

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HAI CHIỀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN HỮU HẠN ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG TRIỀU VÀ LŨ ĐẾN VÙNG RỪNG NGẬP MẶN CẦN GIỜ

Vũ Thị Hoài Thu^{1,2}, Triệu Ánh Ngọc¹,
Tabata Toshinori², Hiramatsu Kazuaki²

Tóm tắt: Cần Giờ thuộc hạ lưu của lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn, nằm ở khu vực cửa sông Sài Gòn, được biết đến như là "lá phổi xanh" của thành phố Hồ Chí Minh bởi các chức năng sinh thái của rừng ngập mặn. Khu vực Cần Giờ có quá trình thủy động lực học rất phức tạp với nhiều cửa sông lớn tạo nên vịnh Cần Giờ. Với địa hình trũng thấp bằng phẳng, Cần Giờ bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi hai yếu tố chính: (1) lũ thượng nguồn và (2) chế độ thủy triều. Khi thủy triều dâng, một số khu vực bị ngập và thường trở lại thành các cồn đất khi thủy triều rút. Để hiểu rõ sự ảnh hưởng của thủy triều và lũ từ thượng nguồn, nghiên cứu này đã phát triển một mô hình sai phân hữu hạn hai chiều để đánh giá sự thay đổi của dòng nước trong vịnh dưới ảnh hưởng đáng kể của thủy triều. Mô đun tính toán vùng bán ngập triều (wet and dry scheme) được thiết lập để mô phỏng vùng bị ngập nước dưới sự biến động của thủy triều và lũ. Các kết quả mô hình đã phác họa rõ nét sự thay đổi vùng ngập triều dưới ảnh hưởng của thủy triều và lũ thượng nguồn.

Từ khóa: Cần Giờ, sai phân hữu hạn, mô đun tính toán vùng bán ngập triều, đất ngập nước, chế độ thủy triều.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thủy động lực vùng cửa sông là quá trình phức tạp do sự hiện diện của đường bờ biển, hải đảo, bãi cát ngầm, kênh rạch, các công trình nhân tạo, sự pha trộn của nước ngọt và nước mặn, và các yếu tố kết hợp giữ lưu lượng sông, thủy triều, gió, sóng, và dòng ngoài khơi (Kelin et al., 2009). Để hiểu đầy đủ các quá trình thủy động lực vùng cửa sông là rất quan trọng cho việc thiết kế các công trình ven biển, bảo vệ môi trường, và các kế hoạch phát triển trong vùng. Đã có nhiều mô hình được phát triển và mô phỏng các quá trình dòng chảy, sóng, xâm nhập mặn, và chất lượng nước ở các vùng cửa sông, đáng kể đến như: mô hình hai chiều sai phân hữu hạn tính toán thủy triều cho các khu vực cảng (Chau et al., 1996); Mô hình Mike 21 tính toán 2 chiều cho vùng cửa biển kết hợp vận

chuyên bùn cát (Ngọc et al, 2013.); SWAN (Booij et al., 1999) tính toán mô phỏng sự biến đổi sóng gần bờ; và một số mô hình như MIKE 3 của DHI và Delft3D của WL|Delft Hydraulics. Tuy nhiên, hầu hết các mô hình là phần mềm thương mại nên hạn chế nhiều trong quá trình sử dụng. Mặt khác, các mô hình này là mã nguồn đóng, nghĩa là không thể thay đổi được mã nguồn để phù hợp nhất cho vùng nghiên cứu. Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này tiến hành xây dựng một mô hình sai phân hữu hạn hai chiều (Chau et al., 1996) kết hợp mô đun tính toán vùng nước nông bằng ngôn ngữ lập trình Fortran để tính toán chế độ thủy triều và dòng chảy cho vùng Cần Giờ.

