

TÍNH TOÁN NƯỚC DÂNG DO BÃO TẠI VÙNG BIỂN QUY NHƠN

TS. Bùi Hồng Long
ThS. Trần Văn Chung
Viện Hải dương học Nha Trang



Ảnh minh họa

Trên thế giới hiện nay có nhiều phương pháp tính toán dự báo nước biển dâng do bão. Trong bài báo này tác giả trình bày một số kết quả tính toán thử nghiệm dự báo nước dâng do bão bằng mô hình số trị thủy động lực có biên cứng di động và áp dụng một số kỹ thuật tính toán mới cho vùng Vịnh Quy Nhơn (ven biển miền Trung) với một số cơn bão mạnh được chọn điển hình.

Các kết quả tính từ mô hình cho thấy, hầu hết các cực trị độ dâng nước biên do bão tại vùng biển này tập trung tại mép biên cứng, với độ sâu $H=0m$. Các kết quả tính toán còn cho thấy mức độ ảnh hưởng của cơn bão Angela (10/1992) và LingLing (11/2001) vào vùng biển Quy Nhơn là khá lớn, độ dâng cực đại với cơn bão Angela là 83,0cm còn trong cơn bão LingLing là 162,5cm. Như vậy, việc tính toán để dự đoán, cảnh báo thiên tai không chỉ với mục đích phòng - tránh, làm giảm thiệt hại thiên tai gây ra trong dải ven bờ khu vực Nam Trung Bộ mà còn có thể phục vụ cho công tác quy hoạch, phát triển kinh tế, du lịch biển.

1. Mở đầu

Mô hình tính toán nước biển dâng do bão được nhóm tác giả xây dựng bằng phương pháp sai phân hữu hạn Leap-frog, với kỹ thuật xử lý biên di

động tương đối hoàn chỉnh. Theo cách xử lý này, có thể xem xét sự tác động qua lại giữa nước và đất liền như là sự di chuyển đường biên với những thành phần ô lưới trong vùng nước tại khu vực

tính, có thể được thêm vào hoặc bớt đi do triều hoặc do nước dâng trong bão và ngược lại. Kỹ thuật này không chỉ phụ thuộc vào độ cao bề mặt biển liên quan đến địa hình khu vực gần kề nhau mà còn phụ thuộc vào khoảng cách di chuyển ranh giới giữa bờ - biển, căn cứ vào lưu lượng dòng tức thời về phía biển của biên (biên mở).

Việc thêm vào hoặc loại bỏ một vài điểm trên mạng lưới tính cho khu vực tính toán có thể xảy ra, do vậy có thể mất nhiều bước tính hơn để hoàn thành. Kỹ thuật này có tính thuyết phục cao, đặc biệt trong trường hợp các địa hình phức tạp, đáy thoải, khi đó các ô lưới được xây dựng trên một phạm vi rộng lớn. Tuy nhiên mô hình đòi hỏi phải có mạng lưới đo sâu khá tốt và đáng tin cậy.

Mô hình số trị này đã được tác giả nghiên cứu và áp dụng thử nghiệm cho các vùng biển như Phan Thiết (năm 2000, đề tài KHCN-5C)[1], [2], Khánh Hòa (đề tài hợp đồng với tỉnh Khánh Hòa năm 2002), Cửa Định An - Gò Công (năm 2003, đề tài sạt lở bờ biển Nam Bộ) [3], Vũng Rô (Phú Yên) (năm 2003, đề tài cấp Trung tâm KH & CNVN) [4], khu vực Đồng Đế - Nha

Trang (đề tài cấp cơ sở năm 2004) và kết quả khá phù hợp với thực tế.

Trong bài báo này tác giả trình bày một số kết quả tính toán của mô hình nói trên cho vùng Vịnh Quy Nhơn (với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài cấp Viện Khoa học và Công nghệ "Xây dựng cơ sở khoa học cho việc khai thác sử dụng hợp lý Vịnh Quy Nhơn – Đầm Thị Nại (Bình Định)"), nhằm tìm ra các trị số nước dâng cực trị trong bão, xây dựng trường phân bố độ dâng cực đại có thể xảy ra dựa trên thông tin về hai cơn bão Angela (10/1992) và LingLing (11/2001) ảnh hưởng tới vịnh này.

2. Mô hình thủy động lực tính toán nước dâng

a. Cơ sở mô hình số tính toán nước dâng

Từ bản chất của hiện tượng nước dâng do bão, người ta có thể thiết lập mô hình số trị thủy động lực để tính các tham số nước dâng. Mô hình được dẫn ra bởi phép tích phân thẳng đứng hệ phương trình Navier - Stokes trên toàn bộ độ sâu với việc thừa nhận áp suất là thủy tĩnh. Các phương trình chuyển động và phương trình liên tục theo hướng x và y [1], [2], [3], [4], [5], [9]: có thể được viết:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - f_c V + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0 D} (\tau_{bx} - \tau_{sx}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + f_c U + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0 D} (\tau_{by} - \tau_{sy}) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [DU] + \frac{\partial}{\partial y} [DV] = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

U, V: Tốc độ dòng trung bình theo độ sâu theo phương x và y (theo kinh độ và vĩ độ) (m/s); $\xi(t)$: Độ dâng mực nước so với mực nước tĩnh (m); D: Độ sâu tổng cộng tại thời điểm tính (m).

