ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ QUÁ TRÌNH ĐÔ THỊ HÓA ĐẾN MỰC NƯỚC TRÊN HỆ THỐNG SÔNG SÀI GÒN - ĐỒNG NAI

Lương Văn Việt - Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá sự thay đổi mực nước trên hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai do các ảnh hưởng tổng hợp của mực nước biển dâng, nạo vét lòng dẫn, san lấp các vùng trũng khu vực hạ lưu cho phát triển đô thị và xây dựng hệ thống đê bao. Phương pháp nghiên cứu là dựa trên cơ sở của phân tích dao động điều hòa và bước hiệu chỉnh kết quả mô phỏng mực nước triều nhằm xác định nguyên nhân của sự thay đổi mực nước. Số liệu sử dụng trong nghiên cứu là mực nước giờ của 6 trạm quan trắc từ năm 1980 - 2014. Kết quả nghiên cứu cho thấy, do tác động của mực nước biển dâng đã làm cho biên độ mực nước giữa cấp tần suất p = 0,1% và p = 99,9% tại trạm Vũng Tàu tăng 7 cm. Với tác động tổng hợp của mực nước biển dâng và quá trình đô thị hóa đã làm cho mực nước cao nhất và biên độ mực nước giữa cấp tần suất p = 0,1% và p = 99,9% trong sông tăng cao hơn so với trên biển, tại Phú An và Nhà Bè mức tăng của biên độ này tương ứng là 35,5 cm và 30,5 cm.

Từ khóa: Phân tích điều hòa, mực nước biển dâng, đô thị hóa.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai là một hệ thống sông lớn thứ hai ở các tỉnh phía Nam. Hạ lưu của lưu vực này bao trùm khu kinh tế trọng điểm phía Nam với nhiều khu công nghiệp và các đô thị lớn, đây cũng là khu vực có tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa cao. Hạ lưu khu vực này có độ cao khá thấp và dễ chịu tổn thương do ảnh hưởng của mực nước biển dâng.

Khi mực nước biển dâng sẽ làm cho mực nước trong sông tăng với mức tăng có thể xấp xỉ mức tăng trên biển. Tuy nhiên, theo thống kê trong bảng 1 từ kết quả nghiên cứu trong báo cáo [1], so với mức dâng mực nước trên biển tại Vũng Tàu trong giai đoạn từ 1980 - 2014 thì mức dâng mực nước trong sông (Δ h) có nhiều khác biệt. Ứng với tần suất xuất hiện P = 0,1% (phần đỉnh triều), mức dâng mực nước trong giai đoạn 1980 - 2014 của các trạm trong sông (Δhp=0,1%) cao hơn khá nhiều so với trạm Vũng Tàu trên biển. Mức dâng mực nước với P = 50% của các trạm là tương đối đồng đều. Tại P = 99,9% (phần chân triều), một số trạm có mức tăng xấp xỉ với mức tăng trên biển, ngoại trừ các trạm Nhà Bè và Phú An lại có sự giảm mực nước.

Bảng 1. Mức tăng mực nước giai đoạn 1980 - 2014 tại các trạm quan trắc, cm [1]

Mực nước thống kê	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
$\Delta h_{p= 0,1\%}$	15,2	32,9	34,8	30,1	48,2	42,8
$\Delta h_{p= 50,0\%}$	11,1	11,4	13,7	12	14,8	12,8
$\Delta h_{p= 99,9\%}$	7,1	-16,2	-8,2	4,8	8,6	10,3
$\Delta h_{p=0,1\%} - \Delta h_{p=99,9\%}$	8,1	49,1	43	25,3	39,6	32,5

Như vậy, các đặc trưng thống kê về mực nước theo tần suất xuất hiện của các trạm quan trắc trên khu vực này có sự thay đổi đáng kể. Các nguyên nhân của sự thay đổi các đặc trưng thống kê này có thể do: Mực nước biển dâng [2]; Việc xây dựng hệ thống đê bao, cống ngăn triều hoặc san lấp mặt bằng làm mất đi các vùng chứa có khả năng điều tiết mực nước triều [1], làm cho

mực nước đỉnh triều tăng và chân triều giảm; Việc nạo vét sông Soài Rạp cho việc phát triển hệ thống cảng biển nước sâu [3], làm tăng cường khả năng truyền triều từ biển vào sông cũng như quá trình rút; Việc phát triển hệ thống hồ chứa thượng nguồn làm thay đổi lưu lượng dòng chảy [3, 4], dẫn đến thay đổi về chế độ mực nước.

