

NGHIÊN CỨU PHÂN VÙNG CHẾ ĐỘ NƯỚC TRÊN CÁC SÔNG RẠCH CHÍNH KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH BẰNG MÔ HÌNH TOÁN

Trần Thị Kim - Viện Môi trường và Tài nguyên Tp. Hồ Chí Minh

Đoàn Văn Phúc - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. Hồ Chí Minh

Nguyễn Kỳ Phùng - Sở Khoa học và Công nghệ Tp. Hồ Chí Minh

Nội dung bài báo trình bày kết quả phân vùng chế độ nước trên các sông rạch chính bằng phương pháp ứng dụng mô hình toán. Phân vùng chế độ nước trên các sông rạch chính khu vực Tp. Hồ Chí Minh dựa trên dữ liệu dòng chảy mùa lũ, 3 tháng lớn nhất, dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất và đường quá trình mực nước theo giờ trong 32 năm. Hai công cụ sử dụng trong nghiên cứu là mô hình MIKE 11 và mô hình SWAT. Kết quả tính toán dòng chảy từ mô hình SWAT sẽ là dữ liệu cho bộ thông số đầu vào của mô hình MIKE 11.

1. Mở đầu

Phát triển kinh tế - xã hội cho dù ở hình thức hay quy mô nào cũng luôn gắn liền với việc khai thác, sử dụng các nguồn tài nguyên thiên nhiên và phát sinh nhiều chất thải có khả năng gây ô nhiễm, suy thoái môi trường, trong đó nước là một dạng tài nguyên quan trọng không thể thiếu trong mọi hoạt động sống và phát triển.

Thành phố Hồ Chí Minh là một trong những trung tâm kinh tế, tài chính trọng điểm của Việt Nam, quá trình phát triển của thành phố gắn liền với việc khai thác và sử dụng nguồn nước. Mùa mưa, lượng nước đổ về thành phố tăng cao, cộng với ảnh hưởng của thủy triều và cơ sở hạ tầng không theo kịp tốc độ phát triển của thành phố gây ngập úng trên diện rộng, đặc biệt là các khu vực có địa hình thấp như Quận 4, Quận 7, Nhà Bè, ... Mùa khô, lượng nước trên các sông rạch giảm mạnh khiến cho sự xâm nhập mặn tăng cao. Do đó, việc phân phối lại lượng nước giữa các mùa trong năm đang là một vấn đề nóng trong khu vực này. Để làm được điều đó, cần phải có một công cụ có khả năng tính toán sự phân phối lượng nước đổ vào thành phố theo tháng, theo ngày và theo giờ để kịp thời đề xuất phương án giải quyết vấn đề.

Mặc dù là một thành phố phát triển và có vị thế đặc biệt quan trọng, các công trình nghiên cứu về thủy văn của nơi đây vẫn còn khiêm tốn so với các tỉnh thành và chưa tương xứng với sự phát triển

trong khu vực. Ngoài ra, các công trình nghiên cứu của các tác giả trước đây cũng ít đề cập đến sự phân phối mùa mưa cũng như mùa khô.

Bài báo trình bày tính toán và mô phỏng sự phân bố của tài nguyên nước trong thành phố qua các thời kỳ của năm sau đó phân vùng chế độ nước trên các sông rạch chính. Kết quả của ứng dụng sẽ là tiền đề cho các nghiên cứu khác như tính toán và dự báo ngập lụt, tính toán ô nhiễm, xâm nhập mặn, bồi lắng trên sông, quy hoạch và quản lý nguồn tài nguyên nước mặt ở thành phố một cách hợp lý nhất.

2. Khu vực nghiên cứu

Tp. Hồ Chí Minh nằm trong tọa độ địa lý khoảng $10^{\circ}10' - 10^{\circ}38'$ vĩ độ bắc và $106^{\circ}22' - 106^{\circ}54'$ kinh độ đông. Phía bắc giáp tỉnh Bình Dương, tây bắc giáp tỉnh Tây Ninh, đông và đông bắc giáp tỉnh Đồng Nai, đông nam giáp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, tây và tây nam giáp tỉnh Long An và Tiền Giang.

Khí hậu ảnh hưởng nhiều đến khu vực nghiên cứu thông qua ảnh hưởng của nó đến quá trình mưa hình thành dòng chảy. Bao gồm các yếu tố khí hậu sau:

Chế độ mưa: Lượng mưa cao, bình quân/năm 1.949 mm. Số ngày mưa trung bình/năm là 159 ngày. Khoảng 90% lượng mưa hàng năm tập trung vào các tháng mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11; trong đó hai tháng 6 và 9 thường có lượng mưa cao nhất. Các tháng 1, 2, 3 mưa rất ít, lượng mưa không

đáng kể.

Chế độ nắng: Nhìn chung khu vực nghiên cứu có số giờ nắng cao, tổng số giờ trung bình năm đạt 2.466 giờ. Mùa khô có số giờ nắng cao, tháng có số giờ nắng trung bình cao nhất là tháng 3, số giờ nắng 269 giờ. Mùa mưa số giờ nắng thấp hơn, tháng có số giờ nắng trung bình thấp nhất là tháng 9 với 157 giờ.

Chế độ gió: Về gió, Tp. Hồ Chí Minh chịu ảnh hưởng bởi hai hướng gió chính và chủ yếu là gió mùa tây - tây nam và bắc - đông bắc. Gió mùa tây - tây nam thổi trong mùa mưa, khoảng từ tháng 6 đến tháng 10, tốc độ trung bình 3,6 m/s và gió thổi mạnh nhất vào tháng 8, tốc độ trung bình 4,5 m/s. Gió bắc- đông bắc thổi trong mùa khô, khoảng từ tháng 11 đến tháng 2, tốc độ trung bình 2,4 m/s. Ngoài ra có gió tín phong, hướng nam - đông nam, khoảng từ tháng 3 đến tháng 5 tốc độ trung bình 3,7 m/s.

Chế độ ẩm: Độ ẩm tương đối của không khí bình quân/năm 79,5%; bình quân mùa mưa 80% và trị số cao tuyệt đối tới 100%; bình quân mùa khô 74,5%



và mức thấp tuyệt đối xuống tới 20%.

