sẽ đổ bờ trực tiếp vào vùng biển Vũng Rô theo các hướng có thể gây nguy hiểm cho khu vực nhằm xây dựng trường bão đang cản trở tại vùng biển Vũng Rô khi phải chịu ảnh hưởng của các cơn bão trong tổng thể. Nó sau của khu vực

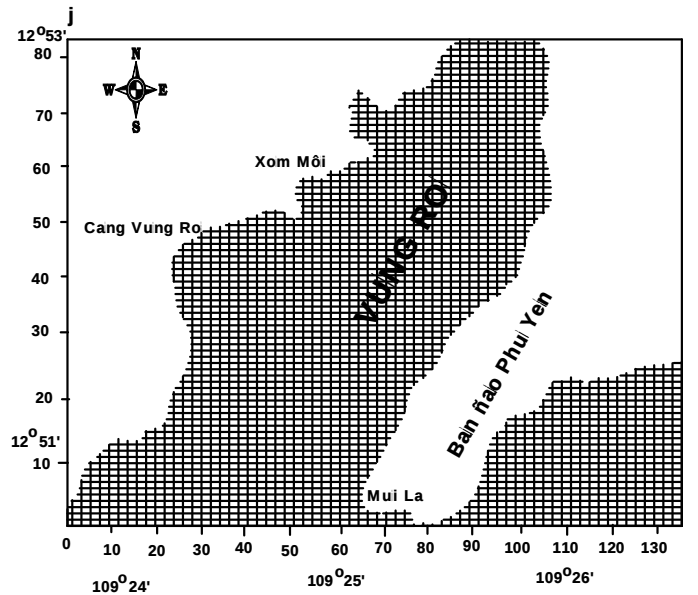
tính toán nước lấy từ bản đồ sau tỷ lệ 1/25.000 do Hải quân Mỹ thành lập năm 1967 có số hiệu chính, bổ sung từ các kết quả đo sau của việc tại cấp TTKHTN & CNQG “Xây dựng cơ sở khoa học cho việc khai thác sử dụng hợp lý các vùng vịnh ven biển Việt Nam” năm 2002.

Mạng lưới tính toán nước chọn là 135×84 điểm với kích thước các ô lưới $dx = dy = 50$ m. Trong quá trình tính toán, trường bão sau biển nội theo thủy triều và bão đang rút phù hợp với các diện biển thúc từ số ảnh hưởng của bão tới vùng biển Vũng Rô. Như vậy, ta có thể xây dựng nước phân bố trường bão đang và dao động mức nước trong bão hợp lý.

Biên cống cho bài toán (nồng độ) luôn nước dịch chuyển theo bão dao động của thủy triều, bão đang và rút do bão. Với kỹ thuật này, việc phân ảnh trường bão đang cản trở tại có thể xảy ra tại nhà phông khi bão đổ một cách hợp lý hơn, phù hợp với thực tế.



Hình 1: Nhà hình này (m) vùng biển Vũng Rô ởng với thủy triều thấp nhất
Bottom topography (m) in Vung Ro waters at lowest tide



Hình 2: Sơ đồ mạng lưới cho tính toán nước dâng tại vùng biển Vũng Rô (Phu Yên)
Grid chart for the calculation of water surge in Vung Ro waters (Phu Yen)

III. MÔ HÌNH TÍNH NƯỚC DĂNG VÀ THUY TRIỀU

Qua việc tìm hiểu bản chất của hiện tượng nước dâng do bão, người ta có thể thiết lập được mô hình sơ đồ thủy động để tính các thông số cho

nước dâng. Lấy tích phân theo phương thẳng đứng phương trình Navier - Stokes trên toàn bộ chiều sâu. Các phương trình chuyển động và phương trình liên tục theo hướng x và y có thể viết lại:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0 D} (\tau_{bx} - \tau_{sx}) &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0 D} (\tau_{by} - \tau_{sy}) &= 0 \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [DU] + \frac{\partial}{\partial y} [DV] &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

Trong đó:

t : Thời gian (s)

U, V: Tốc độ dòng trung bình theo chiều sâu theo phương x và y (kính tuyến và vó tuyến) (cm/s)

$\xi(t)$: Nước dâng mực nước so với mực nước bình (cm)

D : Chiều sâu của cột nước tại thời điểm tính. Có thể xây ra hai trường hợp:

- Với nước dâng: $D = \int_{-\xi}^H dz = (H + \xi)$

- Với nước rút: $D = \int_{+\xi}^H dz = (H - \xi)$

Trong đó:

H là chiều sâu mực nước bình

g : Gia tốc trọng trường

ρ_0 : Tỷ trọng của nước biển

f : Tham số Coriolis ($f = 2\omega \sin \varphi$, φ : vĩ độ địa lý, ω : vận tốc quay Trái Đất)

P_a : Áp suất khí quyển trên mặt biển

τ_s : Ứng suất gió tác động lên bề mặt nước (ứng suất gió bề mặt)

Theo phương x và y:

$$\tau_{sx} = K \rho_a \left| \vec{W} \right| W_x$$

$$\tau_{sy} = K \rho_a \left| \vec{W} \right| W_y$$

$$\text{Với: } \left| \vec{W} \right| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

K : Hệ số trở kháng (drag coefficient)

$\vec{W}$: Vector vận tốc gió gần mặt biển

ρ_a : Tỷ trọng của không khí ($\rho_a = 1,25 \text{ kg m}^{-3}$)

Có rất nhiều công trình nghiên cứu về hệ số K , trong công trình này chúng tôi sử dụng công trình của SMITH và BANKE (1975):

$$K = \begin{cases} \left[0.63 + 0.066 \left| \vec{W} \right| \right] \times 10^{-3}, & \left| \vec{W} \right| < 20 \text{ ms}^{-1}; \\ \left[2.28 + 0.033 \left(\left| \vec{W} \right| - 20.0 \right) \right] \times 10^{-3}, & \left| \vec{W} \right| > 20 \text{ ms}^{-1} \end{cases}$$

*) τ_{bx} , τ_{by} : Ứng suất ma sát chảy theo phương x và y

$$\tau_{bx} = \frac{1}{2} \rho_0 C_d U \sqrt{U^2 + V^2}, \quad \tau_{by} = \frac{1}{2} \rho_0 C_d V \sqrt{U^2 + V^2}$$

Với C_d : Hệ số ma sát

Sử dụng hệ số vận chuyển nhám n (Manning's Roughness). Trong đó hệ số ma sát và hệ số nhám có liên hệ với nhau bởi công thức:

$$n = \sqrt{\frac{C_d D^{\frac{1}{3}}}{2g}}$$

Trong bài này, chúng tôi chọn $n = 0,0264$.

Nếu thuận tiện và không gian hóa trong quá trình lập trình, chúng tôi sử dụng cách làm trong [9, 10] như sau:

$$\text{Nút: } M = UD = \int_{-\xi}^H U dz, \quad N = VD = \int_{-\xi}^H V dz$$

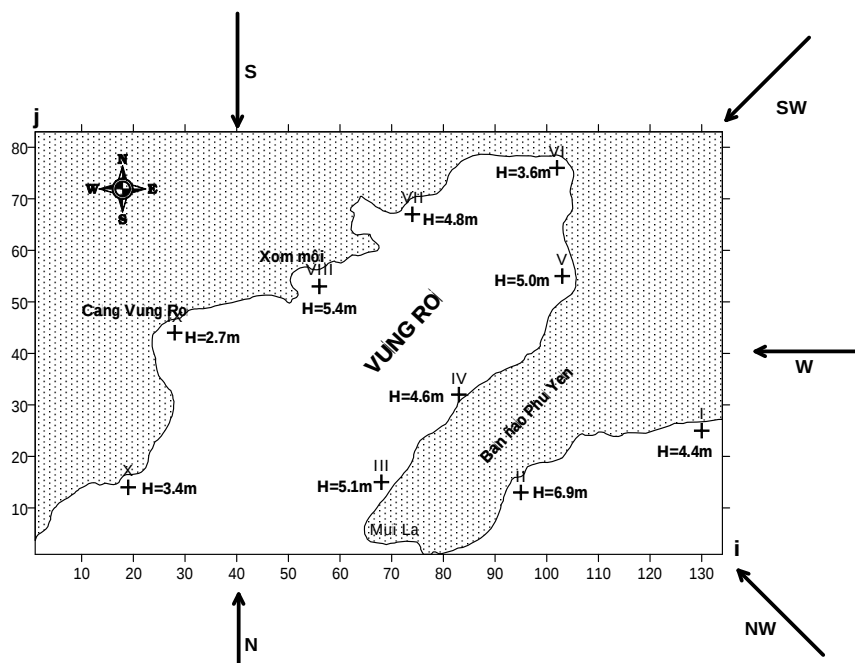
Thế vào phương trình (1) và biến đổi ta được:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + M \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M}{D} \right) + N \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M}{D} \right) - fN + gD \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{D}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{bx} - \tau_{sx}) &= 0 \\ \frac{\partial N}{\partial t} + M \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{N}{D} \right) + N \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N}{D} \right) + fM + gD \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{D}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{by} - \tau_{sy}) &= 0 \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