Mặc dù cơ sở hạ tầng của hệ thống tiêu thoát nước đã được đầu tư khá lớn nhưng tình hình ngập lụt trên các đô thị khu vực hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai vẫn gia tăng trong các năm gần đây. Theo các kết quả nghiên cứu, tình hình ngập tăng có nguyên nhân từ mực nước biển dâng [1, 5], gia tăng cường độ mưa do cường độ của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị tăng cường [6], lượng thấm giảm do diện tích mặt không thấm tăng trong quá trình đô thị hóa [7, 8, 9]. Ngoài ra, trên khu vực này mưa lớn thường xuất hiện vào thời kỳ triều cường [1, 7] nên sự thay đổi mực nước với các đặc điểm trên sẽ làm cho khả năng tiêu thoát nước giảm và làm gia tăng nguy cơ ngập lụt, do đó cần có những nghiên cứu chi tiết về sự thay đổi mực nước trên khu vực này.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu sử dụng

2.1 Phương pháp nghiên cứu

Có hai phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu về sự thay đổi chế độ mực nước là mô hình thủy lực và phân tích dao động điều hòa thủy triều [2, 10, 11]. Trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích dao động điều hòa và bước hiệu chỉnh mực nước triều. Nghiên cứu này không phân tích sự thay đổi pha và biên độ của các sóng triều mà tập trung phân tích sự thay đổi mực nước triều. Theo bảng 1, do có sự gia tăng mực nước ở đỉnh triều và hạ thấp mực nước ở chân triều ở các trạm trong sông nên cần tiến hành hiệu chỉnh mực nước sau khi phân tích bằng phương pháp điều hòa. Ý nghĩa của bước hiệu chỉnh nhằm tăng cường độ chính xác trong mô phỏng mực nước và phục vụ đánh giá diễn biến mực nước.

a) Xác định mực nước triều

Mực nước triều được xác định bằng phương pháp phân tích điều hòa có dạng sau:

$$z_t = z_0 + \sum_{i=1,n} f_i H_i \cos(q_i t + (V_0 + u)_i - g_i) \quad (1)$$

Ở đây z_t là mực nước triều ở thời gian t, z_0 là hằng số; H_i, q_i, g_i, f_i, $(V_0+u)_i$ tương ứng là biên độ, vận tốc góc và góc pha ban đầu, hệ số hiệu chỉnh biên độ và hiệu chỉnh góc của sóng triều thứ i với i =1, 2, ..., n và n là số sóng. Giá trị của f_i và $(V_0+u)_i$ phụ thuộc thời gian, nó được tính toán theo các hàm thiên văn.

Để xác định các giá trị H_i và g_i theo phương pháp bình phương tối thiểu, phương trình (1) được viết lại dưới dạng:

$$z_t = z_0 + \sum_{i=1,n} R_i \cos(q_i t - \zeta_i) \quad (2)$$

$$R_i = f_i H_i \quad (3)$$

$$\zeta_i = g_i - (V_0 + u)_i \quad (4)$$

Để tìm Ri và ζ_i , biểu thức (2) được biến đổi như sau:

$$z_t = z_0 + \sum_{i=1,n} [R_i \cos(q_i t)\cos\zeta_i) + R_i \sin(q_i t)\sin\zeta_i)] \quad (5)$$

Đặt :

$$R_i \cos(\zeta_i) = a_{1i}, \quad (6)$$

$$R_i \sin(\zeta_i) = a_{2i} \quad (7)$$

khi đó (5) có dạng:

$$z_t = z_0 + \sum_{i=1}^{n} [a_{1i} \cos(q_i t) + a_{2i} \sin(q_i t)] \quad (8)$$

Với các phép biến đổi này phương trình (8) có dạng tuyến tính với các biến là $\cos(q_i t)$ và $\sin(q_i t)$ và các hệ số là a_{1i} và a_{2i}.

Phương trình (8) sẽ được giải theo phương pháp hồi qui tuyến tính bội (HQTTB), cơ sở của phương pháp hồi qui là phương pháp bình phương tối thiểu. Tuy nhiên để lựa chọn các sóng triều thích hợp, sẽ sử dụng phương pháp hồi qui tuyến tính từng bước (HQTTTB). Phương pháp HQTTTB cũng tương tự như HQTTB, bằng thuật toán quay ma trận các sóng triều được lựa chọn trong các bước xây dựng phương trình.

