

BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CHƯƠNG TRÌNH KC.08/16-20
**“Nghiên cứu khoa học và công nghệ phục vụ bảo vệ môi trường và
phòng tránh thiên tai”**

ĐỀ TÀI

**NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DIỄN BIẾN SẠT LỎ, ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI
PHÁP ĐỂ ÔN ĐỊNH BỜ SÔNG VÀ QUY HOẠCH SỬ DỤNG VÙNG VEN
SÔNG PHỤC VỤ MỤC TIÊU PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI VÙNG HẠ
DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI**

Mã số: KC.08.28/16-20

BÁO CÁO SẢN PHẨM 03

**Kết quả dự báo sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông
Đồng Nai điều kiện hiện tại và có xét đến ảnh hưởng của
BĐKH - NBD**

Cơ quan thực hiện: **Viện Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu – Trường Đại học
Thủy lợi**

Địa điểm : **175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội**

Chủ nhiệm đề tài : **GS. TS. Phạm Thị Hương Lan**

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

VIỆN TRƯỞNG

GS. TS. Phạm Thị Hương Lan

Hà Nội, 2020

CHƯƠNG II

CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu hệ thống sông khu vực nghiên cứu

2.1.1. Vị trí địa lý.

Lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, có lưu vực tích thuỷ đi từ vùng cao nguyên Tây Nguyên đến hết đồng bằng miền Đông Nam Bộ. Tổng diện tích tự nhiên khoảng 43.450 km^2 nằm trải ra trên toàn bộ địa giới hành chính của các tỉnh Lâm Đồng, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Đồng Nai, Thành phố Hồ Chí Minh, Bà Rịa - Vũng Tàu, Ninh Thuận, Bình Thuận và một phần địa giới hành chính của các tỉnh Đăk Lăk và Long An, ở vào vị trí địa lý: từ $105^{\circ}30'21''$ đến $109^{\circ}01'20''$ kinh độ Đông và từ $10019'55''$ đến $12^{\circ}20'38''$ vĩ độ Bắc.

Lưu vực sông Đồng Nai là một trong những lưu vực sông lớn của Việt Nam và giữ vai trò vô cùng quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Sông Đồng Nai bắt nguồn từ Cao nguyên Liăng Biăng (Lâm Đồng) chảy qua vùng núi cao nguyên đến hồ Trị An, sau đó chảy ngang qua thành phố Biên Hòa, về thành phố Hồ Chí Minh, đến ngã ba Mũi Điện Đỏ và hợp lưu với sông Sài Gòn.

Tổng diện tích lưu vực tính đến cửa sông 38.600 km^2 , tổng chiều dài 437 km với độ dốc trung bình của dòng sông là $0,42\%$. Hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn là địa bàn phát triển mạnh nhất của đất nước với các thành phố lớn: thành phố Hồ Chí Minh, Biên Hòa, Vũng Tàu, Thủ Dầu Một, là nơi có cảng quốc tế và nội địa quan trọng, cũng là khu vực phát triển nền nông nghiệp đa dạng và có tiềm năng lớn.



Hình 1. 1: Lưu Vực Sông Đồng Nai (DNRB)

2.1.2. Đặc điểm địa hình.

Lưu vực sông Đồng Nai có hình nan quạt kéo dài từ cuối sườn Tây của dãy Trường Sơn thuộc Nam Trung Bộ, qua hết vùng Đông Nam Bộ đến giáp vùng Đồng Tháp Mười thuộc Đồng bằng sông Cửu Long.

Cao độ địa hình thấp dần theo 3 hướng chính là Bắc-Nam (thượng lưu xuống hạ lưu dòng chính Đồng Nai), Đông-Tây (dòng chính Đồng Nai qua sông Bé, sông Sài Gòn và Vầm Cò) và Tây Bắc-Đông Nam (vùng ven biển) bao gồm nhiều loại: địa hình vùng núi, trung du, đồng bằng, và vùng ven biển.

Địa hình vùng núi phân bố chủ yếu ở thượng và trung lưu các dòng chính có diện tích chiếm gần 50% diện tích toàn lưu vực và có cao độ mặt đất từ vài trăm mét đến trên 2.000 m so với mực nước biển. Dạng địa hình này phù hợp với cây công nghiệp dài ngày và rau màu. Đây cũng là vùng có diện tích đất lâm nghiệp chiếm tỷ trọng lớn trong lưu vực và là nơi thuận lợi bố trí các công trình khai thác tổng hợp (thuỷ năng và cấp nước) quy mô lớn.

Địa hình vùng trung du phân bố chủ yếu ở trung và hạ lưu sông Bé, hạ lưu sông La Ngà và trung lưu sông Sài Gòn, có diện tích chiếm trên 30% có đặc trưng là gò đồi lượn sóng xen kẽ các đồng bằng nhỏ hẹp ven sông, thích hợp với nhiều loại cây trồng ngắn và dài ngày.

Địa hình vùng đồng bằng nằm ở hạ lưu tiếp giáp với đồng bằng sông Cửu Long và biển Đông, có diện tích chiếm gần 20% tổng diện tích toàn lưu vực, cao độ địa hình từ vài chục mét xuống dưới 1 m có đặc trưng khá bằng phẳng, cây trồng chủ yếu là cây ngắn ngày.

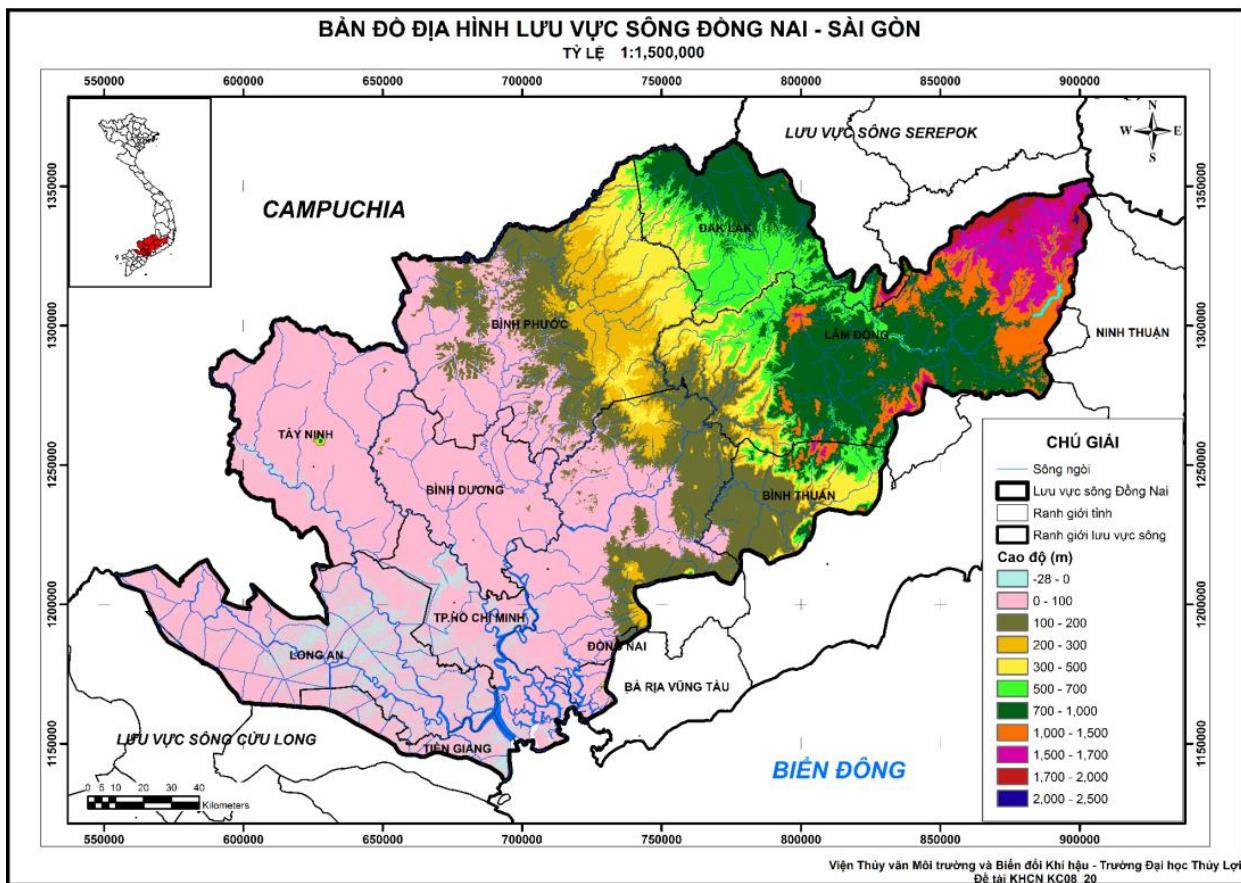
Ngoài ra, trên lưu vực còn một số khu trũng cục bộ dạng lòng chảo, phân bố rải rác dọc theo các sông và kênh rạch ở vùng núi, trung du và đồng bằng của lưu vực mà điển hình là các đồng bằng Đơn Dương, Cát Tiên, Đa Té (Lâm Đồng), Tân Phú, La Ngà (Đồng Nai-Bình Thuận), hạ lưu vùng kẹp giữa sông Sài Gòn và Vành Cổ Đông... Nhìn chung, các khu trũng cục bộ chủ yếu được trồng cây lương thực và công nghiệp ngắn ngày và thường bị ngập lụt kéo dài trong mùa mưa lũ.

Vùng phụ cận ven biển là một dãy đất hẹp chạy dọc theo bờ biển phía Đông dãy Trường Sơn, với các dãy núi nhô ra tận biển Đông tạo nên sự cắt xẻ riêng biệt tạo nên những đồng bằng nhỏ hẹp có các con sông ngắn và dốc, các dãy núi và mỏm núi cao mà hầu hết là đá và đá phong hoá ăn lan ra tận biển.

Nhìn chung, lưu vực sông Đồng Nai có địa hình tương đối bằng phẳng (từ 0-3⁰) chiếm 58% diện tích tự nhiên, gần 20% diện tích có độ dốc từ 3-8⁰. Diện tích có độ dốc lớn hơn từ 8⁰ chiếm hơn 22% trong đó lớn hơn 15⁰ chỉ chiếm khoảng 10%.

Hình 1. 2: Tổng hợp độ dốc địa hình

TT	Độ dốc (độ)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	0-3	33.180	58,01
2	3-8	11.360	19,86
3	8-15	7.178	12,55
4	15-30	5.247	9,18
5	>30	230	0,40
	Tổng	57.197	100



Hình 1. 3: Bản đồ địa hình lưu vực sông Đồng Nai-Sài Gòn

2.1.3. Thổ nhưỡng

Đặc điểm thổ nhưỡng lưu vực sông Đồng Nai nằm trong lãnh thổ Tây Nguyên thay đổi tùy theo địa hình và nham thạch gốc. Do nằm trong vùng có địa hình và địa chất biến đổi phức tạp vì vậy thổ nhưỡng trên lưu vực cũng rất đa dạng, bao gồm 5 nhóm đất chính: Đất đen, Đất đỏ vàng, Đất mùn trên núi, Đất dốc tụ, Đất xói mòn tro sỏi đá.

Trong đó, nhóm đất đỏ vàng có diện tích lớn nhất gần 3 triệu ha, chiếm trên 51% diện tích tự nhiên, kế đến là nhóm đất xám khoảng 1,2 triệu ha, chiếm gần 23% diện tích tự nhiên, còn các đất khác chiếm khoảng 19%. Các loại đất có vân đè (đất cát, đất mặn, đất phèn, đất tro sỏi đá) chiếm gần 10% diện tích tự nhiên.

2.1.4. Thảm phủ thực vật rừng và hệ thực vật

Nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, địa hình biến đổi lớn nên thảm thực vật, rừng ở lưu vực sông Đồng Nai khá đa dạng.

- Thượng nguồn lưu vực là vùng núi cao trên 1.500 m so với mực nước biển, thuộc cao nguyên Liangbiang có nhiều đặc trưng của rừng á ôn đới, thảm thực vật chủ yếu là rừng thông.

- Từ cao trình 1.500 m trở xuống có thảm thực vật, rừng mang đầy đủ đặc trưng của rừng nhiệt đới, thảm thực vật rừng dày với nhiều loại cây và dây leo phong phú và cũng là nơi cư trú của nhiều loại động vật.

Theo số liệu thống kê năm 2005, đất có rừng trên lưu vực sông Đồng Nai khoảng 1.969.942 ha (Diện tích rừng của 11 tỉnh liên quan đến lưu vực sông Đồng Nai, không kể phần đất thuộc Cam Pu Chia), chiếm hơn 35% tổng diện tích đất tự nhiên, phân bố tập trung ở thượng nguồn Đa Dung và Đa Nhim, trung lưu sông Đồng Nai (từ tuyến Đồng Nai 3 đến Lộc Bắc, thượng nguồn sông Đa Té và Đambri), qua đèo Bảo Lộc đến trung lưu sông La Ngà, sông Đồng Nai (Vườn Quốc gia Cát Tiên có quy mô 73.878 ha; phần thuộc tỉnh Đồng Nai: 38.100ha, Lâm Đồng: 30.635ha và Bình Phước: 5.143ha), và cửa sông Đồng

Nai (rừng ngập mặn Cần Giờ 75.740 ha trong đó có 4.721 ha vùng lõi). Đây là những khu vực có thảm thực vật tốt với hệ sinh thái động thực vật còn phong phú.

2.1.5. Hệ thống sông ngoèi

Hệ thống sông Đồng Nai là hệ thống sông nội địa lớn nhất nước ta, gồm dòng chính sông Đồng Nai và các phụ lưu chính là sông La Ngà, Bé, Sài Gòn và Vàm Cỏ (bao gồm Vàm Cỏ Đông và Vàm Cỏ Tây).

- Sông Đồng Nai bắt nguồn từ cao nguyên Lang Biang (Đà Lạt) với độ cao 1.777m, diện tích lưu vực đến Trị An và Nhà Bè tương ứng là 14.800 km² và 28.200 km². Đoạn sông Đồng Nai qua thành phố có chiều dài 87 km (từ cầu Đồng Nai đến cửa sông), chiều rộng biển đổi lớn, từ 500-800 m ở đoạn trên (cầu Đồng Nai đến Cát Lái), 800-1.500 m ở đoạn giữa (Cát Lái-Ngã ba sông Vàm Cỏ) và 2.000-3.000 m ở đoạn dưới (ngã ba Vàm Cỏ ra cửa sông), với độ sâu từ 8-15 m. Từ mũi Nhà Bè, sông Đồng Nai tỏa ra thành nhiều nhánh tạo nên vùng cửa sông rộng lớn, dày đặc sông rạch.

- Sông Sài Gòn được hợp thành từ hai nhánh Sài Gòn và Sanh Đôi, bắt nguồn từ các vùng đồi ở Lộc Ninh và ven biên giới Việt Nam-Campuchia, với độ cao khoảng 100-150 m. Sông Sài Gòn ít gấp khúc, mang sắc thái của sông vùng ảnh hưởng triều do độ dốc nhỏ (0,0013). Sông có diện tích lưu vực 4.934,46 km², chiều dài 280 km. Thủy triều có thể ảnh hưởng đến tận hạ lưu đập Dầu Tiếng, cách cửa 148 km và cách biển 206 km. Đa phần sông chảy trong vùng đồng bằng phẳng có cao độ từ 5-20 m. Sông Sài Gòn chảy ngang TP. Hồ Chí Minh trên một đoạn 15 km và đổ ra sông Nhà Bè tại vị trí cách bến phà Cát Lái 1,5 km về phía hạ lưu. Từ Thủ Dầu Một đến cửa, sông Sài Gòn có độ rộng chừng 200-300 m, khá sâu, đặc biệt là đoạn gần cửa sông, nên tàu 10.000 tấn có thể vào cảng Sài Gòn.

- Sông Nhà Bè: Sông Đồng Nai hợp lưu với sông Sài Gòn thành sông Nhà Bè, cách trung tâm thành phố khoảng 5 km về phía Đông Nam. Sông Nhà Bè chảy ra biển Đông qua hai sông chính: sông Soài Rạp và sông Lòng Tàu. Sông Soài Rạp dài 59 km, rộng trung bình 2.000 m, lòng sông cạn, tốc độ dòng chảy chậm. Sông Lòng Tàu đổ ra vịnh Gành Rái, dài 56 km, rộng trung bình 500 m, lòng sông sâu, trung bình 12m có nơi tới 29m.

Sông La Ngà là phụ lưu nằm ở bờ trái dòng chính Đồng Nai, bắt nguồn từ hai nhánh Da R'gna và Da Riam từ vùng núi cao 1.500-1.600 m của Di Linh và 1.300 m của Bảo Lâm, chảy qua rìa phía Tây tỉnh Bình Thuận rồi đổ vào dòng chính sông Đồng Nai tại vị trí cách thác Trị An 38 km về phía thượng lưu. Chiều dài sông theo nhánh Da Riam là 290 km, độ dốc trung bình lòng sông 0,0117 (đến Tà Pao) và 0,005 (đến cửa sông). Diện tích lưu vực sông La Ngà 4.100 km², với lượng dòng chảy trung bình hàng năm khoảng 4,8 tỷ m³.

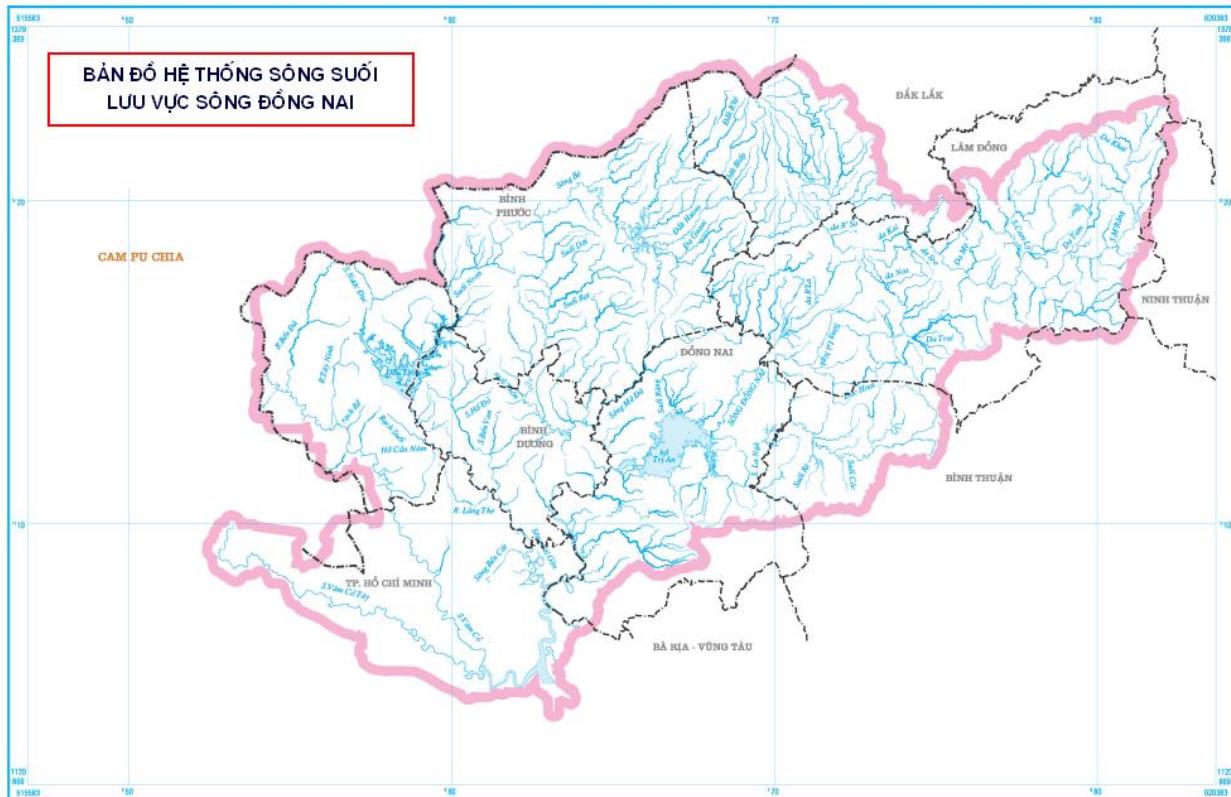
Sông Vàm Cỏ được hình thành bởi hai sông Vàm Cỏ Đông và Vàm Cỏ Tây, bắt nguồn từ vùng đồi thấp ở Căm Pu Chia, có cao độ khoảng 20 m đầu nguồn Vàm Cỏ Đông và 5 m đầu nguồn Vàm Cỏ Tây. Vàm Cỏ chảy vào sông Nhà Bè tại vị trí cách cửa Xoài Rạp 15 km.

- Sông Vàm Cỏ Đông có chiều dài 220 km, diện tích lưu vực đến Gò Dầu Hạ là 5.650 km² và 6.300 km² tại hợp lưu với Vàm Cỏ Tây, chảy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam, độ dốc trung bình lòng sông 0,0002, lòng sông sâu, thuỷ triều ảnh hưởng đến tận biên giới Việt Nam-Căm Pu Chia.

- Sông Vàm Cỏ Tây có chiều dài 196 km, độ dốc trung bình lòng sông 0,00012, diện tích lưu vực đến hợp lưu với Vàm Cỏ Đông khoảng 6.000 km², sông chảy qua vùng đồng bằng tỉnh Long An, chịu tác động của thuỷ triều. Hầu như quanh năm sông Vàm Cỏ Tây đều nhận nước từ sông Tiền thông qua hệ thống kênh vùng Đồng Tháp Mười và đặc biệt mùa lũ thêm dòng tràn dọc biên giới từ vùng trũng Căm Pu Chia sang.

Ngoài ra, còn có nhiều sông, suối với lưu vực độc lập chảy trực tiếp ra dòng chính

sông Đồng Nai như Dak R'Tih (Dak Nông), Da Téh, Dak Quyeon (Lâm Đồng), sông Lá Buông (Đồng Nai)...



Hình 1. 4: Các sông chính hệ thống sông Đồng Nai

2.1.6. Đặc điểm lũ thượng nguồn

Lũ ở lưu vực sông Đồng Nai (LVĐN) thuộc loại trung bình và có độ biến động cao. Đỉnh lũ hàng năm thường xuất hiện trùng vào thời gian cho lưu lượng tháng lớn nhất, nghĩa là từ tháng VIII-X. Xu thế chung là vùng trung lưu Đồng Nai, La Ngà có đỉnh lũ xuất hiện sớm hơn cả, đa phần vào tháng VIII, IX. Vùng sông Bé, sông Sài Gòn và sông Vầm Cỏ thường cho đỉnh lũ vào tháng IX, X. Thượng lưu Đồng Nai và các sông vùng ven biển cho đỉnh lũ muộn hơn cả, từ tháng X-XI, thậm chí tháng XII. Tuy nhiên, ở một vài lưu vực nhỏ, khi vào năm dạng mưa địa hình chiếm ưu thế hơn dạng mưa hệ thống, thì đôi khi lại cho đỉnh lũ rất sớm, vào tháng V, VI. Số liệu quan trắc và điều tra cho thấy, các trận lũ tháng V-1932 ở vùng thượng Đồng Nai, tháng X- 1952 ở hầu hết các lưu vực sông trong toàn vùng, tháng XII-1964 ở các sông ven biển... là những trận lũ lịch sử rất hiếm gặp. Module đỉnh lũ của những trận lũ như vậy có thể đạt từ 5-10 m³/s.km² ở các lưu vực nhỏ và 0,5-2,0 m³/s.km² ở các lưu vực lớn. Nếu căn cứ vào khả năng gây lũ nói chung, có thể chia LVĐN thành các vùng gây lũ như sau:

- Vùng thượng và trung lưu sông Đồng Nai, thượng trung lưu sông La Ngà: Có khả năng cho lũ lớn do mưa đồng đều và cường độ cao. Lũ lên xuống nhanh, từ vài ngày cho lưu vực nhỏ đến vài tuần cho lưu vực lớn. Module đỉnh lũ trung bình từ 0,3-0,5 m³/s.km² và module đỉnh lũ lịch sử từ 1,0-5,0 m³/s.km².

- Vùng sông Bé: Lũ vào loại trung bình do khả năng gây mưa với cường độ cao hiếm. Lũ lên xuống vừa phải, từ vài ngày đến vài tuần, tùy diện tích lưu vực. Module đỉnh lũ trung bình khoảng 0,2-0,5m³/s.km² và module đỉnh lũ lịch sử từ 0,5-3 m³/s.km².

- Vùng sông Sài Gòn và Vầm Cỏ: Ít có khả năng gây lũ lớn, do mưa cường độ thấp và độ dốc lưu vực nhỏ. Lũ lên xuống chậm, từ vài ngày đến vài tuần. Module đỉnh lũ trung bình từ 0,05-0,20 m³/s.km² và module đỉnh lũ lịch sử từ 0,5-1,0 m³/s.km².

- Lũ ở lưu vực sông Đồng Nai thuộc loại trung bình và có biên độ cao. Đặc điểm của lũ ở lưu vực là lũ thường xuyên hàng năm với tần suất thấp (từ 10% trở xuống) thuộc loại nhỏ và chủ yếu do mưa của gió mùa Tây-Nam gây nên, trong khi lũ với tần suất cao (từ 10% trở lên) lại khá lớn và nguy hiểm và chủ yếu được hình thành khi gặp tác động ánh hưởng của bão hoặc áp thấp nhiệt đới trên lưu vực.

- Lũ thường xuyên hàng năm trên các lưu vực sông nhìn chung ít nguy hiểm, lén xuống vừa phải. Lũ dạng này thường được gió mùa Tây-Nam thịnh hành trong mùa mưa gây nên, với lượng mưa trận từ 50-100 mm và dạng mưa này cũng rất ít xuất hiện đồng thời trên diện rộng, vì vậy các sông lớn cũng khó có lũ tập trung.

- Đỉnh lũ hàng năm thường xuất hiện trùng vào thời gian cho lưu lượng tháng lớn nhất trong năm từ tháng VIII-X. Xu thế chung là vùng trung lưu Đồng Nai, La Ngà có đỉnh lũ xuất hiện sớm hơn cả, đa phần vào tháng VIII, IX. Vùng sông Bé, sông Sài Gòn và sông Vàm Cỏ thường cho đỉnh lũ vào tháng IX, X. Thượng lưu Đồng Nai và các sông vùng ven biển cho đỉnh lũ muộn hơn cả, từ tháng X-XI, thậm chí tháng XII. Tuy nhiên, ở một vài lưu vực nhỏ, khi vào năm dạng mưa địa hình chiếm ưu thế hơn dạng mưa hệ thống, thì đôi khi lại cho đỉnh lũ rất sớm, vào tháng V, VI.

- Dạng lũ trên các lưu vực thường là dạng lũ nhiều đỉnh, với một đỉnh cao hơn cả. Diện tích lưu vực càng lớn, dạng lũ trơn hơn và có xu thế tạo nên lũ ít đỉnh, đôi khi chỉ còn một đỉnh duy nhất. Dạng lũ phụ thuộc chủ yếu vào mưa gây lũ và đặc điểm của lưu vực.

- Thời gian duy trì một trận lũ cũng có sự phân hóa mạnh theo cấp diện tích lưu vực. Đối với các lưu vực nhỏ có diện tích dưới 100 km^2 , lũ thường lén xuống nhanh trong thời gian không quá một ngày. Đối với các lưu vực có diện tích từ $100-1.000 \text{ km}^2$, thời gian lũ lén xuống vào khoảng từ 1-3 ngày. Trên những lưu vực có diện tích từ vài ngàn km^2 trở lên, một trận lũ có thể duy trì trong khoảng từ 1-3 tuần, thậm chí lâu hơn. Thường thì đối với các lưu vực loại này, do điều tiết tốt, lưu lượng trên sông được nâng cao dần cho đến thời điểm đỉnh lũ xuất hiện và hạ thấp từ từ đến hết mùa lũ, nên khó phân biệt thời gian đích thực của từng trận lũ.

- Mực nước lũ trên các sông lén xuống ở mức vừa phải, vào khoảng $0,5-1,0 \text{ m/giờ}$ ở các lưu vực nhỏ và $0,1-0,3 \text{ m/giờ}$ ở các lưu vực lớn.

- Lũ sông Đồng Nai, sông Sài Gòn và vùng phụ cận không lớn như nhiều sông khác, lũ có nhiều đỉnh trong năm. Môduyn đỉnh lũ lớn nhất đã xảy ra trong vùng những năm trở lại đây thay đổi từ $0,3 - 2,6 \text{ m}^3/\text{s-km}^2$, nói chung không lớn so với các sông miền Trung, miền Bắc.

Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới xấp xỉ 80% lượng dòng chảy năm. Tháng có lượng dòng chảy lớn nhất là tháng VIII chiếm 25% lượng dòng chảy năm. Ba tháng liên tục có dòng chảy lớn nhất là tháng VIII, IX, X chiếm 60% so với cả năm.

1. Một số trận lũ điển hình trên lưu vực như sau:

Theo Viện KHTL Miền Nam kết quả điều tra lũ lịch sử trên các sông như sau:

Bảng 1. 1: Lưu lượng và module đỉnh lũ bình quân và lớn nhất thực đo tại 1 số vị trí

Trạm	Flv (km^2)	Số năm	Qbqmax (m^3/s)	Mbq (m^3/skm^2)	Qmax (m^3/s)	Mmax (m^3/skm^2)	Thời gian xuất hiện
Dran	775	54			3.200	4,129	V/1932
Đại Nga	374	19	97,5	0,260	155	0,414	20/VIII/1984
Tà Pao	2.000	23	612,7	0,305	979	0,487	07/IX/1982
Phú Điền	3.070	6	596,0	0,194	798	0,260	06/IX/1990
Biên Hoà	22.900	ĐT			12.500	0,546	X/1952
Phước Hoà	5.765	ĐT			4.000	0,694	X/1952

Dầu Tiếng	2.700	ĐT		2.300	0,852	X/1952
-----------	-------	----	--	-------	-------	--------

Trong các công trình thủy lợi như hồ sông Quao, thủy điện Đại Ninh đều coi lũ 1952 ứng với lũ có tần suất P=2%.

Như vậy, với lũ năm 2000, cả 3 hồ chứa đều đã tích ở mức bằng hoặc cao hơn mực nước dâng bình thường. Tổng lưu lượng xả lớn nhất của cả 3 hồ và lượng sinh ra ở khu giữa xuống vùng hạ lưu trong các ngày từ 10-12/10 ước tính đạt từ $5.500-6.000\text{m}^3/\text{s}$. Đây là lưu lượng lũ không lớn, tương đương tần suất 20-25%, tức 4-5 năm một lần, song do có tổng lượng lớn (khoảng 28-30 tỷ m^3), nên gây ngập lụt nghiêm trọng ở một số vùng, cả ở thượng, trung và hạ lưu.

Vùng hạ lưu

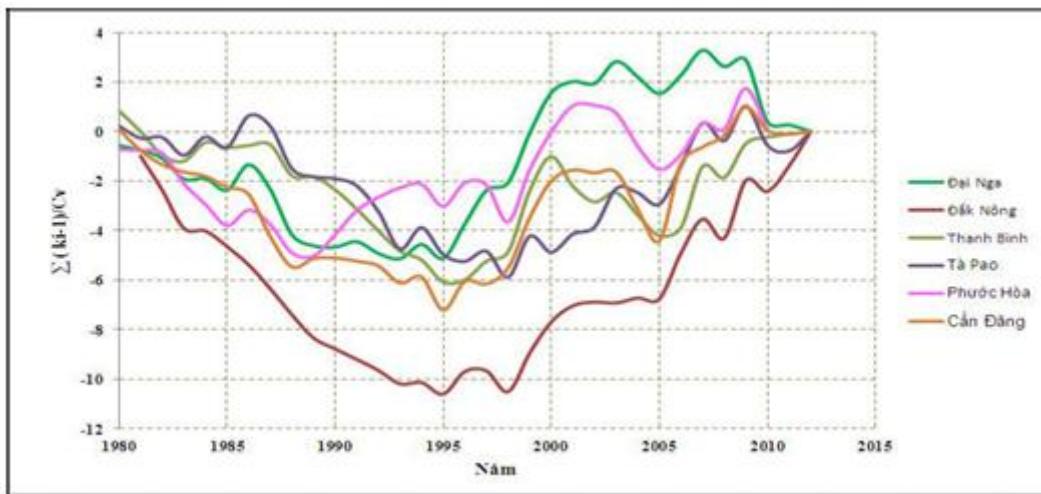
Do đặc điểm có hệ thống sông kênh nối thông nhau, không chỉ trong nội vùng châu thổ hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn, mà còn liên kết với hệ thống sông Cửu Long qua hệ thống sông Vàm Cỏ Tây và Vàm Cỏ Đông, mà ngập lụt ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai cùng lúc ảnh hưởng bởi 4 yếu tố là:

- Lũ thượng lưu sông Đồng Nai, sông Bé và sông Sài Gòn (có thể kể cả sông Vàm Cỏ Đông);
- Lũ từ hệ thống sông Cửu Long;
- Mưa vùng hạ lưu;
- Thủy triều từ biển Đông.

Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An năm 2000 là $4500\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua } 4 \text{ tờ mây}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 10% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2000 đạt $600 \text{ m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 10% thiết kế. Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An tháng 10 năm 2007 là $3590\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua } 4 \text{ tờ mây}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 20% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2007 đạt $300 \text{ m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 20% thiết kế.

2.1.7. Biến động dòng chảy năm

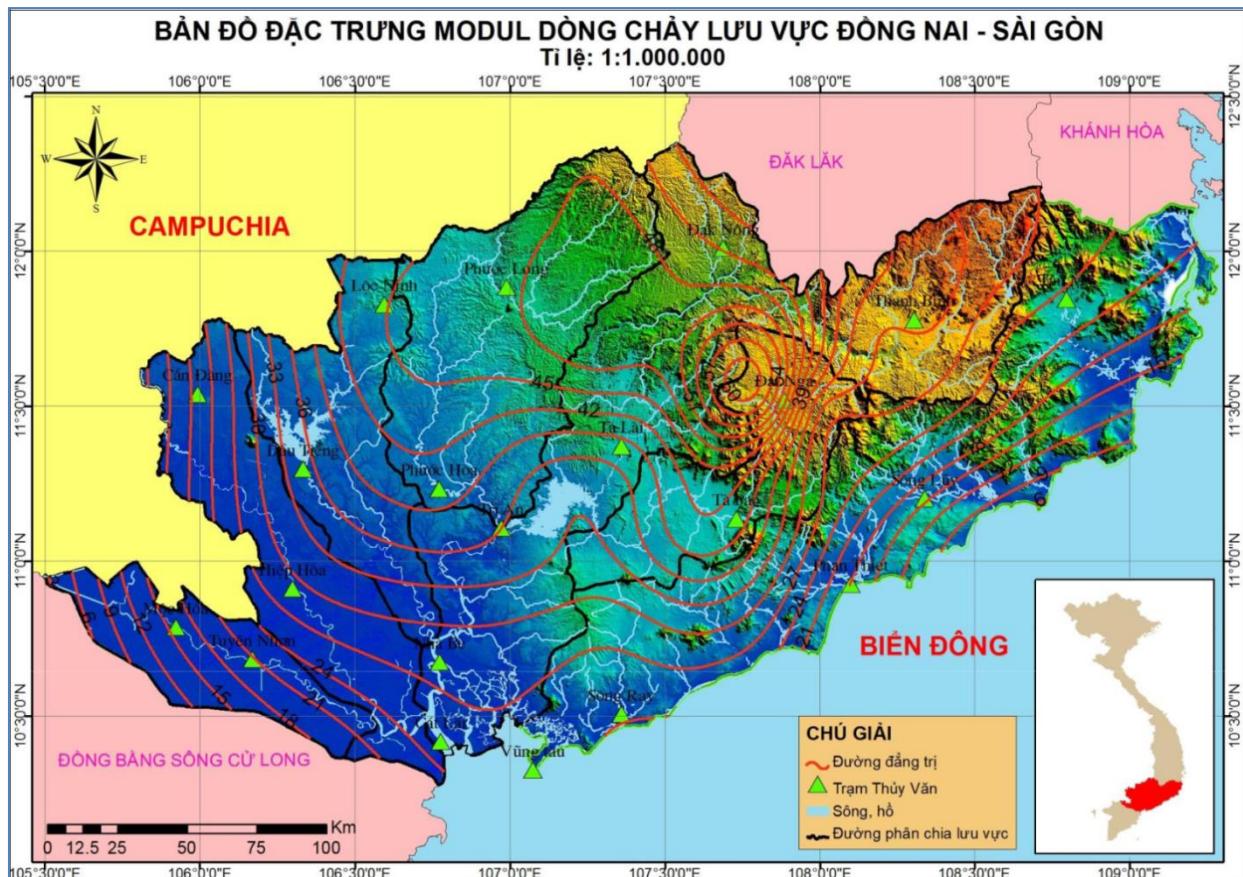
Chế độ dòng chảy sông ngòi tồn tại tính chu kỳ tạo thành các pha dòng chảy do các đặc trưng thuỷ văn chịu sự chi phối bởi các quy luật của đặc trưng khí hậu. Khi tính toán trị số dòng chảy trung bình năm, cần phải tính đến chu kỳ dao động dòng chảy năm, để đảm bảo độ chính xác khi tính chuẩn dòng chảy năm cần phải nghiên cứu chu kỳ dao động của dòng chảy năm. Để nghiên cứu sự biến động chu kỳ dòng chảy năm của LVSĐNSG&VPC, ta tiến hành xây dựng đường cong luỹ tích sai chuẩn dòng chảy năm. Đường này được xây dựng theo số liệu quan trắc từ 1980-2012 của các trạm chính trên lưu vực. Tính tích lũy liên tục các độ lệch của các hệ số mô đunyn theo trình tự thời gian của chuỗi dòng chảy năm so với giá trị trung bình nhiều năm của chúng [$\sum(k_i-1) \sim t$]. Hệ số mô đunyn phụ thuộc vào mức độ thay đổi dòng chảy của lưu vực sông, tức là phụ thuộc vào hệ số biến đổi Cv. Vì vậy, khi so sánh sự dao động dòng chảy năm giữa các sông với nhau theo đường cong luỹ tích sai chuẩn cần phải khử ảnh hưởng của Cv. Lúc đó tung độ đường cong sẽ là: [$\sum(k_i-1)/Cv$]. Đường luỹ tích sai chuẩn dòng chảy trung bình năm được thể hiện trên hình (3.12).



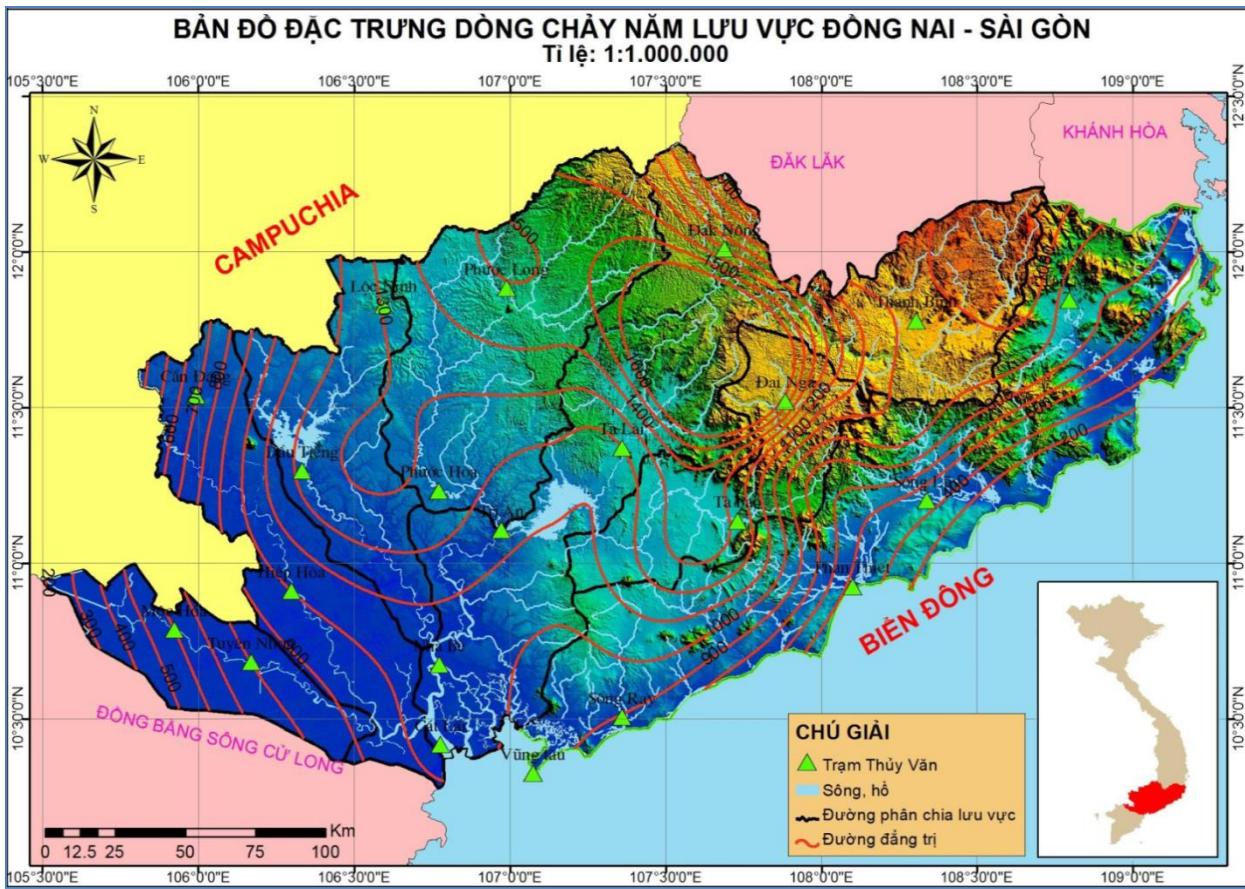
Hình 1. 5: Đường quá trình lũy tích chuẩn sai dòng chảy trung bình năm một số trạm

Trên đồ thị đường cong lũy tích của các trạm trên lưu vực cho thấy: dòng chảy năm dao động tương đối đồng pha với nhau, các đường luỹ tích sai chuẩn của các trạm thể hiện 1 chu kỳ lớn: từ năm 1980 -1995 là thời kỳ ít nước, từ năm 1995-2012 là thời kỳ nhiều nước.

Sự biến động dòng chảy hàng năm ở lưu vực hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn là khá lớn dao động trong khoảng 0,2-0,3 gấp 1-1,5 lần biến động lượng mưa năm. Lưu lượng trung bình năm lớn nhất đạt $87 \text{ m}^3/\text{s}$ (năm 1999), năm kiệt nhất là $41 \text{ m}^3/\text{s}$ (năm 2010) với giá trị khoảng lệch quan phương khoảng $11 \text{ m}^3/\text{s}$ (chiếm khoảng 18 % so với giá trị lưu lượng trung bình nhiều năm). Chênh lệch giữa lưu lượng lớn nhất và nhỏ nhất trung bình tại các trạm lớn: tại Thành Bình lưu lượng lớn nhất trung bình đạt $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$, lưu lượng nhỏ nhất trung bình chỉ $6,77 \text{ m}^3/\text{s}$; tại Tà Lài tương ứng là $498-137 \text{ m}^3/\text{s}$; Đại Nga: $24,9-10,1 \text{ m}^3/\text{s}$; Tà Pao: $108-47,9 \text{ m}^3/\text{s}$,... Hình (30) thể hiện lưu lượng trung bình hàng năm (1980-2012) và bảng (3.11) trình bày lưu lượng tháng lớn nhất, nhỏ nhất tại các trạm trên lưu vực.



Hình 1. 6: Bản đồ Đặc trưng modul dòng chảy lưu vực sông Đồng Nai-Sài Gòn



Hình 1. 7: Bản đồ đặc trưng dòng chảy năm lưu vực sông Đồng Nai-Sài Gòn

2.1.8. Đặc điểm thủy văn vùng hạ du:

Hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn (HLĐNSG) được kể từ sau thác Trị An trên sông Đồng Nai, sau đập Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và gần trọn lưu vực sông Vàm Cỏ Đông, với tổng diện tích chừng 10.000 km², bao gồm diện tích các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, Tây Ninh, TP. Hồ Chí Minh, Bà Rịa-Vũng Tàu và một phần tỉnh Long An. Cơ chế hoạt động chung của dòng nước ở HLĐNSG là dòng chảy hai chiều, với các dao động theo nhịp thủy triều. Chế độ thủy văn vùng sông ảnh hưởng triều rất phức tạp, luôn chịu sự chi phối ở các mức độ khác nhau bởi:

- Chế độ dòng chảy tự nhiên ở thượng lưu,
- Các khai thác có liên quan đến nguồn nước ở thượng lưu,
- Chế độ thủy triều ở biển Đông, và
- Các khai thác có liên quan đến dòng nước và dòng sông ở ngay tại hạ lưu.

Trong phần hạ lưu, khoảng 90% diện tích là bị ảnh hưởng của dao động thủy triều và 40% bị ảnh hưởng của xâm nhập mặn. HLĐNSG cũng có một mạng lưới sông kênh khá dày. Sau Nhà Bè, sông Đồng Nai tách thành hai phân lưu chính là sông Nhà Bè và sông Lòng Tàu. Sông Nhà Bè khá rộng (từ 1.000-1.500 m ở đoạn trên và 2.000-3.000 m ở đoạn dưới) nhưng nông (10-20 m). Sông Lòng Tàu hẹp hơn nhiều (200- 400 m) nhưng rất sâu (30-40 m). Tàu bè có trọng tải lớn thường ra vào sông Lòng Tàu. Nối sông Nhà Bè và Lòng Tàu là mạng lưới sông nhỏ, ngắn, chằng chịt. Ngoài ra, vùng kẹp giữa sông Sài Gòn Nhà Bè và Vàm Cỏ Đông-Vàm Cỏ, từ kênh Trảng Bàng đến cửa sông Vàm Cỏ, cũng là vùng có hệ thống kênh rạch dày và chế độ thủy văn-thủy lực phức tạp. Đối với vùng tiêu Tây - Nam TP. Hồ Chí Minh, các hệ thống sông Sài Gòn-Vàm Cỏ Đông và sông Bến Lức-kênh Đôi-kênh Té, Rạch Cây Khô-Rạch Càn Giuộc Rạch Cát... là những hệ thống sông kênh đóng vai trò quan trọng trong giao thông thủy và tiêu thoát nước.

Sông Bến Lức có chiều dài chừng 20 km, rộng 50-70 m, nối với kênh Đôi-kênh Té ở vị trí đầu sông Cần Giuộc. Kênh Đôi ở phía Bắc và kênh Té ở phía Nam là hai kênh chạy song song nhau trước khi nhập vào sông Chợ Đệm để nối sông Sài Gòn với sông Bến Lức, có chiều dài khoảng 15 km và chiều rộng mỗi kênh từ 25-40 m. Hai kênh liên hệ với nhau bằng các đoạn kênh nối, gắp nhau tại cầu chữ Y, để rồi tách thành hai nhánh rẽ vào sông Sài Gòn ở hai cửa Khánh Hội (kênh Đôi) và Tân Thuận (kênh Té). Gần hai cửa, cả hai kênh đều mở rộng không dưới 100 m.

Sông Cần Giuộc chảy theo hướng từ Bắc xuống Nam và tách thành nhiều nhánh nhỏ nối với hệ thống kênh Đôi-kênh Té, trong đó rạch Cây Khô và sông Cần Giuộc có tầm quan trọng hơn cả. Những sông này có chiều rộng từ 200-500 m, sâu 5-10 m, là những tuyến giao thông thủy quan trọng nối DBSCL với TP. Hồ Chí Minh và ra biển. Ngoài ra, phải kể thêm một số kênh đào ở phía Bắc như kênh Bà Hom, kênh Cầu An Hạ-kênh Xáng, kênh Thầy Cai... cũng là những kênh dẫn nước, tiêu chua và giao thông thủy khá hiệu quả.

2.1.9. Đặc điểm mực nước trên các sông chính

Khi truyền vào sông, do tác động của nguồn nước từ thượng lưu và hình thái chung của lòng sông (độ dốc, độ uốn khúc, mặt cắt thủy lực...), thủy triều bị biến dạng dần cả về biên độ lẫn chu kỳ các bước sóng, và điều này ảnh hưởng đến các đặc trưng của triều là mực nước Max, Min và bình quân. Càng vào sâu trong sông, biên độ giảm càng nhanh và thời gian giữa hai nhánh lên, xuống càng sai biệt. Thời gian triều lên càng ngắn lại và thời gian triều xuống càng dài ra. Số liệu thực đo tại các trạm dọc sông cho các kết luận sau (VKHTLMN, 2010):

- Vào mùa kiệt, do nguồn nước từ thượng lưu về nhỏ, nên thủy triều ảnh hưởng mạnh nhất, mực nước trên sông phụ thuộc chủ yếu vào dao động triều. Do triết giảm năng lượng triều, mực nước đỉnh triều giảm dần dọc sông. Tuy nhiên, khi vào sâu hơn, do độ dốc lòng sông tăng, đỉnh triều lại có xu thế tăng dần về phía thượng lưu nên luôn xuất hiện một đoạn sông có mực nước thấp nhất dọc sông, được gọi là vùng uốn độ dốc mặt nước. Vào mùa lũ, do lưu lượng thượng lưu tăng, xu thế chung là mực nước đỉnh giảm dần từ thượng lưu về hạ lưu. Điểm uốn độ dốc mặt nước lùi dần về phía hạ lưu.

- Mực nước đỉnh cao nhất hàng năm thường xuất hiện vào tháng XII, I ở vùng gần biển, ảnh hưởng triều rất mạnh (từ cửa vào sâu 20-30 km), và vào tháng IX, X ở vùng xa biển, ảnh hưởng triều yếu hơn (cách biển 150 km trở lên). Đoạn chuyển tiếp (50-100 km cách biển), mực nước đỉnh nằm trong khoảng tháng X-XII. - Khi truyền sâu lên thượng lưu, cả mùa kiệt lẫn mùa lũ, sự biến đổi mực nước đỉnh triều nhìn chung là ít hơn so với biến đổi mực nước chân triều. Nếu lưu lượng thượng lưu về càng lớn thì chân triều sẽ được nâng lên càng nhiều. Mực nước chân thấp nhất hàng năm xuất hiện vào khoảng tháng VII, VIII ở vùng gần biển và khoảng tháng V, VI ở vùng xa biển. - Khoảng từ tháng VI-VIII không những là thời gian thường xuất hiện mực nước chân thấp nhất trong năm mà đây cũng là thời kỳ cho mực nước bình quân thấp nhất. - Mực nước max tại các trạm thủy văn khu vực TPHCM cho thấy mực nước tại Vũng Tàu trong các năm qua tăng lên ít hơn so với mực nước tại Nhà Bè và Phú An. Điều này xảy ra có thể là do quá trình san lấp mặt bằng trong khu vực làm giảm dung tích trữ của kênh rạch.

2.1.10. Đặc điểm dòng chảy kiệt

Nhìn chung các sông suối trên địa bàn tỉnh có mùa lũ kéo dài 5 tháng (VII-XI), mùa kiệt kéo dài 7 tháng (XII-VI), dòng chảy tháng kiệt nhất trung bình nhiều năm thường rơi vào tháng III hàng năm.

Dòng chảy mùa kiệt tại sông Đồng Nai đoạn chảy qua thành phố Biên Hòa chỉ chiếm khoảng 18% tổng lượng dòng chảy năm. Tháng có dòng chảy nhỏ nhất thường là tháng 3.

Sau khi có sự điều tiết dòng chảy của hồ Trị An, lưu lượng mùa kiệt được tăng lên rõ rệt từ 18% lên 29,2% tại Biên Hòa.

Lưu lượng trung bình các tháng mùa khô tại Biên Hòa như sau:

Tháng	I	II	III	IV	V
Q (m^3/s)	315,8	214,7	211,2	495,6	378,1

Trong mùa kiệt khi dòng nguồn yếu thì sự xâm nhập triều biển Đông càng lớn.

2.1.11. Đặc điểm thủy triều biển Đông

Thủy triều biển Đông có biên độ lớn (3,5-4,0 m), lên xuồng ngày 2 lần (bán nhật triều), với hai đỉnh xấp xỉ nhau và hai chân lênh nhau khá lớn. Thời gian giữa hai chân và hai đỉnh vào khoảng 12,0- 12,5 giờ và thời gian một chu kỳ triều ngày là 24,83 giờ. Hàng tháng, triều xuất hiện 2 lần nước cao (triều cường) và 2 lần nước thấp (triều kém) theo chu kỳ trăng. Dạng triều lúc cường và lúc kém cũng khác nhau, và trị số trung bình của các chu kỳ ngày cũng tạo thành một sóng có chu kỳ 14,5 ngày với biên độ 0,30-0,40 m. Trong năm, đỉnh triều có xu thế cao hơn trong thời gian từ tháng XII-I và chân triều có xu thế thấp hơn trong khoảng từ tháng VII-VIII. Đường trung bình của các chu kỳ nửa tháng cũng là một sóng có trị số thấp nhất vào tháng VII-VIII và cao nhất vào tháng XII-I. Triều cũng có các dao động rất nhỏ theo chu kỳ nhiều năm (18 năm và 50 60 năm). Như vậy, thủy triều Biển Đông có thể xem là tổng hợp của nhiều dao động theo các sóng với chu kỳ ngắn (chu kỳ ngày), vừa (chu kỳ nửa tháng, năm), đến rất dài (chu kỳ nhiều năm). Theo hệ cao độ Hòn Dầu, triều ven Biển Đông có mực nước đỉnh trung bình vào khoảng 1,1-1,2 m, các đỉnh cao có thể đạt đến 1,3-1,4 m, và mực nước chân trung bình từ -2,8 đến -3,0 m, các chân thấp xuống dưới -3,2 m.

Trong một tháng có hai đợt triều cường vào các ngày mồng 2 đến mồng 4 và 16 đến 18 âm lịch, hai lần triều kém xảy ra vào ngày 7 và ngày 23 âm lịch hoặc chậm hơn 1-2 ngày. Trong năm, dạng triều cũng thay đổi vào tháng IV và tháng VI dạng triều chữ M chiếm đa số, vào tháng X dạng triều chữ W chiếm ưu thế. Mực nước nhiều năm tại Vũng Tàu theo cao độ Hòn Dầu là -0.06m với sự dao động trong khoảng (-0.17m) - (0.07)m, ($\Delta H=24cm$). Đường quá trình mực nước bình quân tháng trong năm có một đỉnh tháng XI và một chân thấp nhất vào tháng VI hoặc tháng VII. Dao động của mực nước bình quân trong các tháng thay đổi từ 27cm (tháng XII) đến 51cm (tháng VIII).

Sự truyền triều trong sông và nội đồng

Nhờ có biên độ cao tạo năng lượng lớn, lòng sông sâu và độ dốc thấp, thủy triều từ biển truyền vào rất sâu trên sông. Trên sông Đồng Nai, thủy triều ảnh hưởng đến chân thác Trị An, cách biển 152 km. Cửa sông Bé nằm dưới thác Trị An 6 km cũng bị thủy triều ảnh hưởng vào chừng 10 km. Trên sông Sài Gòn, thủy triều ảnh hưởng đến tận chân đập Đầu Tiếng, tức vào khoảng 206 km. Sông Vàm Cỏ Đông bị triều ảnh hưởng lên cao hơn cả, chừng 250 km, nghĩa là trên cả thị xã Tây Ninh của nhánh Bến Đá và biên giới Việt Nam Căm Pu Chia của nhánh Prek Taté. Sóng triều truyền vào sông khá nhanh, với tốc độ trung bình 20-25 km/h. Song, để truyền hết chặng đường 250 km, một sóng triều phải mất chừng 12 giờ, bằng khoảng thời gian giữa hai chân hay hai đỉnh. Tốc độ truyền triều phụ thuộc chủ yếu vào độ lớn con triều (cường hay kém) và địa hình lòng sông. Tốc độ tối đa ghi nhận được từ tài liệu mực nước quan trắc được là khoảng 40 km/h. Sóng triều giảm dần biên độ khi truyền vào sông và tắt hẳn tại điểm ảnh hưởng cuối. Nếu không xét đến ảnh hưởng do dòng chảy từ thượng lưu, thì càng vào sâu, đỉnh triều thấp dần và chân triều cũng cao dần.

Nước biển dâng do bão

Nước dâng do bão Linda (bão số 5, cấp 11, đổ bộ vào mũi Cà Mau ngày 2 tháng 11 năm 1997, gây ra nước dâng lớn nhất tại trạm Gành Hào, đạt 110cm và mực nước dâng tại

các cửa sông Soài Rạp, Đồng Hòa, Ngã Bảy và Cái Mép Vũng Tàu đạt giá trị cực đại vào khoảng 50cm-57cm (VKHTLMN, 2010).

Nước biển dâng do biến đổi khí hậu (BĐKH)

Theo tài liệu thực đo tại Vũng Tàu từ năm 1980 tới nay thì mực nước đỉnh triều có xu hướng tăng cao trong những năm gần đây. Tương quan mực nước đỉnh triều cho thấy mực nước tăng lên khoảng 5,34 mm trong 1 năm. Như vậy, trong 50 năm tới mực nước đỉnh triều có thể tăng lên 26,7 cm. Mực nước thực đo chân triều thấp nhất xu hướng tăng không đáng kể.

2.2. Cơ sở dữ liệu phục vụ tính toán

2.2.1. Số liệu thu thập

- Tài liệu về điều kiện tự nhiên vùng nghiên cứu phục vụ nghiên cứu dự báo diễn biến sạt lở, đề xuất các giải pháp để ổn định bờ sông và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai bao gồm:

+ Tài liệu về đặc điểm tự nhiên, kinh tế xã hội, hiện trạng hệ thống sông Đồng Nai: các tài liệu, số liệu về dân sinh kinh tế xã hội, quy hoạch tổng thể, quy hoạch chuyên ngành có liên quan, quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch xây dựng... của các địa phương dọc theo các tuyến sông chính hệ thống sông Đồng Nai; tài liệu khí tượng thủy văn, mưa, dòng chảy, bùn cát, tình hình lũ lụt, tình hình khai thác sử dụng nguồn nước, xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện ở vùng thượng nguồn hệ thống sông Đồng Nai. Tài liệu vận hành các công trình thủy điện, thủy lợi phía thượng nguồn. Thu thập các thông tin liên quan đến vấn đề khai thác cát lòng sông, nhu cầu khai thác cát trong tương lai, các thông tin liên quan đến luồng tàu, tình hình vận tải thủy....Tài liệu về định hướng và quy hoạch phát triển không gian được phê duyệt của các tỉnh dọc sông Đồng Nai. Các kịch bản phát triển kinh tế xã hội có liên quan đến dòng sông trong trung hạn và dài hạn.

+ Tài liệu địa hình: Tài liệu địa hình DEM 30x30 vùng hạ du sông Đồng Nai Sài Gòn, tài liệu khảo sát địa hình mặt cắt ngang sông Đồng Nai, Sài Gòn các năm 1982, 1993, 1999, 2005, 2008, 2009, 2016, 2018. Tài liệu đo đạc địa hình lòng dẫn sông Đồng Nai khu vực thành phố Biên Hòa năm 2016, 2018, địa hình lòng dẫn sông Sài Gòn khu vực bán đảo Thanh Đa năm 2003.

+ Tài liệu bản đồ: bản đồ quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch vùng ven sông (quy hoạch phát triển KTXH, quy hoạch xây dựng, quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch khai thác vật liệu...), bản đồ hiện trạng thổ nhưỡng, sử dụng đất và bản đồ đất lưu vực nghiên cứu từ cơ sở dữ liệu của FAO, tổ chức về đất trên thế giới (world soil database) để phân tích các tính chất của đất phục vụ tính toán trong các mô hình toán thủy văn và bùn cát làm biên đầu vào tính toán cho mô hình thủy lực, hình thái.

+ Tài liệu viễn thám: Thu thập các ảnh vệ tinh chất lượng cao (VNREDSAT, LANDSAT, SPOT, ALOS, PANXA,...) vùng hạ du sông Đồng Nai để phân tích xu thế diễn biến đường bờ theo không gian và thời gian.

+ Tài liệu địa chất: các tài liệu địa chất công trình dọc trên lòng sông và bờ sông sông Đồng Nai, sông Sài Gòn, Soài Rạp, sông Nhả Bè, sông Vàm Cỏ, sông Lòng Tàu, , sông Thị Vải.

+ Tài liệu thiết kế, thi công hiện nay của các công trình chống úng ngập cho TPHCM, các tài liệu thiết kế, thi công của các công trình trên sông hiện nay (cầu, cổng....).

2.2.2. Số liệu điều tra, khảo sát

- Điều tra thực tiễn tại hiện trường khu vực dự án đánh giá sơ bộ tình hình ngập lụt, sạt lở bờ sông.

- Phỏng vấn thu thập thông tin vào phiếu điều tra, phỏng vấn trực tiếp với các hộ dân cư trong phạm vi nghiên cứu vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn, trao đổi thông tin và ghi nhận những ý kiến cá nhân vào mẫu phiếu điều tra. Mẫu phiếu điều tra được xây dựng trên Thông tư số 12/2014/TT-BTNMT ngày 17 tháng 02 năm 2014 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.

- Khảo sát

2.2.3. Số liệu, tài liệu kẽ thửa

Đề tài đã kẽ thửa các kết quả nghiên cứu từ các đề tài và dự án có liên quan đến khu vực nghiên cứu như:

- Mặt cắt ngang sông Đồng Nai đoạn từ cầu Hóa An đến cầu Ghềnh từ năm 1982, 2007; tài liệu địa hình đo tháng 9/2008; Tài liệu địa hình đo bổ sung tháng 4/2015, 10/2016.

- Tài liệu địa chất: tài liệu địa chất 9/2008 và do công ty CP tư vấn đầu tư GEOQ khảo sát tháng 3/2012, tài liệu địa chất đoạn từ cầu Rạch Cát đến cầu Ghềnh phía Cù lao Phố, đoạn từ đình Phước Lư đến khu dân cư dọc sông Rạch Cát do Viện Kỹ thuật Biển thực hiện năm 2011.

- Các tài liệu báo cáo từ các đề tài dự án như: Báo cáo rà soát bổ sung quy hoạch nông nghiệp nông thôn tỉnh Đồng Nai đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020 – Sở nông nghiệp và PTNT Đồng Nai – 2007; Dự án quy hoạch tài nguyên nước vùng kinh tế trọng điểm phía Nam – Viện khoa học KTTV và MT – 2008; báo cáo tổng hợp đề tài nghiên cứu cấp nhà nước KC08.29 Nghiên cứu đề xuất các giải pháp KHCN để ổn định lòng dãy hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn phục vụ phát triển KTXH vùng Đông Nam Bộ -2006; báo cáo tổng hợp đề tài nghiên cứu cấp nhà nước KC08.14 Nghiên cứu các giải pháp khoa học-công nghệ cho hệ thống công trình chỉnh trị sông trên các đoạn trọng điểm vùng đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ - 2010. Dự án điều tra khảo sát tình hình xói lở sông Đồng – Nai Sài Gòn khu vực thành phố Hồ Chí Minh và định hướng giải pháp phòng chống do Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện năm 2003; dự án “Phân tích, tính toán đánh giá bổ sung chế độ dòng chảy, diễn biến lòng sông (xói lở, vận chuyển bùn cát...), sinh thái thủy vực sông Đồng Nai đoạn từ cầu Hóa An đến Cầu Ghềnh” trong đó có kẽ thửa các số liệu, dữ liệu địa hình, địa chất, đo bổ sung địa hình khu vực dự án, đo bổ sung mặt cắt ngang năm 2018 để đánh giá diễn biến trong những năm gần đây từ năm 2016-2018, kẽ thửa việc thiết lập mô hình MIKE11 (HD, ST), MIKE3 FM (ST/MT), bổ sung thiết lập mô hình MIKE 3FM (ST/MT) có cập nhật địa hình khu vực bán đảo Thanh Đa...

2.3. Phương pháp nghiên cứu.

2.3.1. Phân tích, đánh giá hiện trạng và diễn biến lòng dãy sông Đồng Nai theo tài liệu khảo sát địa hình và theo điều tra khảo sát hiện trường

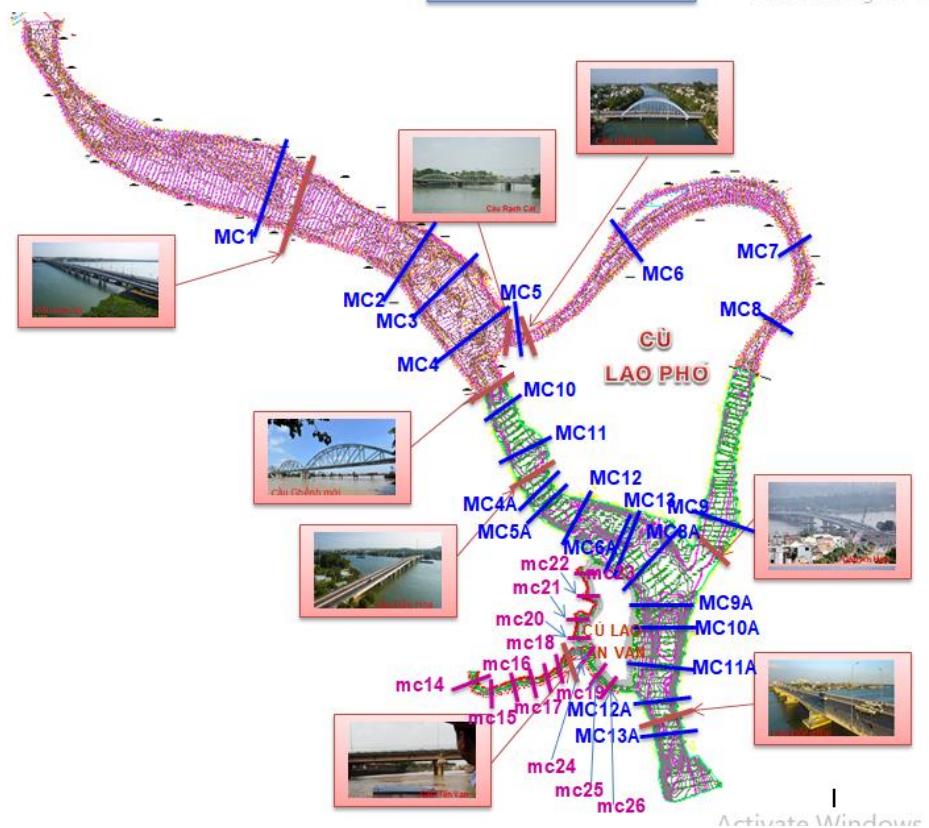
Phương pháp này bắt đầu từ các số liệu, dữ liệu, yếu tố, hiện tượng gần như rời rạc, song bản chất có quan hệ với nhau và được phân tích, tổng hợp lại trên quan điểm hệ thống. Từ đó đi đến phân tích, đánh giá định lượng các yếu tố tác động khác nhau gây biến đổi lòng dãy, gây sạt lở bờ. Đây là phương pháp giúp giải quyết rất hiệu quả các vấn đề phức tạp, có nhiều mối quan hệ (phương diện) để xem xét, so sánh và lựa chọn khi thông tin không đầy đủ.