Thành phố Hồ Chí Minh (TP HCM) nằm trên vùng đất phù sa - bằng phẳng, bị ảnh hưởng trực tiếp chế độ thủy triều từ biển đông (IGES, 2015). Bên cạnh đó, một loạt các hồ chứa được xây dựng ở thượng nguồn là mối rủi ro gây thảm họa lũ lụt nghiêm trọng cho khu vực hạ

¹ Khoa Kỹ thuật tài nguyên nước, Trường Đại học Thủy lợi.

² Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Kyushu, Nhật Bản

lưu lưu vực Đồng Nai – Sài Gòn vực nếu một khi các hồ chứa thượng nguồn gặp sự cố vận hành do thiên tai hoặc con người. Ngoài ra, biến đổi khí hậu ngày càng tác động rõ hơn và ảnh hưởng trực tiếp đến khu vực, bằng chứng là nhiều siêu bão xuất hiện bất thường và mực nước biển dâng cao. Theo thống kê từ trạm Vũng Tàu, mực nước biển tăng 13 cm trong giai đoạn 1954 - 2007 (IPCC, 2007). Đặc biệt, mực nước cao nhất trong vòng 61 năm qua đo được tại trạm Phú An là 1,68 m xảy ra vào ngày 20 tháng 10 năm 2013. Các thảm họa thiên nhiên này dẫn đến ngập lụt nghiêm trọng tại TP HCM và gây thiệt hại nghiêm trọng về con người, kinh tế và xã hội TP HCM. Để bảo vệ các khu vực trung tâm thành phố tránh những rủi ro lũ lụt và sự ảnh hưởng của thủy triều, Chính phủ Việt Nam đang trong quá trình xác định các giải pháp thích ứng. Tuy nhiên các giải pháp này ảnh hưởng không nhỏ đến vùng Cần Giờ, đặc biệt là rừng ngập mặn Cần giờ được xem là lá phổi xanh của thành phố.

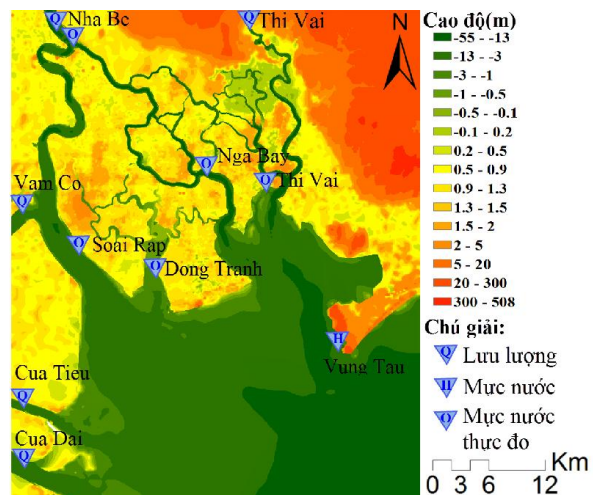
Cần Giờ nằm ở cửa sông Sài Gòn, hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn. Lưu lượng của các con sông chảy vào khu vực Cần Giờ biến đổi mạnh theo mùa. Khoảng 70% của dòng chảy trong mùa lũ từ tháng 6 đến tháng 11 và 30% trong mùa khô (Ngọc et al, 2014). Để hiểu rõ những thay đổi của mực nước, lưu lượng, và khu vực ngập nước ở cửa sông do sự biến động của xả lũ thượng nguồn và triều cường, mô hình thủy động lực hai chiều đã được phát triển và áp dụng cho vịnh Cần Giờ. Mô hình đề xuất của nghiên cứu này được dựa trên phương pháp sai phân hữu hạn kết hợp với mô đun tính toán vùng bán ngập triều.

2. GIỚI THIỆU VỀ VÙNG NGHIÊN CỨU

Cần Giờ có tổng diện tích tự nhiên 70.421 ha. Nằm ở vị trí 106°46'12" - 107°00'50" kinh độ Đông và từ 10°22'14" - 10°40'00" vĩ độ Bắc. Khu vực nghiên cứu là một vịnh kín với diện tích khoảng 350.000 ha, là một vịnh biển lớn ở miền Nam Việt Nam có các cửa sông lớn của các con sông Đồng Tranh, Lòng Tàu, Soài Rạp, Thị Vải, Vàm Cỏ, Cửa Đại và Cửa Tiểu.