Sau khi tìm được các hệ số a_{1i} và a_{2i} thay vào

phương trình (6) và (7) ta xác định được R_i và ζ_i . Thay R_i và ζ_i vào phương trình (3) và (4) ta xác định được H_i và g_i. Trong đó f_i và $(V_0+u)_i$ là các giá trị phụ thuộc thời gian được tính theo các hàm số thiên văn.

b) Đánh giá sự thay đổi chế độ mực nước qua bước hiệu chỉnh mực nước

Từ kết quả xác định mực nước triều z_t theo phương trình (1), gọi h_t là mực nước quan trắc tại thời gian t, ta có sai khác giữa mực nước triều và mực nước thực đo Δz_t là:

$$\Delta z_t = z_t - h_t \quad (9)$$

Khi xác định mực nước với các hằng số điều hòa thủy triều dựa trên toàn bộ độ dài chuỗi quan trắc mực nước thì khi có sự thay đổi mực nước sẽ làm cho Δz_t thay đổi theo thời gian. Với đặc điểm của sự thay đổi mực nước khu vực nghiên cứu là đỉnh triều tăng và chân triều hạ hay Δz_t phụ thuộc vào cao trình mực nước, giả thiết sự phụ thuộc này là tuyến tính ta có:

$$\Delta z_t = A_1 z_t + A_0 \quad (10)$$

Trong công thức này A_1 và A_0 là các hệ số hồi quy được xác định theo phương pháp bình phương tối thiểu. Dựa trên các giá trị của A_1 và A_0 cho từng năm, mức độ biến dạng thủy triều được đánh giá theo thời gian. Hệ số A_1 thể hiện sự thay đổi của biên độ thủy triều, kết hợp giữa hệ số A_1 và A_0 cho ta xu thế của mực nước triều.

Với việc xác định sai số mực nước triều theo công thức (10), khi đó mực nước triều sau khi hiệu chỉnh là z'_t có dạng:

$$z'_t = z_t + \Delta z_t \quad (11)$$

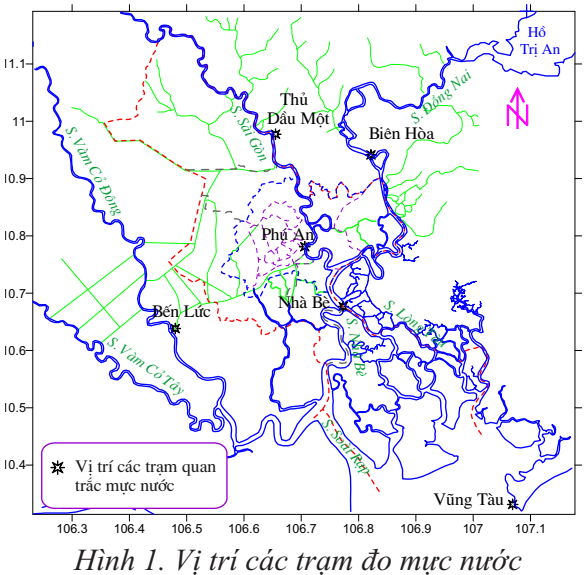
Việc đánh giá chất lượng phương trình (1) và (11) được thông qua các hệ số thống kê bao gồm chỉ số thống kê Fisher, độ lệch của các hệ số hồi qui, hệ số xác định, sai số trung bình và sai số lớn nhất. Các chỉ số này cũng là các điều kiện quyết định số sóng được lựa chọn. Số sóng được lựa chọn sẽ phụ thuộc vào độ dài chuỗi phân tích và đặc điểm của từng khu vực.

Ngoài ra chất lượng mô phỏng dao động mực nước còn được đánh giá qua các số liệu quan trắc mực nước mà chúng không được đưa vào để xây dựng phương trình (1).

2.2 Số liệu sử dụng

Các trạm quan trắc mực nước được đưa vào phân tích bao gồm Vũng Tàu, Nhà Bè, Phú An, Thủ Dầu Một, Biên Hòa, Bến Lức. Vị trí của các trạm này được trình bày trong hình 1. Dạng số liệu sử dụng trong nghiên cứu là mực nước quan trắc từng giờ. Thời gian của các chuỗi này là từ năm 1980 - 2014.

