

ỨNG DỤNG MIKE 3 TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY VÀ BỒI XÓI SÔNG SÀI GÒN ĐOẠN TỪ HỒ DẦU TIẾNG ĐẾN NHÀ BÈ

TS. Nguyễn Kỳ Phùng- Phân Viện KTTV&MT khu vực phía Nam

CN. Lê Thị Thu Hiền - Viện KH&CN tính toán Tp. HCM,

Nghiên cứu trình bày về khả năng ứng dụng của MIKE 3 trong việc tính toán thủy lực, là nền tảng để tính toán xói lở. Kết quả cho thấy phần mềm MIKE 3 có khả năng ứng dụng tốt, phù hợp cho việc tính toán dòng chảy trong sông Cong. Bên cạnh đó, nghiên cứu này đã dự báo được xu thế, diễn biến bồi xói lòng dẫn sông Sài Gòn đoạn từ hồ Dầu Tiếng đến Nhà Bè.

I. Đặt vấn đề

Lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn là một hệ thống sông nội địa lớn nhất nước ta, Sự phát triển ổn định của dòng sông có một ý nghĩa quyết định đến sự phát triển bền vững kinh tế, xã hội, môi trường đối với các tỉnh, thành miền Đông Nam Bộ. Các hiện tượng lũ lụt, xói lở, bồi tụ cũng đã gây thiệt hại lớn, ảnh hưởng đến đời sống của nhân dân trong vùng. Nghiên cứu này đi sâu vào tìm hiểu ứng dụng phần mềm MIKE 3 tính toán dòng chảy và bồi xói trên sông Sài Gòn – Đồng Nai đoạn từ hồ Dầu Tiếng đến mũi Nhà Bè.

2. Cở sở lý thuyết mô hình MIKE 3

a. Khái quát về mô hình MIKE 3

Mô hình thủy động lực trong Mô hình MIKE 3 là một hệ mô hình số tổng quát cho việc mô phỏng dòng chảy trong cửa sông, vịnh, và vùng bờ biển. Nó mô phỏng dòng chảy 3 chiều không đều, đề cập tới sự thay đổi mật độ, độ sâu, các lực tác động bên ngoài áp dụng cho khí tượng học, sự thay đổi của thủy triều và những điều kiện thủy văn khác.

Nền tảng toán học của MIKE 3 là phương trình bảo toàn khối lượng – phương trình Reynolds, phương trình trọng số trung bình Navier Stokes – trong không gian ba chiều, bao gồm cả những tác động của sự nhiễu loạn và biến đổi mật độ, cùng với

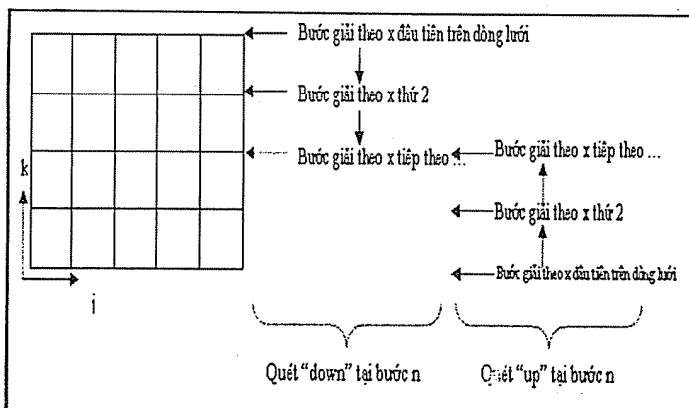
phương trình bảo toàn cho muối và nhiệt độ.

MIKE 3 sử dụng phương pháp quét và sai phân theo không gian và thời gian cho cả phương trình động lượng và phương trình liên tục. MIKE 3 HD sử dụng kỹ thuật ADI (sai phân ẩn luân hướng) để kết hợp phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng trong phạm vi không gian thời gian. Các phương trình được giải bằng thuật toán DS (quét kép) từng bước theo một chiều quét, luân phiên giữa các hướng x, y, z. Cộng 3 bước quét với nhau được bước thời gian hoàn hảo tập trung tại nút $n+1/2$, nghĩa là thời gian tập trung được cho bởi một loạt các tác vụ ổn định.