Vịnh Cần Giờ đóng một vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế cho miền Nam Việt Nam. Người dân địa phương chủ yếu làm nghề nuôi trồng thủy sản, đánh bắt gần bờ, sản xuất muối, và tham gia khai thác du lịch dịch vụ và quản lý rừng.

Bên cạnh đó, rừng ngập mặn Cần Giờ đóng vai trò quan trọng của việc giảm những tác động của các cơn bão và bảo tồn đa dạng sinh học cho thành phố Hồ Chí Minh. Vịnh Cần Giờ là một khu vực rất phức tạp ảnh hưởng trực tiếp bởi chế độ thủy triều. Khi triều lên nhiều khu vực bị ngập nước, và trở lại thành cồn đất khi triều rút. Bên cạnh đó, vịnh Cần Giờ còn có một địa hình rất đặc biệt nên được coi như là một vịnh kín, với lưu lượng lớn năm con sông lớn chảy vào. Điều này dẫn đến sự thay đổi rõ chế độ thủy văn trong một ngày. Do đó, mô hình sai phân hữu hạn kết hợp với mô đun tính toán vùng bán ngập triều là rất hữu ích để mô phỏng chế độ thủy văn của khu vực này.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

3. CÔNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Mô hình thủy động lực học

Mô hình sai phân hữu hạn dựa vào phương trình vi phân được thành lập để mô phỏng dòng chảy của vịnh Cần Giờ như sau:

Dùng phương trình liên tục để tính toán mực nước:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{U(h + \eta)\} + \frac{\partial}{\partial y} \{V(h + \eta)\} = 0 \quad (1)$$

Dùng phương trình mô men để tính toán vận tốc nước theo phương x và y:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \frac{gn^2 U \sqrt{U^2 + V^2}}{(h + \eta)^{4/3}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -fU - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) - \frac{gn^2 V \sqrt{U^2 + V^2}}{(h + \eta)^{4/3}} \quad (3)$$

Trong đó, η (m) mực nước; t (=1.0 s): thời gian; h (m): mực nước đáy; f (7.9×10^{-5} s)
= $2\Omega \sin\phi$: tham số Coriolis; chỉ ra ảnh hưởng của vòng quay trái đất (Ω : tốc góc quay, ϕ : vĩ độ địa lý); g (=9.81m/s²): gia tốc trọng trường,

n ($= 0.02$ s/m^{1/3}): hệ số Manning; U và V : vận tốc ngang trong hệ tọa độ Cartesia theo phương x và y; A_h : hệ số nhớt được xác định bằng mô hình Smagorinsky (Smagorinsky, 1963).

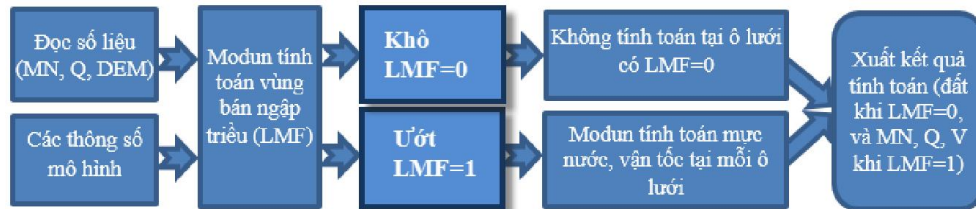
$$A_h = \frac{1}{2} S_m A_G \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (4)$$

Trong đó: S_m (0.2): Hệ số Smagorinsky, A_G : Diện tích ô lưới

Phương pháp sai phân hữu hạn Leapfrog được dùng cho giải pháp số của phương trình vi phân. Trong phương pháp này, mực nước và vận tốc được tính toán luân phiên ở mỗi bước thời gian.