3. Phương pháp nghiên cứu

a. Mô hình SWAT

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là công cụ đánh giá nước và đất. SWAT được xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS - Agricultural Research Service)

thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA - United States Department of Agriculture). Mô hình được xây dựng nhằm đánh giá và dự đoán các tác động của thực tiễn quản lý đất đai tác động đến nguồn nước, lượng bùn, và lượng hóa chất trong nông nghiệp sinh ra trên một lưu vực rộng lớn và phức tạp với sự không ổn định về các yếu tố như đất, sử dụng đất và điều kiện quản lý trong một thời gian dài. SWAT tích hợp nhiều mô hình của ARS, được phát triển từ mô hình mô phỏng tài nguyên nước nông thôn (Simulator for Resources in Rural Basins - SWRRB).

b. Mô hình MIKE 11

Mô hình Mike 11 là một phần mềm trong bộ phần mềm kỹ thuật chuyên dụng Mike do Viện thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát triển trong khoảng 20 năm trở lại đây, được ứng dụng để mô phỏng chế độ thủy lực, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát vùng cửa sông, trong sông, lòng dẫn, kênh dẫn, ... Mike 11 có các module với các khả năng và nhiệm vụ nhau như: module mưa dòng chảy (RR), module thủy động lực học (HD), module tải-khuếch tán (AD), module sinh thái (Eco-lab), tùy theo mục đích mà kết hợp sử dụng các module một cách hợp lý và khoa học. Trong nghiên cứu của mình, tác giả chỉ sử dụng module thủy lực (HD) để mô phỏng lưu lượng và mực nước tại lưu vực Sài Gòn phục vụ phân vùng chế độ nước trên các sông chính chảy qua Tp. Hồ Chí Minh.

c. Cơ sở phân vùng chế độ nước

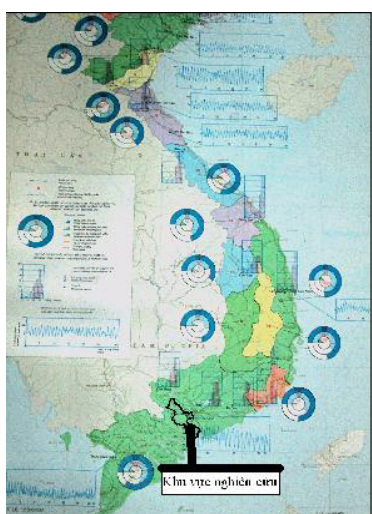
Theo sự phân vùng chế độ nước sông của Tổng cục Khí tượng Thủy văn, phân chia chế độ nước sông dựa trên các đặc điểm chính sau:

- Tổng lượng dòng chảy trong năm [m^3].
- Tổng lượng dòng chảy mùa lũ, dòng chảy 3 tháng lớn nhất [m^3].
- Tổng lượng dòng chảy mùa kiệt, dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất [m^3].
- Dao động mực nước trong năm [m].
- Tính liên tục về địa lý.

Từ các tính toán theo các đặc điểm trên, tiến hành tính ra tỉ lệ phần trăm của dòng chảy theo tháng và theo mùa so với tổng lượng dòng chảy.

Các khu vực được phân vùng có chế độ nước theo tháng và theo mùa tương tự nhau và có sự liên tục về địa lý thì được xếp vào cùng một vùng chế độ nước. Các khu vực có cùng chế độ phân phối nước theo tháng và theo mùa nhưng không có tính liên tục về địa lý thì vẫn được xếp vào vùng khác nhau. Theo tài liệu này, toàn bộ lãnh thổ Việt Nam được chia làm 17 vùng chế độ nước, được đánh số thứ tự tăng dần từ bắc vào nam. Các vùng phân chia về chế độ nước ở Việt Nam được mô tả trong hình 2.

Theo cách phân vùng chế độ nước sông như hình 2, khu vực Tp. Hồ Chí Minh nằm trong vùng 17 với tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm trên 75% và thời gian mùa lũ từ tháng 7 đến tháng 11. Dòng chảy 3 tháng lớn nhất xuất hiện vào tháng 8, 9, 10 với tổng lượng dòng chảy là 50 – 75% so với tổng lượng dòng chảy mùa lũ. Dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất có tổng lượng dòng chảy 10 – 15% so với tổng lượng dòng chảy mùa kiệt. Dao động mực nước trong khu vực nằm trong khoảng từ -100 đến +100 cm. Tuy nhiên, qua hình 2 ta thấy việc phân vùng chế độ nước cho một khu vực rộng lớn như vùng 17 chưa thể hiện chính xác được chi tiết chế độ nước ở từng khu vực nhỏ. Dựa vào các tiêu chuẩn phân vùng như trên, ta có thể phân chia lại thành các tiểu vùng chế độ nước trong một vùng để phân loại chi tiết hơn các vùng chế độ nước trên các vùng lớn.



Hình 2. Khu vực nghiên cứu trên bản đồ phân vùng chế độ nước

4. Kết quả và phân tích

a. Ứng dụng mô hình SWAT tính lưu lượng nhập bên vào các sông rạch chính Tp. HCM

1) Thiết lập mô hình

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thu thập các dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT gồm có:

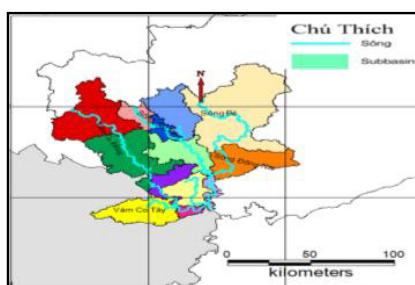
- Bản đồ số hóa độ cao (DEM)
- Dữ liệu sử dụng đất
- Dữ liệu thổ nhưỡng
- Dữ liệu thời tiết của trung tâm dự báo môi trường quốc gia Mỹ (The National Centers for Environmental Prediction - NCEP) từ năm 1990 đến năm 2010, bao gồm: số giờ nắng trong ngày (solar data), tốc độ gió trung bình ngày (wind data), độ ẩm trung bình ngày (humidity data), nhiệt độ cao nhất, thấp nhất trong ngày.
- Dữ liệu mưa của các trạm mưa ở thành phố được đo đạc từ năm 1990 đến năm 2010 bao gồm các trạm đo mưa: Bình Chánh, Cần Giờ, Cát Lái, Củ Chi, Hóc Môn, Lê Minh Xuân, Long Sơn, Phạm Văn Cội, An Phú, Tam Thôn Hiệp, XM Thủ Đức.