Có thể xảy 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: Độ sâu so với mực nước trung

bình (m); g: Gia tốc trọng trường ($m.s^{-2}$);

ρ_0 : Mật độ nước biển ($kg.m^{-3}$); f_c : Tham số Coriolis ($f_c = 2\omega \sin \varphi$, φ : Vĩ độ địa lí; ω : Vận tốc quay của trái đất); t: Thời gian (s); P_a : Áp suất khí quyển trên mặt biển (Pa).

Để thuận tiện và đơn giản trong quá trình lập trình:

Đặt: $M = U(H + \xi) = U \times D$; $N = V(H + \xi) = V \times D$ với $D = H + \xi$

Thay thế các giá trị vừa đặt trên vào các phương trình (1), (2), (3) và biến đổi ta được:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + M \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M}{D} \right) + N \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M}{D} \right) - f_c N + gD \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{D}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{bx} - \tau_{sx}) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + M \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{N}{D} \right) + N \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N}{D} \right) + f_c M + gD \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{D}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{by} - \tau_{sy}) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

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

$$\vec{\tau}_s = K \rho_a \vec{W} |\vec{W}| \quad (7)$$

Theo phương x và y lần lượt là:

$$\tau_{sx} = K \rho_a |\vec{W}| W_x \quad (8)$$

$$\tau_{sy} = K \rho_a |\vec{W}| W_y \quad (9)$$

Trong đó:

$$|\vec{W}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

τ_{sx} , τ_{sy} : Thành phần ứng suất gió tác động lên bề mặt theo phương x và y.
K: Hệ số lực cản (drag coefficient).
 $\vec{W}$: Vector vận tốc gió trên mặt biển.

ρ_a : Mật độ không khí ($\rho_a = 1,25 kg.m^{-3}$).

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

$$K = \begin{cases} \left[0.63 + 0.066 |\vec{W}| \right] \times 10^{-3}, & |\vec{W}| \leq 20 m/s; \\ \left[2.28 + 0.033 (|\vec{W}| - 20.0) \right] \times 10^{-3}, & |\vec{W}| > 20 m/s \end{cases} \quad (10)$$

*) τ_{bx} , τ_{by} : Ứng suất đáy theo phương x và y.

$$\tau_{bx} = \frac{1}{2} \rho_0 f U \sqrt{U^2 + V^2} \quad (11)$$

$$\tau_{by} = \frac{1}{2} \rho_0 f V \sqrt{U^2 + V^2} \quad (12)$$

Với f: Hệ số ma sát.

Với ma sát đáy còn có một nhân tố

phải được kể vào, đó là độ nhám.

Theo [8], hệ số ma sát và hệ số nhám Manning n liên hệ với nhau theo công thức:

$$n = \sqrt{\frac{f D^{1/3}}{2g}} \quad (13)$$

Do đó ma sát đáy được viết lại như sau :

$$\tau_{bx} = \rho_0 \frac{gn^2}{D^{1/3}} U \sqrt{U^2 + V^2} = \rho_0 \frac{gn^2}{D^{1/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (14)$$

$$\tau_{by} = \rho_0 \frac{gn^2}{D^{1/3}} V \sqrt{U^2 + V^2} = \rho_0 \frac{gn^2}{D^{1/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \quad (15)$$

Trong chương trình tính, nhóm tác giả chọn $n = 0,0264$. Công thức này đảm bảo cho hệ số cản K (drag coefficient) tăng thêm khi độ sâu nước giảm và có thể sử dụng đại lượng này cho các vùng có độ sâu nước lớn hơn 1m. Khi vào vùng nước nông và tràn vào bờ (hoặc đê chắn) thì sử dụng công thức "Hom-ma" để xác định [8].

Để tính cường độ gió bão, tác giả sử dụng công thức do Miyazaki đưa ra (nhà hải dương học người Nhật [5], [6]):

$$W(r) = \frac{W(R) \cdot 2Rr}{R^2 + r^2} \quad (16)$$

Trong đó: R: Bán kính vùng gió cực đại (Km), r: Khoảng cách cần tính tới tâm bão (Km), $V(r)$: Cường độ gió bão cần tính (m/s), $V(R)$: Cường độ gió bão cực đại (m/s).

Đối với diễn biến khí áp trong bão, có thể tính sự phân bố khí áp tại một thời điểm cho trước theo mô hình sau:

$$P(r) = P(\infty) - \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]^{1/2}} \quad (17)$$

Trong đó: $P(r)$: Trị số khí áp nơi cần tính, cách tâm bão r km (mb); $P(\infty)$: Trị số khí áp ở rìa bão (mb); R: Bán kính vùng gió cực đại (km); a: Trị số giảm khí áp.

b. Điều kiện ban đầu - điều kiện biên

1) Điều kiện đầu

$\xi = 0$ (so với mực nước tĩnh), $M = u \times D = 0$, $N = v \times D = 0$ (do $u, v = 0$), $D = H$

Để tính toán trên đất liền, điều kiện ban đầu trên biên cứng:

$\xi = -h$ (với h là độ cao của mặt đất so với mực nước tĩnh), $D = -h$.