Vịnh Cần Giờ là khu vực trũng thấp bằng phẳng bị ngập khi triều lên và là bãi bồi khi

triều rút, vì vậy mô đun tính toán vùng bán ngập triều với hàm LMF (land mask function) đã được sử dụng để xác định các bãi triều (Uchiyama, 2004) khi mực nước thay đổi. Trong mô hình này, hàm LMF được tạo ra để xác định và đánh dấu tất cả các lưới bề mặt đất tự nhiên trong quá trình mô phỏng của mô hình, được xác định bởi hai giá trị: 1 cho nước và 0 cho đất (xem hình 2).



Hình 2. Sơ đồ thuật toán chương trình

Trong mô đun tính toán vùng bán ngập triều, đầu tiên xác định độ sâu ngưỡng với giá trị phải bằng hoặc lớn hơn không. Sau đó tính toán độ sâu của nước ở mỗi ô lưới. So sánh độ sâu nước với độ sâu ngưỡng, nếu độ sâu nước lớn hơn độ sâu ngưỡng, ô lưới được xác định là ướt, với giá trị 1. Ngược lại, các ô lưới được coi là có khả năng khô và ngay lập tức sẽ áp dụng mô đun tính toán vùng nước nông. Trong mô đun tính toán vùng bán ngập triều, xét 3 điều kiện để đánh giá mỗi ô lưới có khả năng khô là ướt hay

khô bằng cách kiểm tra bốn ô lưới liền kề:

$$\text{Min} [\eta_{i-1,j}, \eta_{i+1,j}, \eta_{i,j-1}, \eta_{i,j+1}] < \eta_{i,j} \quad (5)$$

$$\text{Min} [D_{i-1,j}, D_{i+1,j}, D_{i,j-1}, D_{i,j+1}] < d_{cr} \quad (6)$$

$$\text{Max} [LMF_{i-1,j}, LMF_{i+1,j}, LMF_{i,j-1}, LMF_{i,j+1}] = 0 \quad (7)$$

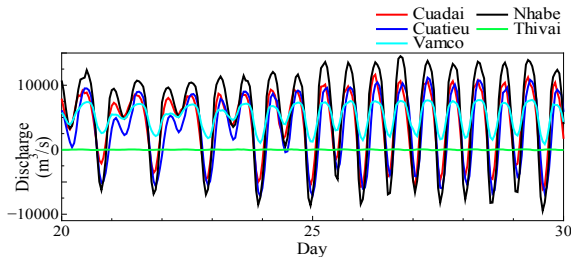
Trong đó: d_{cr} : chiều sâu ngưỡng; $D_{i,j}$: chiều sâu nước của mỗi ô lưới (i,j): ($D_{i,j}=h_{i,j}+\eta_{i,j}$); $h_{i,j}$: chiều cao thẳng đứng; $\eta_{i,j}$: cao độ nước ở mỗi ô lưới ngang (i,j).

Nếu thỏa mãn ít nhất 1 điều kiện, ô lưới sẽ

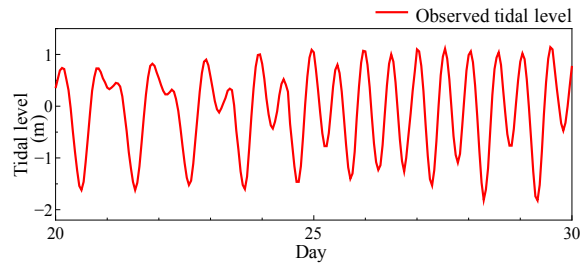
trở thành ô đất và được gỡ bỏ khỏi miền tính toán, LMF có giá trị 0. Ngược lại, ô lưới được coi là ướt và vẫn còn giữ lại trong miền tính toán và sẽ được quét lại trong bước thời gian tiếp theo, LMF có giá trị 1.

