

MÔ PHÒNG, ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH NGẬP LỤT CHO VÙNG VEN BIỂN HẢI PHÒNG THEO CÁC KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NƯỚC BIỂN DÂNG

**TS. Vũ Thanh Ca, TS. Dư Văn Toán, KS. Nguyễn Văn Tiên,
KS. Nguyễn Hoàng Anh, KS. Nguyễn Hải Anh, KS. Trần Thế Anh, Vũ Thị Hiền**
Viện Nghiên cứu quản lý biển và hải đảo

Bài báo miêu tả mô hình tính toán ngập lụt cho vùng ven biển Việt Nam trong điều kiện nước biển dâng (NBD) và biến đổi khí hậu (BĐKH). Trong bài báo này tác giả giới thiệu một số kết quả tính toán thí điểm quá trình ngập lụt cho xã Vinh Quang, huyện Tiên Lãng, Hải Phòng, với điều kiện bão trong biến đổi khí hậu. Từ các kết quả này, chính quyền địa phương xã Vinh Quang có thể tham khảo và xây dựng quy hoạch diện tích sử dụng đất phía ngoài đê hợp lý, phát triển kinh tế một cách hài hòa để bảo vệ rừng ngập mặn, giảm thiểu thiệt hại do BĐKH & NBD gây ra trong tương lai.

1. Đặt vấn đề

Mực nước biển dâng là thách thức lớn nhất của biến đổi khí hậu. Với bờ biển dài 3.260 km và có 2 trong số những đồng bằng lớn nhất thế giới, biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng tới diện tích đất đai của Việt Nam, nhất là vùng ven biển. Biến đổi khí hậu cũng gây tổn hại nhiều hơn đối với các khu vực đất ngập nước, rạn san hô, các hệ sinh thái quan trọng khác. Đây là lý do cần nghiên cứu, cung cấp kiến thức, hiểu biết và kỹ năng, thông tin về các tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu đối với các cư dân ven biển và cộng đồng nói chung. Mối lo lớn nhất khi mực nước biển dâng lên là gia tăng tình trạng ngập lụt mùa mưa bão do hệ thống đê biển, hồ chứa nước bị phá vỡ, có nguy cơ nhấn chìm những cánh đồng lúa vùng đồng bằng ven biển gây thiệt hại rất lớn đến kinh tế-xã hội-môi trường và an ninh lương thực, an ninh quốc phòng [10].

2. Xây dựng mô hình tính toán ngập lụt

Mô hình tính toán ngập lụt tại xã Vinh Quang do nước biển dâng (NBD) kết hợp với bão và triều cường được xây dựng và tính toán dựa trên cơ sở mô hình tính toán ngập lụt [1], [2]. Sau đây là các lý thuyết cơ bản về mô hình tính.

a. Mô hình tính toán ngập lụt do sóng dài gây ra

1) Các phương trình cơ bản của mô hình tính

Như đã biết, khi giải quyết bài toán tính lan truyền

sóng trên một địa hình rất phức tạp ven bờ biển với độ chính xác thỏa mãn yêu cầu lập bản đồ cảnh báo nguy cơ sóng dài, để tiết kiệm thời gian tính toán và bộ nhớ máy tính, nhiều khi cần phải dùng lưới tính rất thô, thậm chí có độ lớn khoảng 100 mét. Thông thường thì với lưới tính như thế này thì không thể xem địa hình bên trong lưới là đồng nhất vì như vậy sai số tính toán sẽ rất lớn. Thí dụ, nếu như có một nút lưới tính nằm trên một sườn đồi có độ dốc khá lớn thì khi lũ truyền tới chân đồi, chỉ có một phần diện tích của nút lưới ngay tại chân đồi tại điểm lũ truyền tới được phủ nước, phần còn lại vẫn còn khô cạn. Như vậy, khi nước lũ chảy vào nút lưới, nó sẽ chỉ chảy vào phần thấp được phủ nước. Phần phủ nước này của nút lưới sẽ được gọi là diện tích ướt. Phần còn lại của nút lưới không được phủ nước sẽ được gọi là diện tích khô. Ban đầu, khi lũ truyền tới nút lưới, diện tích phần phủ nước trong nút lưới có thể là rất nhỏ. Tương ứng, lưu lượng nước lũ chảy vào trong nút lưới cũng rất nhỏ. Do vậy, mực nước dâng lên trong nút lưới rất nhanh theo đúng quá trình lan truyền lũ. Theo thời gian, khi mực nước dâng cao dần lên, diện tích phần phủ nước cũng tăng lên. Tuy nhiên, lúc này lưu lượng nước chảy vào lưới cũng tăng theo sao cho mực nước dâng lên trong nút lưới theo đúng tốc độ dâng lên của lũ. Khi tính toán bằng mô hình số trị, thông thường tốc độ dâng cao của mực nước trong mỗi nút lưới được tính bằng cách chia lượng nước chảy vào (hay chảy

ra khỏi nút lưới) cho diện tích bề mặt nút lưới. Như vậy, có thể thấy rằng nếu lấy lượng nước chảy vào khi lũ dâng chia cho toàn bộ diện tích nút lưới, tốc độ dâng nước tính toán sẽ nhỏ hơn tốc độ dâng nước thực tế, đặc biệt tại giai đoạn đầu tiên, khi lưu lượng nước lũ chảy vào nút lưới nhỏ và diện tích ướt cũng nhỏ. Từ đó có thể thấy rằng để nâng cao độ chính xác tính toán, cần phải chia lưu lượng chảy vào cho diện tích ướt trong nút lưới. Nếu như tính theo phương pháp này, có thể mô phỏng chính xác hơn quá trình dòng chảy và biến trình thời gian của mực nước trong lưới. Ngược lại, nếu như không tính theo phương pháp này, sai số tính toán có thể là rất lớn. Tương ứng với các vấn đề đã trình bày ở trên, để có thể mô phỏng với độ chính xác cao quá trình lan truyền sóng dài vùng ven bờ và ngập lụt do sóng dài gây ra, trong dự án này đã đưa ra các khái niệm

diện tích ướt và chiều dài ướt. Giả sử ta xét một diện tích kiểm tra A có dạng một hình vuông có hai cạnh tương ứng vuông góc với các trục x và y mà chỉ có một phần của diện tích này được nước bao phủ. Khi đó, diện tích ướt S trong diện tích kiểm tra này sẽ được định nghĩa là tỷ số giữa phần diện tích được nước che phủ A_w trên tổng diện tích. Cũng tương tự như vậy, chiều dài ướt được định nghĩa là tỷ số giữa chiều dài ngập nước của một cạnh nào đó trên tổng chiều dài của cạnh. Ký hiệu các chiều dài ướt theo các phương vuông góc với các trục x và y lần lượt là f_x và f_y sau khi lấy trung bình không gian của phương trình chuyển động hai chiều theo phương nằm ngang của nước trong lũ.

Từ các kết quả của phép lấy trung bình không gian, có thể rút ra phương trình sau [1], [2].

$$\frac{\partial f_x q_x}{\partial x} + \frac{\partial f_y q_y}{\partial y} + \frac{\partial S \eta}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{S q_x^2}{d} \right) + \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{S q_x q_y}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial x} \left[d \nu_t S \frac{\partial (q_x / d)}{\partial x} \right] \\ - \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial y} \left[d \nu_t S \frac{\partial (q_x / d)}{\partial y} \right] + \frac{f_c}{d^2} Q q_x = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{S q_y q_x}{d} \right) + \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{S q_y^2}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial x} \left[d \nu_t S \frac{\partial (q_y / d)}{\partial x} \right] \\ - \frac{1}{S} \frac{\partial}{\partial y} \left[d \nu_t S \frac{\partial (q_y / d)}{\partial y} \right] + \frac{f_c}{d^2} Q q_y = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó q_x và q_y lần lượt là lưu lượng nước chảy qua một đơn vị chiều dài theo phương vuông góc với các trục x và y; g là gia tốc trọng trường; d là độ sâu nước; ν_t là hệ số nhớt rối theo phương nằm ngang; f_c là hệ số trở kháng dòng chảy gây ra bởi ma sát đáy và các chướng ngại vật như nhà cửa, cây cối, các khu đất cao; và Q là lưu lượng toàn phần. Cần chú ý là các phương trình từ (1) đến (3) sẽ tự động trở thành phương trình dòng chảy hai chiều theo phương ngang (phương trình Saint – Venant) khi mà toàn bộ miền nghiên cứu được phủ nước.