Hình 3. Phân bố các trạm mưa ở Tp. Hồ Chí Minh

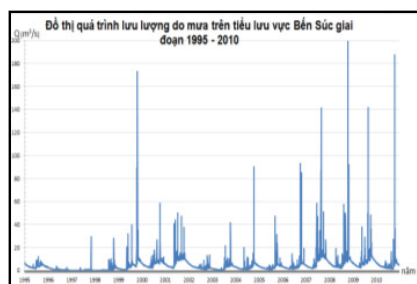
2) Kết quả mô phỏng

Từ các dữ liệu thu thập, tác giả đã mô phỏng quá trình mưa dòng chảy trên các nhánh sông chính chảy qua Tp. Hồ Chí Minh. Mô hình mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy trên các tiểu lưu vực từ năm 1995 ÷ 2010. Các tiểu lưu vực được chia theo các trạm thủy văn trên các nhánh sông chính trên lưu vực nhằm tiện cho việc tính toán và hiệu chỉnh sau khi đưa vào mô hình Mike 11. Sau khi phân chia từ mô hình, kết quả thu được 14 tiểu lưu vực phân bố như trên hình 4.



Hình 4. Các tiểu lưu vực được chia trong mô hình SWAT

Kết quả sẽ được đưa vào số liệu lưu lượng nhập bên cho mô hình Mike 11. Lưu lượng nhập bên cho mô hình Mike 11 chỉ bao gồm lưu lượng sinh ra trên chính tiểu lưu vực mà đoạn sông đó chảy qua. Do đó, tác giả đã thực hiện các mô phỏng trên từng tiểu lưu vực để có được kết quả lưu lượng sinh ra trên lưu vực mà đoạn sông đó đi qua mà không tính bằng diễn toán trên toàn bộ lưu vực.



Hình 5. Lưu lượng dòng chảy nhập bên từ Dầu Tiếng đến trạm Bến Súc giai đoạn 1995 – 2010 mô phỏng bằng mô hình SWAT

Từ kết quả tính toán tại hình 5, ta thấy lưu lượng sinh ra do quá trình mưa trên các tiểu lưu vực tương đối thấp vào mùa khô do lượng mưa thấp hoặc không có, lưu lượng trên các tiểu lưu vực có được chủ yếu từ bổ cập dòng ngầm trong đất đến các sông. Vào mùa mưa, lưu lượng tăng cao, có nhiều thời điểm tạo ra lưu lượng rất lớn, đây là một trong những nguyên nhân dẫn đến ngập lụt ở Tp. Hồ Chí Minh.

b. Ứng dụng mô hình Mike 11 tính toán lưu lượng và mực nước trên mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai

1) Thiết lập mô hình thủy lực

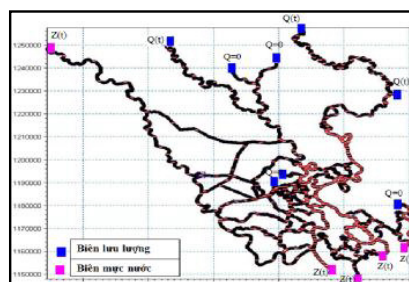
Từ kết quả tính toán lưu lượng nhập bên trong mô hình SWAT và các dữ liệu thu thập được, tác giả

đã đưa vào mô hình Mike 11 các dữ liệu như sau:

- Thiết lập mạng sông: Các trạm thủy văn và mạng lưới sông trong mô hình được mô tả như hình 6.

- Dữ liệu biên: Lưu lượng nhập bên của các tiểu lưu vực từ mô phỏng của mô hình SWAT năm 2010. Biên lưu lượng là lưu lượng xả của hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng giai đoạn năm 2010, lưu lượng xả hồ Phước Hòa năm 2010. Biên mực nước theo giờ giai đoạn năm 2010 của các trạm Soài Rạp, Bến Lức, Đinh Ba, Lòng Tàu, Thị Vải, Tân An, Vàm Cỏ Đông, Gò Dầu Hạ bằng đo đạc thực tế.

Mạng sông được thiết lập dựa trên bản đồ lưu vực sông xuất từ phần mềm mapinfo và đưa vào Mike 11 dưới dạng Shape file. Mạng sông được thiết lập bao gồm 70 nhánh sông lớn nhỏ với 7.229 nút tính và 562 mặt cắt.



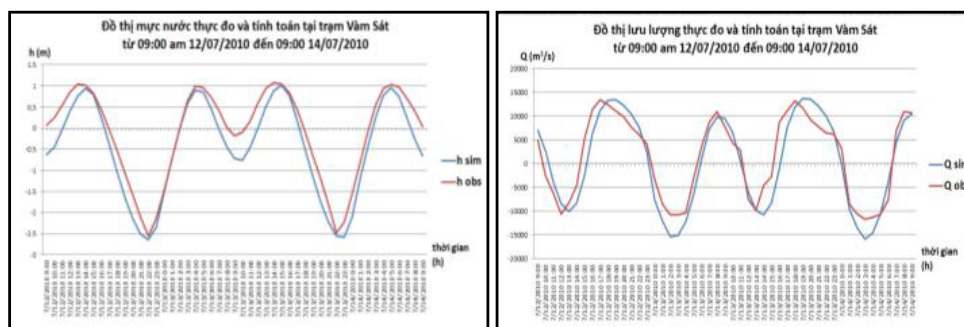
Hình 6. Mạng lưới sông và vị trí các trạm thủy văn trong mô hình Mike 11

- Thiết lập các thông số tính toán: Điều kiện ban đầu, tại thời điểm bắt đầu tính toán (thời điểm $t = 0$) mực nước ban đầu $h_0 = 0,4$ m. Bước thời gian tính $\Delta t = 1$ phút.

2) Hiệu chỉnh thông số của mô hình Mike 11

Để hiệu chỉnh mô hình, tác giả đã sử dụng số liệu thực đo của các trạm thủy văn dọc theo các nhánh sông chính. Bao gồm các trạm: Bình Điền, Bình Phước, Bến Súc, Nhà Bè, Cát Lái, Hóa An, Thị Tính, Phú Cường, Vàm Sát, Vàm Cỏ, Ngã bảy, Đồng Tranh, Phú An, Cái Mép, Tam Thôn Hiệp từ 9 giờ ngày 12/07/2010 đến 9 giờ ngày 14/07/2010.