Trên cơ sở các tài liệu thu thập về địa hình mặt cắt ngang lòng dãy của sông Đồng Nai, Sài Gòn các năm 1982, 1993, 1999, 2005, 2008, 2009, 2016, 2018, tiến hành phân tích tài liệu khảo sát địa hình lòng dãy tháng 9/2008 và tháng 10/2016, 7/2017 và tháng 8/2018, 5/2019 để phân tích hiện trạng và diễn biến tại một số vị trí vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Bảng 2. 1: Tọa độ vị trí các mặt cắt khu vực nghiên cứu trên sông Đồng Nai

Tên mặt cắt	Bờ trái	Bờ phải	Năm đo đạc
-------------	---------	---------	------------

	X	Y	X	Y	
MC1	396523	1211275	396270	1210525	1982,1983,1999,2008,2016,2018
MC2	397926	1210490	397595	1209989	1982,1983,1999,2008,2016,2018
MC3	398333	1210174	397871	1209541	1999,2008,2016,2018
MC4	398700	1209745	398201	1209146	2008,2015,2016,2018
MC5	398935	1209479	398958	1209371	1982,1999,2007,2016,2018
MC6	399772	1210453	400019	1210260	1982,1999,2007,2016,2018
MC7	401508	1210425	401634	1210460	1982,1999,2007,2016,2018
MC8	401207	1209480	401328	1209395	1982,1999,2007,2016,2018
MC9	400652	1207700	401024	1207620	1982,1999,2007,2016,2018
MC10	398807	1208741	398520	1208612	1982,1999,2007,2016,2018
MC11	399096	1208404	398689	1208222	1982,1999,2007,2016,2018
MC12	399176	1207943	398919	1207743	1982,1999,2007,2016,2018
MC13	399939	1207700	399724	1207081	1982,1999,2007,2016,2018
MC4A	398867	1208580	398555	128440	2017,2018
MC5A	399546	1207822	399257	1207481	2017,2018
MC6A	399822	1207756	399638	1207152	2017,2018
MC8A	400295	1207599	399848	1207047	2017,2018
MC9A	400610	1206850	399966	1206824	2017,2018
MC10A	400492	1206469	399979	1206469	2017,2018
MC11A	400452	1206141	399940	1206180	2017,2018
MC12A	400439	1205878	399992	1205799	2017,2018
MC13A	400492	1205523	400111	1205405	2017,2018
MC14	398427	1205958	398312	1205900	2017,2018
MC15	398513	1205909	398499	1205765	2017,2018
MC16	398697	1205984	398743	1205823	2017,2018
MC17	398907	1206127	398941	1205889	2017,2018
MC18	399200	1206133	399266	1206064	2017,2018
MC19	399309	1206271	399364	1206156	2017,2018
MC20	399370	1206435	399456	1206447	2017,2018
MC21	399396	1206636	399505	1206565	2017,2018
MC22	399450	1206835	399554	1206838	2017,2018
MC23	399404	1206799	399508	1207071	2017,2018
MC24	399493	1206153	399580	1206260	2017,2018
MC25	399562	1206036	399631	1206102	2017,2018
MC26	399649	1205915	399712	1206015	2017,2018



2.3.2. Phương pháp giải đoán ảnh viễn thám

Trên cơ sở sử dụng bản đồ không ảnh, bản đồ địa hình, ảnh vệ tinh, ảnh ra đa vệ tinh v.v... ở các thời điểm khác nhau, với sự trợ giúp của phần mềm GIS, các thế hệ bản đồ địa hình được chuyển về cùng một hệ quy chiếu thống nhất. Các ảnh vệ tinh cũng được liên kết, nắn chỉnh và đưa về cùng hệ tọa độ. Sau đó tiến hành chồng ghép các bản đồ, ảnh vệ tinh để đánh giá biến động lòng đất qua các thời kỳ ở khu vực nghiên cứu, đồng thời tính toán được

tốc độ xói lở và bồi lấp trong các thời đoạn khác nhau.

2.3.2.1. Tư liệu sử dụng

1. Tư liệu bản đồ

Tư liệu bản đồ nền dùng làm cơ sở để thành lập bản đồ nền, bản đồ hiện trạng đường bờ trong khu vực dự án là bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 2.000 do Viện Thủy lợi và Môi trường Đại học Thủy lợi đo đạc tháng 10/2016 tỷ lệ 1:2000 và tài liệu khảo sát địa hình năm 2008 và năm 2014, 2017 (do viện Kỹ thuật biển thực hiện), tài liệu khảo sát địa hình năm 2019 do Viện Thủy văn Môi trường và Biển đổi khí hậu thực hiện, các mặt cắt đo đạc khảo sát năm 1982, 1987, 2006, 2016, 2017 và bổ sung năm 2018, 2019.

2. Tư liệu ảnh viễn thám

Ảnh viễn thám sử dụng trong nghiên cứu này gồm ảnh Landsat. Ảnh Landsat được cung cấp bởi U.S. Geological Survey (USGS) tải miễn phí tại website www.global.usgs.gov của trung tâm NASA (Hoa Kỳ). Vệ tinh Landsat-1 được đưa lên quỹ đạo ngày 23/7/1972 có độ cao 910-932km, cung cấp ảnh MSS (Multi-Spectral Scanner) có độ phân giải 79m, gồm một kênh toàn sắc (panchromatic) và 4 kênh phổ (MSS 1- 4). Tiếp sau đó là các vệ tinh Landsat 2, 3 lần lượt được đưa vào quỹ đạo năm 1975 và 1978, mang các đầu thu ảnh MSS. Các vệ tinh Landsat-4, 5 đưa vào quỹ đạo năm 1982 và 1984, mang đầu thu ảnh TM (Thematic Mapper). Gần đây là vệ tinh Landsat-7, được đưa lên quỹ đạo tháng 4/1999, mang đầu thu ảnh ETM+ (Enhanced Thematic Mapper and plus), cung cấp các kênh ảnh đa phổ và toàn sắc có độ phân giải không gian từ 30-15m và vệ tinh Landsat- 8 được đưa vào quỹ đạo 11/02/2013. Trên mỗi ảnh Landsat 8 gồm 11 band ảnh trong đó: 8 band có độ phân giải không gian là 30m, 1 band có độ phân giải là 15m và 2 band có độ phân giải không gian là 10m. Sau khi ảnh được tải về, tiến hành chuẩn hóa và tổ hợp màu thì ảnh tổ hợp màu do bộ cảm OLI chụp có độ phân giải không gian là 30m. Để nâng cao độ phân giải không gian của ảnh toàn sắc thường dùng kỹ thuật để trọng chúng với ảnh Panchromatic (Band 8). Sau khi trộn, độ phân giải không gian của ảnh tổ hợp màu là 15m, việc này giúp giải đoán ảnh dễ phân biệt được các đối tượng trên ảnh.

Các ảnh đã được nắn chỉnh và theo hệ qui chiếu WGS-84 UTM. Danh sách các ảnh tại khu vực dự án được thu thập và được ghi trong bảng sau:

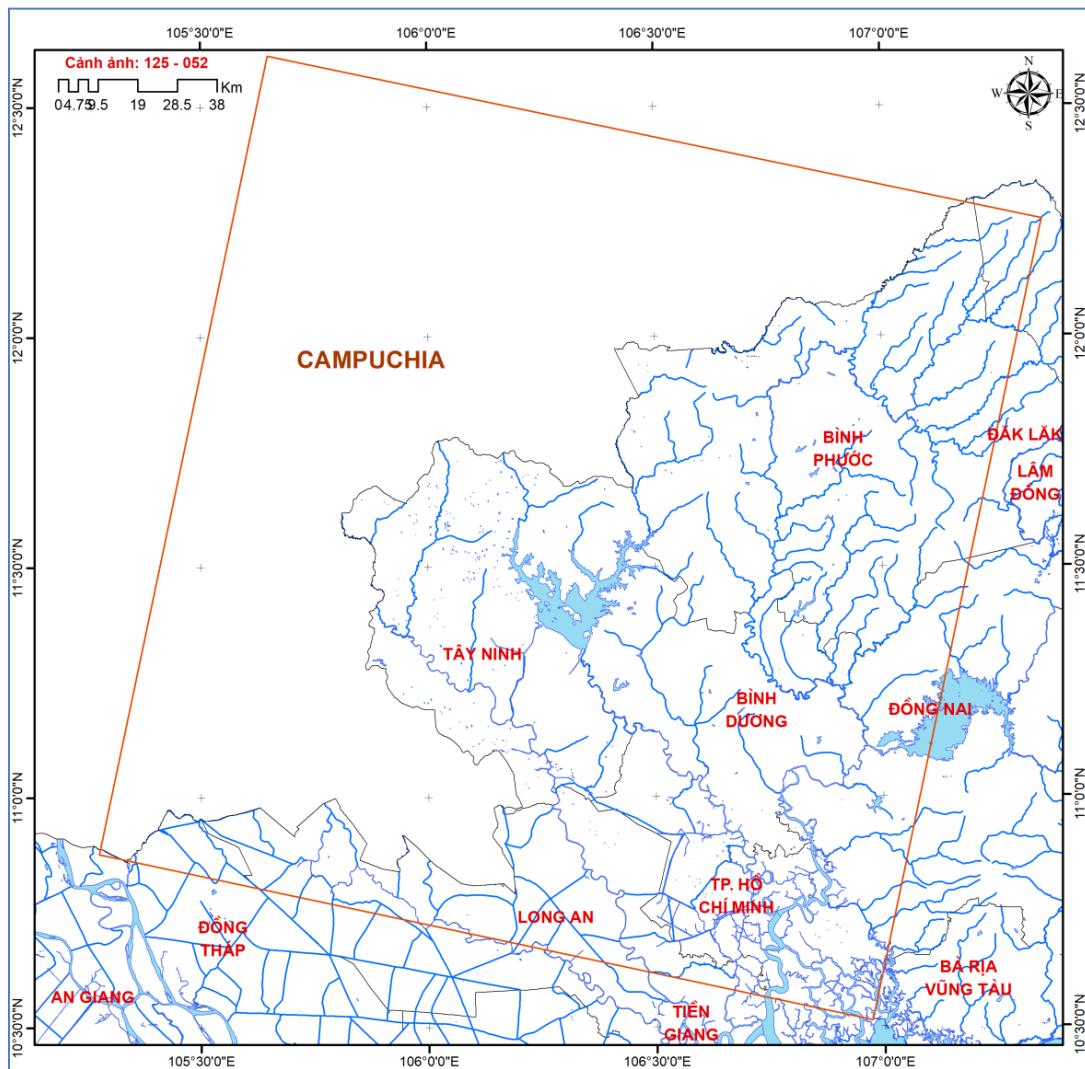
Bảng 3. 1: Dữ liệu sử dụng để phân tích diễn biến đường bờ

STT	Mùa kiệt		Mùa lũ		Loại ảnh
	Cánh ảnh	Ngày chụp	Cánh ảnh	Ngày chụp	
1	125-052	4/2/1990	125-052	17/10/1990	Ảnh Landsat TM
2	125-052	14/01/1993	125-052	15/10/1993	Ảnh Landsat TM
3	125-052	21/02/1995	125-052	2/10/1995	Ảnh Landsat TM
4	125-052	9/1/1997	125-052	6/10/1997	Ảnh Landsat TM
5	125-052	13/02/2000	125-052	12/10/2000	Ảnh Landsat TM
6	125-052	27/02/2004	125-052	11/10/2004	Ảnh Landsat 8 ETM
7	125-052	2/3/2006	125-052	17/10/2006	Ảnh Landsat 8 ETM
8	125-052	8/2/2009	125-052	7/10/2009	Ảnh Landsat 8 ETM
9	125-052	29/01/2011	125-052	13/10/2011	Ảnh Landsat 8 ETM
10	125-052	26/03/2014	125-052	18/09/2014	Ảnh Landsat 8 ETM
11	125-052	29/03/2015	125-052	9/9/2015	Ảnh Landsat 8 ETM
12	125-052	28/02/2016	125-052	13/10/2016	Ảnh Landsat 8 ETM
13	125-052	14/02/2017	125-052	29/10/2017	Ảnh Landsat 8 ETM
14	125-052	24/02/2018	125-052	31/10/2018	Ảnh Landsat 8 ETM

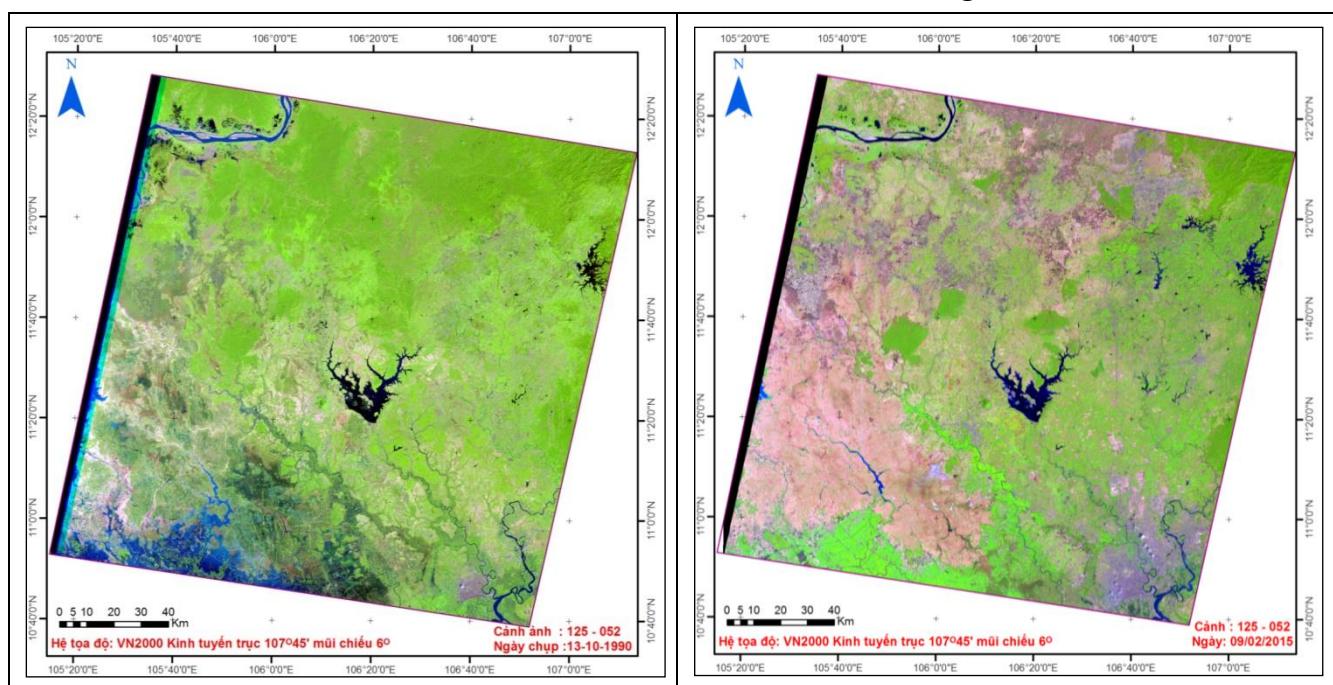
Ảnh viễn thám trong các thời kỳ từ 1990 - 2018 mà đề tài sử dụng có thời gian chụp tương đồng trong mùa kiệt (thời gian chụp từ tháng 1 đến tháng 3) và mùa lũ (thời gian chụp từ tháng 9 đến tháng 10), nên mực nước trên ảnh là tương đồng nhất, không có sự khác

biệt lớn. Do vậy trên cơ sở các tiêu chí trên, ảnh vệ tinh Landsat được chọn để xây dựng tính toán biến động đường bờ khu vực nghiên cứu.

Sơ đồ tư liệu ảnh sử dụng một số cảnh ảnh trong dự án được chỉ ra trong hình vẽ sau:



Hình 4. 1: Sơ đồ tư liệu ảnh viễn thám sử dụng



Hình 4. 2: Bình đồ ảnh vệ tinh

3. Đánh giá tư liệu sử dụng ảnh

Tư liệu ảnh sử dụng để thành lập bản đồ hiện trạng và bản đồ biến động đường bờ là ảnh vệ tinh LANDSAT, nên đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật về hiện trạng và cập nhật những biến động đường bờ qua các năm.

Trên các bức ảnh đa phổ (như các ảnh Landsat MSS, TM, ETM+) độ sáng phổ được ghi trên 6 đến 8 kênh (bands) khác nhau. Mỗi pixel được đặc trưng bởi tín hiệu phổ riêng biệt ở băng khác nhau. Phân loại đa phổ là quá trình chiết tách thông tin, xử lý và sắp xếp các pixel theo những tiêu chuẩn phân loại về đối tượng có dấu hiệu phổ tương tự rồi quy định thành các chỉ tiêu dựa trên các dấu hiệu tương tự đó.

Trong các phương pháp xử lý có nhiều thuật toán khác nhau như: phân loại theo khoảng cách gần nhất, phương pháp phân loại hình hộp, phương pháp phân loại theo “người láng giềng gần nhất”,... các thuật toán đó được sử dụng để xây dựng các mô-đun xử lý ảnh phân loại ảnh.

Quá trình phân loại được máy tính xử lý ảnh theo yêu cầu của người sử dụng. Yêu cầu của người sử dụng được đưa vào máy thông qua giai đoạn chọn tập mẫu. Sau khi người sử dụng chọn tập mẫu cho các đối tượng cần phân loại, máy tính sẽ tự động phân loại và cho kết quả dưới dạng ảnh đã được phân loại. Có hai nhóm phương pháp phân loại cơ bản là phân loại không kiểm định (unsupervised) và phân loại có kiểm định (supervised).

Nghiên cứu đã sử dụng công cụ mở rộng Landsat Toolbox trong ArcGIS để phân tích tính toán đường bờ. Đây là công cụ đã được sử dụng khá phổ biến để phân tích diễn biến bờ sông, bờ biển hoặc vùng cửa sông, ven biển. Các bước xử lý ảnh, xác định đường bờ bằng công cụ Landsat Toolbox được trình bày tóm tắt trong bảng sau:

Bảng 4. 1: Tóm tắt các bước xử lý ảnh, xác định đường bờ bằng công cụ Landsat Toolbox

TT	Tên bước	Nội dung xử lý
1	Tải và giải nén dữ liệu	Download dữ liệu ảnh Landsat từ trang web Global Land Cover Change Facility và U.S. Geological Survey.
2	Cắt vùng nghiên cứu từ ảnh vệ tinh	Cắt ảnh vệ tinh vùng dự án từ năm 1990 đến năm 2015 (như bảng trên), mỗi năm từ 2 ảnh vào mùa mưa và mùa khô
3	Sửa lỗi sọc ảnh Landsat 7 ETM	Sửa các ảnh do lỗi đường quét đối với các ảnh Landsat 7 ETM+ data từ năm 2003 trở lại đây sử dụng Landsat.
4	Phân tích ánh sáng, độ âm	Phân tích độ sáng nhất, tối nhất, độ ẩm ướt từ các band ảnh
5	Tính toán chỉ số thực vật (NDVI)	Tính toán chỉ số thực vật trên vùng ảnh đã cắt
6	Tạo cấp cho đất và nước	Phân cấp ảnh ra làm 10 cấp
7	Phân loại đất và nước	Phân cấp lại theo hai cấp đất và nước
8	Tạo đường bờ	Xác định đường bờ từ hai cấp đất và nước.
9	Kiểm tra lại đường bờ	Kiểm tra lại độ chính xác của kết quả phân tích. Sửa lại kết quả phân tích nếu có sai lệch giữa đường bờ và ảnh.

Kết quả xử lý phân tích đường bờ dựa trên phân loại ảnh có kiểm định và không kiểm định. Từ ảnh vệ tinh Landsat 7, hoặc Landsat 5, các band ảnh được đưa vào xử lý gồm các band 1, band 2, band 3, band 4, band 5, band 7, band 8 từ các band này, phần đất và phần nước sẽ được tách ra, từ đó đường bờ sông, bờ biển sẽ được vẽ dựa trên phần tiếp giáp giữa đất và nước tương ứng với cao trình “0” của hệ cao độ lục địa (2). Đường bờ này sau đó sẽ được hiệu chỉnh dựa trên số liệu đo đạc mục nước triều hàng giờ của trạm Biên Hòa, Phú An. Sau khi phân tích sơ bộ đường bờ, đường bờ từng năm sẽ được đối chiếu so sánh với ảnh tổ hợp màu thật để đánh giá, kiểm tra độ chính xác của kết quả phân loại ảnh.

4. Xử lý và chuyển tải dữ liệu ảnh viễn thám

Quá trình xử lý và chuyển tải dữ liệu ảnh viễn thám là một quá trình phức tạp bao gồm nhiều kỹ thuật khác nhau. Tuy nhiên, quá trình này được thể hiện gồm các bước sau:

a. Nhập dữ liệu ảnh vệ tinh

Ảnh vệ tinh do các thiết bị chụp ảnh cung cấp. Dữ liệu được lưu trong hình thức số sao cho có thể lưu trữ, vận hành bằng máy tính.

b. Khôi phục và hiển thị ảnh

Đây là giai đoạn tiền xử lý phải được tiến hành phân tích các thông tin trên ảnh vệ tinh. Giai đoạn này bao gồm hiệu chỉnh hình học và hiệu chỉnh bức xạ ảnh. Quá trình này thường được thực hiện trên máy tính lớn tại các trung tâm dữ liệu vệ tinh nhằm tạo ra một dữ liệu cần thiết cung cấp cho người sử dụng.

b.1. Hiệu chỉnh bức xạ ảnh

Để đảm bảo nhận được những giá trị chính xác của năng lượng bức xạ, phản xạ của vật thể trên ảnh vệ tinh cần hiệu chỉnh bức xạ nhằm loại trừ các giá trị nhiễu trước khi sử dụng ảnh. Hiệu chỉnh bức xạ ảnh gồm ba nhóm chính là: hiệu chỉnh bức xạ do ảnh hưởng bởi bộ cảm biến, hiệu chỉnh do địa hình và góc chiếu của mặt trời, hiệu chỉnh bức xạ do ảnh hưởng của khí quyển.

b.2. Hiệu chỉnh hình học ảnh

Đây là quá trình chuyển các điểm trên ảnh bị biến dạng về tọa độ thực trong hệ tọa độ mặt đất, quá trình này được hiểu là quá trình loại bỏ sai số nội sai gây ra bởi tính chất của bộ cảm hay sai số ngoại sai gây ra bởi vị thế của vật mang và sự thay đổi của địa hình... Quá trình hiệu chỉnh hình học ảnh gồm hai phương pháp chính gồm xử lý hình học hai chiều và xử lý hình học ba chiều. Mục đích của hiệu chỉnh hình học ảnh là để xác định tọa độ của các đối tượng hoặc tạo ảnh lập thể, chồng các ảnh với nhau để thích hợp trong xử lý và phân tích ảnh, để tạo ảnh nền cho dữ liệu vector, hiển thị ảnh trong môi trường GIS...

c. Xử lý và tăng cường chất lượng ảnh

Đây là quá trình xử lý như lọc không gian, nén ảnh, tạo ảnh tỷ số... nhằm mục đích tăng cường chất lượng ảnh vệ tinh, nâng cao độ chính xác trong quá trình phân loại ảnh phục vụ các mục đích và yêu cầu khác nhau của người sử dụng.

Tăng cường chất lượng ảnh nhằm mục đích làm nổi bật những đối tượng trên ảnh mà người giải đoán quan tâm để thuận lợi trong quá trình phân loại giải đoán ảnh thành lập bản đồ.

d. Phân loại và phân tích thông tin trên ảnh

Đây là giai đoạn quan trọng của quá trình giải đoán ảnh. Phân loại và phân tích thông tin từ ảnh đa phô với mục đích tách các thông tin cần thiết phục vụ việc đánh giá biến động...

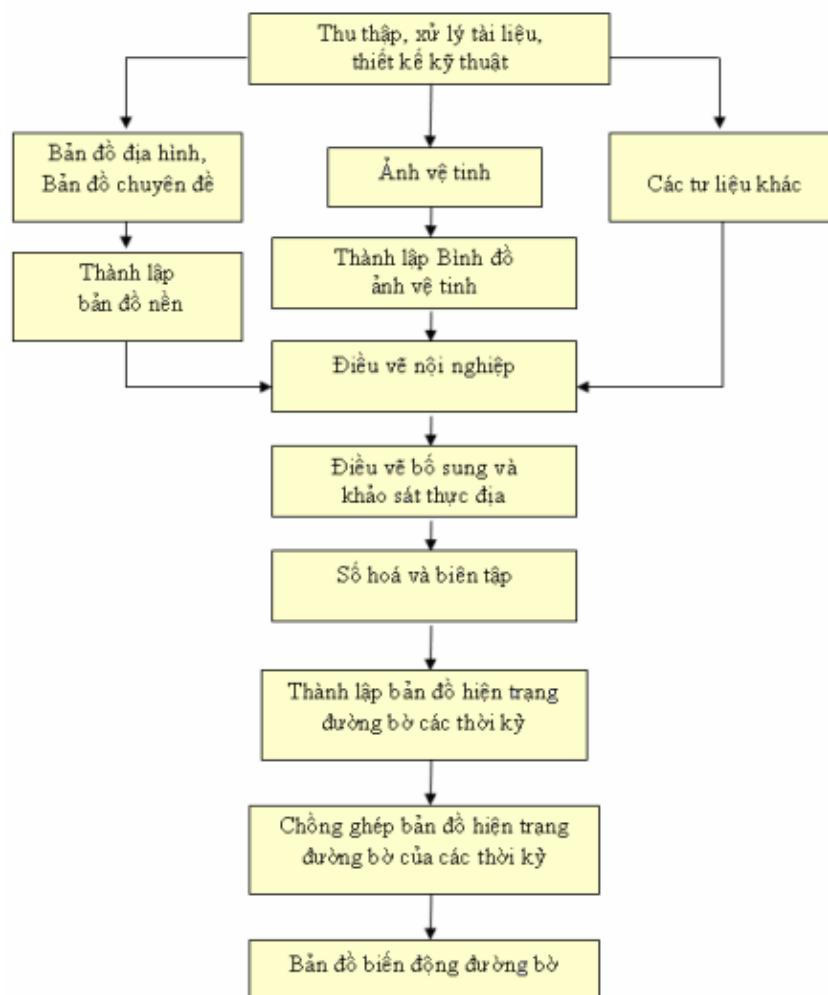
Phân tích thành phần chính: Ảnh vệ tinh đa phô có độ tương quan rất cao. Vì vậy, thông tin của chúng có phần trùng lắp rất lớn. Do đó, cần xác định sự tương quan giữa các kênh phô để loại bỏ thông tin nhiễu nhằm chọn ra các kênh phô có ít sự trùng lắp thông tin mà vẫn giữ được thông tin ở mức chấp nhận được.

e. Xuất kết quả

Đây là giai đoạn cuối cùng của quá trình giải đoán ảnh số. Sau khi hoàn tất các khâu xử lý, kết quả nhận được có thể xuất dưới dạng phim, ảnh, file... Các kết quả xuất này được sử dụng các chức năng của GIS để tạo ra kết quả chính xác hơn theo yêu cầu của người sử dụng.

2.3.2.2. Quy trình công nghệ thành lập bản đồ hiện trạng và bản đồ biến động đường bờ

Phương pháp viễn thám sử dụng trong nghiên cứu là giải đoán thông tin trên các ảnh vệ tinh, bản đồ địa hình và các tài liệu khác có liên quan ở các thời gian khác nhau để phân tích tình hình diễn biến lòng đất vùng dự án. Việc nghiên cứu xây dựng quy trình thành lập bản đồ hiện trạng và bản đồ biến động đường bờ trên cơ sở ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS với việc sử dụng các phần mềm xử lý ảnh và Hệ thống tin địa lý (GIS) được thực hiện theo mô hình tổng quát sau:



Hình 4. 3: Quy trình thành lập bản đồ hiện trạng và biến động

Các phần mềm ảnh & GIS sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: Arcgis của hãng ESRI; ENVI 3.5 (nắn chỉnh hình học, tổ hợp màu và tăng cường chất lượng ảnh, phân tích và giải đoán ảnh viễn thám).

2.3.3. Tính toán mức độ sạt lở bờ sông theo công thức kinh nghiệm và từ tài liệu thực đo, xây dựng công thức kinh nghiệm tính toán cho hệ thống sông Đồng Nai

Xác định tốc độ xói lở bờ sông thực chất là xác định tốc độ biến hình ngang của lòng sông, dưới tác động chính của các lực thủy động lực học, kết quả là khối đất bờ sông mất ổn định, sụp đổ xuống sông.

Các nhà khoa học trên thế giới đã chỉ ra rằng tốc độ xói lở bờ sông phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, nhưng ba yếu tố chính cần được quan tâm đặc biệt đó là: Dòng chảy, hình dạng lòng dẫn và tính ổn định của lòng dẫn tại đó. Với tính phức tạp của dòng chảy, tính đa dạng của lòng dẫn, tính nhiều vẻ của đất bờ sông đã dẫn đến cách đánh giá, hình thức biểu thị rất khác nhau về các yếu tố này trong công thức kinh nghiệm của các tác giả.

Công thức tổng quát tính toán tốc độ xói lở bờ sông tùy thuộc vào nhiều yếu tố và có thể viết dưới dạng sau:

$$B_x = f(M_b, q, h, B, G, \beta, \phi \dots)$$

Trong đó:

B_x : Tốc độ xói lở bờ;

M_b : Mức độ thay đổi của đường bờ;

q : Lưu lượng đơn vị dòng chảy;

h : Chiều sâu của sông;

B : Chiều rộng mặt thoáng;

G : Hàm lượng bùn cát;

β : Hệ số cõi kêt của vật liệu tạo nên lòng dãy;

ϕ : Hệ số biểu thị hình dạng lòng dãy.

Đối với từng khu vực bị sạt lở cần phải phân tích và lựa chọn các yếu tố chính, còn các yếu tố phụ có thể bỏ qua, ngoài ra còn phải xét đến các yếu tố khác chẳng hạn như sự mất cân bằng cơ học, lượng ngập nước của đất bờ, sự tác động của sóng (đối với các vùng cửa sông) hay sóng do tác động của tàu, thuyền...

Hiện nay các công thức kinh nghiệm của một số các chuyên gia như A. Popov, I. A. Ibadzade, P.N. Turin và N.I. Abdurapov (Liên Xô cũ), Hickin - Nanson (Đan Mạch), S. B. Yabusaki và M.H. Ikeda (Nhật), B. Predwojski, B. Blazejewski (Ba Lan) là được sử dụng nhiều nhất trong các trường hợp có số liệu đo đạc trong nhiều năm, nhưng sau đó không có số liệu đo đạc nữa và vì vậy có thể sử dụng các công thức này để tính toán dự báo tốc độ sạt lở bờ sông dựa theo số liệu đo đạc đã có. Để tính toán tốc độ xói lở bờ cần sử dụng có chọn lọc các công thức kinh nghiệm trên cho phù hợp với các điều kiện về địa hình, địa chất, thủy văn từng khu vực.

Berkovitch trong nghiên cứu của mình (Berkovitch, 1992) đã xác định chiều rộng xói lở bờ sông được tính theo công thức sau:

$$B_{od} = K_i \frac{Q^2 I}{d_{50} H_b} \quad (3)$$

Trong đó:

d_{50} : Đường kính hạt trung bình bùn cát [mm]

H_b : Chiều cao của bờ sông tính từ mực nước min [m]

K_i : Hệ số xói mòn $[(m^3/s)^{-1}]$

I : Độ dốc lòng sông [-]

Theo Ibadzade (1966) tốc độ xói lở ngang của đoạn sông cong phụ thuộc vào lưu lượng dòng chảy Q , bán kính cong R của đoạn sông đang xét, chiều rộng lòng sông B và hệ số ổn định của đất bờ γ

$$\dot{B}_{xi} = f(Q, R_i/B_i, \gamma)$$

Công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ cho đoạn sông cong Ibadzade:

$$B_{xi} = B_{xo} \exp[-\alpha \frac{R_i}{B_i}]$$

Trong đó:

- B_{xi} : Là tốc độ xói lở ngang (m/năm) tại mặt cắt thứ i.
- B_{xo} : Là tốc độ xói lở ngang lớn nhất tại đoạn nghiên cứu (m/năm) trong quá khứ.
- R_i : Bán kính cong tại mặt cắt thứ i (m).
- B_i : Chiều rộng sông tại mặt cắt thứ i (m).
- α : Hệ số thực nghiệm.

Các bước tiến hành để xác định hệ số thực nghiệm α và B_{x_0} trong công thức này là:

- Mô phỏng tương đối chính xác nhất đường bờ sông khu vực bị xói lở cho các giai đoạn có tài liệu đo đạc bằng những đường Parabol có dạng $y = ax^2$;

- Xác định bán kính cong (R_i) cho các mặt cắt sông tại khu vực xói lở, tương ứng với từng giai đoạn có tài liệu đo đạc khảo sát đường bờ theo công thức (3);

- Xác định chiều rộng lòng sông (B_i) tại các mặt cắt trong mỗi giai đoạn;
- Xác định vận tốc xói lở thực đo (B_{xi}) tại các mặt cắt tính toán qua từng giai đoạn;
- Lập bảng tính toán, xây dựng quan hệ giữa B_{xi} và R_i/B_i , sau đó xác định hệ số thực nghiệm (α và B_{x_0} theo phương pháp sai số bình phương tối thiểu).

Theo Popov [4], Lê Ngọc Túy và một số tác giả khác [5] cũng đề cập tới ba yếu tố chính nêu trên trong công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ sông của mình, nhưng cách biểu thị các yếu tố đó có nhiều điểm khác với Ibadzade. Công thức của các tác giả đều có dạng chung:

$$B_{xi} = \frac{\alpha F}{LT} \left[\frac{H_{max,i} - H}{H_{max} - H} \right]^{\beta}$$

Trong đó:

- B_{xi} : tốc độ xói lở ngang (m/năm) tại mặt cắt i;
- F : diện tích khói đất bờ xói lở trong khoảng thời gian T năm (m²);
- L : chiều dài đường bờ sạt lở của từng giai đoạn (m);
- T : thời gian xói lở (năm);
- $H_{max,i}$: độ sâu lớn nhất tại mặt cắt tính toán thứ i (m);
- H_{max} : độ sâu lớn nhất của đoạn xói lở nghiên cứu (m);
- H : độ sâu ổn định (tại mặt cắt quá độ) (m);
- α, β : Các hệ số thực nghiệm,

Các bước tiến hành để xác định hệ số thực nghiệm α trong công thức này là:

- Chia đoạn sông bị xói lở ra nhiều mặt cắt dựa theo tài liệu địa hình;
- Xác định tốc độ xói lở cho từng mặt cắt trong các thời kỳ khác nhau;
- Xác định diện tích khói đất bờ bị xói lở (F), chiều dài bị sạt lở (L) và tốc độ xói lở trung bình ứng với mỗi thời kỳ (F/LT);
- Xác định chiều sâu trung bình tại mặt cắt ổn định (H), chiều sâu lớn nhất trên bình đồ lòng sông (H_{max}) tại các mặt cắt và chiều sâu lớn nhất của đoạn sông (H_0) trong mỗi thời kỳ;

- Lập quan hệ giữa B_{xi} thực đo và thông số $X = (H_{max} - H) / (H_0 - H)$, sau đó xác định hệ số thực nghiệm α theo phương pháp sai số bình phương trung bình nhỏ nhất.

Để đánh giá hiện tượng xói lở bờ sông do dòng chảy trong mùa mưa lũ được thực hiện bằng phương pháp của Hickin và Nanson (1984)[7]. Phương pháp này được xây dựng trên cơ sở của phương trình cân bằng năng lượng, thể hiện bằng các công thức:

$$M\left(\frac{R}{B}\right) = \frac{2}{3}M\left(\frac{R}{B} - 1\right)$$

trường hợp $R/B < 1$ hoặc $R/B > 2.5$

$$M\left(\frac{R}{B}\right) = 2.5M\left(\frac{R}{B}\right)^{-1}$$

trường hợp $1 < R/B < 2.5$

$$M = \frac{\Omega}{hGB} \text{ và } \Omega = \rho g IQ$$

trong đó:

$M(R/B)$ - tốc độ sạt lở bờ trong một năm, tính bằng m/năm;

R - bán kính cong của đoạn sông bị sạt lở (m);

B - chiều rộng trắc diện ngang của đoạn sông sạt lở ứng với lưu lượng tạo lòng (m);

ρ - trọng lượng riêng của nước (kg/m^3);

g - gia tốc trọng trường, bằng 9.82 m/s^2 ;

I - độ dốc mặt nước theo chiều dọc;

Q - lưu lượng dòng chảy tương ứng với lưu lượng tạo lòng (m^3/s); h -độ sâu trung bình tương ứng của mặt cắt (m);

GB - thông số phản ánh mức độ kiên cố của bờ sông,

GB phụ thuộc vào đường kính của hạt tạo bờ.

Từ đường kính trung bình ($d50$) và các tính chất cơ lý của đất cấu tạo bờ xác định được giá trị của GB theo bảng đã lập sẵn của Hickin và Nauson (1984), phục vụ việc tính toán dự báo sạt lở.

Công thức kinh nghiệm xây dựng từ tài liệu đo đạc bờ tả sông Tiền khu vực Thường Phước tỉnh Đồng Tháp của GS.TS. Lê Mạnh Hùng:

$$B_{xi} = \frac{\alpha \cdot F}{L \cdot T} \left[\frac{H_{max,i} - H_0}{H_{max} - H_0} \right]^\beta$$

trong đó:

Trong đó:

- Các kí hiệu như trong công thức (1-2).

- β : Hệ số thực nghiệm.

Berkovitch (1992) đã xác định tốc độ sạt lở bờ theo công thức như sau:

$$C_b = K_1(Q^2 I / dH_b)$$

Trong đó:

I: Độ dốc lòng sông

d: đường kính hạt trung bình [mm]

Hb: Chiều cao bờ tính từ mực nước thấp

m và K là hệ số thực nghiệm

*) Tính tốc độ dòng chảy giới hạn gây xói

Hiện nay, xác định tốc độ xói lở của đất một cách trực tiếp bằng các thí nghiệm là rất khó ở điều kiện Việt Nam. Nghiên cứu này đề xuất sử dụng phương pháp gián tiếp để xác định tốc độ xói lở của đất, Briau JL. (2008) [8]. Đây là phương pháp dùng công thức kinh nghiệm, được nhóm nghiên cứu Briau JL. xây dựng dựa trên kết quả 15 năm thí nghiệm về tốc độ xói lở của đất tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Texas A & M, Mỹ. Trong đó, công thức đề xuất tính cho từng loại đất như sau

- Đất hạt rời, kết dính kém (cát, bụi)

$$V_c = 0.1 (D_{50}) - 0.2$$

- Đất dính

$$V_c = 0.03/D_{50}$$

Với V_c là tốc độ giới hạn của dòng chảy có thể gây ra hiện tượng xói lở. Khi dòng chảy nhỏ hơn V_c thì hiện tượng xói không xảy ra. D_{50} là đường kính tại đó 50% hạt mịn lọt qua.

Dựa vào tài liệu thực đo về địa hình, địa chất, thủy văn từ 1997 đến 2019, kê thừa kết quả của các đề tài, dự án trước đây và kết quả điều tra dân gian, khảo sát hiện trạng bờ sông bị sạt lở trên phạm vi vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai, trên cơ sở phân tích thé sông, dòng nước, hình dạng sông, các nguyên nhân gây nên sạt lở và đã tính toán tốc độ sạt lở bờ bằng công thức kinh nghiệm Popov cho các đoạn sông thẳng, nơi có dòng chủ lưu vận tốc lớn ép sát bờ và đoạn sông cong nơi có cù lao phân lạch sử dụng công thức Ibadzade.

*) Xây dựng công cụ đánh giá nhanh mức độ sạt lở bờ sông

Để đánh giá nhanh mức độ sạt lở bờ sông cần dựa trên yếu tố mặt cắt hình học sông (chiều cao bờ, góc nghiêng của bờ, địa chất lớp bờ, góc nghiêng đáy bờ...). Partheniades, (1965) đã xây dựng phương trình tính toán mức độ xói lở bờ như sau:

$$E = k \Delta t (\tau_0 - \tau_w)$$

$$\tau_o = \frac{\gamma_n n^2 (u + U)^2}{R^{1/3}}$$

$$\tau_w = G \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \phi \left(1 - \frac{\operatorname{tg}^2 \theta}{\operatorname{tg}^2 \phi} \right)^{1/2}$$

Trong đó:

E: Phạm vi sạt lở bờ (m)

k: Hệ số xói lở bờ ($\text{m}^3/\text{N.s}$)

Δt : Bước thời gian tính toán (s)

τ_0 : Ứng suất trung bình (Pa)

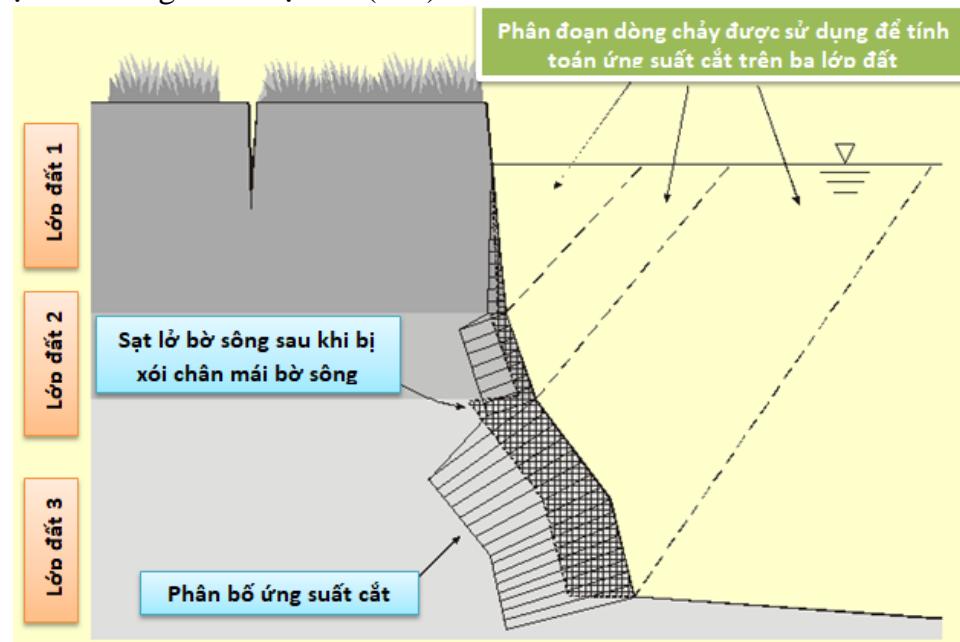
τ_w : Ứng suất cắt (Pa)

R: Bán kính thủy lực

n: Hệ số nhám Manning

U: Vận tốc dòng chảy gần bờ (m/s)

u: Vận tốc trung bình mặt cắt (m/s)



Hình: Phân bố ứng suất sạt lở bờ sông
Xác lập các số liệu input cho công cụ đánh giá nhanh mức độ sạt lở bờ

Nhập số liệu mặt cắt và dòng chảy

Lựa chọn các hội đồng tính toán và an toàn chạy mô hình

- Chọn Option A hoặc Option B và vào giá trị cho mỗi ô giá trị sau đó vào giá trị các mặt cắt
- Nhập bê dày lớp địa chất bờ (nếu vật liệu bờ là đồng nhất thì cũ)
- Nếu bờ bị ngập cần chọn độ sâu dòng chảy cho phù hợp có thể tính toán xói bờ.

Option A - Vẽ mặt cắt ngang bờ sông		Option B - Nhập chiều cao, góc bờ, mô hình sẽ tạo mặt cắt ngang	
<input checked="" type="radio"/> Option A	Điểm	Vị trí (m)	Cao độ (m)
	A	0.00	5.00
	B	3.52	5.00
	C	3.60	4.08
	D	3.68	3.17
	E	3.76	2.25
	F	3.84	1.32
	G	3.84	0.39
	H	4.29	0.04
	I	4.82	0.00
	J	5.82	0.00
K - Điểm uốn ứng suất		3.00	
Góc ứng suất mặt		57.50	

2. Chiều dày lớp vật liệu bờ (m)

Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 5
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Bè mặt	4.00	3.00	2.00	1.00
Cao trình lớp vật liệu, starting from point B				

3. Thông số kênh

Cao trình mực nước (m)	Độ dốc lòng đất (m/m)	Thời gian duy trì dòng chảy (hrs)
2.00	0.0035	12

Định nghĩa các điểm trong mặt cắt đại diện

A - Điểm đầu của bờ vị trí tính ứng suất bờ
B - Điểm mép bờ sông
C-F - Điểm gãy của bờ (nếu không có tay diềm giữa bờ và đáy sông)
G - Điểm đầu đường góc đáy bờ
H - Điểm gãy của góc đáy bờ (nếu có thể chen điểm giữa I - bờ ứng với mực nước min J - điểm sâu nhất của mặt cắt ngang)

Ghi chú:
Bề mặt cắt phải vào dinh bờ sông giữa các điểm A và B, bờ sông có thể nhỏ ra, Điểm K không được nằm trên mặt cắt ngang - độ cao của điểm này phải là duy nhất hoặc thông báo lỗi sẽ hiển thị.

Chọn thành phần nào bạn muốn sử dụng đầu tiên. Bạn sẽ được tự động chuyển hướng đến bảng tính có liên quan sau khi nhấn nút Chạy mô hình

CHẠY MÔ HÌNH

Tham khảo địa chất bờ sông

MẶT CẮT ĐỊA CHẤT (4-3-7-8-9)

KÝ HIỆU ĐỊA CHẤT

Diagram showing a geological cross-section with various symbols for different rock types and features.

Điều kiện

Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 5	Vật liệu dày bờ	Vật liệu dày
Boulders (256 mm)	Moderate cohesive	Moderate cohesive	Erode cohesive	Moderate cohesive	Enter own data	Fixed bed
248.83	5.00	5.00	0.10	5.00	1.50	248.83
0.006	0.045	0.045	0.316	0.045	0.082	0.006

Điều kiện

Base bờ	Bảo vệ bờ	Chạy mô phỏng ứng suất cắt
No protection	No protection	Chạy mô phỏng ứng suất cắt

Ứng suất giới hạn trung bình ban đầu

Pr	cn
21.27	19.38
m	m

Diện tích xói lở bờ trung bình

m
0.01

Diện tích xói lở bờ

m
0.01

Diện tích xói lở đáy

m
0.00

Tổng diện tích xói lở

m
0.02

Export Coordinates back into model

Select material types (or select "own data" and add values below)

Bank Material					Bank Toe Materi
Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	
Erodible soft clay	Fine rounded sand	Erodible soft clay	Resistant silt	Fine rounded san	Erodible silt

Bank and bank-toe material data tables.

These are the default parameters used in the model. Changing the values or descriptions will change the values used when selecting soil types from the list boxes above. Add your own data using the white boxes.

Material Descriptors		Bank Model Input Data					
Bank material type	Description	Mean grain size, D_{50} (m)	Friction angle ϕ' (degrees)	Cohesion c' (kPa)	Saturated unit weight (kN/m^3)	ϕ^b (degrees)	Chemical concentration (kg/kg)
1	Boulders	0.512	42.0	0.0	20.0	15.0	-
2	Cobbles	0.128	42.0	0.0	20.0	15.0	-
3	Gravel	0.0113	36.0	0.0	20.0	15.0	-
4a and 4b	Angular sand	0.00035	32.3	0.4	18.5	15.0	-
5a and 5b	Rounded sand	0.00035	28.3	0.4	18.5	15.0	-
6a, 6b and 6c	Silt	-	26.6	4.3	18.0	15.0	-
7a, 7b and 7c	Soft clay	-	26.4	8.2	17.7	15.0	-
8a, 8b and 8c	Stiff clay	-	21.1	12.6	17.7	15.0	-
9	Own data layer 1						
	Own data layer 2						
	Own data layer 3						
	Own data layer 4						
	Own data layer 5						
	Own data Bank Toe						

Need to know the critical shear stress (τ_c) ?

Input non-cohesive particle diameter (mm)

0.500

Critical Shear Stress τ_c (Pa)

0.36

Need to know the erodibility coefficient (k) ?

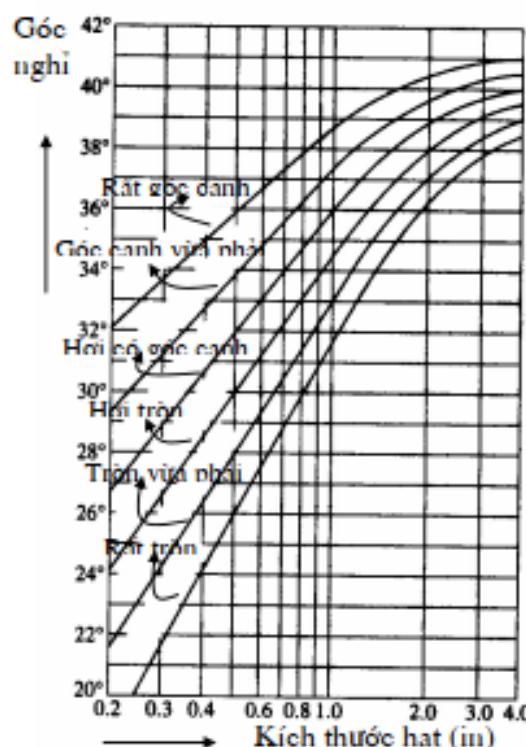
Input critical shear stress τ_c (Pa)

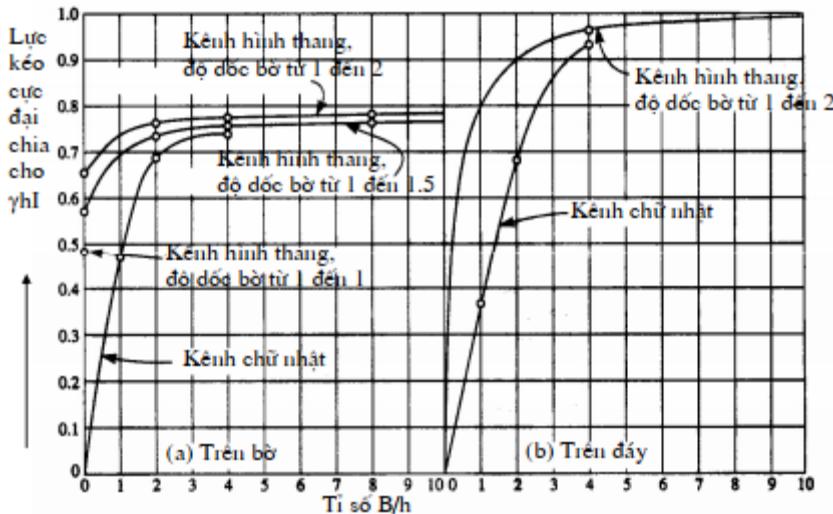
1.200

Erodibility Coefficient (cm^3/Ns)

0.091

Các góc nghi của các vật liệu khác nhau được cho bởi Lane (1953) như trình bày trong hình vẽ sau:





2.3.4. Phương pháp mô hình toán

Do chế độ thủy động lực sông ngòi rất phức tạp và phụ thuộc quá nhiều các yếu tố nên trạng thái của địa hệ sông trong tương lai sẽ là một hàm số có nhiều biến số tác động, làm biến đổi trạng thái của hệ thống. Để dự báo hoạt động xói - bồi sông ngòi trên thế giới đã sử dụng nhiều mô hình toán thuỷ lực khác nhau như: WASP, WENDY, MIKE 11, MIKE 21, MIKE 31, HEC 6, HEC - RAS, CH2D, 3D v.v...Để tài sử dụng họ mô hình để liên kết và xem xét quan hệ lẫn nhau giữa các biến số trong dự báo xói bồi lòng dãy đặc biệt sử dụng mô hình MIKE3 để tính toán xem xét theo chiều ngang và chiều sâu, nghiên cứu dòng chảy, nghiên cứu chuyển động bùn cát và nghiên cứu biến hình lòng dãy theo phương ngang và phương đứng.

2.3.4.1. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE11 phục vụ cho việc phân tích đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực.

1. Phạm vi nghiên cứu mô hình

Để tính toán đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai cần thiết lập mạng sông cho toàn hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn. Kế thừa tài liệu từ dự án Quy hoạch chống ngập cho Thành phố Hồ Chí Minh, dự án quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đồng Nai và các dự án điều tra đo đạc khảo sát trên sông Đồng Nai – Sài Gòn do viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện, dự án Cải tạo cảnh quan và phát triển đô thị ven sông Đồng Nai, trong đó có bổ sung cập nhật tài liệu đo đạc địa hình mới nhất năm 2016, năm 2017, năm 2018 và 2019.

2. Sơ đồ thủy lực tính toán

Sơ đồ thủy lực tính toán nghiên cứu bao gồm toàn bộ hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn được số hóa với tổng số 269 nhánh sông chính với tổng chiều dài được mô phỏng khoảng 1926,7 km, và 7563 nút tính toán. Tổng số mặt cắt sử dụng trong mô hình là 1112 mặt cắt.

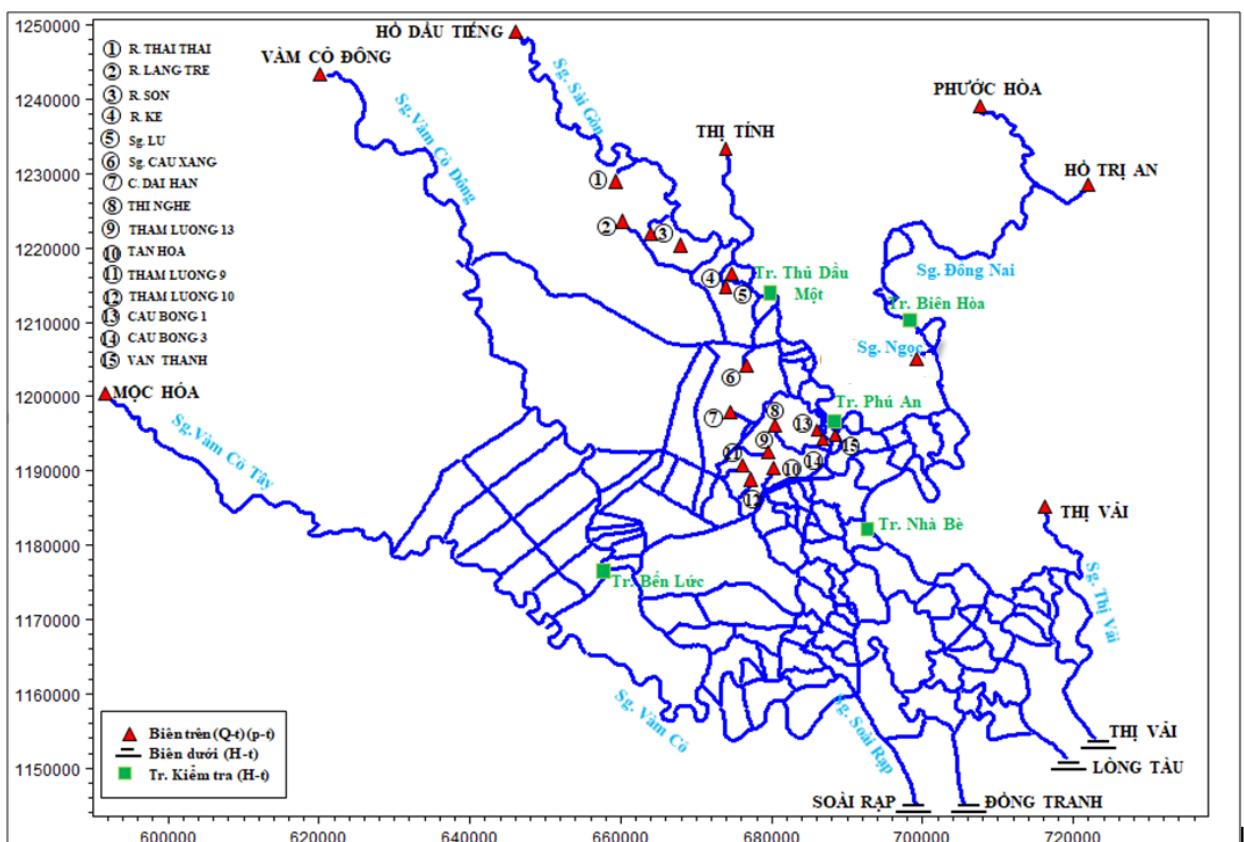
Sơ đồ mạng sông bao gồm các sông chính sông như Vàm Cỏ Đông, Vàm cỏ Tây, sông Vàm Cỏ, sông Soài Rạp, sông Sài Gòn, sông Nhà Bè, sông Lòng Tàu, sông Đồng Nai, sông Cần Giuộc, sông Thị Tính....

- Sông Đồng Nai tính từ hồ Trị An đến ngã ba trên dài gần 93 km.
- Sông Bé tính từ trạm Phước Hòa đến nhập lưu vào sông Đồng Nai dài khoảng 50km
- Sông Sài Gòn tính từ hồ Dầu Tiếng đến nhập lưu với sông Đồng Nai dài khoảng 143.7 km.

- Sông Vàm Cỏ Đông tính từ trạm thủy văn Cần Đăng tới hợp lưu với sông Vàm Cỏ dài khoảng 150km
- Sông Vàm Cỏ Tây kéo dài từ trạm thủy văn Mộc Hóa cho tới hợp lưu với sông Vàm Cỏ Đông kéo dài hơn 160 km.
- Sông Vàm Cỏ tính từ hợp lưu từ sông Vàm Cỏ Đông với Vàm Cỏ Tây tạo thành sông Vàm Cỏ đến nhập lưu vào sông Soài Rạp dài 34.8km.
- Sông Soài Rạp tính từ ngã ba với sông Lòng Tàu đến cửa Soài Rạp dài gần 40km
- Sông Lòng Tàu bắt đầu từ ngã ba sông Lòng Tàu với sông Soài Rạp đến cửa Lòng Tàu dài 42.8km.

Ngoài ra còn rất nhiều sông nhỏ và kênh rạch chằng chịt đặc biệt là vùng hạ lưu hệ thống sông như kênh Bo Bo, kênh Thủ Thừa, kênh Thủ Đức, Rạch Làng The, Rạch Sơn, sông Ngọc, rạch Ông Dầu, rạch Bà Lồ...

Sơ đồ tính toán trong mô hình MIKE11 trên sông Đồng Nai – Sài Gòn như sau:



Hình 5. 1: Sơ đồ thủy lực mạng sông Đồng Nai – Sài Gòn

3. Tài liệu cơ bản sử dụng để tính toán

a) Các công trình có nhiệm vụ cát lũ cho hạ du

Trong tính toán thủy lực đã đưa hệ thống hồ chứa (Trị An, Phước Hòa, Dầu Tiếng) là các hồ chứa ở bậc thang cuối của hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn) cắt lũ theo quy trình vận hành liên hồ chứa đã được Thủ tướng chính phủ phê duyệt theo quyết định số 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019, trong đó có nội dung quy định đảm bảo an toàn tuyệt đối cho các công trình hồ chứa Trị An và Dầu Tiếng không để mực nước hồ chứa vượt cao trình mực nước lũ kiểm tra với mọi trận lũ có chu kỳ lặp lại nhỏ hơn hoặc bằng 5.000 năm, hồ chứa Phước Hòa chu kỳ lặp lại nhỏ hơn hoặc bằng 1.000 năm và góp phần giảm lũ cho hạ du. Các hồ chứa còn lại trên bậc thang sông Đồng Nai sẽ được xem xét vận hành theo mô hình HEC RESSIM. Các thông số thiết kế các hồ chứa nêu trên được thể hiện trong bảng sau (các thông số của

các hồ khác trên hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn xem thêm trong quyết định 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019):

Bảng 5. 1: Các thông số thiết kế các hồ chứa phòng lũ trên lưu vực sông Đồng Nai được xem xét trong mô hình thủy lực MIKE11

STT	Thông Số	Đơn vị	Phú Quốc Hòn	Trị An	Dầu Tiếng
I	Các đặc trưng lưu vực				
1	Lưu lượng TB nhiều năm	m ³ /s		506	
2	Lưu lượng đỉnh lũ kiểm tra	m ³ /s	6.200 P=0,1%	23.500 P=0,02%	6.200 P=0,02%
3	Lưu lượng đỉnh lũ thiết kế	m ³ /s	4.200 P=0,5%	19.000 P=0,1%	4.910 P=0,1%
II	Thông số hồ chứa				
1	Mực nước dâng bình thường	m	42,9	62	24,4
2	Mực nước chết	m	42,5	50	17
3	Mực nước lũ thiết kế	m	46,23 P = 0,5%	62,48	25,1 P = 0,1%
4	Mực nước lũ kiểm tra	m	48,25 P=0,1%	63,9	26,92 P=0,02%
5	Dung tích toàn bộ (W _{tb})	10 ⁶ m ³	21	2764,7	1.580
6	Dung tích hữu ích (W _{hi})	10 ⁶ m ³	2,45	2546,7	1.110
7	Dung tích chết (W _c)	10 ⁶ m ³	18,55	218	470
III	Đập dâng chính				
1	Cao trình đỉnh đập	m	51,5	65	28,00
2	Chiều dài đỉnh đập	m	546	420	1.100
3	Chiều cao đập lớn nhất	m	28,5	40	28,00
IV	Đập tràn				
1	Số khoang tràn	khoang	4	8	6
2	Kích thước cửa van	m x m	4x10	15 x 16,3	10 x 6
3	Q _{xá} max với P=0.1%	m ³ /s		18.700	2.800
4	Cao trình ngưỡng tràn	m	32,5	46	14
V	Nhà máy thủy điện				
1	Lưu lượng lớn nhất	m ³ /s		880	
2	Công suất lắp máy	MW		400	
3	Số tôm máy	tô		4	

b) Tài liệu địa hình

Địa hình mặt cắt sông toàn bộ sông kênh khu vực hạ lưu Sài Gòn - Đồng Nai được cập nhật từ các dự án như sau:

- Dự án quy hoạch chống ngập úng khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2009 do Viện Khoa học Thuỷ lợi Miền Nam thực hiện.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình từ các dự án thuộc viện Viện Khoa học Thuỷ lợi Miền Nam thực hiện được đo đạc từ năm 2006-2009.
- Số liệu địa hình các mặt cắt khác như khu vực Sài Gòn, Đồng Nai, Cần Giờ, sông Lòng Tàu, Soài Rạp cũng được cập nhật với tài liệu đo đạc năm 2009 do Viện KHTL Miền Nam thực hiện.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình tại vị trí 12 công chống ngập úng trong đề tài cấp nhà nước " Nghiên cứu dự báo diễn biến bồi lắng, xói lở lòng dẫn sông Đồng Nai – Sài Gòn dưới tác động của hệ thống công trình chống ngập úng và cải tạo môi trường cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh" thực hiện năm 2011.

- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình bổ sung từ dự án Quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đồng Nai thực hiện năm 2014.
- Tài liệu đo đạc khảo sát địa hình bổ sung khu vực thành phố Biên Hòa đo bổ sung năm 2008, 2015, 2016, 2017, 2018.
- Tài liệu khu vực bán đảo Thanh Đá năm 2010, năm 2017 và năm 2019.

Đây là bộ số liệu khá hoàn chỉnh và đồng bộ, khoảng cách đo đạc giữa các mặt cắt ngang biến đổi trong phạm vi từ 2-4 km. Tất cả các mặt cắt đã được kiểm tra về mốc cao độ và kiểm tra về vị trí. Ngoài ra, trong mô hình các cầu qua sông cũng được đưa vào mạng sông tính toán. Trong bảng dưới đây thống kê tài liệu và số lượng mặt cắt địa hình lòng dẫn mạng sông sử dụng trong mô hình.

Số liệu của phần lớn các mặt cắt trên sông lớn như sông Sài Gòn, Đồng Nai, Nhà Bè, Lòng Tàu, Thị Vái, Vàm Cỏ đều được cập nhập mới và bổ sung thêm.

Các thông số liên quan đến cao trình đều được quy về hệ cao độ nhà nước. Vị trí mặt cắt sông kênh, nút phân/nhập lưu được biểu diễn trong tọa độ VN-2000.

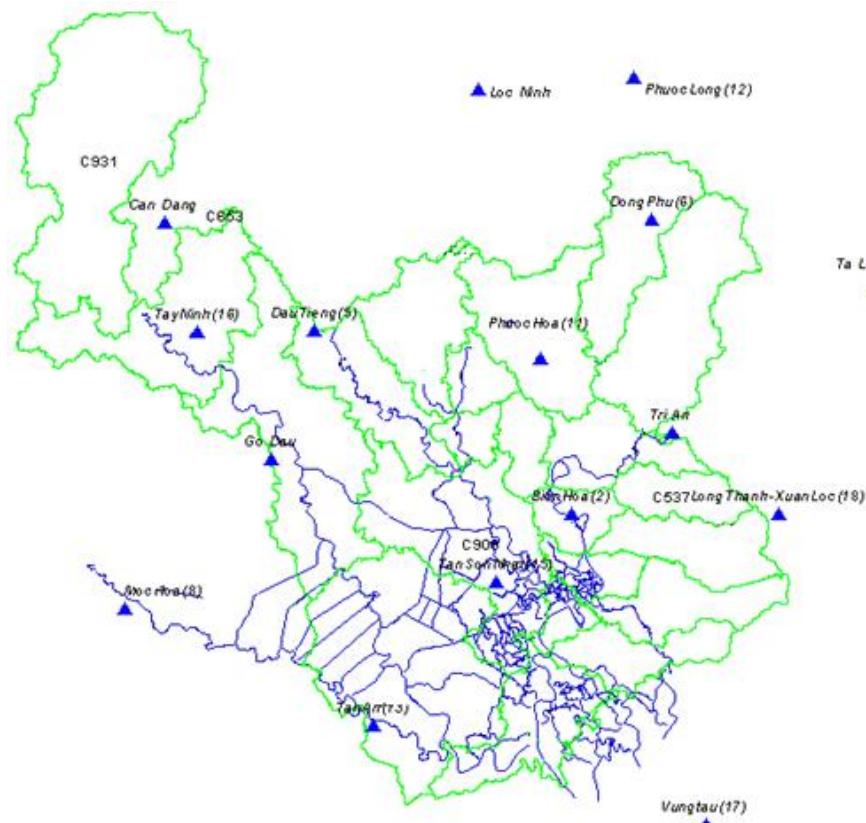
c) Tài liệu khí tượng thủy văn

Để phục vụ cho mô phỏng thủy lực cho hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn thì tài liệu thủy văn đã được thu thập và phân tích bao gồm: Tài liệu về khí tượng (mưa, bốc hơi), Thủy văn (mực nước và lưu lượng).