Hệ số trở kháng dòng chảy được tính toán dựa theo các kết quả thí nghiệm bằng mô hình vật lý của Viện nghiên cứu các công trình công cộng Nhật bản (PRI) như sau:

$$f_c = \frac{g n^2}{h^{1/3}} \quad (4)$$

Trong đó hệ số nhám n được xác định như sau

$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \frac{\theta}{100 - \theta} d^{4/3} \quad (5)$$

Với θ đại diện cho các công trình xây dựng hay khu đất cao trong nút lưới và được định nghĩa là tỷ

số giữa diện tích phần có công trình của nút lưới trên tổng diện tích của nút lưới. n_0 đại diện cho trở kháng của dòng chảy do đất nông nghiệp, đường xá và đất sử dụng với các mục đích khác và được tính như sau:

$$n_0^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (6)$$

Với $n_1=0.06$, $n_2=0.047$ và $n_3=0.05$, A_1 , A_2 và A_3 lần lượt là tỷ lệ giữa diện tích đất nông nghiệp, đất làm đường và đất sử dụng với mục đích khác trên toàn bộ diện tích mỗi nút lưới.

Các phương trình từ (1) tới (3) là các phương trình chỉ áp dụng được cho các khu vực mặt đất có độ dốc không lớn và dòng chảy có vận tốc không vượt quá vận tốc lan truyền của sóng dài (dòng chảy êm). Khi có những chướng ngại vật như con đường cao, có đê hoặc vùng đất cao cũng như thay đổi độ cao đột ngột, giới hạn áp dụng của các phương trình từ (1) tới (3) bị vi phạm và để đảm bảo có được các kết quả tính toán với độ chính xác cao, dòng chảy qua đây cần được xử lý theo các công thức thực nghiệm. Giả sử ta có dòng chảy tràn qua chướng ngại vật như vẽ trên hình (1). Ký hiệu mực nước thượng lưu của chướng ngại vật là W_u , mực nước hạ lưu chướng ngại vật là W_d và cao độ mặt đê là W_b , lưu lượng chảy tràn qua chướng ngại vật được tính theo các công thức từ (7) đến (10) do Homma đề nghị trong cuốn "Các công thức thủy lực" do Hội kỹ sư công chính Nhật Bản xuất bản năm 2000 [2]. Rõ ràng là ta có thể áp dụng công thức (9) để tính lưu lượng nước chảy tràn qua một vùng đất có độ dốc rất lớn mà dòng chảy không thể tính toán được bằng cách giải phương trình (2) và (3).

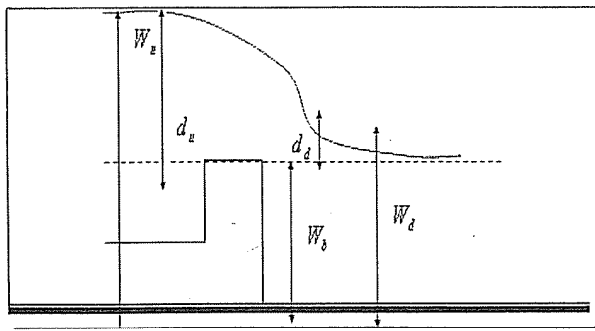
$$d_u = W_u - W_b \quad (7)$$

$$d_d = W_d - W_b \quad (8)$$

$$d_d / d_u \leq 2/3 \quad Q = 0.35 d_u \sqrt{2g d_u} \quad (9)$$

$$d_d / d_u > 2/3 \quad Q = 0.91 d_d \sqrt{2g(d_u - d_d)} \quad (10)$$

Các công thức từ (7) tới (10) cũng có thể được sử dụng để tính dòng chảy tràn qua đê tạo ra trao đổi nước giữa lưới tính và các sông lớn trong trường.



Hình 1. Dòng chảy vượt chướng ngại vật hợp có đê

Thông thường thì khi mà ta dùng một lưới tính quá thô thì trong lưới có thể có các sông, suối, kênh rạch (gọi là kênh) nhỏ có chiều rộng nhỏ hơn bước lưới. Nếu như có các kênh này thì tùy thuộc vào chiều rộng của kênh, đôi khi dòng chảy trong các kênh nhanh hơn dòng chảy bề mặt nhiều và các kênh này có thể giúp cho sóng dài lan truyền nhanh hơn. Để có thể mô phỏng được hiện tượng này, trong mô hình đã tính dòng chảy trong kênh riêng biệt với dòng chảy tràn trên bề mặt bằng cách giải phương trình chuyển động đã được tuyến tính hoá sau cho kênh.

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V_r}{\partial t} = - \frac{\partial H_r}{\partial l} - \frac{n_r^2 V_r |V_r|}{d_{rm}^{4/3}} \quad (11)$$

Trong đó, V_r là vận tốc trung bình của dòng chảy trong kênh, H_r là mực nước trong bình trong kênh, có thể khác với mực nước trong lưới, l là khoảng cách dọc theo kênh từ một lưới tới lưới cạnh đó, n_r là hệ số nhám trung bình trong kênh và d_{rm} là độ sâu dòng chảy trung bình trong kênh. Mực nước trong kênh được tính bằng cách giải phương trình cân bằng nước cho đoạn kênh nằm trong lưới như sau.

$$\frac{\partial H_r}{\partial t} = [\sum Q_{in} - \sum Q_{out}] / A \quad (12)$$

Trong đó, Q_{in} và Q_{out} lần lượt là lưu lượng nước chảy vào và chảy ra khỏi đoạn kênh, bao gồm cả dòng chảy tràn qua đê (nếu có); A là diện tích bề mặt của đoạn kênh. Dòng chảy tràn qua đê tạo ra trao đổi nước giữa kênh và lưới sẽ được tính theo công thức Homma.

Tuy nhiên, cũng cần phải nhấn mạnh rằng khi sóng dài lan truyền trên bãi, động lực rất mạnh của sóng dài làm cho vận tốc lan truyền của nó dọc theo kênh không sai khác đáng kể so với vận tốc lan truyền của nó ở trên bờ nếu như kênh khá nhỏ. Vì vậy, phép xấp xỉ nêu trên trong việc tính toán lan truyền của sóng dài trong lưới có tính đến ảnh hưởng của kênh chỉ nâng cao được độ chính xác nếu như lưới tính là khá lớn (có bậc vài chục mét) và kênh có chiều rộng đáng kể (khoảng từ 3 m trở lên).

Vì rằng lưới tính trong mô hình là khá lớn nên dễ có thể nâng cao độ chính xác tính toán, cần phải mô phỏng sự di chuyển của đường mặt nước, tức là đường phân chia giữa khu vực có nước đã tới và vùng nước chưa tới trong mỗi nút lưới. Để làm điều này, chúng tôi đã sử dụng giả thiết sau. Như trình bày trong lý thuyết sóng nói chung, sóng vỡ khi mà vận tốc chuyển động của hạt nước tại mặt sóng bằng với vận tốc lan truyền của sóng. Khi sóng dài lan truyền trên bờ, mặt phía trước của sóng dài hoàn toàn tương tự với mặt sóng vỡ. Điều đó có nghĩa là tốc độ chuyển động của hạt nước tại mặt phía trước của sóng dài đúng bằng vận tốc lan truyền của sóng dài. Do vậy, có thể giả thiết rằng mặt sóng dài trong lưới tính $\vec{V}_f$ chuyển động với vận tốc lan truyền của sóng dài tại mặt sóng dài, tức là:

$$\vec{V}_f = \sqrt{gd} \quad (13)$$

a. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Các biên của miền tính có thể được phân loại thành các biên cứng và các biên hờ.

- Điều kiện biên tại các biên cứng được giả thiết là trượt tự do.

- Có hai loại biên hờ được sử dụng trong tính toán. Loại biên hờ thứ nhất là biên hờ phía ngoài biển. Như đã trình bày ở trên, do kích thước lưới tính quá trình ngập lụt quá nhỏ nên việc tính toán chỉ có thể thực hiện được trên các miền tính nhỏ. Mô hình số trị tính toán sự thành tạo và lan truyền của sóng trên phạm vi toàn Biển Đông được sử dụng để tính toán, cung cấp các điều kiện biên cho các miền tính nhỏ này tại các biên hờ phía ngoài biển.