Công thức tổng thể có thể tìm thấy trong [7, 12]

Các lý giải cách tính, số lần tính, công thức tính có liên quan, nhiều kiến thức cho tính toán (nhiều kiến thức và nhiều

kiến thức), ... có thể xem chi tiết trong [4, 5, 6]



Ghi chú:

- N : tam bão dộc chuyen theo hōng Bac
- NW : tam bão dộc chuyen theo hōng Tay Bac
- W : tam bão dộc chuyen theo hōng Tay
- SW : tam bão dộc chuyen theo hōng Tay Nam
- S : tam bão dộc chuyen theo hōng Nam

Hình 5: Vị trí các trạm thể hiện dao động mực nước do ảnh hưởng của bão
Location of stations showing the water level variation due to storm

Bảng 1: Vị trí các trạm nghiên cứu dao động mực nước trong bão
Location of studied stations on the water level variation in storm

STT	i	j	Nhỏ sau (m)	Vị trí nghiên cứu
1	130	25	4,4	I
2	95	13	6,9	II
3	68	15	5,1	III
4	83	32	4,6	IV
5	103	55	5	V
6	102	76	3,6	VI
7	74	67	4,8	VII
8	56	53	5,4	VIII
9	28	44	2,7	IX
10	19	14	3,4	X

Ghi chú: i theo phương x (i chạy từ 0 -> 134), j theo phương y (j chạy từ 0 -> 83)

V. CÁC KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Theo hình 4, chúng ta thấy khá rõ sự biến đổi của hai cơn bão FAITH

(12/1998) và LINGLING (11/2001) khá xa so với khu vực nghiên cứu. Theo tính toán thì cơn bão FAITH (12/1998) ảnh hưởng đến khu vực Vung Ro với

dạng cốc lật dôi 10 cm, trong khi ở cơn bão LINGLING hầu như không ảnh hưởng. Tuy nhiên, hướng di chuyển của bão thông diện biến khá phức tạp khi nó đi, nếu nó đi trở tiếp vào vùng biển Vũng Rô thì sẽ ảnh hưởng của nó là rất nguy hiểm.

Nếu phân gia những dao động bất thường của mực nước khi chịu ảnh hưởng của bão, chúng tôi xây dựng mô hình tính từ lúc bão bắt đầu gây ảnh hưởng đến vùng biển Vũng Rô, đến khi kết thúc sẽ ảnh hưởng của nó theo sự di chuyển của tâm bão, nhằm xác định gia trị cực trị có thể đạt được tại các trạm, từ đó xác định vị trí mà bão có thể gây ra trường nước dạng cốc lật theo hướng di chuyển, với mức nước phân gia được trường nước dạng cốc lật tại nhà phông theo các hướng di chuyển của tâm bão. Các thông số đầu vào của bão được lấy từ các cơn bão FAITH (12/1998) và LINGLING (11/2001), với gia trị các cơn bão này sẽ đi vào vùng biển Vũng Rô. Số liệu được chọn là $P_{min} = 940$ mb, tốc độ di chuyển là 20 km/h, $R_{max} = 40$ km (R_{max} : bán kính gió cực đại). Con van

tốc cực đại mà gió bão đạt được có thể tính [1] như sau:

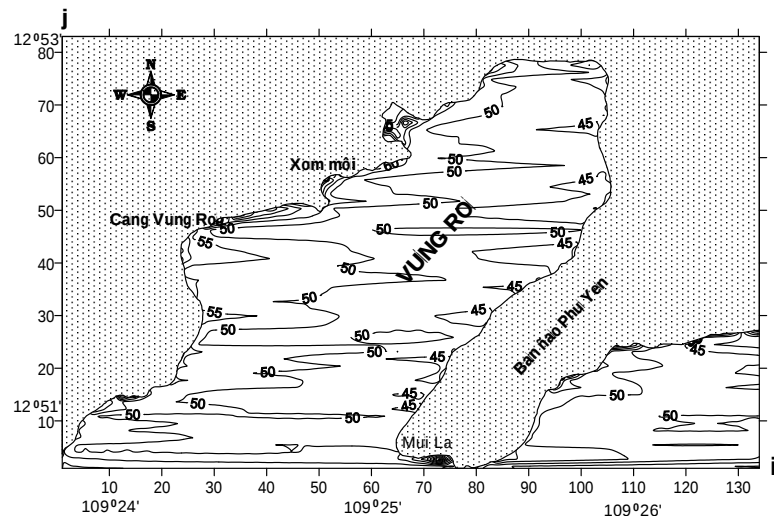
$$V_{max} = 3,44 (1010 - P_{min})^{0,644} \quad (m/s)$$

Vị trí tâm bão ban đầu được chọn là:

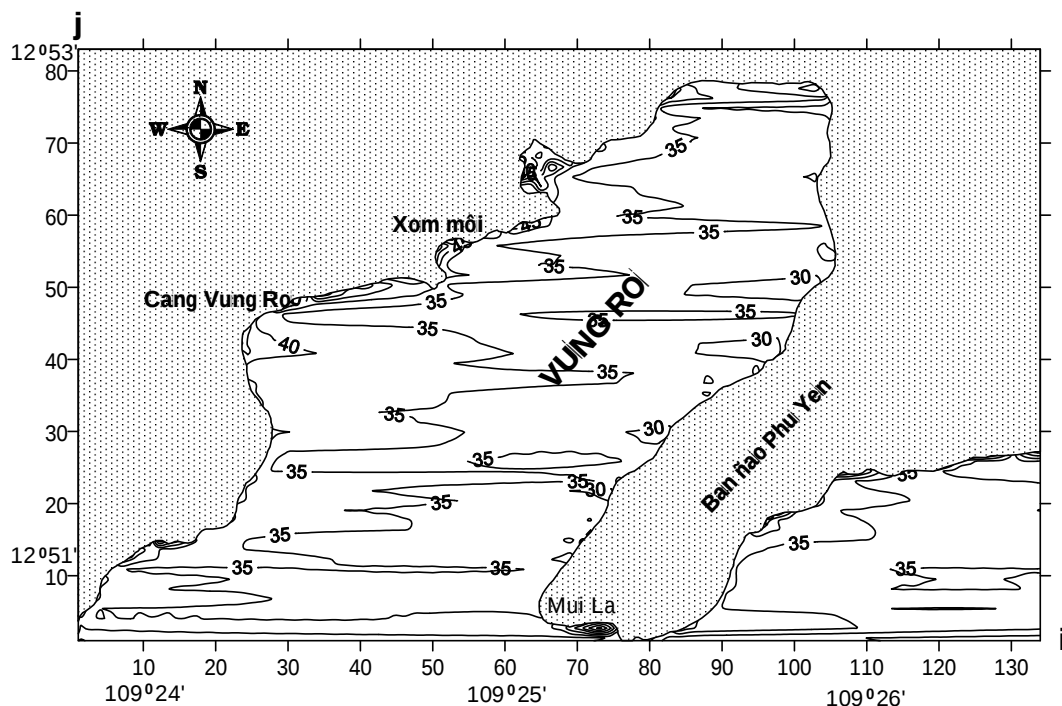
- Tâm bão di chuyển theo hướng Bắc I ($109,4^{\circ}E, 11,5^{\circ}N$)
- Tâm bão di chuyển theo hướng Nam I ($109,4^{\circ}E, 14,2^{\circ}N$)
- Tâm bão di chuyển theo hướng Tây Bắc I ($110,3^{\circ}E, 12^{\circ}N$)
- Tâm bão di chuyển theo hướng Tây Nam I ($110,3^{\circ}E, 13,8^{\circ}N$)
- Tâm bão di chuyển theo hướng Tây I ($110,8^{\circ}E, 12,9^{\circ}N$)