Tài liệu khí tượng các trạm Biên Hòa, Càn Đăng, Đầu Tiêng, Đồng Phú, Gò Dầu, Lộc Ninh, Long Thành, Mộc Hóa, Phước Hòa, Phước Long, Tà Lài, Tân An, Tân Sơn Nhất, Tây Ninh, Trị An, Vũng Tàu.

Tài liệu thủy văn các trạm Vũng Tàu, Biên Hòa, Cát Lái, Phú An, Nhà Bè, Thủ Dầu Một, Bến Lức, Tân An, Mộc Hóa, lưu lượng thượng lưu sông Vàm Cỏ Đông, Thị Tính

Tài liệu lưu lượng xả xuồng hạ du của hồ Đầu Tiêng, Trị An, Phước Hòa.



Hình 5. 2: Các trạm khí tượng trên lưu vực sông Đồng Nai Sài Gòn được xem xét trong mô hình MIKE11

Nguồn tài liệu khí tượng thuỷ văn tại các trạm trên có chất lượng tốt, đáng tin cậy. Các số liệu đã được chỉnh biên, kiểm tra độ chính xác hợp lý, đảm bảo được yêu cầu chất lượng, sử dụng được trong phân tích tính toán thuỷ văn phục vụ cho việc phân tích đánh giá biến động chế độ thủy văn, thủy lực vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

d) Số liệu phục vụ tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Năm được chọn để hiệu chỉnh mô hình là năm có đủ số liệu thực đo trên hệ thống sông đang xét và cũng là năm có lũ khai lớn so với chuỗi quan trắc trên hệ thống.

Trong thời gian quan trắc 30 năm, các năm xảy ra lũ lớn, lũ rất lớn như 1982, 1984, 1986, 1987, 1990, 1999, 2000, 2006, 2007. Các năm xảy ra lũ đồng bộ: 1981, 1983, 1988, 1989, 1991, 1992, 1996. Các năm mực nước triều lớn tại trạm Phú An, trạm Nhà Bè: 1982, 1986, 1990, 1999, 2000, 2003, 2006, 2007. Căn cứ tính đồng bộ số liệu đo đạc tại các tuyến để có khả năng khôi phục các trận lũ đến hồ, lựa chọn các năm lũ điển hình để hiệu chỉnh kiểm định mô hình như sau:

-Trận lũ tháng X/2000 được chọn để hiệu chỉnh mô hình.

Trận lũ tháng 10 năm 2000, lũ trên sông Đồng Nai lũ trung bình nhưng thời gian lũ kéo dài từ ngày 10 – 23/10 lưu lượng đến hồ Trị An luôn trên $2000\text{m}^3/\text{s}$ liên tục trong 14 ngày. Hồ Trị An ban hành báo động cấp 1 và xả lưu lượng khá lớn $2.550\text{ m}^3/\text{s}$ ngày 11/X ngang với mức lũ về. Đây là tình hình tổ hợp nhiều yếu tố bất lợi cho hạ du do xả lũ đồng loạt tại cả 3 hồ Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ và ánh hưởng lũ từ DBSCL tràn về. Tại 2 hồ Trị An, Thác Mơ lưu lượng về đạt lớn nhất ngày 10/X là $3.643,5\text{m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả tràn và phát điện lớn nhất ngày 11/X là $3.831\text{m}^3/\text{s}$. Hồ Đơn Dương xả tràn với lưu lượng ngày 10/10: $642\text{m}^3/\text{s}$, 11/10: $494\text{m}^3/\text{s}$, 12/10: $111\text{m}^3/\text{s}$ và ngày 13/10: $56\text{m}^3/\text{s}$.

Lũ trên sông Bé lũ rất lớn và kéo dài ngày 11,13,14,15,16 lưu lượng lần lượt là $1480\text{m}^3/\text{s}$, $1720\text{m}^3/\text{s}$, $1860\text{m}^3/\text{s}$, $1730\text{m}^3/\text{s}$, $1420\text{m}^3/\text{s}$, lũ kéo dài và trùng với lũ trên sông Đồng Nai. Đây là thời kỳ triều cường với đỉnh triều cao và kéo dài ngày 13,14,15,16,17 đỉnh triều cường lần lượt là 1.02;1.02; 1.14;1.16;1.15m. Mực nước Biên Hòa vượt đến báo động 3 trong nhiều giờ, mực nước Phú An vượt báo động 2.

Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An năm 2000 là $4500\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua } 4 \text{ tò mày}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 10% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2000 đạt $600\text{m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 10% thiết kế. Chi tiết vận hành các hồ chứa phía thượng nguồn lưu vực tháng 10/2000 được chỉ ra trong phần phụ lục báo cáo.

- Trận lũ tháng X/2007 được chọn để kiểm định mô hình.

Lưu lượng lớn nhất tại biên Trị An tháng 10 năm 2007 là $3590\text{m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{qua } 4 \text{ tò mày}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{sông Bé}}$), tương đương lưu lượng lũ 20% thiết kế, tuy nhiên vì kéo dài nhiều ngày, nên tác động gây ngập của nó tương đương lũ 8%. Lưu lượng lớn nhất tại biên Dầu Tiếng năm 2007 đạt $300\text{ m}^3/\text{s}$ tương đương lũ 20% thiết kế. Chi tiết vận hành các hồ chứa phía thượng nguồn lưu vực tháng 10/2007 được chỉ ra trong phần phụ lục báo cáo.

- Trận lũ tháng 9/2008 được chọn để xác nhận mô hình.

e) Biên tính toán và điều kiện ban đầu

Hệ phương trình Saint Venant được giải cho mạng kênh cùng với các điều kiện biên sau:

Biên trên: quá trình lưu lượng theo thời gian

Biên dưới: quá trình mực nước theo thời gian.

e.1. Biên trên của mô hình

Trong sơ đồ thủy lực bao gồm 5 biên lưu lượng thương lưu đã được xác định ở trên, biên trên của mô hình thuỷ lực là quá trình lưu lượng theo thời gian ($Q \sim t$) cụ thể như sau:

- + Trên sông Đồng Nai tại Nhà máy Thủy điện Trị An ($F_{lv} = 14800 \text{ km}^2$).
- + Trên sông Bé tại Phước Hòa ($F_{lv} = 5765 \text{ km}^2$)
- + Trên sông Sài Gòn tại hồ Dầu Tiếng ($F_{lv} = 2700 \text{ km}^2$).
- + Trên sông Vàm Cỏ Tây tại Mộc Hóa ($F_{lv} = 901,1 \text{ km}^2$).
- + Trên sông Vàm Cỏ Đông tại Cần Đăng ($F_{lv} = 617 \text{ km}^2$).

+ Ngoài ra còn các biên trên: Sông Thị Tính, Thị Vải, Thị Nghè, Cầu Xăng, Sông Lư, Cầu Bông, Tân Hòa, sông Ngọc...được tính thông qua sử dụng mô hình mưa rào dòng chảy.

e.2. Tính biên gia nhập khu giữa

Biên dọc của mô hình là các đường quá trình lưu lượng $Q = f(t)$ gia nhập khu giữa được tính toán bằng mô hình thủy văn (mô hình NAM, URBAN) dựa vào các tài liệu khí tượng hiện có trên lưu vực. Vùng nghiên cứu được chia ra các tiểu vùng được trình bày trong bảng sau. Các tiểu vùng được liên kết với hệ thống sông kênh và tính toán đồng thời với mô hình thủy lực. Chi tiết xem thêm phụ lục tính toán.

e.3. Biên dưới của mô hình

Lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai là một lưu vực gần như khép kín với cửa chính đổ ra biển tại Soài Rạp và một số cửa sông nhỏ khác, chịu tác động của dòng chảy đồng bằng sông Cửu Long. Do vậy mạng lưới sông bố trí 4 biên mực nước gồm: Soài Rạp, Lòng Tàu, Đồng Tranh, Thị Vải. Tại các vị trí cửa biển Soài Rạp, Lòng Tàu, Đồng Tranh, Thị Vải không có trạm đo mực nước mà chỉ có một trạm đo mực nước Vũng Tàu nên số liệu các biên này sẽ được tính truyền từ trạm Vũng Tàu theo quan hệ H~H. Số liệu biên dưới được trích dẫn từ dự án quy hoạch chống ngập chi tiết do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam và Viện Thủy lợi và Môi trường (Đại học Thủy lợi) thực hiện.

Theo nghiên cứu của GT.TS Nguyễn Tất Đắc trên cơ sở các liệt tài liệu đo từ 04-08/04/1993 thì tương quan của trạm Vũng Tàu với Soài Rạp và Cái Mép như sau:

$$H_{\text{Soài rạp}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 0.98 + 35.5 \text{ (cm)}$$

$$H_{\text{Cái Mép}} = H_{\text{Vũng Tàu}} \times 1.095 + 15.2 \text{ (cm)}$$

e.4. Điều kiện ban đầu

Điều kiện ban đầu là mực nước và lưu lượng ở các mặt cắt tính toán tại thời điểm bắt đầu quá trình mô phỏng. Điều kiện ban đầu này sẽ được lấy tùy thuộc vào các tài liệu sử dụng để mô phỏng.

e.5). Trạm kiểm tra

Sau khi mô phỏng, các kết quả tính toán tại vị trí các trạm kiểm tra sẽ được trích ra để so sánh với giá trị thực đo tại các trạm này từ đó để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tìm ra bộ thông số cho mô hình. Các biên kiểm tra tại các trạm thủy văn có đo mực nước bao gồm:

Bảng 5. 2: Một số trạm thủy văn dùng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

TT	Tên trạm	Sông	Vị trí
1	Biên Hòa	sông Đồng Nai	53934
2	Nhà Bè	Sông Soài Rạp	7000
3	Thủ Dầu Một	Sông Sài Gòn	84450
4	Phú An	Sông Sài Gòn	128404
5	Bến Lức	Sông Vàm Cỏ Đông	120077

4. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Để phân tích và đánh giá độ chính xác từ các kết quả của mô hình toán với các số liệu thực đo, để tài đã sử dụng chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE) và chỉ số thiên lệch (PBIAS). Chỉ số NSE là một thông số thống kê xác định giá trị tương đối của phương sai dư so với phương sai của chuỗi thực đo, được tính toán như sau:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}_i^{obs})^2} \quad (3)$$

Trong đó NSE: Hệ số Nash-Sutcliffe, Y_i^{obs} là giá trị đo đạc tại thời điểm i, Y_i^{sim} là giá trị kết quả từ mô hình tại thời điểm i; \bar{Y}_i^{obs} là giá trị đo đạc trung bình trong chuỗi số liệu; n: chiều dài của chuỗi số liệu.

PBIAS được sử dụng để ước tính xu hướng trung bình của kết quả mô phỏng lớn hơn hoặc nhỏ hơn các giá trị thực đo. Giá trị tối ưu của PBIAS là 0, với các giá trị thấp biểu thị mô hình mô phỏng chính xác. PBIAS được tính theo công thức sau:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n Y_i^{obs}} \times 100\% \quad (4)$$

Các tham số trong công thức (4) tương tự như các tham số ở công thức (3). Căn cứ để đánh giá mức độ chính xác của mô hình theo hai chỉ số nói trên được Moriasi và nnk [2007] tổng hợp từ các nghiên cứu trước và được trình bày trong Bảng Error! No text of specified style in document.-1.

Bảng Error! No text of specified style in document.-1. Đánh giá mức độ chính xác của kết quả mô hình theo các chỉ số NSE và PBIAS theo bước thời gian tháng (Moriasi và nnk (2007))

Mức độ chính xác của mô hình	NSE	PBIAS (%)	
		Dòng chảy	Bùn cát
Rất tốt	$0.75 < NSE \leq 1.00$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 15$
Tốt	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$
Trung bình	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$
Dưới trung bình	$NSE \leq 0.50$	$PBIAS > \pm 25$	$PBIAS > \pm 55$

+) Hiệu chỉnh mô hình

Sau khi đã thiết lập được mô hình, tiến hành hiệu chỉnh thông số mô hình. Trong quá trình hiệu chỉnh cần luôn kết hợp so sánh kết quả tính mực nước với số liệu thực đo để chỉnh hệ số nhám. Khi kết quả tính toán hiệu chỉnh mực nước khá gần với số liệu thực đo tại các trạm có số liệu kiểm định, bộ thông số tìm được là đạt và có thể dùng được trong tính toán phuong án tiếp theo. Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện dưới dạng các biểu đồ so sánh kết quả tính toán và thực đo tại vị trí các trạm thủy văn kiểm tra trên mạng sông đã nói ở trên và chỉ số kiểm định NASH tương ứng tại các trạm đó. Kết quả hiệu chỉnh mô hình như sau:

Bảng 5. 3: Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại một số trạm theo trận lũ 2000

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttính-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttính-Tđo)	
1	Biên Hòa	Đồng Nai	2,17	2,19	-0,02	-0,67	-0,66	-0,01	0,95
2	Bên Lúc	Vàm Cỏ Đông	1,37	1,38	-0,01	-0,2	-0,22	0,02	0,95

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttoán-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttoán-Tđo)	
3	Thủ Dầu Một	Sài Gòn	1,27	1,26	0,01	-1,53	-1,52	-0,01	0,97
4	Nhà Bè	Nhà Bè	1,38	1,42	-0,04	-1,57	-1,62	0,05	0,87
5	Phú An	Sài Gòn	1,44	1,43	0,01	-1,56	-1,53	-0,03	0,94

Kết quả đường quá trình tính toán và thực đo trong trường hợp hiệu chỉnh mô hình tại các trạm kiểm tra được thể hiện trong phần phụ lục báo cáo.

Kết quả tính toán thử nghiệm mô hình mô phỏng cho trận lũ X/2000 cho thấy sai số mực nước lũ lớn nhất giữa tính toán và đo đạc là trong khoảng từ 1 đến 5cm. Đường quá trình tính toán và thực đo là phù hợp về dạng đường, thời gian xuất hiện đỉnh lũ, hệ số NASH nằm trong khoảng từ 0,87 đến 0,97. Như vậy, với bộ thông số của mô hình tương ứng với kết quả hiệu chỉnh này ta có thể dùng để tính toán kiểm định lũ cho hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn với trận lũ tháng X/2007.

+)*Kiểm định mô hình:*

Để kiểm định độ tin cậy của bộ thông số mô hình, ta dùng bộ thông số này tiến hành chạy kiểm tra tiếp trong thời gian mưa lũ tháng X/2007.

Kết quả kiểm định mô hình cũng được thể hiện trên biểu đồ quá trình mực nước thực đo tại các trạm kiểm tra trong mạng, kết hợp với chỉ tiêu kiểm định Nash tương ứng. Các kết quả trình bày trong bảng dưới đây.

Bảng 5. 4: Kết quả kiểm định mô hình theo trận lũ 2007

TT	Trạm kiểm tra	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
		Tính toán	Thực đo	Sai số Hmax (m) (Ttoán-Tđo)	Tính toán	Thực đo	Sai số Hmin (m) (Ttoán-Tđo)	
1	Biên Hòa	2,06	2,05	0,01	-0,82	-0,78	-0,04	0,89
2	Bên Lức	1,41	1,4	0,01	-1,08	-1,06	-0,02	0,97
3	Thủ Dầu Một	1,25	1,24	0,01	-1,38	-1,4	0,02	0,93
4	Nhà Bè	1,42	1,46	-0,04	-2,2	-2,21	0,01	0,96
5	Phú An	1,47	1,49	-0,02	-1,71	-1,72	0,01	0,95

Kết quả đường quá trình tính toán và thực đo trong trường hợp kiểm định mô hình tại các trạm kiểm tra được thể hiện trong các hình vẽ phần phụ lục báo cáo.

Kết quả tính toán mô phỏng trận lũ tháng X/2007 cho thấy sai số giữa tính toán và đo đạc là $0,01 \div 0,04$ m. Đường quá trình tính toán và thực đo tương đối phù hợp về dạng đường, thời gian xuất hiện đỉnh lũ. Hệ số NASH trong khoảng từ 0.89-0.97. Kết quả mô phỏng mực nước giữa tính toán và thực đo tương đối tốt cho các trạm trong vùng nghiên cứu. Sự lệch pha cũng như chênh lệch giữa chân triều và đỉnh triều là rất ít. Sử dụng trận lũ tháng 9/2008 để xác nhận mô hình. Kết quả xác nhận mô hình được thể hiện trong bảng và các hình vẽ sau:

Bảng 5. 5: Kết quả xác nhận mô hình tại một số trạm theo trận lũ IX/2008

TT	Trạm kiểm tra	Sông	Hmax (m)			Hmin (m)			Hệ số Nash
			Tính toán	Thực đo	Sai số (m)	Tính toán	Thực đo	Sai số (m)	
1	Biên Hòa	Đồng Nai	1,6	1,6	0	-1,6	-1,55	-0,05	0,90
2	Bên Lức	Vàm Cỏ Đông	1,16	1,15	0,01	-1,27	-1,30	0,03	0,93
3	Thủ Dầu Một	Sài Gòn	1,16	1,12	0,04	-2,15	-2,17	0,02	0,90
4	Nhà Bè	Nhà Bè	1,32	1,28	0,04	-2,28	-2,27	-0,01	0,92
5	Phú An	Sài Gòn	1,31	1,32	-0,01	-2,18	-2,20	0,02	0,94

Kết quả tính toán cho thấy mực nước tính toán phù hợp với số liệu thực đo cả về biên độ dao động lẫn giá trị tuyệt đối và pha triều, chênh lệch giữa số liệu thực đo và mô phỏng khoảng từ 1-5cm. Hệ số NASH trong khoảng từ 0.90-0.94. Qua đó cho thấy rõ cơ sở dữ liệu nhập để mô phỏng các yếu tố thủy lực vùng nghiên cứu có đủ độ tin cậy. Kết quả mô phỏng hiệu chỉnh mô hình và bộ thông số của mô hình như trên là phù hợp và có thể sử dụng để mô phỏng đánh giá biến động chế độ thủy văn thủy lực vùng hạ du lưu vực sông Đồng Nai.

2.3.4.2. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE11ST phục vụ cho bài toán đánh giá diễn biến lòng dâns vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

1. Phạm vi nghiên cứu mô hình

Phạm vi nghiên cứu mô hình thủy lực MIKE11 moduyn ST phục vụ tính toán diễn biến lòng dâns 01 chiều được xem xét trên phạm vi mô hình MIKE11 moduyn HD.

2. Sơ đồ thủy lực tính toán

Sơ đồ thủy lực tính toán được nêu nhu trong phần 6.1.2 mô hình MIKE11_HD.

3. Tài liệu cơ bản sử dụng để tính toán

Trong mô hình MIKE11ST, số liệu đầu vào yêu cầu tính toán gồm:

- Các số liệu bùn cát biên vào dưới dạng bùn cát lô lửng Q~R hoặc R~t và đặc trưng thành phần hạt bùn cát đáy.

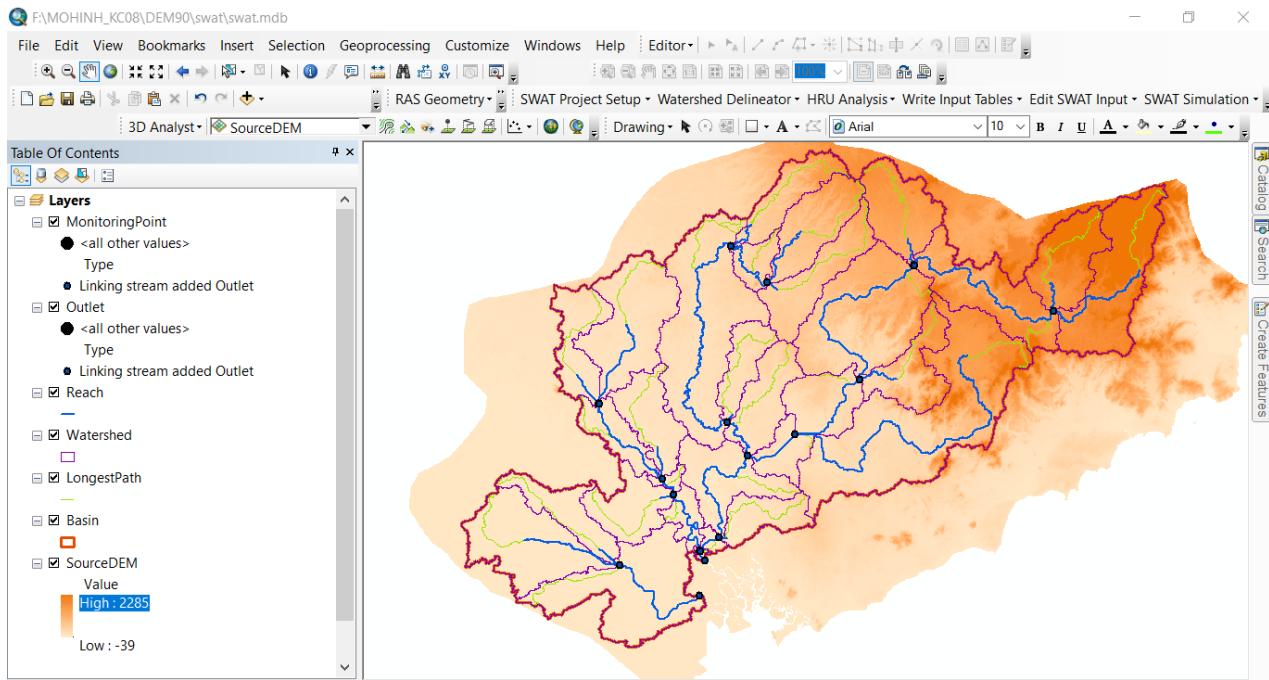
Dữ liệu bùn cát sử dụng cho kiểm định và hiệu chỉnh mô hình dựa trên quan hệ bùn cát lưu lượng tại các mặt cắt đo đạc năm 2016.

Do không có số liệu về vận chuyển bùn cát ở các biên vào của mô hình, nên chúng tôi đã sử dụng dạng biên cung cấp bùn cát (Sediment supply). Đối với mô hình MIKE11-ST tại các biên phía hạ lưu, giá trị điều kiện biên về bùn cát có thể cho hoặc không.

Vị trí các biên vào bùn cát được lấy trùng với vị trí của các biên trên và dưới trong tính toán thủy lực. Do không có số liệu về vận chuyển bùn cát ở các biên vào của mô hình, nên chúng tôi đã sử dụng mô hình SWAT tính toán lượng bùn cát vận chuyển đến kênh dẫn (Sediment supply), với lượng bùn cát bị xói mòn trên bề mặt lưu vực được tính toán từ phuong trình MUSLE, diễn toán bùn cát dòng mặt và trong kênh. Mô hình “Công cụ đánh giá đất và nước” SWAT (Soil and Water Assement Tools) là một mô hình vật lý được xây dựng từ những năm 90’s do tiến sỹ Dr. Jeff Arnold thuộc trung tâm nghiên cứu đất nông nghiệp USDA- Agricultural Research Service (ARS) xây dựng nên. Mô hình này được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng đất đến nguồn nước, bùn cát và hàm lượng chất hữu cơ trong đất trên hệ thống lưu vực sông trong một khoảng thời gian nào đó. Tiền thân của mô hình SWAT là mô hình SWRRB ((Simulator for Water Resources in Rural Basins) (Williams et al., 1985; Arnold et al., 1990)) và mô hình ROTO ((Routing Outputs to Outlet) (Arnold et al., 1995)).

Sự xói mòn và lượng bùn cát sinh ra được ước lượng cho mỗi một đơn vị thủy văn (HRU) cùng với phuong trình mô tả sự biến đổi của tổn thất trong đất (Williams, 1975). Mô hình SWAT sử dụng phuong trình USLE/MUSLE để tính toán lượng đất xói mòn trên bề mặt lưu vực, tính toán vận chuyển bùn cát trên lưu vực. Kết quả mô hình cho biết tổng lượng dòng chảy, lượng xói mòn của dòng chảy và vận chuyển bùn cát trên từng tiểu lưu vực và trên các kênh dẫn trên lưu vực. Lượng vận chuyển bùn cát từ các tiểu lưu vực tới kênh dẫn sẽ được làm biên vào cho tính toán vận chuyển bùn cát bằng mô hình MIKE11ST.

Số lưu vực tính toán trong mô hình SWAT được dựa trên lưu vực trong mô hình NAM để làm biên vào bùn cát để tính toán. Kết quả tính toán từ mô hình SWAT tính toán lượng bùn cát đến các nút vào của mô hình MIKE11 được trình bày trên các hình vẽ sau:



Hình 4. 4: Phân chia lưu vực tính toán trong mô hình SWAT để tính toán lượng vận chuyển bùn cát trên lưu vực

Yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình SWAT được biểu diễn dưới hai dạng: số liệu không gian và số liệu thuộc tính.

Trường hợp dòng chảy bùn cát đến hồ tính theo tỷ lệ bùn cùn lắng đọng phía trước hồ một phần sau đó lượng chảy qua hồ là biên đầu vào trong mô hình MIKE 11 ST để mô phỏng bùn cát.

Số liệu không gian (dưới dạng bản đồ):

Các bản đồ được dùng để tính toán bao gồm:

- Bản đồ số hóa độ cao (DEM) lưu vực sông Đồng Nai – Sài Gòn
- Bản đồ đất lưu vực sông Đồng Nai – Sài Gòn
- Bản đồ thảm phủ thực vật ứng với hiện trạng rừng và sử dụng đất của năm 2000
- Bản đồ mạng lưới sông suối và lưới trạm đo khí tượng thủy văn

*** Số liệu thuộc tính**

- Vị trí địa lý các trạm đo trên lưu vực sông Đồng Nai – Sài Gòn
- Số liệu khí tượng bao gồm nhiệt độ không khí (tối cao, tối thấp), tốc độ gió, bức xạ, độ ẩm tương đối, độ ẩm tuyệt đối.
- Số liệu thuỷ văn bao gồm lượng mưa ngày của trạm thủy văn trên sông Đồng Nai – Sài Gòn.

Các số liệu không gian được xử lý bằng phần mềm ARCVIEW. Bản đồ địa hình được đưa vào dưới dạng DEM còn bản đồ sử dụng đất và loại đất được đưa vào mô hình dưới dạng grid file hoặc shape file. Các số liệu thuộc tính được đưa vào dưới dạng database...

Kết quả tính toán lượng bùn cát vận chuyển từ bề mặt lưu vực đến kênh dẫn bằng mô hình SWAT được coi là biên vào để tính toán lượng vận chuyển bùn cát của mô hình MIKE11ST.

Thông số của mô hình

Thông số thủy lực:

Điều kiện ban đầu: Giá trị lưu lượng và mực nước tại thời đoạn đầu tại các vị trí trên mạng sông.

Hệ số nhám (n hoặc M) đây là thông số rất quan trọng và nó ảnh hưởng rất lớn đến kết quả nghiên cứu. Các giá trị sử dụng trong mô hình được rút ra từ các thí nghiệm mô hình vật lý và kinh nghiệm thực tế bao gồm giá trị chung (Global value) cho cả mạng sông là $n = 0.026$ và mỗi đoạn sông có hệ số nhám khác nhau phụ thuộc với điều kiện địa hình từng nhánh.

Thông số bùn cát

- Đường kính hạt d_{50}

Dữ liệu đường kính hạt trung bình sẽ được lấy theo Bảng thống kê trong phần phục lục báo cáo. Tài liệu bùn cát được lấy từ kết quả thí nghiệm thành phần hạt bùn cát đáy tháng 10/2003 (96 vị trí) tháng 12/2003 (66 vị trí) của viện khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện và trong đợt khảo sát lấy mẫu năm 2005 trên 97 vị trí trên sông Sài Gòn - Đồng Nai do Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện, trong đó có 34 vị trí trên sông Sài Gòn, 15 vị trí trên sông Vàm Cỏ, 10 vị trí trên sông Soài Rạp, 16 vị trí trên sông Đồng Nai, 12 vị trí trên sông Lòng Tàu. Ngoài ra còn cập nhật tài liệu bùn cát đo đạc khảo sát tại 15 vị trí thuộc khu vực Đồng Nai đo năm 2008 và năm 2016 với 12 mẫu phân tích thành phần hạt trầm tích đáy, khu vực bán đảo Thanh Đa đo năm 2019 với 22 mẫu phân tích thành phần hạt trầm tích đáy. Thống kê kết quả đường kính hạt trung bình được tổng hợp trong bảng sau (chi tiết xem phần phụ lục báo cáo).

Bảng 4. 2: Đường kính hạt bùn cát trung bình d_{50} tại một số vị trí lấy mẫu trên lưu vực Đồng Nai

STT	Sông	$d_{50}(\text{m})$	Tỷ trọng	Thời gian lấy mẫu
1	Sài Gòn	$0,0016 \div 2,3$	2624	2003,2005,2019
2	Vàm Cỏ	$0,0015 \div 2,1$	2683	2003,2005
3	Soài Rạp	$0,0017 \div 0,23$	2672	2003,2005
4	Đồng Nai	$0,004 \div 10$	2690	2003,2008,2016,2018
5	Lòng Tàu	$0,0031 \div 0,75$	2648	2003,2005

. Trong mô hình tính, dữ liệu địa chất bao gồm các lớp đất đáy sông không đưa trực tiếp vào mô hình mà chỉ giúp dự báo đánh giá khả năng xói lở lòng dẫn thông qua giá trị chiều sâu xói hụt tại từng vị trí. Đối với khu vực có bãi đá ngầm, tại các vị trí này khó có khả năng xảy ra xói và đã xác định giá trị xói tối hạn =0.

4. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Hiện nay tài liệu bùn cát trên hệ thống sông thường ít, thường chỉ đo đạc trong thời gian ngắn phục vụ cho các dự án nghiên cứu riêng lẻ chứ không liên tục. Trên lưu vực chỉ có trạm Phước Hòa có đo tài liệu hàm lượng chất lơ lửng. Ngoài ra sử dụng các tài liệu đo đạc bùn cát lơ lửng từ đề tài độc lập cấp nhà nước mã số 21G/2009/HĐ-ĐHTL thực hiện năm 2011, từ các dự án Cải tạo cảnh quan đô thị ven sông Đồng Nai thực hiện năm 2018... để tính toán hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.

Việc so sánh mức độ sai số trong tính toán bùn cát cũng như độ hữu hiệu của các hàm bùn cát là rất khác so với trong thủy lực. Do đó, sử dụng phương pháp trực quan, dựa trên mối tương quan giữa các hàm bùn cát và giữa các giá trị bùn cát tính toán – thực đo để so sánh, ngoài ra còn sử dụng thêm các chỉ tiêu: RMSE và RRMSE để so sánh và đánh giá các hàm vận chuyển bùn cát cũng như mức độ hữu hiệu của mô hình Mike11 mô đun bùn cát.

$$\text{RMSE} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(Y_i - X_i)^2}}{n} \quad (4.1)$$

$$RRMSE = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(Y_i - X_i)^2}}{n\bar{X}} \quad (4.2)$$

Các chỉ tiêu này dựa trên độ lệch giữa giá trị thực đo và tính toán nên giá trị của chúng càng nhỏ thì tính chính xác càng cao.

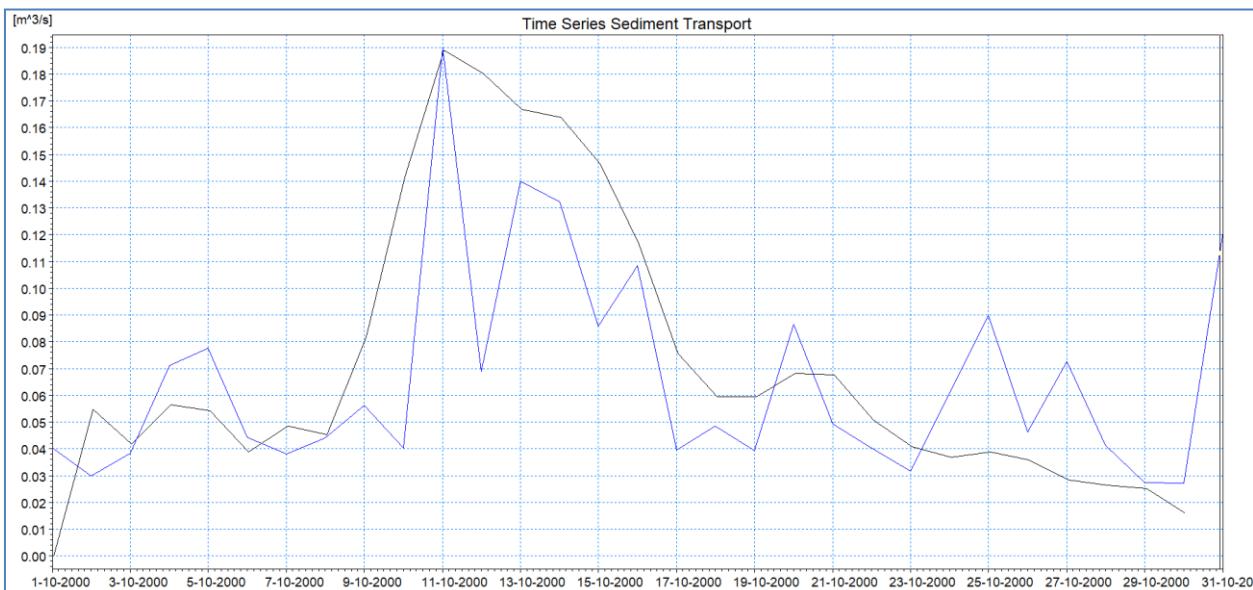
Trong mô đun bùn cát không kết dính của mình, MIKE 11 đưa ra một loạt các hàm vận chuyển bùn cát bao gồm hàm vận chuyển tổng cộng; các hàm tải cát di đáy và các hàm tải cát lơ lửng. Để tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô đun bùn cát, đầu tiên chúng tôi phải lựa chọn hàm phù hợp nhất để mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát trong khu vực nghiên cứu. Chúng tôi đã sử dụng 5 hàm gồm: 3 Hàm tải tổng cộng của Engelund - Hansen, Ackers-White và hàm của Smart - Jaeggi; 1 hàm tải di đáy của Mayer Peter – Muler và 1 hàm tải lơ lửng của Vanjin để tính toán. Sau đó dựa trên việc so sánh đường quan hệ lưu lượng nước-lưu lượng bùn cát ($Q-Q_s$) cũng như độ lệch của giá trị lưu lượng bùn cát tính toán được và giá trị lưu lượng bùn cát thực đo tại trạm Phước Hòa, chúng tôi để tìm ra hàm mô phỏng tốt nhất khu vực nghiên cứu.

Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện với trận lũ X/ 2007 so sánh các kết quả mô phỏng với thực đo được trình bày trong bảng 4.5, và từ đó nhận thấy hàm tải bùn cát tổng cộng của Engelund – Hansen cho kết quả phù hợp nhất với lưu lượng bùn cát thực đo tại Phước Hòa, và do vậy nó đã được lựa chọn cùng với các thông số bùn cát khác để kiểm định và tính toán trong các bước tiếp theo.

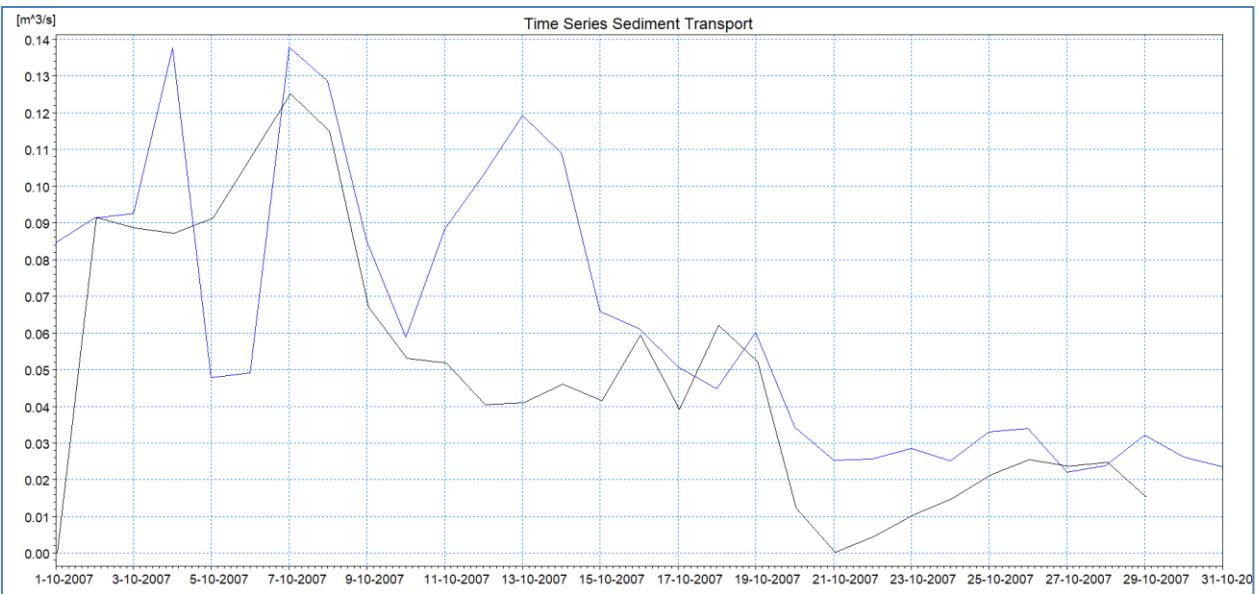
Bảng 4. 3: Kết quả tính toán mức độ sai số trong quá trình hiệu chỉnh trận lũ tháng X/2000

Hàm vận chuyển	RMSE	RRMSE
Acker và White	0.0027	3.00
Smart và Jaeggi	0.0016	1.89
Engelund và Hansen	0.0014	1.69
Mayer Peter và Muler + Vanjin	0.0024	2.55

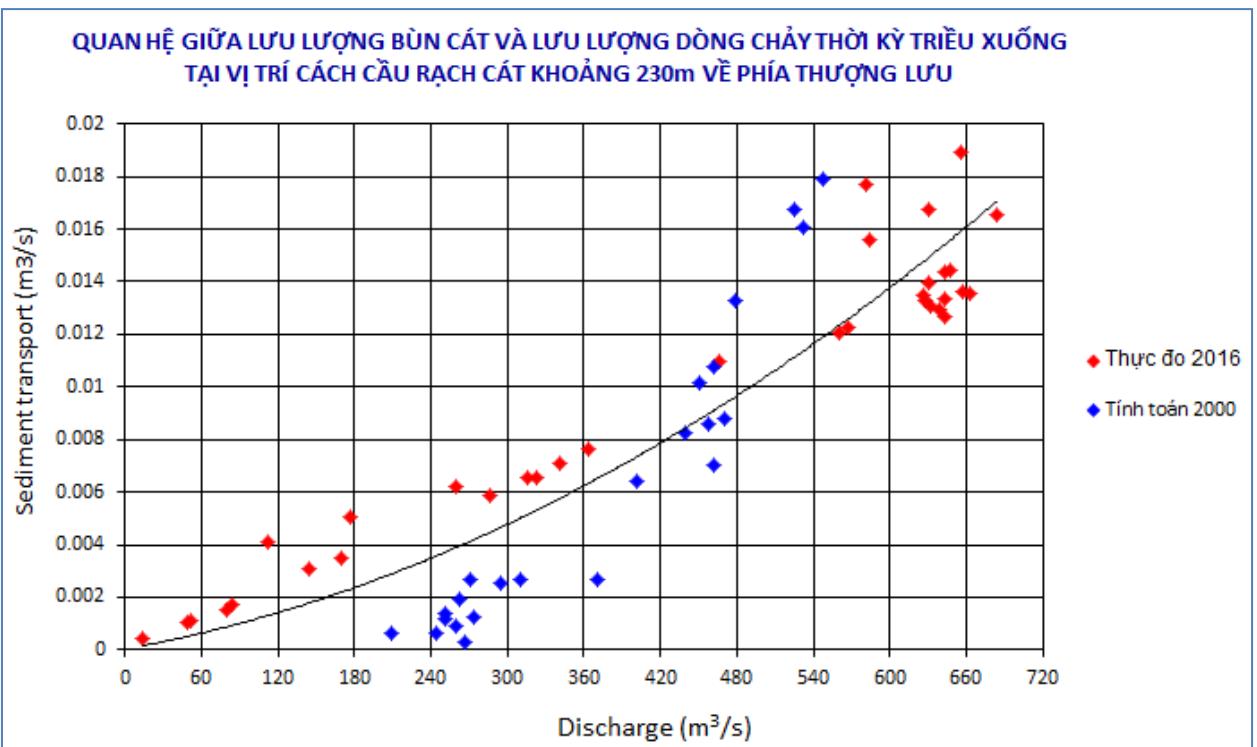
Do đặc điểm bùn cát sông Đồng Nai Sài Gòn với hơn 80% bùn cát là bùn cát lơ lửng nên sử dụng cách tính toán tổng lượng vận chuyển bùn cát theo phương pháp *Engelund – Hansen* là hợp lý.



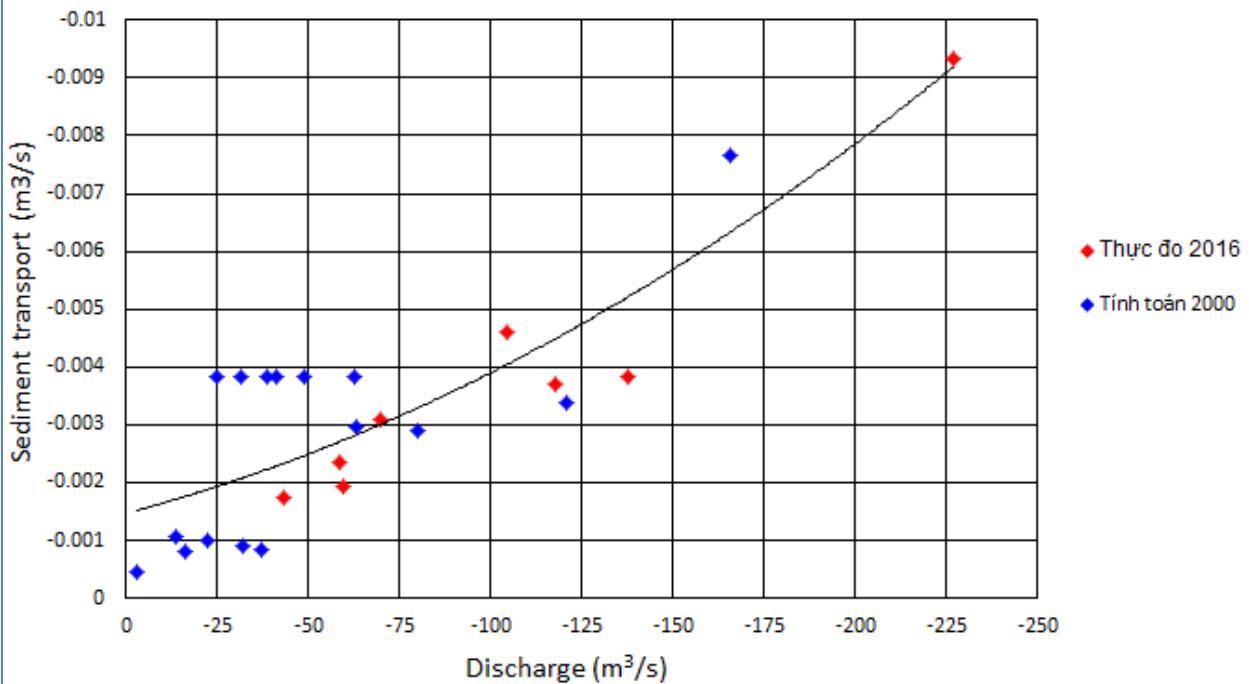
Hình 4. 5: Quan hệ lưu lượng nước – lưu lượng bùn cát tại trạm Phước Hòa trận lũ X/2000 (đường xanh là thực đo, đường đen là tính toán)



Hình 4. 6: Quan hệ lưu lượng nước – lưu lượng bùn cát tại trạm Phước Hòa trận lũ X/2007 (đường xanh là thực đo, đường đen là tính toán)



**QUAN HỆ GIỮA LƯU LƯỢNG BÙN CÁT VÀ LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY THỜI KỲ TRIỀU LÊN TẠI
VỊ TRÍ CÁCH CẦU RẠCH CÁT KHOẢNG 230m VỀ PHÍA THƯỢNG LƯU**



Kết quả tính toán cho thấy có quan hệ tương ứng giữa hàm lượng bùn cát lơ lửng và lưu lượng dòng chảy trong mùa lũ về hình dạng đường tương quan tương đối phù hợp giữa tính toán và thực đo nhưng hệ số tương quan giữa hàm lượng bùn cát lơ lửng và lưu lượng dòng chảy có giá trị chỉ đạt trong khoảng 0.45-0.60. Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho trận lũ năm 2000 có hệ số Nash nhỏ hơn so với năm 2017 do việc sử dụng số liệu địa hình hiện trạng để đánh giá cho năm 2000 nên có sự sai số. Tuy nhiên việc hiệu chỉnh, kiểm định đối với hàm lượng bùn cát lơ lửng khó đạt được độ chính xác cao, vì vậy trong điều kiện hiện nay, có thể áp dụng bộ thông số mô hình để tính toán mô phỏng cho trường hợp tính toán của mô phỏng dự báo xói sâu lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

Với kết quả tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE11 môduyn ST có thể sử dụng bộ thông số để mô phỏng tính toán diễn biến lòng dẫn vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai, tuy nhiên do số liệu về bùn cát còn nhiều hạn chế nên kết quả cũng có hạn chế nhất định, do đó tại khu vực nghiên cứu trọng điểm sử dụng số liệu thực đo năm 2019 để đánh giá bằng mô hình MIKE3FM. Việc xác định khu vực trọng điểm sẽ được xác định trong phần nội dung 6.

2.3.4.3. Thiết lập mô hình MIKE3FM tính toán quá trình dự báo sạt lở bờ, diễn biến lòng dẫn cho khu vực trọng điểm vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

1. Về mô hình MIKE3 Flow Model FM

Hiện nay để nghiên cứu diễn biến lòng dẫn phục vụ công tác quy hoạch chính trị sông, người ta thường dùng mô hình toán. Hiện nay có nhiều mô hình thủy động lực có khả năng tính toán mô phỏng vận chuyển bùn cát và dự báo diễn biến trên các lòng dẫn sông ngòi trong đó có thể kể đến HEC-6 (1D), GSTAR (1, 2D), bộ mô hình SMS (1,2D), DELF, bộ mô hình MIKE (11, 21, 3), TREM (2D), CCHE2D, HSCTM2D,... và trong số đó có nhiều mô hình đã và đang được ứng dụng rộng rãi ở trên thế giới và cả ở Việt Nam.

Mô hình MIKE 3 Flow Model FM mô phỏng dòng chảy 3 chiều và những vấn đề liên quan đến bùn cát cũng như chất lượng nước...Dòng chảy đoạn sông cong chịu tác dụng của lực hướng tâm. Dòng chảy trong sông được chia theo các lớp tính toán khác nhau, do đó mô phỏng cụ thể được các hệ số nhót rối và ma sát của lòng dẫn, mô phỏng được dòng chảy xoắn ba chiều đoạn sông cong với việc sử dụng lưới phi cấu trúc. Phiên bản lưới Flexible Mesh sử dụng phương pháp dung tích hữu hạn tập trung ô lưới giải phép toàn rãnh của

phương trình dòng chảy và phương trình vận chuyển. Trên hướng nằm ngang (tọa độ Cartesian hoặc tọa độ không gian) sử dụng lưới phi cấu trúc, bao gồm các phần tử tam giác và tứ giác. Sử dụng lưới phi cấu trúc với độ linh hoạt tối đa cho nhiều mức phân giải khác nhau cho mô hình. Trên hướng thẳng đứng, sử dụng cấu trúc phân tầng với lưới tích hợp dòng chảy bề mặt. Theo chiều đứng các phần tử được chia có cấu trúc dựa theo cao trình, địa hình hoặc kết hợp cả hai mức sigma- và z-level giúp mô tả dòng chảy được chia tầng phức tạp một cách tốt hơn.

Mô hình MIKE 3 Flow Model FM trong bộ mô hình MIKE là mô hình số trị 3 chiều được ứng dụng để mô phỏng các biến động 3 chiều của mực nước và dòng chảy trong hồ, cửa sông, vịnh, khu vực ven biển.

Mô hình MIKE 3 Flow Model FM: đây là mô hình phát triển dựa trên các nghiên cứu khoa học gần đây, tính toán dòng chảy và bùn cát 3 chiều (3D). Hệ thống này có thể mô phỏng rất tốt sự phân bố dòng chảy và bùn cát theo không gian 3 chiều, rất thích hợp để nghiên cứu với độ chính xác cao bài toán bồi, xói lở ở các đoạn sông và đặc biệt rất thích hợp để áp dụng cho các vấn đề xói lở của các đoạn sông cong, cửa sông và ven biển...

Mô hình MIKE3 Flow Model FM được xây dựng và kết hợp các kỹ thuật mô hình mới sử dụng cách tiếp cận lưới phi cấu trúc hoặc lưới hình vuông. Kỹ thuật này đã và đang được phát triển cho các ứng dụng liên quan đến môi trường cửa sông, khu vực ven biển đại dương và tràn lũ trong đất liền.

MIKE 3 Flow Model FM bao gồm các modul sau:

Modul thuỷ động lực (Hydrodynamics HD): Modul HD mô phỏng biến đổi mực nước và dòng chảy theo các phương trình lực khác nhau. Nó bao gồm một loạt các hiện tượng thuỷ lực trong mô phỏng và có thể sử dụng cho mô phỏng dòng chảy tự do 3 chiều. Phiên bản với lưới Flexible Mesh sử dụng lưới tích hợp độ sâu và bề mặt rất phù hợp với các khu vực có triều cao.

Modul truyền tải (Advection-DispersionAD): Mô phỏng vận chuyển, tải khuếch tán của các chất hòa tan và chất lơ lửng. Chủ yếu sử dụng tính toán làm lạnh nước và theo dõi ô nhiễm.

Modul sinh thái (Ecological Modelling EL)

Modul vận chuyển bùn cát (MT, PT, SA, ST)

+ Mud Transport MT : Mô hình tính toán nhiều tầng và nhiều phần tử mô tả xói, bồi và vận chuyển bùn (bùn cát kết dính)

+Particle Tracking PT: Mô tả chuyển động của những chất lơ lửng và hòa tan. Được sử dụng để phân tích rủi ro, tai nạn tràn hoặc giám sát nạo vét,...

+ Spill Analysis SA : Mô phỏng sự lan toả và tràn của các chất lơ lửng và được sử dụng cho mô phỏng dự báo tràn dầu, các kịch bản tràn dầu,...

+Sand Transport ST : Mô hình vận chuyển bùn cát theo không gian 3 chiều.

Modul thuỷ lực là thành phần quan trọng nhất trong toàn kết cấu của mô hình MIKE3 Flow Model FM, cung cấp các đặc trưng cơ bản về thuỷ động lực cho modul truyền tải và modul sinh thái. Trong MIKE3 Flow Model FM, modul thuỷ động lực được áp dụng cho việc nghiên cứu một loạt các hiện tượng quan trọng liên quan tới sự thay đổi thuỷ lực dòng chảy 3 chiều.

Tại các đoạn sông cong, nơi có chế độ dòng chảy xoắn 3 chiều phức tạp, sự tương tác dòng chảy và lòng dẫn trong đoạn sông cong làm cho dòng chảy ở đây có tính 3D rất mạnh,

do đó cần sử dụng mô hình MIKE3 Flow Model FM để tính toán dự báo sự thay đổi chế độ thủy lực và diễn biến hình thái sông trên đoạn sông thuộc khu vực dự án.

Với việc sử dụng mô hình ba chiều MIKE3 Flow Model FM sẽ mô phỏng chi tiết khu vực dự án theo ba chiều, đặc biệt khu vực nhạy cảm là đầu cù lao, cuối cù lao sẽ được mô phỏng chi tiết và chính xác hơn.

Cơ sở toán học của mô hình thuỷ động lực là giải phương trình Navier Stokes với chất lỏng không nén được trong nước nông và phương pháp xấp xỉ Boussinesq. Với mô hình 3 chiều, các phương trình mô phỏng như sau:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (6.2)$$

Phương trình động lượng theo phương x và phương y:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} &= fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) &+ F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} &= -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) &+ F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \end{aligned} \quad (6.3)$$

Trong đó:

t : thời gian

x, y, z là các tọa độ Descartes

η : Cao trình mực nước

d : Độ sâu dòng chảy

$h = \eta + d$ là tổng độ sâu dòng chảy

u, v, w : là vận tốc dòng chảy theo hướng x, y, z

$f = 2\Omega \sin \phi$ là tham số coriolis.

g : gia tốc trọng trường

ρ : tỷ trọng của nước

ρ_0 : là mật độ tiêu chuẩn

p_a : là áp suất khí quyển

S : là độ lớn của lưu lượng do các điểm nguồn và (u_s, v_s) là vận tốc của dòng lưu lượng đi vào miền tính

Ứng suất tiếp đáy $\bar{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$ được xác định theo định luật ma sát bậc hai.

$$\frac{\bar{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \bar{u}_b |\bar{u}_b| \quad (6.4)$$

với c_f là hệ số kéo và $\bar{u}_b = (u_b, v_b)$ là vận tốc dòng chảy sát đáy. Vận tốc ma sát liên đới với ứng suất đáy theo công thức:

$$U_b = \sqrt{c f |u_b|^2} \quad (6.5)$$

Với các tính toán hai chiều \vec{u}_b là vận tốc trung bình theo độ sâu và hệ số kéo có thể được xác định từ số Chezy C hay số Manning M:

$$c_f = \frac{g}{C^2} \quad (6.6)$$

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2} \quad (6.7)$$

Với các tính toán ba chiều hệ số c_f được tính toán như sau:

$$c_f = \frac{1}{\left(\frac{1}{\kappa} \ln\left(\frac{\Delta z_b}{z_0}\right)\right)^2} \quad (6.8)$$

Với K là hằng số Kaman, K = 0.4. Zo là độ cao nhám. Zo=mks. Hệ số nhám M được xác định theo công thức sau :

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/6}} \quad (6.9)$$

Các công thức tính toán vận chuyển bùn cát trong mô hình MIKE3 Flow Model FM như sau :

- Tính toán bùn cát bùn cát tổng cộng: Công thức Engelund – Hansen (1972)

- Tính toán bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng: Công thức của Engelund – Fredsoe (1976); công thức của Van Rijn (1984)

- Tính toán bùn cát đáy công thức của Meyer Peter and Mueller (1948)

Chi tiết các công thức trên xem phần lý thuyết mô hình MIKE3 Flow Model FM.

Điều kiện ổn định của mô hình:

Để sơ đồ sai phân hữu hạn ổn định và chính xác, cần tuân thủ các điều kiện:

- Địa hình phải đủ tốt để mực nước và lưu lượng được giải một cách thoả đáng.

Giá trị tối đa cho phép đối với Δx phải được chọn trên cơ sở:

- Điều kiện Courant dưới đây có thể dùng như một hướng dẫn để chọn bước thời gian sao cho đồng thời thoả mãn được các điều kiện trên.

Phương trình nước nông trong tọa độ Đè các số CFL (Courant-Friedrich-Lesvy) được xác định như công thức sau:

$$CFL_{HD} = \left(\sqrt{gh} + |u|\right) \frac{\Delta t}{\Delta x} + \left(\sqrt{gh} + |v|\right) \frac{\Delta t}{\Delta y} \quad (6.10)$$

Trong đó:

H: toàn bộ độ sâu mực nước

u và v: thành phần lưu tốc theo phương x, y

g: gia tốc trọng trường

$\Delta x, \Delta y$: độ dài đặc trưng theo phương x,y

Δt : độ lớn bước thời gian

Độ dài đặc trưng $\Delta x, \Delta y$ được lấy xấp xỉ bằng chiều dài biên nhỏ nhất cho mỗi phần tử, độ sâu và thành phần vận tốc được đánh giá ở trung tâm phần tử.

Để mô hình ổn định và chính xác theo điều kiện Courant thì bước thời gian mô phỏng phải phù hợp với kích thước của mắt lưới. Việc hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình thuỷ lực được thực hiện chủ yếu qua việc thay đổi hệ số nhám Manning, hệ số nhót của dòng xoáy...

Số Courant có quan hệ chặt chẽ với bước thời gian tính toán, độ sâu điểm tính và kích thước ô lưới. Nó rất cần thiết trong việc lựa chọn bước thời gian lớn nhất cho mô hình nhằm giảm thời gian chạy cho mỗi trường hợp mà vẫn đảm bảo độ chính xác và ổn định của mô hình.

Kết quả tính toán được đánh giá bởi chỉ tiêu đánh giá sai số dưới đây:

$$\text{Sai số đỉnh lũ: } \Delta H = H_d^{tt} - H_d^{td}$$

Sai số của đường quá trình (dùng chỉ tiêu Nash- sutcliffe):

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T [X_{tt}(t) - X_{td}(t)]^2}{\sum_{t=1}^T [X_{td}(t) - \bar{X}_{td}(t)]} \quad (6.11)$$

Trong đó:

ΔH : Chênh lệch mực nước đỉnh lũ

H_d^{tt} : Mực nước đỉnh lũ tính toán từ mô hình Mike 3 Flow Model FM

H_d^{td} : Mực nước đỉnh lũ thực đo (hoặc tính toán từ mô hình một chiều Mike11)

$X_{tt}(t)$: là giá trị tính toán từ mô hình MIKE 3 Flow Model FM

$X_{td}(t)$: là giá trị thực đo

$\bar{X}_{td}(t)$: là giá trị thực đo trung bình

$$\bar{X}_{td}(t) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{td}(t) \quad (6.12)$$

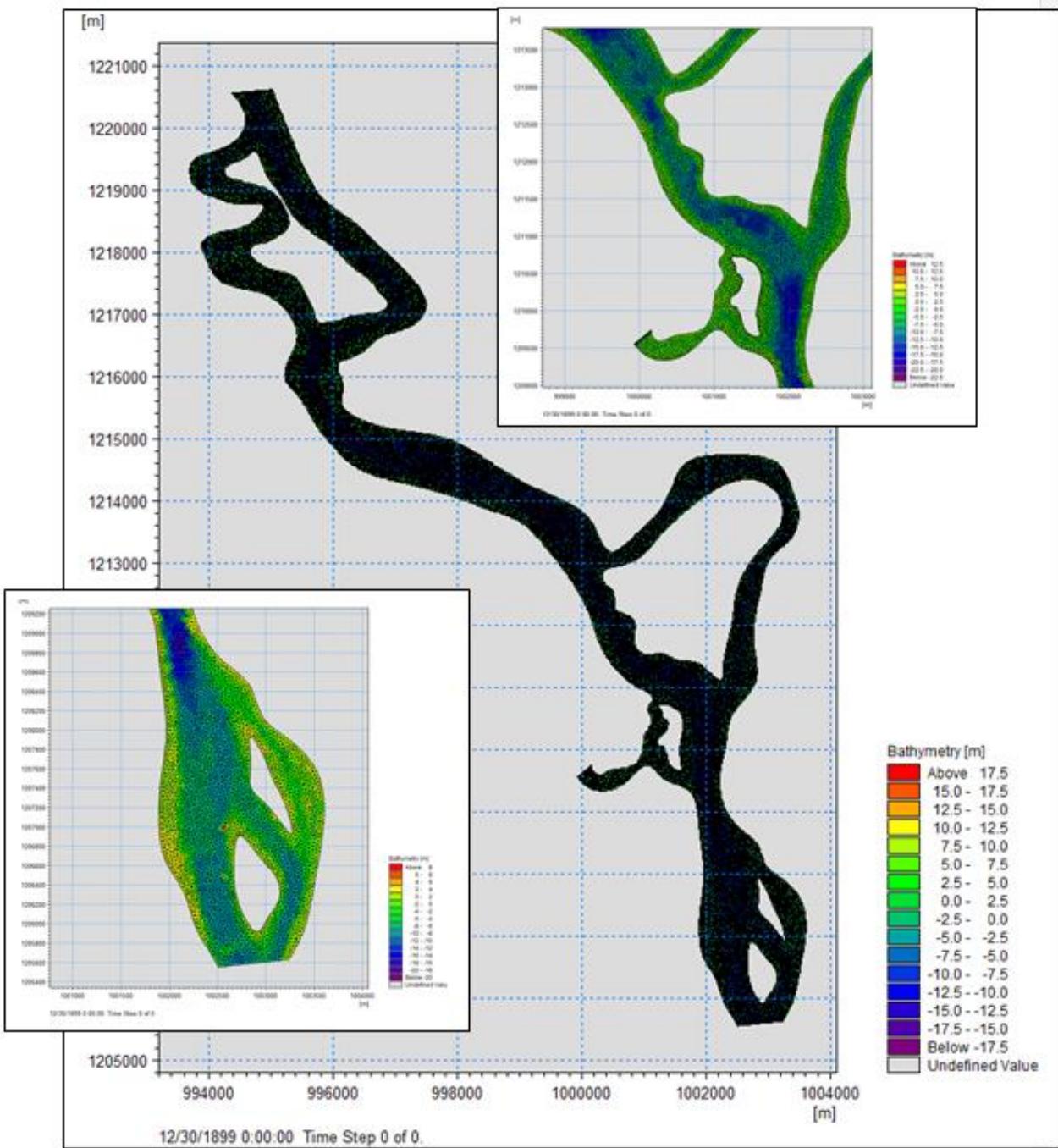
T: Số thời đoạn tính toán

2. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE3 Flow Model FM đoạn sông Đồng Nai từ Tân Uyên đến hết cù lao Ba Xang.

a. Thiết lập hệ thống lưới tính toán

Căn cứ vào phạm vi tính toán của mô hình, tiến hành thiết lập hệ thống lưới tính toán. Miền tính toán của mô hình có kích thước 402230m x 1212844m từ tập hợp của điểm tọa độ theo 3 phương x, y, z.

Các cạnh của lưới tam giác thay đổi từ 1-3m, khu vực cầu thay đổi từ 5-10m. Diện tích nhỏ nhất của ô lưới là $10.17m^2$. Diện tích lớn nhất của ô lưới là $12.51m^2$. Lưới tính toán bao gồm 31634 phần tử, 17098 nút. Lưới tính toán như vậy đủ mịn, cả theo phương đứng cũng như phương ngang. Với lưới tính chia nhỏ tại những khu vực trọng điểm như vậy có thể cho thấy được những thay đổi nguy hiểm của dòng chảy (nếu có) ở khu vực cù Lao Thạnh Hội, cù lao Phô, cù lao Ba Xê, Ba Xang và trong dòng chính, dòng nhánh.



Hình 4. 7: Lưới mô phỏng tính toán đoạn sông nghiên cứu trên dòng chính sông Đồng Nai

b. Thiết lập địa hình trên lưới tính toán

Đối với mô hình hai chiều cũng như mô hình ba chiều, việc thiết lập địa hình cho sự hoạt động của mô hình là một khâu quan trọng, quyết định đến độ chính xác của việc mô phỏng. Công việc này giống như thiết lập địa hình cho mô hình vật lý. Việc thiết lập đúng đắn địa hình lòng sông, các công trình kè bờ, công trình cầu qua sông... cần phải có tài liệu chi tiết, đảm bảo độ tin cậy. Tài liệu sử dụng cho việc thiết lập địa hình tính toán bao gồm:

- Bình đồ lòng sông khu vực nghiên cứu: Tài liệu đo năm 2008 tỷ lệ 1:5000 để phục vụ tính toán đánh giá và tài liệu đo đặc địa hình khu vực dự án Biên Hòa tháng 10 năm 2016 tỷ lệ 1:2000, tháng 10 năm 2018, khu vực cù lao Thạnh Hội năm 2017 để phục vụ tính toán đánh giá hiện trạng và theo các kịch bản tính toán.