- Điều kiện ban đầu là mực nước được cho trước trên toàn bộ miền tính và vận tốc dòng chảy bằng không.

c. Sơ đồ sai phân hữu hạn và lời giải số trị

Các phương trình liên tục và phương trình chuyển động từ (1) đến (3) được sai phân hoá trên một lưới sai phân vuông góc. Một lưới tính sơ le được sử dụng trong đó lưu lượng nước và vận tốc dòng chảy được tính tại các cạnh của lưới và mực nước được tính tại trung tâm lưới. Thành phần phi tuyến (thành phần bình lưu) của các phương trình chuyển động được sai phân hoá theo sơ đồ cho – nhận (Hirt and Nichole, 1981). Theo sơ đồ này thì căn cứ vào hướng dòng chảy tại hai nút lưới lân cận nhau mà quyết định một nút lưới là nút lưới cho, một nút lưới là nút lưới nhận và một sơ đồ đón gió sẽ được áp dụng để sai phân hoá thành phần bình lưu của phương trình chuyển động giữa hai nút lưới. Tuy sơ đồ đón gió như trên đảm bảo với độ chính xác rất cao điều kiện bảo toàn khối lượng, nhưng nó tạo ra độ nhót số trị rất lớn do sai số làm tròn. Để giảm ảnh hưởng của sai số làm tròn, đồng thời đảm bảo điều kiện ổn định của sơ đồ tính, trong mô hình đã lấy trung bình giữa sơ đồ sai phân trung tâm (có độ chính xác bậc 2) và sơ đồ đón gió như ở trên. Sơ đồ sai phân trung tâm Crank-Nicholson có độ chính xác bậc 2 được dùng để sai phân thời gian. Vì đây là sơ đồ sai phân ẩn nên một quá trình tính lặp đã được áp dụng. Thứ tự tính toán như sau. Trước hết, lưu lượng dòng chảy qua các cạnh của lưới được giả định và mực nước tại trung tâm lưới được tính bằng cách giải phương trình liên tục (1). Sau khi đã có mực nước, mực nước được thế vào các phương trình động lượng (2) và (3), kết hợp với các phương trình chảy tràn từ (7) đến (10), để giải và tính lưu lượng. Các giá trị lưu lượng mới này lại được thay thế vào phương trình (1) để tính mực nước. Quá trình này cứ tiếp diễn cho đến khi có nghiệm hội tụ. Sau đó, diện tích ướt, độ dài ướt và các thông số khác được tính trên cơ sở mực nước được tính toán như trên.

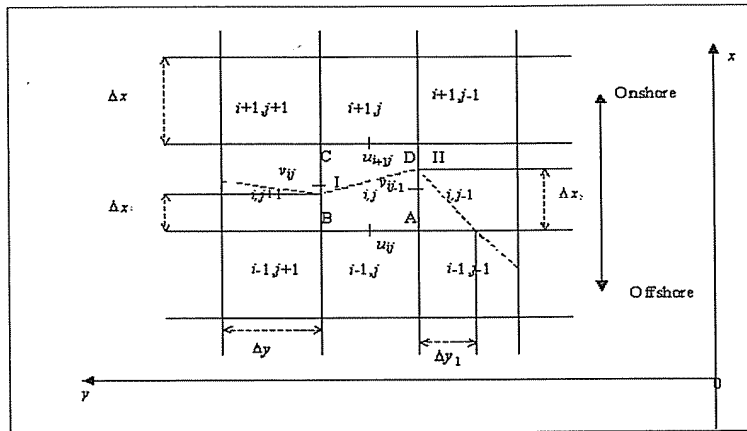
Chu vi ướt trong 1 nút lưới, chiều dài ướt trên mỗi cạnh và diện tích ướt trong mỗi nút lưới được tính theo sơ đồ hiện tại tại mỗi thời điểm bằng cách sử

dụng mực nước, cao trình mặt đất và độ dốc mặt đất theo hai hướng trục x và trục y. Có thể trình bày thủ tục tính toán bằng sơ đồ trong hình (2). Sai phân không gian của các phương trình (2) và (3) được tiến hành theo một sơ đồ tương tự sơ đồ "thể tích lỏng" (VOF) do Hirt và Nichols (1981) đề xuất [2]. Trong sơ đồ này, mực nước được giả thiết là nằm ngang trong mỗi nút lưới. Cao độ mặt đất tại mỗi góc của nút lưới (thí dụ như các điểm A, B, C và D trong

hình 2) được giả thiết là bằng giá trị trung bình của cao độ mặt đất tại 4 nút lưới lân cận. Thí dụ, cao độ mặt đất tại điểm C trong hình được tính như sau:

$$b_c = \frac{b_{i,j} + b_{i,j+1} + b_{i+1,j+1} + b_{i+1,j}}{4} \quad (14)$$

Với b_c là cao độ mặt đất tại điểm C, và $b_{i,j}$, $b_{i,j+1}$, $b_{i+1,j+1}$ và $b_{i+1,j}$ lần lượt là cao độ mặt đất tại trung tâm các nút lưới (i,j) , $(i,j+1)$, $(i+1,j+1)$ và $(i+1,j)$.



Hình 2. Hệ tọa độ và phương pháp đánh giá biên ướt và khô trong một nút lưới

Mực nước tại 1 cạnh của nút lưới được xem là bằng giá trị trung bình của mực nước tại hai nút lưới kế bên, nếu như hai nút lưới này đều ngập nước. Thí dụ, mực nước tại cạnh BC của nút lưới i, j trong hình 1 được tính như sau:

$$\eta_{bc} = \frac{\eta_{i,j} + \eta_{i,j+1}}{2} \quad (15)$$

với η_{bc} , $\eta_{i,j}$ và $\eta_{i,j+1}$ lần lượt là mực nước tại cạnh BC, và tại tâm các nút lưới (i,j) và $(i,j+1)$.

Nếu 1 trong 2 nút lưới nằm cạnh cạnh chung là hoàn toàn khô (không có nước, tức diện tích ướt trong nút lưới bằng 0), mực nước trung bình tại cạnh của nút lưới được xem là bằng mực nước tại nút lưới ướt. Chiều dài ướt và diện tích ướt trong mỗi nút lưới được tính toán theo cao độ mặt đất tại tâm nút lưới, mực nước trong lưới và điểm cắt giữa mặt nước và mặt đất tại một cạnh của nút lưới. Khi mực nước trung bình trong một nút lưới cao hơn cao độ đáy tại hai đầu của 1 cạnh, cạnh đó được xem là hoàn toàn bị ngập nước, và chiều dài ướt tương ứng tại cạnh đó được xem là bằng 1. Trong các

trường hợp khác, giá trị chiều dài ướt được xem là bằng tỷ số giữa chiều dài phần ướt và chiều dài tổng cộng của cạnh. Sau khi đã xác định được tất cả các điểm ướt trên 4 cạnh của nút lưới, chu vi ướt và diện tích ướt trong mỗi lưới được xác định bằng cách nối 2 điểm ướt cạnh nhau bằng 1 đường thẳng. Trên hình 5 đường thẳng này là các đường đứt đoạn. Diện tích ướt trong lưới i,j trong hình là phần lưới được tính từ đường đứt đoạn về phía biển. Chu vi ướt và diện tích ướt trong một nút lưới được giữ không đổi trong một bước thời gian.

