

NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI CHẾ ĐỘ THỦY LỰC CỦA SÔNG NHÀ BÈ VÀ LÒNG TÀU DO ĐÀO KÊNH HIỆP PHƯỚC BẰNG MÔ HÌNH TOÁN SỐ NUMERICAL STUDY OF THE CHANGE OF HYDRAULIC REGIME OF THE NHABE AND LONGTAU RIVERS DUE TO HIEPPHUOC CHANNEL

Lê Song Giang, Nguyễn Thị Phương
Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả ban đầu tính toán sự thay đổi chế độ dòng chảy trên hai sông Nhà Bè và Lòng Tàu do việc mở kênh Hiệp Phước nối hai sông này mang lại. Để đánh giá sự thay đổi này, dòng chảy trên toàn mạng sông Sài Gòn - Đồng Nai đã được tính toán bằng mô hình toán số kết hợp một và hai chiều. Kết quả tính toán cho thấy mở kênh Hiệp Phước sẽ làm tăng tỷ lệ lưu lượng từ sông Đồng Nai tại ngã ba Nhà Bè đổ vào sông Nhà Bè và giảm tỷ lệ lưu lượng rẽ vào sông Lòng Tàu. Kết quả tính cũng cho thấy kênh Hiệp Phước có xu thế chuyển lưu lượng từ Nhà Bè sang Lòng Tàu. Vào thời gian đỉnh lũ lưu lượng này có thể hơn $300\text{m}^3/\text{s}$. Vào mùa kiệt lưu lượng chuyển ngang qua kênh Hiệp Phước cũng có thể tới $60\text{m}^3/\text{s}$.

ABSTRACT

The paper presented primary study results of hydraulic change in the Nha Be and Long Tau rivers due to Hiep Phuoc channel connecting these two rivers. For this purpose, the flow in the whole Sai Gon – Dong Nai rivers system was computed using combined 1D – 2D numerical model. The computational results show that Hiep Phuoc channel makes increasing the flowrate ratio into the Nha Be river and decreasing one into the Long Tau river at Nha Be confluence. The computational results also show that Hiep Phuoc channel has a trend to transfer the flow rate from the Nha Be to the Long Tau. During flood peak, this flow rate can obtain a value over $300\text{m}^3/\text{s}$ and in the dry season, it is about $60\text{m}^3/\text{s}$.

I. GIỚI THIỆU

Do cửa Soài Rạp nông, tàu vào cảng Hiệp Phước trên sông Nhà Bè hiện phải chạy theo sông Lòng Tàu. Để rút ngắn tuyến đường, đồng thời tránh khúc quanh ngã ba mũi Nhà Bè và bến phà Bình Khánh, việc đào kênh Hiệp Phước, nối tắt từ sông Lòng Tàu qua Nhà Bè đã được đề xuất.

Việc mở luồng mới sẽ kéo theo sự thay đổi chế độ dòng chảy và phát sinh nhiều hệ lụy khác. Để nghiên cứu vấn đề này, mô hình toán số là một công cụ khá hữu hiệu, đặc biệt ở giai đoạn đầu. Theo quan điểm của chúng tôi, nghiên cứu một khu vực cục bộ nên được tiến hành với mô hình 2 hoặc 3 chiều vì như vậy mới có thể đánh giá chi tiết các vị trí nhạy cảm. Nhưng miền tính cũng phải đủ lớn để điều kiện biên không bị tác động của biến đổi cục bộ. Hiện nay nhiều đơn vị nghiên cứu trong nước đã có mô hình 2 chiều MIKE21. Tuy nhiên sử dụng nó để tính toán cả mạng sông như Sài Gòn – Đồng Nai có lẽ còn là điều khó khăn. Trong