3.2. Số liệu đầu vào mô hình

Sử dụng phần mềm GIS để xây dựng DEM địa hình và tạo ô lưới 50 x 50 m cho khu vực nghiên cứu như **hình 1**. Lưu lượng đo được theo giờ của các con sông Cửa Đại, Cửa Tiểu, Vàm Cỏ, Nhà Bè, Thị Vải như **hình 3** được thu thập từ Ban Khoa học công nghệ và Hợp tác quốc tế, cơ sở 2 - Trường đại học Thủy lợi được sử dụng cho điều kiện biên của mô hình. Mực nước thủy triều quan sát tại trạm Vũng Tàu (**hình 4**) và bốn trạm đo di động: Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải được thu thập từ Viện Kỹ thuật biển.



Hình 3. Lưu lượng thực đo tại các nhánh sông đổ vào



Hình 4. Mực nước thực đo tại trạm Vũng Tàu từ 20 - 30/10/2000

3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Để hiệu chỉnh mô hình, mô hình mô phỏng quá trình thủy động lực từ 00:00 07/08/2009 đến 00:00 14/08/2009, và số liệu từ 00:00 07/01/2012 đến 00:00 14/01/2012 được sử dụng để kiểm định mô hình. Mô hình được chạy với bước thời gian tính toán là 0.1s và lưu với và trích kết quả với khoảng thời gian 1 giờ.

Kết quả so sánh sự chính xác giữa mực nước thực đo với mực nước tính toán theo các hệ số: chỉ tiêu Nash - Sutcliffe (E^2), hệ số tương quan (R) và sai số quân phương (RMSE). **Hình 5** thể hiện mực nước tính toán và mực nước đo được tại 4 trạm Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải.

Bảng 1. Các chỉ số hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

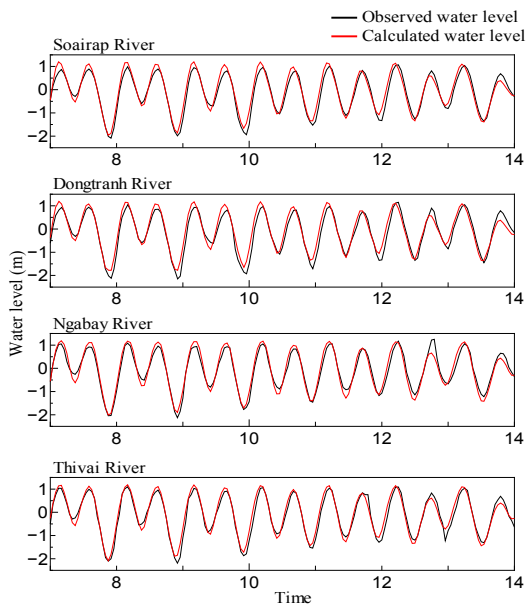
ST T	Mực nước	Năm 2009 – hiệu chỉnh			Năm 2012 – kiểm định		
		E^2	R	RMSE	E^2	R	RMSE
1	Soài Rạp	0.94	0.98	2.78	0.94	0.99	3.07
2	Đồng Tranh	0.92	0.97	3.22	0.92	0.98	5.17
3	Ngã Bảy	0.95	0.98	2.60	0.93	0.96	6.55
4	Thị Vải	0.95	0.98	2.56	0.96	0.99	2.07

Kết quả các thông số hiệu chỉnh mô hình được trình bày trong **bảng 1** cho thấy sự tương quan tốt giữa mực nước đo được và mực nước tính toán theo mô hình (hệ số tương quan $R=0.98, 0.97, 0.98$ và 0.98 lần lượt cho các trạm đo Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải)

Kết quả cũng cho thấy sự chính xác rất cao của mô hình thông qua chỉ số Nash bằng 0.94,