Trong chuỗi số liệu từ năm 1980 - 2014, số liệu để xác định biên độ và pha ban đầu của các sóng triều là tất cả các năm trừ các năm nhuận. Số liệu quan trắc mực nước các năm nhuận được giữ lại để kiểm định độ chính xác của phương trình (1) và (11).

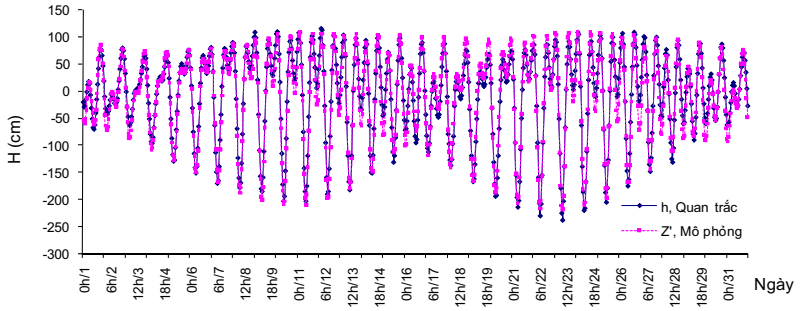


Hình 1. Vị trí các trạm đo mực nước

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Chất lượng mô phỏng mực nước khi hiệu chỉnh

Từ số liệu quan trắc mực nước giờ của các năm không phải là năm nhuận trong chuỗi số liệu từ năm 1980 - 2014, biên độ và pha ban đầu của các sóng triều được xác định, từ đó xác định mực nước triều theo phương trình (1) cho tất cả các năm. Từ kết quả xác định mực nước triều, các hệ số hiệu chỉnh sự biến dạng của thủy triều được xác định theo phương trình (10) cho từng năm một, từ đó xác định được mực nước triều hiệu chỉnh theo phương trình (11).



Hình 2. Mực nước thực đo và mô phỏng tháng 11/2012, trạm Nhà Bè

Gọi R_1, Er_1 là hệ số tương quan và sai số tuyệt đối trung bình khi mô phỏng mực nước triều theo phương trình (1), tức là không xét đến phần hiệu chỉnh của phần biến dạng mực nước; R_2, Er_2 là hệ số tương quan và sai số tuyệt đối trung bình khi mô phỏng mực nước triều theo phương trình (11), đây là phương trình đã xét đến sự hiệu chỉnh của phần biến dạng thủy triều. Kết quả kiểm nghiệm được trình bày trên bảng 2.

Bảng 2. Kết quả kiểm nghiệm mô phỏng mực nước

Hệ số đánh giá	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
R_1	0,983	0,972	0,968	0,956	0,935	0,955
R_2	0,987	0,983	0,980	0,975	0,958	0,971
R_2-R_1	0,004	0,011	0,012	0,019	0,023	0,016
Er_1	12,6	15,6	15,8	15,3	22,5	15,1
Er_2	11,3	13,9	14	13,7	17,4	13,4
Er_1-Er_2	1,3	1,7	1,8	1,6	5,1	1,7

Kết quả từ bảng 2 cho thấy với mực nước đã được hiệu chỉnh phần biến dạng thủy triều thì chất lượng mô phỏng có sự gia tăng với sai số trung bình giảm từ 1,3 - 5,1 cm, hệ số tương quan tăng từ 0,004 - 0,023. Trong các trạm này thì Vũng Tàu là trạm có mức giảm sai số nhỏ nhất và hệ số tương quan tăng ít nhất.

3.2 Phân tích các hệ số biến dạng mực nước

a) Hệ số A_1

Từ phương trình (10), hệ số A_1 cho ta xu thế của biên độ mực nước. Từ kết quả tính toán hệ số A_1 cho từng năm, phương trình biểu diễn xu thế đường A_1 ở dạng tuyến tính như sau:

$$A_1 = at + b \qquad (12)$$

Trong phương trình trên thì a và b là các hệ số, t là thời gian tính bằng năm. Kết quả xác định các hệ số a và b trong phương trình này được trình bày trong bảng 3 và minh họa trên hình 3. Kết quả trên bảng 3 cho thấy, trạm Vũng Tàu có hệ số a và hệ số xác định R^2 khá nhỏ, hay xu thế của A_1 trên biển là không rõ rệt. Ngoại trừ trạm Vũng Tàu, các trạm trong sông đều có $R^2 > 0,5$ và $a > 0,001$. Điều này có nghĩa rằng xu thế tăng của A_1 là khá rõ, rõ nhất là đối với trạm Nhà Bè và Phú An, tại hai trạm này $R^2 > 0,85$, $a > 0,0025$.