thời gian qua, 1 mô hình toán số kết hợp hai mô hình 1 và 2 chiều đã được chúng tôi phát triển [1, 2]. Mô hình cho phép tính dòng chảy đồng thời trong toàn bộ mạng sông, trong đó các sông lớn có thể dễ dàng được mô hình hoá bằng mô hình 2 chiều. Mô hình này đã được sử dụng để tính toán dòng chảy mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai trước và sau khi đào kênh Hiệp Phước. Mục đích của bài báo là trình bày một số kết quả tính toán ban đầu sự biến đổi dòng chảy trên sông Lòng Tàu và Soài Rạp do kênh Hiệp Phước gây ra. Một số đặc điểm cục bộ của dòng chảy tại các cửa kênh Hiệp Phước cũng đã được làm rõ.

II. MÔ TẢ MÔ HÌNH

Dòng chảy trong sông, nếu coi là 1 chiều, sẽ được mô tả bởi hệ phương trình Saint – Venant 1 chiều:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial s} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} = 0 \quad (2)$$

Và nếu coi là 2 chiều, nó sẽ được mô tả bởi hệ phương trình Saint – Venant 2 chiều:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = q_s \quad (3)$$

$$\frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} + \frac{\partial f(\mathbf{q})}{\partial x} + \frac{\partial g(\mathbf{q})}{\partial y} = \mathbf{b}(\mathbf{q}) \quad (4)$$

Trong đó: η – mực nước; Q , A và K – lưu lượng, diện tích mặt cắt ướt và module lưu lượng của dòng chảy 1 chiều; q_l và q_s – nhập lưu của dòng 1 và 2 chiều; $\mathbf{q} = [q_x, q_y]^T = D\mathbf{U}$ – vector lưu lượng đơn vị của dòng 2 chiều; $\mathbf{U} = [u_x, u_y]^T$ – vector vận tốc trung bình chiều sâu; D – độ sâu; $f(\mathbf{q})$ và $g(\mathbf{q})$ – 2 thành phần của vector thông lượng của lưu lượng đơn vị:

$$f(\mathbf{q}) = q_x \mathbf{U} - A_H D \partial \mathbf{U} / \partial x \quad (5a)$$

$$g(\mathbf{q}) = q_y \mathbf{U} - A_H D \partial \mathbf{U} / \partial y \quad (5b)$$

và $\mathbf{b}(\mathbf{q})$ – vector ngoại lực:

$$\mathbf{b}(\mathbf{q}) = \begin{bmatrix} -gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_{wx} - \tau_{bx}}{\rho} + fq_y \\ -gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_{wy} - \tau_{by}}{\rho} - fq_x \end{bmatrix} \quad (6)$$

Với A_H – hệ số nhớt rối; f – tham số Coriolis; τ_{wx} và τ_{wy} – hai thành phần ứng suất tiếp trên mặt nước do gió; τ_{bx} và τ_{by} – hai thành phần ứng suất ma sát đáy.

Trong mô hình, ma sát đáy được tính theo công thức Manning:

$$\left(\frac{\tau_{bx}}{\rho}, \frac{\tau_{by}}{\rho} \right) = \frac{gn^2}{D^{1/3}} \sqrt{u_x^2 + u_y^2} (u_x, u_y) \quad (7)$$

Còn hệ số nhớt rối được tính theo công thức Elder [3] từ vận tốc ma sát u_* :