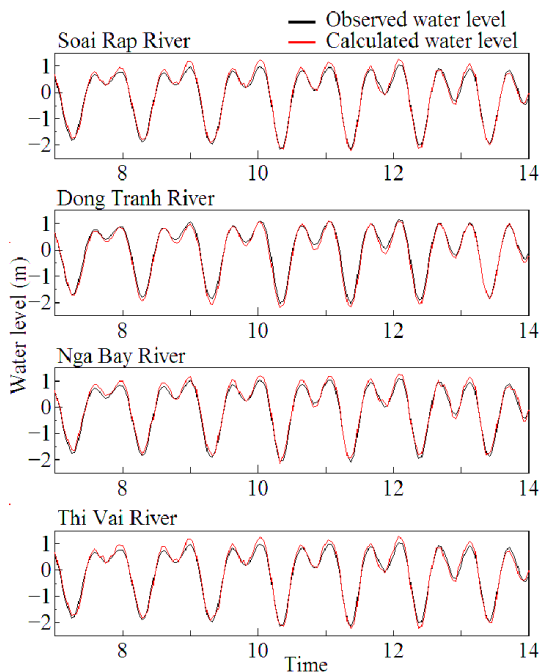
0.92, 0.95 và 0.95; sai số quân phương nhỏ, đạt 2.78, 3.22, 2.60 và 2.56 tại các trạm đo Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải.

Để kiểm định mô hình, mô hình mô phỏng từ 00:00 07/01/2009 đến 00:00 14/01/2012. **Hình 6** thể hiện mực nước tính toán và mực nước đo được kiểm định tại 4 trạm Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải.

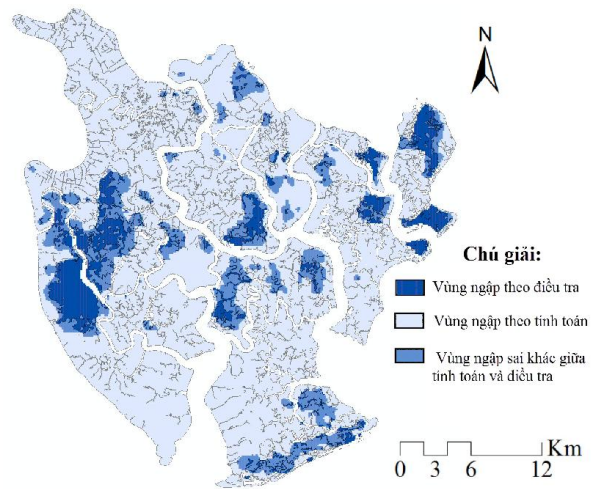


Hình 5. Mực nước thực đo và tính toán giai đoạn 00:00 7/08/2009 đến 23:00 14/08/2009

Kết quả kiểm định mô hình được trình bày trong **bảng 1** cũng cho thấy kết quả mô hình rất tốt (hệ số tương quan $R=0.99, 0.98, 0.96$ và 0.99 lần lượt cho các trạm đo Soài Rạp, Đồng Tranh, Ngã Bảy, và Thị Vải).



Hình 6. Mực nước thực đo và tính toán giai đoạn 00:00 7/01/2012 đến 23:00 14/01/2012



Hình 7. Bản đồ ngập giữa tính toán và thực đo năm 2000

Để đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình, lũ lịch sử năm 2000 từ 00:00 20/10/2000 đến 23:00 30/10/2000 được mô phỏng để đánh giá khả năng mô phỏng 2 chiều và sự sai khác giữa ngập thực tế và mô phỏng. Bản đồ (**hình 7**) thể hiện mức độ ngập giữa tính toán và điều tra. Theo kết quả so sánh cho thấy, bản đồ ngập điều tra có diện tích ngập chiếm đến 90% trong khi tính toán chiếm gần 80%. Sự sai khác này là do: (1) Bản đồ địa hình (DEM) sử dụng cho việc mô phỏng tính toán là năm 2006 trong khi bản đồ ngập lịch sử xảy ra năm 2000; (2) bản đồ ngập lũ năm 2000 là bản đồ điều tra vết lũ ngập lớn nhất trong khi bản đồ ngập theo tính toán là kết quả mực nước tức thời tại thời điểm lũ lớn nhất lúc 14:00 27/10/2000; (3) Thảm phủ cũng có sự khác nhau giữa năm 2000 và 2006. Tuy nhiên, trong điều kiện thiếu số liệu thực đo năm 2000, kết quả tính toán thể hiện ở trên cho thấy mức độ chính xác của mô hình là khá tốt.