2. Dữ liệu đầu vào

1) Điều kiện ban đầu

Cần phải xác định mực nước và vận tốc tại thời



Hình 1. Sơ đồ bước quét x

điểm ban đầu.

- Nếu có dữ liệu: Xác định được nước và vận tốc tại $t = 0$ trên từng điểm của lưới tính.

- Nếu không có dữ liệu: Mức nước là mức nước tĩnh, vận tốc bằng 0.

2) Xác định điều kiện biên

Điều kiện biên cho phép là biên mực nước hoặc lưu lượng, vận tốc dòng chảy. Lưu ý vị trí đặt biên sao cho vị trí biên ảnh hưởng tới toàn miền tính, nên đặt tại nơi có địa hình trơn, không nên đặt biên ở gần những nơi cạn vì dễ trở thành điểm khô. Tránh mở rộng hoặc co hẹp đột ngột dòng chảy gần biên mở, nếu không tốc độ hiện thời sẽ nhỏ đi..

3. Ứng dụng MIKE3 tính toán dòng chảy cho sông Sài Gòn – Đồng Nai từ hồ Dầu Tiếng đến Nhà Bè.

a. Chuẩn hóa dữ liệu vào

1) Địa hình đáy

Một trong những dữ liệu đầu vào quan trọng nhất của Mike 3 HD là cơ sở dữ liệu địa hình đáy. Dữ liệu địa hình đáy được thu thập từ đề tài “ Nghiên cứu quá trình biến đổi lòng dẫn và phương hướng các biện pháp công trình nhằm ổn định bờ sông Sài Gòn – Đồng Nai” do Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện. Cơ sở dữ liệu này đã được sử dụng vào việc quy hoạch chỉnh trị sông Sài Gòn – Đồng Nai trước đây và đã được kiểm nghiệm là dữ liệu có độ tin cậy cao chấp nhận được.

Dữ liệu độ sâu thu thập ở dạng số - giá trị độ sâu các mặt cắt, được chuyển sang file txt và đưa vào Surfer nội suy, sau đó chuyển sang file xyz để đưa vào chương trình MIKE ZERO nội suy giá trị độ sâu trong tọa độ lưới có khoảng cách ô lưới là 50m.

Khác với các mô hình 1 chiều và 2 chiều, trong mô hình 3 chiều việc tính toán dòng chảy được xem xét trên từng lớp. Trong nghiên cứu này ta chọn $Z = 1,5m$, và chỉ xem xét dòng chảy ở 5 lớp trên cùng. Tại mỗi lớp ta có thể thấy được sự phân bố trường vận tốc cũng như hướng của dòng chảy, trên cơ sở đó ta đánh giá được ảnh hưởng của dòng chảy tới đường bờ là nhiều hay ít.

2) Dữ liệu biên mực nước

Trong mô hình lựa chọn loại dữ liệu biên là dao động mực nước trong năm 2007 được lấy từ “ Báo cáo kết quả đo đạc, tính toán các đặc trưng thủy văn trên hệ thống sông Đồng Nai” của Viện Khí tượng - Thủy văn - Hải văn và Môi trường - UBND Tp. HCM tại 3 trạm:

1. Cát Lái: Nằm trên sông Đồng Nai cách phà Cát Lái 1,5km về phía thượng lưu, có tọa độ theo hệ UTM là: X: 696840, Y: 1190300.

2. Bình Phước :tại cầu Bình Phước trên sông Sài Gòn, cách ngã tư xa lộ Đại Hàn – Quốc lộ 13 khoảng 800m, có tọa độ theo hệ UTM là : X: 687640, Y: 1201240.

3. Nhà Bè: nằm trên sông Nhà Bè và cách ngã ba sông Nhà Bè - Lòng Tàu khoảng 500m về phía thượng lưu, có tọa độ theo hệ UTM là : X: 693070, Y: 1181330.

Từ dữ liệu thu thập được, tiến hành phân tích và xây dựng chuỗi thời gian tại mỗi biên - thay đổi mực nước theo thời gian - các giá trị này được ghi ở dạng file chuỗi thời gian.