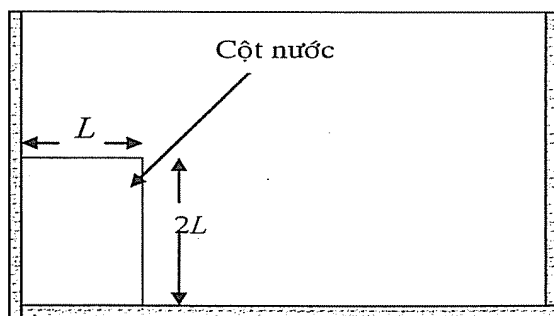
b. Kiểm chứng mô hình ngập lụt do sóng dài

1) Kiểm chứng theo các số liệu trong phòng thí nghiệm

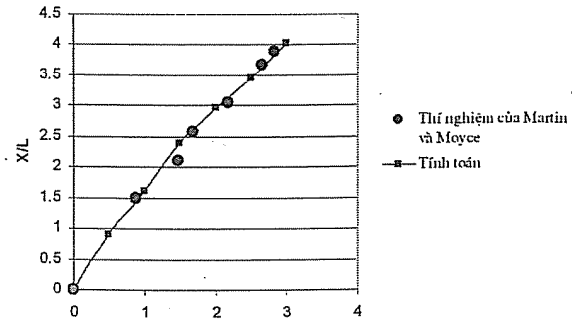
Sóng dài là một loại thiên tai cực kỳ nguy hiểm, nhưng rất ít khi xảy ra. Vì vậy, trong thực tế có rất ít tài liệu, số liệu về các thông số của động đất gây sóng dài. Chỉ có các trạm đo mực nước tự động ven biển mới có khả năng đo được độ cao sóng dài tại bờ. Thông thường, có rất ít trạm hải văn ven biển và số trạm có trang bị thiết bị đo mực nước tự động lại còn ít hơn nên người ta rất ít khi ghi được phân bố

không gian của độ cao sóng dài khi nó tấn công một vùng bờ biển nào đó. Vì có ít số liệu về độ cao sóng dài ven biển, việc điều tra về sóng dài chủ yếu được thực hiện sau khi đã xảy ra sự kiện sóng dài. Tuy có những số liệu đo đạc sau khi đã xảy ra sóng dài như trên, việc sử dụng các số liệu này để kiểm chứng các mô hình số trị là rất khó khăn. Vì vậy, thông thường, để kiểm chứng các mô hình số trị tính toán ngập lụt do sóng dài gây ra, người ta thường sử dụng các số liệu thu được trong phòng thí nghiệm. Việc sử dụng các số liệu đạt được trong phòng thí nghiệm để kiểm chứng mô hình có một điểm lợi là các điều kiện thí nghiệm có thể kiểm soát được, do đó, có thể cô lập các ảnh hưởng riêng rẽ của các yếu tố khác nhau tới kết quả tính toán; trên cơ sở đó, có thể hiệu chỉnh mô hình số trị tốt hơn.

Kiểm nghiệm đầu tiên về độ chính xác của mô hình đã được tiến hành với các điều kiện thí nghiệm về bài toán vỡ đập của Martin và Moyce (1952). Hình 3 trình bày sơ đồ bố trí thí nghiệm. Một cột nước có chiều rộng L và chiều cao $2L$ được bố trí tại một phần của bể. Để tạo ra điều kiện vỡ đập, bức vách chắn phía ngoài cột nước được rút ra rất nhanh và cột nước đổ ập xuống. Martin và Moyce (1952) đã đo đạc biến trình thời gian của mặt nước lũ. Hình 3 so sánh kết quả tính toán bằng mô hình số trị và số liệu thí nghiệm của hai tác giả trên về khoảng cách truyền lũ không thứ nguyên theo thời gian không thứ nguyên. Trong hình, X là khoảng cách từ vách ngăn ban đầu tới mặt lũ. Ta có thể thấy rằng mô hình đã dự báo khá chính xác tốc độ lan truyền của mặt lũ. Như vậy, sử dụng mô hình, ta có thể dự báo được thời gian lũ tới một vị trí nào đó với độ chính xác chấp nhận được.

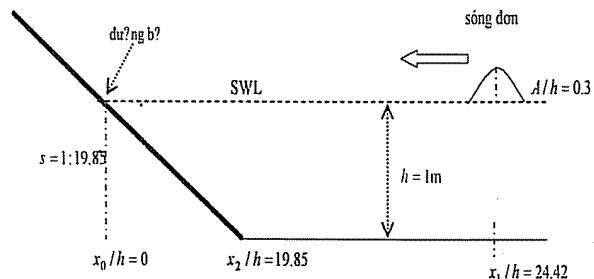


Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm của Martin và Moyce



Hình 4. So sánh kết quả tính toán bằng mô hình và thí nghiệm của Martin & Moyce.

Nguồn số liệu thứ 2 được dùng để kiểm chứng ngập lụt do sóng dài gây ra là thí nghiệm mô phỏng sóng tràn trên bãi thoải do Synolakis (1987) tiến hành. Thí nghiệm được thực hiện cho sóng đơn lan truyền đến một bãi thoải có độ dốc 1:19.85 đặt nghiêng trên nền đáy ngang có độ sâu $h=1\text{m}$. Chân của bãi thoải đặt tại khoảng cách $x_2/h=19.85$ so với đường bờ tại $x=0,3$. Sóng đơn có độ cao $A/h=0,3$, được tạo ra tại điểm $x_1/h=24,24$. Hình 5 trình bày sơ đồ bố trí thí nghiệm.



Hình 5. Điều kiện thí nghiệm của Synolakis (1987).

Trong mô phỏng thí nghiệm bằng mô hình toán, sóng đơn ban đầu được tạo ra theo lý thuyết sóng đơn tương tự như trong thí nghiệm vật lý và được mô tả bằng các công thức sau:

$$\eta(x,0) = \frac{A}{h} \operatorname{sech} \left[\sqrt{\frac{3A}{4h^3}} (x - x_1) \right] \quad 16$$

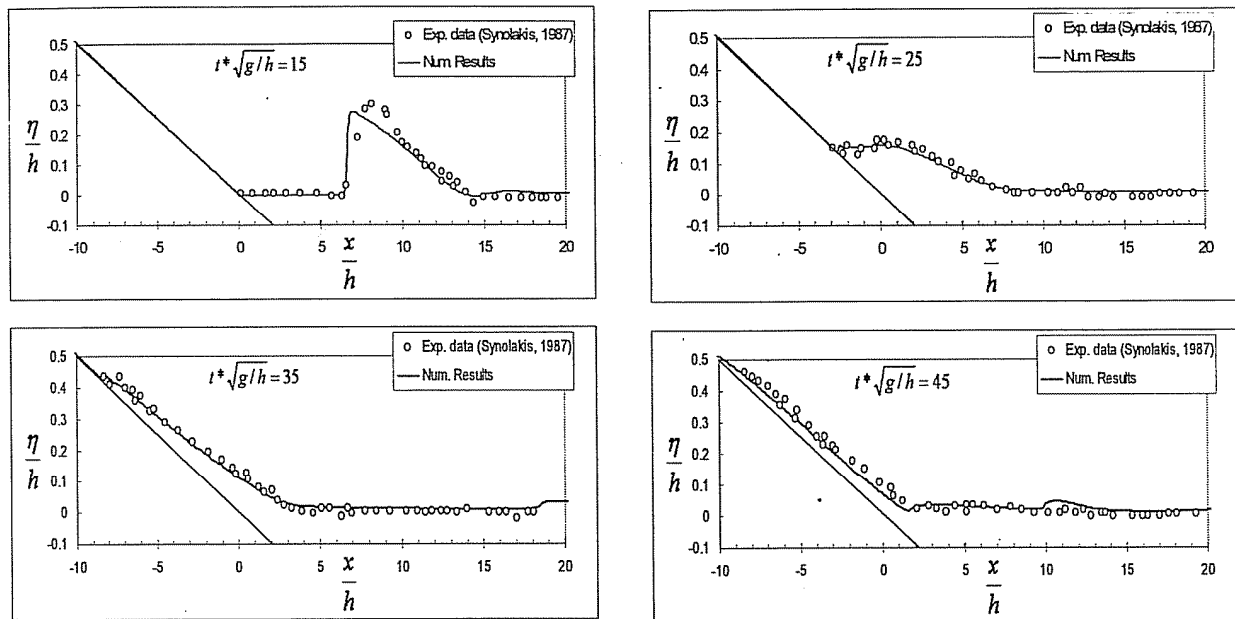
$$u(x,0) = \eta(x,0) \sqrt{\frac{g}{h}} \quad 17$$

Kết quả tính toán mô phỏng phân bố không gian

của mặt nước tại các thời điểm khác nhau được so sánh với các số liệu thí nghiệm của Synolakis nhằm đánh giá mức độ chính xác của mô phỏng số.

Trên hình 6 có thể thấy rằng kết quả mô phỏng mặt nước trong quá trình sóng tiến tới bãi phù hợp rất tốt với số liệu thu được trong thí nghiệm vật lý. Có thể thấy rằng độ cao sóng leo cực đại, độ dày của lớp nước ngập lụt tại các thời điểm khác nhau được mô phỏng rất tốt, thể hiện rõ trên các hình vẽ

của hình 6. Trong trường hợp này sóng leo cực đại khoảng 0.5h hơi cao hơn trong thí nghiệm vật lý. Nguyên nhân của sai số có thể là do thành phần ma sát với bờ chưa được ước lượng đủ. Tuy nhiên, có thể thấy rằng sai số gây ra do thành phần này là không đáng kể. Như vậy, có thể thấy rằng mô hình số trị mô phỏng ngập lụt do sóng dài gây ra đã tính toán được với độ chính xác rất cao sóng leo trên bãi thoải.