Bảng 3. Hệ số phương trình của đường xu thế A_1 với số liệu từ năm 1980 - 2014

Hệ số	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
a	0,00051	0,00280	0,00253	0,00186	0,00108	0,00105
b	-0,9879	-5,591	-9,283	-2,155	-12,115	-6,939
R^2	0,304	0,852	0,882	0,678	0,713	0,735

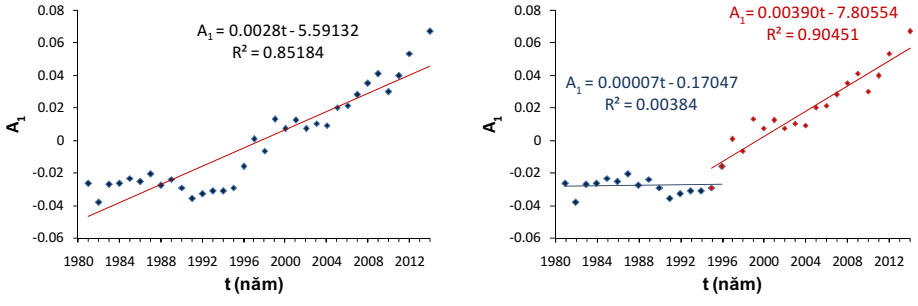
Hai trạm Nhà Bè và Phú An nằm trong khu vực có quá trình đô thị hóa nhanh. Tại khu vực này việc san lấp mặt bằng phục vụ cho phát triển đô thị và các khu công nghiệp diễn ra mạnh mẽ trong 20 năm gần đây, nhất là trên các huyện Nhà Bè, Bình Chánh và các quận 2, 7, 9, Bình Thạnh, Thủ Đức. Ngoài ra việc san lấp mặt bằng làm mất đi các vùng trũng có khả năng điều tiết dòng chảy, việc phát triển hệ thống cống và đê bao cũng làm cho các vùng trũng trong đê mất đi khả năng điều tiết mực nước. Vai trò của các vùng trũng trong điều tiết mực nước là tiếp nhận lượng nước ở phần đỉnh triều và trả lại lượng nước này ở phần chân triều, làm cho mực nước ở phần đỉnh triều trên sông hạ thấp và mực nước ở phần chân triều tăng. Như vậy khi các vùng trũng có khả năng điều mực nước sẽ làm cho biên độ triều tăng, hay làm cho A_1 tăng. Điều này một phần lý giải cho xu thế về biên độ mực nước giữa cấp p = 0,1% và p = 0,99% trong bảng 1.

Tốc độ đô thị hóa của khu vực nghiên cứu là rất nhanh kể từ năm 1995, nên để thấy rõ các ảnh hưởng của quá trình đô thị hóa đến mực nước khu vực này dưới đây phân tích xu thế của A_1 trong giai đoạn từ 1995 - 2014. Kết quả xác định các hệ số của đường A_1 được trình bày trong bảng 4, bảng này cho thấy đây là giai đoạn có mức tăng khá rõ của A_1. Ngoại trừ trạm Vũng Tàu, các hệ số a và R^2 trong bảng này đều cao hơn trong bảng 3 cho các trạm còn lại. Điều này cho thấy trong giai đoạn này biên độ mực nước tăng rõ rệt hơn.

Giai đoạn 1995 - 2014 là giai đoạn có sự phát triển mạnh của các đô thị và khu công nghiệp ở hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai, phần lớn diện tích đất trũng bị san lấp nằm trên địa bàn của Tp.HCM. Từ sau chương trình đổi mới kinh tế toàn diện năm 1986 của nhà nước đã làm cho lực lượng sản xuất trong nước phát triển, thu hút mạnh các nguồn đầu tư nước ngoài. Điều này đã làm dân số đô thị Tp.HCM tăng nhanh. Mức tăng dân số đô thị Tp.HCM hàng năm trong giai đoạn 1980 - 1995 là 2,07% thì trong giai đoạn 1995 - 2014 đã là 4,41%. Trước năm 1997 diện tích đất các quận nội thành là 143,2 km^2, do sự phát triển nhanh chóng của thành phố, chính phủ đã hai lần điều chỉnh địa giới nội thành cũng như thành lập các quận mới, lần đầu vào năm 1997 và lần hai vào năm 2003. Sau hai lần điều chỉnh, diện tích các quận nội thành của thành phố là 494 km^2, tăng 224,9%.