VI. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

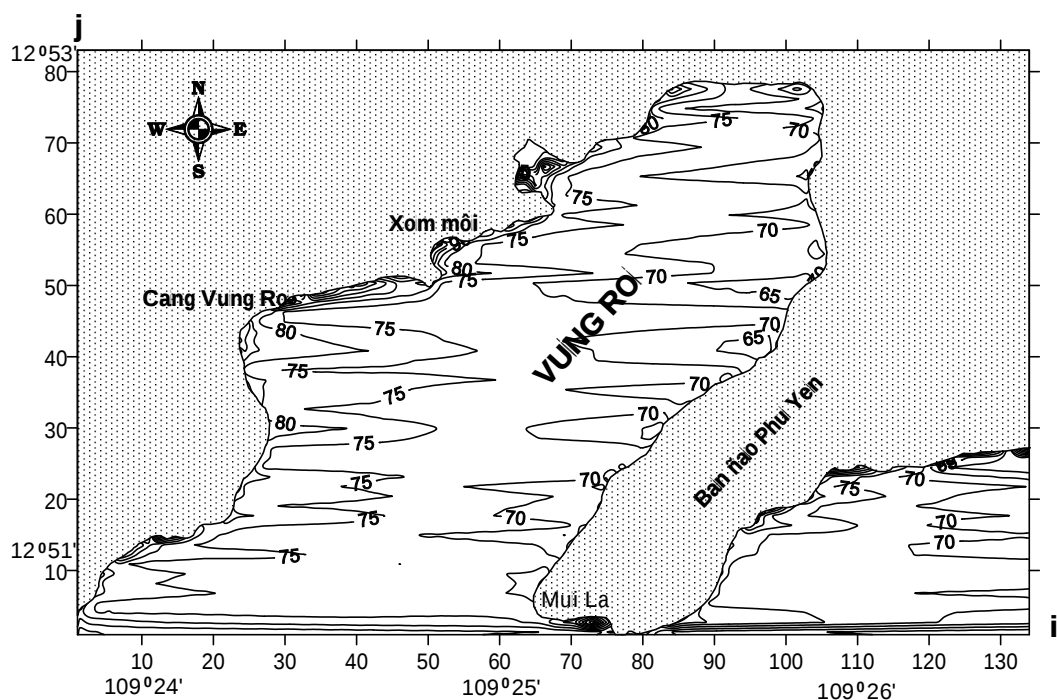
Trong quá trình tính toán, chúng tôi nhận thấy với một cơn bão có cùng cường độ lớn những khi nó đi vào Vũng Rô với cùng khoảng cách những từ các hướng khác nhau thì ảnh hưởng của trường phân bố nước dạng cốc lật có sự chênh lệch khá rõ rệt. Các kết quả có thể nhìn thấy trong hình 6, 7, 8, 9, 10.



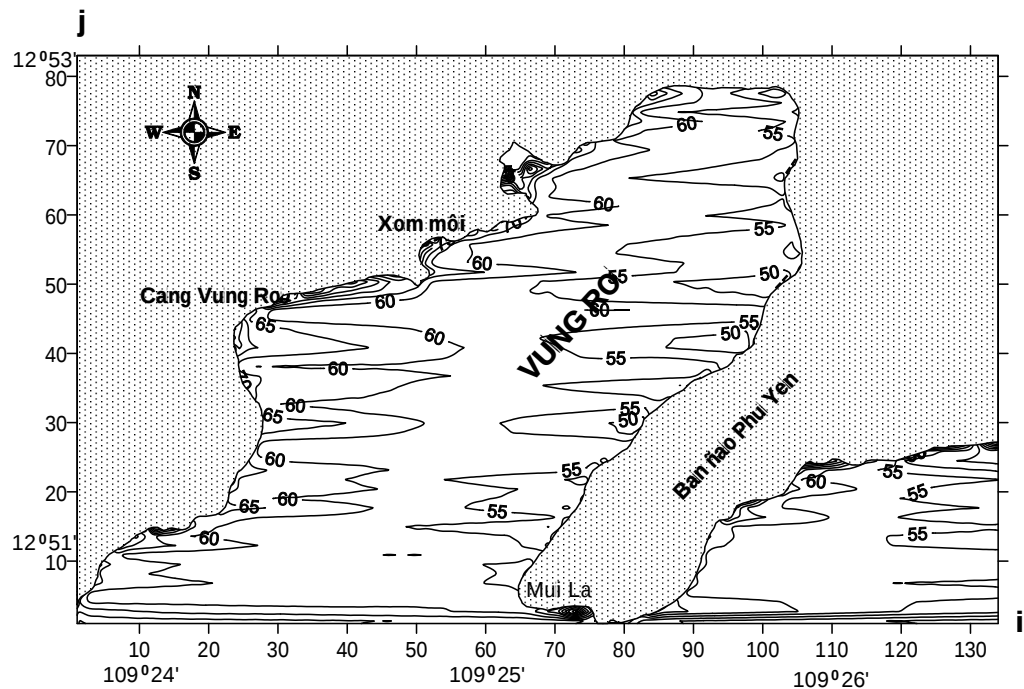
Hình 6: Trường nước dạng cốc lật (cm) tính toán cho vùng biển Vũng Rô khi bão đi vào theo hướng Bắc (hiệu chỉnh về mực nước thấp nhất tại $i = 73, j = 3, z = -50$ cm)
Maximum storm surge (cm) calculated for Vung Ro waters when storm landed at northern direction (adjustment in the lowest water level at $i = 73, j = 3, z = -50$ cm)