Hình 6. So sánh kết quả mô phỏng với kết quả thí nghiệm vật lý về phân bố mặt nước

Một thí nghiệm bằng mô hình vật lý được các nhà khoa học trên thế giới coi là thí nghiệm quan trọng nhất để kiểm chứng độ chính xác của các mô hình số trị mô phỏng sóng dài là thí nghiệm của Briggs và nnk (1995) về sóng leo xung quanh một đảo hình nón. Xuất phát của thí nghiệm này là kinh nghiệm thực tế về sự tàn phá của sóng dài xung quanh một số đảo. Người ta thấy rằng khi sóng dài tấn công một đảo nằm giữa biển khơi, sóng dài sẽ gây ngập lụt lớn nhất tại phía đón sóng dài. Tuy vậy, tại phía khuất sóng nằm ở sườn phía bên kia của đảo, do có sự hội tụ của sóng từ hai bên đảo, ngập lụt do sóng dài gây ra cũng rất lớn và sóng dài gây ra những thiệt hại rất đáng kể về tính mạng và của cải cho dân cư ở đó. Thí dụ, trong trận sóng dài tấn công đảo Okushiri (Nhật Bản) vào năm 2003, sóng dài đã gây tàn phá rất mạnh tại phía đón sóng của

đảo. Tuy vậy, tại sườn khuất sóng của đảo, sóng dài cũng phá hủy nhiều nhà cửa và giết hại nhiều người.

Để mô phỏng hiện tượng trên, Briggs và nnk (1995) đã thực hiện thí nghiệm về sóng leo xung quanh một đảo hình nón. Bể sóng hai chiều dùng trong thí nghiệm có kích thước 30mx25m. Đảo hình nón có đường kính tại chân là 7,2m và đường kính tại đỉnh là 2,2m, chiều cao là 0,625m. Đảo được đặt trên đường vuông góc và đi qua điểm giữa của bản tạo sóng. Khoảng cách từ đảo tới bản tạo sóng là 12,96m.

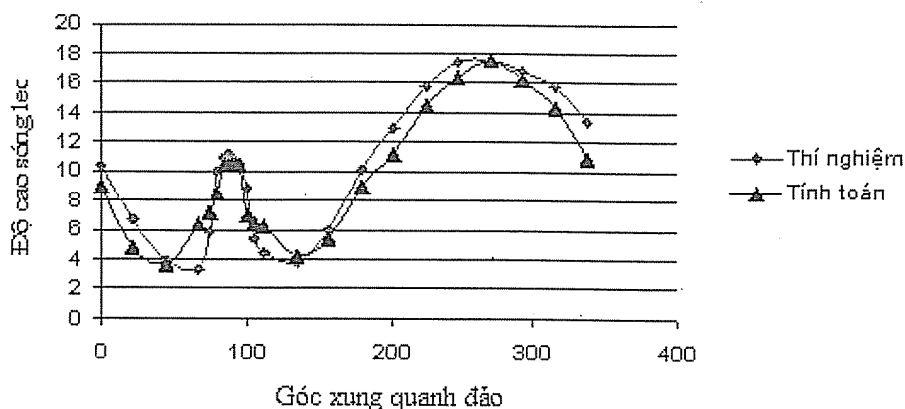
Trong thí nghiệm, sóng đơn được tạo thành do dịch chuyển của bản tạo sóng và có thể được mô tả bằng công thức xấp xỉ sau đây:

$$\eta(x,0) = H \sec h^2 \gamma(x - X_1)$$

18

Trong đó, $H = H/d$ với H là độ cao sóng tới; d là độ sâu nước; $\gamma = (0.75H)^{1/2}$; là tâm ban đầu của sóng đơn.

Để đo đặc sóng leo lên các vị trí khác nhau của đảo, Briggs và nnk (1995) đã đặt các cảm biến đo đặc sóng leo tại rất nhiều vị trí khác nhau trên đảo.



Hình 7. So sánh kết quả tính toán với số liệu thí nghiệm của Briggs và nnk (1995)

So sánh các kết quả tính toán mô phỏng sóng leo xung quanh đảo với các số liệu thí nghiệm như trên hình 7 cho thấy rằng mô hình số trị đã tính được sóng leo xung quanh đảo với độ chính xác rất cao.

Từ các kết quả tính toán trên, có thể sơ bộ kết luận rằng mô hình số trị đã có thể mô phỏng quá trình sóng leo trong các điều kiện thí nghiệm khác nhau với độ tin cậy thỏa mãn.

2) Nhận xét chung

Từ các kết quả tính toán mô phỏng sóng leo trong trường hợp thí nghiệm trên mô hình vật lý và khoảng cách xâm nhập của sóng dài vào đất liền trong trường hợp sóng dài quan trắc ngoài hiện trường, có thể kết luận rằng mô hình số trị đã mô phỏng ngập lụt do sóng dài gây ra với độ chính xác

chấp nhận được. Dựa trên cơ sở tính toán lan truyền thủy lực đó, mô hình này được áp dụng trong điều kiện tại xã Vinh Quang để tính toán lan truyền và mô phỏng ngập lụt.

3. Các số liệu đầu vào phục vụ tính toán

a. Các kịch bản nước biển dâng

Trên cơ sở các kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng (BĐKH&NBD) của Bộ tài nguyên và Môi trường tháng 8 năm 2009 công bố [10] đã chọn cho vùng Đồng Bằng Bắc Bộ, nhóm thực hiện dự án đã tiến hành tính toán ngập lụt kết hợp với điều kiện nước dâng trong bão và triều cường. Các thông số của mỗi kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng phục vụ tính toán cho ở bảng dưới đây.

Bảng 1. Mực nước biển dâng (cm) so với thời kỳ 1980-1999 [10]

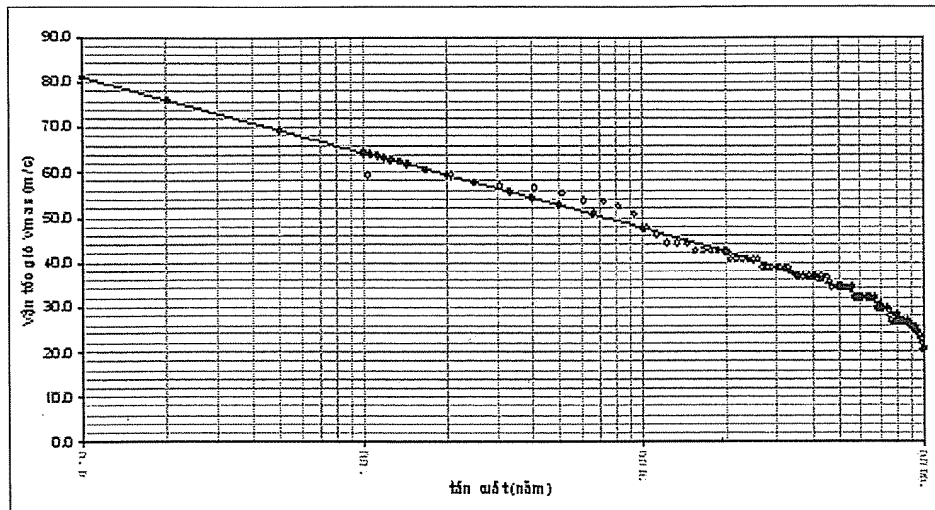
Kịch bản	Các mốc thời gian của thế kỷ 21								
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Thấp (B1)	11	17	23	28	35	42	50	57	65
Trung bình (B2)	12	17	23	30	37	46	54	64	75
Cao (A1FI)	12	17	24	33	44	57	71	86	100

b. Số liệu bão

Sử dụng số liệu các cơn bão thống kê từ năm 1951 đến năm 2008 có ảnh hưởng tới khu vực xã

Vinh Quang và các vùng lân cận, ta xác định được các thông số bão thiết kế theo tần suất Gumbell như sau:

Phân bố tần suất Gumbell của vận tốc gió lớn nhất trong bão



Hình 8. Phân bố tần suất Gumbell của vận tốc gió lớn nhất trong bão. Điểm tròn là các giá trị kinh nghiệm. Điểm vuông là các điểm lý thuyết