2) Điều kiện biên

* Biên mở (lông):

Độ cao bề mặt nước:

$$\xi^k = \xi^{k*} + \Delta \xi^T + \Delta \xi^M \quad (18)$$

Trong đó ξ^k - độ cao tại bước thời gian tính lưu lượng, ξ^{k*} - giá trị tạm thời

ξ có được từ việc giải phương trình liên tục; $\Delta\xi^T$, $\Delta\xi^M$: Sự thay đổi độ lớn theo độ cao thủy triều và theo sự dịch chuyển khí áp không khí, nó xuất hiện từ những bước thời gian trước.

Chú ý rằng, trong trường hợp tính độ

dâng tổng hợp (có xét đến thủy triều) thì ta mới xét tới $\Delta\xi^T$, còn thông thường người ta loại bỏ giá trị $\Delta\xi^T$ (có nghĩa là chỉ xét đến các dao động ngẫu nhiên)

Dao động thủy triều (dao động tuần hoàn) theo công thức sau:

$$\xi^T(t) = \xi_0^T + \sum_{i=1}^m F_i(t) * h_i \cos(\omega_i t - g_i + P_i(t)) \quad (19)$$

Trong đó ξ_0^T : Giá trị trung bình của mực nước tại điểm đo hoặc tính; h_i : Hằng số điều hòa của biên độ (Amplitude harmonic constant) của sóng thành phần i ; g_i : Pha hằng số điều hòa (Phase harmonic constant) của sóng thành phần i ; $F_i(t)$: Thừa số tính giản; $P_i(t)$: Pha thiên văn; ω_i : Vận tốc góc của sóng thành phần i ; t : Thời gian; m : Số sóng thủy triều.

Ở biên mở, sử dụng điều kiện biên cho sự lan truyền tự do:

$\xi = Q/\sqrt{gH}$: Cho sóng dịch chuyển tới

$\xi = -Q/\sqrt{gH}$: Cho sóng lùi xa dần

Trong đó $Q = \int_{-H}^{\xi} u dz$

Ở đây có 2 sự đánh giá cần thiết đó là ước lượng của lưu lượng dòng chảy Q và đánh giá hướng lan truyền sóng.

* Điều kiện biên cho sự chạy trên front

Sự đánh giá ô lưới (gọi tắt là ô) là cạn hoặc ngập nước theo điều kiện tổng độ sâu, thể hiện sau đây:

$D = H + \xi > 0$, ô tính toán ngập nước

$D = H + \xi \leq 0$, ô cạn

Ở front sóng mà xác định sự giao nhau giữa ô cạn và ô ngập nước, lưu lượng ngang qua giữa 2 biên ô được tính toán nếu độ cao mặt đất trên ô cạn thấp hơn mực nước trên ô ngập nước. Trong các trường hợp khác, lưu lượng cho bằng 0.

* Điều kiện biên khi nước tràn vào bờ (hoặc các cấu trúc, công trình biển)

Công thức Hom-ma được sử dụng

khi nước tràn qua đê chắn sóng hoặc biển theo vùng nghiên cứu. Lưu lượng tràn vào một công trình được cho bởi:

$$Q = \mu h_1 \sqrt{2gh_1}, \text{ nếu } h_2 \leq (2/3)h_1 \quad (20)$$

$$Q = \mu' h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (21)$$

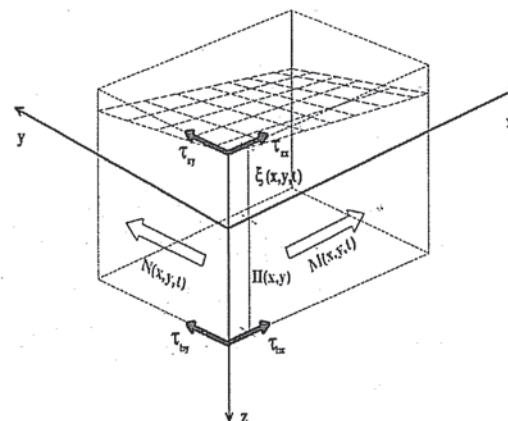
nếu $h_2 > (2/3)h_1$

Trong đó h_1 và h_2 là các độ sâu mực nước ở phía trước và sau công trình (cấu trúc) đo được trên đầu công trình, và các hệ số $\mu = 0,35$ và $\mu' = 2,6\mu$.