$$A_H = 6u_* D \quad (8)$$

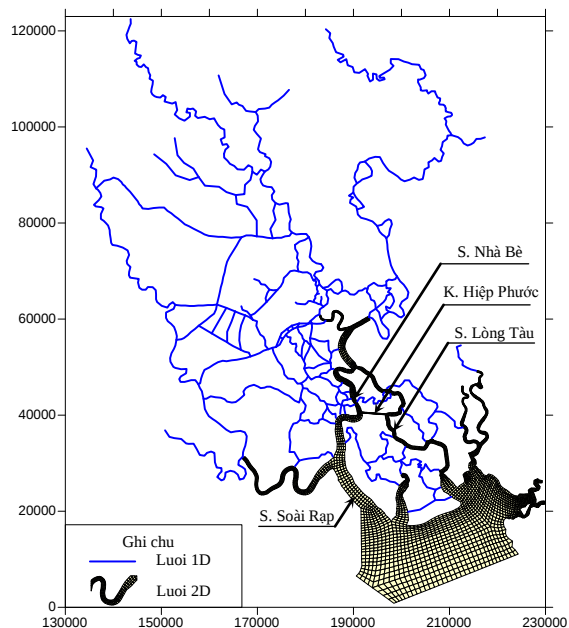
Các phương trình (1) – (4) được giải theo phương pháp thể tích hữu hạn. Đối với dòng 1 chiều, hàm ẩn được chọn là A và Q , và được tính tại các mặt cắt so le. Đối với dòng 2 chiều lưới tính tứ giác phi cấu trúc được sử dụng,

trong đó mực nước tính tại các nút, các thành phần của lưu lượng đơn vị tính tại điểm giữa các cạnh của phần tử. Lưới tính này có khả năng bám sát đường bờ, đảm bảo độ chính xác của lời giải. Dòng chảy tính bởi 2 mô hình kết nối với nhau tại các nút giao tiếp cả theo lưu lượng lẫn động lượng, đảm bảo việc chuyển tiếp 2 mô hình diễn ra một cách trơn tru. Do giới hạn của bài báo, chi tiết của sơ đồ giải sẽ không được trình bày ở đây mà có thể tham khảo trong các tài liệu [1, 2].

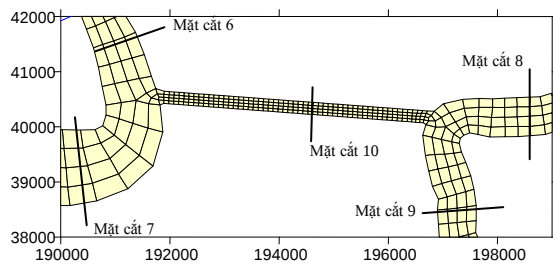
III. LƯỚI TÍNH VÀ CÁC THÔNG SỐ

Hình 1 là sơ đồ lưới tính mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai. Các kênh rạch trong phần mô hình 1 chiều được chia thành 1218 đoạn tính với 1422 mặt cắt và 164 nút. Các sông chính là Đồng Nai, Nhà Bè, Lòng Tàu... và vùng cửa biển được chia thành 4708 phần tử tứ giác. Địa hình lòng sông tham khảo từ tài liệu của Viện Khoa học Thủy lợi (KHTL) Miền Nam [5], còn địa hình đáy biển được lấy theo Hải đồ [6]. Kênh Hiệp Phước dài khoảng 5km, rộng 220m, sâu 12m cũng được chia thành 220 phần tử tứ giác. Chi tiết lưới tính khu vực kênh Hiệp Phước cho trên hình 2.

Điều kiện biên cho bài toán được thiết lập như sau. Tại các nút thượng lưu của mô hình 1 chiều, lưu lượng đổ vào được áp đặt:



Hình 1. Lưới tính mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai



Hình 2. Lưới tính khu vực kênh Hiệp Phước

$$Q = f(t) \quad (9)$$

Tại các nút 2 chiều trên biên hở ở ngoài biển, mực thủy triều cũng được áp đặt:

$$\eta = f_2(t, s) \quad (10)$$

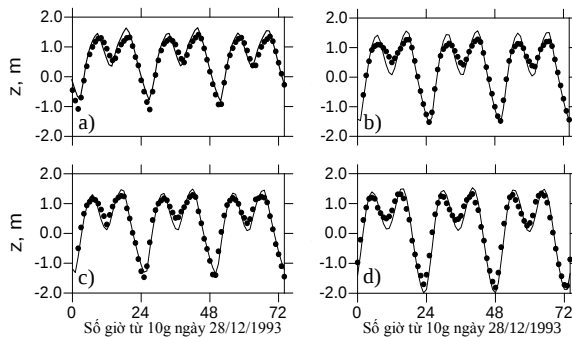
$$\text{Và } \partial q_n / \partial n = 0 \text{ và } \partial q_r / \partial n = 0 \quad (11)$$