Bảng 4. Hệ số phương trình của đường xu thế A_1 với số liệu từ năm 1995 - 2014

Hệ số	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
a	0,00050	0,00390	0,00407	0,00292	0,00280	0,00219
b	-0,902	-7,806	-10,974	-2,915	-13,991	-7,277
R^2	0,133	0,905	0,918	0,689	0,796	0,232



Hình 3. Xu thế hệ số A_1 trạm Nhà Bè

b) Hệ số A_0

Từ phương trình (10), hệ số A_0 cho ta một phần xu thế của mực nước. Từ kết quả tính toán hệ số A_0 cho từng năm, phương trình biểu diễn xu thế đường A_0 ở dạng tuyến tính như sau:

$$A_0 = at + b \qquad (13)$$

Cũng như phương trình (11), trong phương trình trên thì a và b là các hệ số, t là thời gian tính bằng năm. Kết quả xác định các hệ số a và b trong phương trình này được trình bày trong bảng 5. Kết quả trên bảng 5 cho thấy các hệ số a khá ổn định và A_0 xấp xỉ giá trị của trạm Vũng Tàu. Hệ số a quyết định mức tăng của A_0, do đó mức tăng của A_0 của các trạm trên sông là không khác biệt nhiều so với trạm trên biển.

Bảng 5. Hệ số phương trình của đường xu thế A_0 với số liệu từ năm 1980 - 2014

Hệ số	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
a	0,3604	0,3217	0,36674	0,3798	0,38304	0,33128
b	-719,72	-577,86	-665,44	-551,82	-1900,41	-826,44
R	0,469	0,543	0,521	0,401	0,409	0,519

c) Biến dạng mực nước trong giai đoạn 1980 - 2014

Từ phương trình (10), mức độ biến dạng mực nước phụ thuộc vào cả hệ số A_0 và A_1. Gọi z_p là mực nước triều ứng với tần suất xuất hiện p của một trạm quan trắc ta có mức độ thay đổi của z_p ứng với thời gian từ năm t1 đến năm t2 sẽ được tính như sau:

$$\Delta z_p = A_1^{t_2} h_p + A_0^{t_2} - \left(A_1^{t_1} h_p + A_0^{t_1}\right) \qquad (14)$$

$$\Delta z_p = (A_1^{t_2} - A_1^{t_1}) h_p + A_0^{t_2} - A_0^{t_1} \qquad (15$$

Trong đó: t1 và t2 được lấy tương ứng là các năm 1980 và 2014; $A_1^{t_2}$, $A_1^{t_1}$, $A_0^{t_2}$, $A_0^{t_1}$ là giá trị của A_1 và A_0 ở năm t1 và t2. Để đảm bảo tính ổn định, các giá trị này được xác định từ phương trình xu thế với các hệ số được nêu trong bảng 3 và bảng 5 và kết quả được trình bày trong bảng 6.

Bảng 6. Hệ số phương trình của đường xu thế A_0 với số liệu từ năm 1980 - 2014

Hệ số	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
$A_1^{t_2} - A_1^{t_1}$	0,0170	0,1462	0,1564	0,1054	0,1224	0,1191
$A_0^{t_2} - A_0^{t_1}$	12,3	10,9	11,3	10,8	16,3	14,1

Từ số liệu mực nước thủy triều được tính toán theo phương trình (1), tần suất xuất hiện mực nước triều tính toán trong giai đoạn 1980 - 2014 được xác định và trình bày trong bảng 7. Trong bảng này việc chọn mực nước với tần suất P = 0,1% và P = 99,1% để đánh giá sự thay đổi mực nước đỉnh và chân triều nhằm đạt kết quả ổn định.