Từ vận tốc gió, ta tính toán giá trị áp suất tâm bão theo công thức:

$$U_{\max} = 5,575(\Delta p)^{1/2} \quad (\text{Bretschneider, 1957})$$

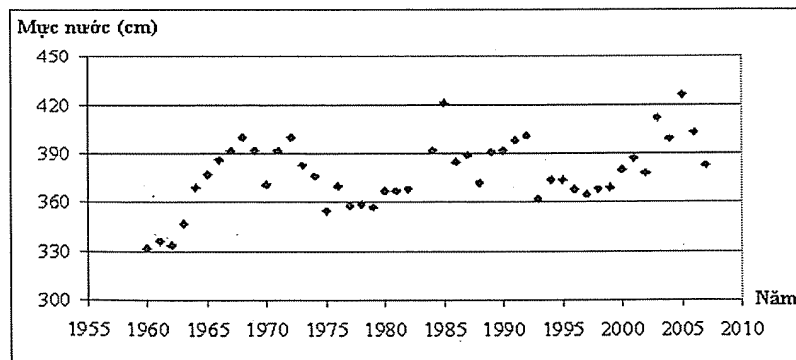
Bảng 2. Số liệu bão phục vụ tính toán

STT	Tần suất xuất hiện (%)	Vận tốc gió bão $V_{\max}$ (m/s)	Áp suất tâm bão P (mb)
1	1	42,6	969,77
2	2	39,7	975,49
3	5	35,8	982,49

c. Số liệu mực nước

Sử dụng hàm Gumbel để tính toán tần suất mực nước cực trị với chu kì lặp lại tương theo các

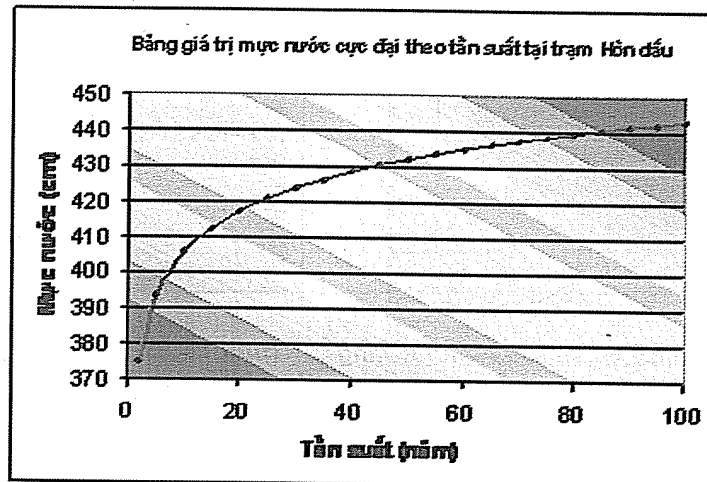
năm dựa trên số liệu mực nước cao nhất quan trắc được tại trạm Hòn Dấu từ năm 1960 đến năm 2007.



Hình 8. Mực nước cao nhất năm tại trạm Hòn Dấu (1960 – 2007)

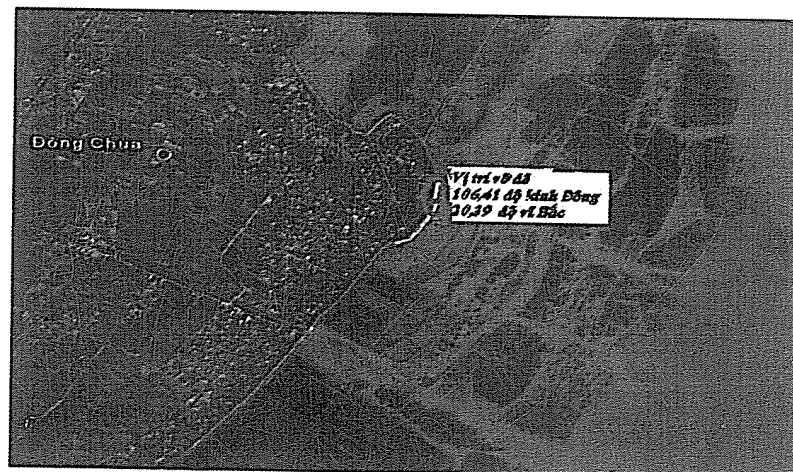
Bảng 3. Giá trị mực nước cực đại tính theo tần suất Gumbell tại trạm Hòn Dấu.

Tần suất (năm)	10	15	20	50	70	100
Mực nước (cm)	405,5	412,3	417	432	437,4	443,2



Hình 9. Mực nước cao nhất năm tại trạm Hòn Dấu tính theo tần suất Gumbell

d. Điều kiện địa hình

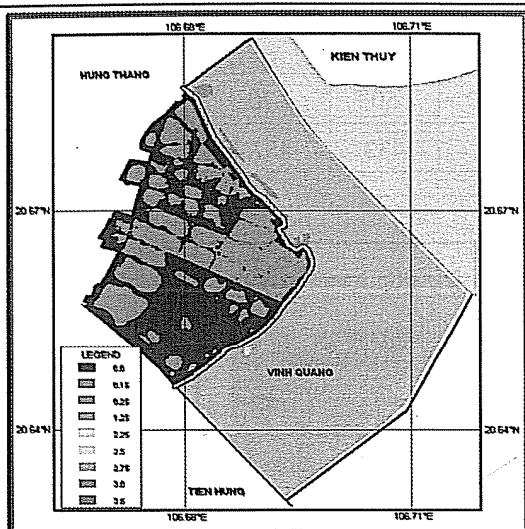


Trong quá trình tính toán, chúng tôi đã sử dụng điều kiện địa hình hiện trạng năm 2005 của xã Vinh Quang. Trong quá trình số hóa bản đồ chúng tôi có bổ sung thêm các điều kiện hiện tại 2009 vào bản đồ sau khi được sự góp ý của người dân địa phương tại buổi tham vấn ngày 18/9/2009. Nói chung, địa hình khu vực xã Vinh Quang khá đều và bằng phẳng. Độ cao trung bình từ 1,5-2 m (so với hệ cao độ Quốc gia). Diện tích đất chủ yếu là sản xuất nông nghiệp, các khu đất cao các là các khu dân cư, đê và đường giao thông. Xã Vinh Quang có hệ thống

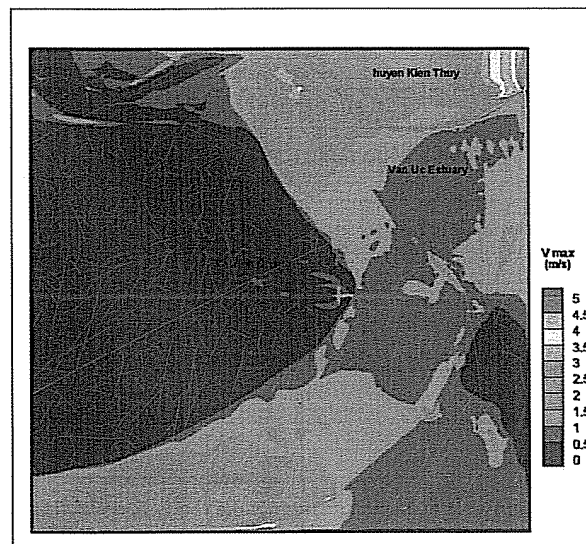
đê biển khá tốt, kết hợp với rừng ngập mặn nữa lên hệ thống đê có thể bảo đảm an toàn cho xã trong điều kiện bão cấp 12. Để tính toán mô phỏng ngập lụt cho trường hợp xấu nhất có thể xảy ra, chúng tôi đã giả thiết trường hợp xảy ra vỡ một đoạn đê xung yếu dài 80m tại thôn Đông Dưới trong điều kiện bão cấp 12 kết hợp nước biển dâng và triều cường

4. Kết quả tính toán ngập lụt tại xã Vinh Quang, huyện Tiên Lãng thành phố Hải Phòng

a. Kết quả tính ngập lụt cho kịch bản 1



Hình 10. Mô phỏng ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 1_NBD 30 cm



Hình 11. Mô phỏng lưu tốc dòng chảy cực đại theo kịch bản 1

Bảng 4. Mức độ nguy cơ ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 1

Mức độ ngập (m)	0,00	0,15	0,25	1,25	2,25	2,50	2,75	3,00	3,50	Tổng
Diện tích ngập (ha)	407,0	84,2	266,7	1121,9	16,6	11,7	10,8	10,9	0,0	1929,8