Trên biên cứng:

$$q_n = 0 \quad (12a)$$

$$\partial q_r / \partial n = 0 \quad (12b)$$

Với q_n và q_r - các thành phần lưu lượng đơn vị pháp tuyến và tiếp tuyến với biên.



Hình 3. Mực nước tại một số điểm trên mạng sông

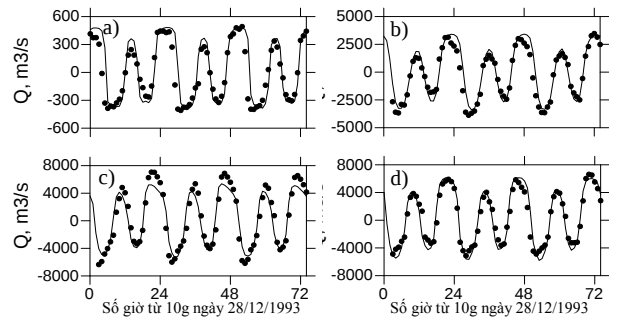
a) Biên hoà trên s. Đồng nai; b) Cát lải trên s. Đồng nai;
c) mũi Đền đỏ trên s. Sài gòn; d) Vàm lảng ở cửa s. Soài rap
(Đường liền - tính toán; Symbol - đo đạc [4])

IV. KẾT QUẢ TÍNH VÀ THẢO LUẬN

Các tính toán được thực hiện trên máy Laptop HP520 (Core 2 Duo 1,83Ghz) với bước thời gian $\Delta t = 3,6s$. Tốc độ tính toán khá tốt. Để có kết quả tính của 1 ngày chỉ mất khoảng 20 phút máy tính.

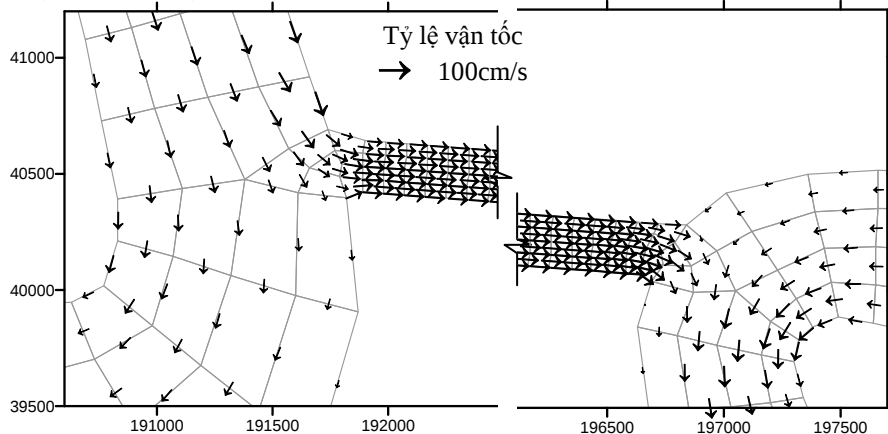
Trước tiên, mô hình được hiệu chỉnh theo các số liệu đo của Viện KHTL Miền Nam [4] trong khoảng thời gian 3 ngày, từ 28/12 tới 31/12/1993. Hình 3 và hình 4 là diễn biến mực nước và lưu lượng tại một số vị trí trên mạng sông tính được sau khi mô hình đã được hiệu chỉnh. Nhìn chung kết quả tính khá phù hợp với số liệu đo và khẳng định độ tin cậy của mô hình.