Từ kết quả hiệu chỉnh, kiểm định và đánh giá trên cho thấy, mô hình có khả năng mô phỏng rất tốt chế độ thủy động lực học vùng Cần Giờ.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

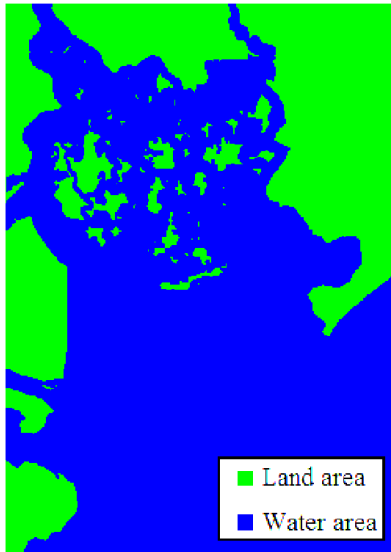
Để đánh giá sự ảnh hưởng của thủy triều và lũ thượng nguồn trong khu vực Cần Giờ, mô hình tiến hành mô phỏng cho cơn lũ lớn nhất năm 2000.

Hình 8, 9 và **bảng 2** cho thấy các kết quả của khu vực bị ngập nước và vùng không bị ngập ở vịnh Cần Giờ được mô phỏng theo cơn lũ năm 2000. Mô hình thủy động lực hai chiều kết hợp với mô đun tính toán vùng bán ngập triều chỉ rõ sự thay đổi của các khu vực bị ngập dưới biến động của thủy triều và lũ từ thượng nguồn. Với mực nước cao nhất (+1.11m) lúc 14:00 27/10/2000 tại Vũng Tàu, mực nước cao nhất và đi vào vịnh Cần Giờ, gây ra ngập lụt nghiêm trọng cho toàn bộ khu vực Cần Giờ. Diện tích khu vực bị ngập lụt là 79.89% tổng diện tích

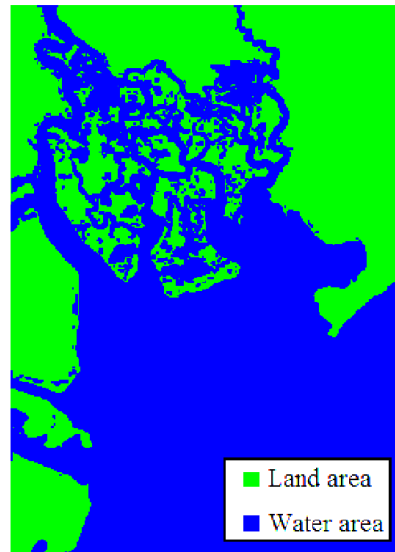
Cần Giờ (53,213.50 ha), khi thủy triều rút khu vực ngập nước của vịnh Cần Giờ giảm đáng kể (28.64%). Điều này nhấn mạnh rằng, do địa hình trũng thấp phẳng, thủy triều là một yếu tố quan trọng gây ngập lụt cho vịnh Cần Giờ.

Bảng 2. Kết quả diện tích ngập dưới tác động của chế độ thủy triều năm 2000

Trường hợp	Diện tích ngập (ha)	% ngập
Đỉnh triều	53,213.50	75.59
Chân triều	20,165.75	28.64



Hình 8. Đỉnh triều cao nhất lúc 14:00 27/10/200



Hình 9. Chân triều thấp nhất lúc 20:00 27/10/2000

Tuy nhiên, khi thủy triều rút đạt mức thấp nhất (-1.09 m), khu vực Cần Giờ vẫn ngập đáng kể với diện tích ngập của 20.165,75 (ha). Điều đó đã chứng minh rằng, khi thủy triều rút, lũ thượng nguồn chảy vào vịnh Cần Giờ rất lớn (4286.44 m³/s) dẫn đến các khu vực vùng thượng nguồn của vịnh Cần Giờ và các vùng trũng thấp vẫn bị ngập nước.