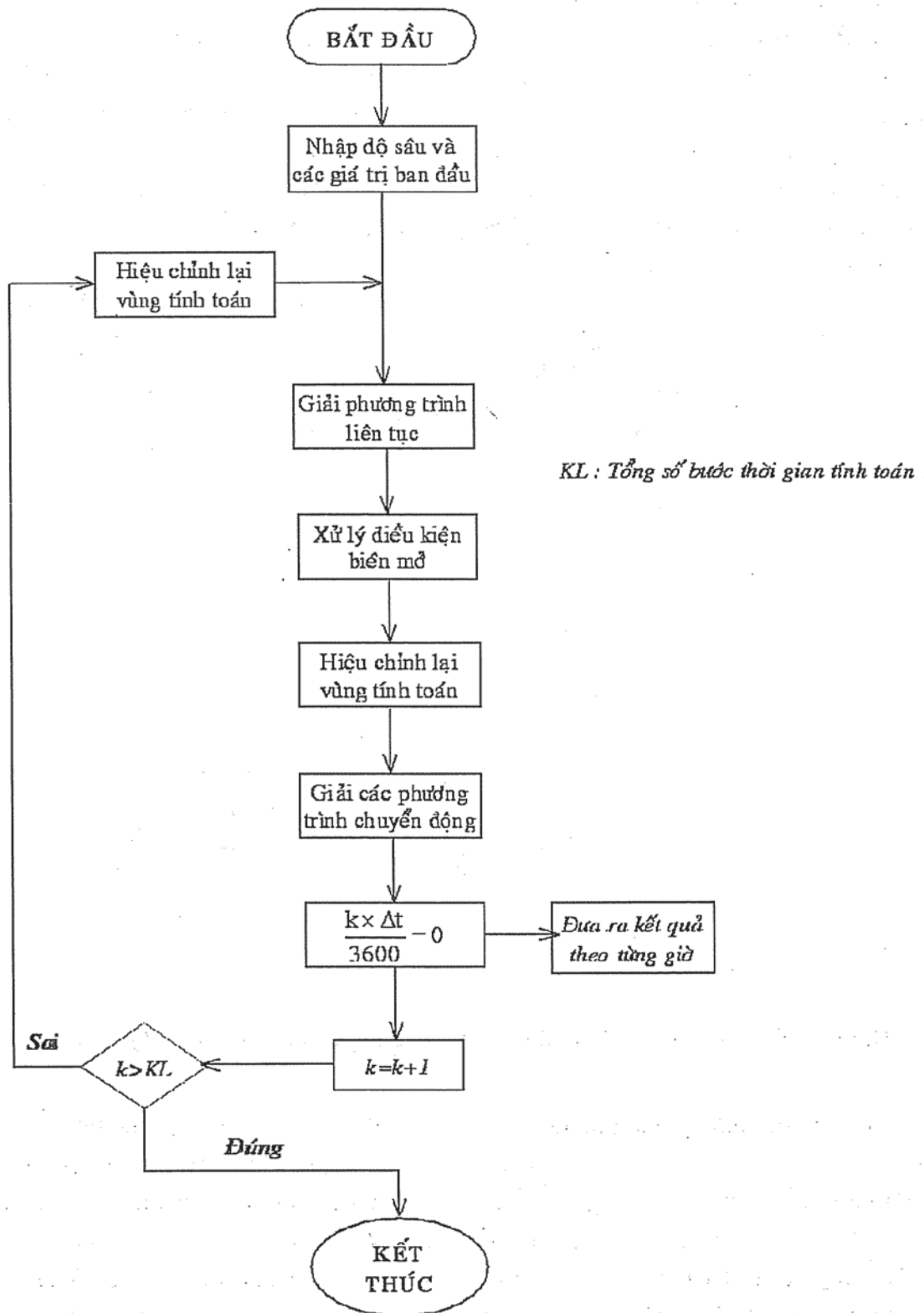
3) Điều kiện ổn định Courant-Fredrichs-Lewy (CFL) [8], [9]

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \leq \sqrt{2gH_{\max}} \quad (22)$$

Trong đó Δt , Δx : Độ lớn theo thời gian và không gian của ô lưới, $H_{\max}$: Độ sâu cực đại so với mực nước tĩnh tại khu vực tính.