Để đánh giá tác động của việc mở luồng, dòng chảy khi chưa có và có kênh Hiệp Phước trong 15 ngày trong mùa lũ và mùa khô theo điều kiện của năm 2000 đã được tính toán. Hình ảnh đặc trưng của dòng chảy khu vực kênh Hiệp Phước được trình bày trên các hình 5 và hình 6.

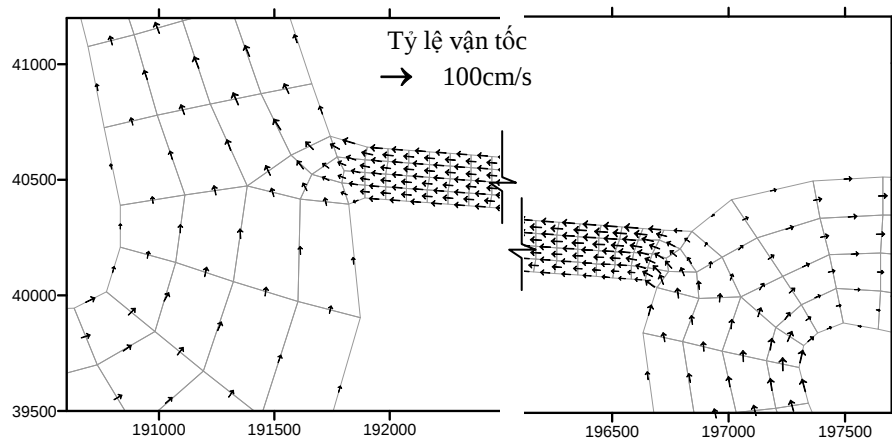


Hình 4. Lưu lượng tại một số mặt cắt trên mạng sông

a) Phú an trên s. Sài gòn; b) ngã ba Đền đỏ trên s. Sài gòn;
c) Cát lải trên s. Đồng nai; d) Phước khánh trên s. L.ầu
(Đường liền - tính toán; Symbol - đo đạc [4])



Hình 5. Dòng chảy khu vực 2 của kênh Hiệp Phước lúc triều xuống

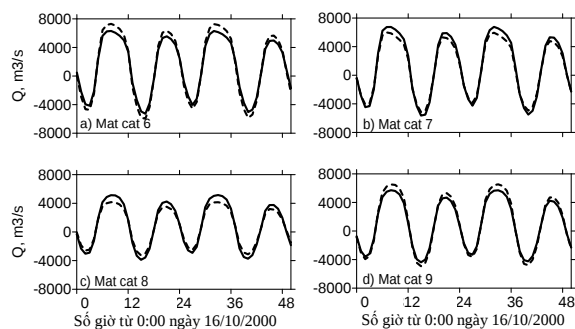


Hình 6. Dòng chảy khu vực 2 của kênh Hiệp Phước lúc triều lên

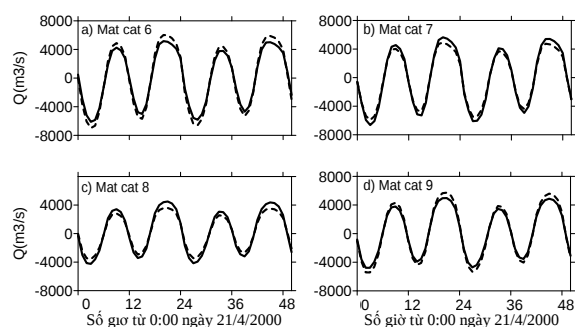
Các hình trên cho thấy ngang qua kênh Hiệp Phước, khi triều xuống một phần dòng chảy của sông Nhà Bè chuyển qua sông Lòng Tàu và ngược lại, khi triều lên, một phần lưu lượng của sông Lòng Tàu rẽ qua sông Nhà Bè. Các hình 7 và hình 8 mô tả quá trình lưu lượng tại các mặt cắt 6 - 9 (xem hình H.2) cũng cho thấy điều này. Sau khi có kênh Hiệp Phước, biên độ lưu lượng của sông Nhà Bè phía trước ngã ba tăng và sau ngã ba giảm. Ngược lại, biên độ lưu lượng của sông Lòng Tàu phía trước ngã ba giảm và sau ngã ba tăng. Điều này xảy ra cả trong mùa lũ và mùa kiệt.