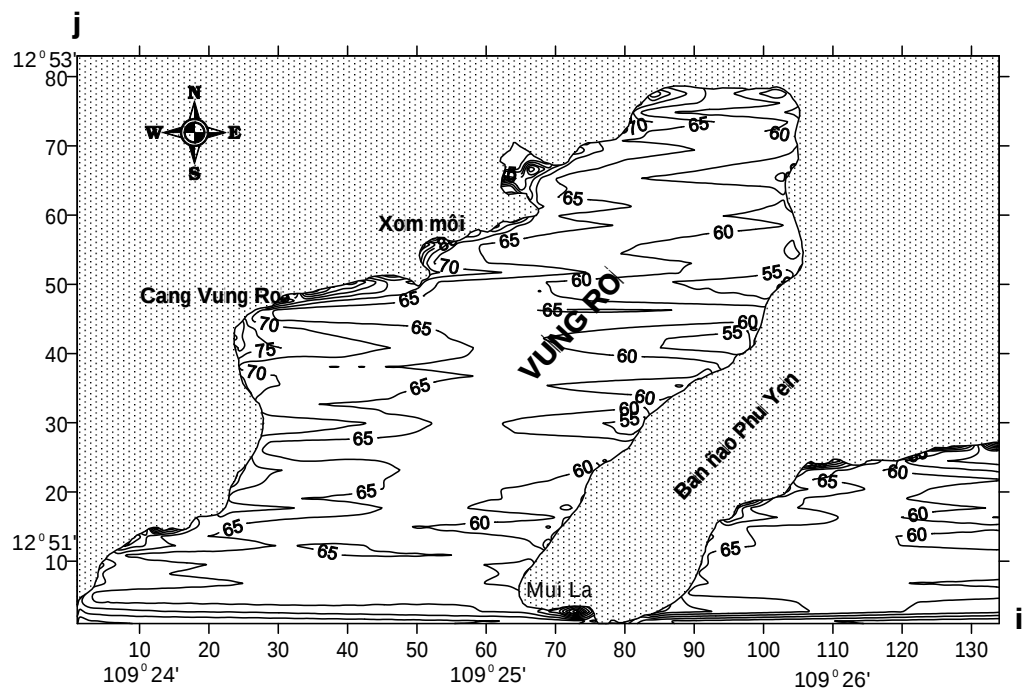
Hình 7: Trồng ão ãang cõc ãai (cm) tĩnh toĩn cho vũng bien Vung Rõ khi bĩo ãĩ bĩ theo hõĩng Nam (hiếu chĩnh ve mĩc nĩĩc thĩp nhĩt tĩ i =134, j =27, z =-35 cm)
Maximum storm surge (cm) calculated for Vung Ro waters when storm landed at southern direction (adjustment in the lowest water level at i = 134, j = 27, z = -35 cm)



Hĩnh 8: Trĩĩng ãĩ ãang cõc ãai (cm) tĩnh toĩn cho vũng bien Vung Rõ khi bĩo ãĩ bĩ theo hõĩng Tĩy Nam (hiếu chĩnh ve mĩc nĩĩc thĩp nhĩt tĩ i =134, j =27, z =-74 cm)
Maximum storm surge (cm) calculated for Vung Ro waters when storm landed at southwestern direction (adjustment in the lowest water level at i = 134, j = 27, z = -74 cm)