3) Thông số tính thủy lực

Các thông số khí tượng thủy văn dùng để tính toán thủy lực trong mô hình như: nhiệt độ không khí, độ mặn trung bình, hướng gió, tốc độ gió, độ nhám, mực nước ban đầu. Các thông số này được lấy từ thống kê của Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Bộ.

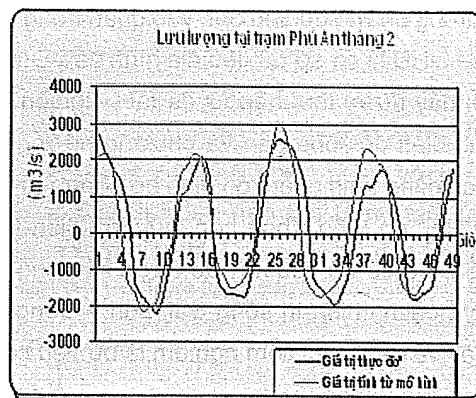
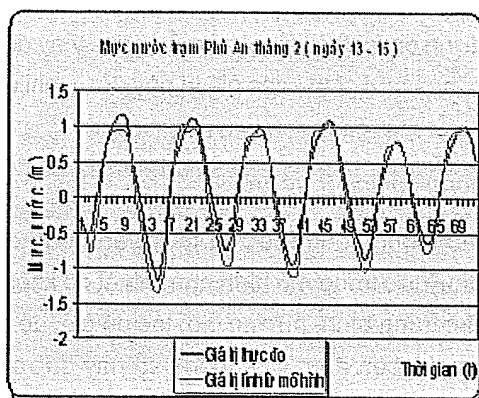
Xem xét độ chính xác của mô hình bằng cách kiểm tra các thông số tính từ mô hình so với các số liệu quan trắc, trên cơ sở đó đánh giá được số liệu đầu ra của MIKE 3 có sát với thực tế hay không. Ở đây chỉ kiểm tra sự dao động mực nước và biến đổi của lưu lượng giữa mô hình tính và kết quả quan trắc để đưa ra một kết luận về tính chính xác của mô hình. Các thông số môi trường tại trạm Phú An – nằm trong miền tính trên sông Sài Gòn cách cửa rạch Thị Nghè khoảng 700m về phía hạ du, thuộc phường Bến Nghé, Quận I, Tp. Hồ Chí Minh được xem xét.

Bảng 1. Bảng so sánh mực nước và lưu lượng tính từ mô hình với giá trị thực đo tại trạm Phú An năm 2007

Giá trị so sánh	Giá trị thực đo	Giá trị tính	Sai số (%)
Mực nước trung bình (m)	0.1945	0.1522	21.74
Mực nước lớn nhất (m)	1.15	1.052	8.52
Mực nước nhỏ nhất (m)	-1.17	-1.33	13.67
Q trung bình (m ³ /s)	123	158	28.46
Q lớn nhất (m ³ /s)	2662	2903	9.06
Q nhỏ nhất (m ³ /s)	-2204	-2139	2.95

Lưu lượng và mực nước tính từ mô hình so với giá trị thực đo trong 3 ngày 13, 14 và 15 tháng 2 (hình 2) cho thấy kết quả tính từ mô hình là có thể chấp nhận được. Tại một số bước thời gian có sự chênh lệch lớn, kết quả mô hình chưa hoàn toàn trùng với thực tế điều này có thể được giải thích do dòng chảy ngoài thực tế bên cạnh chịu ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên thì còn chịu tác động từ hoạt động của con người – Vùng nghiên cứu là nơi tập

trung nhiều cầu cảng, thuyền bè qua lại, cùng với hoạt động khai thác cát nên có ảnh hưởng ít nhiều tới dao động mực nước. Trong khi đó, mô hình tính đã bỏ qua một số yếu tố như tác động của con người, bỏ qua các dòng chảy nhỏ vào sông lớn, bỏ qua tác động của sóng Vì vậy, kết quả giữa giá trị thực và giá trị tính được không tránh được những sai lệch.