Thống kê 15 ngày đỉnh lũ năm 2000 (từ 10/10 tới 25/10/2000) thấy, khi lưu lượng trung bình tới ngã ba mũi Nhà Bè là $2870\text{m}^3/\text{s}$ thì 44% (tương ứng $1264\text{m}^3/\text{s}$) rẽ vào sông Nhà Bè và 56% ($1606\text{m}^3/\text{s}$) rẽ sang sông Lòng Tàu. Sau khi có kênh Hiệp Phước, tỷ lệ phân chia lưu lượng sẽ đều hơn. Lưu lượng rẽ vào sông Nhà Bè tăng lên 47% (tương ứng $1346\text{m}^3/\text{s}$) còn lưu lượng rẽ sang sông Lòng Tàu giảm xuống còn 53% ($1524\text{m}^3/\text{s}$). Tuy nhiên, do kênh Hiệp Phước chuyển hơn $300\text{m}^3/\text{s}$ từ Nhà Bè sang sông Lòng Tàu nên lưu lượng trung bình sông Nhà Bè sau kênh Hiệp Phước lại giảm trở lại đáng kể so với khi chưa đào kênh (15,1%). Ngược lại lưu lượng trung bình sông Lòng Tàu sau kênh Hiệp Phước tăng lên 14,8% so với khi chưa đào kênh.

Tương tự, thống kê lưu lượng 7 ngày cuối tháng 4/2000 cho thấy vào cuối mùa kiệt kênh Hiệp Phước vẫn chuyển $56\text{m}^3/\text{s}$ từ Nhà Bè sang sông Lòng Tàu (xem bảng 1)

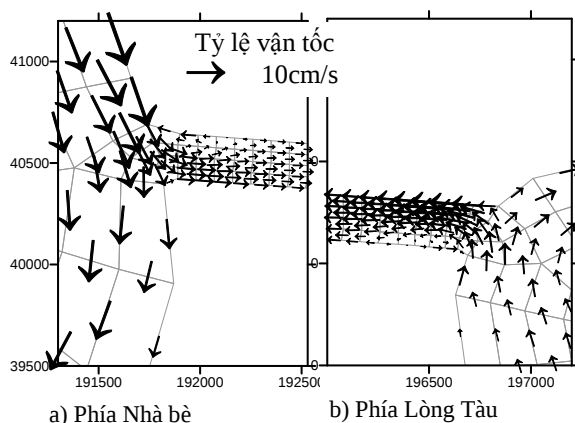


Hình 7. Lưu lượng tại các mặt cắt trên sông Soài Rạp và Lòng Tàu vào mùa lũ
(Đường liền: hiện trạng; Đường gạch: có kênh Hiệp Phước)



Hình 8. Lưu lượng tại các mặt cắt trên sông Soài Rạp và Lòng Tàu vào mùa kiệt
(Đường liền: hiện trạng; Đường gạch: có kênh Hiệp Phước)

Ngoài sự phân bố không đều của vận tốc giữa 2 bờ tại khu vực của kênh (hình 5 và hình 6), tính toán cũng cho thấy sự xuất hiện của xoáy nước tại cửa ra sông Nhà Bè vào cuối pha triều xuống và tại cửa ra sông Lòng Tàu vào cuối pha triều lên. (hình 9). Tính toán cũng ghi nhận vận tốc lớn nhất trên kênh Hiệp Phước có thể đạt tới giá trị khoảng 80cm/s và xảy ra trong pha triều xuống.