Kết quả biểu diễn mực nước thực đo và mực nước tính toán ở các trạm được thể hiện qua các hình sau:



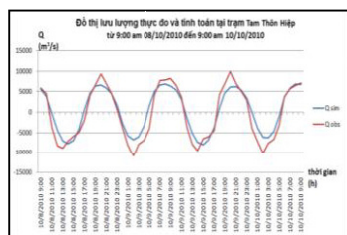
Hình 7. Mức nước, lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Vàm Sát từ 09:00 am ngày 12/07/2010 đến 09:00 ngày 14/07/2010

Nhận xét: Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho chỉ số NSE giữa kết quả đo đạc và tính toán ở các trạm hầu hết ở mức cao trên 0,8. Chỉ duy nhất ở trạm Bình Điền đạt mức đạt trên 0,5. Hệ số tương quan R2 đạt mức cao, hầu hết trên 0,9.

3) Kiểm định mô hình Mike 11

Số liệu dùng để kiểm định mô hình là số liệu lưu lượng thực đo của các trạm Thị Tính, Bến Súc, Phú Cường, Phú An, Bình Phước, Nhà bè, Vàm Sát, Hóa An, Vàm Sát, Vàm Cỏ, Đồng Tranh, Tam Thôn Hiệp, Ngã Bảy từ 9 giờ ngày 08/10/2010 đến 9 giờ ngày 10/10/2010.

Kết quả kiểm định bằng đồ thị được thể hiện qua hình các hình sau:



Hình 8. Lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Vàm Sát từ 9:00 am ngày 08/10/2010 đến 9:00 am ngày 10/10/2010

Nhận xét: Kết quả kiểm định mô hình cũng cho chỉ số NSE ở các trạm mức khá. Hầu hết trạm đạt chỉ số Nash trên 0,75 và hệ số tương quan R2 đạt 0,80 trở lên. Kết quả kiểm định cho thấy mô các thông số của mô hình hoàn toàn có thể được áp dụng để mô phỏng, tính toán các bài toán đặt ra.

4) Mô phỏng lưu lượng và mực nước trên mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai cho chuỗi 16 năm từ 1995 – 2010

Theo quy phạm thủy văn, để tính toán được các chuẩn thủy văn cần phải có chuỗi dữ liệu ít nhất 16 năm, do đó để tài tiến hành mô phỏng chế độ thủy lực cho mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai 16 năm (từ 1995 ÷ 2010). Sau đó trích dữ liệu về lưu lượng và mực nước trên các kênh rạch riêng cho khu vực Tp. Hồ Chí Minh để tiến hành phân vùng. Trong quá trình mô phỏng, để tài sử dụng bộ thông số về hệ số nhám và dữ liệu mặt cắt, mạng sông không đổi.

Mô hình Mike chỉ xuất giá trị lưu lượng trung bình theo giờ tại tất cả các nút tính lưu lượng. Tổng lượng dòng chảy (m³) tại các mặt cắt được tính như sau:

$$W_i = Q_{\text{trc}} \cdot 3600 \cdot 24$$

$$W_t = \sum_{i=1}^n W_i$$

$$W = \sum_{t=1}^{12} W_t$$

Trong đó:

- Q_{mc} : lưu lượng trung bình ngày theo giờ tại mặt cắt mà ta đang xét (quy ước $Q > 0$: dòng chảy theo chiều từ sông hướng ra biển; $Q < 0$: dòng chảy theo chiều ngược lại) [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$];

- W_i , W_t , W : lần lượt là tổng lượng nước qua mặt cắt ngày thứ i , trong tháng thứ t , trong năm (W có thể âm hoặc dương quy ước như trường hợp Q) [m^3];

- n : số ngày có trong tháng;

Kết quả tính toán tại một trạm tiêu biểu trong giai đoạn 1995 ÷ 2010 được trình bày tổng hợp trong các bảng sau:

Bảng 1. Kết quả tính lượng dòng chảy trạm Bến Súc giai đoạn 1995 – 2010
Đơn vị (108 m³)

Năm	Tháng												Tổng
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	W
1995	1,19	1,06	1,16	1,1	1,71	2,08	2,16	3,03	4,07	5,61	2,18	1,74	27,1
1996	1,18	1,06	1,15	1,09	1,68	2,02	2,03	3,27	4	5,51	2,14	1,71	26,8
1997	1,14	1,02	1,13	1,07	1,69	1,99	2,03	3,21	3,95	5,55	2,17	1,72	26,7
1998	1,14	1,02	1,13	1,07	1,69	1,99	2,04	3,16	3,93	5,5	2,16	1,7	26,5
1999	1,13	1,01	1,11	1,06	1,69	2,04	2,08	3,2	3,97	5,63	2,22	1,74	26,9
2000	1,18	1,04	1,16	1,09	1,71	2,17	2,35	2,45	4,12	5,73	2,2	1,75	26,9
2001	1,2	1,07	1,17	1,11	1,73	2,1	2,15	3,33	4,12	5,58	2,24	1,77	27,6
2002	1,19	1,06	1,15	1,1	1,68	1,98	1,97	3,32	3,98	5,53	2,09	1,7	26,7
2003	1,15	1,03	1,12	1,07	1,64	1,97	1,98	3,17	3,9	5,42	2,09	1,65	26,2
2004	1,1	0,97	1,11	1,04	1,76	2,02	2,16	3,14	3,98	5,69	2,33	1,8	27,1
2005	1,19	1,05	1,14	1,1	1,66	1,98	1,99	3,17	3,91	5,4	2,07	1,64	26,3
2006	1,11	1,00	1,08	1,05	1,64	2,11	2,09	3,29	4,03	5,8	2,27	1,78	27,2
2007	1,21	1,06	1,17	1,1	1,7	2,04	2,12	3,44	4,27	5,64	2,28	1,79	27,8
2008	1,18	1,05	1,19	1,15	1,79	2,09	2,16	3,37	4,25	5,76	2,52	1,88	28,4
2009	1,25	1,11	1,17	1,12	1,75	2	2,07	3,3	4,2	5,72	2,24	1,8	27,7
2010	1,52	1,19	1,62	1,49	1,16	1,01	1,35	1,38	1,29	1,35	1,06	0,8	15,2
Trung bình	1,19	1,05	1,17	1,11	1,67	1,97	2,05	3,08	3,87	5,34	2,14	1,69	26,3
%	4,45	4,35	4,38	4,31	6,24	7,63	7,65	11,51	14,97	19,96	8,27	6,30	100

Nhận xét: Kết quả tính toán dòng chảy ở các trạm qua nhiều năm cho thấy lượng nước tháng trung bình phân phối không đều giữa các tháng trong năm. Lượng nước tháng trung bình nhiều năm cao nhất thường tập trung vào tháng 10 (chiếm gần 20% tổng lượng của năm). Tổng lượng nước lớn nhất trung bình nhiều năm chảy qua mặt cắt trong một tháng ở trạm Cát Lái là 4,36 tỉ m³

chiếm 16,6% tổng lượng của năm, ở trạm Tam Thôn Hiệp là 2,6 tỉ m³ chiếm 15,8% và ở trạm Phú Cường là 0,7 tỉ m³ chiếm 15,6%. Tổng lượng nước trung bình tháng thấp nhất thường xảy ra vào tháng 2 đến tháng 4. Tổng lượng nước chảy qua mặt cắt trung bình nhiều năm chảy qua mặt cắt trong tháng đạt thấp nhất ở trạm Cát Lái chỉ chiếm khoảng 3,0%, ở trạm Phú Cường là 4,73% và trạm

Vàm Sắt chỉ đạt 4,2% tổng lượng dòng chảy năm.