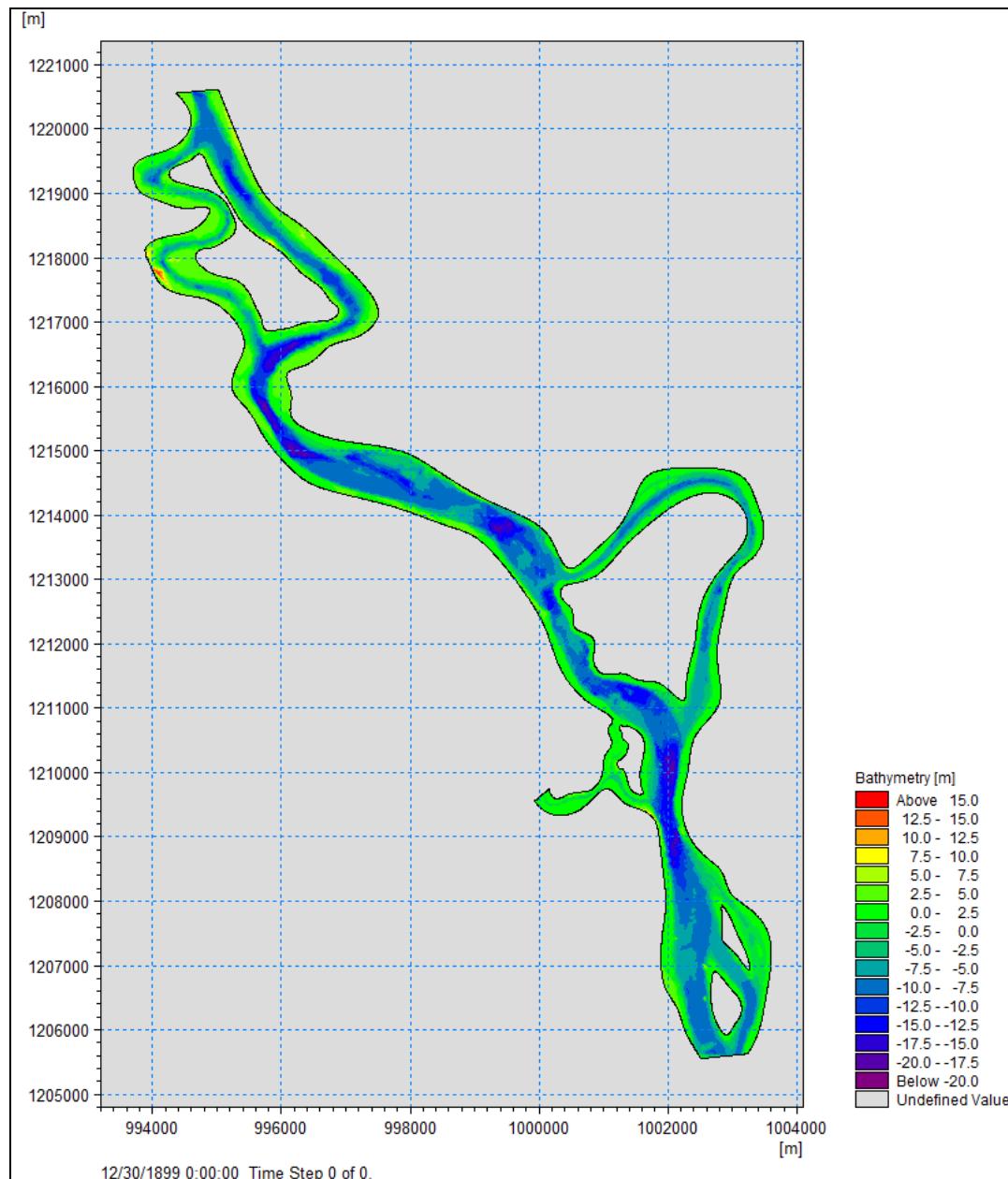
- Tài liệu các mặt cắt ngang trên đoạn sông nghiên cứu;

- Tài liệu công trình bảo vệ bờ đã được xây dựng ở khu vực nghiên cứu cụ thể công trình kè bảo vệ bờ khu vực công viên Biên Hòa

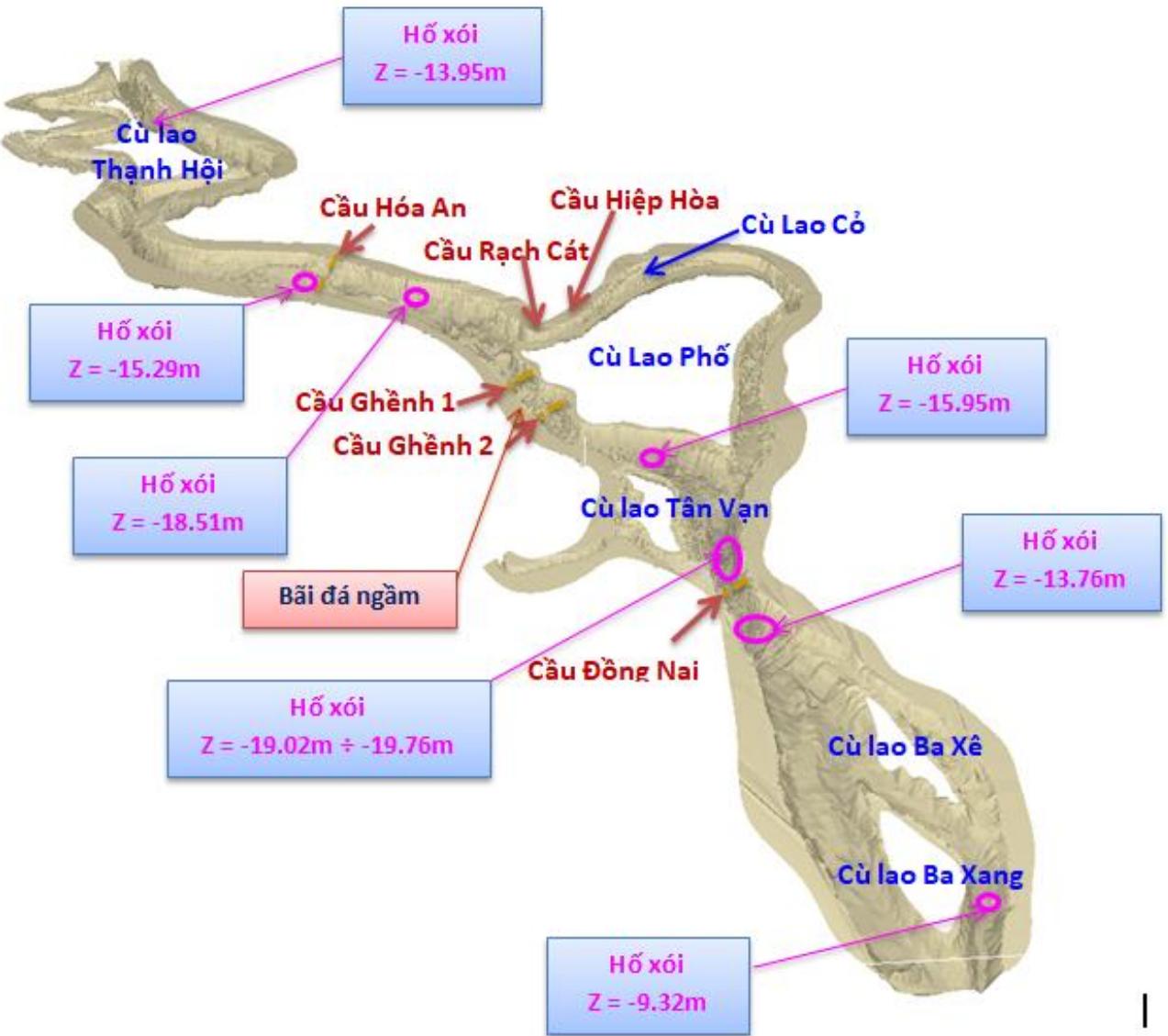
Các tài liệu thu thập để có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng, đảm bảo có đủ độ tin cậy dùng để thiết lập địa hình tính toán.

Kết quả thiết lập CSDL địa hình của khu vực nghiên cứu được thể hiện mô phỏng rõ ràng, đầy đủ địa hình lòng sông. So sánh giữa địa hình thiết lập trên lưới tính và địa hình bình đồ, nhận thấy kết quả thiết lập đảm bảo, cho phép được sử dụng để tính toán mô phỏng.

Trong trường hợp này lưới tính toán của mô hình được xác lập lưới phi cấu trúc (lưới tam giác) và giải bài toán thể tích hữu hạn ở trung tâm ô lưới. Địa hình lòng dẫn khu vực nghiên cứu được thể hiện trong các hình vẽ sau:

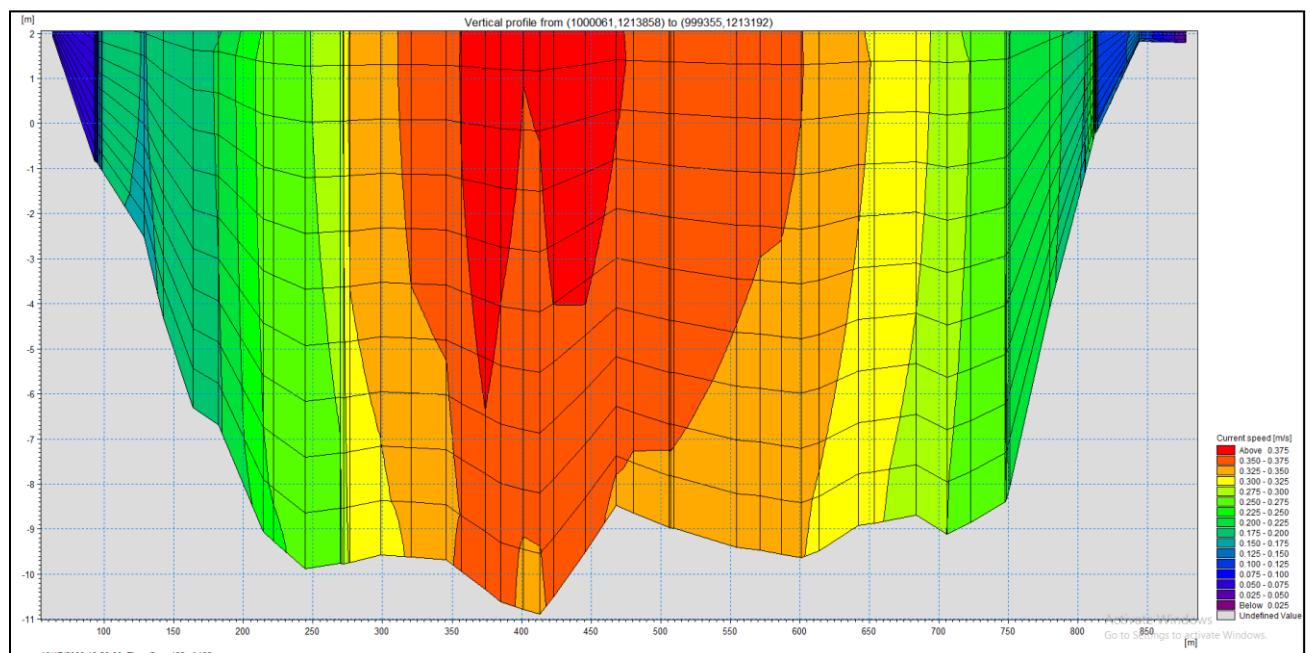


Hình 4. 8: Địa hình mô phỏng đoạn sông nghiên cứu



Hình 4. 9: Mô phỏng địa hình 3D đoạn sông nghiên cứu

Với mô hình ba chiều MIKE3 Flow Model FM có thể mô phỏng giá trị vận tốc (u , v) tại từng vị trí theo từng lớp dòng chảy. Lớp dòng chảy trong sông được chia theo 10 lớp theo cao độ kể từ đáy sông được thể hiện trong hình vẽ 5.21 sau:



Hình 4. 10: Phân giải theo chiều sâu dòng chảy của mô hình MIKE3

c. Thiết lập các CSDL biên và CSDL hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

***) Vị trí và các yếu tố kiểm định thuỷ lực**

Kết quả tính toán thuỷ lực từ phần mềm MIKE 3 Flow Model FM được so sánh với số liệu thực đo 2009, tháng 6/2016 và tháng 10/2016, tháng 7/2017 và tháng 8/2018 tại các vị trí kiểm định với các yếu tố kiểm định là:

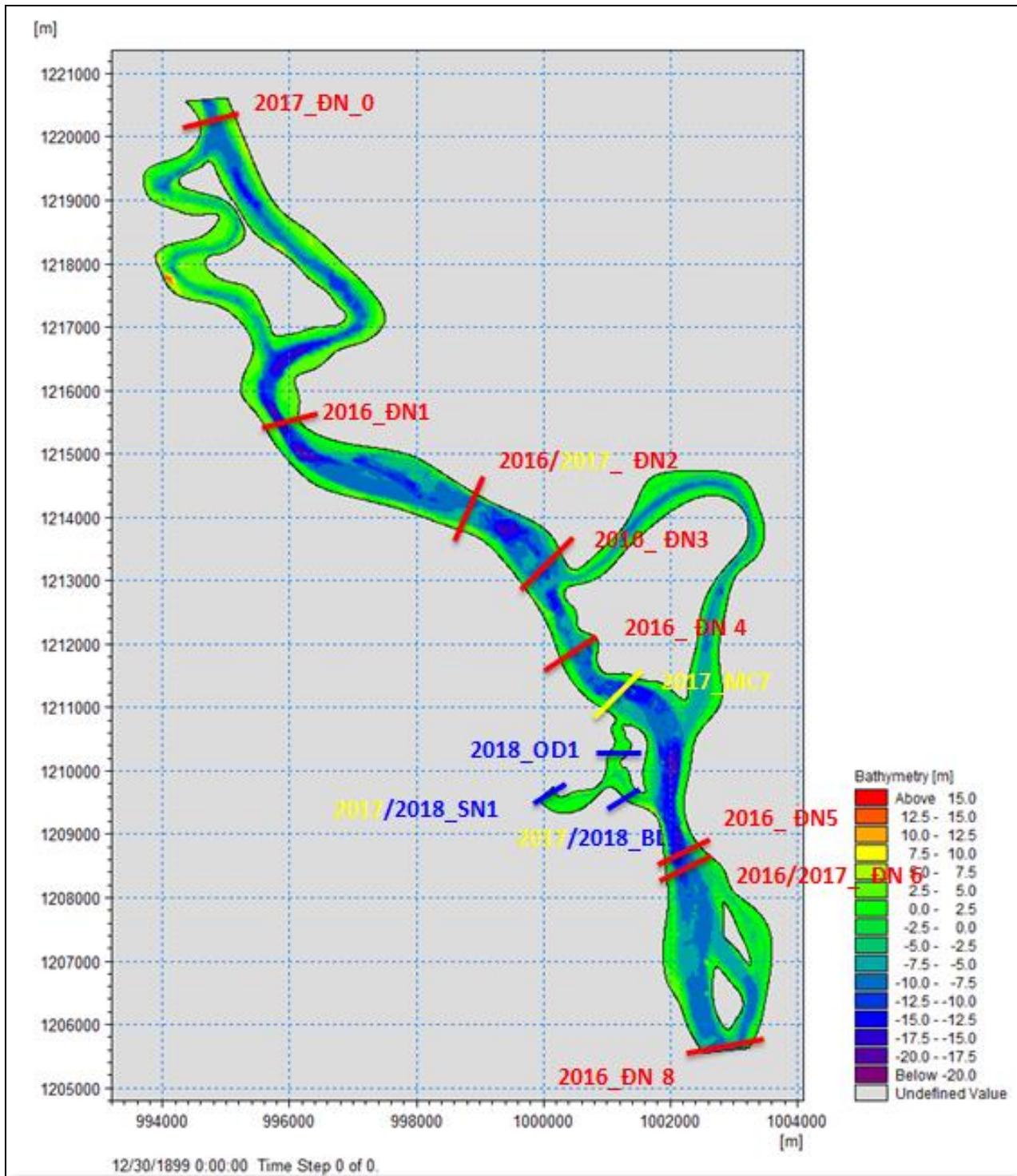
Quá trình mực nước H~t.

Quá trình lưu lượng Q~t.

Kiểm định phân bố vận tốc trên mặt cắt ngang tại 1 vị trí trùng với mặt cắt khảo sát thuỷ văn tương ứng.

Kiểm định hình thái

Tại khu vực nghiên cứu lựa chọn các mặt cắt địa hình lấy theo tài liệu khảo sát địa hình. Từ toạ độ các mốc mặt cắt của các mặt cắt này, tiến hành xác định các mặt cắt tương ứng trên mô hình. Công việc này rất quan trọng, nếu xác định không đúng sẽ dẫn đến những sai lệch vị trí giữa thực đo và tính toán, ảnh hưởng lớn đến kết quả kiểm định mô hình hình thái. So sánh các giá trị toạ độ mốc giữa mô hình và thực tế, cho thấy vị trí các mặt cắt kiểm định ở trên mô hình gần như trùng với mặt cắt thực đo. Kết quả xác định vị trí biên và các trạm hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được chỉ ra trong hình vẽ 5.22 như sau:



Hình 5. 3: Sơ đồ vị trí các mặt cắt hiệu chỉnh, kiểm định trong mô hình

Tọa độ vị trí các mặt cắt để hiệu chỉnh và kiểm định trong mô hình MIKE3 Flow Model FM được chỉ ra trong bảng sau:

Bảng 4. 4: Vị trí các mặt cắt hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với địa hình hiện trạng 2016

Mặt cắt	Tọa độ (X,Y) bờ tả		Vị trí (m)	Chiều rộng mặt cắt (m)	Yếu tố hiệu chỉnh và kiểm định
	X	Y			
DN0	994550.58	1220486.25	41813	246	Biên trên
DN1	394233.72	1212518.45	48584	310	H, Q, V
DN2	397509.11	1210620.90	52848	510	H, Q, V
DN_MCBH	398608.96	1209859.46	53934	864	H, Q, V
DN3	398923.21	1209460.61	0	106	H, Q, V
DN4	398923.21	1209460.61	55817	302	H, Q, V
DN5	400421.91	1205665.34	58878	291	H, Q, V

Mặt cắt	Tọa độ (X,Y) bờ tả		Vị trí (m)	Chiều rộng mặt cắt (m)	Yếu tố hiệu chỉnh và kiểm định
	X	Y			
DN7	399249.12	1207891.26	56312	363	H, Q,V
SN1	398394.14	1206052.56	995	35	Biên trên
OD1	399458.93	1207104.08	525	33	H, Q,V
BL1	399737.66	1206014.49	408	68	H, Q,V
DN6	400506.51	1205327.10	59398	719	H, Q,V
DN8	1002511.17	1205622.75	62828	610	Biên dưới

**) Thiết lập các CSDL biên và CSDL hiệu chỉnh, kiểm định mô hình*

Biên cứng: là tuyến đường bờ sông tính toán được không chế không cho nước tràn qua.

Biên vào thượng lưu: Phía thượng lưu

Biên ra hạ lưu: Phía hạ lưu đoạn sông, bờ phải là phường Long Bình, Quận 9, TP. Hồ Chí Minh. Bờ trái là phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, tại vị trí cách cầu Đồng Nai khoảng 1000 m về phía hạ lưu.

Điều kiện biên tính toán:

- Tại các biên vào thượng lưu là quá trình lưu lượng $Q \sim t$ và $\rho \sim t$
- Tại các biên ra phía hạ lưu là quá trình mực nước $H \sim t$ và $\rho \sim t$.

**) Tài liệu đo đạc tháng 6/2016:*

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian 7 ngày đêm (từ 11 giờ ngày 11 tháng 06 năm 2016 đến 10 giờ ngày 18 tháng 06 năm 2016) tại đồng

thời 04 trạm đo: 2, 3, 4, 5 theo chế độ 24 giờ/24 lần.

- Quan trắc mực nước 7 ngày đêm (từ 11 giờ ngày 11 tháng 06 năm 2016 đến 10 giờ ngày 18 tháng 06 năm 2016) tại đồng thời 04 trạm đo: 1, 3, 4, 6 theo chế độ 24 giờ/24 lần.

Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 12h00 ngày 11/6/2016 đến 11h00 ngày 18/VI/2016 (168 giờ). Đọc mực nước vào đầu mỗi giờ.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 12h00 ngày 11/6 /2016 đến 11h00 ngày 18/6 /2016 (168 giờ). Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

Cao độ thướt nước cùng hệ nhà nước (Cao độ Hòn Dầu). Công tác dẫn cao độ tới số “0” thướt nước do Viện Thuỷ lợi môi trường thực hiện.

**) Tài liệu đo đạc tháng 10/2016:*

- Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 13h00 ngày 14/X/2016 đến 12h00 ngày 21/X/2016 (168 giờ). Đọc mực nước vào đầu mỗi giờ.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 13h00 ngày 14/X/2016 đến 12h00 ngày 21/X/2016(168 giờ). Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian 7 ngày đêm (Từ 13 giờ ngày 14 tháng 10 năm 2016 đến 12 giờ ngày 21 tháng 06 năm 2016) tại đồng thời 04 trạm đo: DN2, DN3, DN4, DN5 theo chế độ 24 giờ/24 lần.

Chi tiết xem trong báo cáo khảo sát thủy văn.

**) Tài liệu đo đạc tháng 7/2017:*

- Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm liên tục từ 12h00 ngày 29/6/2017 đến 11h00 ngày 4/7/2017. Đọc mực nước vào đầu mỗi giờ.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm liên tục từ 12h00 ngày 29/6/2017 đến 11h00 ngày 4/7/2017. Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian liên tục từ 12h00 ngày 29/6/2017 đến 11h00 ngày 4/7/2017) tại đồng thời 05 trạm đo theo chế độ 24 giờ/24 lần.

**) Tài liệu đo đạc tháng 8/2018:*

- Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm liên tục từ 13h00 ngày 10/8/2018 đến 12h00 ngày 17/8/2018. Đọc mực nước vào đầu mỗi giờ.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm liên tục từ 13h00 ngày 10/8/2018 đến 12h00 ngày 17/8/2018. Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian liên tục từ 13h00 ngày 10/8/2018 đến 12h00 ngày 17/8/2018 theo chế độ 24 giờ/24 lần.

Với địa hình đo năm 2017, cập nhật 2018 có đủ số liệu đo đạc lưu lượng, mực nước và bùn cát đo trong thời gian tháng 6/2016 và tháng 10/2016; tháng 6/2017 và tháng 8/2018. Bộ số liệu này được dùng để tính toán hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.

Việc thiết lập điều kiện ban đầu cho mô hình là hết sức quan trọng, quyết định đến khả năng hội tụ và tính ổn định của mô hình trong quá trình tính toán. Điều kiện ban đầu được thiết lập là độ cao mực nước, vận tốc theo phương x, y.

d. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thuỷ lực và hình thái cho khu vực nghiên cứu cần được tiến hành theo 2 bước:

- Kiểm định mô hình thuỷ lực để xác định bộ thông số tính toán thuỷ lực;

- Kiểm định mô hình hình thái sông thông qua việc tính toán vận chuyển bùn cát, hình thái sông để xác định bộ thông số tính toán hình thái.

Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định tại nhiều vị trí khác nhau trên đoạn sông nghiên cứu nhằm đảm bảo tính đại diện và nâng cao độ tinh cậy của mô hình.

**) Các yếu tố hiệu chỉnh, kiểm định:*

Việc hiệu chỉnh, kiểm định mô hình để tính toán thuỷ lực, hình thái bằng mô hình toán ba chiều gồm các yếu tố sau:

- Tính toán mô phỏng chế độ thuỷ lực:

- + Kiểm định về yếu tố mực nước (H)
- + Kiểm định về yếu tố lưu lượng (Q)
- + Kiểm định về vận tốc dòng chảy (v)

- Tính toán mô phỏng diễn biến hình thái:

- + Kiểm định về vận chuyển bùn cát
- + Kiểm định về diễn biến lòng dãy theo các mặt cắt địa hình đo đạc

Trong nghiên cứu diển biến hình thái sông thì nguyên nhân cơ bản của diển biến lòng sông là sự mất cân bằng trọng tải cát. Do đó có thể xác định bộ thông số mô phỏng diển biến hình thái dựa trên các thông số liên quan đến vận chuyển bùn cát, các thông số này đóng vai trò chính quyết định độ chính xác của tính toán diển biến. Vận chuyển bùn cát là hàm chịu ảnh hưởng của các yếu tố chính như:

- Chế độ thủy lực (vận tốc dòng chảy, độ dốc mặt nước).
- Kích thước của đường kính hạt cát và phân bố của chúng .
- Dạng vật liệu và các đặc trưng vật lý của vật liệu đáy sông.
- Điều kiện địa hình, địa chất,hình dạng mặt cắt và độ nhám lòng sông.

Đối với mô hình hình thái sông các thông số của mô hình được xác định trên cơ sở kiểm định mô hình. Tuy nhiên, để kiểm định mô hình đòi hỏi phải có tài liệu thực đo liên quan đến hình thái sông ở mức độ chi tiết trước và sau từng trận lũ bao gồm: Tài liệu bùn cát, tài liệu địa hình...và kiểm định trên mô hình vật lý lòng động, tuy nhiên để xây dựng mô hình vật lý lòng động xét trong điều kiện hiện tại là không khả thi. Căn cứ vào những tài liệu đo đặc địa hình, tiến hành kiểm định mô hình để xác định được thông số về hình thái từ đó tiến hành công tác dự báo diển biến trong thời kỳ nhiều năm, theo dự báo ngắn hạn 1,3,5,7 năm và theo dự báo dài hạn 10,20 năm. Do đó, trong phạm vi nghiên cứu lựa chọn kiểm định hình thái bằng quan hệ lưu lượng dòng chảy và lượng ngâm cát ($Q \sim \rho$) dựa trên tài liệu đo đặc bùn cát bổ sung thực hiện đo năm 2016,2017,2018 tại khu vực nghiên cứu và tài liệu đo đặc mặt cắt ngang lòng sông tại các vị trí khảo sát thủy hải văn để kiểm định hình thái địa hình hình dạng mặt cắt.

- Hiệu chỉnh mô hình: sử dụng số liệu đo đặc lưu lượng, mực nước và bùn cát trong tháng 6/2016.
- Kiểm định mô hình: sử dụng số liệu đo đặc lưu lượng, mực nước và bùn cát trong tháng 10/2016.
- Xác nhận mô hình: sử dụng số liệu đo đặc lưu lượng, mực nước và bùn cát trong tháng 7/2017 và tháng 8/2018

Kết quả được tính từ mô hình MIKE11 được sử dụng để kiểm định mô hình MIKE3FM.

***). Thiết lập các thông số thủy lực, hình thái cơ bản**

Các thông số thủy lực chính của mô hình:

- Bước thời gian tính toán Δt giây, được lựa chọn trên cơ sở kích thước ô lưới tính toán, tốc độ dòng chảy được chia sao cho số Courant (Cr) nằm dưới giới hạn cho phép và mô hình ổn định trong suốt quá trình tính toán. Việc xác định khoảng thời gian Δt được làm sơ bộ đồng thời với quá trình chạy thông mô hình. Mô hình tính toán đó lựa chọn khoảng thời gian Δt khác nhau (5s, 10s, 30s, 60s), với $\Delta t = 5s, 10s, 30s, \dots$ thì mô hình chạy không ổn định (bị ngừng do lỗi về vấn đề ổn định của mô hình, vi phạm hệ số Courant). Sau khi thử với bước thời gian $\Delta t = 1s$ thì mô hình chạy ổn định nhất nên lựa chọn bước thời gian này để tính toán, với hệ số Courant-Friedrich-Lévy (CFL) ban đầu=0,8. Bước thời gian tính toán lựa chọn trong mô hình là $\Delta t = 1$ giây.

Hệ số nhót η , có tác dụng trong việc điều chỉnh vận tốc dòng chảy. Hệ số nhót xoáy $\eta = 0,26m^2/s$. Hệ số nhót rối tính theo công thức Smagorinsky (Cs) có giá trị trong khoảng từ 0,25 đến 1. Với khu vực nghiên cứu chọn $Cs=0.26 - 0.28$.

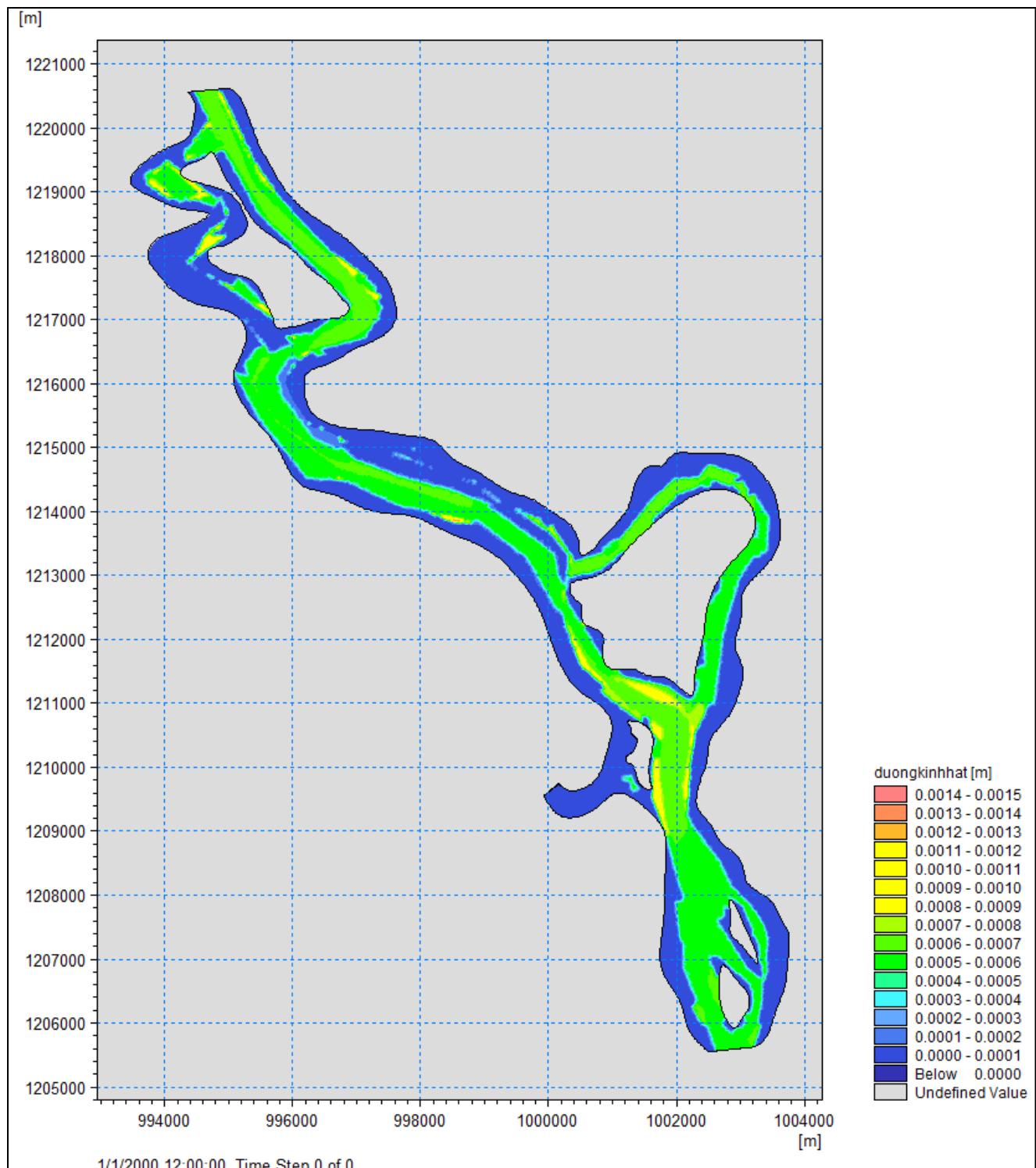
Xử lý ô lưới bị khô, ướt: Cách tiếp cận vấn đề khô ướt được dựa trên công trình của Zhao và cộng sự (1994), Sleigh và cộng sự (1998). Khi độ sâu nhỏ thì vấn đề được xử lý, chỉ

khi độ sâu rất nhỏ thì các ô lướt hay các phần tử mới được loại bỏ ra khỏi tính toán. Việc xử lý khô ướt được thực hiện bằng cách cài đặt thông lượng động lượng bằng 0 và chỉ tính đến thông lượng khói. Độ sâu trong mỗi ô lướt hay phần tử đều được giám sát và các phần tử được phân loại thành khô, khô cục bộ và ướt. Tương tự các mặt của phần tử cũng được giám sát để xác định biên tràn. Mỗi mặt của phần tử được xác định là tràn nếu hai tiêu chuẩn sau được thoả mãn: thứ nhất là độ sâu tại cạnh của bề mặt phải nhỏ hơn độ sâu h_{dry} và độ sâu ở các cạnh khác phải lớn hơn độ sâu h_{food} . Thứ hai, tổng độ sâu tĩnh của cạnh có độ sâu nhỏ hơn h_{dry} và độ cao bề mặt ở các cạnh khác phải lớn hơn 0. Mỗi phần tử là khô cục bộ nếu độ sâu lớn hơn h_{dry} và nhỏ hơn h_{wet} , hoặc khi độ sâu nhỏ hơn h_{dry} và một trong các cạnh của phần tử là biên tràn. Thông lượng động lượng được gán bằng 0 và chỉ các thông lượng khói được tính đến. Mỗi phần tử là ướt nếu độ sâu lớn hơn h_{wet} . Cả thông lượng động lượng và thông lượng khói đều được tính đến. Độ sâu ướt h_{wet} phải lớn hơn độ sâu khô h_{dry} và độ sâu tràn theo thứ tự: $H_{dry} < h_{food} < h_{wet}$. Các giá trị mặc định cho các biến này tương ứng là: $h_{dry} = 0,005m$; $h_{food} = 0,05$ và $h_{wet} = 0,1m$.

Các thông số hình thái của mô hình:

- Thiết lập dữ liệu địa chất: Sử dụng tài liệu khảo sát địa chất khu vực Biên Hòa khảo sát do Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư GeoQ thực hiện khảo sát tại 9 hố khoan khu vực dự án cảnh quan đô thị vào tháng 3/2012. Tài liệu địa chất đoạn từ đầm Phước Lư đến khu dân cư dọc sông Rạch Cát được tham khảo từ tài liệu khảo sát của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam khảo sát tháng 11 năm 2011 bao gồm 05 hố khoan địa chất, vị trí các hố khoan chạy dọc và rải đều trên tuyến bờ sông khu vực dự án, chiều sâu mỗi hố trung bình 15m. Tài liệu địa chất đoạn từ cầu Rạch Cát đến cầu Ghềnh phía Cù lao Phố tham khảo tài liệu do Viện Kỹ thuật biển, trung tâm nghiên cứu công trình Biển đo đạc khảo sát 2008 với 16 hố khoan; tùy theo vị trí khảo sát, chiều sâu mỗi hố khoan được kết thúc khi khoan vào lớp đá cứng; mẫu nguyên dạng được lấy theo khoảng cách 2m/ mẫu. Tài liệu địa chất tại 12 lỗ khoan khu vực dự án Khu dân cư, dịch vụ Cù lao Tân Vạn thực hiện tháng 6/2017 do viện Kỹ thuật biển thực hiện. Căn cứ vào kết quả khảo sát địa chất và bùn cát để xác định các thông số chiều sâu lớp xói, đường kính hạt, cấp phối hạt bùn cát của đoạn sông nghiên cứu.

Tài liệu bùn cát: Theo tài liệu đo đạc khảo sát bùn cát đáy năm 2008 do viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện (15 vị trí) và năm 2016 do Viện Thủy lợi và Môi trường thực hiện (12 vị trí). Ngoài ra còn cập nhật tài liệu khảo sát bùn cát đáy của Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện đo đạc khảo sát tháng 10/2003 (96 mẫu). Tài liệu bùn cát đáy do viện Kỹ thuật biển thực hiện tháng 7/2017 (48 mẫu). Kết quả đo đạc khảo sát cho thấy khu vực dự án có đặc tính hạt bùn cát không đồng nhất, hai bên bờ là bùn đến cát mịn $D_{50} = 0.01 \sim 0.5mm$, lòng sông là cát thô $D_{50}=0.5 \sim 1mm$. Khi tính toán mô hình MIKE3 Flow Model tạo file đường kính hạt bùn cát thay đổi theo miền lưới tính toán được mô phỏng như trong hình vẽ sau::



Hình 4. 11: File tạo lưới đường kính hạt bùn cát mô phỏng trong mô hình

Tỷ trọng cát : 2.69

Tính toán bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng theo công thức Englund & Hansen.

Bước thời gian tính toán vận chuyển bùn cát 10s.

Tổng thời gian máy tính chạy mô hình cho mỗi một kịch bản trung bình từ 172 giờ - 270 giờ phụ thuộc vào từng kịch bản tính toán.

***) Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thuỷ lực (MIKE3 Flow Model FM)**

- Kết quả hiệu chỉnh mô hình

Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện tại các bảng biểu và các hình vẽ dưới đây:

Bảng 4. 5: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 6/2016)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 6/2016			Số liệu tính toán 6/2016			Sai số hiệu chỉnh			Hệ số Nash		
		Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)	NASH (H)	NASH (Q)	NASH (V)
DN_MCBH	53934	1.21	-	-	1.13	-	-	-0.08	-	-	0.97	-	-
DN3	0	1.04	532.00	1.14	1.15	488.76	1.07	0.11	-8.13	-6.26	0.95	0.93	0.93
DN4	55817	1.00	2266.0	1.01	1.07	2159.6	1.02	0.07	-4.70	1.04	0.97	0.97	0.95
DN5	58878	-	3140.0	0.96	-	3359.6	0.98	-	6.99	1.30	-	0.93	0.96

Bảng 4. 6: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 6/2016)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 6/2016			Số liệu tính toán 6/2016			Sai số hiệu chỉnh		
		Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)
DN_MCBH	53934	-1.66	-	-	-1.68	-	-	-0.02	-	-
DN3	0	-1.78	-494.00	-1.03	-1.97	-438.74	-1.01	-0.19	-11.19	-1.45
DN4	55817	-2.42	-2230.0	-0.95	-2.67	-2129.6	-0.90	-0.25	-4.50	-5.54
DN5	58878	-	-3212.0	-0.86	-	-3129.6	-0.90	-	-2.57	4.30

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy đường quá trình mực nước tính toán và thực đo khá phù hợp, mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo chênh lệch không lớn ($0.08m \div 0.11m$). Hệ số NASH đánh giá sai số mực nước tính toán và thực đo trong khoảng $0.95 \div 0.97$. Sai số chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất đạt 8,3%.

*) Kết quả kiểm định mô hình trận lũ tháng 10/2016

Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện tại các bảng biểu và các hình vẽ dưới đây:

Bảng 4. 7: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 10/2016)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 10/2016			Số liệu tính toán			Sai số hiệu chỉnh			Hệ số Nash		
		Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)	NASH (H)	NASH (Q)	NASH (V)
DN_MCBH	53934	2	-	-	1.95	-	-	-0.05	-	-	0.89	-	-
DN3	0	2.34	659.00	1.54	2.32	666.90	1.56	-0.02	1.20	1.37	0.96	0.93	0.79
DN4	55817	2.36	2266.0	1.01	2.28	2459.9	1.08	-0.08	8.56	6.61	0.97	0.92	0.86
DN5	58878	-	3140.0	0.96	-	3373.3	1.00	-	7.43	4.22	-	0.96	0.95

Bảng 4. 8: Kết quả kiểm định mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 10/2016)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 10/2016			Số liệu tính toán			Sai số hiệu chỉnh		
		Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)
DN_MCBH	53934	-0.74	-	-	-0.72	-	-	0.02	-	-
DN3	0	-0.53	-220.0	0.010	-0.57	-197.05	0.011	-0.04	-10.43	10.83
DN4	55817	-1.13	-1372.0	0.017	-1.19	-1297	0.016	-0.06	-5.46	-5.23
DN5	58878	-	-2325.0	0.020	-	-2333	0.023	-	0.33	14.30

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy đường quá trình mực nước tính toán và thực đo khá phù hợp, mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo chênh lệch không lớn ($0.02m \div 0.08m$). Hệ số NASH đánh giá sai số mực nước tính toán và thực đo trong khoảng $0.89 \div 0.97$. Sai số chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất đạt 8,3%. Như vậy kết quả xác định bộ thông số hiệu chỉnh mô hình là hợp lý cho đoạn sông nghiên cứu, có thể sử dụng bộ thông số mô hình để tính toán mô phỏng diễn biến lòng dẫn theo các kịch bản lũ khác nhau.

Đường quá trình tính toán và thực đo tại các mặt cắt hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được chỉ dẫn ra trong hình vẽ phần phụ lục báo cáo.

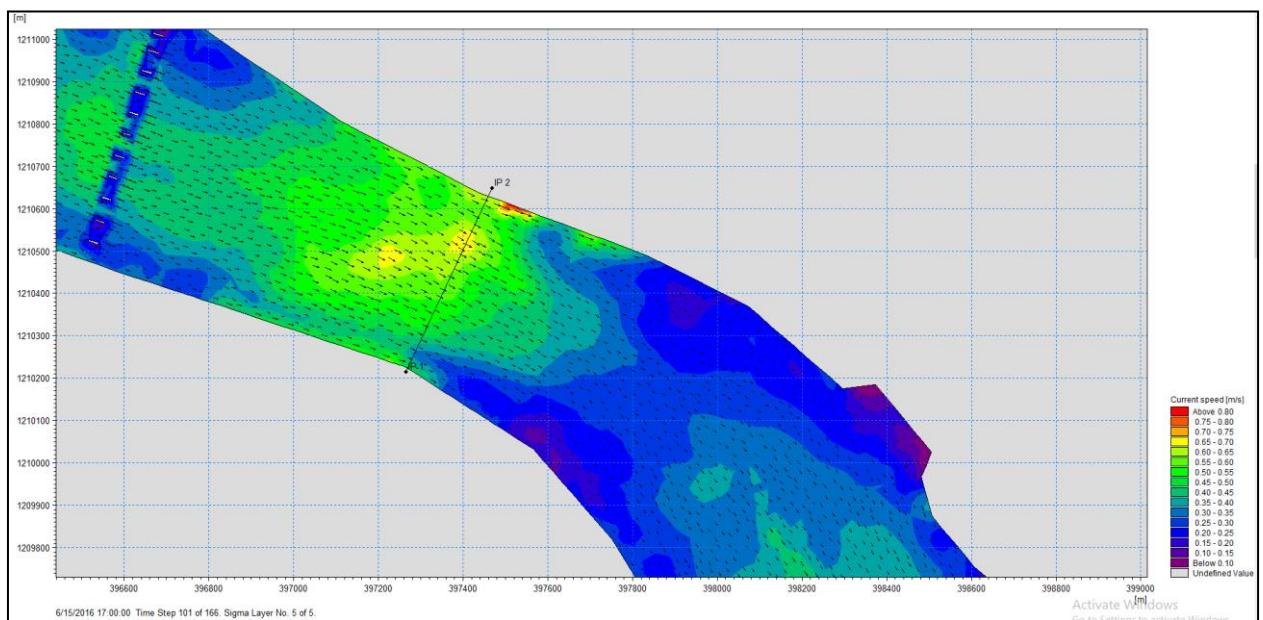
Kết quả kiểm định và hiệu chỉnh mô hình 3 chiều MIKE 3 (Flow Model FM) cho chỉ tiêu NASH khá tốt($NASH > 0,8$) quá trình mực nước và đỉnh lũ so sánh trong cả 2 trường hợp đều khá phù hợp, Sai số chênh lệch mực nước trong giá trị cho phép, chênh lệch mực nước nhỏ nhất khoảng $0,08m - 0,09m$, chênh lệch mực nước lớn nhất khoảng $0,06m - 0,08m$.

Từ kết quả kiểm định mô hình 3 chiều MIKE 3 Flow Model FM cho thấy quá trình mực nước và lưu lượng so sánh là khá tốt chứng tỏ việc thiết lập mô hình và lựa chọn các

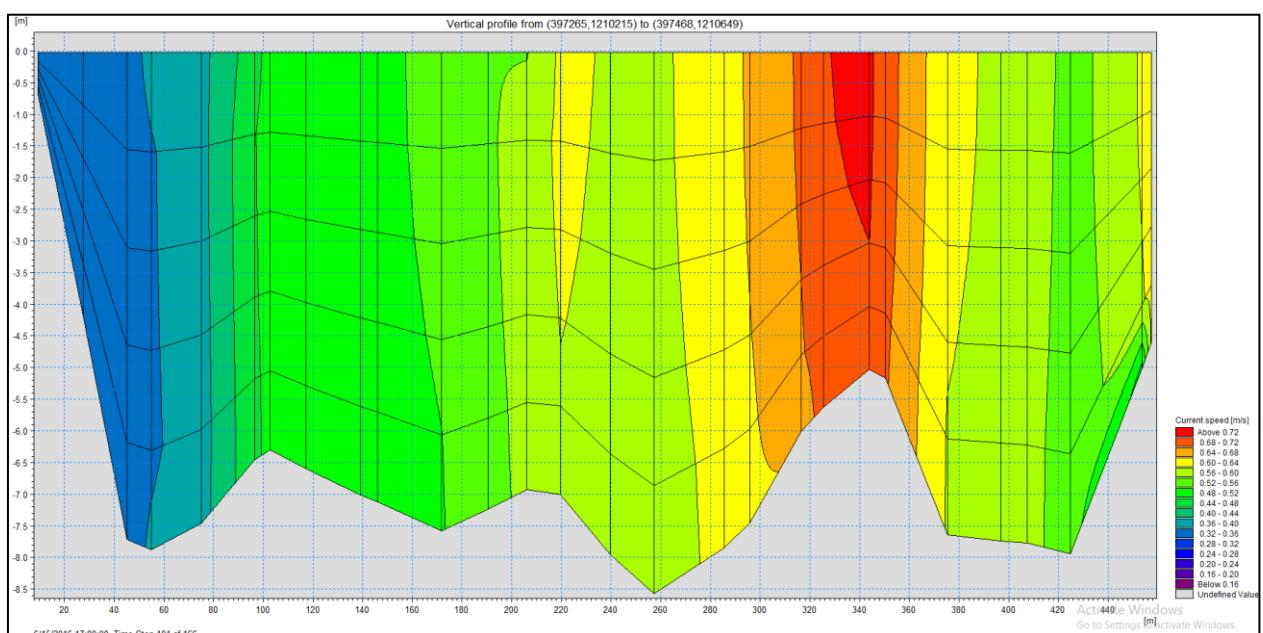
thông số thủy lực cho mô hình *MIKE 3 (Flow Model FM)* là hợp lý.

*). Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình hình thái (*MIKE3 moduyn ST và MT*)

Với các thông số của mô hình thuỷ lực, cùng các thông số của mô hình hình thái đã được xác định như ở trên, tiến hành tính toán mô phỏng hình thái, kết quả thu được là quá trình diễn biến lòng dẫn trên toàn bộ khu vực nghiên cứu dưới các điều kiện dòng chảy và bùn cát đã xác định. Để kiểm định mô hình hình thái thường kiểm định địa hình đoạn sông theo hai thời điểm khác nhau, so sánh mặt cắt địa hình để đánh giá xu thế xói bồi, so sánh vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang, phân bố lưu tốc theo mặt cắt ngang. Tuy nhiên việc đo đặc địa hình lòng dẫn đòi hỏi kinh phí rất lớn để đo địa hình trước và sau lũ cũng cần có tài liệu như dòng chảy, bùn cát. Để đánh giá độ chính xác của việc kiểm định mô hình đã tiến hành trích các mặt cắt ngang tính toán và đem so sánh chúng với các mặt cắt thực đo tại các vị trí mặt cắt kiểm định theo thời gian đo đặc khảo sát 2016, 2017, 2018. Các kết quả so sánh vận tốc trung bình mặt cắt ngang và kết quả tính toán từ mô hình được thể hiện trong các hình vẽ sau:

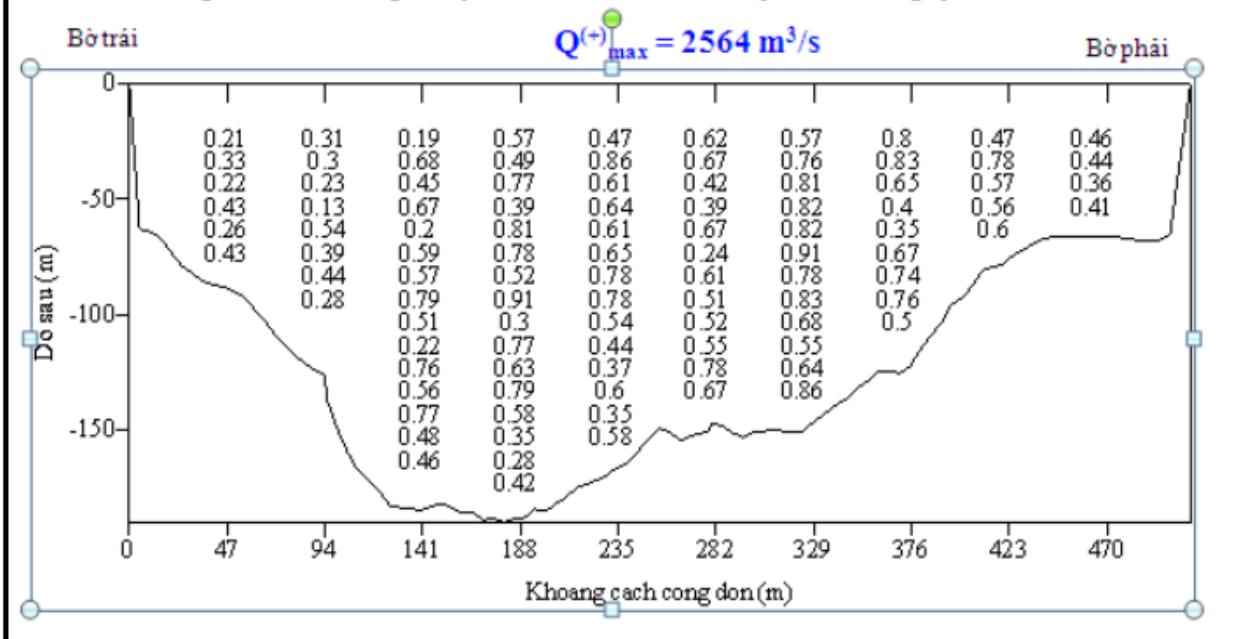


Hình 4. 12: Phân bố lưu tốc lúc 17h00 ngày 15/6/2016 theo kết quả tính toán bằng mô hình

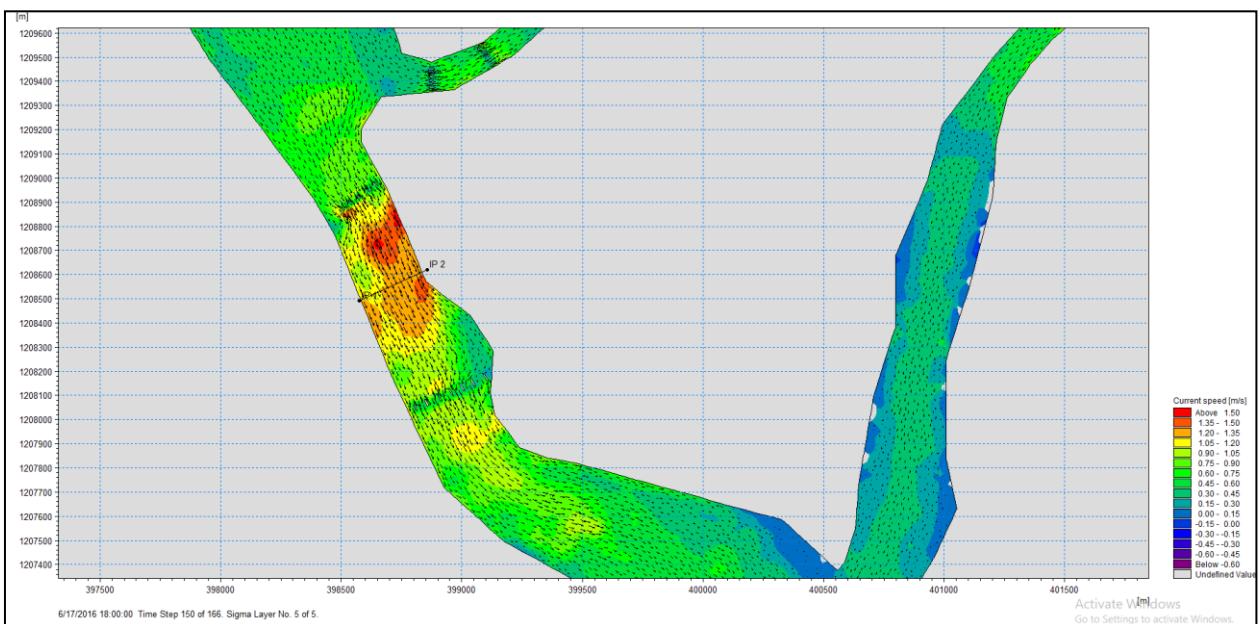


Hình 4. 13: Phân bố lưu tốc lúc 17h00 ngày 15/6/2016 theo kết quả tính toán bằng mô hình tại mặt cắt T2

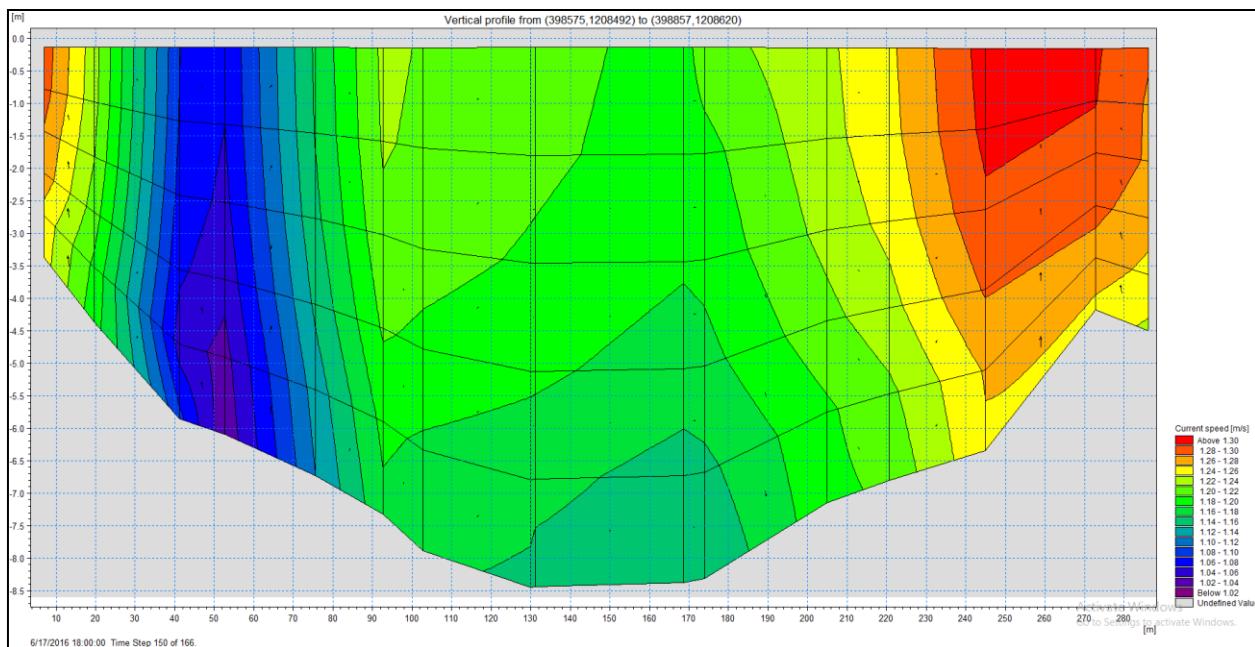
**Phân bố lưu tốc 10 tại các thùy trực tại trên mặt cắt ngang tại trạm thùy văn T2
Ứng với lưu lượng chảy xuôi lớn nhất thời kỳ đo, 17h ngày 15/6/2016**



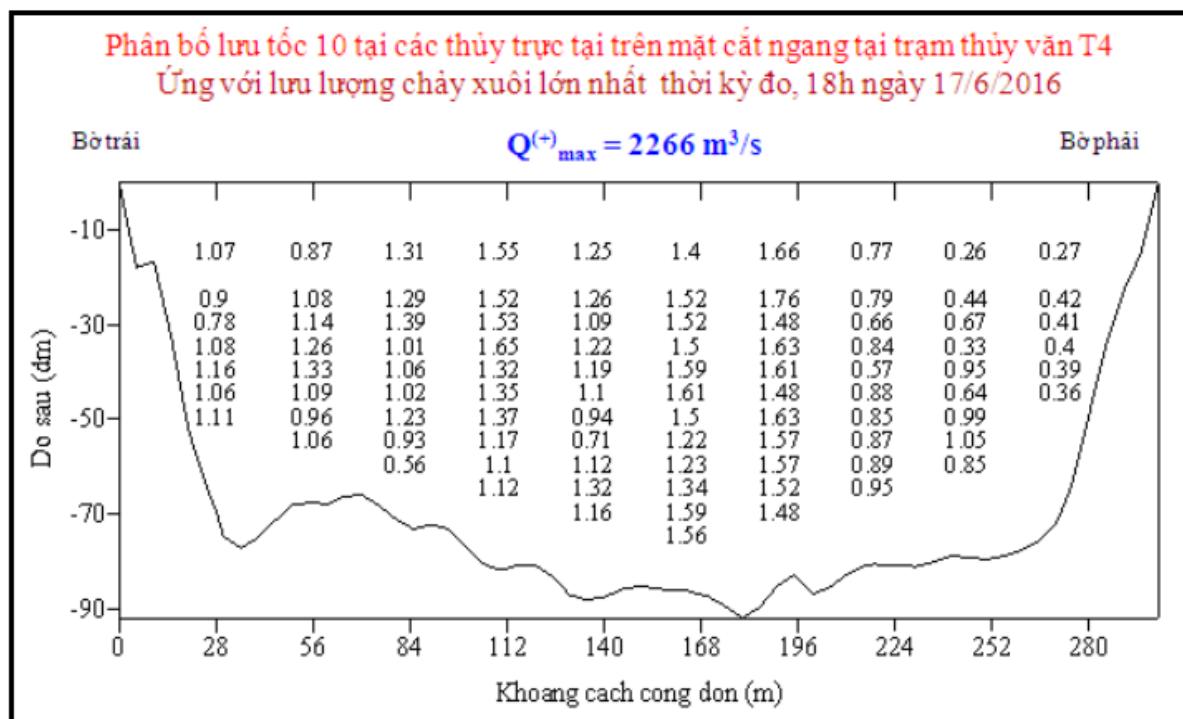
Hình 4. 14: Phân bố lưu tốc lúc 17h00 ngày 15/6/2016 theo kết quả đo đạc ADCP tại mặt cắt T2



Hình 4. 15: Phân bố lưu tốc lúc 18h00 ngày 17/6/2016 theo kết quả tính toán bằng mô hình



Hình 4. 16: Phân bố lưu tốc lúc 18h00 ngày 17/6/2016 theo kết quả tính toán bằng mô hình tại mặt cắt T4

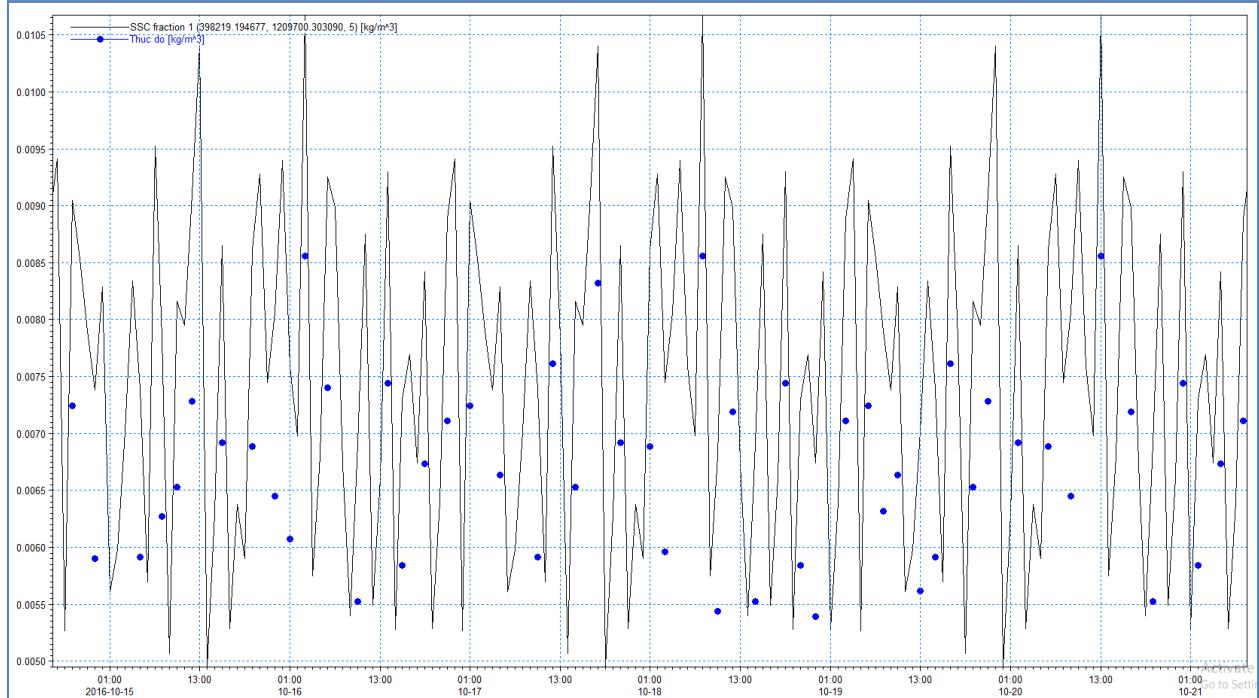


Hình 4. 17: Phân bố lưu tốc lúc 18h00 ngày 17/6/2016 theo kết quả tính toán bằng mô hình tại mặt cắt T4

So sánh phân bố lưu tốc giữa kết quả tính toán bằng mô hình và số liệu thực đo bằng máy ADCP tại vị trí mặt cắt MC2, MC4 cho thấy hình ảnh phân bố vận tốc trên mặt cắt ngang là khá giống nhau về độ lớn và phương chiều.

Căn cứ vào kết quả tính toán kiểm định ở trên cho thấy các đặc trưng về mặt cắt ngang giữa kết quả tính toán trên mô hình và thực tế đo đạc có sự phù hợp. Chúng tỏ các thông số về thuỷ lực, hình thái tìm được đã phản ánh khá phù hợp tính chất vật lý của chúng trên khu vực nghiên cứu thuộc vùng dự án. Tuy nhiên các công thức mô phỏng vận chuyển bùn cát trong mô hình chỉ là các công thức kinh nghiệm. Vì vậy việc nghiên cứu tính toán hình thái có thể chấp nhận các kết quả mang tính tương đối phù hợp với xu thế diễn biến và sai số của các giá trị cao độ ở mức có thể chấp nhận.

Về bùn cát lơ lửng (STT) tại khu vực nghiên cứu, chúng tôi sử dụng các số liệu bùn cát thực đo vào tháng 10 năm 2016 để kiểm định. Từ dữ liệu thu thập, số lượng mẫu bùn cát lơ lửng có được tại vùng nghiên cứu là 20 mẫu. Kết quả cho hệ số Nash đạt giá trị R²=0.57. Việc hiệu chỉnh mô hình về lưu lượng bùn cát lơ lửng khó cho giá trị cao do bùn cát phụ thuộc vào nhiều yếu tố, do đó trong điều kiện hiện tại có thể sử dụng để mô phỏng dự báo tác động của dự án đến diễn biến lòng đất. Kết quả hiệu chỉnh bùn cát lơ lửng SSC như hình sau:



Hình 4. 18: Kết quả hiệu chỉnh bùn cát lơ lửng tháng 10/2016

Nhận xét

- Lưới tính đã lập ra là tối ưu vì độ phân giải đủ mịn tại vùng dự án chính đảm bảo không bỏ sót các chi tiết cần mô phỏng. Kích thước của lưới tính trên MIKE3 Flow Model FM có khoảng 101211 nút là hợp lý bảo đảm tính khả thi và tiến độ thời gian; Độ phân giải lưới tính tương thích với chất lượng số liệu đầu vào và yêu cầu độ chính xác của phạm vi nghiên cứu của dự án. Diện tích ô lưới bảo đảm tối ưu sao cho số CFL có giá trị nhỏ nhất và đồng đều.

- Các CSDL biên cứng được lập ra đủ để chạy thử và hiệu chỉnh các thông số mô hình MIKE3 Flow Model FM. Đây là các sản phẩm rất quan trọng, có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác và tính khả thi của phương pháp mô hình toán. Các CSDL khác như: bước thời gian tối ưu, hệ số nhám, hệ số tán xạ rối, thông số chảy vòng... đã được lập ra trong quá trình hiệu chỉnh mô hình tích hợp MIKE3 Flow Model FM.

- Các CSDL đã được hiệu chỉnh và cập nhật hoàn chỉnh và hợp lý cho vùng nghiên cứu của dự án. Đã có đánh giá và kiểm định độ tin cậy của các CSDL đầu vào. Các số liệu thực đo có độ tin cậy cao, trong đó số liệu đo năm 2019 có chất lượng tốt vì công việc khảo sát và chỉnh biên được thực hiện rất bài bản, áp dụng những công nghệ và thiết bị hiện đại trong đo đạc khảo sát.

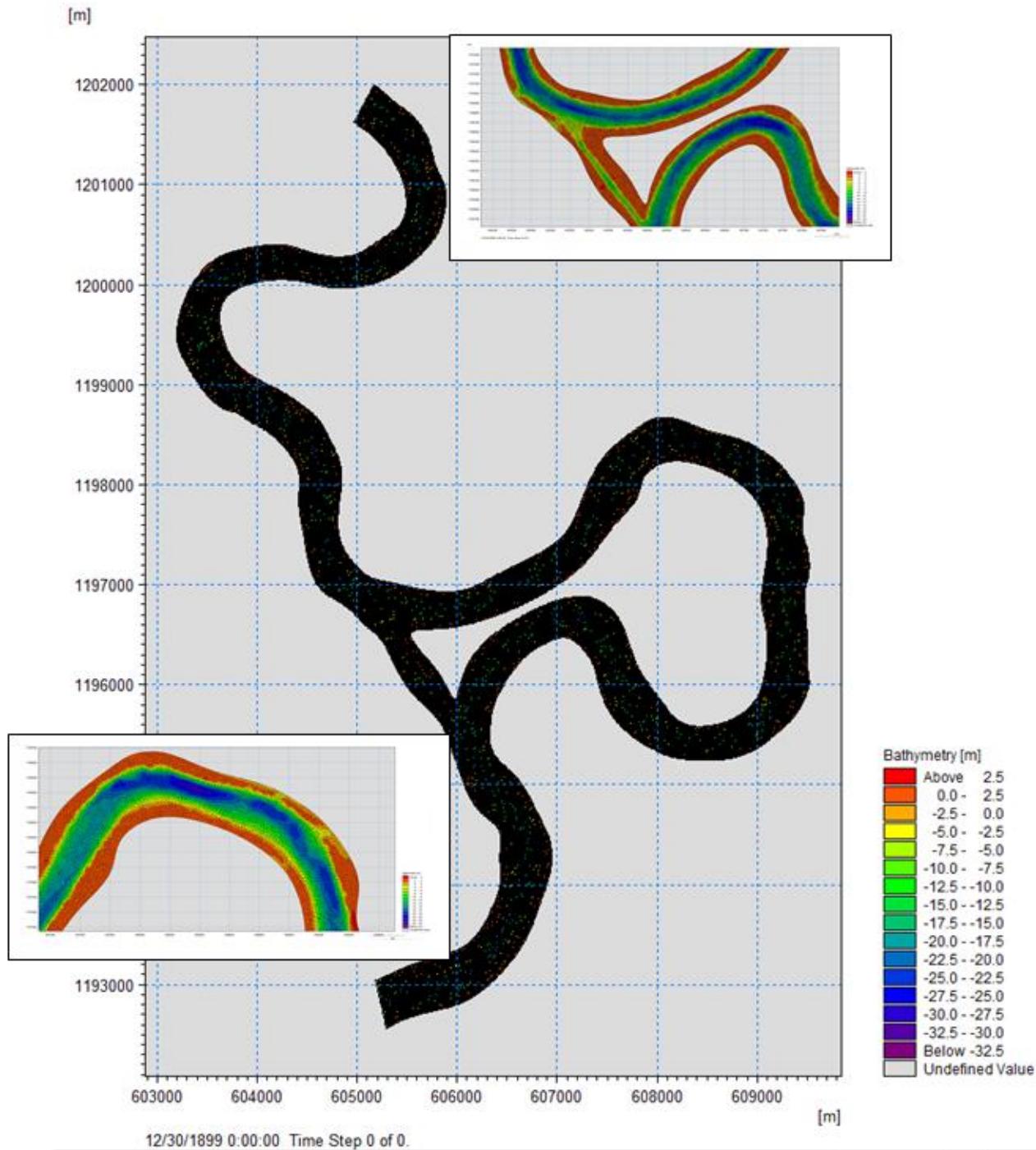
- Kết quả mô phỏng mô hình thủy động lực số và các CSDL nhập kèm theo là đáng tin cậy, làm việc ổn định có cơ sở khoa học và thực tiễn chắc chắn cho khu vực nghiên cứu. Kết quả tính toán ổn định, tin cậy, mô tả đúng đắn các quy luật động lực học trên vùng nghiên cứu. Kết quả mô phỏng mực nước, lưu lượng, vận tốc, bùn cát phù hợp với số liệu thực đo tháng 5/2016 và tháng 10/2016, 5/2019.

3. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE3 Flow Model FM đoạn sông Sài Gòn

a. Thiết lập hệ thống lưới tính toán

Căn cứ vào phạm vi tính toán của mô hình, tiến hành thiết lập hệ thống lưới tính toán. Miền tính toán của mô hình có kích thước 609000m x 1202000m từ tập hợp của điểm tọa độ theo 3 phương x, y, z.

Các cạnh của lưới tam giác thay đổi từ 1-3m, khu vực cầu thay đổi từ 5-10m. Diện tích nhỏ nhất của ô lưới là 10.17m². Diện tích lớn nhất của ô lưới là 12.51m². Lưới tính toán bao gồm 74790 phần tử, 38980 nút.



Hình 4. 19: Lưới mô phỏng tính toán đoạn sông nghiên cứu trên dòng chính sông Sài Gòn

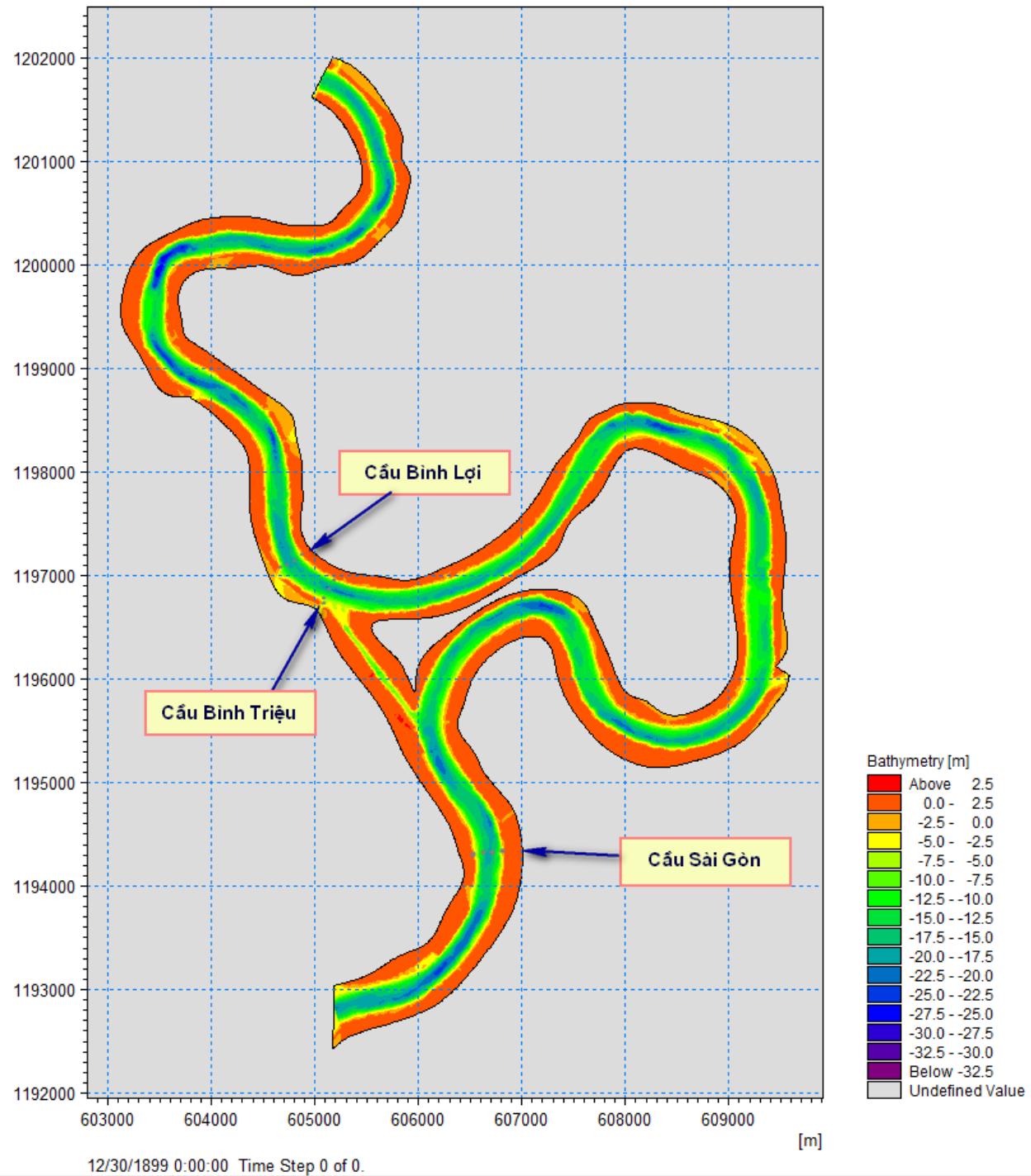
b. Thiết lập địa hình trên lưới tính toán

Tài liệu sử dụng cho việc thiết lập địa hình tính toán bao gồm:

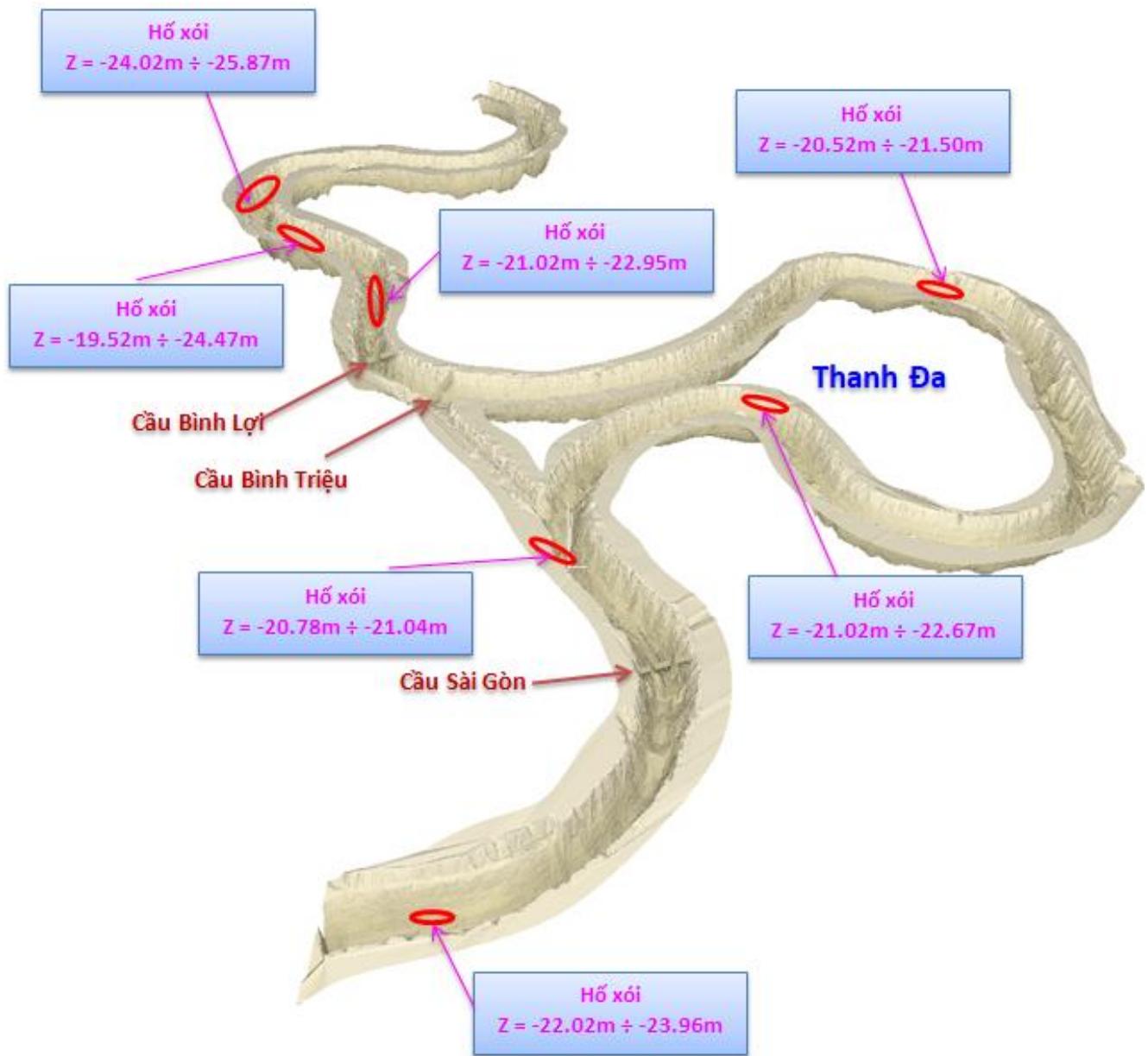
- Bình đồ lòng sông khu vực nghiên cứu: Tài liệu đo năm 2019 tỷ lệ 1:2000 để phục vụ tính toán đánh giá hiện trạng và theo các kịch bản tính toán.
- Tài liệu các mặt cắt ngang trên đoạn sông nghiên cứu;
- Tài liệu công trình bảo vệ bờ đã được xây dựng ở khu vực nghiên cứu đoạn sông Thanh Đa

Địa hình lòng dỗn khu vực nghiên cứu được thể hiện trong các hình vẽ sau:

[m]



Hình 4. 20: Địa hình mô phỏng đoạn sông nghiên cứu



Hình 4. 21: Mô phỏng địa hình 3D đoạn sông nghiên cứu

c. Thiết lập các CSDL biên và CSDL hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

*) Vị trí và các yếu tố kiểm định thuỷ lực

Kết quả tính toán thuỷ lực từ phần mềm MIKE 3 Flow Model FM được so sánh với số liệu thực đo 6/2019, tháng 10/2019 tại các vị trí kiểm định với các yếu tố kiểm định là:

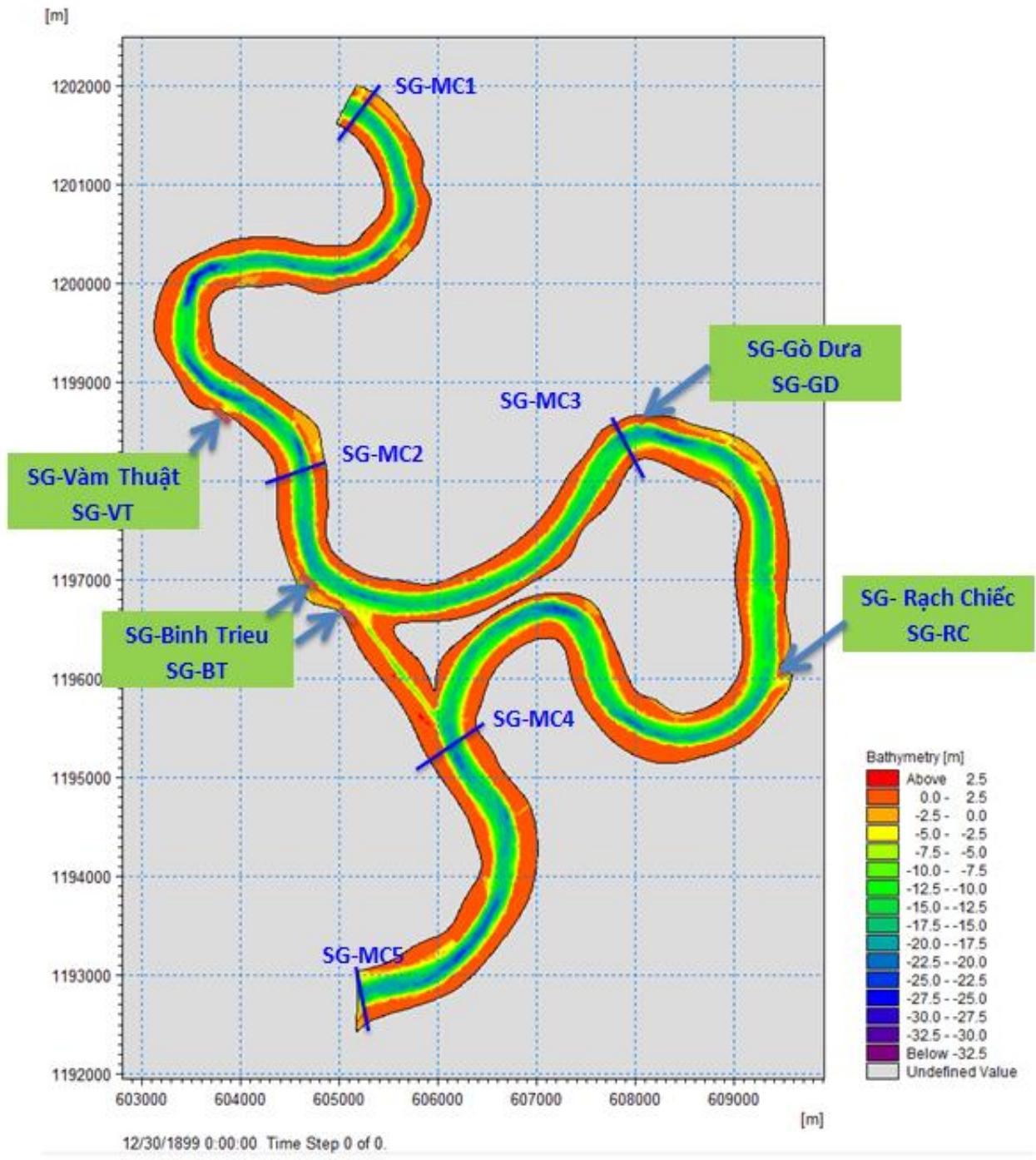
Quá trình mực nước H~t.

Quá trình lưu lượng Q~t.

Kiểm định phân bố vận tốc trên mặt cắt ngang tại 1 vị trí trùng với mặt cắt khảo sát thuỷ văn tương ứng.

Kiểm định hình thái

Tại khu vực nghiên cứu lựa chọn các mặt cắt địa hình lấy theo tài liệu khảo sát địa hình. Từ toạ độ các mốc mặt cắt của các mặt cắt này, tiến hành xác định các mặt cắt tương ứng trên mô hình. Công việc này rất quan trọng, nếu xác định không đúng sẽ dẫn đến những sai lệch vị trí giữa thực đo và tính toán, ảnh hưởng lớn đến kết quả kiểm định mô hình hình thái. So sánh các giá trị toạ độ mốc giữa mô hình và thực tế, cho thấy vị trí các mặt cắt kiểm định ở trên mô hình gần như trùng với mặt cắt thực đo. Kết quả xác định vị trí biên và các trạm hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được chỉ ra trong hình vẽ 5.22 như sau:



Hình 4. 22: Sơ đồ vị trí các mặt cắt hiệu chỉnh, kiểm định trong mô hình

Tọa độ vị trí các mặt cắt để hiệu chỉnh và kiểm định trong mô hình MIKE3 Flow Model FM được chỉ ra trong bảng sau:

Bảng 4. 9: Vị trí các mặt cắt hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với địa hình hiện trạng 2016

Mặt cắt	Tọa độ (X,Y) bờ tả		Vị trí (m)	Chiều rộng mặt cắt (m)	Yếu tố hiệu chỉnh và kiểm định
	X	Y			
SG_MC1	605095.92	1201820.06	105610	220	Biên trên
SG-VT	603878.82	1198740.78		93	Biên gia nhập
SG-BT1	604701.20	1196966.35	113650	65	Biên gia nhập
SG-BT2	605070.20	1196683.45		50	Biên gia nhập
SG-GD	608096.02	1198577.66		35	Biên gia nhập
SG-RC	609473.62	1195994.64	120879	110	Biên gia nhập
SG_MC2	604652.00	1198011.85	118198	237	H, Q,V

Mặt cắt	Tọa độ (X,Y) bờ tả		Vị trí (m)	Chiều rộng mặt cắt (m)	Yếu tố hiệu chỉnh và kiểm định
	X	Y			
SG_MC3	607850.02	1198491.56		272	H, Q,V
SG_MC4	606374.01	1195244.34	7-1200	270	H, Q,V
SG_MC5	605365.40	1192747.43	128404	340	Biên dưới

***) Thiết lập các CSDL biên và CSDL hiệu chỉnh, kiểm định mô hình**

Biên cứng: là tuyến đường bờ sông tính toán được khống chế không cho nước tràn qua.

Biên vào thượng lưu: Phía thượng lưu từ ngã ba Rạch Vĩnh Bình

Biên ra hạ lưu: Phía hạ lưu đoạn sông ngã ba Rạch Thị Nghè.

Điều kiện biên tính toán:

- Tại các biên vào thượng lưu là quá trình lưu lượng $Q \sim t$ và $\rho \sim t$
- Tại các biên ra phia hạ lưu là quá trình mực nước $H \sim t$ và $\rho \sim t$.

***) Tài liệu đo đạc tháng 6/2019:**

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian 7 ngày đêm (từ 13 giờ ngày 27 tháng 05 năm 2019 đến 13 giờ ngày 3 tháng 06 năm 2019) theo chế độ 24 giờ/24 lần.

- Quan trắc mực nước 7 ngày đêm (từ 13 giờ ngày 27 tháng 05 năm 2019 đến 13 giờ ngày 3 tháng 06 năm 2019) theo chế độ 24 giờ/24 lần.

Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ (từ 13 giờ ngày 27 tháng 05 năm 2019 đến 13 giờ ngày 3 tháng 06 năm 2019. Đọc mực nước vào đầu mỗi giờ.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

Cao độ thước nước cùng hệ nhà nước (Cao độ Hòn Dầu). Công tác dẫn cao độ tới số “0” thước thước nước do Viện Thuỷ lợi môi trường thực hiện.

***) Tài liệu đo đạc tháng 10/2019:**

- Đo mực nước theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 13h00 ngày 23/X/2019 đến 13h00 ngày 29/X/2019.

- Đo lưu lượng bằng máy hồi âm ADCP theo chế độ vùng sông ảnh hưởng thủy triều (24/24). Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 13h00 ngày 23/X/2019 đến 13h00 ngày 29/X/2019. Thời gian đo lưu lượng trùng với thời gian đo mực nước.

- Quan trắc lưu tốc dòng chảy bằng máy ADCP trong thời gian 7 ngày đêm Thời gian đo mỗi trạm là 7 ngày liên tục từ 13h00 ngày 23/X/2019 đến 13h00 ngày 29/X/2019 theo chế độ 24 giờ/24 lần.

d. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

- Hiệu chỉnh mô hình: sử dụng số liệu đo đạc lưu lượng, mực nước và bùn cát trong tháng 6/2019.

- Kiểm định mô hình: sử dụng số liệu đo đạc lưu lượng, mực nước và bùn cát trong tháng 10/2019.

Kết quả được tính từ mô hình MIKE11 được sử dụng để kiểm định mô hình MIKE3FM.

Các thông số thủy lực chính của mô hình:

Buộc thời gian tính toán lựa chọn trong mô hình là $\Delta t = 1$ giây.

Hệ số nhót xoáy $\eta = 0,26\text{m}^2/\text{s}$.

Hệ số nhót rói tính theo công thức Smagorinsky (Cs) có giá trị $Cs=0.26 - 0.28$.

Xử lý ô lươi bị khô, ướt: Các giá trị mặc định cho các biến này tương ứng là: $h_{dry} = 0,005\text{m}$; $h_{food} = 0,05$ và $h_{wet} = 0,1\text{m}$.

Các thông số hình thái của mô hình:

- Thiết lập dữ liệu địa chất: Sử dụng tài liệu khảo sát địa chất khu vực Thanh Đa khảo sát do viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện. Căn cứ vào kết quả khảo sát địa chất và bùn cát để xác định các thông số chiều sâu lớp xói, đường kính hạt, cấp phối hạt bùn cát của đoạn sông nghiên cứu.

- Tài liệu bùn cát: Theo tài liệu đo đạc khảo sát bùn cát đáy năm 2019 do Viện Thủy văn Môi trường thực hiện (12 vị trí). Ngoài ra còn cập nhật tài liệu khảo sát bùn cát đáy của Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam thực hiện đo đạc khảo sát tháng 10/2003. Kết quả đo đạc khảo sát cho thấy khu vực dự án có đặc tính hạt bùn cát không đồng nhất, hai bên bờ là bùn đến cát mịn $D_{50} = 0.01 \sim 0.5\text{mm}$, lòng sông là cát thô $D_{50}=0.05 \sim 1.5\text{mm}$.

Kết quả khảo sát bùn cát đáy sông Sài Gòn tại khu vực Thanh Đa đợt lấy mẫu tháng 10 năm 2003, đo đạc bổ sung tháng 6/2019 cho thấy:

- Thành phần hạt cát trung bình có đường kính hạt từ $1 \div 0.5\text{mm}$ chiếm 48.3%, cát hạt mịn có đường kính hạt từ $0.5 \div 0.25\text{mm}$ chiếm 39.9%. Theo tính toán vận tốc không xói được $V_{kx} = 0.35\text{m/s}$.

- Phần lớn thành phần hạt đáy sông có vận tốc không xói $V_{kx} = 0.6\text{m/s}$
- Một số mẫu có thành phần hạt sét mịn vận tốc không xói $V_{kx} = 1.2\text{m/s}$
- Hàm lượng phù sa trong sông khá cao, đường kính trung bình là 0.100mm.

Khi tính toán mô hình MIKE3 Flow Model tạo file đường kính hạt bùn cát thay đổi theo miền lưới tính toán .

- Tỷ trọng cát : 2.69
- Tính toán bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng theo công thức Englund & Hansen.
- Bước thời gian tính toán vận chuyển bùn cát 10s.

Tổng thời gian máy tính chạy mô hình cho mỗi một kịch bản trung bình từ 172 giờ - 270 giờ phụ thuộc vào từng kịch bản tính toán.

***) Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thuỷ lực (MIKE3 Flow Model FM)**

*** Kết quả hiệu chỉnh mô hình**

Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện tại các bảng biểu và các hình vẽ dưới đây:

Bảng 5. 6: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 6/2019)

Mặt cát	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 6/2019			Số liệu tính toán 6/2019			Sai số hiệu chỉnh			Hệ số Nash		
		Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)	NASH (H)	NASH (Q)	NASH (V)
SG_MC2	118198	1.18	2690	0.86	1.13	2591	0.84	-0.05	-3.68	-2.33	0.91	0.81	0.91
SG_MC3		1.19	2299	0.73	1.15	2156	0.75	-0.04	-6.22	2.74	0.95	0.83	0.85
SG_MC4	7-1200	1.21	2712	0.93	1.17	2672	0.91	-0.04	-1.47	-2.15	0.94	0.85	0.90

Bảng 5. 7: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 6/2019)

Mặt cát	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 6/2019			Số liệu tính toán 6/2019			Sai số hiệu chỉnh		
		Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)
SG_MC2	118198	-1.66	-3173	0.88	-1.68	-3068	0.84	-0.02	-3.31	-4.55
SG_MC3		-1.78	-2333	0.65	-1.97	-2370	0.61	-0.19	1.59	-6.15
SG_MC4	7-1200	-2.42	-3210	0.92	-2.67	-3145	0.89	-0.25	-2.02	-3.26

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy đường quá trình mực nước tính toán và thực đo khá phù hợp, mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo chênh lệch không lớn ($0.02\text{m} \div 0.25\text{m}$). Hệ số NASH đánh giá sai số mực nước tính toán và thực đo trong khoảng $0.91 \div 0.95$. Sai số chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất đạt 6,2%.

* Kết quả kiểm định mô hình trận lũ tháng 10/2019

Kết quả hiệu chỉnh mô hình được thể hiện tại các bảng biểu và các hình vẽ dưới đây:

Bảng 5. 8: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 10/2019)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 10/2019			Số liệu tính toán 10/2019			Sai số hiệu chỉnh			Hệ số Nash		
		Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	Hmax (m)	Qmax (m ³ /s)	Vmax (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)	NASH H (H)	NASH H (Q)	NASH H (V)
SG_MC2	118198	1.55	3543	1.13	1.42	3310	1.03	-0.14	-6.57	-9.07	0.92	0.82	0.92
SG_MC3		1.57	3028	0.96	1.44	2754	0.92	-0.13	-9.03	-4.35	0.93	0.84	0.94
SG_MC4	7-1200	1.59	3572	1.22	1.46	3414	1.12	-0.13	-4.43	-8.90	0.95	0.87	0.91

Bảng 5. 9: Kết quả kiểm định mô hình MIKE 3 Flow Model FM (số liệu thực đo 10/2019)

Mặt cắt	Vị trí (m)	Số liệu thực đo 10/2019			Số liệu tính toán 10/2019			Sai số hiệu chỉnh		
		Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Qmin (m ³ /s)	Vmin (m/s)	ΔH (m)	ΔQ (%)	ΔV (%)
SG_MC2	118198	-0.83	-3207	0.84	-0.84	-3008	0.77	-0.01	-6.21	-7.41
SG_MC3		-0.90	-2358	0.62	-1.00	-2348	0.56	-0.10	-0.45	-10.85
SG_MC4	7-1200	-1.23	-3245	0.88	-1.36	-3147	0.82	-0.13	-3.00	-7.13

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy đường quá trình mực nước tính toán và thực đo khá phù hợp, mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo chênh lệch không lớn ($0.02\text{m} \div 0.08\text{m}$). Hệ số NASH đánh giá sai số mực nước tính toán và thực đo trong khoảng $0.89 \div 0.97$. Sai số chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất đạt 8,3%.

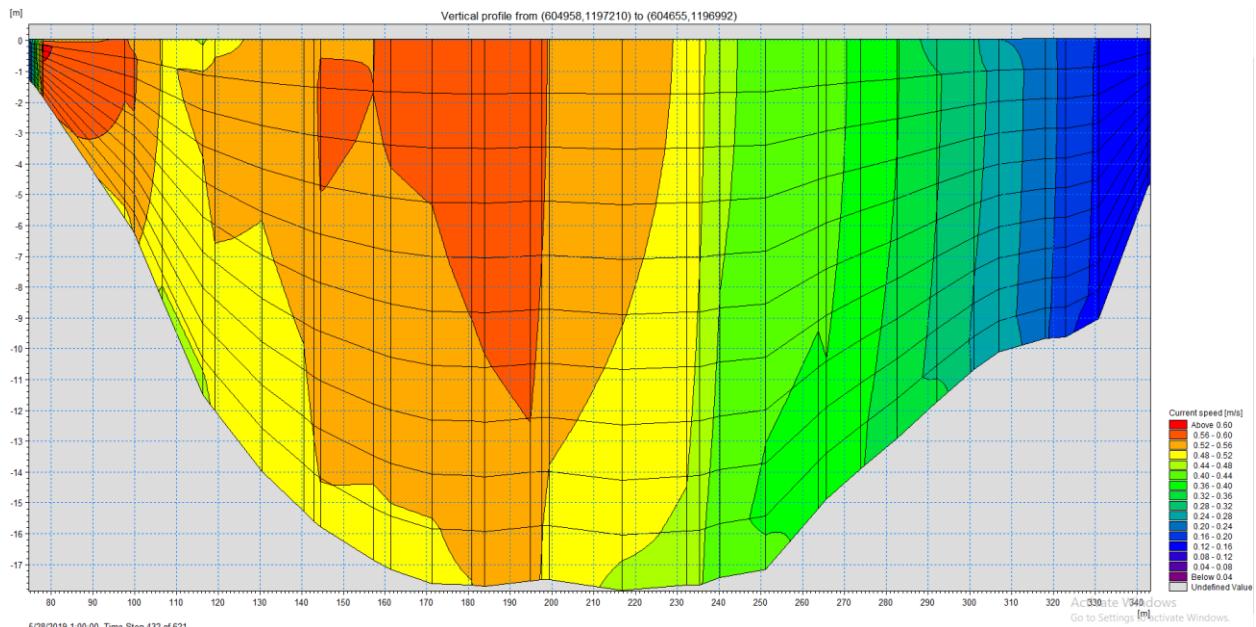
Đường quá trình tính toán và thực đo tại các mặt cắt hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được chỉ dẫn ra trong hình vẽ phần phụ lục báo cáo.

Kết quả kiểm định và hiệu chỉnh mô hình 3 chiều MIKE 3 (Flow Model FM) cho chỉ tiêu NASH khá tốt ($\text{NASH} > 0.8$) quá trình mực nước và đỉnh lũ so sánh trong cả 2 trường hợp đều khá phù hợp, Sai số chênh lệch mực nước trong giá trị cho phép, chênh lệch mực nước nhỏ nhất khoảng $0.08\text{m} - 0.09\text{m}$, chênh lệch mực nước lớn nhất khoảng $0.06\text{m} - 0.08\text{m}$.

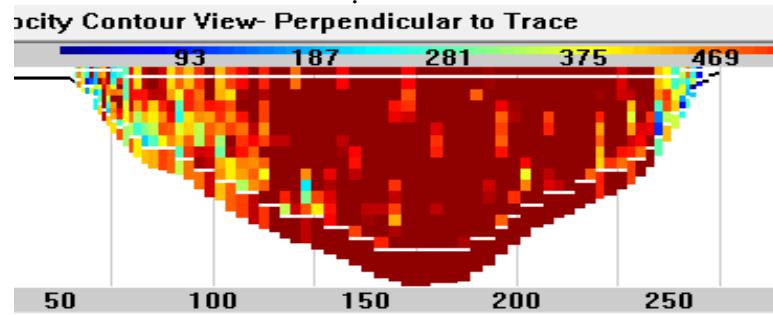
Từ kết quả kiểm định mô hình 3 chiều MIKE 3 Flow Model FM cho thấy quá trình mực nước và lưu lượng so sánh là khá tốt chứng tỏ việc thiết lập mô hình và lựa chọn các thông số thủy lực cho mô hình MIKE 3 (Flow Model FM) là hợp lý.

*). Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình hình thái (MIKE3 modulen ST và MT)

Với các thông số của mô hình thuỷ lực, cùng các thông số của mô hình hình thái đã được xác định như ở trên, tiến hành tính toán mô phỏng hình thái, kết quả thu được là quá trình diễn biến lòng dẫn trên toàn bộ khu vực nghiên cứu dưới các điều kiện dòng chảy và bùn cát đã xác định. Để kiểm định mô hình hình thái thường kiểm định địa hình đoạn sông theo hai thời điểm khác nhau, so sánh mặt cắt địa hình để đánh giá xu thế xói bồi, so sánh vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang, phân bố lưu tốc theo mặt cắt ngang. Tuy nhiên việc đo đặc địa hình lòng dẫn đòi hỏi kinh phí rất lớn để đo địa hình trước và sau lũ cũng cần có tài liệu như dòng chảy, bùn cát. Để đánh giá độ chính xác của việc kiểm định mô hình đã tiến hành trích các mặt cắt ngang tính toán và đem so sánh chúng với các mặt cắt thực đo tại các vị trí mặt cắt kiểm định theo thời gian đo đặc khảo sát 2019. Các kết quả so sánh vận tốc trung bình mặt cắt ngang và kết quả tính toán từ mô hình được thể hiện trong các hình vẽ sau:



Hình 5. 4: Phân bố lưu tốc lúc 1h00 ngày 28/5/2019 theo kết quả tính toán bằng mô hình tại mặt cắt T2

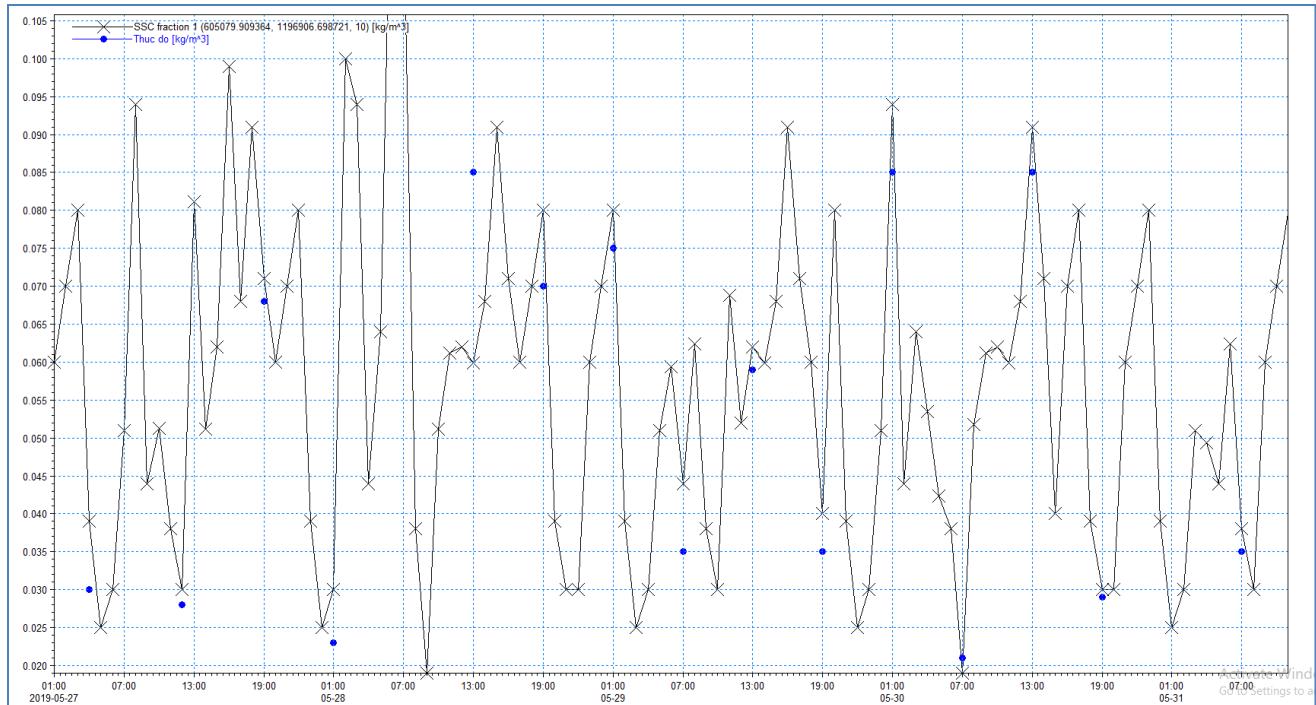


Hình 5. 5: Phân bố lưu tốc lúc 1h00 ngày 28/5/2019 theo kết quả đo đạc ADCP tại mặt cắt T2

So sánh phân bố lưu tốc giữa kết quả tính toán bằng mô hình và số liệu thực đo bằng máy ADCP tại vị trí mặt cắt MC2, MC4 cho thấy hình ảnh phân bố vận tốc trên mặt cắt ngang là khá giống nhau về độ lớn và phương chiều.

Căn cứ vào kết quả tính toán kiểm định ở trên cho thấy các đặc trưng về mặt cắt ngang giữa kết quả tính toán trên mô hình và thực tế đo đạc có sự phù hợp. Chúng tổ các thông số về thuỷ lực, hình thái tìm được đã phản ánh khá phù hợp tính chất vật lý của chúng trên khu vực nghiên cứu thuộc vùng dự án. Tuy nhiên các công thức mô phỏng vận chuyển bùn cát trong mô hình chỉ là các công thức kinh nghiệm. Vì vậy việc nghiên cứu tính toán hình thái có thể chấp nhận các kết quả mang tính tương đối phù hợp với xu thế diễn biến và sai số của các giá trị cao độ ở mức có thể chấp nhận.

Về bùn cát lơ lửng (STT) tại khu vực nghiên cứu, chúng tôi sử dụng các số liệu bùn cát thực đo vào tháng 6 năm 2019 để kiểm định. Từ dữ liệu thu thập, số lượng mẫu bùn cát lơ lửng có được tại vùng nghiên cứu là 15 mẫu. Kết quả cho hệ số Nash đạt giá trị $R^2=0.51$. Việc hiệu chỉnh mô hình về lưu lượng bùn cát lơ lửng khó cho giá trị cao do bùn cát phụ thuộc vào nhiều yếu tố, do đó trong điều kiện hiện tại có thể sử dụng để mô phỏng dự báo tác động của dự án đến diễn biến lòng dẫn. Kết quả hiệu chỉnh bùn cát lơ lửng SSC như hình sau:



Hình: Kết quả hiệu chỉnh bùn cát lơ lửng tháng 6/2019

Nhận xét

- Lưới tính đã lập ra là tối ưu vì độ phân giải đủ min tại vùng dự án chính đảm bảo không bỏ sót các chi tiết cần mô phỏng. Kích thước của lưới tính trên MIKE3 Flow Model FM có khoảng 101211 nút là hợp lý bảo đảm tính khả thi và tiến độ thời gian; Độ phân giải lưới tính tương thích với chất lượng số liệu đầu vào và yêu cầu độ chính xác của phạm vi nghiên cứu của dự án. Diện tích ô lưới bảo đảm tối ưu sao cho số CFL có giá trị nhỏ nhất và đồng đều.

- Các CSDL biên cứng được lập ra đủ để chạy thử và hiệu chỉnh các thông số mô hình MIKE3 Flow Model FM. Đây là các sản phẩm rất quan trọng, có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác và tính khả thi của phương pháp mô hình toán. Các CSDL khác như: bước thời gian tối ưu, hệ số nhám, hệ số tán xạ rối, thông số chảy vòng... đã được lập ra trong quá trình hiệu chỉnh mô hình tích hợp MIKE3 Flow Model FM.

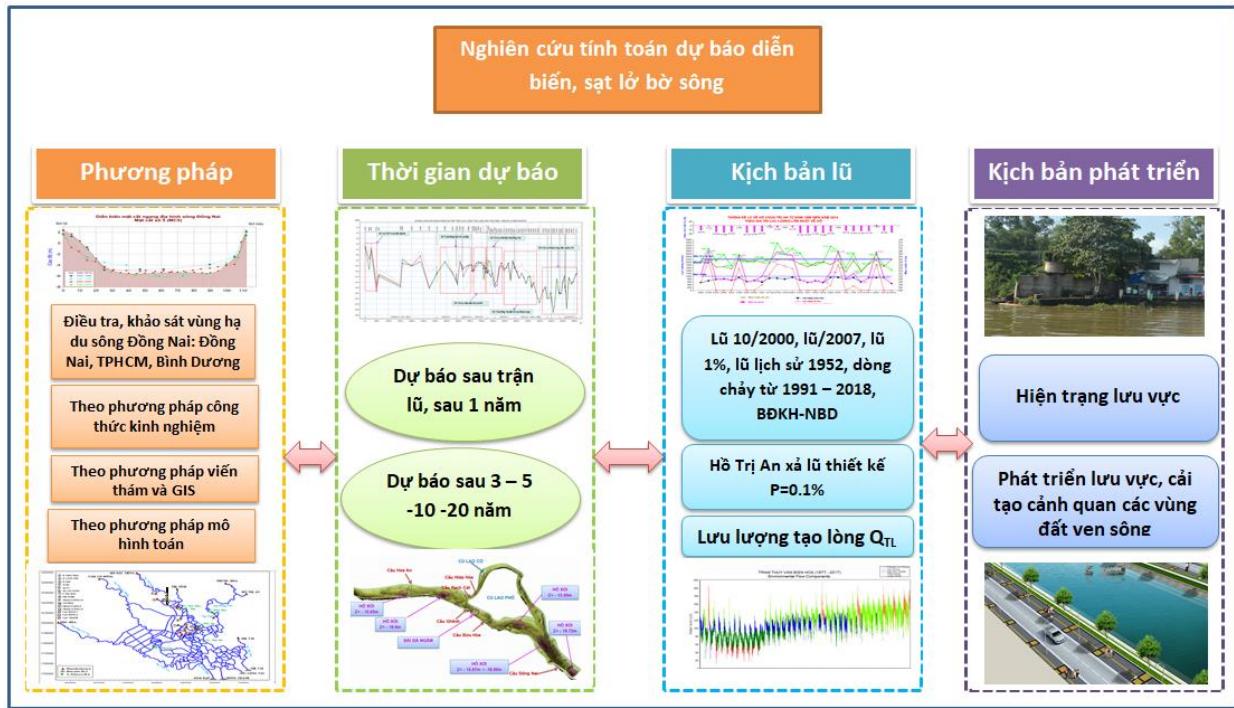
- Các CSDL đã được hiệu chỉnh và cập nhật hoàn chỉnh và hợp lý cho vùng nghiên cứu của dự án. Đã có đánh giá và kiểm định độ tin cậy của các CSDL đầu vào. Các số liệu thực đo có độ tin cậy cao, trong đó số liệu đo năm 2019 có chất lượng tốt vì công việc khảo sát và chỉnh biên được thực hiện rất bài bản, áp dụng những công nghệ và thiết bị hiện đại trong đo đạc khảo sát.

- Kết quả mô phỏng mô hình thủy động lực số và các CSDL nhập kèm theo là đáng tin cậy, làm việc ổn định có cơ sở khoa học và thực tiễn chắc chắn cho khu vực nghiên cứu. Kết quả tính toán ổn định, tin cậy, mô tả đúng đắn các quy luật động lực học trên vùng nghiên cứu. Kết quả mô phỏng mực nước, lưu lượng, vận tốc, bùn cát phù hợp với số liệu thực đo năm 2019.

2.4. Kịch bản tính toán.

Căn cứ để lựa chọn các kịch bản tính toán được dựa trên cơ sở hiện trạng, xây dựng phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội và các trận lũ đã xảy ra trên lưu vực. Với trường hợp lũ 1% được coi là kịch bản vượt lũ lịch sử, coi là bất lợi, nếu xét thêm BĐKH NBD thì được coi là kịch bản kịch bản bất lợi nhất, bao quát được các tình huống xảy ra.

Các kịch bản tính toán dự báo diễn biến hình thái trên khu vực nghiên cứu được thể hiện trong sơ đồ hình sau:



Hình 4. 23: Sơ đồ các phương pháp và kịch bản tính toán dự báo sạt lở bờ sông phục vụ quy hoạch sử dụng vùng ven sông phát triển KTXH vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai

Lũ trên lưu vực sông Đồng Nai rất phức tạp, tỉ lệ đồng bộ về lũ lớn giữa nhánh sông Bé và Đồng Nai không cao, chủ yếu là đồng bộ về lũ nhỏ và trung bình (chiếm 85.7%)

Mực nước Biên Hòa chịu ảnh hưởng lớn của quá trình xả lũ hồ Trị An, mực nước Biên Hòa đạt báo động 2, lũ đến hồ Trị An từ lũ trung bình trở lên chiếm 100%, trong khi đó lũ sông Bé đến Phước Hòa từ lũ lớn đến rất lớn chiếm 33.3%.

Mực nước Biên Hòa đạt báo động 3, lũ đến hồ Trị An lũ lớn chiếm tỉ lệ 100%, trong khi đó lũ sông Bé đến Phước Hòa lũ trung bình chiếm tỉ lệ 100%

Mực nước tại hạ du chịu ảnh hưởng rất lớn của triều, trận lũ 2006 mực nước Biên Hòa đạt báo động 2 trong khi lũ đến hồ Trị An chỉ là lũ nhỏ, lũ đến Tà Lài, Tà Pao cũng là lũ nhỏ, lũ Phước Hòa trung bình.

Diễn biến mưa lũ, triều trên lưu vực Đồng Nai rất phức tạp do đó việc lựa chọn các năm diễn hình tinh toán phải xem xét đầy đủ các khả năng sự tổ hợp lũ trung bình trên nhiều nhánh, sự xuất hiện lũ lớn trên các nhánh hoặc sự đồng bộ giữa lũ và triều cường.

Lũ trên hệ thống sông Đồng Nai rất phức tạp đặc biệt là ảnh hưởng của triều và mưa nội đồng đến tình hình ngập lụt hạ du, do vậy để phù hợp với đặc điểm thực tế khi xem xét đánh giá ảnh hưởng của việc xây dựng dự án đến toàn hệ thống, cần xem xét chọn các dạng lũ diễn hình, bất lợi. Đối với lũ thượng nguồn, chọn lũ đến hồ Trị An, Dầu Tiếng, Phước Hòa. Đối với ảnh hưởng của mưa và triều cường, chọn mực nước tại Biên Hòa, Phú An và Nhà Bè để làm cơ sở chọn các tổ hợp mưa lũ, triều gây ngập lụt nhiều nhất cho vùng hạ du để xem xét đánh giá tác động của dự án đến dòng chảy và thoát lũ trên toàn hệ thống.

Theo quyết định số 18/2008/QĐ-BTNMT ngày 31 tháng 12 năm 2008, Ban hành quy chuẩn Quốc gia về dự báo lũ, cấp lũ được phân thành 5 cấp ứng với mực nước các tần suất khác nhau như sau:

- Lũ rất nhỏ: $H_{maxi} < H_{maxP90\%}$
- Lũ nhỏ: $H_{maxP90\%} \leq H_{maxi} < H_{maxP70\%}$

- Lũ trung bình: $H_{\text{maxP}70\%} \leq H_{\text{maxi}} < H_{\text{maxP}30\%}$

- Lũ lớn: $H_{\text{maxP}30\%} \leq H_{\text{maxi}} < H_{\text{maxP}10\%}$

- Lũ rất lớn: $H_{\text{maxi}} \geq H_{\text{maxP}10\%}$

Trong đó:

- H_{maxi} : Mực nước đỉnh lũ cao nhất năm thứ i hoặc trận lũ thứ i.

- $H_{\text{maxP}\%}$: Mực nước ứng với tần suất P% trên đường tần suất H_{max} đỉnh lũ.

Theo quyết định số 46/QĐ-TTg ngày 15 tháng 8 năm 2014, Ban hành Quy định về dự báo lũ, cảnh báo vào truyền tin thiên tai, cấp lũ được phân thành 5 cấp ứng với đặc trưng đỉnh lũ khác nhau:

- Lũ nhỏ là lũ có đỉnh lũ thấp hơn mức đỉnh lũ trung bình nhiều năm;

- Lũ vừa là lũ có đỉnh lũ tương đương mức đỉnh lũ trung bình nhiều năm;

- Lũ lớn là lũ có đỉnh lũ cao hơn mức đỉnh lũ trung bình nhiều năm;

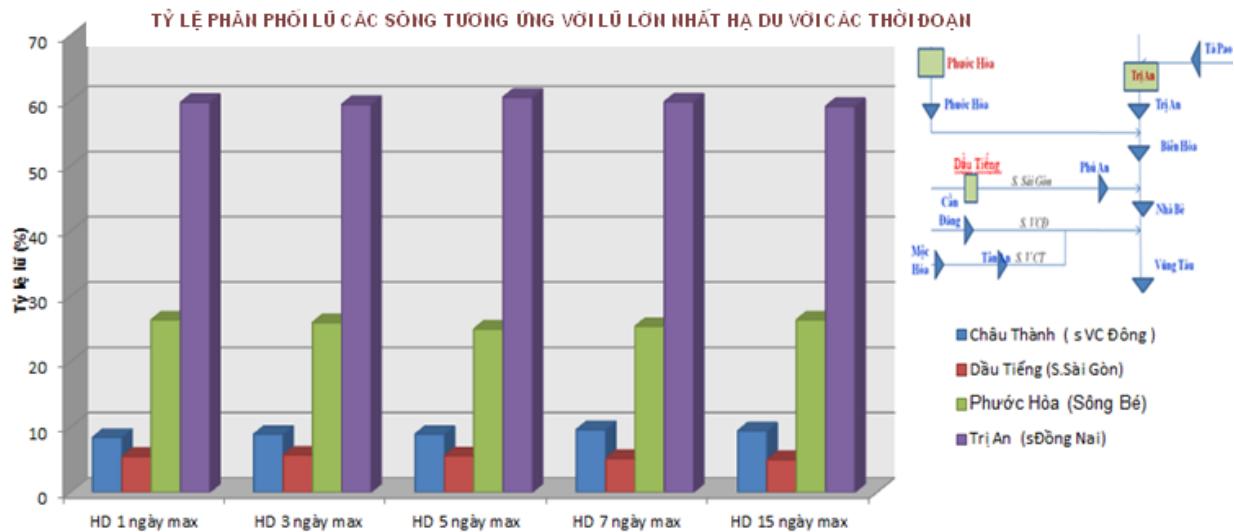
- Lũ đặc biệt lớn là lũ có đỉnh lũ cao hiếm thấy trong thời kỳ quan trắc;

- Lũ lịch sử là lũ có đỉnh lũ cao nhất trong chuỗi số liệu quan trắc hoặc do điều tra khảo sát được.

Tổ hợp lũ các trận lũ lớn xảy ra trong tháng 10 theo quyết định số 46/QĐ-TTg như sau:

Bảng 4. 1: Tổ hợp các trận lũ lớn xảy ra trong tháng 10 trên lưu vực sông Đồng Nai

Năm	Phú Quốc Hòn	Đà Nhim	Tà Lài	Tà Pao
1976	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1977	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ
1978	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Lũ vừa
1979	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Lũ lớn
1980	Lũ nhỏ	Lũ vừa	Không lũ	Lũ nhỏ
1981	Không lũ	Lũ lớn	Không lũ	Không lũ
1982	Lũ nhỏ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1983	Lũ nhỏ	Lũ lớn	Không lũ	Lũ lớn
1984	Lũ vừa	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ
1985	Lũ nhỏ	Lũ vừa	Không lũ	Lũ lớn
1986	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1987	Lũ nhỏ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1988	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Lũ vừa
1989	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ	Không lũ
1990	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ	Không lũ
1991	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1992	Lũ nhỏ	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ
1993	Lũ vừa	Lũ vừa	Lũ nhỏ	Lũ vừa
1994	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1995	Lũ vừa	Lũ nhỏ	Lũ nhỏ	Lũ vừa
1996	Lũ vừa	Lũ lớn	Lũ vừa	Không lũ
1997	Lũ nhỏ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
1998	Lũ nhỏ	Lũ lớn	Lũ nhỏ	Không lũ
1999	Không lũ	Lũ lớn	Không lũ	Không lũ
2000	Lũ lớn	Lũ lớn	Lũ vừa	Lũ vừa
2001	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Không lũ
2002	Lũ nhỏ	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ
2003	Lũ vừa	Lũ nhỏ	Không lũ	Lũ nhỏ
2004	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
2005	Không lũ	Lũ vừa	Không lũ	Lũ vừa
2006	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ
2007	Lũ lớn	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ
2008	Không lũ	Không lũ	Không lũ	Không lũ
2009	Lũ vừa	Lũ nhỏ	Không lũ	Không lũ
2010	Không lũ	Lũ lớn	Không lũ	Không lũ
2011	Lũ nhỏ	Lũ nhỏ	Lũ nhỏ	Lũ nhỏ
2012	Lũ lớn	Không lũ	Không lũ	Không lũ
2013	Lũ vừa	Không lũ	Không lũ	Lũ nhỏ



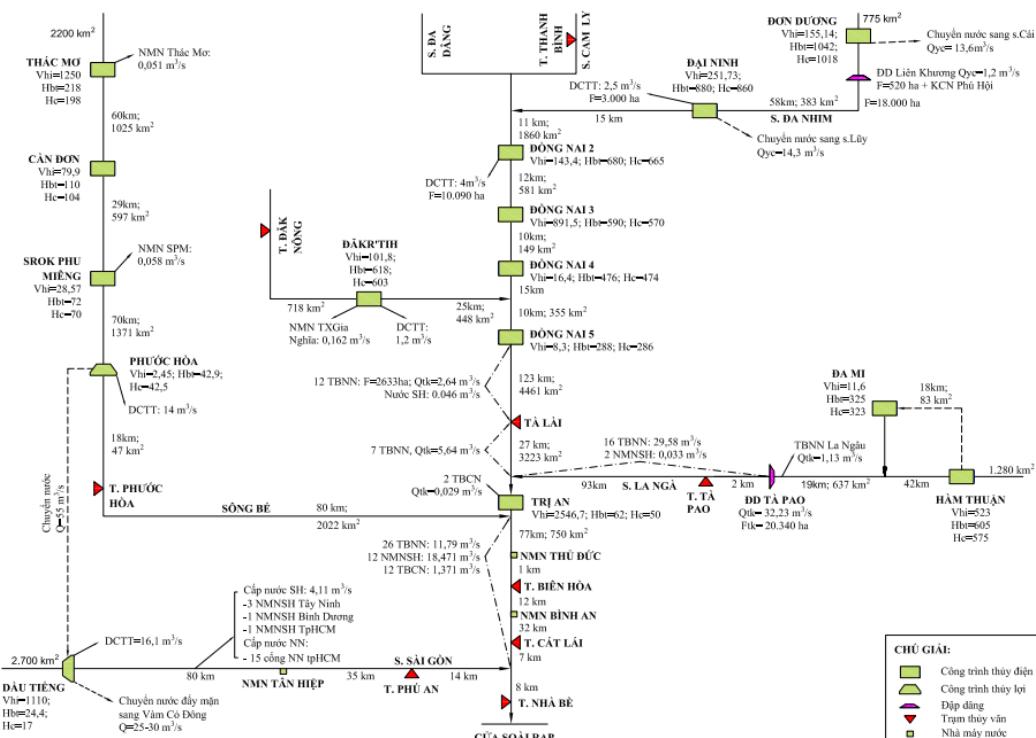
Hình: Tỷ lệ phân phối lũ các sông tương ứng với lũ lớn nhất hạ du các thời đoạn

Trên cơ sở phân tích ở trên, chọn trận lũ điển hình để tính toán là trận lũ xảy ra vào tháng 10/2000 và tháng 10/2007 và năm 2000 được chọn là năm điển hình để xem xét đánh giá diễn biến lòng dẫn trong cả năm.

2.5. Yêu cầu tài liệu đầu vào phục vụ tính toán dự báo diễn biến sạt lở, đề xuất các giải pháp để ổn định bờ sông và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

2.5.1. Tài liệu vận hành điều tiết của các hồ chứa phía thượng nguồn

Là một trong những lưu vực có tiềm năng thủy lợi, thủy điện, nên hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai phát triển mạnh. Tính đến nay, trên toàn lưu vực có khoảng hơn 200 hồ chứa thủy lợi, thủy điện lớn, trung bình, nhỏ (bao gồm cả những hồ đang vận hành, đang xây dựng và dự kiến xây dựng), trong đó một phần là các hồ chứa thủy điện còn lại chủ yếu là các hồ chứa thủy lợi. Tổng dung tích điều tiết của các hồ chứa trên lưu vực khoảng trên 6 tỷ m³, công suất khoảng 3000 MW, trong đó chuyển gần 1 tỷ m³ nước ra ngoài lưu vực sang vùng khô hạn ven biển Bình Thuận, Ninh Thuận. Hệ thống các hồ chứa thủy điện chính trên lưu vực sông Đồng Nai như sau:



Vận hành điều tiết hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai được xác định thông qua tính toán điều tiết lũ được thực hiện theo hai bước:

- Dùng mô hình HEC RESSIM sơ bộ chọn phương pháp cắt lũ.
- Sử dụng mô hình MIKE11 kiểm tra mực nước tại tuyến khống chế.

Ưu điểm của mô hình HEC RESSIM là biết được khả năng cắt lũ của các hồ, chỉ ra được phương thức vận hành của các hồ nhưng mô hình không thể đưa ra được đường mực nước tại các điểm. Do đó cần phải kiểm tra lại mực nước tại các điểm bằng mô hình MIKE11 sau khi đã điều tiết bằng mô hình HEC RESSIM.

Sử dụng mô hình HEC RESSIM để tính toán lũ và điều tiết hệ thống hồ chứa trong bài toán kiểm soát lũ cho hạ du. Sau đó dùng kết quả tính toán của mô hình HEC RESSIM để làm đầu vào cho mô hình MIKE11 kiểm tra lại khả năng cắt lũ của các hồ và đánh giá ảnh hưởng của dự án đến dòng chảy và vấn đề tiêu thoát lũ.

Nhiệm vụ tính toán điều tiết phòng lũ của các hồ chứa góp phần giảm lũ cho hạ du sông Đồng Nai theo quy trình vận hành liên hồ chứa theo quyết định số 471/QĐ-TTg ngày 24 tháng 03 năm 2016, trong đó quy định về sự điều tiết các hồ chứa giảm lũ cho hạ du.

Kết quả tính toán lưu lượng đến hồ Trị An

Bảng 6.1: Kết quả tính $Q_{maxp}=1\%, 2\%$ đến hồ Trị An

Đơn vị tính	Số liệu sử dụng	Phương pháp tính	Kết quả tính $Q_{max1\%}$ (m^3/s)	Kết quả tính $Q_{max2\%}$ (m^3/s)
QT vận hành hồ chứa TĐ Trị An - Công ty TĐ Trị An, Công ty cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2	GD: 1979 - 2008	Xác định lưu lượng đỉnh lũ bằng quan hệ $lgq_{max}1\% \sim lgF$	11329	
		Xác định lưu lượng đỉnh lũ bằng quan hệ $lgQ_{maxtb} \sim lgF$.	11216	
		Xác định lưu lượng đỉnh lũ theo công thức Xokolovsky	13000	
Báo cáo hiện trạng khai thác sử dụng nước mặt - Công ty Thủ Điện Trị An Công ty cổ phần Ngọc Tích Đồng Nai	GD: 1988 - 2013	Xác định lưu lượng đỉnh lũ bằng quan hệ $lgq_{max}1\% \sim lgF$		
		Xác định lưu lượng lũ tính toán bằng quan hệ $lgQ_{max} = lg(F)$		
		Tính lưu lượng lũ như trường hợp đủ số liệu quan trắc bằng cách sử dụng hàm giải tích về phân bố tần suất theo số liệu kết quả tính lũ của mô hình SARR	13800	
Viện Thủy văn Môi trường và BĐKH	GD: 1979 - 2014	Xác định lưu lượng đỉnh lũ theo công thức Xokolovsky	13900	11020

Bảng 6. 2: Qxả max hồ Trị An

Đơn vị tính	MNTL(m)	$Q_{dénmax1\%}$ (m^3/s)	$Q_{xảmax1\%}$ (m^3/s)	$Q_{dénmax2\%}$ (m^3/s)	$Q_{xảmax2\%}$ (m^3/s)
Công ty TĐ Trị An, Công ty cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2_ QT vận hành hồ chứa TĐ Trị An	61	13000	11700		
Viện Thủy văn Môi trường và BĐKH	60,8 (Theo quy trình liên hồ chứa)	13900	11300	11020	8960

Bảng 6. 3: Kết quả tính $Q_{maxp}=1\%$ đến hồ Dầu Tiếng

Đơn vị tính	Số liệu sử dụng	Phương pháp tính	Kết quả tính $Q_{max1\%}(m^3/s)$
Trung tâm Nghiên cứu chính trị sông và Phòng	GD: 1978 - 2007	Tính toán dòng chảy lũ đến hồ bằng mô hình NAM với mô hình mưa điển hình 3	3758

Đơn vị tính	Số liệu sử dụng	Phương pháp tính	Kết quả tính $Q_{max1\%}(m^3/s)$
chống Thiên Tai - Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam_ đề tài KC08.16/06-10: “Nghiên cứu cơ sở khoa học nhằm quản lý và phát triển bền vững hệ thống công trình Dầu Tiếng phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng kinh tế trọng điểm phía Nam”		ngày max Tính toán dòng chảy lũ đến hồ bằng mô hình NAM với mô hình mưa điển hình 5 ngày max	2489
		Tính toán dòng chảy lũ đến hồ bằng mô hình NAM với mô hình mưa điển hình 7 ngày max	2194
Viện Thủy Lợi và Môi trường_ Quy trình vận hành Dầu Tiếng khi có bổ sung nước từ Phước Hòa	GĐ: 1976 - 2012	Mike Nam	3540
Viện Thủy văn Môi trường và BĐKH	GĐ: 1976 - 2014	Tính toán dòng chảy lũ đến hồ bằng mô hình NAM (Mô hình mưa 3 ngày max)	3950

Bảng 6. 4: Qxá max hồ Dầu Tiếng

Đơn vị tính	MNTL(m)	$Q_{đếnmax1\%}(m^3/s)$	$Q_{xamax1\%}(m^3/s)$
Trung tâm Nghiên cứu chính trị sông và Phòng chống Thiên Tai - Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam_ đề tài KC08.16/06-10: “Nghiên cứu cơ sở khoa học nhằm quản lý và phát triển bền vững hệ thống công trình Dầu Tiếng phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng kinh tế trọng điểm phía Nam”	23,3	Mô hình mưa 3 ngày 3758	600
		Mô hình mưa 5 ngày 2489	600
		Mô hình mưa 7 ngày 2194	580
	24,4	Mô hình mưa 3 ngày 3758	1600
		Mô hình mưa 5 ngày 2489	1350
		Mô hình mưa 7 ngày 2194	1200
Viện Thủy Lợi và Môi trường_ Quy trình vận hành Dầu Tiếng khi có bổ sung nước từ Phước Hòa	23,3	3540	200 (Mực nước không chế: 26,92m)
			490 (Mực nước không chế: 26,3m)
	24,4	3540	200 (Mực nước không chế: 26,92m)
			200 (Mực nước không chế: 26,3m)
Viện Thủy văn Môi trường và BĐKH	22,1 (theo quy trình vận hành liên hồ chứa)	Mô hình mưa 3 ngày 3950	800

2.5.2. Xác định lưu lượng tạo lòng

Sự hình thành lòng dẫn sông ngòi không diễn tiến trong mùa khô mà chỉ xảy ra mạnh mẽ trong mùa mưa lũ và phụ thuộc chặt chẽ với mực nước lũ, thời gian duy trì đỉnh lũ, độ đục, thành phần phù sa và, đặc biệt là lưu lượng dòng chảy. Lưu lượng dòng chảy càng lớn thì năng lượng (động năng) và hoạt động tạo lòng càng mạnh. Do vậy, việc xác định Q_{TL} rất quan trọng trong đánh giá biến dạng lòng dẫn sông ngòi. Đó là giá trị lưu lượng mà dòng chảy chuyển sang cơ chế chảy rối, vừa có tác động bào xói lòng dẫn, vừa tăng cường khả năng vận chuyển phù sa.

Lưu lượng tạo lòng có tác dụng rất lớn đến quá trình lòng sông, cũng như diễn biến lòng sông. Tác dụng tạo lòng của nó trên cơ bản là bằng tác dụng tạo lòng tổng hợp của quá trình lưu lượng nhiều năm.

Các phương pháp xác định lưu lượng tạo lòng đối với sông ảnh hưởng thuỷ triều như sau:

- Theo một số tác giả Trung Quốc lấy Q_{TL} là lưu lượng trung bình dòng triều lên vì lưu lượng trung bình dòng triều lên lớn hơn $Q_{Dòng}$ triều xuồng, do đó tác dụng tạo lòng thời kỳ triều lên cao hơn thời kỳ triều xuồng. Mặt khác, thời gian xuất hiện dòng triều chủ yếu trong mùa cạn. Mùa cạn dài hơn mùa lũ.

- Các quan hệ hình dạng sông được thiết lập trong quan hệ với khối lăng trụ triều được định nghĩa là “dung tích lòng sông từ giới hạn khu triều cho đến cửa sông và đường mặt nước giữa lần triều cao và triều thấp của cùng một con triều”.

- Phương pháp trong tài liệu giáo trình “Công trình đê đập – TS. Đào Văn Tuấn” [15] thì lưu lượng tạo lòng thực chất chỉ là lưu lượng trung bình năm. Tuy nhiên, do tài liệu thực đo rất ít, quan hệ $H \sim Q$ ở vùng ảnh hưởng triều đối với các giá trị tức thời có tương quan rất kém. Ngoài ra còn phải chú ý rằng, thời gian diễn ra V_{max} rất ngắn, lấy lưu lượng ứng với V_{max} cũng sẽ có thời gian tác động ngắn. Khi triều lên, V_{max} xuất hiện trước Q_{max} ; khi triều xuồng Q_{max} xuất hiện trước V_{max} . Vì vậy rất khó xác định theo phương pháp xác định lưu lượng trung bình năm.

- Theo Lê Ngọc Bích [14] trong “Nghiên cứu lưu lượng tạo lòng và phương pháp tính lưu lượng tạo lòng cho sông chịu ảnh hưởng thuỷ triều”, chọn Q_{TL} là lưu lượng lớn nhất trung bình thời kỳ triều lên: Quan điểm này gần với quan điểm của Trung Quốc, đã tính cho một số khu vực thuộc sông Cửu Long.

- Theo Phương pháp Makavéev cải biên của Đinh Công Sản [13]: Thực chất không có gì khác phương pháp gốc vì có thể lấy một năm điển hình để tính. Thay vào đó có thể chọn một số năm điển hình (nước lớn, nhỏ, trung bình ...). Tuy nhiên nếu chỉ tính cho mùa lũ hình như là không phù hợp với quan điểm xuất phát của Makavéev là phải lấy toàn bộ quá trình lưu lượng của năm.

- Theo phương pháp của Williams [13] xác định lưu lượng tạo lòng theo mực nước tràn bãi. Về nguyên tắc có thể áp dụng, nhưng ở vùng ảnh hưởng triều, nếu căn cứ vào mực nước tràn bãi thì có lẽ giá trị này khá thấp vì cao tràn bãi lòng sông ở vùng này đều rất thấp.

Trên cơ sở phân tích đặc điểm chế độ dòng chảy vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai cho thấy đây là vùng ảnh hưởng mạnh của thủy triều, các yếu tố sông yếu, các yếu tố triều chiếm ưu thế, hình thái lòng dãy là do thủy triều quyết định, khi đó Q_{TL} sẽ là lưu lượng dòng triều lên. Vì vậy để tính toán Q_{TL} vùng dự án tính toán theo quan điểm của các nhà khoa học Trung Quốc (đã được áp dụng tính toán cho vùng ĐBSCL).