Hình 9: Trồng ão dang cõc ãai (cm) tĩnh toan cho vung bien Vung Ro khi bao ão bo theo hõng Tay Bac (hieuh chñnh ve mõc nõc thap nhñt tñi $i = 134$, $j = 27$, $z = -59$ (cm) Maximum storm surge (cm) calculated for Vung Ro waters when storm landed at northwestern direction (adjustment in the lowest water level at $i = 134$, $j = 27$, $z = -59$ cm)



Hình 10: Trồng ão dang cõc ãai (cm) tĩnh toan cho vung bien Vung Ro khi bao ão bo theo hõng Tay (hieuh chñnh ve mõc nõc thap nhñt tñi $i = 134$, $j = 27$, $z = -63$ (cm) Maximum storm surge (cm) calculated for Vung Ro waters when storm landed at western direction (adjustment in the lowest water level at $i = 134$, $j = 27$, $z = -63$ cm)

Cụ thể khi có khoảng cách nhỏ nhau, thì cơn bão sẽ di chuyển theo hướng Bắc có bão đang và rút cao hơn khi bão di chuyển theo hướng Nam (dao động trên 54,7 cm so với 38,6 cm và dao động dưới -50 cm so với -35 cm). Cùng với vậy, theo ba hướng di chuyển của bão, là hướng Tây, Tây Bắc và Tây Nam thì trường bão đang cực đại của bão di chuyển theo hướng Tây Nam có bão đang và rút cao hơn (dao động trên 71 cm so với 68 cm và 66 cm và -74 cm so với 63 cm và 59 cm). Từ những kết quả trên ta có thể nói rằng, sự di chuyển của bão theo hướng Tây Nam có trường bão đang bão đang cao

nhất, sau đó môi trường di chuyển Tây, Tây Bắc, Bắc và Nam. Tuy nhiên các kết quả nói ở đây là trường bão đang cực đại trong phạm vi mà cơn bão có thể gây ra trong vùng biển Vùng Rô theo mang lỗi tính. Nếu phân gia một vị trí cụ thể ta cần phải xem xét trường bão đang cực đại của bão ở đây. Tuy nhiên, kết quả này cần phải được kiểm chứng lại và cần phải thực hiện tính cho nhiều cơn bão khác nhau theo bán kính ảnh hưởng, tốc độ di chuyển của bão và vị trí bão của bão, ... Các kết quả tính toán được tổng hợp trong bảng 2 & 3.

Bảng 2: Dao động cực trị (cm) của mực nước tại các vị trí nghiên cứu so với mực nước trung bình

Extreme variation of water level (cm) at studied stations compared to average water level

Vị trí trạm Hướng đi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
N	39,81	18,11	19,12	3,48	12,24	29,29	8,44	15,28	18,64	18,15
	-28,15	-0,35	-5,24	-6,01	-8,01	-2,24	-0,08	-0,44	-2,38	-1,56
NW	53,05	31,59	37,87	4,32	29,37	30,67	26,12	29,32	8,73	19,27
	-6,56	-0,89	-2,15	-2,82	-2,96	-2,76	-0,45	-0,92	-9,3	-4,29
W	47,61	33,24	35,07	4,29	22,27	36,61	34,02	34,17	18,48	30,2
	-17,46	-0,87	-1,8	-3,99	-2,67	-2,49	-0,45	-0,87	-8,2	-3,72
SW	48,1	33,09	35,09	4,38	24,88	35,27	27,12	30,04	14,93	28,6
	-12,78	-0,79	-1,99	-3,76	-2,9	-2,68	-0,43	-0,85	-8,76	-3,5
S	47,66	30,46	29,67	5,42	31,6	37,61	30,21	24,78	17,75	12,69
	-9,12	-0,74	-4,22	-5,33	-4,75	-0,62	-0,57	-1,24	-10,74	-6,5

Ghi chú:

Dấu - : Thể hiện dao động thấp nhất so với mực nước trung bình (bão rút thấp nhất)
Cột 1 là vị trí các trạm trên hình 5

Bảng 3: Vị trí có thể đạt dao động cực trị theo di chuyển của bão
Position of possible extreme variation according to movement of storm center