Hình 2. So sánh mực nước tại trạm Phú An

* Dựa vào kết quả so sánh về mực nước và lưu lượng của MIKE3 và giá trị đo từ trạm quan trắc ta thấy kết quả từ Mike3 là chấp nhận được vì vậy, ta sử dụng MIKE3 tính toán thủy lực cho đoạn sông nghiên cứu để thấy được trường vận tốc và hướng dòng chảy tại khu vực này.

b. Phân bố trường vận tốc theo các lớp

Khi triều rút nước từ cầu Bình Phước đổ xuống thì vận tốc có hướng chảy từ trên đổ ra biển. Do sông có nhiều đoạn cong chạy dài qua nhiều khu vực khác nhau nên trường dòng chảy cũng uốn

lượn theo các đoạn cong đó. Dòng chảy có trường vận tốc mạnh tại những bờ lõm, đây là những nơi có nguy cơ sạt lở cao. Khi triều truyền từ ngoài vào thì trường dòng chảy có hướng ngược lại chảy từ phía biển vào. Tại các khúc uốn cong dòng chảy có xu hướng đập vào bờ, vì vậy cũng tương tự như khi triều rút tại những bờ lõm có nguy cơ sạt lở cao hơn. Trong toàn khu vực nghiên cứu thì cần chú ý tới khu vực cầu Bình Phước thuộc quận 12 và phường Hiệp Bình Phước quận Thủ Đức, ta nhận thấy khu vực này có vận tốc lớn nhất trên toàn đoạn sông, $v_{max} = 1.43 \text{ m/s}$ tại tầng mặt (hình 9). Ở tầng nước thứ 5

dòng chảy vẫn còn lớn, ngay phía bờ trái cầu Bình Phước $v_{\max} = 1,18$ m/s. Dòng chảy có chiều hướng vào bờ trái với vận tốc lớn cả ở lớp bề mặt và ở tầng thứ 5, phía bờ phải thì vận tốc tương đối nhỏ, do đó có nhiều khả năng gây xói lở phía bờ trái khu vực cầu Bình Phước.

Tại khu vực bán đảo Thanh Đa $v_{\max} = 0,783$ m/s tại tầng mặt và $0,702$ m/s tại tầng 5, đây là đoạn sông cong, gấp khúc dòng chảy thay đổi liên tục, hướng vào phía bờ lõm làm cho phía bờ này có khả năng xói lở mạnh. Ở đây đặc biệt chú ý tới đoạn bờ lõm thuộc phường 27 quận Bình Thạnh gần kênh Thanh Đa, đoạn gần rạch Ông Ngừ Phường 28 quận Bình Thạnh, đoạn sông gần rạch Gò Rưa phường Hiệp Bình Phước quận Thủ Đức là những nơi bị dòng chảy hướng vào với vận tốc lớn hơn so với phía bờ đối diện.

Đoạn từ cầu Sài Gòn tới trước Mũi Đèn Đỏ dòng chảy tương đối ổn định trừ một vài nơi vận tốc lớn hơn so với các khu vực khác. Tại ngã ba Mũi Đèn Đỏ, là hợp lưu giữa sông Sài Gòn và sông Đồng Nai, dòng chảy khá phức tạp bị ảnh hưởng bởi dòng chảy sông Sài Gòn và dòng chảy sông Đồng Nai. Cách ngã ba khoảng 200 – 300 m phía bờ phải vận tốc dòng chảy khá mạnh, sự kết hợp của 2 dòng chảy tại đây đã hình thành nên một hố xói độ sâu lên tới 26 m. Do đó, khu vực này có nhiều khả năng bị xói sâu xuống lòng sông, và lan dần về phía bờ phải.

Đoạn từ ngã ba mũi Đèn Đỏ tới mũi Nhà Bè là đoạn sông cong, rộng nhất trong khu vực nghiên cứu, vận tốc dòng chảy đều và khá lớn hướng vào phía bờ phải.

c. Phân bố trường vận tốc theo chiều thẳng đứng

Mike3 không chỉ cho phép chúng ta xem xét trường vận tốc theo mặt cắt ngang, mà còn thể hiện được sự biến đổi của trường vận tốc theo chiều thẳng đứng. Qua các mặt cắt đứng có thể thấy được sự phân bố các đường đẳng trị vận tốc và thấy xu hướng của trường vận tốc từ lớp mặt xuống tới đáy.