Hình 1. Mô tả các đại lượng trong mô hình



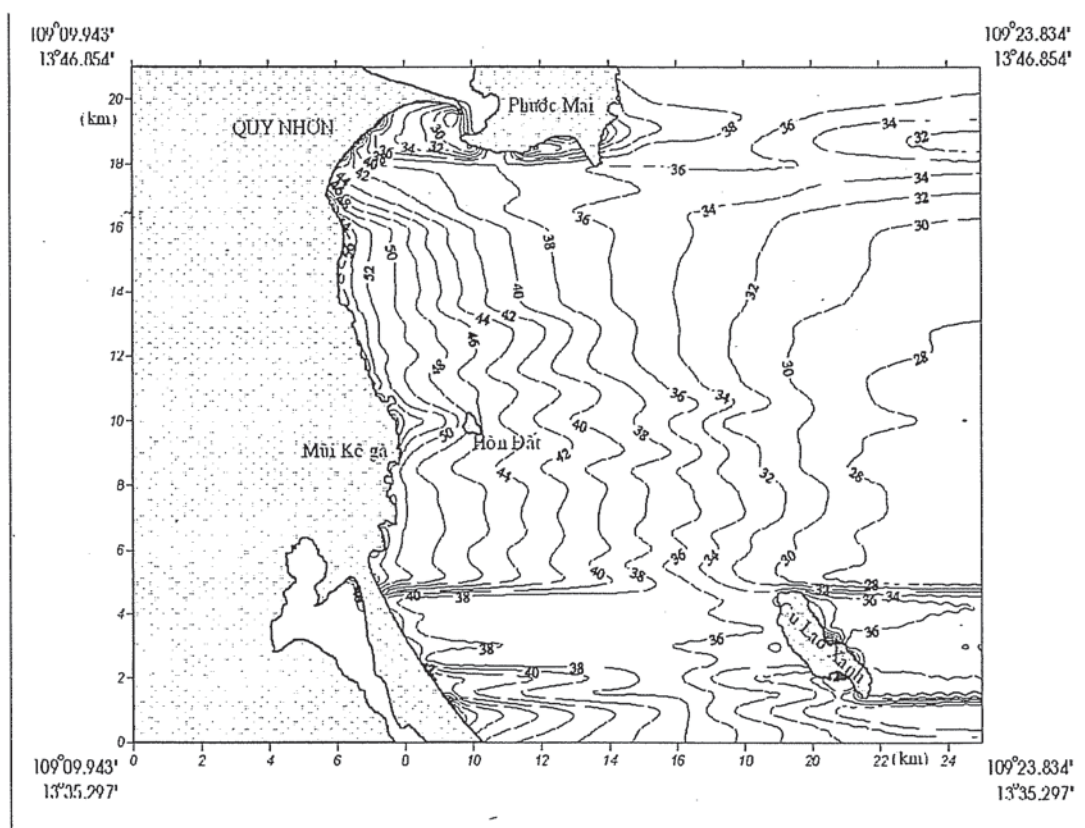
Hình 2. Sơ đồ khối của mô hình tính

3. Áp dụng mô hình tính cho vùng Vịnh Quy Nhơn

a. Mạng lưới tính toán và các thông số đầu vào

Mạng lưới độ sâu cho khu vực tính nước dâng nhằm đánh giá ảnh hưởng đến Vịnh Quy Nhơn, được nhóm tác giả

thiết lập theo mạng lưới tính như sau: Kinh độ từ $109^{\circ}09,943'E$ đến $109^{\circ}23,834'E$; vĩ độ từ $13^{\circ}35,297'N$ đến $13^{\circ}46,854'N$. Mạng lưới tính được xây dựng theo phương nằm ngang với $\Delta x = \Delta y = 500m$, số điểm lưới tính là (51×43) điểm (hình 3).

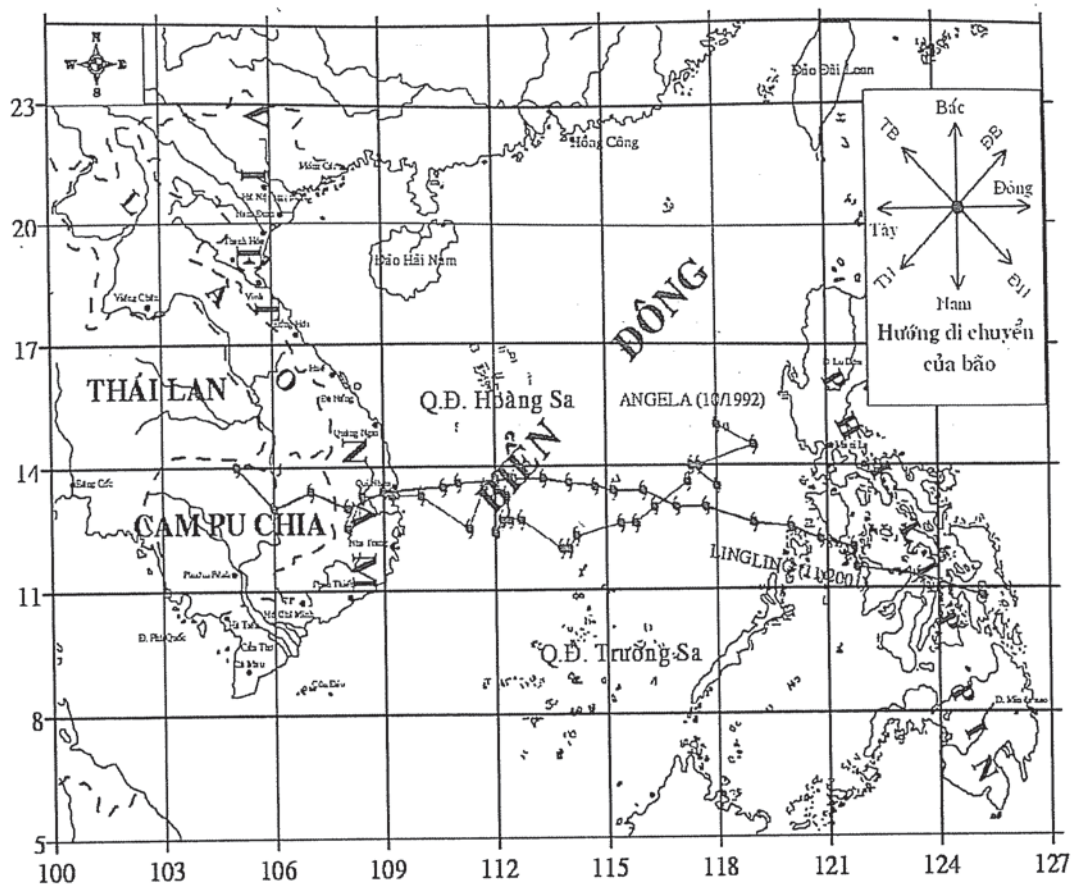


Hình 3. Địa hình đáy sử dụng để tính nước dâng do bão cho Vịnh Quy Nhơn

Để tính ảnh hưởng nước dâng trong bão cho vịnh, nhóm tác giả chọn hai cơn bão điển hình ảnh hưởng tới Vịnh Quy Nhơn một cách trực tiếp, đó là cơn bão Angela (10/1992) và cơn bão LingLing (11/2001). Thông tin chi tiết về hai cơn bão này, được nhóm tác giả trình bày khá rõ trong bảng 1 và đường

đi cụ thể được thể hiện trong hình 4.