Nhìn chung ở hầu hết các trạm đều có chế độ mực nước phân hóa rõ rệt giữa mùa lũ và mùa kiệt. Mùa lũ chiếm khoảng 60 – 70 % tổng lượng dòng chảy năm, tổng lượng dòng chảy ba tháng lớn nhất thường xảy ra vào các tháng 8, 9, 10 chiếm 40-50% tổng lượng dòng chảy năm, tổng lượng dòng chảy ba tháng nhỏ nhất xuất hiện vào các tháng 2, 3, 4 chiếm trên dưới 10% tổng lượng dòng chảy năm, mùa lũ bắt đầu vào tháng 7 và kết thúc vào tháng 11. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các đặc trưng của vùng 17 có vùng Tp. Hồ Chí Minh. Đây là cơ sở cho việc phân vùng Tp. Hồ Chí Minh theo các tiểu vùng chế độ nước.

c. Phân tích dòng chảy tính từ mô hình Mike 11 phục vụ phân vùng chế độ nước Tp. Hồ Chí Minh

1) Dòng chảy trên các sông chính khu vực Tp. Hồ Chí Minh

Dòng chảy trên sông Đồng Nai do chịu sự chi phối của mưa là chủ đạo nên cũng biến đổi theo thời gian (trong chu kỳ theo năm) và không gian cũng biến động không kém.

Mùa lũ trên các nhánh sông là khá đồng nhất theo thời đoạn tháng, với thời gian xuất hiện là từ tháng 7 đến tháng 11, tập trung nhất vào các tháng 8, 9, 10 tại mặt cắt Nhà Bè. Tuy nhiên, trên các nhánh không đồng đều:

Trên nhánh Trị An: Mùa lũ từ tháng 7 đến tháng 11, tập trung nhất vào các tháng 8, 9, 10. Do chiếm tỷ trọng lớn nên về hạ du mùa dòng chảy tương tự nhánh Trị An.

Trên nhánh Sông Bé: Mùa lũ từ tháng 6 đến tháng 11, tập trung nhất vào các tháng 8, 9, 10. Riêng năm 1999 có mùa lũ từ tháng 5 đến tháng 11.

Sự xuất hiện các đỉnh lũ cao nhất trong năm tại các vị trí Trị An, Phước Hòa và Dầu Tiếng có mức độ đồng nhất không cao do mưa không đều trên lưu vực và sự khác nhau của đặc trưng lưu vực như quy mô, kích thước và thời gian chảy tập trung nước khác nhau.

2) Dòng chảy mùa lũ

Dòng chảy lũ thượng nguồn của Tp. Hồ Chí Minh thể hiện qua dòng chảy ở các hướng như: sông Đồng Nai (trạm Trị An), sông Bé (trạm Phước Hòa), sông Sài Gòn (trạm Dầu Tiếng sau đập). Các đặc trưng lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất hàng năm thể

hiện như sau:

Nhánh Đồng Nai ở Trị An có $Q_{lũtbTA} = 2409 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũmaxTA} = 3910 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũminTA} = 1340 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nhánh Sông Bé ở Phước Hòa có $Q_{lũtbPH} = 1112 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũmaxPH} = 1870 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũminPH} = 659 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nhánh sông Sài Gòn ở Dầu Tiếng có $Q_{lũtbDT} = 594 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũmaxDT} = 1888 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{lũminDT} = 132 \text{ m}^3/\text{s}$.

Do tính xuất hiện đồng pha và lệch pha theo thời gian của dòng chảy lũ lớn nhất năm từ hai nhánh tại trạm Trị An (sông Đồng Nai) và Phước Hòa (sông Bé) về đến hạ du khá phức tạp và tình hình ngập của khu vực đô thị thường diễn ra trong ngày nên tính đồng pha và lệch pha về thời gian được phân tích theo cấp ngày. Trong thời kỳ đo đạc từ năm 1978 đến năm 2010, trên hai nhánh sông có 28 trận lũ lớn nhất năm với tần suất xuất hiện được phân bố như sau: 4 trận lũ (14,3%) xuất hiện cùng các đỉnh lũ trong ngày, 7 trận lũ (25,0%) xuất hiện các đỉnh lũ cách 2 ÷ 3 ngày, 6 trận lũ (21,4%) xuất hiện đỉnh lũ cách 3 ÷ 5 ngày, 11 trận lũ (39,3%) xuất hiện đỉnh lũ cách nhau trên 5 ngày. Phần lớn sự xuất hiện đỉnh lũ tại các nhánh là không đồng thời (theo tiêu chí ngày) do các đặc điểm của lưu vực như đã phân tích ở phần trên.

Sự điều tiết hồ khá phụ thuộc vào tình hình mưa hằng năm trên lưu vực. Mùa mưa đến sớm như năm 1999 khả năng tích đầy nước sớm (tháng 7), mùa mưa đến muộn như 2003 khả năng tích đầy nước muộn (tháng 9) nên các cơn lũ vào tháng 10 hầu như được xả tràn.

3) Dòng chảy mùa kiệt

Dòng chảy mùa kiệt kéo dài từ tháng 12 năm trước đến tháng 6 năm sau. Dòng chảy mùa cạn ở thượng lưu khá nhỏ nhất là và những ngày kiệt nhất (Module dòng chảy tháng kiệt nhất chỉ còn 2 ÷ 3 l/s.km²). Dòng chảy kiệt nhất trong năm thường rơi vào tháng 3 hay tháng 4. Tuy nhiên, các năm hạn lớn khi mưa bắt đầu cuối tháng 5 thì dòng kiệt nhất rơi vào tháng 5, đây là những năm cực hạn như năm 1998 và 2010. Với đặc tính các lưu vực khác nhau mà mức độ chênh lệch giữa lũ và kiệt khác nhau từ 40 ÷ 60 lần.