Do không có trạm thuỷ văn cơ bản nào thuộc hạ du Đồng Nai-Sài Gòn đo lưu lượng nước, vì vậy để tính Q_{TL} sử dụng kết quả tính toán thuỷ lực từ mô hình MIKE11 cho toàn mạng lưới sông hạ du Đồng Nai-Sài Gòn, thời gian tính toán từ năm 1989 đến nay là thời gian chịu ảnh hưởng vận hành hồ chứa Trị An. Kết quả được tính từ mô hình MIKE 11 đã được kiểm định theo các tài liệu mực nước của các trạm cơ bản đạt độ chính xác cho phép. Từ kết quả tính toán bằng mô hình MIKE11 tính toán với giá trị trung bình ngày, mỗi năm chọn 1 giá trị Q dòng triều lên lớn nhất, vẽ đường tần suất với các giá trị Q dòng triều lên lớn nhất đó. Giá trị Q ứng với tần suất 5% được coi là Q_{TL} . Cách tính lưu lượng tạo lòng theo tần suất lưu lượng (thường lấy trong khoảng 5%) được các tác giả như M.Nixon (1959), S.T. Altunin, NA. Vélicanop.. đề xuất.

Kết quả tính toán cho các đoạn sông chính vùng hạ du sông Đồng Nai như sau:

a. Đoạn sông Đồng Nai khu vực thành phố Biên Hòa:

+ Lưu lượng tạo lòng: Q_{TL}

Lưu lượng tạo lòng sông Đồng Nai khu vực Biên Hòa được chọn ứng với lưu lượng có tần suất 5% xấp xỉ khoảng $Q_{TLDN} = 3950 \text{m}^3/\text{s.}$, thời gian tính toán từ năm 1989 đến nay là thời gian chịu ảnh hưởng vận hành hồ chứa Trị An. Giá trị tính toán lưu lượng tạo lòng có cập nhật số liệu đến nay cho giá trị tăng thêm $150 \text{m}^3/\text{s}$ so với kết quả tính toán của Viện Khoa học thủy lợi miền nam trước đây, kết quả tính toán sai khác không đáng kể, viện Khoa học thủy lợi tính toán với số liệu cập nhật đến 2004, như vậy chứng tỏ kết quả tính toán của nghiên cứu này là hợp lý và có đủ độ tin cậy.

+ Chiều rộng và chiều sâu ổn định lòng dẫn: B_{od}

$$B_{od} = 510 \text{m}; h_{od} = 8.5 \text{m}$$

Theo kết quả tính toán năm 2005 do Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam tính toán, chiều rộng lòng sông ổn định tại khu vực thành phố Biên hòa $B_{od} = 500 \text{m}$; $h_{od} = 8.4 \text{m}$. Theo tài liệu tính toán có sự thay đổi so với kết quả tính năm 2005 là do có cập nhật tài liệu đến năm 2019, mặt khác từ năm 2007 đến nay, mực nước tại Biên Hòa có xu hướng tăng lên so với những năm trước.

Đoạn sông Sài Gòn khu vực Thanh Đa:

+ Lưu lượng tạo lòng: Q_{TL}

Lưu lượng tạo lòng sông Sài Gòn khu vực Thanh Đa được chọn ứng với lưu lượng có tần suất 5% xấp xỉ khoảng $Q_{TLSG} = 3070 \text{m}^3/\text{s.}$, thời gian tính toán từ năm 1985 đến nay là thời gian chịu ảnh hưởng vận hành hồ chứa Dầu Tiếng. Giá trị tính toán lưu lượng tạo lòng có cập nhật số liệu đến nay cho giá trị tăng thêm $120 \text{m}^3/\text{s}$ so với kết quả tính toán của Viện Khoa học thủy lợi miền nam trước đây, kết quả tính toán sai khác không đáng kể, viện Khoa học thủy lợi tính toán với số liệu cập nhật đến 2004, như vậy chứng tỏ kết quả tính toán của nghiên cứu này là hợp lý và có đủ độ tin cậy.

+ Chiều rộng và chiều sâu ổn định lòng dẫn: B_{od}

$$B_{od} = 268 \text{m}; h_{od} = 15.3 \text{m}$$

Theo kết quả tính toán năm 2005 do Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam tính toán, chiều rộng lòng sông ổn định tại khu vực thành phố Biên hòa $B_{od} = 262 \text{m}$; $h_{od} = 15.1 \text{m}$. Theo tài liệu tính toán có sự thay đổi so với kết quả tính năm 2005 là do có cập nhật tài liệu đến năm 2019, mặt khác từ năm 2007 đến nay, mực nước tại Biên Hòa có xu hướng tăng lên so với những năm trước.

2.5.3. Các công trình cầu trên sông

Tài liệu về cầu qua đường: Hệ thống cầu công qua đường được thiết kế với nhiều loại khác nhau tùy từng khu vực địa hình. Một số loại cầu, công chính đều được đưa vào mô hình tính toán. Cụ thể một số cầu như

Cầu Hóa An 2: Cầu Hóa An mới là cầu vĩnh cửu bằng bê tông cốt thép và bê tông cốt thép dự ứng lực với tải trọng 30 tấn. Tổng chiều dài 1306m, cầu có chiều rộng 16,5 m với ba làn xe cơ giới, một làn xe hỗn hợp và một hầm chui dưới cầu. Bề rộng hầm chui 10 mét, chiều cao 3,2 mét và chiều dài 330 mét. Các trụ cầu phần dưới nước gồm các trụ T12 (4x1.5m) ; T13 (4x1.5m) ; T14 (7x1.5m) ; T15,T16(6x1.5m) ; T18(6x2.5m) ; T19,T20,T21(6x2.5m) ; T22(6x2m) ; T23,T24(4x1.5m).

Cầu Ghềnh: cầu sắt bắc qua sông Đồng Nai, nối phường Bửu Hòa và xã Hiệp Hòa tại thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, phục vụ cho tuyến đường sắt Bắc - Nam thuộc khu gian Biên Hòa - Dĩ An tại lý trình 1699+860. Cầu Ghềnh cũ bị hỏng, hiện Cầu Ghềnh mới đã được xây dựng lại với các thông số như sau: cầu dài 224,21 m, gồm 4 nhịp 55,3 m, mỗi nhịp

nặng khoảng 200 tấn, bao gồm 2 mố và 3 trụ đặt trên móng giếng chìm có thân bằng bê tông và đá xây. Kích thước khoang thông thuyền khẩu độ 40m, tĩnh không 4m.

Cầu Rạch Cát: Cầu Rạch Cát dài 124m, nằm trên tuyến sông Cái (km0+235). Kích thước khoang thông thuyền khẩu độ 41m, tĩnh không <5m.

Cầu Bửu Hòa: Cầu Bửu Hòa qua sông Đồng Nai, nối liền xã Hiệp Hòa và phường Bửu Hòa thuộc thành phố Biên Hòa, Đồng Nai. Tổng chiều dài toàn tuyến là 1.242 mét, phần cầu chính dài 493 mét, rộng 18 mét. Các trụ cầu phần dưới nước gồm các trụ T3,T4 (20x16.5x3.5m); T2,T5 (21.5x7x2m); T6,T7,T8 (21x7.5x2m), T1,T9 (16.5x7.5x2m) ; Cầu được xây dựng từ năm 2012 và hoàn thành vào năm 2013.

Cầu Đồng Nai: Kích thước khoang thông thuyền khẩu độ 40m, tĩnh không 6.5m.

Cầu Sài Gòn 2: Cầu Sài Gòn 2 được xây dựng song song với cầu Sài Gòn cũ, nối liền quận Bình Thạnh với Quận 2. Cầu có tổng chiều dài là 987m, phần đường 2 đầu cầu quận Bình Thạnh dài 350 m, phía quận 2 dài 117 m.

2.5.4. Các công trình chống ngập khu vực thành phố Hồ Chí Minh

Quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực TPHCM được phê duyệt theo Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008 – gọi tắt là QH 1547) chia ra 3 vùng kiểm soát chống ngập bao gồm: vùng I là toàn bộ khu vực bờ hữu sông Sài Gòn – Nhà Bè và bờ tả sông Vàm Cỏ - Vàm Cỏ Đông, vùng II là vùng ngã ba sông Sài Gòn-Đồng Nai phía bờ tả sông Sài Gòn, và vùng III là khu vực bờ tả sông Nhà Bè-Soài Rạp.

Các hạng mục công trình đầu mối của Vùng I bao gồm:

- Các cống lớn gồm 13 cống: cống rạch Tra, cống Vàm Thuật, cống Nhiêu Lộc-Thị Nghè (mới bổ sung), cống Bến Nghé , cống Tân Thuận, cống Phú Xuân, cống Mương Chuối, cống sông Kinh, cống Kinh Lộ, cống Kênh hàng, cống Thủ Bộ, cống Bến Lức, và cống Kênh Xáng Lớn.

- Hệ thống đê bao có tổng chiều dài khoảng 172 km, bắt đầu từ Bến Súc phía bờ hữu sông Sài Gòn và kết thúc ở Tỉnh lộ 824 phía bờ tả sông Vàm Cỏ Đông

- Nạo vét 11 kênh trực thoát nước chính gồm: Rạch Thủ Đào, rạch Bà Lớn, Rạch Lung Mân, Rạch Xóm Củi, Rạch Ông Bé, Rạch Thày Tiêu, Sông Cần Giuộc, Vàm Thuật-Tham LươngBến Cát, và Rạch Tra - Kênh Xáng - An Hạ - Kênh Xáng Lớn với tổng chiều dài các kênh trực gần 109 km.



Theo thông báo của Văn phòng Chính phủ số 285/TB-VPCP ngày 20/08/2015, Thủ tướng Chính phủ đồng ý bổ sung 2 công hú Định và Cây Khô vào 547 đồng thời triển khai thực hiện giai đoạn 1 của dự án (Vùng 1A 1 – giai đoạn 1) trong thời kỳ 2016-2020, bao gồm:

- Xây dựng 8 công lớn ngăn triều: Vầm Thuật, Bến Nghé, Tân Thuận, Phú Xuân, Mương Chuối, Cây Khô, công Phú Định, và công Rạch Nước Lên.
- Xây dựng các đoạn đê/kè xung yếu và các công dưới đê ven sông Sài Gòn từ Vầm Thuật đến Mương Chuối.

Khi tính toán chúng tôi đưa các công lớn sau vào tính toán như sau:

Công Bến Nghé (đang xây dựng)

Công kiểm soát ngăn triều Bến Nghé nằm trên kênh Bến Nghé, khu vực giữa cầu Mống và cầu Calmette, thuộc địa bàn phường Nguyễn Thái Bình, phường Cầu Ông Lãnh, quận 1 và phường 8,9 quận 4.

- Cấp công trình: Công trình cấp I
- Công trình thủy lợi
- Hình thức công: Công đồng bằng lô thiên - Kết cấu BTCT
- Khẩu độ công: B=40m
- Không có âu thuyền
- Trạm bơm: 2 x 6m³ s
- Địa điểm: Quận 1 và Quận 4, TPHCM

Vị trí xây dựng cống Bến Nghé



Nguyên tắc vận hành của cống ngăn triều Bến Nghé là, trong mùa mưa khi mực nước ngoài sông dâng đến +0,6 m thì đóng cửa van cống để tạo dung tích trữ đón mưa; còn khi mực nước ngoài sông rút xuống thấp hơn mực nước trong cống thì mở cửa van để tiêu nước, đảm bảo giao thông thủy qua lại bình thường.

Ngoài ra, khi có triều cường với mực nước ngoài sông lên đến +1 m thì đóng cửa van cống để ngăn triều; khi mực nước ngoài sông rút xuống dưới +1 m thì mở cửa van cống để tiêu nước, đảm bảo giao thông thủy bình thường.

Cống Tân Thuận (đang xây dựng)

Cống Tân Thuận: Nằm trên kênh Tẻ, khu vực giữa cầu Tân Thuận và sông Sài Gòn, thuộc địa bàn phường 18, quận 4 và phường Tân Thuận Đông, quận 7, TPHCM.

Vị trí xây dựng cống Tân Thuận



- Cấp công trình: Công trình cấp I - Công trình thủy lợi
- Hình thức cống: Cống đồng bằng lộ thiên - Kết cấu BTCT
- Khẩu độ cống: B=40m
- Có âu thuyền B=15m
- Trạm bơm: 8 x 6m³/s trong đ giai đoạn 1 chỉ lắp 4 máy và giai đoạn 2 lắp 4 máy
- Địa điểm: Quận 4 và Quận 7, TPHCM

Cống Phú Xuân (đang xây dựng)

Cống Phú Xuân nằm trên sông Phú Xuân, khu vực giữa cầu Phú Xuân đến sông Nhà Bè thuộc địa bàn phường Phú Mỹ, quận 7 và thị trấn Nhà Bè, thuộc huyện Nhà Bè.

Vị trí xây dựng cống Phú Xuân



- Cấp công trình: Công trình cấp I - Công trình thủy lợi
- Hình thức cống: Cống đồng bằng lô thiêng - Kết cấu BTCT
- Khâu độ cống: B=2x40m
- Không có âu thuyền
- Địa điểm: Quận 7 và huyện Nhà Bè, TPHCM

Cống Mương Chuối (đang xây dựng)

Cống Mương Chuối nằm trên sông Mương Chuối, giữa cầu Mương Chuối và sông Soài rạp thuộc địa bàn xã Phú Xuân và Long Thới, huyện Nhà Bè.

Vị trí xây dựng cống Mương Chuối



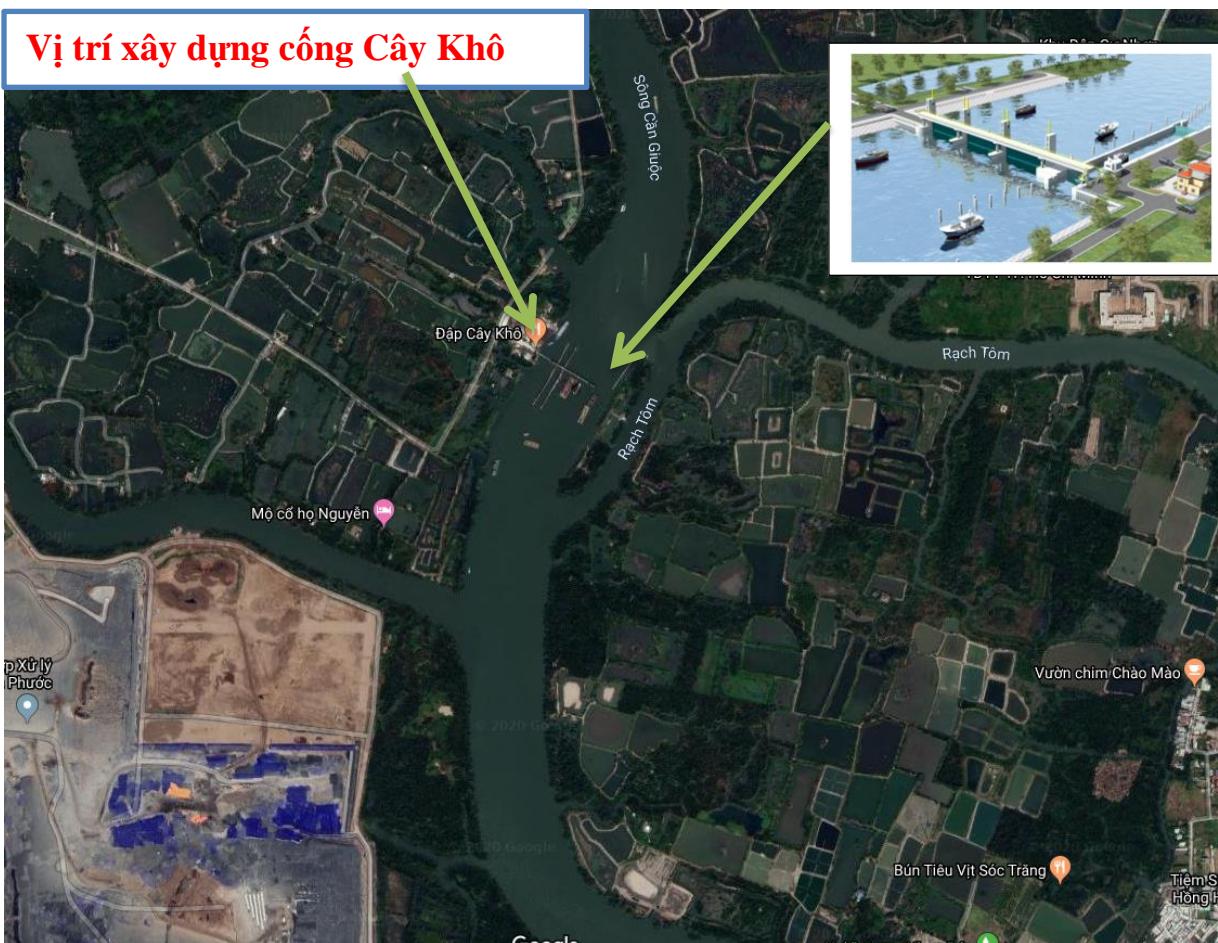
- Cấp công trình: Công trình cấp I - Công trình thủy lợi
- Hình thức cống: Cống đồng bằng lô thiên - Kết cấu BTCT
- Khâu độ cống: B=4x40m
- Có âu thuyền B=11m
- Địa điểm: huyện Nhà Bè, TPHCM

Cống Cây Khô (đang xây dựng)

Cống Cây Khô được bổ sung vào quy hoạch chống ngập khu vực TPHCM theo đề nghị của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (công văn số 2200/BC-BNN-TCTL ngày 17/3/2015) và thông báo của Văn phòng chính phủ số 285/TB-VPCP ngày 20/8/2015.

Cống Cây Khô nằm trên rạch Cây Khô thuộc địa bàn xã Nhơn Đức, huyện Nhà Bè, và xã Phong Phú huyện Bình Chánh.

Vị trí xây dựng cống Cây Khô



- Cấp công trình: Công trình cấp I - Công trình thủy lợi
- Hình thức cống: Cống đồng bằng lộ thiên - Kết cấu BTCT
- Khẩu độ cống: B=2x40m
- Cố âu thuyền B=15m
- Địa điểm: huyện Bình Chánh và huyện Nhà Bè, TPHCM

Cống Phú Định (đang xây dựng)

Cống Phú Định: Nằm trên sông Chợ Đệm thuộc địa bàn phường 16 và phường 7, quận 8, TPHCM.

Vị trí xây dựng cống Phú Định



- Cấp công trình: Công trình cấp I - Công trình thủy lợi
- Hình thức cống: Cống đồng bằng lô thiên - Kết cấu BTCT
- Khẩu độ cống: B=1x40m
- Có âu thuyền B=15m
- Trạm bơm: 3 x 6m³/s giai đoạn 1 và 3 x 6m³/s giai đoạn 2
- Địa điểm: quận 8, TPHCM

Các kết quả tính toán đối với các cống còn lại để đánh giá ảnh hưởng đến diền biển lồng dãy được kết thừa từ đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu dự báo diền biển bồi lăng, xói lở lòng dãy sông Đồng Nai - Sài Gòn dưới tác động của hệ thống công trình chống ngập úng và cải tạo môi trường cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh”.

+ Quy trình vận hành cống chấp nhận khu vực thành phố Hồ Chí Minh như sau:

Để duy trì được mực nước để hỗ trợ hệ thống tiêu thoát nước đô thị như trên, các cống trong mùa lũ phải tuân thủ nguyên tắc vận hành như sau:

- Khi mực nước trong cống nhỏ hơn mực nước khống chế thì cống mở.
- Khi mực nước trong cống lớn hơn mực nước khống chế mà mực nước trong đồng nhỏ hơn ngoài sông thì cống vẫn đóng.
- Khi mực nước trong đồng lớn hơn mực nước khống chế mà mực nước trong đồng lớn hơn ngoài sông thì cống mở (tiêu nước).

Vận tốc đóng mở cống được chọn khoảng 0,01 m/s, ví dụ với cống Mương Chuối nếu tính theo chiều sâu thì thời gian đóng cống mất khoảng 20 phút. Quy trình vận hành cống được thực hiện cụ thể theo sơ đồ hình.,, theo đó:

(1). Vận hành đóng cống

- Trong mùa mưa (tháng V – XI): Khi mực nước ngoài sông ở mức +0,60 m vận hành đóng cống
- Trong mùa khô (tháng XII – IV): Khi mực nước ngoài sông ở mức +1,00 m vận hành đóng cống

- Khi mực nước ngoài sông thấp hơn cao trình +1,00m và mực nước trong đồng thấp hơn mực nước ngoài sông thì cống vẫn đóng.

- Đóng cống để đảm bảo mực nước trong các kênh tiêu nước nội thành không nhỏ hơn cao trình -1,00m đảm bảo vấn đề sinh thái và môi trường

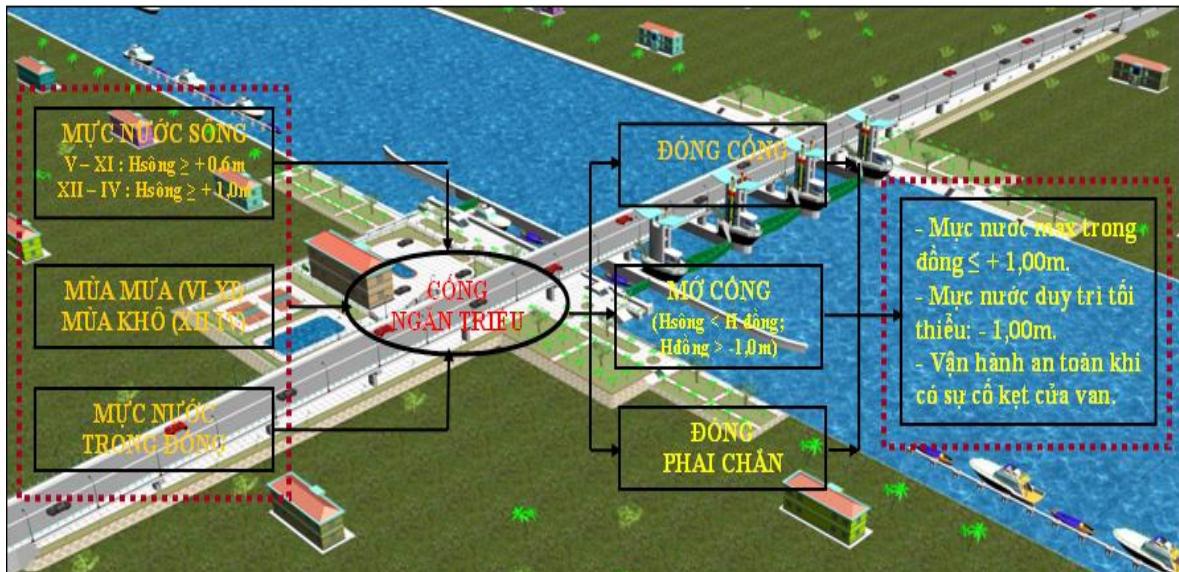
(2). Vận hành mở cống

- Khi mực nước ở trong sông thấp hơn trong đồng và mực nước trong đồng lớn hơn mực nước không chế đảm bảo môi trường mở cống để tiêu nước trong đồng.

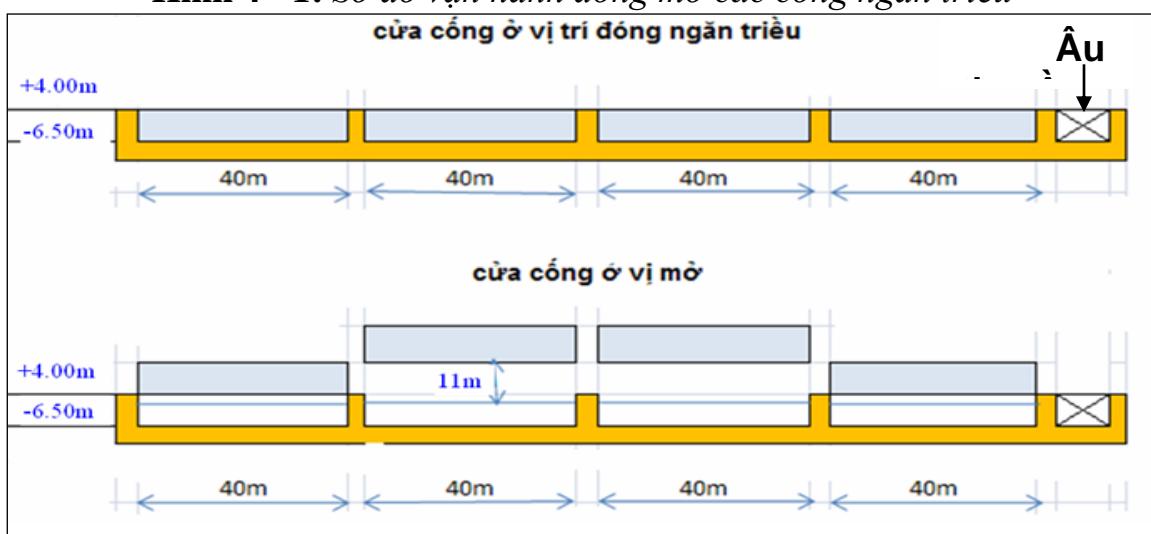
(3). Vận hành khi có sự cố

- Khi cửa van cống có sự cố không mở được, tiến hành đóng khoang cống bằng phai bom nước ra khỏi khoang cống, sau đó tiến hành sửa chữa ngay tại chỗ.

- Vận tốc đóng mở cống được chọn khoảng 0,01 m/s.



Hình 4 - 1: Sơ đồ vận hành đóng mở các cống ngăn triều



Hình 4 - 2: Vị trí đóng mở cống tràn cống ngập

2.5.5. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng vùng lưu vực sông Đồng Nai

Kịch bản biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng có cập nhật chi tiết cho Việt Nam năm 2016 (Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia -Bộ Tài nguyên và Môi trường) công bố năm 2016.

Theo kịch bản biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2016, thì mức biến đổi lượng mưa năm trung bình năm, mưa mùa so với thời kỳ 1986-2005 của tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, TPHCM như sau, các tỉnh khác thuộc lưu vực sông Đồng Nai xem trong kịch bản BĐKH 2016 của Bộ TNMT.

Bảng 2. 2: *Mức thay đổi lượng mưa năm so với thời kỳ 1986-2005 theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 (theo kịch bản 2016 - Bộ TNMT)*

Tỉnh, thành phố	Kịch bản RCP4.5			Kịch bản RCP8.5			Đơn vị: %
	2016-2035	2046-2065	2080-2099	2016-2035	2046-2065	2080-2099	
Đồng Nai	14,4 (9,1÷19,1)	14,4 (9,1÷19,1)	18,9 (5,8÷31,0)	13,1 (9,0÷17,0)	18,6 (12,2÷25,1)	21,4 (12,6÷30,4)	
Bình Dương	9,6 (4,5 ÷ 14,8)	14,1 (6,5 ÷ 22,7)	16,6 (5,9 ÷ 26,5)	11,3 (7,1 ÷ 15,2)	17,0 (11,8 ÷ 22,8)	21,1 (14,2 ÷ 28,7)	
TP. HCM	16,7 (11,4÷21,3)	18,8 (10,5÷28,6)	22,7 (6,7÷37,5)	14,7 (10÷19,3)	20,7 (14,6÷27,0)	23,4 (13,2÷33,9)	

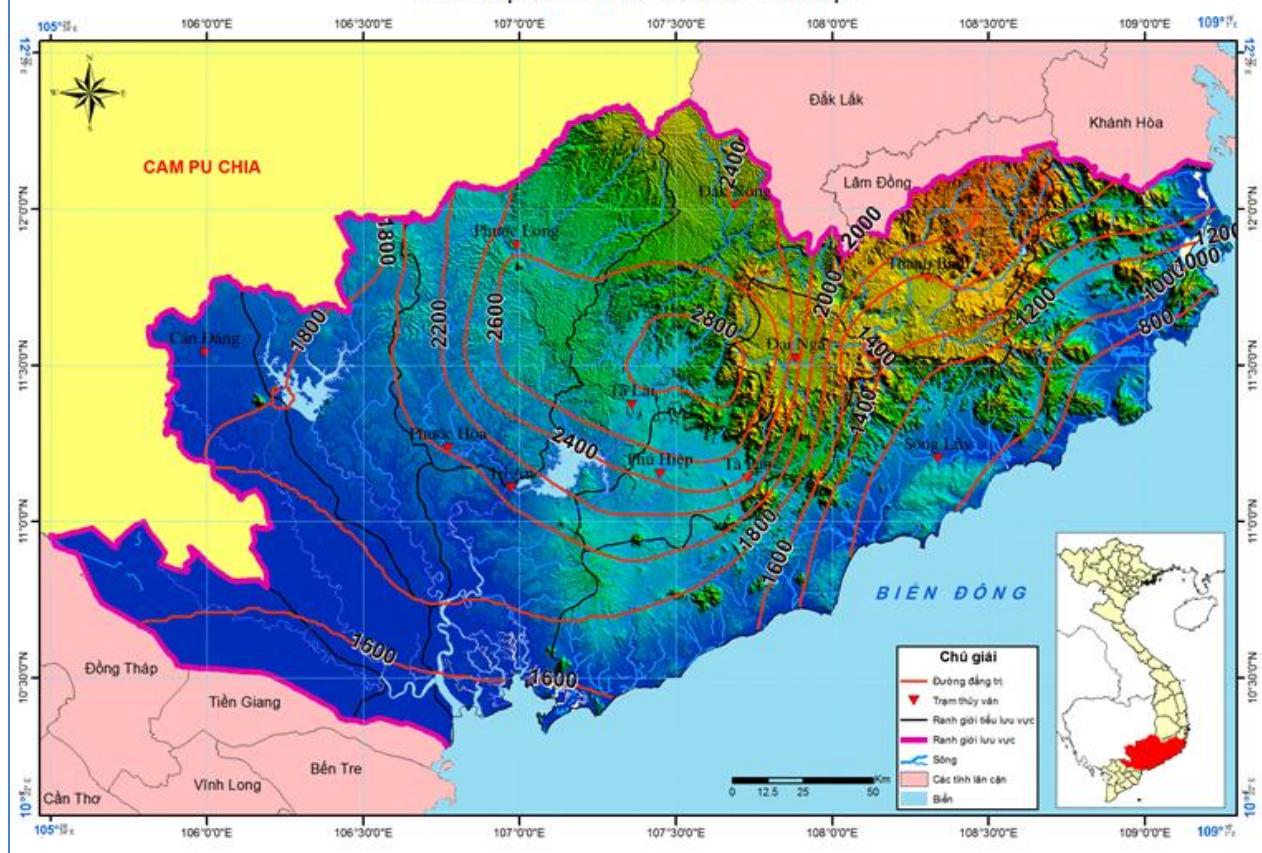
(Giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi quanh giá trị trung bình với cận dưới 20% và cận trên 80%)

Bảng 2. 3: *Mức thay đổi lượng mưa theo mùa so với thời kỳ 1986-2005 theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 (theo kịch bản 2016- Bộ TNMT)*

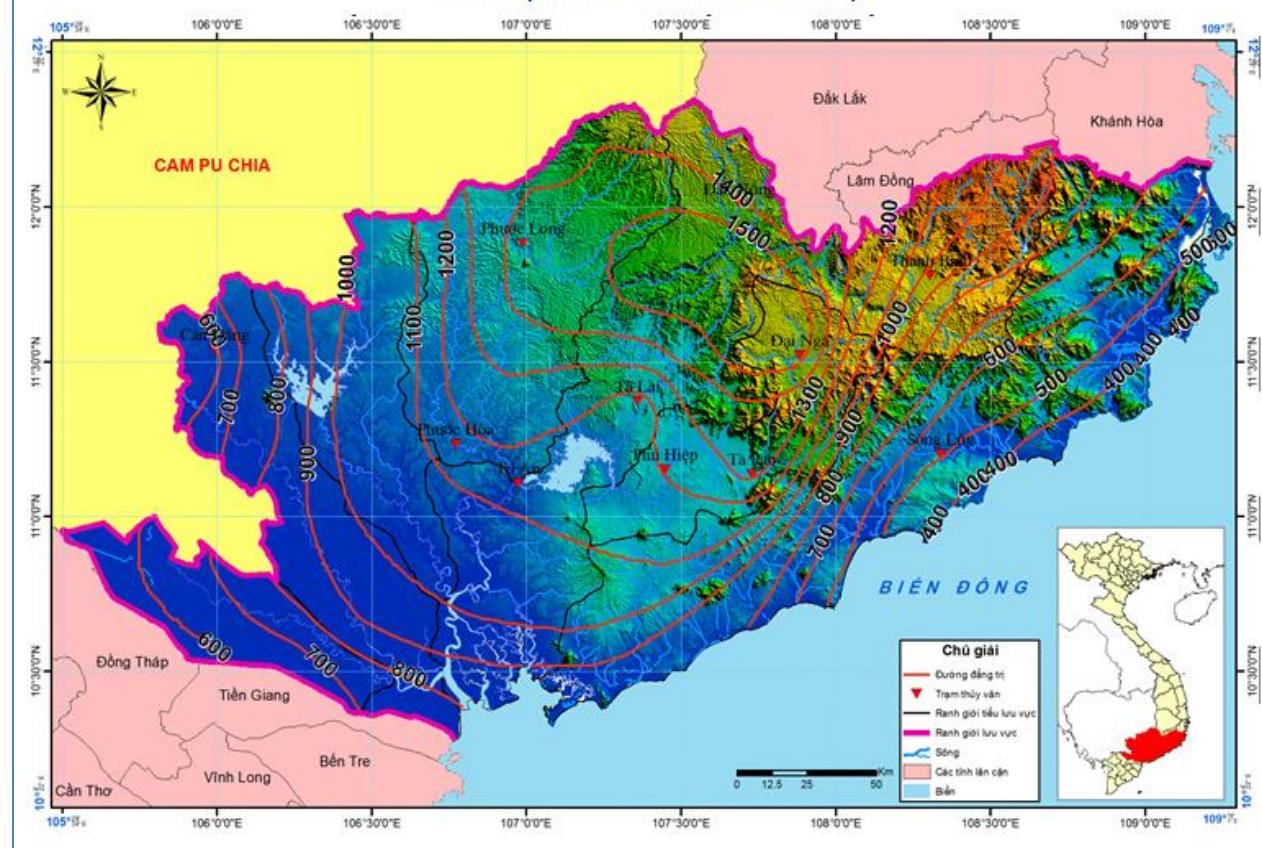
Tỉnh/ kịch bản	Đến thời kỳ	Mùa Đông				Đơn vị: %
		Mùa Xuân	Mùa Hè	Mùa Thu		
Đồng Nai RCP4.5	2016-2035	45,2 (8,6÷78,6)	9,8 (-1,9÷21,2)	9,4 (5,1÷13,9)	19,5 (10,1÷27,9)	
	2046-2065	36,4 (12,6÷57,8)	-2,3 (-17,7÷10,9)	9,7 (2,5÷16,9)	29,4 (14,8÷44,5)	
	2080-2099	114,8 (-12,5÷222,1)	4,3 (-3,2÷11,1)	9,8 (1,7÷18,0)	27,6 (11,7÷42,0)	
Đồng Nai RCP 8.5	2016-2035	17,7 (0,8÷35,6)	1,3 (-6,2÷8,6)	10,6 (6,0÷15,3)	20,6 (11,4÷29,3)	
	2046-2065	34,7 (3,2÷62,9)	11,8 (5,1÷18,7)	15,1 (11,7÷18,5)	24,1 (12,7÷35,5)	
	2080-2099	16,4 (-9,8÷46,0)	9,0 (-0,2÷18,3)	17,7 (11,0÷24,7)	30,4 (15,8÷43,4)	
Bình Dương RCP4.5	2016-2035	19,4 (-8,4÷44,2)	9,6 (0,9÷18,1)	9,6 (5,5÷13,9)	8,5 (-0,1÷17,4)	
	2046-2065	32,0 (-2,5÷65,0)	0,4 (-12,0÷12,7)	12,9 (4,9÷21,0)	18,7 (6,6÷31,3)	
	2080-2099	60,6 (-4,1÷118,3)	4,7 (-0,7÷9,7)	12,2 (2,9÷21,2)	21,4 (6,2÷34,7)	
Bình Dương RCP 8.5	2016-2035	23,7 (6,2÷40,6)	0,8 (-6,9÷8,3)	14,1 (9,8÷18,6)	11,2 (1,9÷20,3)	
	2046-2065	25,4 (-0,3÷52,5)	13,5 (4,6÷21,7)	18,0 (14,3÷21,7)	16,2 (6,3÷26,7)	
	2080-2099	5,5 (-15,5÷26,7)	8,8 (2,1÷15,7)	22,9 (13,9÷30,9)	24,5 (12,7÷35,5)	
TP.HCM RCP4.5	2016-2035	49,7 (11,7÷83,9)	10,6 (-1,3÷22,3)	11,8 (5,8÷17,8)	22,0 (11,6÷31,9)	
	2046-2065	45,5 (16,1÷71,1)	1,7 (-12,7÷15,4)	9,0 (0,9÷17,2)	35,6 (18,8÷53,6)	
	2080-2099	179,6 (16,3÷341,2)	7,3 (-1,8÷15,8)	9,3 (1,5÷16,9)	30,8 (14,1÷46,8)	
TP.HCM RCP 8.5	2016-2035	27,4 (9,9÷45,2)	5,6 (-1,5÷12,0)	10,2 (5,5÷14,8)	23,2 (12,2÷34,6)	
	2046-2065	46,0 (13,1÷79,9)	9,4 (2,7÷16,2)	15,2 (11,6÷18,9)	29,8 (18,8÷40,5)	
	2080-2099	24,5 (-5,9÷59,3)	10,9 (1,9÷19,9)	17,9 (11,1÷25,5)	34,4 (18,3÷49,5)	

(Giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi quanh giá trị trung bình với cận dưới 20% và cận trên 80%)

BẢN ĐỒ ĐĂNG TRỊ LƯỢNG MƯA NĂM LUU VỰC SÔNG ĐÔNG NAI SÀI GÒN
THEO KỊCH BẢN BIỂN ĐỔI KHÍ HẬU



BẢN ĐỒ ĐĂNG TRỊ DỘNG CHÁY NĂM LUU VỰC SÔNG ĐÔNG NAI SÀI GÒN
THEO KỊCH BẢN BIỂN ĐỔI KHÍ HẬU



Theo chuỗi 1977-2017 mức nước tại Biên Hòa tăng trung bình là 1,193cm/năm. Theo chuỗi 1988-2017 mức nước tại Biên Hòa tăng trung bình là 1,597cm/năm.

Kịch bản nước biển dâng do biến đổi khí hậu

Mực nước biển dâng do BĐKH theo kịch bản BĐKH 2016 do Bộ TNMT công bố được trình bày cho 7 vùng bờ biển và 2 quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa của Việt Nam, theo 4 kịch bản phát thải RCP 2,6; RCP 4.5; RCP 6.0 và RCP 8.5. Khu vực từ TP. Hồ Chí Minh đến Cà Mau, nước dâng do bão cao nhất đã xảy ra là 200 cm, trong tương lai có thể lên đến trên 270 cm. Biên độ triều cao nhất khu vực Vũng tàu là 192cm. Kịch bản nước biển dâng cho vùng nghiên cứu như sau.

Bảng 2. 4: Nước biển dâng (cm) theo các kịch bản RCP4.5; RCP 6.0 và RCP8.5 (theo kịch bản 2016- Bộ TNMT)

Kịch bản	Khu vực	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
		2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
RCP 2.6	Mũi Kê Gà-Mũi Cà Mau	12 (7÷19)	17 (10÷25)	21 (12÷32)	26 (15÷39)	30 (18÷46)	35 (20÷52)	39 (23÷59)	44 (26÷66)
RCP 4.5	Mũi Kê Gà-Mũi Cà Mau	12 (7÷18)	17 (10÷25)	22 (13÷32)	28 (17÷40)	33 (20÷49)	40 (24÷58)	46 (28÷67)	53 (32÷77)
RCP 6.0	Mũi Kê Gà-Mũi Cà Mau	11 (7÷16)	16 (10÷23)	21 (14÷31)	27 (18÷39)	34 (22÷48)	41 (27÷58)	48 (32÷69)	56 (37÷81)
RCP 8.5	Mũi Kê Gà-Mũi Cà Mau	12 (8÷17)	18 (12÷26)	25 (16÷35)	32 (21÷46)	41 (27÷59)	51 (33÷73)	61 (41÷88)	73 (48÷105)

1. CHƯƠNG IV

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DỰ BÁO SẠT LỎ BỜ SÔNG VÙNG HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI - SÀI GÒN ĐIỀU KIỆN HIỆN TẠI VÀ CÓ XÉT ĐẾN PHÁT TRIỂN KINH TẾ XÃ HỘI VÀ BIỂN ĐỔI KHÍ HẬU – NUỚC BIỂN DÂNG

Chương 1. 4.1. Phương pháp và kịch bản tính toán

Để nghiên cứu tính toán dự báo diễn biến lồng dâng, sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn trong điều kiện hiện tại và có xét đến phát triển kinh tế xã hội và biến đổi khí hậu – nước biển dâng, sử dụng các phương pháp sau:

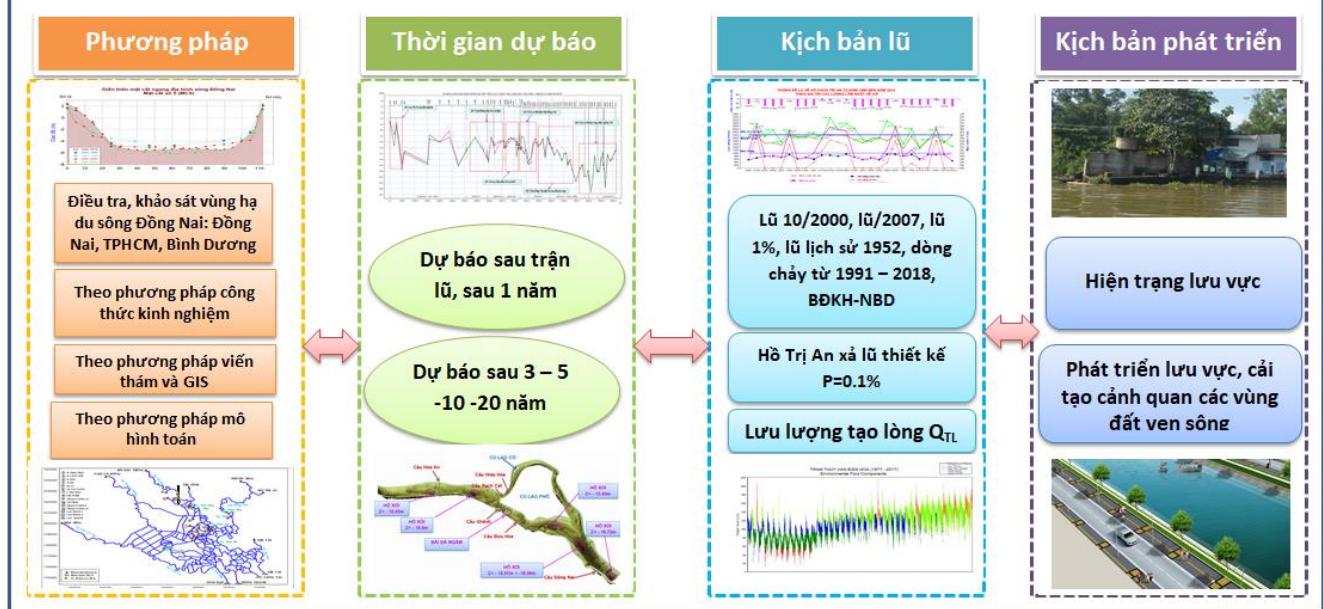
Phương pháp phân tích các tài liệu thực địa: Sử dụng các tài liệu về địa hình, các tài liệu không ảnh, viễn thám, các số liệu có được trong nhiều năm tiến hành phân tích vị trí, quy mô, tốc độ xói, bồi trên mặt bằng, trên mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, tìm ra quy luật thống kê và xu thế phát triển của đoạn sông nghiên cứu.

Phương pháp công thức kinh nghiệm: Sử dụng các công thức kinh nghiệm để tính toán diễn biến lồng dâng.

Phương pháp mô hình toán: Dựa vào các hệ phương trình toán lý mô tả quy luật của dòng chảy và bùn cát tại đoạn sông nghiên cứu, xác định các điều kiện biên, điều kiện ban đầu hợp lý, tìm các lời giải giải tích, lời giải số trị cho các vấn đề nghiên cứu.

Phương pháp viễn thám GIS:

**Nghiên cứu tính toán dự báo diễn
biển, sạt lở bờ sông**



Hình 4. 24: Sơ đồ các phương pháp và kịch bản tính toán dự báo sạt lở bờ sông phục vụ quy hoạch sử dụng vùng ven sông phát triển KTXH vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

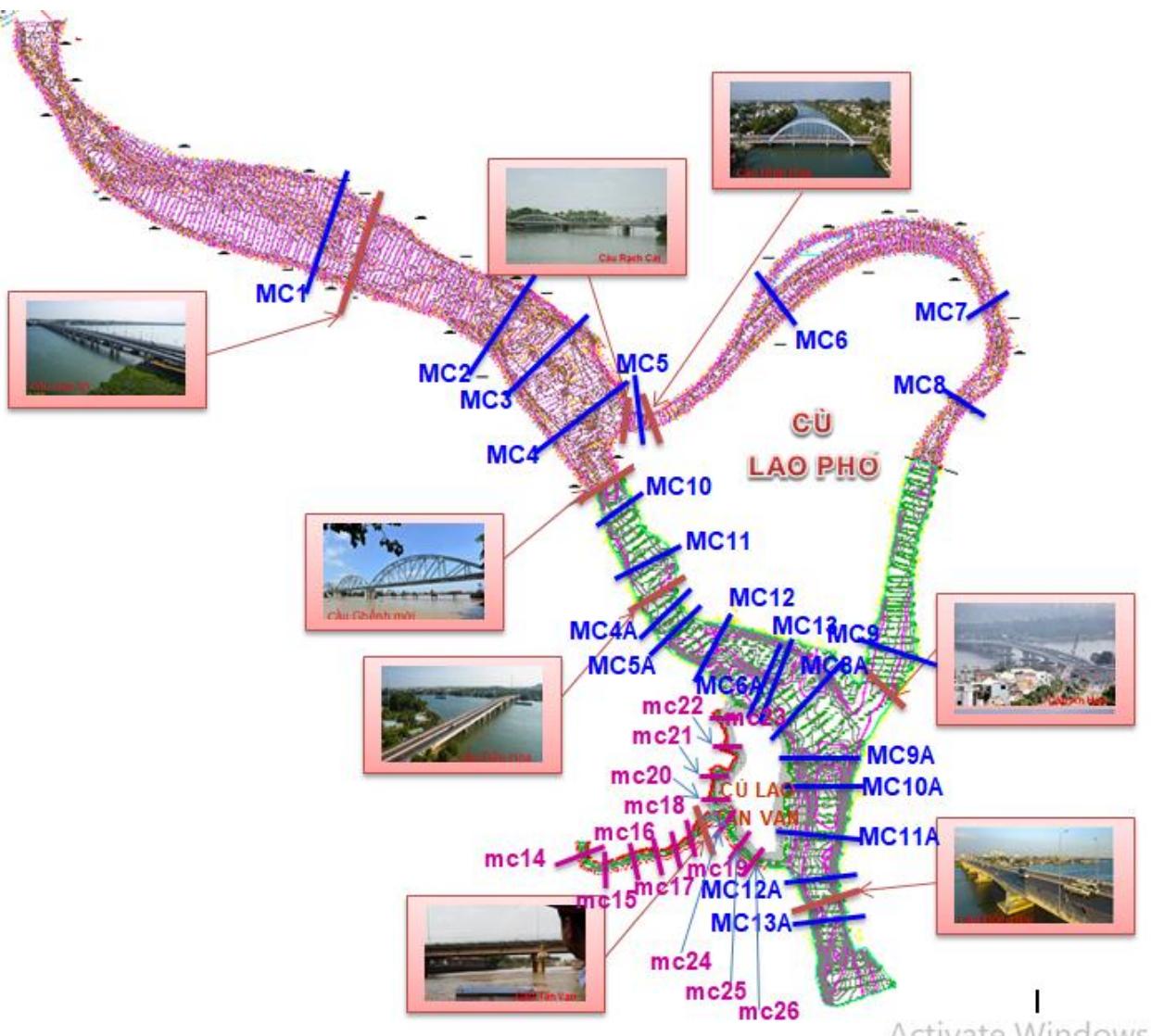
Chương 2. Chi tiết nội dung phương pháp và kịch bản tính toán được trình bày trong chương 2 báo cáo.

Chương 3. 4.2. Đánh giá diễn biến, sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai theo tài liệu khảo sát địa hình và theo điều tra khảo sát hiện trường.

4.2.1. Đánh giá diễn biến, sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai theo tài liệu khảo sát địa hình.

2. *1. Trên sông Đồng Nai.*

Các tài liệu mặt cắt ngang địa hình được thu thập từ nguồn tài liệu đê tài KC08.29 và theo tài liệu đo đạc khảo sát năm 2008, 2015, 2016, 2017, 2018 và các nguồn tài liệu tham khảo đê tài và dự án có liên quan. Vị trí các mặt cắt ngang khu vực nghiên cứu được sử dụng để phân tích diễn biến đáy sông chỉ ra trên hình vẽ sau:



Hình 3. 1: Vị trí các mặt cắt vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai khu vực nghiên cứu

Qua phân tích tài liệu khảo sát địa hình lòng đất khu vực dự án tháng 9/2008 và tháng 10/2016, 7/2017 và tháng 8/2018 cho thấy hiện trạng và diễn biến tại một số vị trí như sau:

Địa hình sông Đồng Nai khu vực thành phố Biên Hòa ngoài tác động của việc vận hành điều tiết hồ chứa phía thượng nguồn, còn chịu tác động bởi các công trình như cầu Hóa An, cầu Ghềnh, cầu Rạch Cát, cầu Đồng Nai...

Qua phân tích các tài liệu đo đạc khảo sát cho thấy đoạn sông chính chảy ngang Cù lao Phố thì có nhiều khối đá ngầm tập trung ở giữa dòng và bên phia bờ hữu đã làm lệch chủ lưu dòng chảy hướng về Cù lao này.

Địa hình và cấu tạo lòng sông không ổn định. Đặc biệt là có nhiều khối đá xuất hiện khá nông, đồng thời nhiều hố sâu tới 17 – 18 mét (có nhiều khả năng do bơm hút cát tạo nên). Điều này làm cho cấu trúc dòng chảy trở nên rất phức tạp, nhất là khi có lưu lượng lớn vào mùa lũ. Cấu trúc địa chất lòng sông vốn đa dạng, gồm: đá gốc và trầm tích bờ rời là cát, bột sét, làm cho địa貌 lòng sông dễ bị biến dạng khi dòng chảy bị tác động. Có nơi do đá ngầm dưới lòng sông mà dòng chảy bị ép sát bờ tạo nên hố xói sâu sát bờ.

Kết quả khảo sát bằng máy scan sonar của Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam khảo sát năm 9/2008 cho thấy lòng sông khu vực ngang bến đò ở thượng lưu, nơi lòng sông hẹp nhất có dạng U, sâu hơn 18 mét. Xuôi về hạ lưu, đoạn lòng sông rộng ở trên và dưới cầu Hóa An cũng có dạng U với độ sâu nhất hơn 11 mét trong khi đoạn sông này thì rộng hơn 3 lần. Khu vực giữa cầu Hóa An và cầu Ghềnh, đoạn sông rộng hơn 800 mét, có địa hình nền đáy sông khá phức tạp, gồm các khối đá (kiểm chứng mẫu đá là mảnh đá phong hóa, mảnh laterit)

nhô lên cách mặt nước 3 – 6 mét, và những hố sâu tới 18 mét (có thể do khai thác cát). Các khối đá phân bố lệch từ giữa sông sang phía bờ hữu và đẩy chủ lưu về phía bờ tả.

Phía trên và dưới cầu Ghềnh có nền đá nông nên tạo nút ngẽn thoát lũ ở đây, và đây là một nguyên nhân tạo nên lạch phụ bao lấy cù lao Phố. Cửa lạch này sâu khoảng 7-9 mét và luồng sâu nhất ép về bờ tả.

Trên nhánh sông chính qua cầu Ghềnh về qua cầu Bửu Hòa, có xuất hiện đá ngầm tập trung ở phần giữa sông sang bờ hữu. Luồng sâu có hướng áp sát bờ tả (bờ cù lao Phố) và trong thời gian thực địa, mặc dù lưu lượng dòng chảy nhỏ, nhưng vẫn quan sát thấy các xoáy nước tập trung ở phía bờ này. Trong thời gian thực địa (9-10/2016) không có hoạt động khai thác cát sông nhưng có nhiều tàu thuyền chở cát trên sông.

- Tại vị trí thượng lưu cách cầu Hóa An khoảng 350m tồn tại hố xói với cao trình đáy khoảng -15.29m (năm 2008) và -15.63m (năm 2016). Phía thượng lưu đường lạch sâu có xu hướng dịch chuyển sang phía bờ tả.

- Hạ lưu cầu Hóa An từ năm 1982 -1993 lòng sông được bồi, từ năm 1993 – 1999 lòng sông bị xói với tốc độ xói trung bình khoảng 0,15m/năm.

- Từ sau khu vực trụ sở ủy ban nhân dân tỉnh Đồng Nai, tuyến lạch sâu lại uốn cong về phía bờ hữu và dịch dần về phía bờ tả. Khu vực này hình thành hố xói vùng gần giữa sông với cao trình $Z_{min}=-18.6m$.

- Ở đoạn này, lòng sông lại mở rộng dần. Đoạn đầu Cù lao Phố phía bờ tả cửa Rạch Cát đã hình thành bãi bồi làm cản trở dòng chảy vào cửa Rạch Cát.

- Tại vị trí đoạn đầu khu vực dự án tồn tại hố xói với cao trình đáy khoảng -18.51m (năm 2008) và -18.6m (năm 2016).

- Phía hạ lưu cầu Bửu Hòa, cách cầu Bửu Hòa khoảng 1080m, về phía bờ tả sông Đồng Nai (phía cù lao) có hố xói đã được bồi từ cao trình đáy khoảng -15.95m (năm 2008) đến -12.43m (năm 2016). Sát phía hạ lưu cầu Bửu Hòa đáy sông bị xói sâu so với năm 2008 khoảng 0.8-1.0m.

- Khu vực nhập lưu giữa nhánh Rạch Cát và sông Đồng Nai, có hố xói đã được bồi từ cao trình đáy khoảng -19.76m (năm 2008) và -16.06m (năm 2016).

- Sau hạ lưu cầu Đồng Nai, cách cầu khoảng 450m, lòng sông bị xói sâu từ từ cao trình đáy khoảng -13.76m (năm 2008) và -19.72m (năm 2016).

Cụ thể tình hình hiện trạng và diễn biến lòng dẫn sông Đồng Nai khu vực thành phố Biên Hòa qua các năm quan trắc như sau:

3.

a. Trên dòng chính sông Đồng Nai:

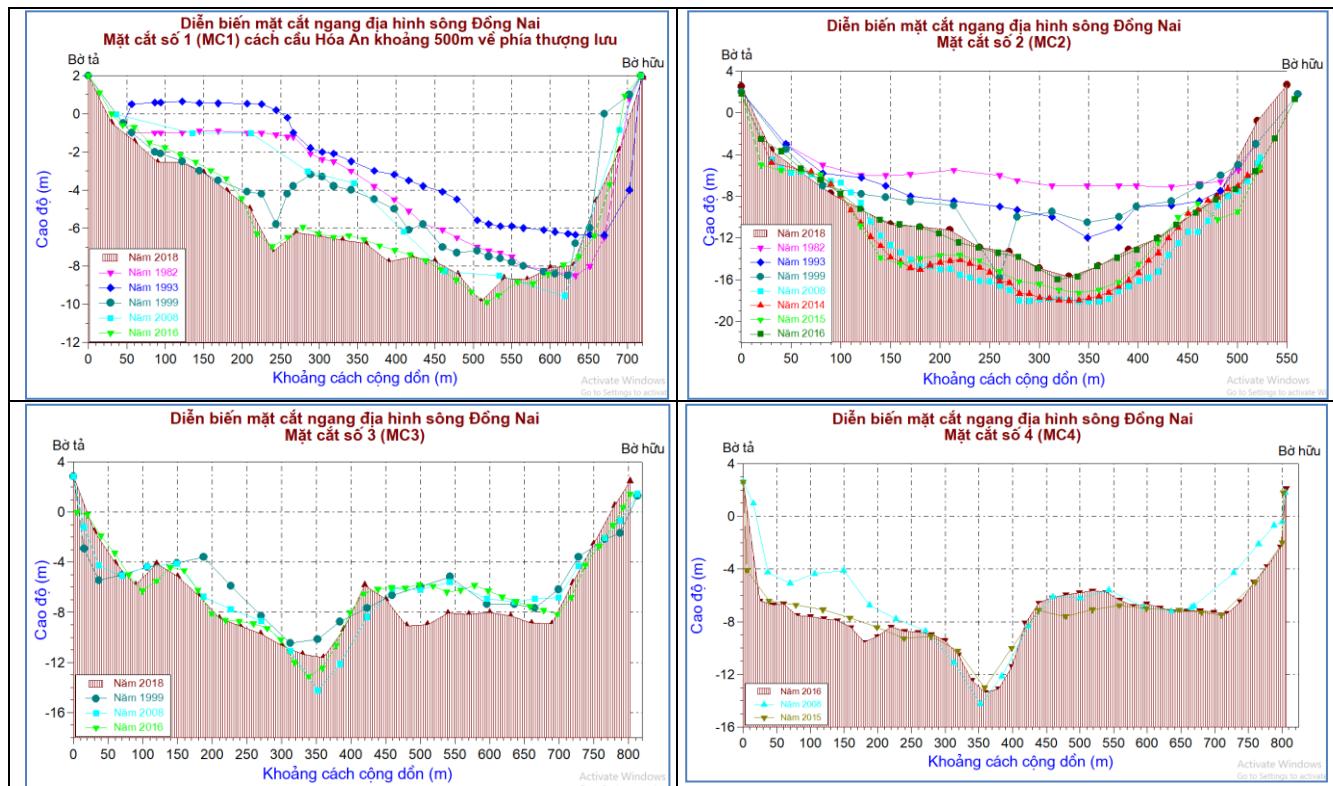
(1) Đoạn từ hạ lưu cù lao Rùa đến cầu Hóa An

Đoạn thượng lưu cầu Hóa An từ hạ lưu cù lao Rùa đến cầu Hóa An dài khoảng 4,2km, bên bờ hữu (đối diện với trường Đại học dân lập Lạc Hồng) trên địa bàn xã Tân Hạnh và xã Hóa An. Phân tích tài liệu thực đo các năm 1982, 1993, 1999, 2008, 2016 cho thấy:

- Đây là đoạn sông hơi cong

- Tài liệu địa hình lòng sông đo đạc khảo sát năm 2016 hố xói sâu tới cao trình -15.63m.

Phân tích diễn biến mặt cắt ngang lòng dẫn sông Đồng Nai theo tài liệu khảo sát địa hình thực đo các năm 1982, 1993, 1999, 2008, 2016, 2018 tại mặt cắt như sau:



- Tại mặt cắt số 1 MC1 : Từ năm 1982 đến năm 1993 lòng sông được bồi, mức độ bồi trung bình khoảng 0.16m/năm. Từ năm 1993-1999 lòng sông bị xói, xói chủ yếu phía bờ tả bình quân khoảng $\Delta Z = -1.5$ m. Độ hạ thấp lòng sông khoảng 0.16m/năm. Từ năm 1999-2008 phía bờ tả bồi, lòng sông xói và bờ hữu xói, tốc độ xói khoảng 0.11m/năm. Từ năm 2008-2018 phía bờ tả bị xói, lòng sông xói không nhiều, tốc độ xói khoảng 0.24m/năm. Như vậy phía bờ tả sông Đồng Nai đoạn từ hạ lưu cù lao Rùa đến cầu Hóa An giai đoạn từ 1982 đến 2018 có các thời kỳ xói bồi xen kẽ nhau. Phía bờ hữu xói sâu hơn phía bờ tả, mặt cắt có xu thế lệch về phía bờ hữu.

- Đoạn từ cầu Hóa An đến cầu Ghềnh: Đoạn từ cầu Hóa An đến cầu Ghềnh dài khoảng 2700m. Xem xét diễn biến trên mặt cắt ngang từ mặt cắt MC2, MC3, MC4 và xem xét theo địa hình lòng sông khảo sát năm 2008 và 2016 như sau:

Từ cầu Hóa An đi về phía hạ lưu thuộc phường Hòa Bình, TP. Biên Hòa có bờ kè bằng cọc bêtông dự ứng lực có chiều dài là 1.834m.



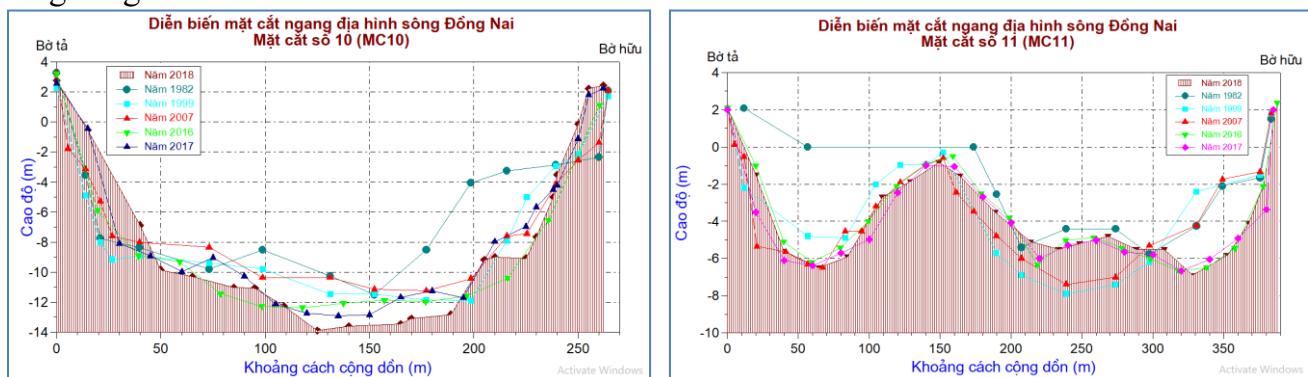
Hình 2. 1: Hiện trạng kè đoạn từ cầu Hóa An đến Sở Giáo dục

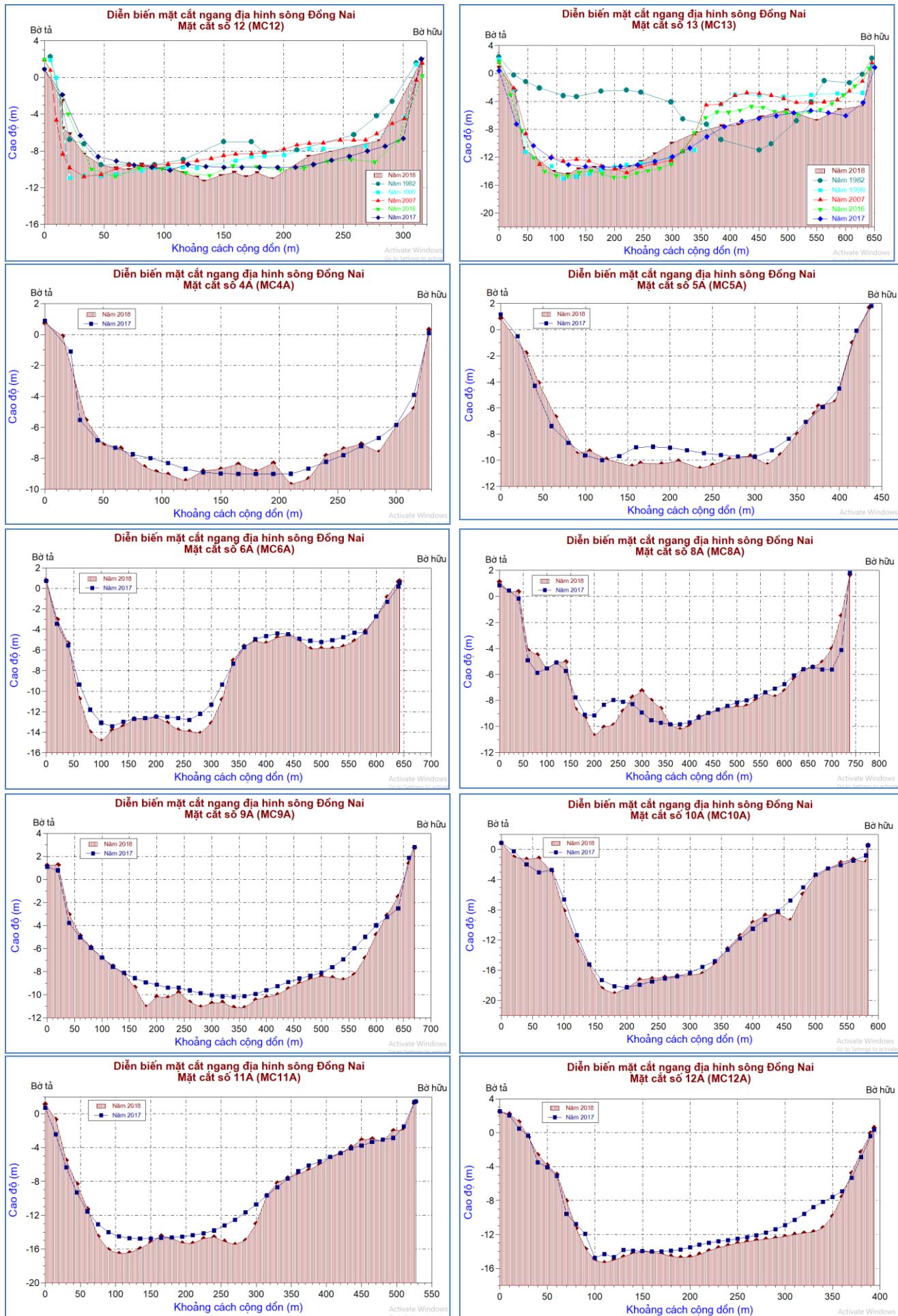
- Tại mặt cắt số 2 (MC2) cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 1280m, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: từ cầu Hóa An đi về phía hạ lưu thuộc phường Hòa Bình, TP. Biên Hòa một bờ kè bằng cọc bêtông dự ứng lực đã được xây dựng có chiều dài là 1.834m. Tại mặt cắt số 2 khu vực công viên Biên Hòa, tại bờ tả khu vực công viên, trước 2008 bị sạt lở bờ, sau khi có bờ kè bằng cọc bê tông dự ứng lực, bờ đã ổn định, không bị sạt lở. Từ 1999 – 2008, lòng dẫn bị xói sâu hơn, trung bình từ 4-6m, xuất hiện hố xói cục bộ. Từ 2008 đến 2018, đoạn sông này tương đối ổn định, mặt cắt đáy sông ít có sự biến động, có xu hướng bồi nhẹ lòng sông.