Các hình 10 và 11 ta thấy hình ảnh ngập lụt tại xã Vinh Quang vào năm 2050 trong điều kiện bão cấp 12 kết hợp với triều cường tại cửa sông Văn Úc cùng với đó là mực nước biển dâng 30 cm theo kịch bản của Bộ TNMT đã chọn, với giả thiết là xảy ra tình huống vỡ một đoạn đê dài 80m tại thôn Đông Dưới). Hầu hết diện tích rừng ngập mặn, các đầm nuôi trồng thủy sản phía ngoài đê đều bị ngập, độ sâu ngập trung bình 1-1,25m, Phía trong đê, ngay tại khu vực đoạn đê bị vỡ thôn Đông dưới, độ sâu ngập lụt

trong khoảng 0,5-1m nước. Các khu vực khác trong xã bị ngập lụt là những vùng đất trồng lúa của các thôn: Thôn Nam, Thôn Thư Sinh, Thôn Thái Ninh, Thôn Đồn Dưới, Thôn Vam Trên, Thôn Yên mức độ sâu ngập lụt <1m. Do đó là những khu vực thoát nước chậm vì vậy Xã Vinh Quang cần phải bố trí hệ thống trạm bơm để tiêu nước kịp thời tránh gây úng ngập, mất mùa. Các khu đất cao, đường giao thông dọc theo kênh chung là không bị ngập:

b. Kết quả tính ngập lụt cho kịch bản 2

Bảng 5. Mức độ nguy cơ ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 2

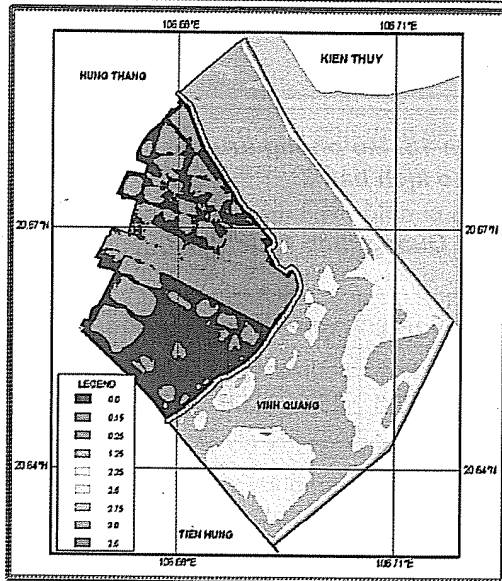
Mức độ ngập (m)	0,00	0,15	0,25	1,25	2,25	2,50	2,75	3,00	3,50	Tổng
Diện tích ngập (ha)	359,1	152,1	266,7	747,4	326,8	31,6	16,6	22,1	7,5	1929,8

Các hình 12 và 13 ta thấy hình ảnh ngập lụt và lưu tốc dòng chảy cực đại tại xã Vinh Quang vào năm 2100 trong điều kiện bão cấp 12 kết hợp với

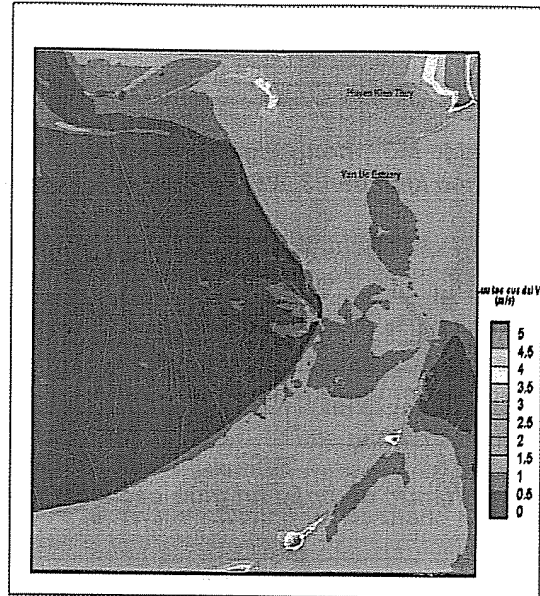
triều cường tại cửa sông Văn Úc cùng với đó là mực nước biển dâng 75 cm theo kịch bản [10], với giả thiết là xảy ra tình huống vỡ một đoạn đê dài 80m tại

thôn Đông Dưới). Toàn bộ diện tích rừng ngập mặn và các đầm nuôi trồng thủy sản của xã Vinh Quang đều bị ngập, độ sâu ngập trung bình lớn hơn kịch bản 1, khoảng 1.5m. Tại những vùng đất thấp ở phía Bắc của xã và phần đất thấp tiếp giáp với xã Tiên Hưng thuộc các thôn Đồn Dưới, thôn Nam, thôn Thư Sinh đây là những vùng trũng tiêu nước chậm

lên chịu ảnh hưởng lớn khi có ngập lụt xảy ra, độ sâu ngập lụt từ 0,5-1,25m. Chỉ có các khu đất cao, mặt đê là không bị ngập, Vì vậy chính quyền địa phương cần có kế hoạch phương án tiêu thoát lũ, lâu dài cần phải có quy hoạch phát triển kinh tế và sử dụng đất hợp lý để giảm thiểu tối đa thiệt hại do ngập lụt gây ra.



Hình 12. Mô phỏng ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 2_NBD 75 cm



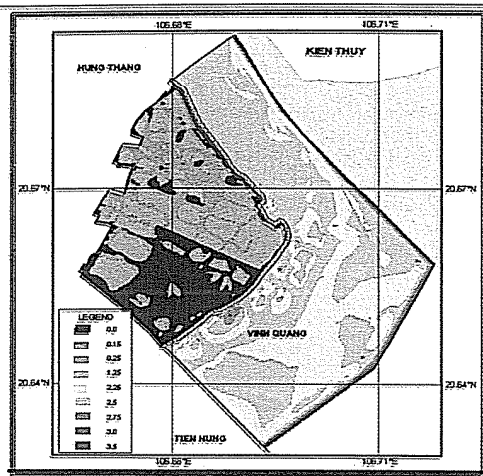
Hình 13. Mô phỏng lưu tốc dòng chảy cực đại theo kịch bản 2

c. Kết quả tính ngập lụt cho kịch bản 3

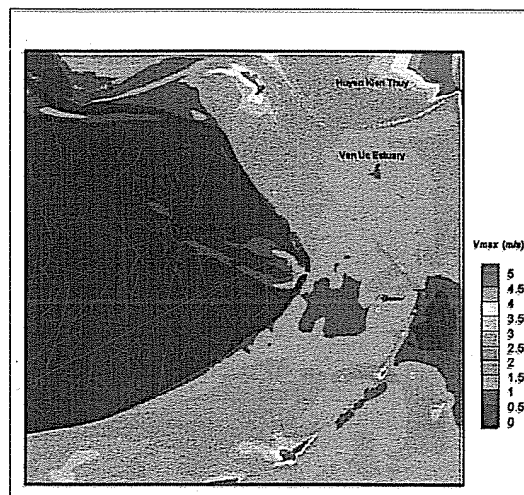
Cũng như vậy, các hình 14 và 15 cho ta thấy hình ảnh ngập lụt tại xã Vinh Quang vào năm 2100 trong điều kiện bão cấp 12 kết hợp với triều cường tại cửa sông Văn Úc cùng với đó là mực nước biển dâng 100 cm theo kịch bản cao nhất A1F1 cho vùng Đồng Bằng Bắc Bộ, với giả thiết là xảy ra tình huống vỡ một đoạn đê dài 80m tại thôn Đông Dưới). Toàn bộ diện tích rừng ngập mặn, các khu đầm nuôi trồng thủy sản phía ngoài đê của xã Vinh Quang đều ngập, độ sâu ngập trung bình là lớn hơn kịch bản 2, khoảng 2,5m, đặc biệt là dọc theo mép bờ của cửa Sông Văn Úc độ sâu ngập có chỗ lên tới 3.5m. Khu vực đất trồng lúa từ Cầu Ông Nước tới cầu Hàng và Thôn Kim bị ngập nặng, có chỗ độ sâu ngập lên tới

1,25m. Chỉ có các khu đất cao, các khu dân cư, nhà kiên cố, khu vực mặt đê là không bị ngập. Lưu tốc dòng chảy khá lớn. Tại vị trí vỡ đê, lưu tốc dòng chảy trong khoảng 3,5-4m/s, dọc theo sông Văn Úc từ cống BaZan đến cống Thành Tre 2, lưu tốc dòng chảy khá lớn, vì vậy nguy cơ xói cấp tính trong điều kiện bão là lớn. Đặc biệt là khu vực cống Thành Tre 2, trong lịch sử đã xảy ra vỡ đê năm 1955 gây ngập lụt và chết người. Vì vậy chính quyền địa phương cần có kế hoạch phương án trước mắt di dân đến nơi an toàn, về lâu dài cần phải có quy hoạch phát triển kinh tế và sử dụng đất hợp lý, tránh những vùng có rủi ro cao, để giảm thiểu tối đa thiệt hại do ngập lụt gây ra.