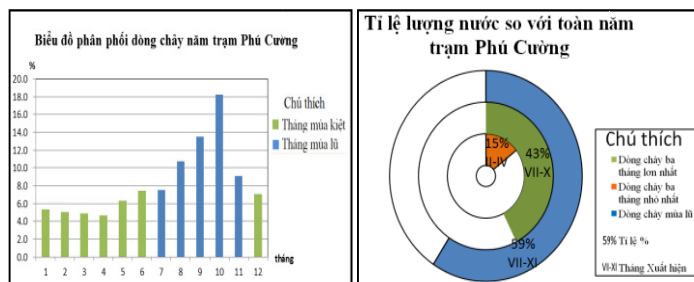
Trong mùa kiệt thì từ tháng 2 - 4 là khoảng thời gian có dòng chảy rất thấp trong đó vào tháng 3 và tháng 4 ở cuối mùa khô chiếm hơn 95% là 2 tháng

kiệt nhất trong năm và lưu lượng tháng kiệt nhất trong năm thường chỉ bằng 40 ÷ 50% lưu lượng tháng bình quân mùa kiệt.

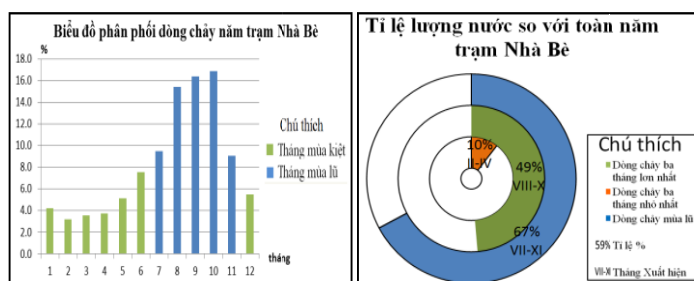
4) Phân phối dòng chảy trong năm

Phân phối dòng chảy trong năm của các trạm

được thể hiện qua các biểu đồ phân bố tỷ lệ tổng lượng nước trong mùa lũ, ba tháng lớn nhất, ba tháng nhỏ nhất với tổng lượng nước toàn năm tại trạm được biểu diễn trong các hình dưới đây:



Hình 9. Biểu đồ phân phối dòng chảy trong năm và phân bố tỷ lệ tổng lượng nước trong mùa lũ, ba tháng lớn nhất, ba tháng nhỏ nhất với tổng lượng nước toàn năm tại trạm Phú Cường

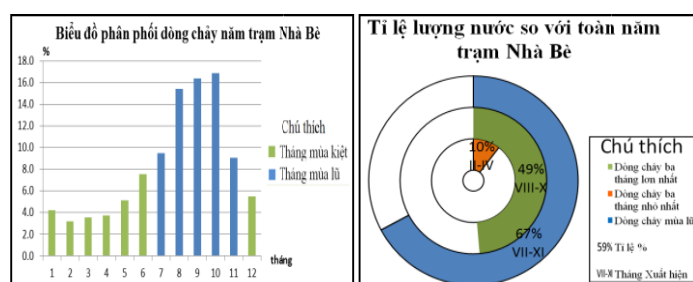


Hình 10. Biểu đồ phân phối dòng chảy trong năm và phân bố tỷ lệ tổng lượng nước trong mùa lũ, ba tháng lớn nhất, ba tháng nhỏ nhất với tổng lượng nước toàn năm tại trạm Nhà Bè

Ở trạm Phú Cường có tổng lượng dòng chảy phân bố không đều. Dòng chảy tháng kiệt nhất rơi vào tháng 4 với tổng lượng dòng chảy là 0,17 tỉ m³ và tháng cao nhất là rơi vào tháng 10 với tổng lượng dòng chảy là 0,7 tỉ m³. Tổng lượng nước mùa lũ tại các trạm tương đối cao tăng dần từ tháng 6 và giảm dần vào tháng 11. Lượng nước tại các trạm bị ảnh hưởng nhiều do sự điều tiết nước của hồ Dầu Tiếng, mùa lũ chiếm 60% tổng lượng nước cả năm.

Ở trạm Nhà Bè có tổng lượng dòng chảy phân bố chênh lệch giữa các tháng và các mùa trong

năm lớn hơn so với trạm Phú Cường. Ở trạm Nhà Bè, dòng chảy tháng kiệt nhất rơi vào tháng 2 với tổng lượng dòng chảy tháng chiếm 2,7% và tháng cao nhất là tháng 10 với tổng lượng dòng chảy chiếm 16,5% tổng lượng dòng chảy năm. Tổng lượng nước mùa lũ tại hai trạm này rất cao, tăng dần từ tháng 6 và giảm dần vào tháng 11. Lượng nước tại các trạm bị ảnh hưởng nhiều do sự điều tiết nước của hồ Phước Hòa và hồ Trị An, mùa lũ chiếm trên 65% tổng lượng nước cả năm.



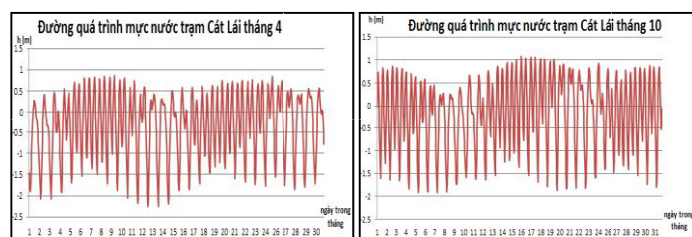
Hình 11. Biểu đồ phân phối dòng chảy trong năm và phân bố tỷ lệ tổng lượng nước trong mùa lũ, ba tháng lớn nhất, ba tháng nhỏ nhất với tổng lượng nước toàn năm tại trạm Cái Mép

Khu vực trạm Cái Mép có tổng lượng dòng chảy phân bố đều trong năm. Dòng chảy tháng kiệt nhất thường rơi vào tháng 2 với tổng lượng dòng chảy chiếm 6,5% và tháng cao nhất là vào tháng 9 với tổng lượng dòng chảy chỉ chiếm 10,6% so với tổng dòng chảy năm. Tổng lượng nước mùa lũ và mùa kiệt chênh lệch không nhiều, tăng cao hơn ở các tháng mùa lũ. Lưu lượng nước tại hai trạm chịu ảnh hưởng của lưu lượng các sông Sài Gòn và Đồng Nai chảy ra biển và dòng chảy do thủy triều từ biển chảy vào. Chênh lệch giữa dòng chảy trung bình tháng nhất và tháng cao nhất chỉ vào khoảng 6%. Nhìn chung, mùa mưa thường bắt đầu từ giữa tháng 5 và kết thúc vào giữa tháng 11. Tuy nhiên, thời gian bắt đầu và kết thúc thường biến động hơn nên dòng chảy trong năm cũng biến động theo mưa với hai mùa lũ - kiệt đã được xét ở trên.