5. KẾT LUẬN

Dựa vào kết quả nghiên cứu ở trên có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Mô hình sai phân hữu hạn hai chiều kết hợp với mô đun tính toán vùng bán ngập triều đã mô phỏng rất tốt chế độ thủy động lực cũng như

vùng bán ngập cho vịnh Cần Giờ. Các kết quả đạt được cho thấy mô hình có tính ứng dụng tốt cho các khu vực cửa sông cũng như các khu vực ven biển.

- Thủy triều là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến cơ chế động lực trong toàn bộ khu vực. Diện tích ngập thay đổi phụ thuộc vào tùy theo xu hướng của thủy triều cao và thấp.

- Xả lũ từ thượng nguồn cũng là một yếu tố quan trọng góp phần vào tình trạng ngập úng của Cần Giờ. Lũ thượng nguồn này tác động trực tiếp lên vùng thượng nguồn của khu vực Cần Giờ và các khu vực thấp trũng ven sông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Booij, N., Ris, R. C. and Holthuijsen, L. H. (1999) *A third-generation wave model for coastal regions, Part I: Model description and validation*, J. Geophys. Res., 104(4), 7649-7666.
- Chau K. W., Jin H. S. and Sin Y. S. (1996) *A finite difference model of two-dimensional tidal flow in Tolo Harbor, Hong Kong*, Appl. Math. Modelling, 20, 321–328.
- IPCC (2007) *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1-104.
- Kelin H., Pingxing D., Zhengbing W., and Shilun Y. (2009) *A 2D/3D hydrodynamic and sediment transport model for the Yangtze Estuary, China*, Journal of Marine Systems, 77, 114–136.
- Ngoc T. A., Thanh Letrung, Hiramatsu K. and Quyet N. T. (2013) *The Effect of Simulated Sea Level on the Sedimentation of the Tien River Estuaries, Lower Mekong River, Southern Vietnam*, JARQ, 47(4), 405-415.
- Smagorinsky (1963) *General Circulation experiments with the primitive equations: I. The basic experiment*, American Meteorological Society, 91(3), 99-164.
- Yusuke Uchiyama (2004) *Modeling wetting and drying scheme based on an extended logarithmic law for a three-dimensional sigma-coordinate coastal ocean model*. Report of the port and airport research institute, Yokosuka, Japan, pp. 3-21. Vol.43, No.4
- Water resources management in Ho Chi Minh City (2015) *Sustainable Groundwater Management in Asian Cities*, IGES, Institute for Global Environmental Strategies.
- Ngoc T. A. Hiramatsu K. and Harada M. (2014) *Optimizing the rule curves of multi-use reservoir operation using a genetic algorithm with a penalty strategy*, Paddy and Water Environment, 12,125-137.

Abstract:

APPLICATION OF 2D FINITE DIFFERENCE MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTS OF TIDE AND FLOOD IN CANGIO MAGROVE FOREST

In order to comprehend how tide acts to Cangio bay, this study have developed a 2-D finite difference model to assess changes of water flow in Cangio bay under significant influence of tide, and the wet-and-dry scheme-based method is also designed and configured into proposed model to indicate clearly where waterlogged soils under fluctuation of tide. In this study, a 2D-finite different wet-and-dry scheme-based model has been completely developed and applied for simulating changing of water flows in river and shallow Sea. The results of model also pointed out the changing of inundated areas under the tidal regime.

Keywords: Cangio bay, finite difference, wet and dry scheme, wetland, tidal regime.

BBT nhận bài: 13/4/2016

Phản biện xong: 27/9/2016