Trường vận tốc phân bố không đều giữa các lớp, vận tốc theo chiều y (vận tốc v) lớn hơn theo chiều x (vận tốc u). Ở mọi lớp vận tốc khi triều xuống lớn hơn vận tốc khi triều lên. Cũng tương tự như lớp bề mặt, ở các tầng phía dưới dòng chảy có hướng mạnh tại những đoạn bờ lõm đặc biệt ở những khúc sông cong đột ngột chính vì vậy, dòng nước đập mạnh vào bờ ở các lớp phía dưới mang theo các vật chất, theo thời gian dài sẽ làm xói lở những vùng này.

Xét trường vận tốc ngang - u - khi dòng chảy từ phía bờ trái qua bờ phải (triều lên) với vận tốc lớn hơn thì dòng chảy sẽ mang theo các vật chất cầu tạo bên bờ trái, còn khi dòng chảy từ phía bờ phải sang bờ trái (triều xuống) với vận tốc tăng dần về phía bờ trái sẽ có xu hướng làm phá vỡ kết cấu của bờ trái, theo thời gian dài thì kết cấu bên bờ trái sẽ dần yếu đi dẫn tới sạt lở.

Với vận tốc theo phương dọc - v - thông thường lớn ở giữa dòng, tuy nhiên khu vực nghiên cứu dòng sông uốn khúc, dòng chảy bị thay đổi liên tục, không đơn thuần là dòng chảy theo một hướng cố định. Đặc biệt tại những vị trí uốn khúc, cụ thể là phía bờ lõm dòng chảy không kịp chuyển hướng nên xô vào bờ, tại những nơi có trường vận tốc lớn và thường xuyên sẽ có khả năng bị biến đổi đường bờ nhiều hơn.

d. Kiểm tra kết quả tính bồi xói

Dựa vào cấu tạo địa chất mỗi khu vực sẽ có hệ số ổn định khác nhau. Để đánh giá sâu hơn về khả năng xói lòng sông dưới tác động của dòng chảy chúng ta sẽ xem xét thêm về vận tốc không xói của lòng dẫn, độ lớn của lưu tốc dòng chảy và thời gian duy trì dòng chảy có vận tốc lớn hơn vận tốc không xói của lòng dẫn. Dựa vào kết quả quan trắc lưu tốc trên sông và theo Mirxkhulava [1] vận tốc không xói cho phép đối với chiều sâu 10 m ($v_{kx} = 0,5 - 0,6$ m/s) ta có vận tốc cho phép không xói của đoạn sông nghiên cứu là $v_{kx} = 0,5 - 1,2$ m/s.

Ta có giá trị v_{kx} tại một số khu vực được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Vận tốc không xói tại một số khu vực nghiên cứu

Khu vực	Giá trị V_{kx} (m/s)
Cầu Bình Phước	0,6 – 0,7
Bán đảo Thanh Đa	0,6 – 1
Tổng kho xăng dầu Nhà Bè	0,6 – 1,2

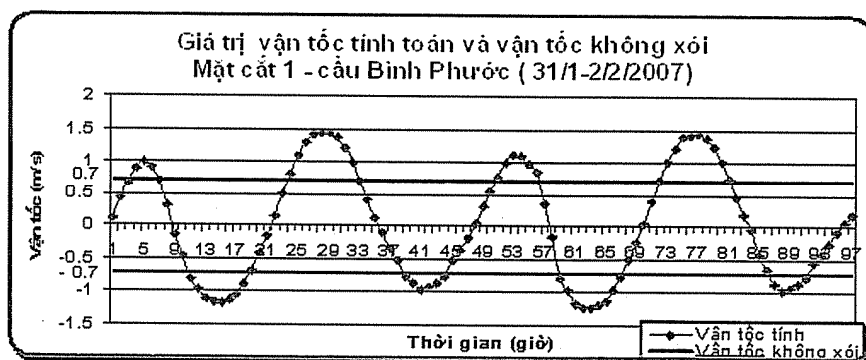
Từ các kết quả tính toán từ mô hình ta nhận thấy trường vận tốc tại một số vị trí lớn hơn v_{kx} , do đó ở những khu vực này có nhiều khả năng xói lở. Ở đây ta xem xét sự tương quan giữa vận tốc dòng chảy tính toán từ mô hình và vận tốc cho phép không xói tại bờ trái của MC1– khu vực cầu Bình Phước. Kết quả được thể hiện trong hình 8.