Kết quả tính toán cho thấy trên các trạm thủy văn cùng nằm trên một tuyến sông thì có chế độ nước tương tự nhau. Ở các trạm trên sông Sài Gòn và tuyến sông Đồng Nai, Nhà Bè, Soài Rạp, chế độ nước phân hóa rõ rệt giữa mùa lũ và mùa kiệt, còn các trạm ở các con sông gần cửa biển, chế độ nước phân phối gần như đều trong năm, các tháng mùa

lũ ở các trạm này thường chỉ cao hơn một lượng nhỏ so với các tháng kiệt. Nguyên nhân là do ở các sông Sài Gòn và Đồng Nai chịu ảnh hưởng mạnh bởi chế độ nước từ thượng nguồn và sự điều tiết của các hồ, còn ở trên các sông gần cửa biển thì lại chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều. Trong giới hạn nguyên cứu của bài báo, tác giả chủ yếu dựa sự phân hóa này để phân vùng chế độ nước.

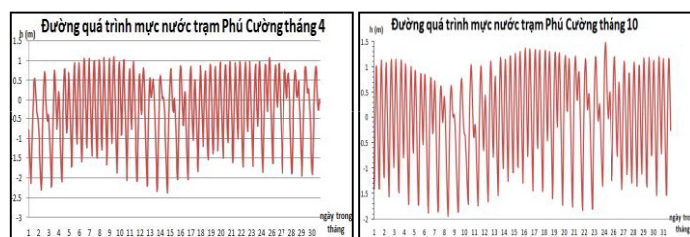
Về mực nước, khoảng chênh lệch biên độ dao động mực nước từ $2 \div 3,5$ m, tăng dần về phía hạ lưu. Trạm Bến Súc là trạm đầu nguồn có biên độ dao động cao từ $1,5 \div 2$ m, trạm Nhà Bè có biên độ dao động từ $2,5 \div 3$ m, đến trạm Cái Mép thì biên độ dao động mực nước từ $3 \div 3,5$ m. Các tháng mùa kiệt có cao độ mực nước thấp hơn so với các tháng mùa lũ, tháng có cao độ mực nước thấp nhất thường rơi vào các tháng 2, 3, 4 còn các tháng có cao độ mực nước cao nhất thường rơi vào thời điểm các tháng 8, 9, 10. Dao động mực nước ở các trạm gần nhau về khoảng cách hoặc cùng nằm trên một con sông thì có chế độ mực nước tương tự nhau, dưới đây là một số hình ảnh về mực nước của các trạm đại diện như sau:



Hình 12. Đường quá trình mực nước trạm Cát Lái vào tháng 4 và tháng 10 năm 2008

Ở trạm Cát Lái, biên độ dao động cao nhất trong tháng đạt gần 3 m. Mực nước cao nhất và thấp nhất vào mùa kiệt và mùa lũ đều thấp hơn so với mùa lũ khoảng 0,3 m. Do lưu lượng nước vào tháng 10

tăng cao cộng với lượng nước đổ về từ hồ Trị An và hồ Phước Hòa tăng cao còn vào tháng 4 lại là tháng kiệt nhất trong năm nên mực nước thấp hơn.



Hình 13. Đường quá trình mực nước trạm Phú cường vào tháng 04 và tháng 10 năm 2008

Ở trạm Phú Cường, biên độ dao động cao nhất trong tháng là 3 m. Mức nước cao nhất và thấp nhất vào mùa kiệt và mùa lũ đều thấp hơn so với mùa lũ khoảng 0,5 m. Do lưu lượng nước vào tháng 10 tăng cao cộng với lượng xả tăng mạnh ở hồ Dầu Tiếng còn vào tháng 4 lại là tháng kiệt nhất trong năm nên mức nước thấp hơn.

d. Phân vùng chế độ nước trên các sông rạch chính khu vực Tp. Hồ Chí Minh

Dựa vào các kết quả tính toán cơ sở phân vùng chế độ nước theo Tổng cục Khí tượng Thủy văn, có thể phân chia khu vực Tp. Hồ Chí Minh thành ba tiểu vùng chế độ nước sông như sau:

Tiểu vùng 1: Gồm các khu có chế độ nước như sau: Mùa lũ chiếm từ $60 \div 65\%$, tổng lượng ba tháng lớn nhất từ $40 \div 50\%$, tổng lượng ba tháng nhỏ nhất từ $10 \div 15\%$ so với cả năm. Biên độ dao động mực nước từ $1,5 \div 2,5$ m.

Tiểu vùng 2: Gồm các khu vực có chế độ nước như sau: mùa lũ chiếm từ $65 \div 70\%$, tổng lượng ba tháng lớn nhất từ $49 \div 50\%$, tổng lượng ba tháng nhỏ nhất từ $9 \div 10\%$ so với cả năm. Biên độ dao động mực nước trong khoảng từ $2 \div 3$ m.

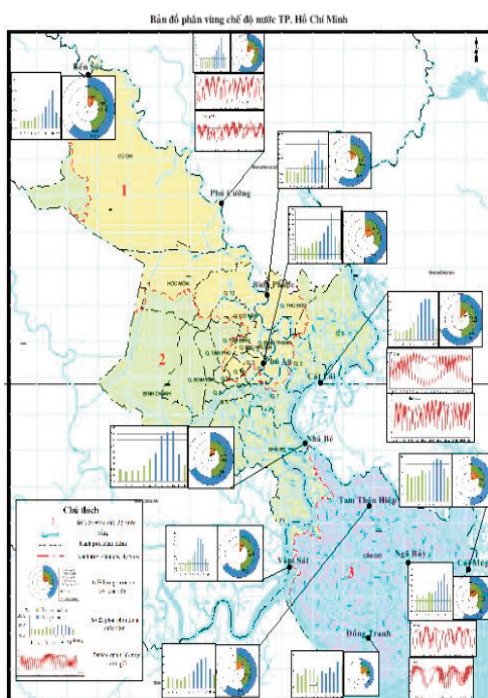
Tiểu vùng 3: Gồm các khu vực có chế độ nước như sau: mùa lũ chiếm từ $45 \div 60\%$, tổng lượng ba tháng lớn nhất từ $30 \div 40\%$, tổng lượng ba tháng nhỏ nhất từ $15 \div 20\%$ so với cả năm. Biên độ dao động mực nước từ $2 \div 3$ m.