Bảng 7. Tần suất mực nước triều giai đoạn 1980 - 2014 (cm)

Mực nước thống kê	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
$z_{p=0,1\%}$	124	134	134	118	165	127
$z_{p=50,0\%}$	-6	20	25	31	40	25
$z_{p=99,9\%}$	-286	-234	-221	-212	-187	-162

Dựa trên số liệu từ bảng 6 và bảng 7, kết quả tính toán Δz_p theo công thức (15) được trình bày trong bảng 8. Bảng này cho thấy, ứng với tần suất xuất hiện P = 0,1% (phần đỉnh triều), ngoại trừ trạm Bến Lức, mức dâng mực nước triều của các trạm trong sông (Δz_p) đều cao hơn khá nhiều so với trạm Vũng Tàu. Mức dâng mực nước triều với P = 50% của các trạm là tương đối đồng đều. Tại P = 0,1% (phần chân triều), các trạm Biên Hòa và Bến Lức có mức tăng xấp xỉ với mức tăng trên biển, riêng trạm Nhà Bè và Phú An lại có sự giảm mực nước.

Bảng 8. Giá trị của Δz_p trong giai đoạn 1980 - 2014 (cm)

Mực nước	Trạm quan trắc					
	Vũng Tàu	Nhà Bè	Phú An	Thủ Dầu Một	Biên Hòa	Bến Lức
$\Delta z_{p= 0,1\%}$	14,4	23,7	24,0	20,4	19,1	15,8
$\Delta z_{p= 50,0\%}$	12,2	12,8	14,6	14,9	14,5	12,2
$\Delta z_{p= 99,9\%}$	7,4	-11,3	-6,5	-0,5	6,2	5,5
$\Delta z_{p=0,1\%} - \Delta z_{p=99,9\%}$	7,0	35,0	30,5	20,9	12,9	10,3

Kết quả tính toán mức gia tăng chênh lệch mực nước triều giữa tần suất xuất hiện p = 0,1% và p = 99,9% (z_p= 0,1% - z_p= 99,9%) trong giai đoạn 1980 - 2014 cho thấy các trạm Nhà Bè và Phú An là các trạm mà ở đó có biên độ mực nước tăng rõ rét nhất, từ 30,5 - 35,0 cm. So với hai trạm Nhà Bè và Phú An, trạm Thủ Dầu Một có mức tăng thấp hơn với giá trị là 20,9 cm. Trong khi đó tại trạm Biên Hòa và Bến Lức chỉ tăng với giá trị tương ứng là 12,9 cm và 10,3 cm, xấp xỉ với mức tăng trên biển tại trạm Vũng Tàu.

So sánh bảng 8 với bảng 1 cho thấy giá trị của Δz_p từ số liệu mô phỏng mực nước triều và Δh_p từ số liệu mực nước quan trắc là có sự khác biệt. Các giá trị của Δz_p thường nhỏ hơn so với Δh_p, nhất là tại trạm Biên Hòa và Bến Lức. Sự khác biệt giữa Δz_p và Δh_p của trạm Vũng Tàu là không đáng kể, với trạm Nhà Bè và Phú An có sự khác biệt lớn hơn, và sự khác biệt lớn nhất là tại trạm Biên Hòa và Bến lức. Lý do của sự khác biệt này ở các trạm trên sông vì việc tính toán Δz_p đã loại bỏ các ảnh hưởng của mưa lớn, xả lũ các hồ chứa trên hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai, lũ từ sông Mê Kông, nước dâng do gió.

Xem xét các hệ số xác định của phương trình đường A_1 và A_0 trong bảng 3 và bảng 5 và hệ số tương quan trong bảng 2 về kết quả mô phỏng mực nước triều cho thấy kết quả tính toán trên bảng 8 là khá tin cậy, nhất là đối với trạm Nhà Bè và Phú An.

4. Kết luận

Từ kết quả phân tích đánh giá cho thấy do các tác động của mực nước biển dâng, sự nạo vét lòng sông, san lấp các vùng trũng khu vực hạ lưu cho phát triển đô thị và các khu công nghiệp và việc xây dựng hệ thống đê bao đã làm biến dạng thủy triều khu vực này. Do tác động của mực nước biển dâng đã làm cho biên độ mực nước giữa cấp tần suất p = 0,1% và p = 99,9% tại trạm Vũng Tàu tăng 7 cm. Với tác động tổng hợp của các yếu tố nêu trên đã làm cho mực nước cao nhất trong sông tăng cao hơn so với trên biển và biên độ mực nước giữa cấp tần suất p = 0,1% và p = 99,9% trong sông tăng cao hơn so với trên biển. Mức biến dạng thủy triều lớn nhất xảy ra tại các trạm Nhà Bè và Phú An vì đây là các trạm nằm trong khu vực mà có diện tích vùng trũng bị san lấp lớn nhất và có tuyến đê bao tương đối hoàn thiện.