Trong quá trình tính các biến động mực nước được đưa ra từng giờ một, căn cứ vào kết quả tính này, nhóm tác giả xây dựng bản đồ trường độ dâng cực đại tại các thời điểm mà cơn bão có khả năng ảnh hưởng lớn nhất tới khu vực nghiên cứu.



Hình 4. Sơ đồ đường đi của các cơn bão tính nước dâng tại Vịnh Quy Nhơn

Bảng 1. Các thông tin chi tiết về hai cơn bão ANGELA (10/1992) và LINGLING (11/2001) theo giờ Việt Nam

Tên bão	Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Kinh độ (°E)	Vĩ độ (°N)	P_{min} (mb)	V_{max} (m/s)
ANGELA	1992	10	21	0	112,4	12,7	970	36
		10	21	6	112,3	13,3	970	34
		10	21	12	112,0	13,6	970	36
		10	22	0	112,0	13,7	985	25
		10	22	6	111,7	13,5	985	21
		10	22	12	111,3	12,5	985	23
		10	23	0	110,0	13,3	990	18
		10	23	6	109,2	13,3	990	14
		10	23	12	108,4	13,3	994	12
		10	24	0	108,0	12,5	994	16

LINGLING	2001	11	10	19	114	13,6	945	43,724
		11	11	01	113,3	13,7	945	43,724
		11	11	07	112,5	13,7	940	51,44
		11	11	13	111	13,6	940	43,724
		11	11	19	110,6	13,5	945	41,152
		11	12	01	109	13,4	980	28,292
		11	12	07	108	13	985	23,148
		11	12	13	107	13,4	990	
		11	12	19	106	13	996	
		11	13	01	105	14	1002	

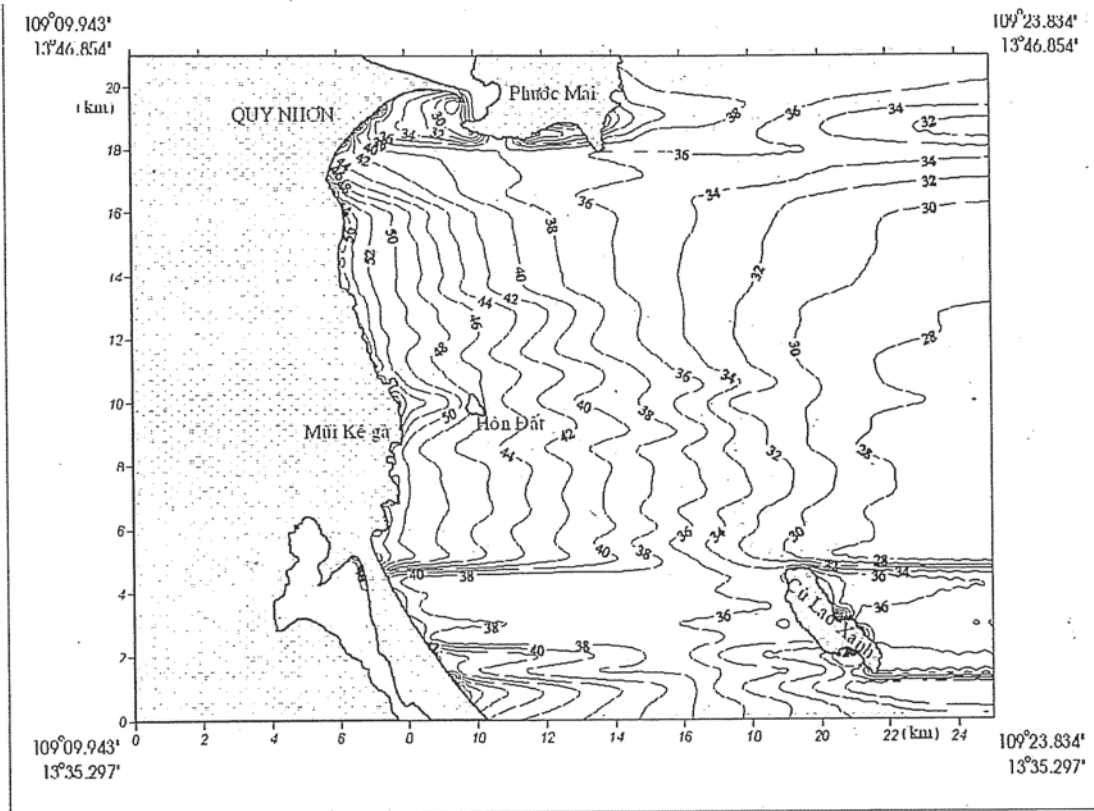
b. Kết quả áp dụng mô hình

* Cho cơn bão Angela (10/1992)

Trong quá trình tính ảnh hưởng của cơn bão này cho khu vực Vịnh Quy Nhơn, nhóm tác giả thấy mức độ bão ảnh hưởng lớn nhất là vào lúc 01h ngày 23/10/1992. Kết quả tính mà nhóm tác giả chọn số liệu thể hiện dao động mực nước cực đại là lúc 01 giờ ngày 23/10/1992, đầu vào được tính xuất phát từ tâm bão ở vị trí (110,0°E; 13,3°N), lúc 0 giờ ngày 23/10/1992.