Kết quả phân vùng chế độ nước ở Tp. Hồ Chí Minh có các đặc điểm chính như sau:

Tiểu vùng 1: Gồm các khu vực thuộc hệ thống sông Sài Gòn. Vùng này có địa hình tương đối cao ở phía Củ Chi và thấp dần về phía hạ lưu và khu vực sông Sài Gòn, địa hình dốc, lòng sông hẹp nên nước chảy xiết. Vùng này chịu ảnh hưởng lớn bởi sự điều tiết của hồ Dầu Tiếng và lượng mưa ở khu vực. Về mùa kiệt, lưu lượng xả của hồ Dầu Tiếng tương đối thấp nên tổng lượng dòng chảy ba tháng thấp nhất chỉ chiếm từ $10 \div 15\%$ tổng lượng dòng chảy của cả năm. Vào mùa lũ, lượng nước trong hồ tăng cao, hồ xả lũ lớn cộng với lượng mưa lớn tạo ra dòng chảy ba tháng lớn nhất vào mùa lũ cũng tăng cao chiếm trên 40% tổng lượng nước của cả năm.

Tiểu vùng 2: Gồm các khu vực thuộc tuyến sông Đồng Nai – Nhà Bè – Soài Rạp. Đây là vùng có chế độ nước trên sông chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của hồ Trị An và hồ Phước Hòa, do đó chế độ nước ở vùng này phân phối gần giống như của hai hồ. Cũng giống như hồ Dầu Tiếng, hồ Trị An và hồ Phước Hòa cũng phân phối chế độ nước giữa mùa khô và mùa lũ chênh lệch nhiều. Vùng 2 cũng chịu ảnh hưởng một phần của sông Vàm Cỏ và chế độ nước ở Đồng bằng sông Cửu Long, đặc biệt là các tháng mùa lũ, khi mực nước ở Đồng bằng sông Cửu Long tăng cao và chảy tràn về phía sông Vàm Cỏ, ảnh hưởng gián tiếp đến chế độ nước của vùng. Vùng này lại là khu vực tâm mưa của Thành phố, do đó lượng dòng chảy tập trung rất mạnh vào các tháng mùa mưa mà cao điểm là tháng 10. Tổng lượng dòng chảy ba tháng thấp nhất vào mùa kiệt chiếm chưa tới 10% tổng lượng nước cả năm. Tổng lượng nước ba tháng lớn nhất lại chiếm trên 50% tổng lượng nước cả năm. Về mực nước, vùng này có địa hình tương đối thấp, nên chế độ mực nước chịu ảnh hưởng nhiều hơn bởi thủy triều, biên độ dao động mực lớn nhất trong ngày cao nhất xấp xỉ 3 m.

Tiểu vùng 3: Gồm các khu vực thuộc các sông Lòng Tàu, Thị Vải, Đình Bà, Vàm Sát. Đây là vùng có địa hình thấp, diện tích hứng nước mưa nhỏ và gần biển đông nên chế độ dòng chảy và mực nước của vùng này khác nhiều so với hai vùng còn lại. Lượng mưa của vùng thấp hơn so với hai vùng còn lại, tuy nhiên vào những ngày mưa lớn, do địa hình thấp (< 1 m) cộng với lưu lượng của các sông chính đổ về nên vùng này thường xuyên bị ngập lụt. Lượng dòng chảy phân phối hầu như đều giữa các tháng, các mùa trong năm. Chế độ nước mùa kiệt và mùa lũ chênh lệch nhau khá ít. Tổng lượng dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất chiếm khoảng 20% tổng lượng dòng chảy năm, trong khi đó tổng lượng dòng chảy ba tháng lớn nhất chỉ vào khoảng 40% tổng lượng dòng chảy năm. Chế độ mực nước của vùng chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi chế độ mực nước biển. Biên độ dao động mực nước lớn nhất trong ngày đạt 3,5 m.



Hình 14. Các tiểu vùng chế độ nước ở Tp. Hồ Chí Minh

5. Kết luận

Khu vực Thành phố Hồ Chí Minh được chia thành ba tiểu vùng dựa vào các đặc điểm tổng lượng dòng chảy mùa lũ, dòng chảy ba tháng lớn nhất, dòng chảy ba tháng nhỏ nhất cho thấy rất phù hợp với sự phân vùng của Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Bài báo đã ứng dụng mô hình SWAT và

MIKE để tính toán chế độ thủy lực thủy văn trên toàn hệ thống sông Đồng Nai, kết quả tính toán cho thấy độ tin cậy cao với chỉ số NASH > 0.7. Tuy nhiên, kết quả tính toán bước đầu phân vùng trên các sông rạch chính và chưa tính đến ảnh hưởng dòng chảy đô thị, đây sẽ là hướng đi mới cho các nghiên cứu trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Khắc Cường (2007), *Thủy văn môi trường*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
2. Phạm Văn Huân, (2004). *Động lực học biển phần III – Thủy triều*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
3. Hà Văn Khỗi (2008), *Giáo trình Thủy văn Công trình*, NXB Khoa Học Tự Nhiên và Công Nghệ, Hà Nội.
4. Viện khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường, (2012 - 2013). *Xây dựng tập bản đồ khí tượng thủy văn Thành phố Hồ Chí Minh, Đề tài cấp TP. Hồ Chí Minh*.
5. Nguyễn Kỳ Phùng, Nguyễn Thị Bảy, (2007). *Mô hình hóa chất lượng nước mặt*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
6. Trần Thanh Xuân, Hoàng Minh Tuyền, Trần Thục, Trần Hồng Thái, Nguyễn Kiên Dũng (2012), *Tài Nguyên nước các hệ thống sông chính Việt Nam*, NXB Khoa Học và Kỹ Thuật.
7. Tổng cục Khí Tượng Thủy văn, (1994), *Atlas Khí Tượng Thủy Văn Việt Nam*, UNEP.
8. *Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation Version 2009 (September 2011)*, Texas A&M University System College Station, Texas 77843-2118.
9. Mike 11(2007), *A Modelling System for Rivers and Channels Reference Manual*, DHI Water and Environment, Denmark.