Nghiên cứu & Trao đổi



Hình 14. Mô phỏng ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 3_NBD 100 cm

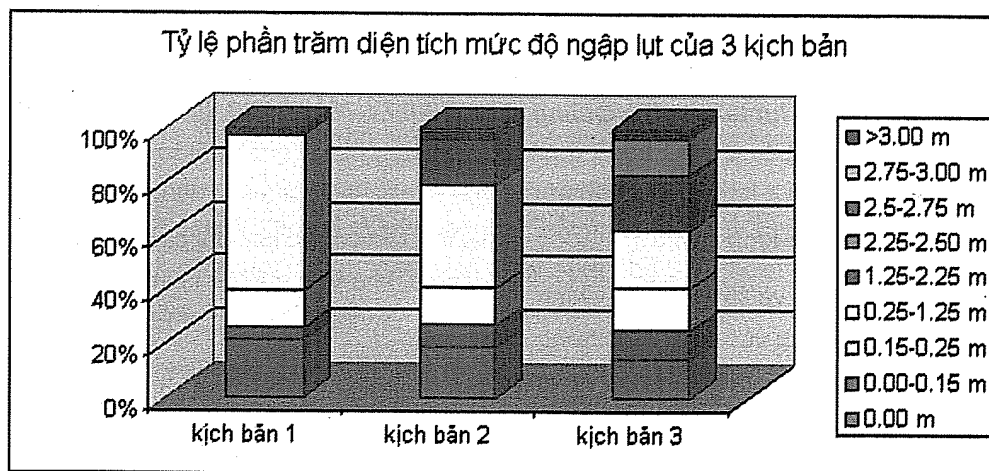


Hình 15. Mô phỏng lưu tốc dòng chảy cực đại theo kịch bản 3

Bảng 6. Mức độ nguy cơ ngập lụt tại xã Vinh Quang theo kịch bản 3

Mức độ ngập (m)	0,00	0,15	0,25	1,25	2,25	2,50	2,75	3,00	3,50	Tổng
Diện tích ngập (ha)	273,1	204,6	303,8	411,1	403,7	265,0	25,6	25,0	17,1	1929,0

d. So sánh mức độ ngập lụt giữa các kịch bản



Hình 16. Biểu đồ thể hiện mức độ ngập lụt theo các kịch bản.

Nhìn vào biểu đồ ta có thể so sánh được mức độ ngập lụt của 3 kịch bản.

Phần diện tích phía trong đê hầu như là không bị ngập hoặc ngập không đáng kể <0,25 m cho cả ba kịch bản. Đây cũng là đặc điểm dễ nhận thấy và các kịch bản là phù hợp với thực tế vì địa hình xã

Vinh Quang có hệ thống đê biển che chắn bao bọc khá tốt, khả năng xảy ra ngập lụt phía trong đê là thấp, trừ khi vỡ đê kết hợp với nước lũ dồn từ trên xuống.

Kịch bản 2 và 3 mức độ ngập lụt tăng, độ sâu ngập lụt khoảng 1,25-2,25m chiếm 17% đến 20,9 %.

Các diện tích này cũng chủ yếu là phía ngoài đê, các khu đất trồng và các đầm nuôi trồng thủy sản.

Kịch bản 3 là kịch bản bị ngập nặng nhất, diện tích ngập từ 2,25-2,5m chiếm tới 14%, có chỗ ngập tới hơn 3 m trong khi đó kịch bản 1 và 2 thì hầu như không có chỗ nào bị ngập 2,5m.

Từ biểu đồ trên ta thấy rằng mức độ ngập lụt tăng dần từ kịch bản 1 đến kịch bản 3. Như vậy theo các kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng kết hợp với bão, xã Vinh Quang bị ngập lụt xong chủ yếu là diện tích phía ngoài đê. Mà đây lại là vùng đất nuôi trồng thủy sản và rừng ngập mặn đều có giá trị kinh tế và giá trị sinh thái cao. Do đó thiệt hại do ngập lụt gây ra là đáng kể. Điển hình là năm 2005 cơn bão Damrey đã gây ngập lụt và thiệt hại riêng cho các hộ nuôi tôm ngoài đê là 10,2 tỷ đồng (Nguồn: UBND xã Vinh Quang 2008). Với mức độ thiệt hại như vậy, trong tương lai, đặc biệt với kịch bản 3, mức độ ngập lụt lớn chắc chắn sẽ còn thiệt hại nặng nề hơn. Do đó không chỉ xã Vinh Quang nói riêng mà tất cả các vùng đất ven biển nói chung cần phải có quy hoạch phát triển kinh tế, có các giải pháp để thích ứng với biến đổi khí hậu và nước biển dâng nhằm giảm thiểu thiệt hại xuống mức thấp nhất có thể.

5. Thảo luận và nhận xét

Hiện nay BĐKH và NBD là vấn đề được toàn cầu quan tâm, không những thế nó còn là chương trình mục tiêu quốc gia của Việt Nam. Việc đánh giá tác động và những nguy cơ rủi ro do BĐKH&NBD là điều cần thiết giúp cho các cơ quan chức năng, tổ

chức có được những chính sách, kế hoạch quản lý và phát triển kinh tế các vùng ven biển một cách hợp lý và giảm thiểu thiệt hại xuống mức tối đa do BĐKH&NBD gây ra. Trong đó người ta quan tâm chủ yếu tới vấn đề ngập lụt, mất đất do biển tiến và các tác động tới môi trường, hệ sinh thái vùng ven biển. Trong bối cảnh đó, nhóm thực hiện dự án thuộc Viện Nghiên cứu quản lý biển và hải đảo đã xác định rõ nhiệm vụ, tầm quan trọng dự án và đã tiến hành lựa chọn Xã Vinh Quang, Huyện Tiên Lãng, TP Hải Phòng làm vùng nghiên cứu thí điểm. Tính toán ngập lụt là cơ sở để đánh giá mức độ thiệt hại cũng như sự gia tăng xâm nhập mặn, mất đất và các ảnh hưởng khác.

Trong bài báo này, tác giả trình bày công cụ để tính toán mức độ ngập lụt và kết quả tính toán ngập lụt tại xã Vinh Quang trong điều kiện nguy hiểm nhất có thể xảy ra ngập lụt đó là: nước dâng trong bão cấp 12 kết hợp triều cường, nước biển dâng và vỡ đê. Các hình 10,12 và 14 cho ta hình ảnh ngập lụt của xã theo các kịch bản đã chọn. Một điều may mắn là tại xã Vinh Quang có hệ thống rừng ngập mặn hệ thống đê biển khá tốt lên hầu như vùng đất phía trong đê không bị ảnh hưởng nhiều. Còn tất cả diện tích phía ngoài đê đều bị ngập lụt, mức độ ngập lụt từ 1-3 m cho các kịch bản, có chỗ ngập tới 4m.

Từ các kết quả này, chính quyền địa phương xã Vinh Quang có thể tham khảo và xây dựng kế hoạch lồng ghép quy hoạch diện tích sử dụng đất phía ngoài đê hợp lý, phát triển kinh tế với kịch bản BĐKH & NBD cho Việt Nam để bảo vệ rừng ngập mặn, giảm thiểu thiệt hại gây ra trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

1. Vũ Thanh Ca, Trần Thực, Nguyễn Kiên Dũng, 2005, Một mô hình tính toán sự truyền lũ trên địa hình rất phức tạp. *Tạp chí Thủy lợi Môi trường*, Tháng 6.
2. Vũ Thanh Ca, Trần Thực, 2005, Mô hình số trị tính lan truyền sóng dài trên toàn Biển Đông. *Tuyển tập các công trình khoa học, Hội nghị Khoa học Viện Khí tượng Thủy văn 2005*.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009. *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. Hà Nội, 68 tr.