Cơn bão Angela di chuyển theo hướng Tây đổ bộ vào phía nam của Vịnh Quy Nhơn, các kết quả tính toán

cho thấy ảnh hưởng của cơn bão tại thời điểm lúc 01-03 ngày 23/10/1992, cao nhất tập trung ở phía nam Vịnh Quy Nhơn, khi mà cực đại đạt được lúc 01 giờ ngày 23/10/1992 là 83,0cm, tại tọa độ $x=9\text{km}$, $y=1\text{km}$ trên bản đồ, độ sâu tại mực nước thấp nhất 0m. Sau khi bão di chuyển được ba giờ thì cực đại nước dâng tập trung tại phía bắc của Vịnh Quy Nhơn, có thể đạt tới 65,6cm (vào lúc 5 giờ) với tọa độ tính là $x=10,5\text{km}$; $y=18,5\text{km}$ trên bản đồ, tại độ sâu là 0m. Sau thời gian này, bão bị triệt tiêu, hết ảnh hưởng đến Vịnh Quy Nhơn.



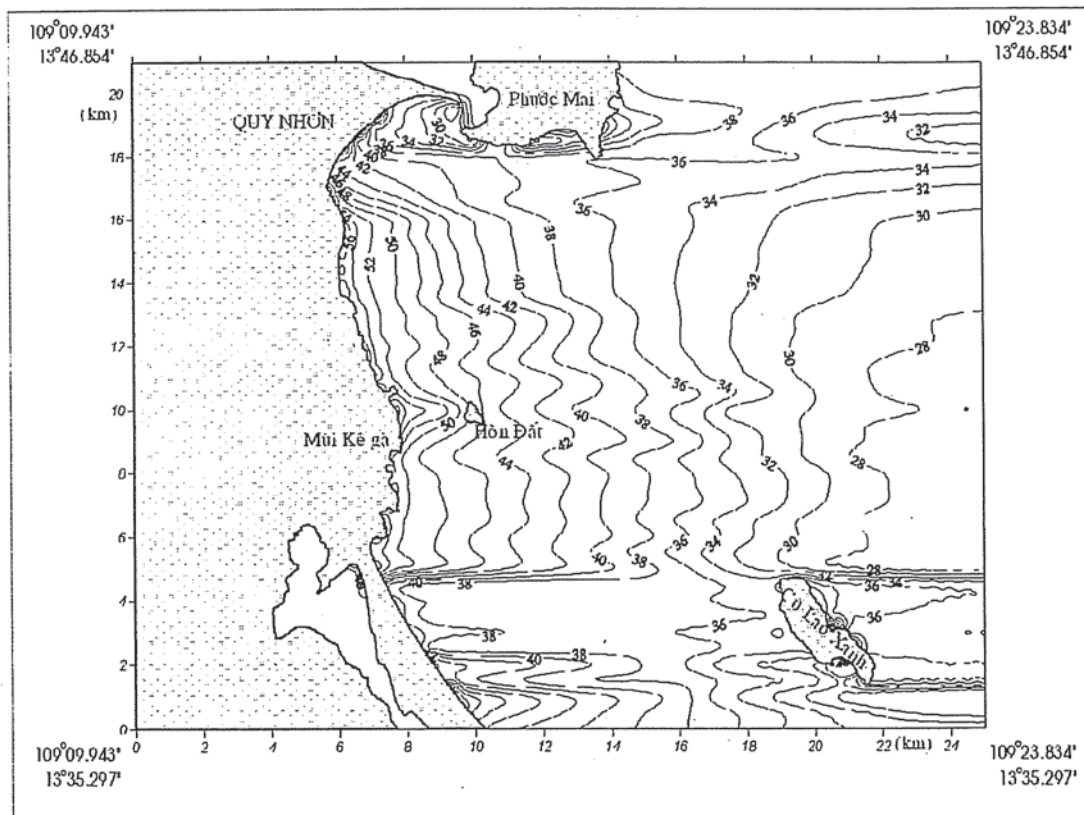
Hình 5. Trường độ dâng cực đại (cm) do ảnh hưởng của cơn bão Angela (vào lúc 01h ngày 23/10/1992)

* Cho cơn bão LingLing (11/2001)

Trong quá trình tính ảnh hưởng của cơn bão này cho khu vực Vịnh Quy Nhơn, nhóm tác giả thấy mức độ bão ảnh hưởng lớn nhất là vào lúc 23h ngày 11/11/2001. Đầu vào được tính xuất phát từ tâm bão ở vị trí (110,6°E, 13,5°N), lúc 19giờ ngày 11/11/2001.