Khi dòng chảy có vận tốc lớn hơn vận tốc không xói cho phép của lòng dẫn, thì lòng dẫn sẽ bị xói.

Mức độ xói lở nhiều hay ít không những phụ thuộc vào độ lớn của dòng chảy so với vận tốc không xói cho phép của lòng dẫn, mà còn phụ thuộc vào thời gian duy trì vận tốc cao đó. Nhìn vào hình 3 nhận thấy:

- v_{max} tính toán lớn gấp hai lần vận tốc cho phép không xói.

- Thời gian duy trì vận tốc lớn hơn v_{kx} chiếm khoảng 50% tổng thời gian



Hình 3. Vận tốc tính toán và vận tốc không xói tại MC 1

Như vậy ta có thể thấy được những kết luận về ảnh hưởng của vận tốc tới đường bờ ở phần trên là đúng, và trong trường hợp này thì phía trái bờ cầu Bình Phước có nguy cơ bị sạt lở rất cao.

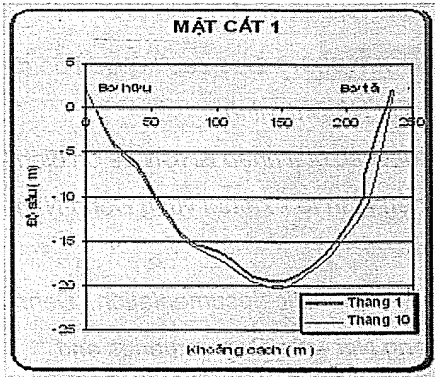
Đoạn sông từ cầu Bình Phước tới ngã ba mũi Nhà Bè chảy qua thành phố Hồ Chí Minh đã và đang có nhiều nguy cơ sạt lở tại một số vùng, gây ảnh hưởng lớn đến đời sống của người dân vùng ven sông. So sánh với thực tế hay nghiên cứu trước đây thì kết quả từ mô hình cũng cho chúng ta thấy được khuynh hướng xói lở của khu vực nghiên cứu. Các vị trí được chú trọng như khu vực cầu Bình Phước, bán đảo Thanh Đa, mũi Đèn Đỏ, khu vực nhà thờ Fatima....trên cơ sở đó đưa ra các biện pháp bảo vệ bờ sông khỏi bị xói lở để không ảnh hưởng đến đời sống của người dân trong khu vực

1) Biến đổi địa hình đáy

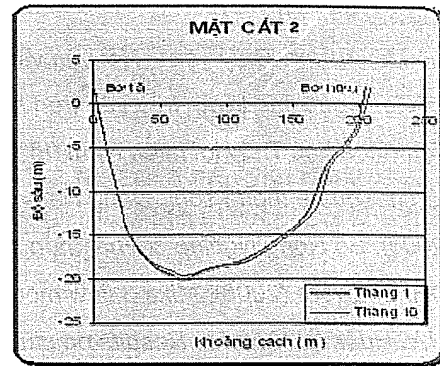
Do thời gian tính toán không lâu, nên sự biến đổi của của lòng dẫn khá nhỏ. Ta chỉ xem xét sự thay đổi đó tại một số mặt cắt ngang sau 10 tháng, trên cơ sở đó đưa ra xu hướng về biến hình lòng dẫn trong khu vực nghiên cứu.