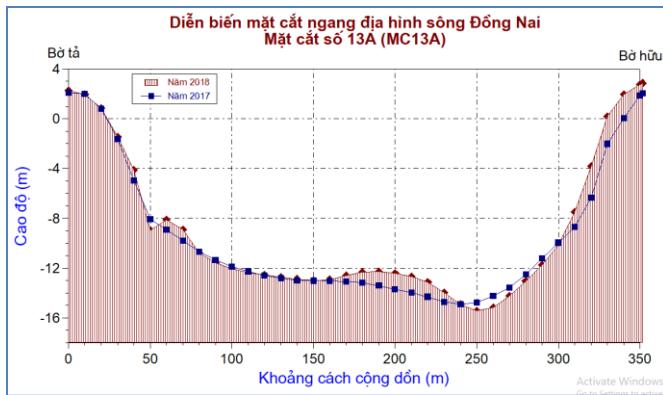
- Tại mặt cắt số 3 (MC3) cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 1750m, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Từ 1999 – 2008, lòng dẫn bị xói sâu hơn, trung bình từ 2-3m, Từ 2008 đến 2018, lòng sông ít biến động, lòng sông phía bờ hữu xói, mức xói $\Delta Z = -0.5m$.

- Tại mặt cắt số 4 (MC4) cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 2030m, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Từ 2008 – 2016, phía bờ tả bị xói, lòng dẫn phía bờ tả xói với mức xói trung bình từ 2-2.5m.

- Đoạn từ cầu Ghềnh đến cầu Đồng Nai: Đoạn này dài khoảng 3,8km. Xem xét diễn biến trên mặt cắt ngang từ mặt cắt MC10, MC11, MC12, MC13 và xem xét theo địa hình lòng sông khảo sát năm 2016 như sau:







- Tại mặt cắt số 10 (MC10) cách cầu Ghềnh khoảng 170m về phía hạ lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Bờ tả lòng sông sâu và dốc.; Lòng sông phía bờ hữu bị xói, từ năm 1982 – 1999 có chỗ xói sâu đến 8m, mức xói trung bình khoảng 2-3m.; Từ 2007- 2016, lòng sông có xu thế xói sâu, bình quân khoảng $\Delta Z=1.5$ m.

- Tại mặt cắt số 11(MC11) cách cầu Ghềnh khoảng 550m về phía hạ lưu, tại khu vực này có ghềnh đá, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau:Từ năm 1982-1999 bờ tả bị xói sâu khoảng 6m. Do có bãi đá ngầm nên đã làm giảm diện tích mặt cắt thoát nước của lòng sông. Từ năm 2007 -2016, bờ hữu bị xói, bình quân khoảng $\Delta Z=1.1$ m -1.3m

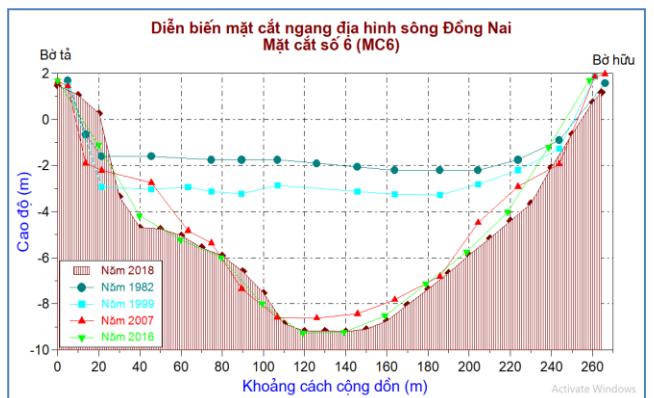
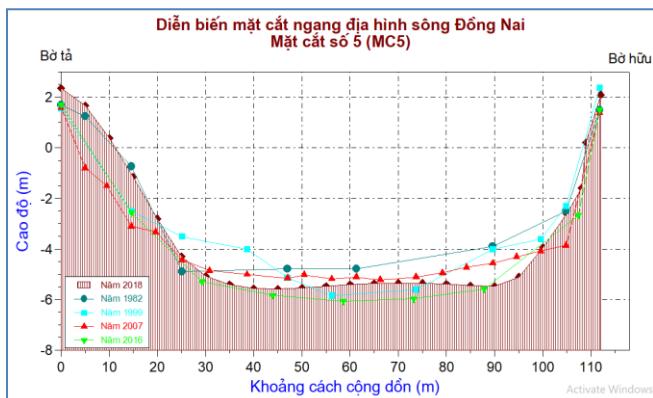
- Tại mặt cắt số 12(MC12) cách cầu Bửu Hòa khoảng 425m về phía hạ lưu, có đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Tuyến lạch sâu ép sát bờ tả, mái bờ sông rất dốc và sâu, bờ tả bị sạt lở. Từ năm 1982 đến năm 1999 bị sạt lở khoảng 10m. Từ năm 1999-2007 lòng sông không biến đổi nhiều, tuy nhiên sau 2007, đến năm 2016 lòng sông bị xói, nguyên nhân do ảnh hưởng của cầu Bửu Hòa gây biến dạng lòng dẫn phia hạ lưu cầu.

- Tại mặt cắt số 13(MC13) cách cầu Bửu Hòa khoảng 1250m về phía hạ lưu, có đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Tại mặt cắt này khu vực lòng sông mở rộng, tuyến lạch sâu ép sát phía bờ trái. Từ năm 1982 -1999 diễn biến lòng dẫn khu vực này phức tạp do có sự biến đổi từ ghềnh cạn thành hố xói và từ hố xói thành ghềnh cạn. Từ năm 1999 – 2016 lòng sông tương đối ổn định.

4. b.Trên lạch phụ - Rạch Cát:

(1).Đoạn từ cầu Rạch Cát đến cù lao Cỏ:

Đoạn sông từ cầu Rạch Cát đến Cù Lao Cỏ dài khoảng 1,5km và có chiều rộng sông khá hẹp, có nơi chỉ rộng khoảng 100m. Xem xét diễn biến trên mặt cắt ngang từ mặt cắt MC5, MC6 và xem xét theo địa hình lòng sông khảo sát năm 2016 như sau:



- Tại mặt cắt số 5(MC5) cách cầu Rạch Cát khoảng 70m về phía hạ lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau:

Mặt cắt số 5(MC5) là mặt cắt cửa vào của lạch phụ, lòng sông hẹp, bờ rộng chỉ khoảng hơn 100m.

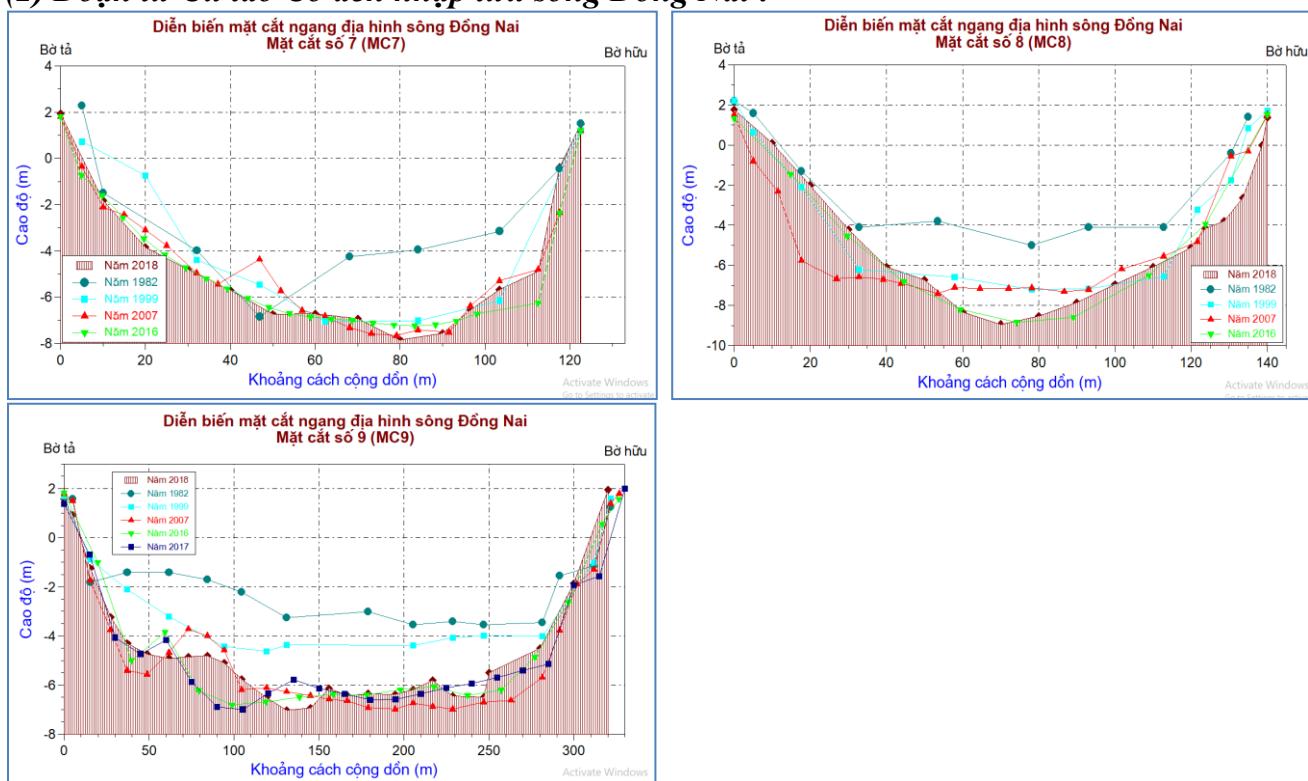
Hiện nay hai bên bờ sông đã được cứng hóa bởi các mố cầu và địa chất bờ tốt nên lòng sông tương đối ổn định

- Tại mặt cắt số 6(MC6) cách cầu Rạch Cát khoảng 1200m về phía hạ lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau:

Từ năm 1982-1999 lòng sông bị xói, xói mạnh từ năm 1999 – 2007. Từ 2007 đến 2016 mức xói nhỏ hơn.

Khu vực này chịu ảnh hưởng của trạm bơm phía bờ tả khu vực phuờng Thông Nhất và trạm bơm phía bờ hữu xã Hiệp Hòa.

(2) Đoạn từ Cù lao Cỏ đến nhập lưu sông Đồng Nai :

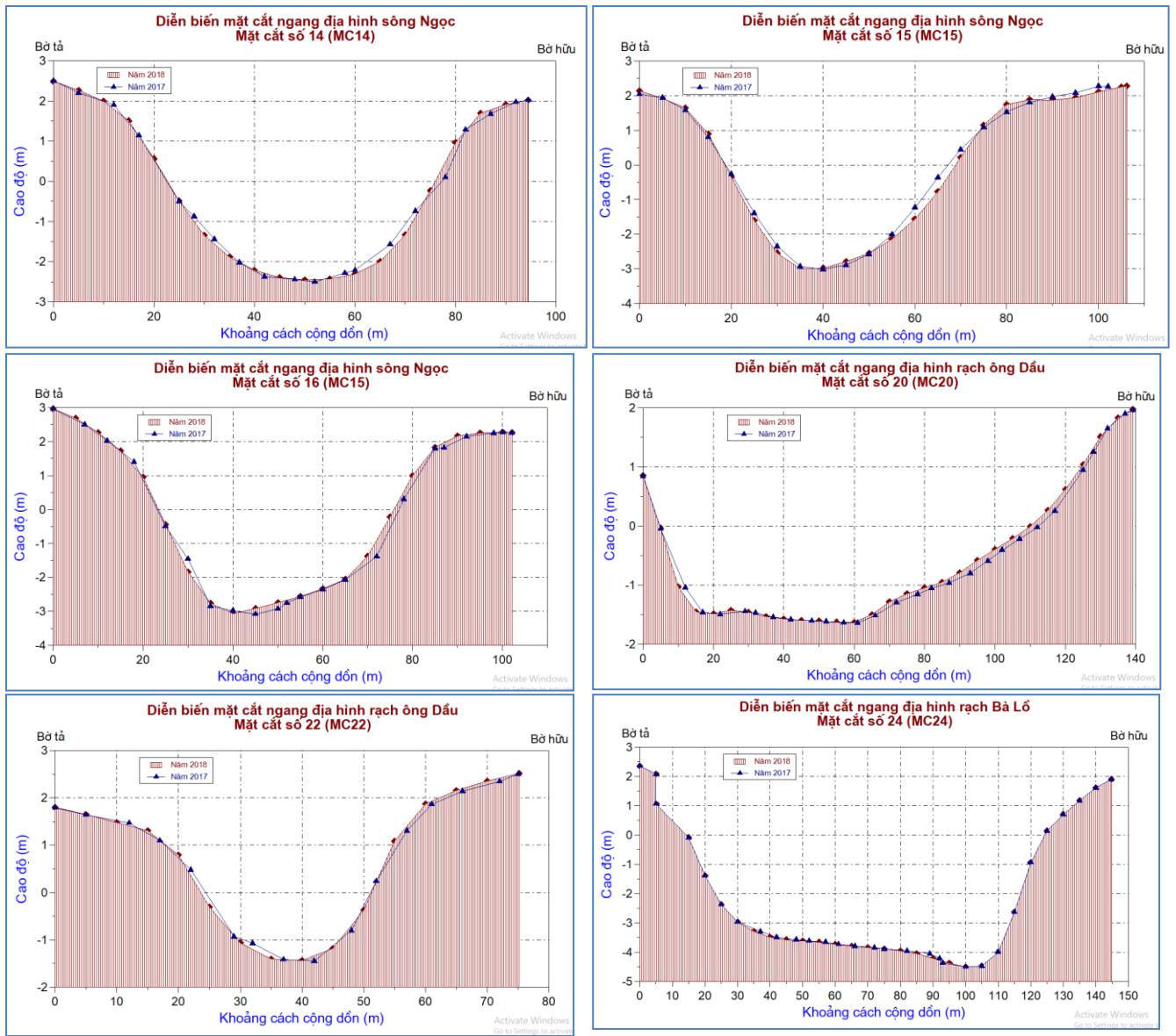


- Tại mặt cắt số 7(MC7) cách cù lao Cỏ khoảng 1150m về phía hạ lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Từ năm 1982-1999 lòng sông bị xói, xói mạnh phía bờ hữu. Từ 1999 đến 2016 lòng sông tương đối ổn định.

- Tại mặt cắt số 8(MC8) cách cù lao Cỏ khoảng 2300m về phía hạ lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Từ năm 1982-1999 lòng sông bị xói, độ hạ thấp lòng sông khoảng 0.16m/năm. Hai bên bờ sông năm 2007 bị xói sâu so với năm 1999 trung bình từ 1-2m. Từ năm 2007 đến 2016, lòng sông tương đối ổn định, bị xói nhẹ phía bờ hữu, mức xói bình quân khoảng 0.06m/năm.

- Tại mặt cắt số 9 (MC9) cách điểm nhập lưu khoảng 570m về phía thượng lưu, đặc điểm biến hình lòng sông trên mặt cắt ngang như sau: Từ năm 1982-1999 lòng sông bị xói, độ hạ thấp lòng sông khoảng 0.12m/năm. Hai bên bờ sông năm 2007 bị xói sâu so với năm 1999 trung bình 2m. Từ năm 2007 đến 2016, lòng sông tương đối ổn định, bị xói nhẹ phía bờ hữu, mức xói bình quân khoảng 2m.

c. Trên sông Ngọc, rạch Ông Dầu, rạch Bà Lò:



Nhận xét

Qua phân tích các tài liệu khảo sát của khu vực dự án và đoạn sông Đồng Nai đoạn chảy qua thành phố Biên Hòa cho thấy:

- Đoạn sông Đồng Nai khu vực giữa cầu Hóa An và cầu Ghềnh, đoạn sông rộng hơn 800 mét, có địa hình nền đáy sông khá phức tạp, gồm các khối đá (kiểm chứng mẫu đáy là mảnh đá phong hóa, mảnh laterit) nhô lên cách mặt nước 3 – 6 mét, và những hố sâu tới 18 mét (có thể do khai thác cát). Các khối đá phân bố lệch từ giữa sông sang phía bờ hữu và đẩy chủ lưu về phía bờ tả. Phía trên và dưới cầu Ghềnh có nền đá nông nên tạo nút ngẽn thoát lũ ở đây, và đây là một nguyên nhân tạo nên lạch phụ bao lấy cù lao Phố. Cửa lạch này sâu khoảng 7-9 mét và luồng sâu nhất ép về bờ tả. Từ năm 2008 – 2016 khu vực bờ tả bị xói, lòng dẫn phía bờ tả xói với mức xói trung bình từ 2-2,5m.

- Đoạn sông lạch phụ cù Lao Phố dài $L = 7,5\text{km}$, dòng chảy tại cửa vào khá bất lợi vì lòng sông rất hẹp chỉ rộng 100m, tuy nhiên hai bên bờ sông đã bị cứng hóa bởi các mó cầu và địa chất tốt nên lòng sông ổn định. Phía hạ lưu hai trạm bom của phường Thông Nhất phía bờ tả và của xã Hiệp Hòa phía bờ hữu nên lòng sông và cả bờ sông khu vực này bị xói lở mạnh khi trạm bom xả nước. MC7, MC8 lòng sông năm 1982 chỉ ở cao trình $-4\text{m} \div -6\text{m}$ nhưng đến năm 1999 và 2007 thì lòng sông xói sâu hơn từ $2 \div 3\text{m}$. Hai bên bờ sông năm 2007 cũng bị xói sâu hơn năm 1999 trung bình từ $1 \div 2\text{m}$. MC9 là mặt cắt tại cửa ra có dạng hình chữ U khá đối xứng lòng sông năm 2007 xói sâu hơn năm 1999 trung bình là 2m và xói sâu

hơn năm 1982 là 3m. Từ năm 1982 đến nay, lòng sông lạch Trái cù lao Phố đều có hiện tượng xói sâu phô biến.

- Lạch chính sông Đồng Nai đoạn Cù Lao Phố dài hơn 3km nhưng lòng sông biến đổi khá phức tạp do có khói đá ngầm. Chiều rộng lòng sông cửa vào cầu Ghềnh có B=270m, cửa ra phía cù lao Phố có B= 650m. Diễn biến trên mặt cắt ngang khu vực lạch chính cù lao Phố cho thấy phạm vi bờ tả có nguy cơ sạt lở cao vì tuyến lạch sâu luôn ép sát bờ tả và bờ sông ngày càng dốc hơn.

- Dọc theo bờ phải khu vực các đoạn bị sạt lở trên sông Đồng Nai thuộc địa phận các xã Tân Hạnh và Hóa An thuộc TP. Biên Hòa người dân đã xây bờ kè bằng đá hộc, cù tràm nên đoạn này hiện nay đã tương đối ổn định, tuy nhiên theo điều tra tháng 9/2016 của dự án, tại xã Tân Hạnh đã xảy ra sạt lở phần đất trống dài 4m vào đất nhà ông Tân và bà Lê Thị Tai, UBND xã Tân Hạnh đã thỏa thuận bồi thường theo biên bản làm việc ngày 15/7/2016.

- Đoạn đường bờ trái sông Đồng Nai từ trạm kiểm soát giao thông thủy thuộc phường Bửu Long đến cầu Hóa An có nhiều đoạn sạt lở nhẹ, nhưng người dân đã thả đá hộc, đóng cù tràm và một số nơi còn thả các rọ đá để bảo vệ nhà cửa, ruộng vườn của họ.

- Phía bờ hữu trên địa bàn xã Hóa An và phường Bửu Hòa có khoảng 900m đường bờ bị sạt lở. Bên bờ tả thuộc phường Hòa Bình và Quyết Thắng có khoảng 400m đường bờ bị sạt lở đều ở mức độ nhẹ, từ 0,5÷3,0m/năm.

- Trên cồn Gáo trước đây vẫn có nhà dân (dài 70-80 m rộng khoảng 20 m) và đã bị xói mòn sau những đợt lũ lụt khoảng sau năm 1980. Đồng thời, trong thời gian nhiều năm gần đây thì việc bơm hút cát từ lòng sông diễn ra với quy mô cao, tạo nên các hố sâu. Tốc độ xói mòn bờ sông cũng có khuynh hướng tăng ở dọc bờ tả (cù lao Phố) so với bờ hữu. Trong thời gian gần đây, do thủy điện Trị An xả lũ và có triều cường thì đã gây ra tình trạng ngập úng nghiêm trọng ở Biên Hòa và vùng lân cận, như sau nhiều ngày xả thì ngày 2/10/2012, đập thủy điện Trị An tiếp tục tăng lưu lượng xả lũ từ 1.800m³/s lên 2.130m³/s đã gây ngập trên diện rộng. Hiện tượng ngập lụt cao bất thường này đã được lặp lại vào năm 2014 với lưu lượng xả nhỏ hơn.

Theo điều tra khảo sát hiện trường đợt tháng 8/2018 và tháng 9/2018 cho thấy tại khu vực rạch Bà Lò khu vực Bình Dương, cũng có xảy ra ngập lụt những năm có lũ lớn, đặc biệt khi có xả lũ của hồ Trị An. Kết quả điều tra tình hình ngập lụt khu vực dự án tại khu phố Quyết Thắng, phường Bình Thắng, thị xã Dĩ An, Bình Dương.



Hình 1. 20. Vết lũ tại hộ gia đình Hoàng Công Niরong

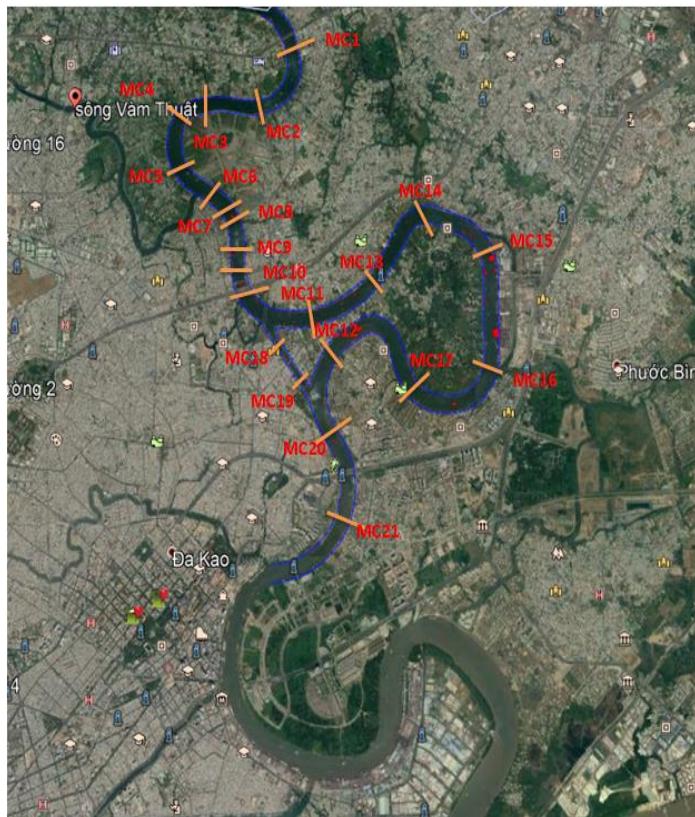


Hình 1. 34. Vết lũ tại nhà bà Triều Thị Đa

5.

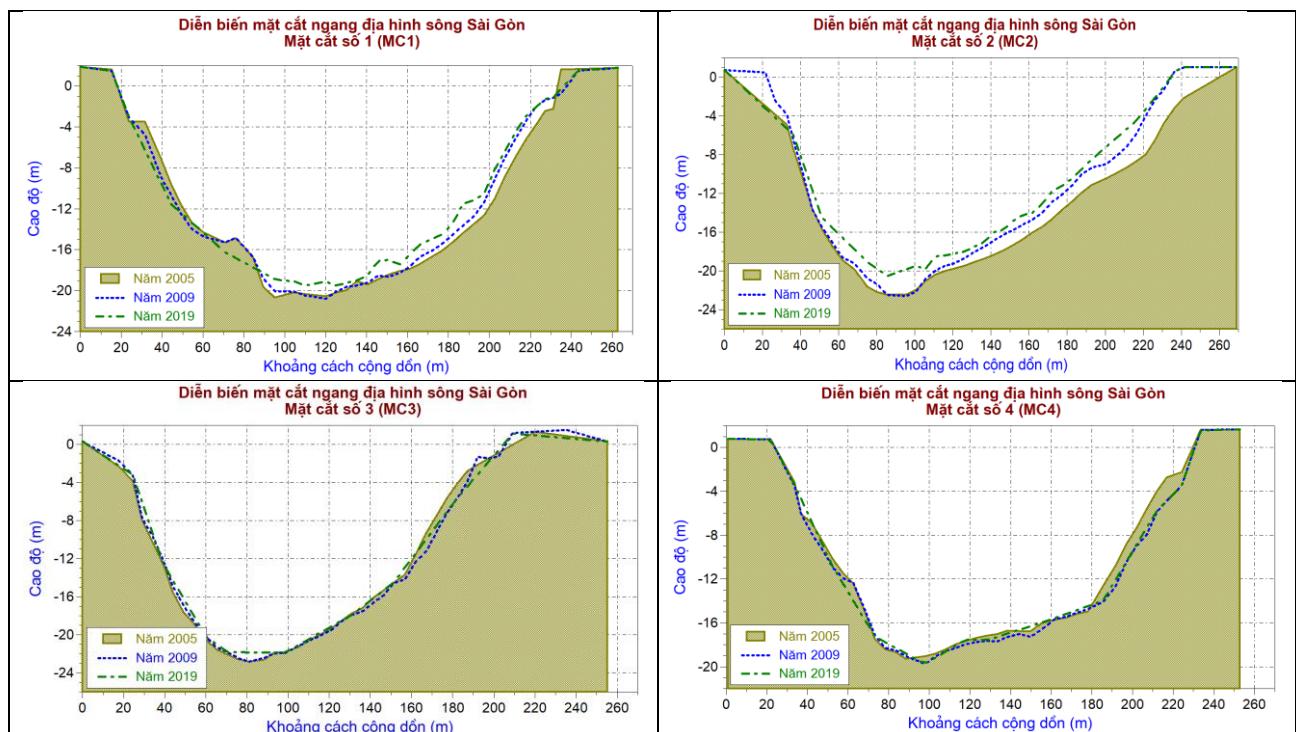
2. Trên sông Sài Gòn.

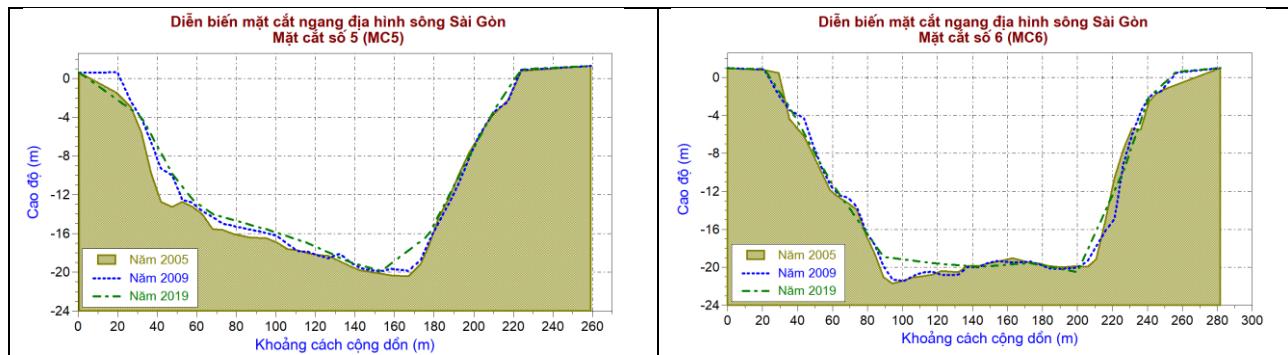
Vị trí các mặt cắt ngang khu vực nghiên cứu được sử dụng để phân tích diễn biến đáy sông chỉ ra trên hình vẽ sau:



Hình 3. 2: Vị trí các mặt cắt vùng hạ du hệ thống sông Sài Gòn khu vực nghiên cứu

Thay đổi địa hình đáy sông được thu thập từ nguồn tài liệu đề tài KC08.29 và theo tài liệu đo đạc khảo sát năm 2005, 2009, 2019 và các nguồn tài liệu tham khảo từ các đề tài, dự án khu vực nghiên cứu. Kết quả chi tiết các mặt cắt tính toán được chỉ ra trong các hình vẽ sau:





Nhận xét:

Khu vực thượng lưu cầu Bình Phước: Phía bờ tả thuộc xã Vĩnh Phú huyện Thuận An tỉnh Bình Dương, phía bờ hữu thuộc xã An Phú Đông quận 12. Lòng sông khu vực này hầu như không biến động nhiều từ năm 2005 đến nay, khu vực rạch Cầu Mới tuyến lạch sâu lệch phia bờ hữu, bờ sông thấp, lòng và bờ sông không biến động nhiều. Khu vực nhà máy Aone mặt cắt có dạng hình chữ U, mái bờ hữu khá dốc $m= 1.8 \div 2$, nguy cơ sạt lở cao. Lòng sông không biến động tuy nhiên hai bên bờ đều có sạt lở.

Khu vực hạ lưu cầu Bình Phước. Phía bờ tả thuộc ấp Bình Phước 2 và 3 phường Hiệp Bình Phước quận Thủ Đức. Phía bờ hữu thuộc khu vực xã An Phú Đông quận 12. Hai bên bờ là các nhà máy đay, nhà máy mỳ ăn liền A.one, khu biệt thự An Phú Đông và khu du lịch Sài Gòn Resort. Tại khu vực này có tường kè bảo vệ nên ổn định.

Sông Sài Gòn khu vực cầu Bình Phước là đoạn sông cong uốn khúc với đỉnh cong tại cầu Bình Phước và tại ấp Bình Phước 3 thuộc phường Hiệp Bình Phước quận Thủ Đức. Các mặt cắt cho thấy lạch sâu thường ở về phía bờ lõm, kèm theo mái bờ sông dốc hơn so với bờ đối diện. Chiều rộng lòng khá đều nhau từ 200m đến 220m, cao trình đáy sông $-18m \div -22m$.

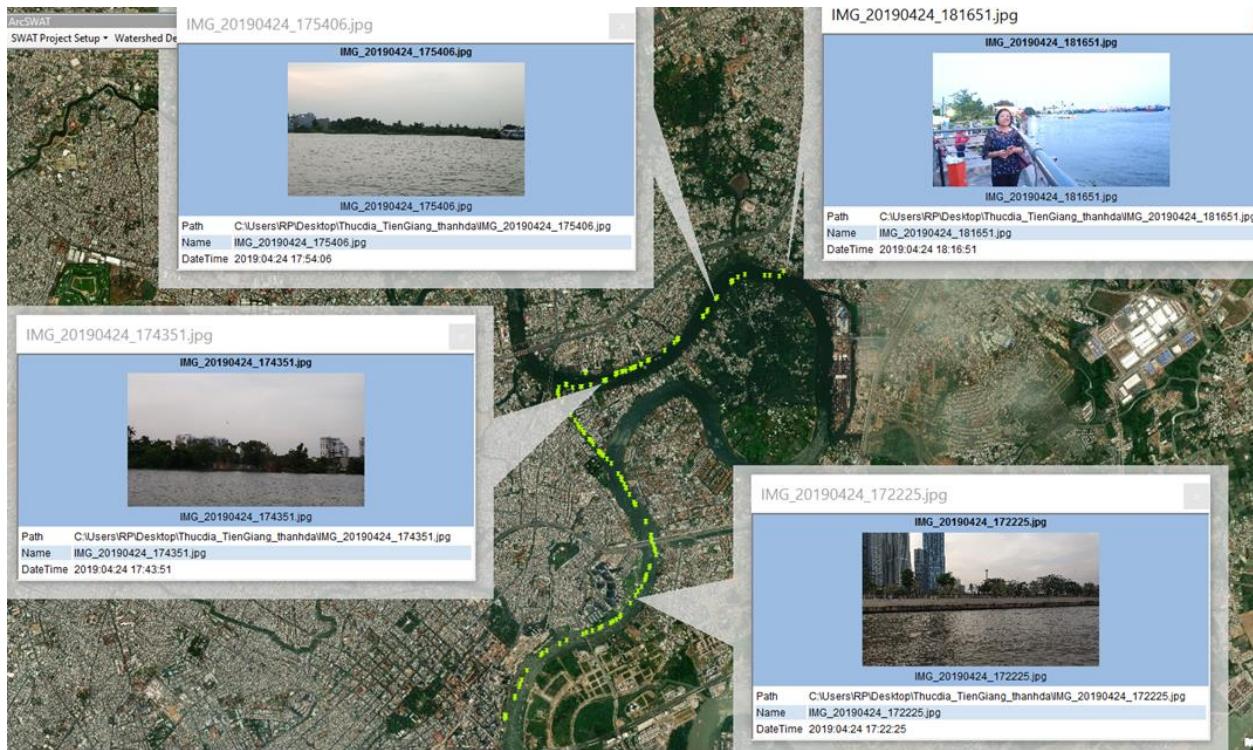
Đoạn sông Sài Gòn khu vực Thanh Đa khu vực phường 27 và 28 thuộc đoạn sông có mức độ sạt lở bờ đặc biệt nguy hiểm. Tại những vị trí sạt lở mạnh trước đây là khu vực nhà Thờ Fatima đến nay đã xây dựng kè bờ kiên cố và không còn sạt lở nữa. Tuy nhiên một số vị trí vẫn bị sạt lở là bờ lõm sông cong nhưng không có dân cư tập trung ven sông thì có cắm mốc cảnh báo còn hầu hết đoạn bờ dân cư sinh sống đều có kè tạm gia cố bờ giảm sạt lở.

4.2.2. Đánh giá diễn biến, sạt lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai theo điều tra thực địa, tham vấn cộng đồng.

- Điều tra thực tiễn tại hiện trường khu vực dự án đánh giá sơ bộ tình hình ngập lụt, sạt lở bờ sông.

- Phỏng vấn thu thập thông tin vào phiếu điều tra, phỏng vấn trực tiếp với các hộ dân cư trong phạm vi dự án, thượng lưu và hạ lưu khu vực dự án, trao đổi thông tin và ghi nhận những ý kiến cá nhân vào mẫu phiếu điều tra thông tin về dự án. Mẫu phiếu điều tra dự án được xây dựng trên Thông tư số 12/2014/TT-BTNMT ngày 17 tháng 02 năm 2014 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.

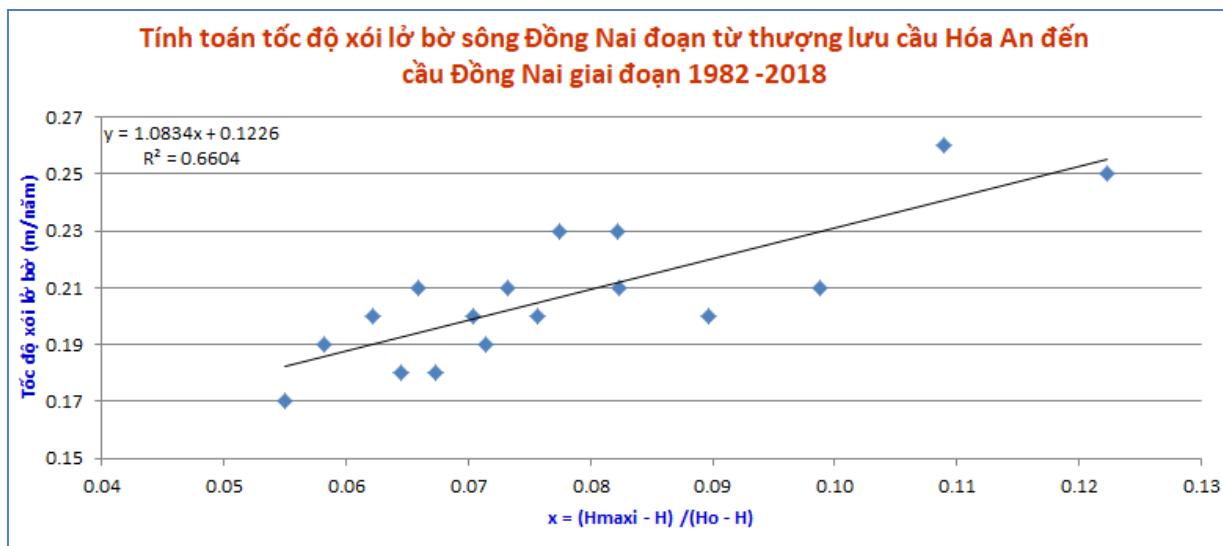
Phạm vi điều tra, tham vấn: Điều tra dọc sông Đồng Nai khu vực Bình Dương, Đồng Nai và sông Sài Gòn khu vực bán đảo Thanh Đa.



Hình: Phỏng vấn các hộ gia đình về tình hình sạt lở bờ sông

Chương 4. 4.3. Nghiên cứu tính toán tốc độ sạt lở bờ sông theo phương pháp kinh nghiệm

Dựa vào tài liệu thực đo về địa hình, địa chất, thủy văn từ 1997 đến 2019, kế thừa kết quả của các đề tài, dự án trước đây và kết quả điều tra dân gian, khảo sát hiện trạng bờ sông bị sạt lở trên phạm vi vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai, trên cơ sở phân tích thế sông, dòng nước, hình dạng sông, các nguyên nhân gây nên sạt lở và đã tính toán tốc độ sạt lở bờ bằng công thức kinh nghiệm Popov cho các đoạn sông thẳng, nơi có dòng chủ lưu vận tốc lớn ép sát bờ và đoạn sông cong nơi có cù lao phân lạch sử dụng công thức Ibadzade. Kết quả tính toán như sau:



Hình: Kết quả tính toán tốc độ xói lở bờ sông Đồng Nai đoạn từ thượng lưu cầu Hóa An đến cầu Đồng Nai giai đoạn 1982-2018.

Chương 5. 4.4. Đánh giá độ ổn định lòng dãy đoạn sông vùng hạ du sông Đồng Nai

Dưới tác động của dòng lũ đạt tới lưu lượng tạo lòng thì lòng dãy của sông sẽ biến đổi theo chiều ngang lẫn chiều dọc sông. Do đó, vấn đề dự báo sự biến dạng lòng dãy về thực chất là nghiên cứu quan hệ thủy văn - hình thái của sông. Cụ thể là ứng với lưu lượng tạo lòng nhất định lòng dãy sông theo chiều ngang cũng như chiều dọc có thể ổn định hoặc không ổn định và được đặc trưng bằng chỉ số ổn định tương ứng S_l , S_s và hệ số quan hệ hình dạng sông (k) như sau:

- Quan hệ hình dạng sông (k): Là quan hệ hình thái giữa chiều rộng trung bình (B) và chiều sâu trung bình (h) của sông ứng với Q_{TL} . Hệ số k càng lớn thì mức độ chênh lệch giữa chiều rộng và chiều sâu càng tăng, vì vậy mặt cắt ngang của sông càng không ổn định. Quan hệ này được xác định theo công thức của Viện nghiên cứu thủy văn Liên Xô: $k = \sqrt{B/h}$.

- Hệ số ổn định theo chiều dọc (φ'_h): Độ ổn định theo chiều dọc sông được quyết định bởi tỷ số giữa sức cản bùn cát chống lại tác dụng của dòng chảy và thay lưu tốc trung bình bằng lưu tốc đáy trong công thức tính áp lực thủy động của dòng nước. Nghĩa là, khi hệ số ổn định chiều dọc lớn thì tốc độ dòng nước nhỏ và chuyển động của bùn cát yếu. Hệ số ổn định theo chiều dọc càng nhỏ thì đáy sông càng kém ổn định (xói sâu xảy ra) và được xác định theo công thức của N.I.Makaveev : $\varphi'_h = \frac{d_{50}}{hJ_0}$

- Hệ số ổn định theo chiều ngang (S_s): Dòng sông có ổn định hay không là do tác dụng của dòng nước đối với bùn cát tạo ra lòng sông và do cấu trúc bờ quyết định. Nếu động năng dòng nước mạnh, thành phần bùn cát mịn thì lòng sông không ổn định và ngược lại. Hệ số ổn định theo chiều ngang càng nhỏ thì bờ sông càng ổn định (ít bị xói lở) và được xác định theo

công thức của Antunin: $\varphi_B = \frac{BI^{0.2}}{Q_{TL}^{0.5}}$

Bảng 3.12: Kết quả tính toán các chỉ số quan hệ hình thái sông

Mặt cắt tính toán		Sông	Hệ số quan hệ hình dạng $k=\sqrt{B/h}$	Hệ số ổn định theo chiều ngang				Hệ số ổn định theo chiều dọc			
Ký hiệu	Vị trí			Bè rộng sông B(m)	Lưu lượng tạo lòng Q_{TL} m ³ /s	Độ dốc trung bình J.10-4	Hệ số ổn định ngang Ss	Đường kính hạt đất d50.10-3(m)	Độ sâu bình quân h (m)	Độ dốc đáy sông J_0	Hệ số ổn định theo chiều dọc
Mặt cắt 1	Đoạn xã Dầu Tiếng	sông Sài Gòn	1.30	100	37.77	0.537	3.61	0.00009	7.72	0.0000944	0.247
Mặt cắt 2	khu vực nhà thờ Fatima, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	0.77	235	195.31	0.175	2.98	0.00032	19.83	0.0069649	0.005
Mặt cắt 3	khu phố 1, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	0.84	230	187.40	0.169	2.96	0.00025	17.99	0.0029492	0.009
Mặt cắt 4	ngã ba sông Sài Gòn - thượng lưu sông Thanh Đa đến xưởng cơ khí Tiền Phong	sông Sài Gòn	0.77	225	179.65	0.000	0.86	0.00015	19.52	0.0003590	0.043
Mặt cắt 5	khu vực kí túc xá Đại học nghệ thuật, phường Hiệp Bình Chánh	sông Sài Gòn	0.75	255	228.53	0.008	1.60	0.00030	21.28	0.0076420	0.004
Mặt cắt 6	Từ xưởng cơ khí Tiền Phong đến ngã ba rạch Chùa	sông Sài Gòn	0.84	250	219.99	0.004	1.40	0.00033	18.89	0.0040203	0.009
Mặt cắt 7	Rạch Chùa đến ngã ba sông Sài Gòn - hạ lưu kênh Thanh Đa	sông Sài Gòn	0.80	250	219.99	0.002	1.20	0.00055	19.78	0.0017998	0.031
Mặt cắt 8	nha 16/5 đến 16/13 Nguyễn Văn Hường, phường Thảo Điền	sông Sài Gòn	1.00	270	255.08	0.006	1.53	0.00001	16.45	0.0060367	0.000
Mặt cắt 9	Sông Sài Gòn, phường Bình An	sông Sài Gòn	0.82	270	255.08	0.122	2.79	0.00041	20.13	0.0004496	0.091
Mặt cắt 10	Khu vực xã Thanh An	sông Sài Gòn	1.53	110	45.37	0.098	2.58	0.00010	6.85	0.0000435	0.638
Mặt cắt 11	Khu vực xã Thanh Tuyền	sông Sài Gòn	1.05	115	49.42	0.000	0.78	0.00055	10.17	0.0002530	0.427
Mặt cắt 12	Khu vực xã An Tây	sông Sài Gòn	0.95	130	62.56	0.007	1.55	0.00035	11.98	0.0001154	0.506
Mặt cắt 13	Khu vực xã Phú An	sông Sài Gòn	0.75	140	72.14	0.000	0.84	0.00052	15.72	0.0003457	0.191
Mặt cắt 14	Khu quy hoạch HUD thuộc MỸ Hảo 2, phường Chánh MỸ	sông Sài Gòn	0.65	145	77.18	0.267	3.18	0.00000	18.57	0.0000089	0.036
Mặt cắt 15	Thuộc quy hoạch Ecovillas , phường Tương Bình Hiệp	sông Sài Gòn	0.73	180	116.97	0.168	2.93	0.00130	18.33	0.0005298	0.268
Mặt cắt 16	khu vực công ty may Sài Gòn 3, phường Hiệp Bình Phước	sông Sài Gòn	0.69	205	150.20	0.048	2.29	0.00036	20.64	0.0072115	0.005
Mặt cắt 17	Cuối đường số 7, khu phố 5, phường hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức	sông Sài Gòn	0.67	200	143.24	0.043	2.23	0.00037	21.18	0.0004783	0.073
Mặt cắt 18	xã Lạc An, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	0.96	170	104.79	0.052	2.31	0.00003	13.53	0.0004255	0.010
Mặt cắt 19	xã Thường Tân, Tân Uyên, Bình	sông Đồng	1.16	190	129.78	0.070	2.46	0.00081	11.92	0.0010232	0.133

Mặt cắt tính toán		Sông	Hệ số quan hệ hình dạng $k=\sqrt{B/h}$	Hệ số ổn định theo chiều ngang				Hệ số ổn định theo chiều dọc			
Ký hiệu	Vị trí			Bè rộng sông B(m)	Lưu lượng tạo lòng Q_{TL} m ³ /s	Độ dốc trung bình J.10-4	Hệ số ổn định ngang S _s	Đường kính hạt đất d50.10-3(m)	Độ sâu bình quân h (m)	Độ dốc đáy sông J ₀	Hệ số ổn định theo chiều dọc
	Dương	Nai									
Mặt cắt 20	Xã Tân Mỹ, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	1.05	230	187.40	0.053	2.35	0.00003	14.44	0.0026021	0.002
Mặt cắt 21	Thạnh Phước, Thạnh Hội và thị trấn Uyên Hưng, Tân Uyên, Bình Dương	sông Đồng Nai	0.90	120	53.63	0.015	1.77	0.00075	12.20	0.0006581	0.187
Mặt cắt 22	xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	sông Đồng Nai	1.25	180	116.97	0.032	2.10	0.00070	10.74	0.0004458	0.292
Mặt cắt 23	xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	sông Đồng Nai	1.03	220	172.05	0.053	2.34	0.00045	14.44	0.0026021	0.024
Mặt cắt 24	Chợ Tân Hạnh, xã Tân Hạnh, tp.Biên Hòa, Đồng Nai	sông Đồng Nai	1.24	200	143.24	0.076	2.50	0.00015	11.41	0.0001778	0.148
Mặt cắt 25	Sông Đồng Nai bờ cù lao Phú	sông Đồng Nai	1.42	290	292.66	0.034	2.16	0.00008	11.96	0.0015255	0.009
Mặt cắt 26	thượng và hạ lưu cầu Giồng Ông Tố 1, phường An Phú	Rạch Giồng Ông Tố	1.27	40	6.49	0.073	2.34	0.00000	4.97	0.0003488	0.002
Mặt cắt 27	thượng và hạ lưu cầu Giồng Ông Tố 1, P.Bình Trung Tây	Rạch Giồng Ông Tố	1.27	40	6.49	0.073	2.34	0.00032	4.97	0.0003488	0.369
Mặt cắt 28	Trường THPT Giồng Ông Tố, phường Bình Trung Tây, quận 2	Rạch Giồng Ông Tố	2.05	75	21.72	0.182	2.87	0.00065	4.23	0.0018182	0.169
Mặt cắt 29	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiển	Rạch Ông Lớn 2	1.01	90	30.84	0.133	2.72	0.00049	9.40	0.0133333	0.008
Mặt cắt 30	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiển	Rạch Ông Lớn 2	1.33	85	27.63	0.143	2.75	0.00046	6.91	0.0142857	0.009
Mặt cắt 31	Rạch Ông Lớn 2, xã Phước Kiển	Rạch Ông Lớn 2	1.91	95	34.22	0.100	2.57	0.00028	5.09	0.0100000	0.011
Mặt cắt 32	Kênh Xáng Lý Văn Mạnh, xã Tân Nhựt	Kênh Xáng Lý Văn Mạnh	1.55	40	6.49	0.100	2.49	0.00006	4.08	0.0100000	0.003
Mặt cắt 33	ngã ba kênh Cây Khô - Tắc Bến Rô	Kênh Cây Khô	1.39	50	9.96	0.100	2.51	0.00005	5.10	0.0010000	0.020
Mặt cắt 34	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ	0.66	100	37.77	0.150	2.80	0.00170	15.24	0.0500000	0.004
Mặt cắt 35	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng - S. Kinh Lộ	0.62	100	37.77	0.150	2.80	0.00000	16.09	0.0000500	0.005
Mặt cắt 36	Ngã 3 Kinh Lộ đến ngã Tắc	Rạch Giồng-	1.18	130	62.56	0.012	1.70	0.00000	9.69	0.0000445	0.009

Mặt cắt tính toán		Sông	Hệ số quan hệ hình dạng $k=\sqrt{B/h}$	Hệ số ổn định theo chiều ngang				Hệ số ổn định theo chiều dọc			
Ký hiệu	Vị trí			Bè rộng sông B(m)	Lưu lượng tạo lòng Q_{TL} m ³ /s	Độ dốc trung bình J.10-4	Hệ số ổn định ngang S _s	Đường kính hạt đất d50.10-3(m)	Độ sâu bình quân h (m)	Độ dốc đáy sông J ₀	Hệ số ổn định theo chiều dọc
	Mương Lớn, xã Hiệp Phước	S. Kinh Lộ									
Mặt cắt 37	ngã 3 Kinh Lộ - Tắc Mương Lớn, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng-S. Kinh Lộ	1.21	135	67.27	0.013	1.73	0.00000	9.64	0.0000550	0.008
Mặt cắt 38	áp 3, xã Hiệp Phước	Rạch Giồng	1.05	90	30.84	0.032	2.04	0.00000	9.00	0.0003500	0.003
Mặt cắt 39	Lê Văn Lương, Nhà Bè	Sông phước Kiêng	1.02	120	53.63	0.034	2.09	0.00002	10.78	0.0002670	0.013
Mặt cắt 40	Sông Phước Kiêng, cầu Long Kiến	Sông Phước Kiêng	0.71	110	45.37	0.120	2.68	0.00049	14.68	0.0052000	0.013
Mặt cắt 41	Huỳnh Tất Phát, Phú Mỹ, Nhà Bè	Rạch Tôm	0.49	61	14.60	0.123	2.64	0.00210	15.99	0.0320000	0.008
Mặt cắt 42	tổ 8, ấp 3, xã Nhơn Đức	Rạch Tôm	0.58	65	16.50	0.014	1.72	0.00036	13.99	0.0026000	0.020
Mặt cắt 43	Sông Mương Chuối, xã Nhơn Đức	Sông Mương Chuối	2.06	190	129.78	0.112	2.70	0.00060	6.70	0.0162000	0.011
Mặt cắt 44	Khu vực Trường cao đẳng công nghệ và quản trị doanh nghiệp, phường Tân Phú	Rạch Địa-Rạch Roi-sông Phú Xuân	0.69	60	14.14	0.024	1.90	0.00011	11.20	0.0023500	0.008
Mặt cắt 45	tổ 12, ấp 2, xã Long Thới	Rạch Dơi - sông Kinh	0.66	65	16.50	0.054	2.24	0.00000	12.30	0.0000561	0.006
Mặt cắt 46	Ngã ba Tắc Sông Chà giao với sông Soài Rạp	Tắc Sông Chà	0.83	120	53.63	0.026	1.98	0.00000	13.20	0.0000645	0.009
Mặt cắt 47	tổ 2, ấp An Hoà, xã An Thới Đông, huyện Càm Giờ	Tắc Ông Nghĩa	2.22	100	37.77	0.038	2.12	0.00000	4.50	0.0000894	0.010
Mặt cắt 48	Kênh Bà Tông xã An Thới Đông	Kênh Bà Tông	1.12	65	16.50	0.062	2.31	0.00000	7.20	0.0001520	0.005
Mặt cắt 49	Kênh Bà Tông xã An Thới Đông	Kênh Bà Tông	1.21	70	19.02	0.033	2.03	0.00023	6.90	0.0186000	0.004
Mặt cắt 50	kè áp An Hoà đến ngã 3 sông Soài Rạp, xã An Thới Đông, Huyện Càm Giờ	Kênh Bà Tông	1.19	65	16.50	0.001	1.05	0.00018	6.80	0.0256000	0.002
Mặt cắt 51	phía sau trụ sở UBND xã Quý Đức	Sông Càn Giuộc	1.25	130	62.56	0.125	2.72	0.00015	9.16	0.0125000	0.003
Mặt cắt 52	Sông Chợ Đệm - Bến Lức, xã Tân Nhứt	Sông Chợ Đệm - Bến Lức	1.27	45	8.13	0.090	2.45	0.00004	5.30	0.0031600	0.005
Mặt cắt 53	Rạch Xóm Củi, xã Bình Hưng	Rạch Xóm	0.90	55	11.96	0.034	2.03	0.00010	8.20	0.0089100	0.003

Mặt cắt tính toán		Sông	Hệ số quan hệ hình dạng $k=\sqrt{B/h}$	Hệ số ổn định theo chiều ngang				Hệ số ổn định theo chiều dọc			
Ký hiệu	Vị trí			Bè rộng sông B(m)	Lưu lượng tạo lòng Q_{TL} m ³ /s	Độ dốc trung bình J.10 ⁻⁴	Hệ số ổn định ngang S _s	Đường kính hạt đất d50.10 ⁻³ (m)	Độ sâu bình quân h (m)	Độ dốc đáy sông J ₀	Hệ số ổn định theo chiều dọc
	Cùi										
Mặt cắt 54	R. Tắc Mương Lớn, xã Hiệp Phước	R. Tắc Mương Lớn	1.74	120	53.63	0.269	3.17	0.00016	6.30	0.0176000	0.003
Mặt cắt 55	kho 277 - 289, Bến Bình Đông, phường 14	Kênh Tàu Hủ- Lò Gốm	2.16	45	8.13	0.189	2.84	0.00041	3.10	0.0375000	0.007
Mặt cắt 56	Khu vực xã An Thái , Vĩnh Hòa	sông Bé	0.47	75	21.72	0.025	1.93	0.00018	18.56	0.0025000	0.008

Chương 6. 4.5. Đánh giá mức độ sạt lở bờ sông theo phương pháp viễn thám và GIS

4.5.1. Thành lập bình đồ ảnh

Việc nghiên cứu xây dựng quy trình thành lập bản đồ hiện trạng và bản đồ biến động đường bờ trên cơ sở ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS được thực hiện theo mô hình tổng quát được trình bày trong hình vẽ về quy trình thành lập bản đồ hiện trạng và biến động như đã nêu ở trên.

- Xử lý ảnh và độ chính xác của ảnh: Ảnh vệ tinh dạng số đã được hiệu chỉnh, độ cong trái đất và sự thay đổi độ cao quỹ đạo, nắn chỉnh hình học, xử lý sai số gây bởi chênh cao địa hình. Việc nắn chỉnh ảnh vệ tinh về hệ toạ độ VN2000 đã sử dụng 14 điểm không chê ngoại nghiệp GPS với độ chính xác mặt phẳng $Mp < 5\text{cm}$, không chê tăng dày cũng như kết hợp với các điểm địa vật rõ nét có trên bản đồ tỷ lệ 1/2.000 đo đạc năm 2016, 2017, đo bổ sung năm 2018 và trên ảnh (chọn những điểm địa hình, địa vật ít thay đổi: các điểm nút, cầu đường, giao cắt các địa vật hình tuyến ...) làm cơ sở khai báo toạ độ cho ảnh vệ tinh. Độ chính xác của ảnh nắn nằm trong giới hạn sai số cho phép ở tỷ lệ 1:10.000, hoàn toàn có thể đáp ứng cho việc thành lập bình đồ ảnh vệ tinh qua các thời kỳ.

- Kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh được sử dụng nhằm hỗ trợ để tăng độ chính xác trong giải đoán ảnh, qua đó nâng cao hiệu quả của việc sử dụng ảnh vệ tinh. Mục đích của việc tăng cường chất lượng ảnh trong trường hợp này là nhằm nâng cao tính chính xác trong việc đoán đọc điều vẽ các đối tượng đường bờ và đường mép nước. Do vậy sử dụng kỹ thuật lọc cao làm tăng độ nét (high pass) ảnh và lọc tăng cường đường biên (Edge detection).

Quá trình xử lý và thành lập bình đồ ảnh đã được trình bày chi tiết trong Quy trình hiện chỉnh bản đồ địa hình bằng ảnh vệ tinh ban hành theo quyết định số 308/QĐ-TCĐC ngày 25 tháng 07 năm 2002 của Tổng Cục Địa Chính (nay là Bộ Tài nguyên và Môi trường), thông tư 05/2012/TT-BTNMT về hiện chỉnh bản đồ.

Trên các bức ảnh đa phổ (như các ảnh Landsat MSS, TM, ETM+) độ sáng phổ được ghi trên 6 đến 8 kênh (bands) khác nhau. Mỗi pixel được đặc trưng bởi tín hiệu phổ riêng biệt ở băng khác nhau. Phân loại đa phổ là quá trình chiết tách thông tin, xử lý và sắp xếp các pixel theo những tiêu chuẩn phân loại về đối tượng có dấu hiệu phổ tương tự rồi quy định thành các chỉ tiêu dựa trên các dấu hiệu tương tự đó.

Trong các phương pháp xử lý có nhiều thuật toán khác nhau như: phân loại theo khoảng cách gần nhất, phương pháp phân loại hình hộp,... các thuật toán đó được sử dụng để xây dựng các modul xử lý ảnh phân loại ảnh.

Quá trình phân loại được máy tính xử lý ảnh theo yêu cầu của người sử dụng. Yêu cầu của người sử dụng được đưa vào máy thông qua giai đoạn chọn tập mẫu. Sau khi người sử dụng chọn tập mẫu cho các đối tượng cần phân loại máy tính sẽ tự động phân loại và cho kết quả dưới dạng ảnh đã được phân loại. Có hai nhóm phương pháp phân

loại cơ bản là phân loại không kiểm định (Unsupervised) và phân loại có kiểm định (Supervised)

-Phân loại không kiểm định

Với phân loại này phô phản xạ và độ sáng khác nhau của các nhóm pixel trên ảnh và thang độ xám các lớp được phân loại theo kinh nghiệm và được đặt tên một cách không có kiểm tra ngoài thực địa. Thông thường số lượng các lớp được phân chia trong phân loại không có kiểm định nhiều hơn so với phân loại có kiểm định. Sau khi đối chiếu so sánh kỹ, một số lớp gần nhau có thể được điều chỉnh và ghép vào cùng một lớp để cho phù hợp với thực tế.

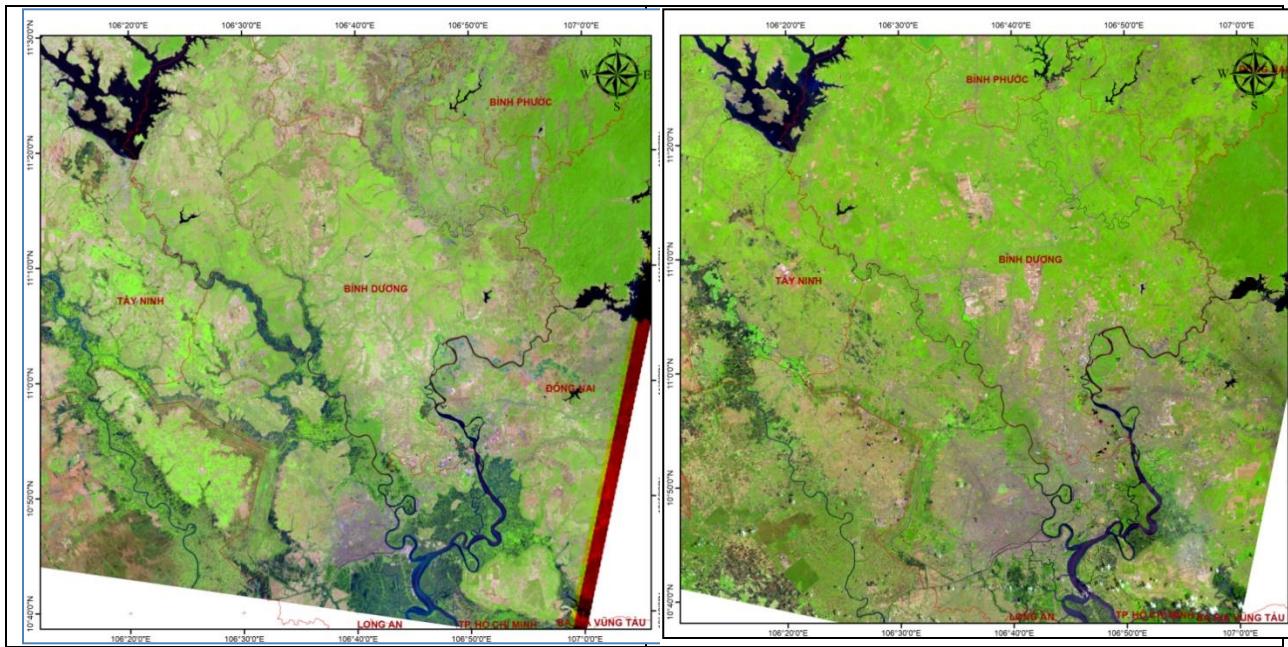
Trong phân loại không kiểm định máy tính yêu cầu cung cấp thông tin về số lượng lớp cần phân loại, độ tập trung của mỗi lớp thông qua độ chênh lệch chuẩn, vị trí tương đối của các lớp trong không gian phô... Sau đó máy tính sẽ tự động tìm và gộp các pixel lại theo yêu cầu của người sử dụng. Phân loại không kiểm định thường chỉ dùng để phân loại sơ bộ trước khi bước vào phân loại chính thức.

- Phân loại có kiểm định.

Phân loại có kiểm định được dùng để phân loại các đối tượng theo yêu cầu của người sử dụng. Trong quá trình phân loại máy tính sẽ yêu cầu một số kiến thức của người sử dụng về khu vực mình cần phân loại. Những kiến thức này có được trên cơ sở khảo sát thực địa, phân tích ảnh máy bay hoặc các tư liệu bản đồ chuyên đề. Các vùng thử nghiệm được lựa chọn và xác định rõ các đặc điểm ngoài tự nhiên của chúng Trên các điểm chìa khoá các pixel được xác định rõ các giá trị phô phản xạ trên ảnh và trên thực địa, bản chất của pixel đó cũng được xác định rõ đồng thời với khi thu nhận thông tin là đối tượng gì.

Dựa vào đặc điểm các pixel ảnh đã được kiểm định ảnh được phân loại theo nguyên tắc tương tự, các lớp được phân ra và đặt tên rõ ràng. Có ba nhóm phân loại có kiểm định là phân loại hình hộp, phân loại đa tâm và phân loại có xác suất cực đại.

Để phân tích đánh giá diễn biến đường bờ khu vực dự án chúng tôi đã xử lý tạo ra 26 mảnh bình đồ ảnh tỷ lệ 1/10.000 cho mỗi thời kỳ từ năm 1990 đến 2018 trong thời kỳ mùa lũ và mùa kiệt. Bình đồ ảnh các thời kỳ từ 1990 - 2018 khu vực dự án được minh họa dưới đây (chi tiết xem trong báo cáo chuyên đề phân tích ảnh viễn thám):



Hình 4. 25: Bình đồ ảnh vệ tinh khu vực dự án chụp năm 1995, năm 2015

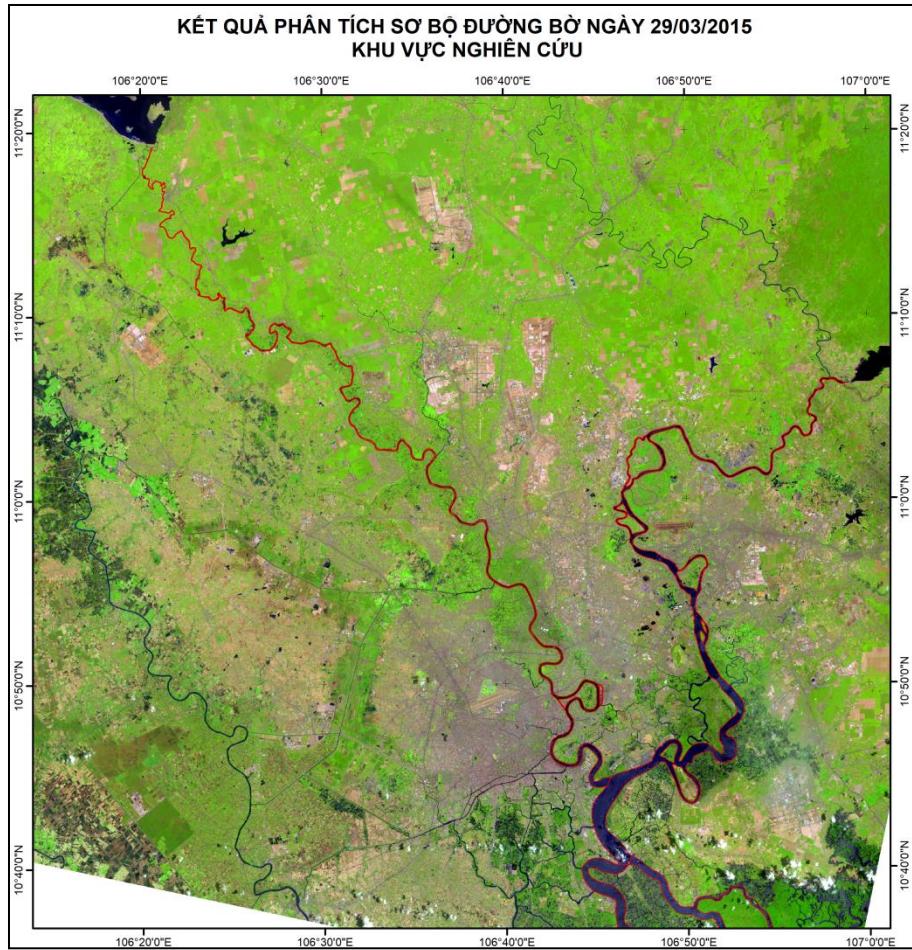
4.5.2. Thành lập bản đồ hiện trạng và diễn biến đường bờ của các thời kỳ bằng ảnh vệ tinh

Kết quả tính toán diễn biến đường bờ được mô phỏng bằng mô-đun DSAS Toolbar trong ArcGIS (11). Việc tính toán các đường bờ theo mùa lũ, mùa khô của từng năm được thực hiện bằng công cụ Landsat Toolbox trong ArcGIS như Bảng 4. Sau khi tính toán đường bờ cho từng năm, các đường bờ này sẽ được hiệu chỉnh lại dựa trên các tổ hợp màu thực RGB và band4 với chỉ thị màu nước là rõ nhất trong các Band ảnh. Kết quả phân tích này cũng đã được xem xét đến yếu tố thủy triều cũng như là các yếu tố sóng ảnh hưởng đến kết quả phân tích đường bờ.