Cơn bão LingLing, có cường độ mạnh hơn và di chuyển với tốc độ khá nhanh (xem chi tiết số liệu trên bảng 1, hình 4), hướng di chuyển lệch với hướng tây chưa tới 4°. Khi phân tích kết quả tính toán, chúng có cơ chế gần giống nhau, chỉ khác ở độ lớn nước dâng. Tại thời điểm 20-21 giờ ngày

11/11/2001, bão ảnh hưởng mạnh tại phía nam Vịnh Quy Nhơn, với cực đại nước dâng đạt được tới 143,8cm (tại tọa độ $x=9\text{km}$, $y=1\text{km}$, độ sâu 0m). Tuy nhiên, điểm khác biệt so với cơn bão Angela, là cực trị độ dâng tại phía bắc Vịnh lại cao hơn tại phía nam Vịnh Quy Nhơn. Bắt đầu cực đại nước dâng tập trung ở phía bắc lúc 22 giờ cực đại đạt được là 162,5cm, tại tọa độ $x=10,5\text{km}$, $y=18,5\text{km}$, độ sâu 0m trên bản đồ vào lúc 23giờ ngày 11/11/2001.



Hình 6. Trường độ dâng cực đại (cm) do ảnh hưởng của cơn bão LingLing (vào lúc 23h ngày 11/11/2001)

4. Kết quả tính toán

Các kết quả của mô hình đã cho ta tính khả quan về khả năng ứng dụng của mô hình tính nước dâng tại Vịnh Quy Nhơn, khi mà hầu hết các cực đại độ dâng tập trung tại mép biên cứng, với độ sâu $H=0m$. Các kết quả tính cho thấy rằng, ảnh hưởng của cơn bão Angela (10/1992) và LingLing (11/2001) vào Vịnh Quy Nhơn là khá lớn, khi mà cực đại độ dâng với cơn bão Angela là 83,0cm và đối với LingLing là 162,5cm. Do đó việc phòng - chống các ảnh hưởng thiên tai trong Vịnh Quy Nhơn nói chung và nước dâng trong bão nói riêng là một yêu cầu cấp thiết cho

nhệm vụ quy hoạch, phát triển kinh tế biển tại địa phương.

Mô hình đang được hoàn thiện để có thể tính toán tốt hơn cho hiện tượng nước dâng trong bão, nhưng trong quá trình triển khai mô hình gặp những khó khăn như sau:

Trường phân bố độ sâu còn quá thưa, đặc biệt thiếu chi tiết ở khu vực ven bờ, thiếu số liệu độ cao địa hình và đề chắn cho từng vị trí cụ thể. Việc lấy trung bình độ cao bờ và đề chắn (1,0m) cùng với việc phải chấp nhận mạng lưới tương đối lớn cho đánh giá khả năng dời biên, $\Delta x = \Delta y = 500m$ (mô hình cho phép $\Delta x, \Delta y$ có thể là 50m) phần

nào đã hạn chế khả năng nước dâng vào bờ và đánh giá không đúng những ưu điểm của mô hình về sự dời biên trong tính toán (biên di động).

Còn thiếu số liệu thực tế về trường áp suất, trường vận tốc trong bão theo từng giờ cụ thể (số liệu có được cách nhau tới 6 giờ), một vài tham số về bão còn mang tính giả định.

Từ những điều nói trên, việc tính

toán nước dâng do bão tại Vịnh Quy Nhơn đã có những hạn chế nhất định, tuy nhiên mô hình đã cho ta một cái nhìn tổng quan về phân bố trường độ dâng khi có một cơn bão tương tự xảy ra cho khu vực, từ đó tiến đến việc đề ra những giải pháp hợp lý cho khu vực, hạn chế thiên tai, phục vụ cho chiến lược phát triển kinh tế – du lịch biển.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung. “Tính toán nước dâng do bão cho vịnh và cửa sông ven biển”. *Báo cáo chuyên đề của đề tài KHCN5C*, Viện Hải dương học Nha Trang, 54tr, 2000.
2. Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung. “Tính toán thử nghiệm nước dâng trong bão bằng mô hình thủy động lực học với biên di động”. *Tuyển tập nghiên cứu biển tập 11*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, tr. 45-56, 2001.
3. Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung. “Tính toán nước dâng trong bão cho khu vực Định An - Gò Công do ảnh hưởng của cơn bão Linda bằng phương pháp sai phân hữu hạn với biên di động”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 3 (1), tr. 1-17, 1997, 2003.
4. Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung. “Tính toán nước dâng trong bão cho vùng biển Vũng Rô (Phú Yên)”. *Tuyển tập nghiên cứu biển tập XIII*, tr. 25-36, 2003.
5. Vũ Như Hoán, “Thiên tai ven biển và cách phòng tránh”. *Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật*, Hà Nội, 77tr, 1998.
6. Amal C. Phadke, Christopher D.Martino, Kwok Fai Cheung, Samuel H.Houston. “Modeling of tropical cyclone winds and waves for emergency management”. *Ocean Engineering*, 30, pp. 553-578, 2003.
7. Causon, D.M., D.M. Ingram, C.G. Mingham. “A Cartesian cut cell method for shallow water flows with moving boundaries”. *Advances in Water Resources* 24, pp. 899-911, 2001.
8. Manuals and Guides. “Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme”. *Intergovernmental Oceanographic Commission, Unesco*, Part1-chapter1-page1 - Part1-chapter1-page19, 1997.
9. Kowalik, Z. and T. S. Murty. “Numerical modeling of ocean dynamics”. *Advanced Series on Ocean Engineering - Volume 5*, World Scientific, 481pp, 1993.