Xét tại 4 mặt cắt:

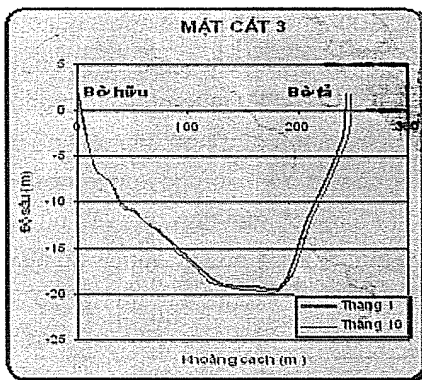
- Mặt cắt 1: Tại cầu Bình Phước hình 4);
- Mặt cắt 2: P.28 quận Bình Thạnh - khu vực quán APT (hình 5);
- Mặt cắt 3: Nằm cạnh cầu Sài Gòn, hướng về thượng lưu (hình 6);
- Mặt cắt 4: Gần rạch Miếu trên sông Nhà Bè (hình 7);



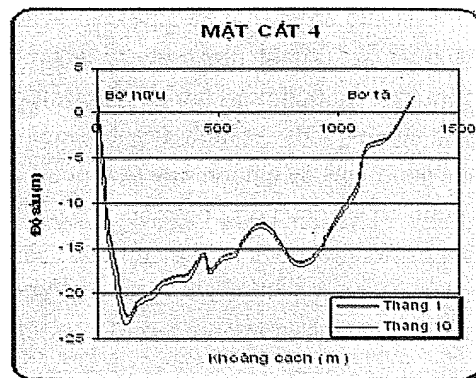
Hình 4. Mặt cắt 1- cầu Bình Phước



Hình 5. Mặt cắt 2 P.28. Bình Thạnh



Hình 6. Mặt cắt 3 cầu Sài Gòn



Hình 7. Mặt cắt 4 Rạch Miếu - Nhà Bè

4. Kết luận

Kết quả tính toán dòng chảy và xu hướng bồi xói trong khu vực sông Sài Gòn phản ánh đúng quy luật động lực học dòng chảy, mô phỏng được quá trình bồi xói trong khu vực này. Tác giả hy vọng rằng khi

đăng tải bài báo này sẽ nhận được sự góp ý bạn đọc, nhằm mô phỏng tốt hơn nữa quá trình bồi xói khu vực sông Sài Gòn, phục vụ cho công tác dự báo xu hướng xói lở - bồi tụ xảy ra ở khu vực này.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Bảy, Nguyễn Ngọc Ân, Lê Song Giang, Huỳnh Công Hoài, Nguyễn Thị Phương (1998), Giáo Trình Thủy Lực, Trường Đại Học Bách Khoa, Thành Phố Hồ Chí Minh.
2. Hoàng Văn Huân (2002), Nghiên cứu các quá trình biến đổi lòng dẫn và phương hướng các biện pháp công trình nhằm ổn định bờ sông Sài Gòn – Đồng Nai, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 162 trang.
3. Trần Thiện Toàn (2006), Nghiên cứu tính toán tốc độ bồi xói vùng ven biển, ĐH Khoa Học Tự Nhiên- Đh Quốc Gia Tp Hồ Chí Minh, 120 trang.
4. Lê Trình, Lê Quốc Hùng (2004), Môi trường lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn, NXB Khoa Học Và Kỹ

Thuật, 246 trang.

5. Viện khí tượng Thủy văn – Hải văn và môi trường - UBNF Tp. HCM (2007), Báo cáo kết quả đo đạc, tính toán các đặc trưng thủy văn trên hệ thống sông Đồng Nai, TP. Hồ Chí Minh.
6. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam (t5 - 2006), Nghiên cứu đề xuất các giải pháp KHCN để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng Đông Nam Bộ (2006), Bộ Nông Nghiệp & Phát triển Nông thôn.
7. DHI Software (2005), Mike 3 flow model, Hydrodynamic Module - Scientific documentation, Denmark.
8. H.V. Huân, N.H.Nhân, Results on study about wave field of Dong Nai – SaiGon estuaries and sugges tion of sea bank and river mouths protection methods Tuyển tập kết quả KH&CN 2006, tr.. Viện KHTLMN, 2006.