Việc xác định mức độ đóng góp của từng yếu tố tác động đến biến dạng mực nước khu vực này cần có những nghiên cứu chuyên sâu. Để giảm ảnh hưởng của mức dâng mực nước cao nhất đến ngập lụt đô thị cần có đánh giá chi tiết về các tác động của việc san lấp mặt bằng, xây dựng các tuyến đê bao đến mức dâng mực nước trên sông, từ đó có những điều chỉnh phù hợp trong quy hoạch.

Tài liệu tham khảo

1. Đồ án quy hoạch đô thị - Sở XD Bình Dương (2015), *Quy hoạch cao độ nền và thoát mặt đô thị Bình Dương đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050,* Viện Quy hoạch Xây dựng Miền Nam.

2. Nguyễn Hữu Nhân (2012), *Đánh giá sự biến dạng các yếu tố triều tại vùng biển ven bờ và cửa sông Nam Bộ do nước triều dâng*, Tạp chí KH & CN Thủy lợi, số 12/2012.

3. Hoàng Văn Huân và nnk (2006), *Nghiên cứu đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai - Sài phục vụ phát triển kinh tế xã hội vùng Đông Nam Bộ*, Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước, mã số KC-08.29.

4. Nguyễn Sinh Huy và nnk (2007), *Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực Tp.HCM*, ĐTNCKH, Bộ NN&PTNN.

5. Luong Van Viet, Pham Manh Dang Hong Luan, Le Anh Tuan (2010), A *nalyse the fluctuation and water level trend in Saigon - Dong Nai river system*, Journal of Science, Earth Science, Vol. 25, No. 4.

6. Lương Văn Việt (2010), *Ảnh hưởng của sự phát triển đô thị, biến đổi khí hậu toàn cầu đến gia tăng cường độ mưa và việc xây dựng biểu đồ mưa thiết kế cho Tp.HCM*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 584, t.24-30 .

7. Lương Văn Việt (2015), *Nghiên cứu ảnh hưởng của sự phát triển đô thị tỉnh Bình Dương đến lượng mưa vượt thấm*, Tạp chí KHCN – ĐH. Công Nghiệp Tp.HCM, Số 2 (19), t.46-55 .

8. Li, Y., and C. Wang (2009), *Impacts of urbanization on surface runoff of the Dardenne Creek watershed, St. Charles County*, Missouri, Physical Geography, 30(6): 556–573.

9. Nguyễn Thanh Sơn (2006), *Áp dụng mô hình 1DKWM – FEM & SCS đánh giá tác động của quá trình đô thị hóa đến dòng chảy lũ trên một số sông ngòi Miền Trung*, Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, 2B PT, tr.149-157.

10. Haigh, I.; Nicholls, R., and Wells, N., (2010), *Assessing changes in extreme sea levels: application to the English Channel*, *1900 - 2006*, Continental Shelf Research, 30,1042–1055 .

11. Ferla M. (2006), *Long time variation on sea leveland tidal regime in the lagoon go Venive*, J.Coastal Engineering. vol. 57, no. 4, pp. 1279-1399.

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION ON WATER LEVEL IN SAI GON – DONG NAI RIVER SYSTEM

Luong Van Viet - Industrial University of Ho Chi Minh city

Abstract: The purpose of this paper is to evaluate the change of water level in the Sai Gon - Dong Nai river system due to the integrated impact of sea level rise, rive-bed dredging operations, lowland levelling and construction of dykes. Research methodology is based on tidal harmonic analysis and calibration the tidal water level simulation. Data used in this study was hourly water levels of six gauging stations, from 1980 to 2014. The study results showed that, due to the impact of sea level rise, the amplitude of water level between frequency of p = 0,1% and p= 99,9% had been increased by 7 cm from 1980 to 2014. With the integrated impact of the above factors has made the highest water level and the amplitude of water level between frequency of p = 0,1% and p= 99,9% had been increased higher than at sea. From 1980 to 2014, at Nha Be and Phu An stations, the increase of this amplitude was 35,5cm and 30,5cm corresponding.

Keywords: tidal harmonic analysis, sea level rise, urbanization.