Hình 9. Xoáy nước tại cửa kênh Hiệp Phước

V. KẾT LUẬN

Kết quả tính cho thấy kênh Hiệp Phước sẽ làm biến đổi rõ rệt dòng chảy khu vực. Lưu lượng sông Nhà Bè tăng trong đoạn từ ngã ba mũi Nhà Bè tới ngã ba kênh Hiệp Phước và giảm từ đó cho tới biển. Trong khi đó lưu lượng sông Lòng Tàu giảm trong đoạn từ ngã ba mũi Nhà Bè tới ngã ba kênh Hiệp Phước và tăng sau ngã ba này. Điều này có thể sẽ có ảnh hưởng tới

quy luật bồi xói của 2 con sông này. Đối với kênh Hiệp Phước, dòng chảy trung bình trong kênh có hướng từ Nhà Bè qua Lòng Tàu với lưu lượng có thể hơn $300\text{m}^3/\text{s}$ lúc đỉnh lũ và gần $60\text{m}^3/\text{s}$ vào cuối mùa kiệt.

Tính toán cũng cho thấy hình ảnh dòng chảy cục bộ tại khu vực các cửa kênh Hiệp Phước, từ đó có thể giúp phán đoán quy luật diễn biến luồng tại đây.

Cuối cùng tính toán này cũng cho thấy việc tính toán chi tiết dòng chảy của cả một mạng sông tương đối lớn với độ tin cậy cao là khả thi. Hy vọng điều này sẽ mở ra một xu hướng mới trong nghiên cứu các vấn đề tương tự.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo đã được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Hội đồng Khoa học Tự nhiên. Các tác giả cũng cảm ơn GS. Nguyễn Ân Niên đã cho phép sử dụng số liệu địa hình sông và số liệu đo thủy văn.

Bảng 1. Lưu lượng trung bình tại các mặt cắt trước và sau kênh Hiệp Phước (Lưu lượng chảy hướng ra biển mang dấu dương)

Mùa	Phương án	Lưu lượng trung bình tại các mặt cắt				
		6	7	8	9	10
Mùa lũ	Hiện trạng	1403.8	1363.2	1017.3	1055.5	-
	Có kênh	1510.0	1157.9	878.8	1211.3	310.8
	Chênh lệch	+7.6%	-15,1%	-13.6%	+14.8%	-
Mùa kiệt	Hiện trạng	88.6	74.0	263.4	273.3	-
	Có kênh	110.9	40.3	211.1	292.9	56.0
	Chênh lệch	+25.2%	-45.5%	-19.9%	+7.2%	-

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Song Giang, Nguyễn Thị Phương (2008); *Tính toán dòng chảy mạng sông Sài Gòn – Đồng Nai bằng mô hình toán số 1 và 2 chiều*; Hội nghị khoa học Cơ học Thủy Khí Toàn quốc 2008, Phan Thiết, 24÷26/7/2008
2. Lê Song Giang, Trần Thị Ngọc Triều (2008); *Tính toán dòng chảy trong sông rạch Cần Giò bằng mô hình toán số hai chiều*; Tạp chí Phát triển KH & CN, tập 11, số 12, tr. 87-97
3. Hervouet, J. M. (2003); “Hydrodynamique des écoulements à surface libre: modélisation numérique avec la méthode des éléments finis”; Edition Press de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 312 .
4. Viện Nghiên cứu Khoa học Thủy lợi Miền Nam, (1994) ; Phụ lục kết quả đo đạc thủy văn - chất lượng nước trên hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai.
5. Nguyễn Ân Niên. *Liên hệ cá nhân*
6. Biên Việt Nam - tờ số IA-100-23, in năm 1979 tại xưởng in Cục bản đồ quân sự Bộ TTM.

Địa chỉ liên hệ:

Lê Song Giang - Tel: (08) 3865.4255; 0958.810.903, Email : lsgiang@hcmut.edu.vn
Trường Đại học Bách khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Q. 10, Tp. Hồ Chí Minh