Hướng di chuyển của bão	Dao động cao nhất		Dao động thấp nhất	
	Gia trị (cm)	Vị trí trên bản đồ	Gia trị (cm)	Vị trí trên bản đồ
N	54,7	i =71, j =75	-50	i =73, j =3
NW	66	i =134, j =27	-59	i =71, j =75
W	68	i =71, j =75	-63	i =134, j =27
SW	71	i =71, j =75	-74	i =134, j =27
S	38,6	i =123, j =27	-35	i =134, j =27

Phải công nhận rằng, các kết quả tính trên đây còn những hạn chế nhất định. Nếu thu được kết quả tốt hơn, cần có bản đồ sau chi tiết thích hợp với lưới tính trong mô hình là $dx = dy = 50 \text{ m}$.

Ở đây không bỏ qua, cần tính toán hạn chế việc lấy giá trị trung bình nước cao (hoặc hạ thấp). Cần phải có những mạng lưới để xác định sau đó dọc bờ và nước cao của hình dạng để phân tích những ưu thế của phương pháp sai phân hữu hạn với biến đổi chuyển, nhằm phân tích nước dâng do bão tại nhà phân tích một cách tốt hơn, phù hợp với thực tế.

Hiện không có số liệu về nước dâng theo thời gian cho một cơn bão thực địa khi nó đi vào vùng biển Vũng Rô, do đó khó có thể phân tích được tính khả thi của mô hình và hiệu chỉnh các thông số cần thiết cho tính toán.

TAI LIEU THAM KHẢO

1. Amal C. Phadke, Christopher D. Martino, Kwok Fai Cheung, Samuel H. Houston, 2003. Modeling of tropical cyclone winds and waves for emergency management. Ocean Engineering 30 (2003), pp. 553 - 578.
2. AS-Salek J. A., T. Yasuda, 1995. Comparative study of the storm surge models proposed for Bangladesh: Last development and research needs. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 54/55 (1995), pp. 595-610.
3. Borthwick A. G. L., S. Cruz Leon and Jozsa. The shallow flow equations solved on adaptive quadtree grids. International Journal for Numerical Methods in Fluids.
4. Bui Hong Long, Tran Van Chung, 2000. Tính toán nước dâng do bão cho vịnh và cửa sông ven biển. Báo cáo chuyên đề của đề tài KHCN - 5C. Viện Hải Dương Học Nha Trang, 54 tr.
5. Bui Hong Long, Tran Van Chung, 2001. Tính toán thử nghiệm nước dâng trong bao bì mô hình thủy động lực học với biến đổi dòng. Tuyển tập nghiên cứu biển tập XI. Nhà Xuất Bản Khoa Học và Kỹ Thuật, tr. 45 - 56.
6. Bui Hong Long, Tran Van Chung, 2003. Tính toán nước dâng trong bao bì khu vực Ninh An - Gò Công do ảnh hưởng của cơn bão Linda (1997) bằng phương pháp sai phân hữu hạn với biến đổi dòng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, Tập 3, Số 1 (2003), Tr. 1-17.
7. Causon* D. M., D. M. Ingram, C. G. Mingham, 2001. A Cartesian cut cell method for shallow water flows with moving boundaries. Advances in Water Resources 24 (2001), pp. 899 - 911.
8. Hubbert G. D. and K. L. McInnes, 1999. A Storm Surge Inundation Model for Coastal Planning and Impact Studies. Journal of Coastal Research, 15(1), 168 - 185. Royal Palm Beach (Florida), ISSN 0749 - 0208.
9. Kowalik Z., T. S. Musky. Numerical modeling of ocean dynamics. Advanced Series on Ocean Engineering - Volume 5. World Scientific.
10. Manuals and Guides, 1997. Numerical method of tsunami simulation with the leap - frog scheme. Intergovernmental Oceanographic Commission.

- Unesco, Part 1 - chapter 1 - page 1:
Part 1 -chapter 1 - page 19.
12. Subramanian V., R. Mahadevan, B. Lalitha, D. Srinivasan, 1998. Storm surge simulation studies – A review. Ocean Engineering Centre, Indian Institute of Technology, Madras 600 - 036
12. Vũ Nhõ Hoan, 1998. Thiên tai ven biển và cách phòng tránh. Nhà Xuất Bản Khoa Học và Kỹ Thuật – Hà Nội, 77 tr.