Kết quả tính toán phân tích đường bờ dựa trên phân loại ảnh có kiểm định và không kiểm định. Từ ảnh vệ tinh Landsat 8, Landsat 7 hoặc Landsat 5, các band ảnh được đưa vào xử lý gồm các band 1, band 2, band 3, band 4, band 5, band 7, từ các band này, phần đất và phần nước sẽ được tách ra, từ đó đường bờ sông, bờ biển sẽ được vẽ dựa trên phần tiếp giáp giữa đất và nước.

Sau khi phân tích sơ bộ đường bờ từng năm sẽ được đối chiếu so sánh với ảnh tổ hợp màu thật để đánh giá, kiểm tra độ chính xác của kết quả phân loại ảnh.

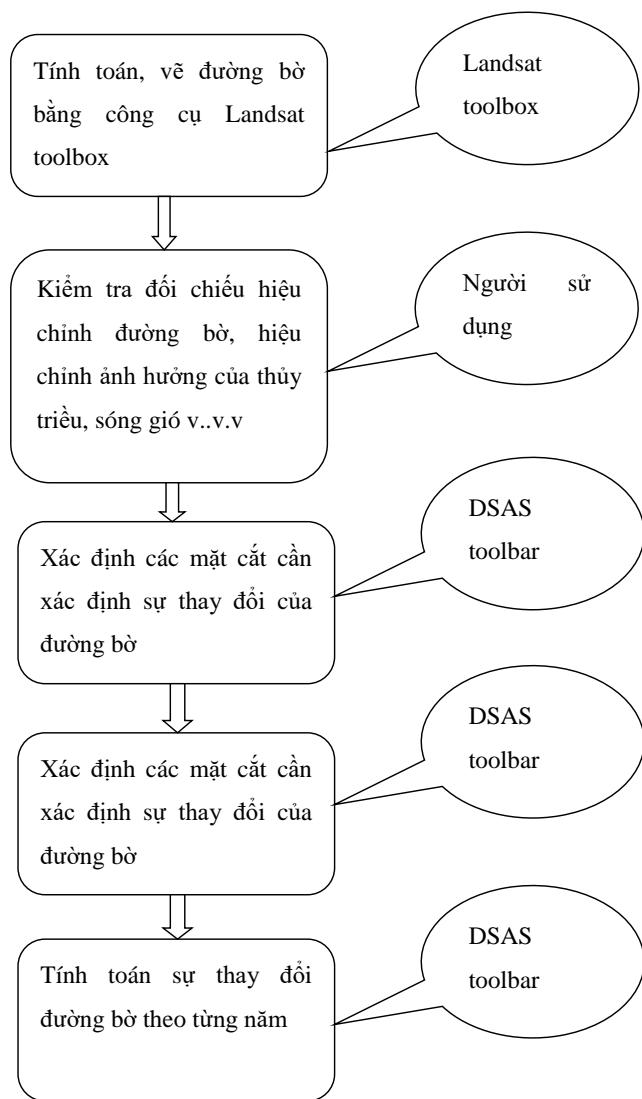
Kết quả phân tích sơ bộ đường bờ minh họa cho năm 2015 thể hiện trong hình vẽ sau (chi tiết xem trong báo cáo chuyên đề phân tích ảnh viễn thám).



Tính toán diễn biến đường bờ

Để tính toán diễn biến đường bờ, sử dụng module DSAS toolbar trong ArcGIS. DSAS (Digital Shoreline Analysis System) là một phần mềm có giao diện thân thiện, tính toán dễ dàng và được áp dụng khá nhiều trên thế giới. Phần mềm này được giới thiệu và download tại địa chỉ <http://csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/dsas>.

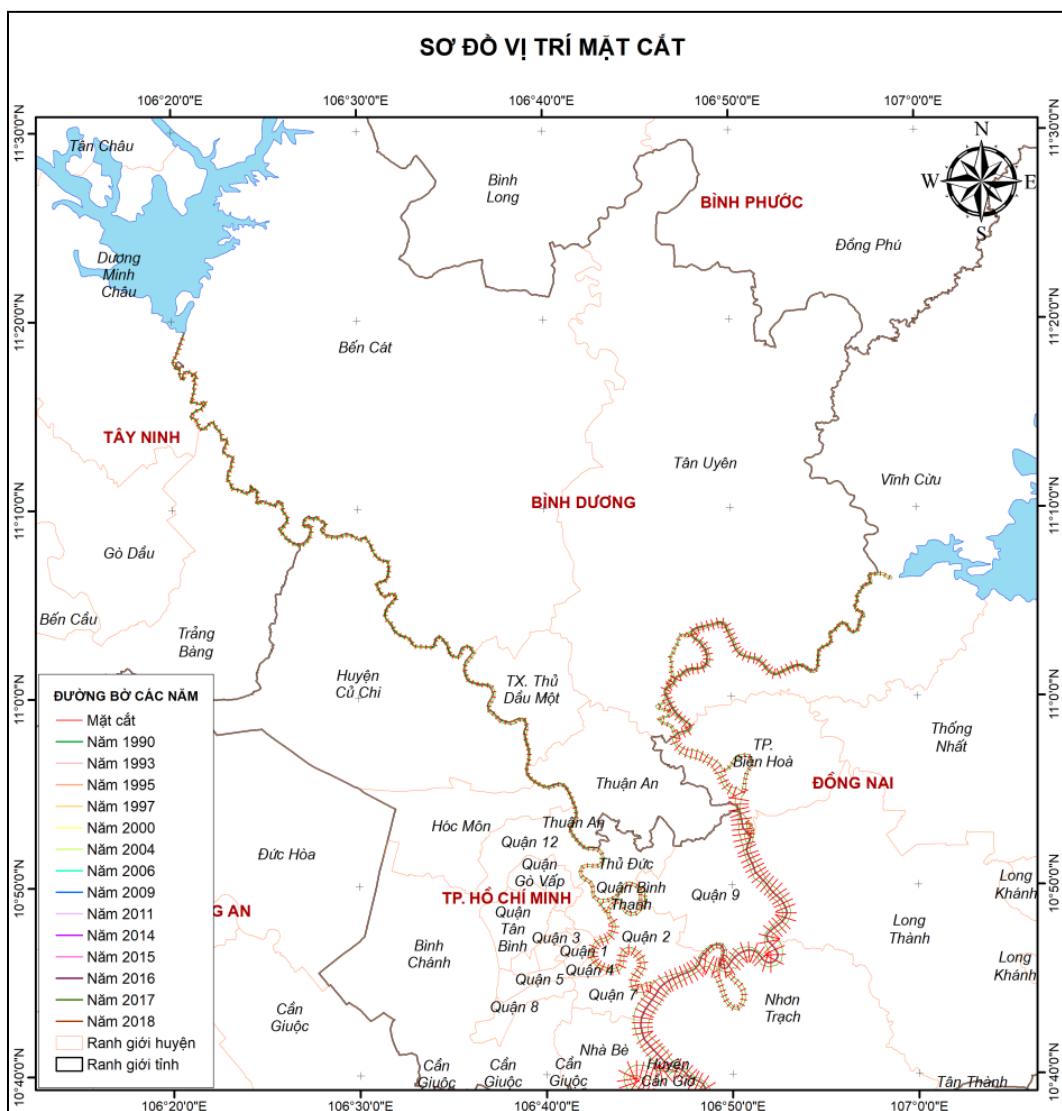
Các bước yêu cầu trong tính toán diễn biến đường bờ với Module DSAS như sau:



Hình 4. 26: Sơ đồ tính toán đường bờ

Việc tính toán các đường bờ theo mùa lũ, mùa khô của từng năm được thực hiện bằng công cụ Landsat Toolbar trong ArcGIS như bảng trên. Sau khi tính toán đường bờ cho từng năm, các đường bờ này sẽ được hiệu chỉnh lại dựa trên các tổ hợp màu thực RGB và band 4 với chỉ thị màu nước là rõ nhất trong các Band ảnh.

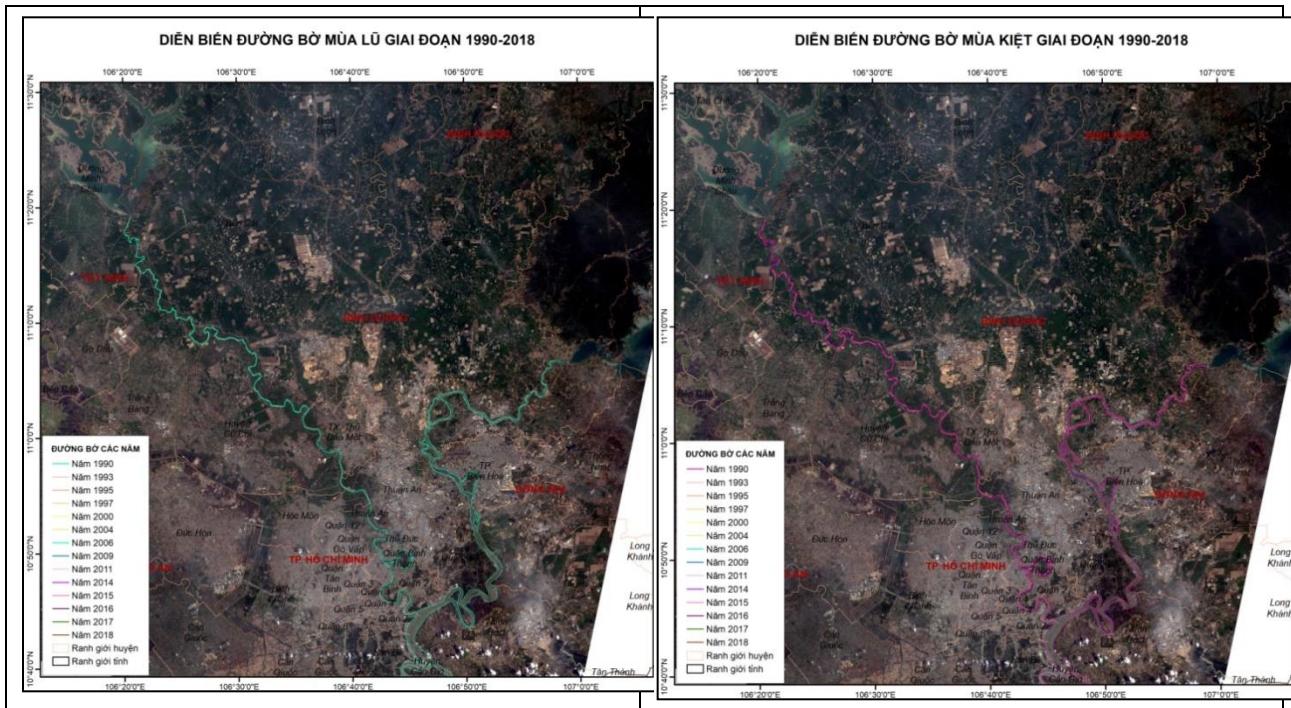
Đối với khu vực nghiên cứu, có thể xem xét diễn biến đường bờ cho cả mùa lũ và mùa kiệt. Để tính toán diễn biến đường bờ, trước tiên sử dụng DSAS để xác định các mặt cắt cần tính toán.



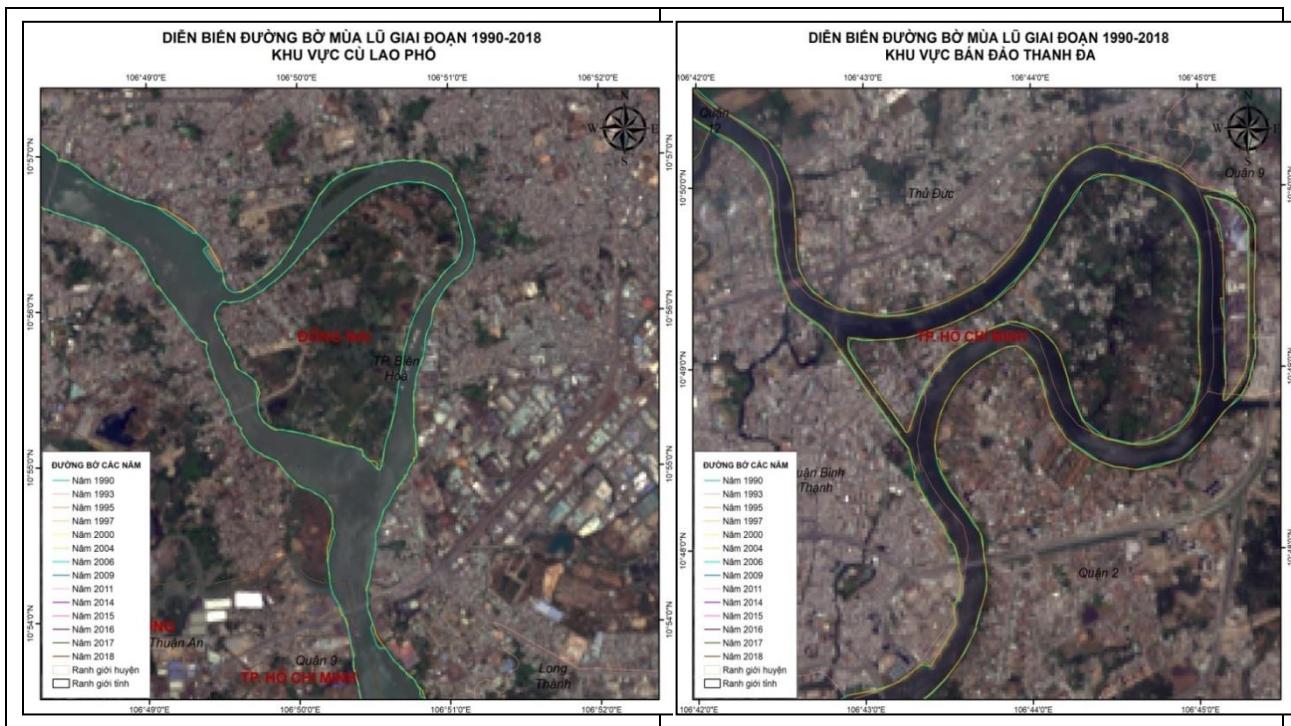
Hình 4. 27: Vị trí các mặt cắt để tính toán diễn biến đường bờ giai đoạn 1990-2018 khu vực nghiên cứu

Sau khi xác định các đường bờ bao gồm đường bờ mùa khô và mùa lũ các năm từ 1990 đến 2018, các đường bờ này được đưa vào mô hình DSAS để tính toán phân tích. Việc xác định mặt cắt tính toán được xác định trong khoảng 200-1000 m, các mặt cắt cách nhau 500 m, ở các vị trí có công trình quan trọng hay các vị trí có khả năng xói, bồi cao thì chia khoảng cách các mặt cắt dày hơn. Các yếu tố như khoảng cách thay đổi lớn nhất cũng được tính toán trong phần mềm này.

Kết quả tính toán diễn biến đường bờ qua các thời kỳ được mô phỏng trong các hình vẽ sau:



Hình 4. 28: Kết quả tính toán đường bờ khu vực nghiên cứu



Hình 4. 29: Kết quả tính toán đường bờ khu vực Cù lao Phố và khu Thanh Đa

Dựa trên bản đồ diễn biến lòng dẫn, tiến hành đánh giá, phân tích và cuối cùng là xác định một số quy luật diễn biến cẩn thiết cho từng khu vực cụ thể phục vụ cho công tác dự báo như: Tốc độ và quy mô xói lở bờ, tốc độ bồi lắng lòng dẫn, tốc độ diễn biến xói bồi khu vực cù lao, tốc độ phát triển và dịch chuyển hố xói, ngưỡng cạn theo không

gian và thời gian... Ước tính quy mô, tốc độ sạt lở bờ và vị trí sạt lở tại khu vực dự án trong giai đoạn từ 1990 đến 2018, được ghi trong bảng sau:

Bảng 4. 10: Ước tính quy mô, tốc độ sạt lở tại khu vực nghiên cứu giai đoạn từ năm 1990-2018

STT	Vị trí khu vực sạt lở	Tuyến bờ sông	Chiều dài sạt lở (m)	Chiều rộng sạt lở sâu vào bờ lớn nhất (m)	Tốc độ sạt lở trung bình (m/năm)
1	xã Lạc An, Tân Uyên, Bình Dương	Bờ phải sông Đồng Nai	100	15	0.535714
2	xã Thường Tân, Tân Uyên, Bình Dương	Bờ phải sông Đồng Nai	100	15	0.535714
3	Xã Tân Mỹ, Tân Uyên, Bình Dương	Bờ phải sông Đồng Nai	100	15	0.535714
4	Thạnh Phước, Thạnh Hội và thị trấn Uyên Hưng, Tân Uyên, Bình Dương	Bờ phải sông Đồng Nai	2000	12	0.428571
5	xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	Bờ Trái sông Đồng Nai	800	10	0.357143
6	xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu (Đồng Nai)	Bờ Trái sông Đồng Nai	1000	15	0.535714
7	Chợ Tân Hạnh, xã Tân Hạnh, tp.Biên Hòa, Đồng Nai	Bờ Trái sông Đồng Nai	25	7	0.25
8	xã Dầu Tiếng, Bến Cát, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	735	30	1.071429
9	khu vực nhà thờ Fatima, phường Hiệp Bình Chánh,	Bờ trái sông Sài Gòn	300	10	0.357143
10	khu phố 1, phường Hiệp Bình Chánh, Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ trái sông Sài Gòn	250	10	0.357143
11	ngã ba sông Sài Gòn - thượng lưu sông Thanh Đa đến xưởng cơ khí Tiền Phong, Phường 23, Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ hữu sông Sài Gòn	2797	10	0.357143
12	khu vực kí túc xá Đại học nghệ thuật, phường Hiệp Bình Chánh, Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ trái sông Sài Gòn	150	5	0.178571
13	Từ xưởng cơ khí Tiền Phong đến ngã ba rạch Chùa	Bờ hữu sông Sài Gòn	4270	10	0.357143
14	Rạch Chùa đến ngã ba sông Sài Gòn - hạ lưu kênh Thanh Đa, phường 28, Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ hữu sông Sài Gòn	2772	10	0.357143
15	nha 16/5 đến 16/13 Nguyễn Văn Hưởng, phường Thảo Điền	Bờ trái sông Sài Gòn	350	10	0.357143
17	xã Thanh An , Bến Cát, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	735	30	1.071429

STT	Vị trí khu vực sạt lở	Tuyến bờ sông	Chiều dài sạt lở (m)	Chiều rộng sạt lở sâu vào bờ lớn nhất (m)	Tốc độ sạt lở trung bình (m/năm)
18	xã Thanh Tuyền, Bến Cát, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	735	30	1.071429
19	xã An Tây, Bến Cát, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	500	10	0.357143
20	xã Phú An, Bến Cát, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	500	10	0.357143
21	Khu quy hoạch HUD thuộc Mỹ Hào 2, phường Chánh Mỹ, Thủ Dầu Một, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	50	15	0.535714
22	Thuộc quy hoạch Ecovillas, phường Tương Bình Hiệp, Thủ Dầu Một, Bình Dương	Bờ trái sông Sài Gòn	6	10	0.357143
23	khu vực công ty may Sài Gòn 3, phường Hiệp Bình Phước, Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ trái sông Sài Gòn	1250	5	0.178571
24	Cuối đường số 7, khu phố 5, phường hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh	Bờ trái sông Sài Gòn	100	40	0.428571

Nhận xét chung:

- Nghiên cứu diễn biến đường bờ đoạn sông dự kiến được xây dựng dự án bằng phương pháp phân tích ảnh viễn thám GIS, trên cơ sở sử dụng nhiều ảnh sau khi xây dựng hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng. Qua đó cho thấy được xu thế diễn biến đường bờ.

- Qua phân tích diễn biến lòng dẫn bằng phương pháp viễn thám và GIS cho thấy xu thế chung về diễn biến lòng dẫn đoạn sông Đồng Nai-Sài Gòn: Khu vực có mức độ diễn biến mạnh nhất là đoạn Cuối đường số 7 với tốc độ sạt lở 1,428571m/năm; khu phố 5, phường hiệp Bình Phước, quận Thủ Đức, tp. Hồ Chí Minh; xã Dầu Tiếng, Bến Cát, Bình Dương; xã Thanh An, Bến Cát, Bình Dương; xã Thanh Tuyền, Bến Cát, Bình Dương với tốc độ sạt lở 1,071429 m/năm.

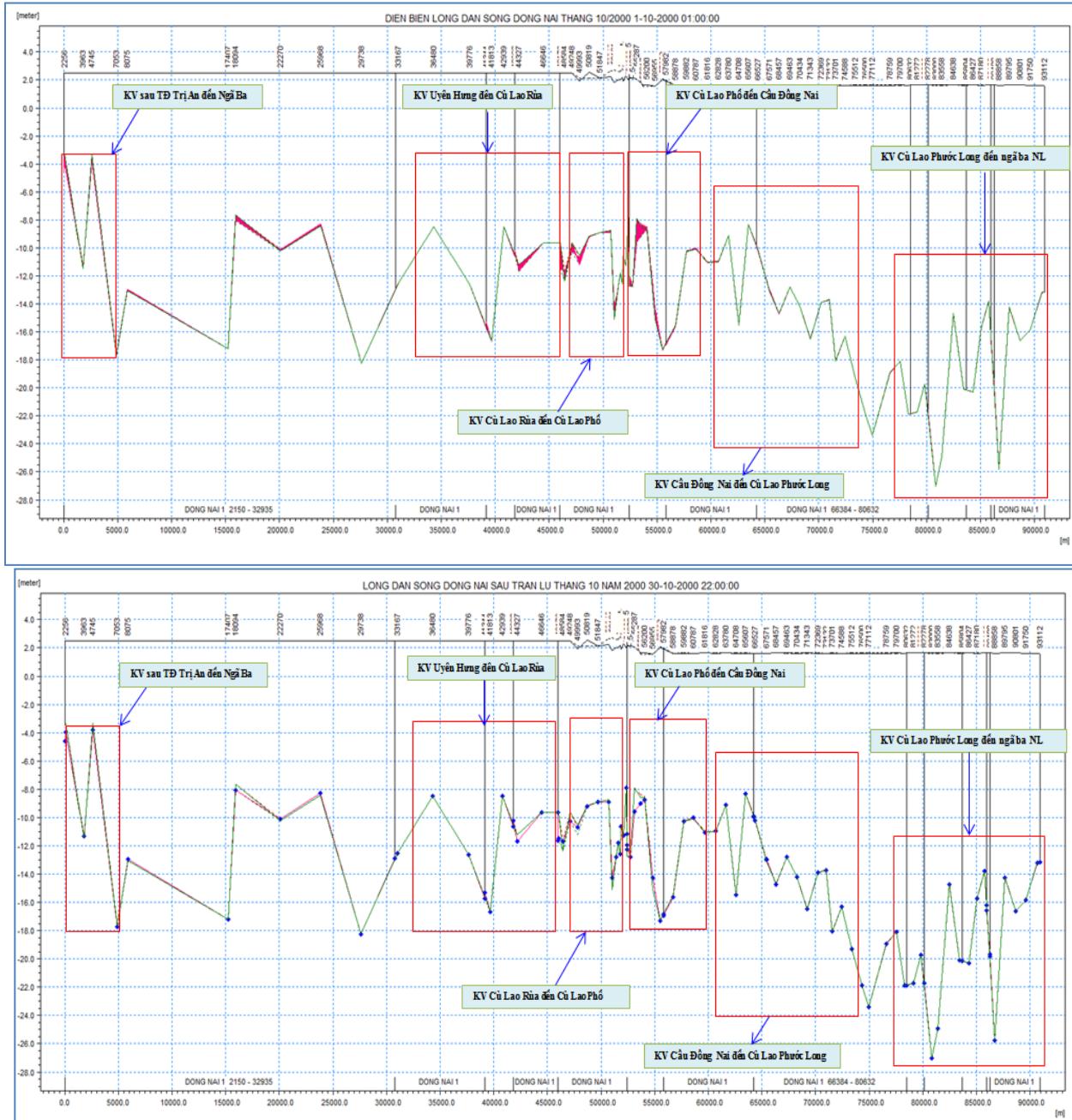
- Do điều kiện sử dụng nguồn ảnh với độ phân giải thấp 15 m -30m và không đồng nhất, vì thế kết quả đảm bảo với độ tin cậy nhất định. Để đánh giá đúng diễn biến thay đổi đoạn sông Đồng Nai khu vực dự án Khu dân cư, dịch vụ và du lịch Cù lao Tân Vạn cần có những ảnh có độ phân giải cao hơn mới có thể xác định được chi tiết hơn với độ phân giải 1m hoặc dưới 1m, điều này trong điều kiện hiện nay là khó khả thi. Vì vậy, cần phải kết hợp với việc sử dụng các phương pháp điều tra thực địa, phương pháp mô hình toán, phương phân tích số liệu thực đo khảo sát địa hình để đánh giá mức độ diễn biến lòng dẫn.

Chương 7. 4.7. Kết quả mô phỏng diễn biến lòng dẫn vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai Sài Gòn

Chương 8. 4.7.1. Kết quả mô phỏng diễn biến lồng dãy theo chiều dọc sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

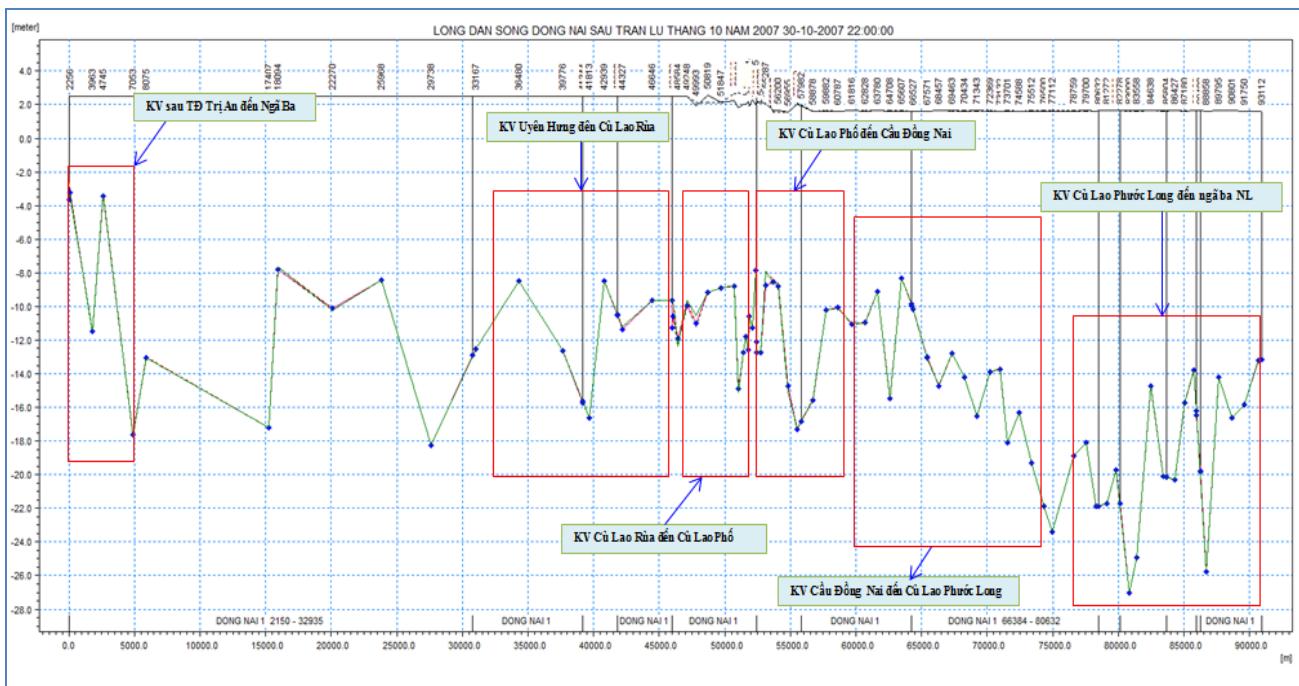
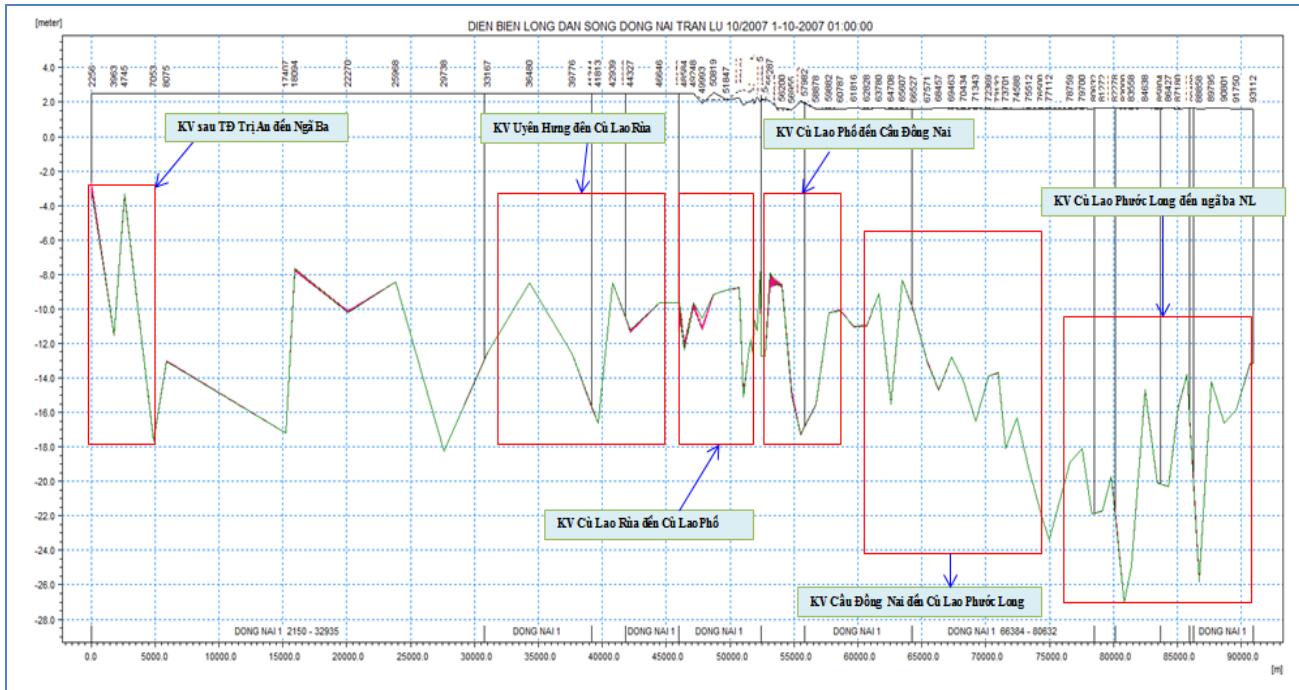
Sử dụng mô hình MIKE11ST để tính toán đánh giá mô phỏng diễn biến lồng dãy theo chiều dọc sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn. Kết quả tính toán dự báo diễn biến lồng dãy dọc sông các sông chính vùng hạ du lưu vực sông Đồng Nai được thể hiện trên các hình vẽ sau. Chi tiết xem thêm phụ lục báo cáo về mức độ bồi lắng.

- Trận lũ tháng 10/2000:



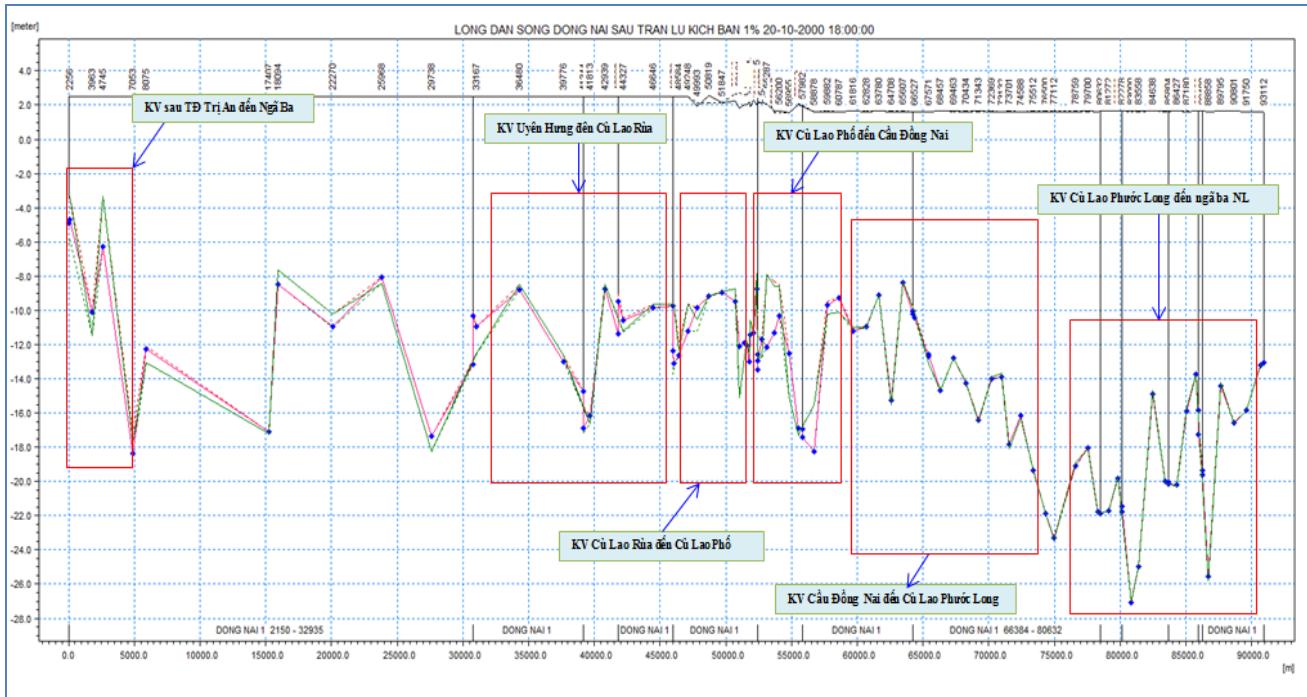
Hình 4. 30: Diễn biến lồng dãy sông Đồng Nai trận lũ tháng 10/2000

-Trận lũ tháng 10/2007



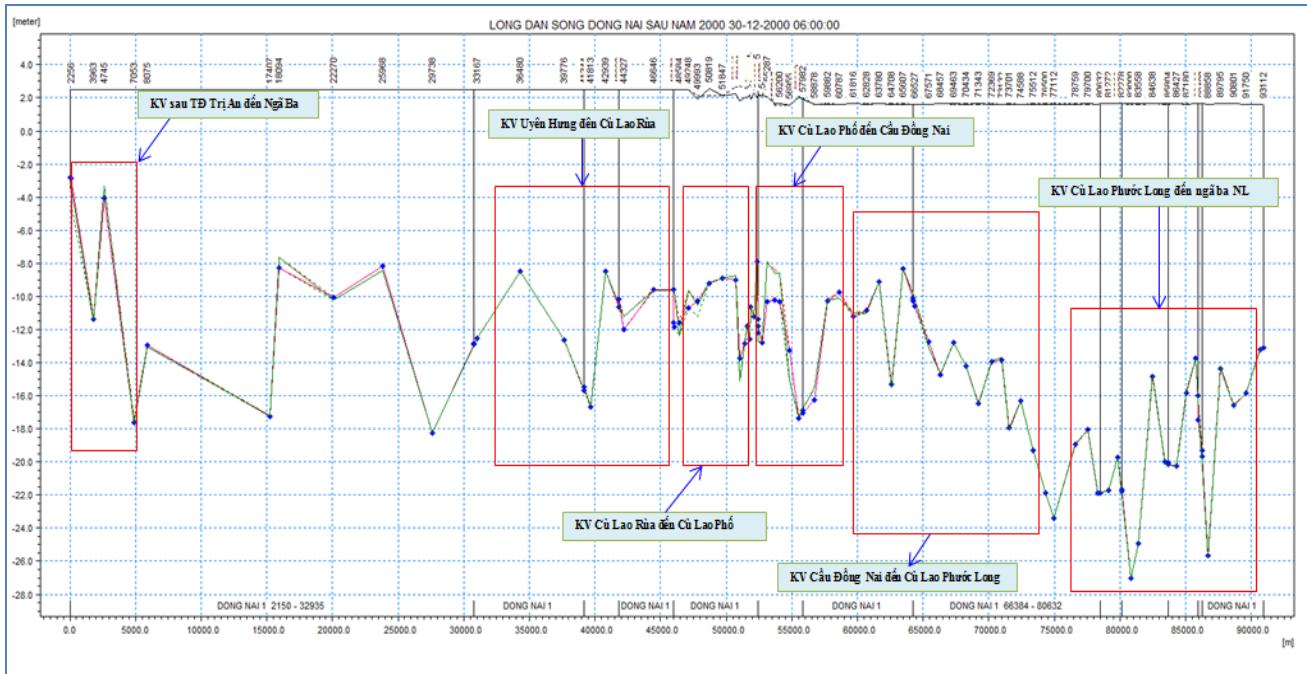
Hình 4. 31: Diẽn bién lòng dãñ sông Đồng Nai træn lũ tháng 10/2007

-Kích bản lũ 1%



Hình 4. 32: Diẽn bién lõng dãñ sông Đồng Nai kich ban lũ 1%

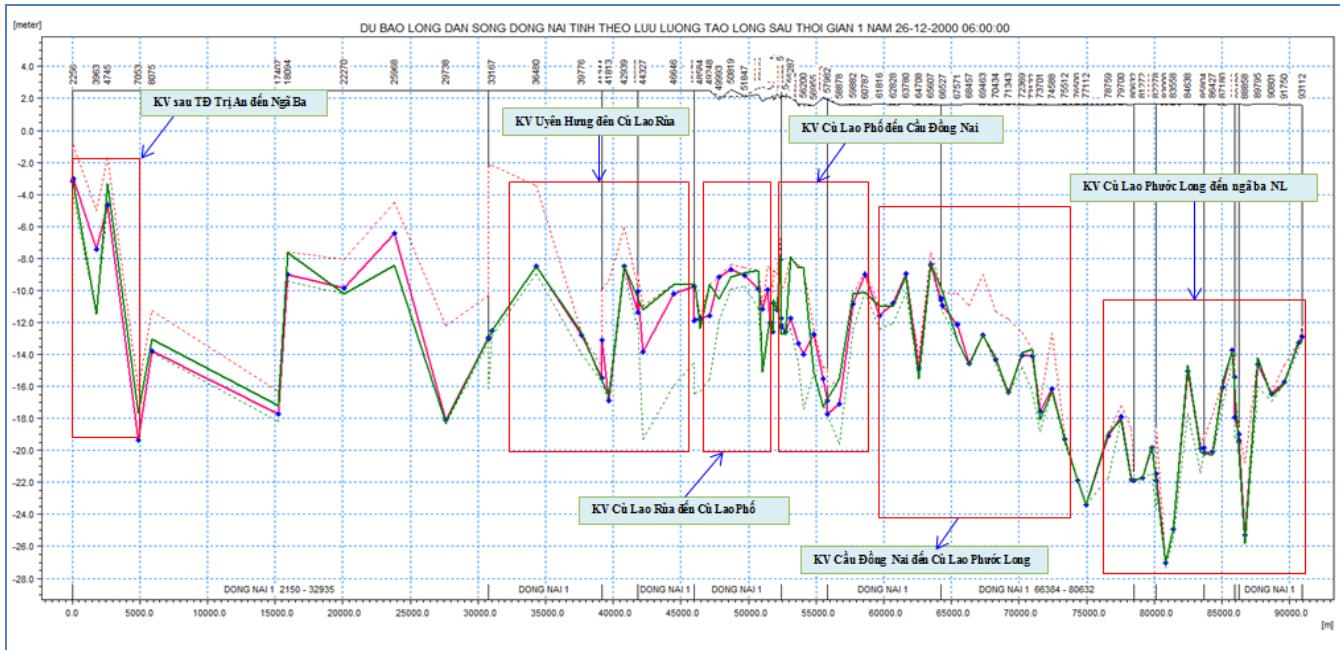
- Cả năm 2000



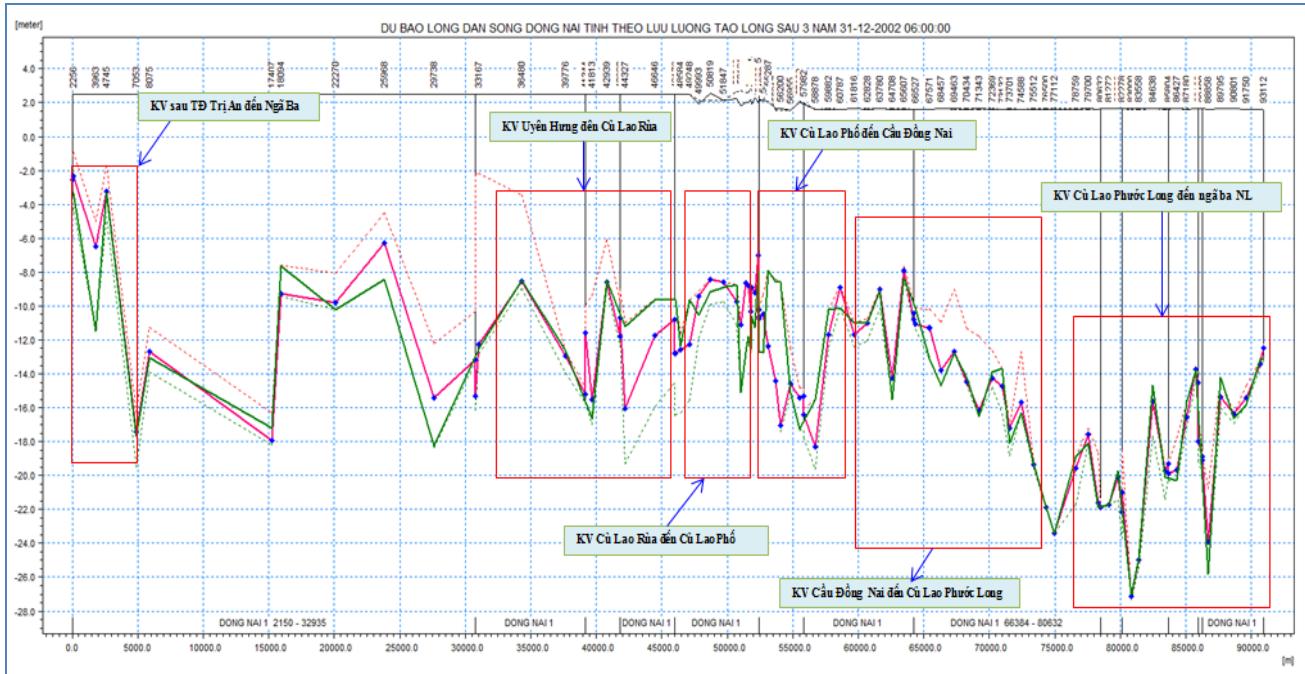
Hình 4. 33: Diẽn bién lõng dãñ năm 2000

* Dự báo diẽn bién lõng tinh theo lưu lượng tạo lõng ($Q_d=3950 \text{ m}^3/\text{s}$)

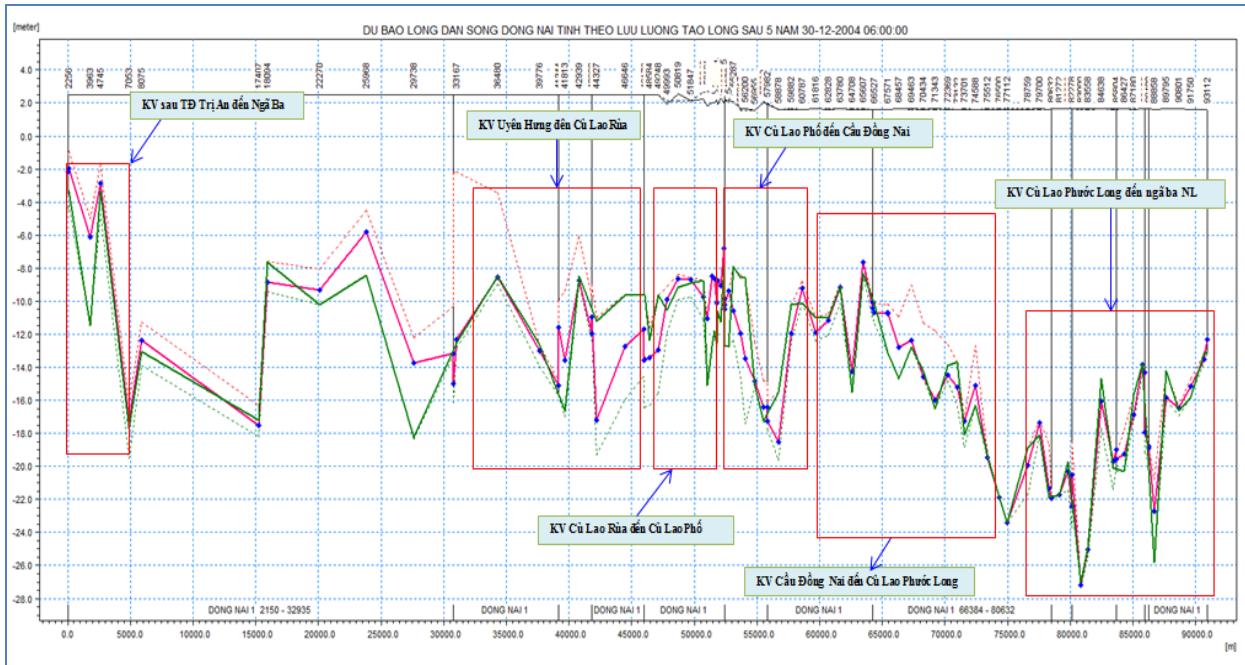
- Dự báo sau 1 năm



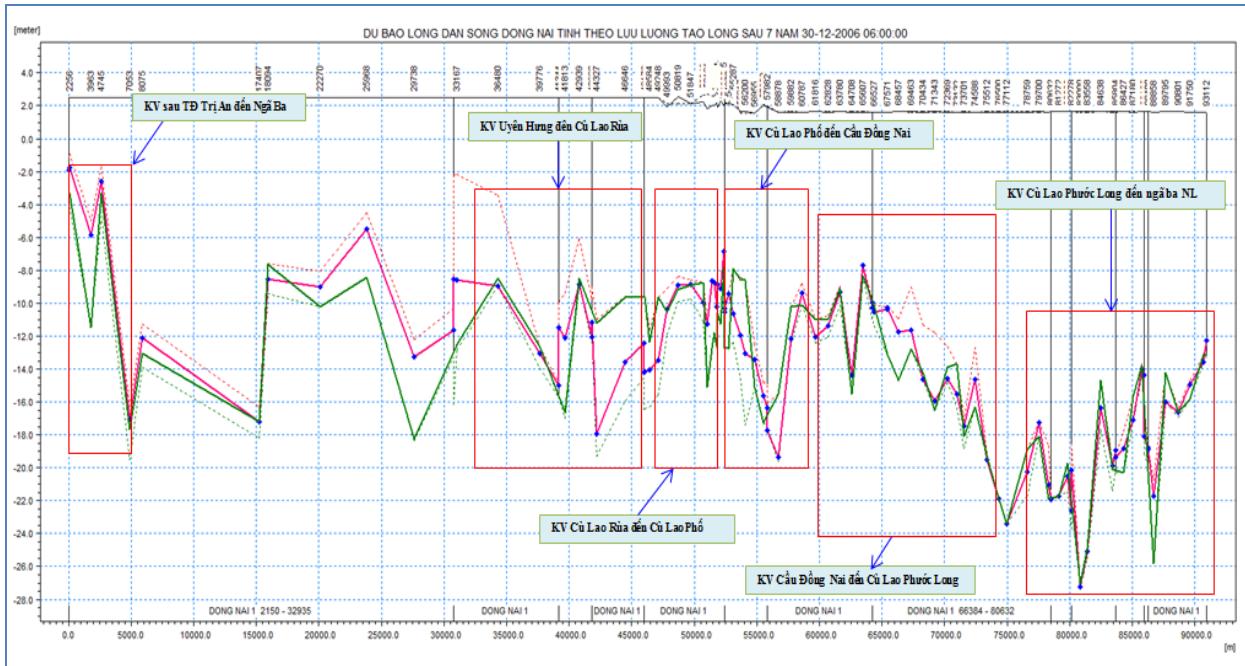
Hình 4. 34: Diễn biến lòng dẫn sông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 1 năm
- Dự báo sau 3 năm



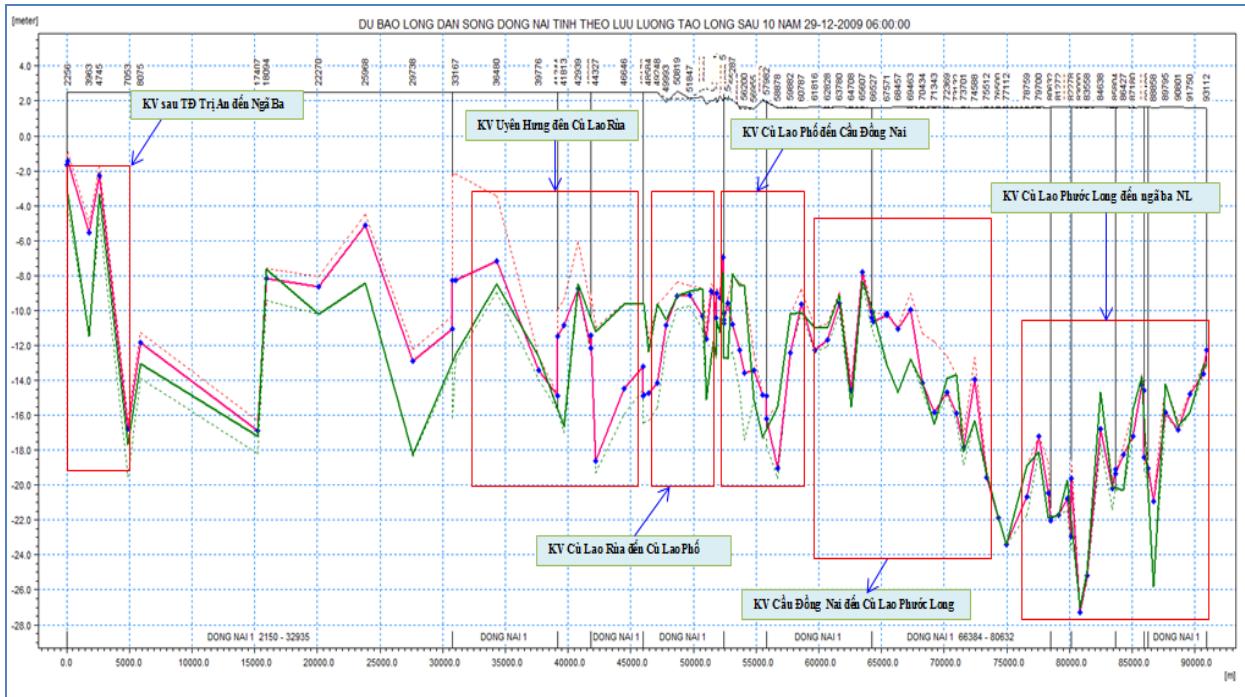
Hình 4. 35: Diễn biến lòng dẫn sông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 3 năm
- Dự báo sau 5 năm



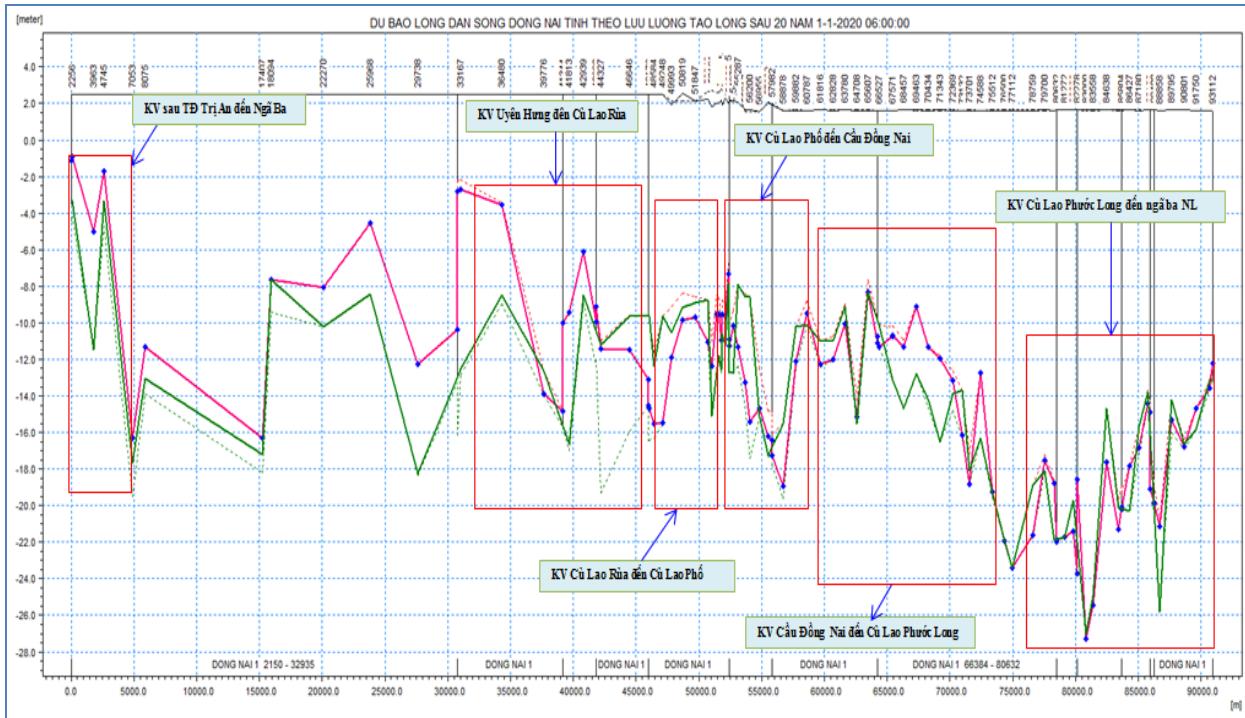
Hình 4. 36: Diễn biến lòng dãnsông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 5 năm
- Dự báo sau 7 năm



Hình 4. 37: Diễn biến lòng dãnsông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 7 năm
- Dự báo sau 10 năm



Hình 4. 38: Diễn biến lòng dãy sông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 10 năm
- Dự báo sau 20 năm

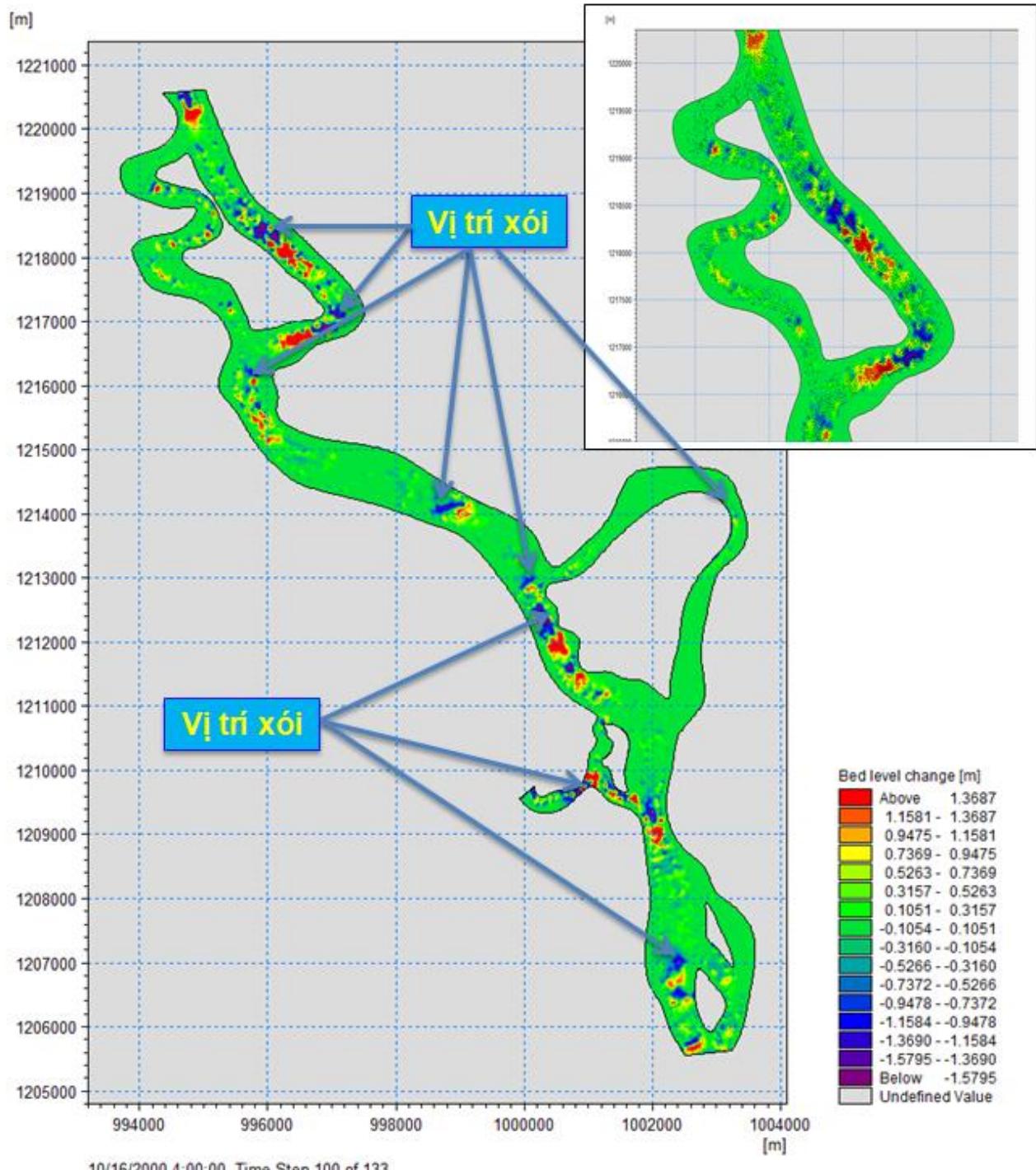


Hình 4. 39: Diễn biến lòng dãy sông Đồng Nai theo lưu lượng tạo lòng sau thời gian 20 năm
Chương 9. 4.7.2. Kết quả mô phỏng diễn biến lòng dãy theo chiều ngang vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

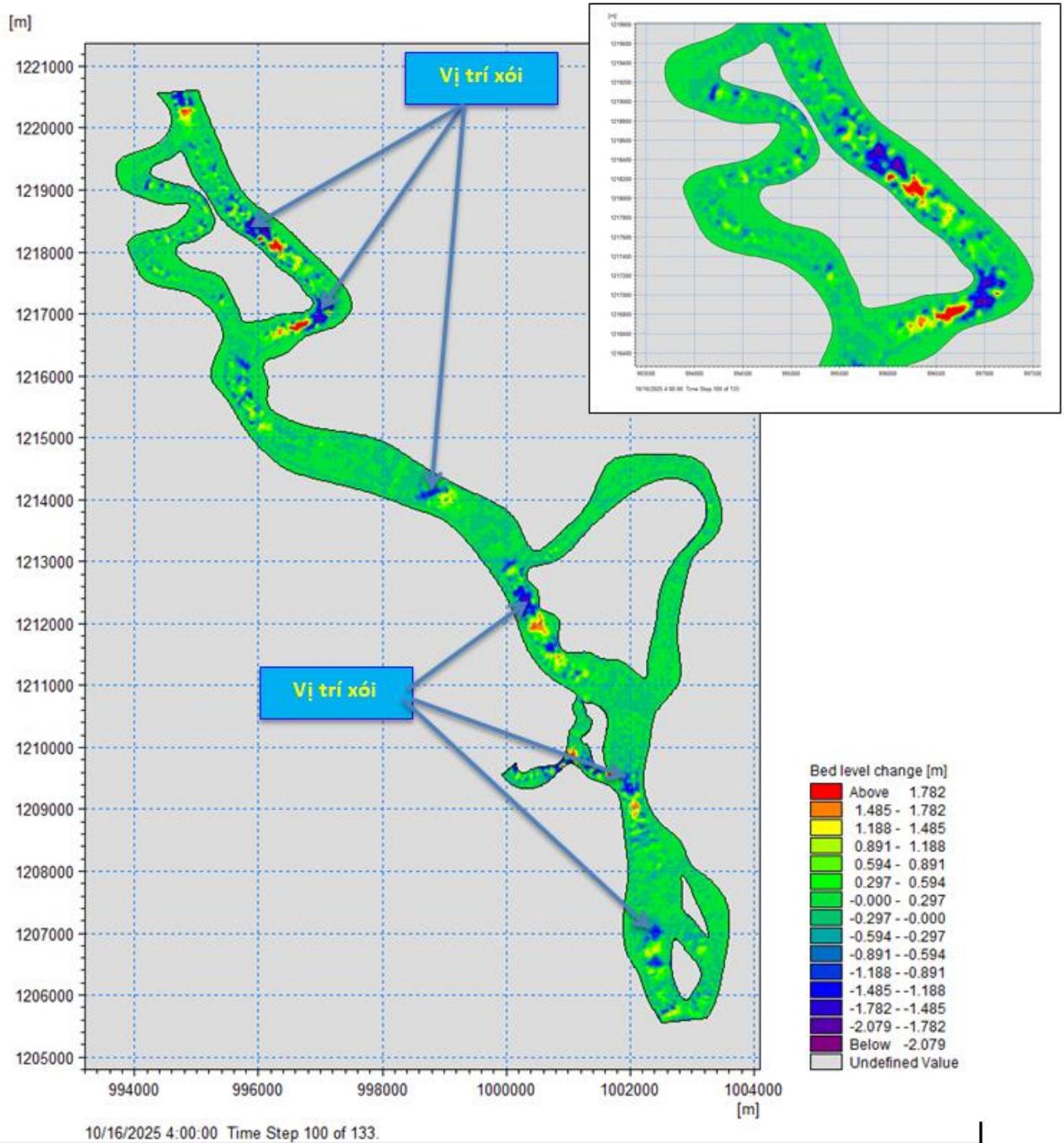
Sử dụng mô hình MIKE3FM mô phỏng diễn biến lòng dẫn tại một số đoạn trọng điểm thuộc sông Đồng Nai và Sài Gòn.

a) Trường hợp tính toán với trận lũ diễn hình 10/2000

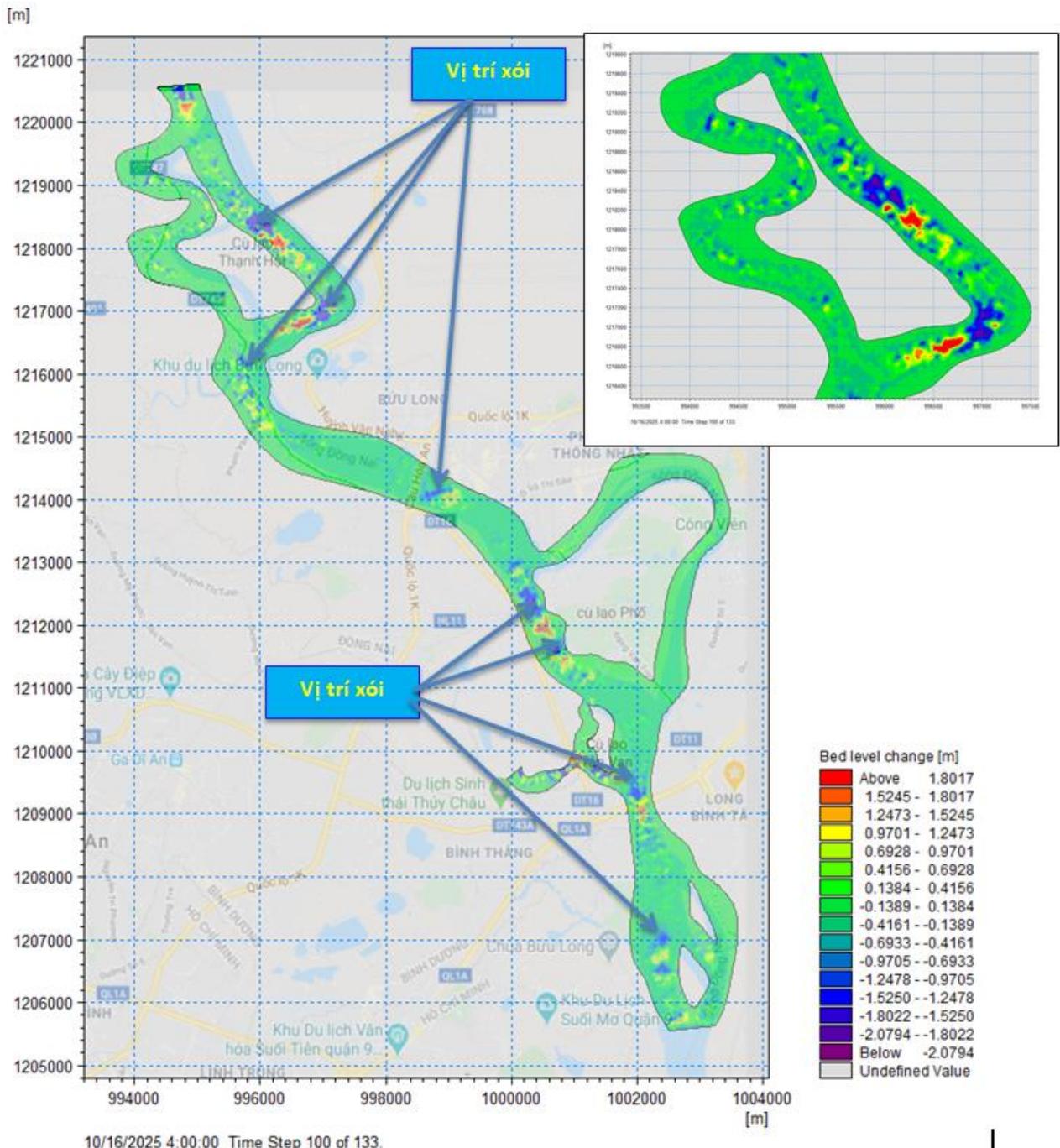
Với địa hình hiện trạng năm 2018 mô phỏng điều kiện thủy văn với trận lũ xảy ra 10/2000 cho thấy hiện trạng diễn biến lòng dẫn, cho thấy các hố xói tại sát bờ, đặc biệt là khu vực bờ lõm của khúc sông cong.



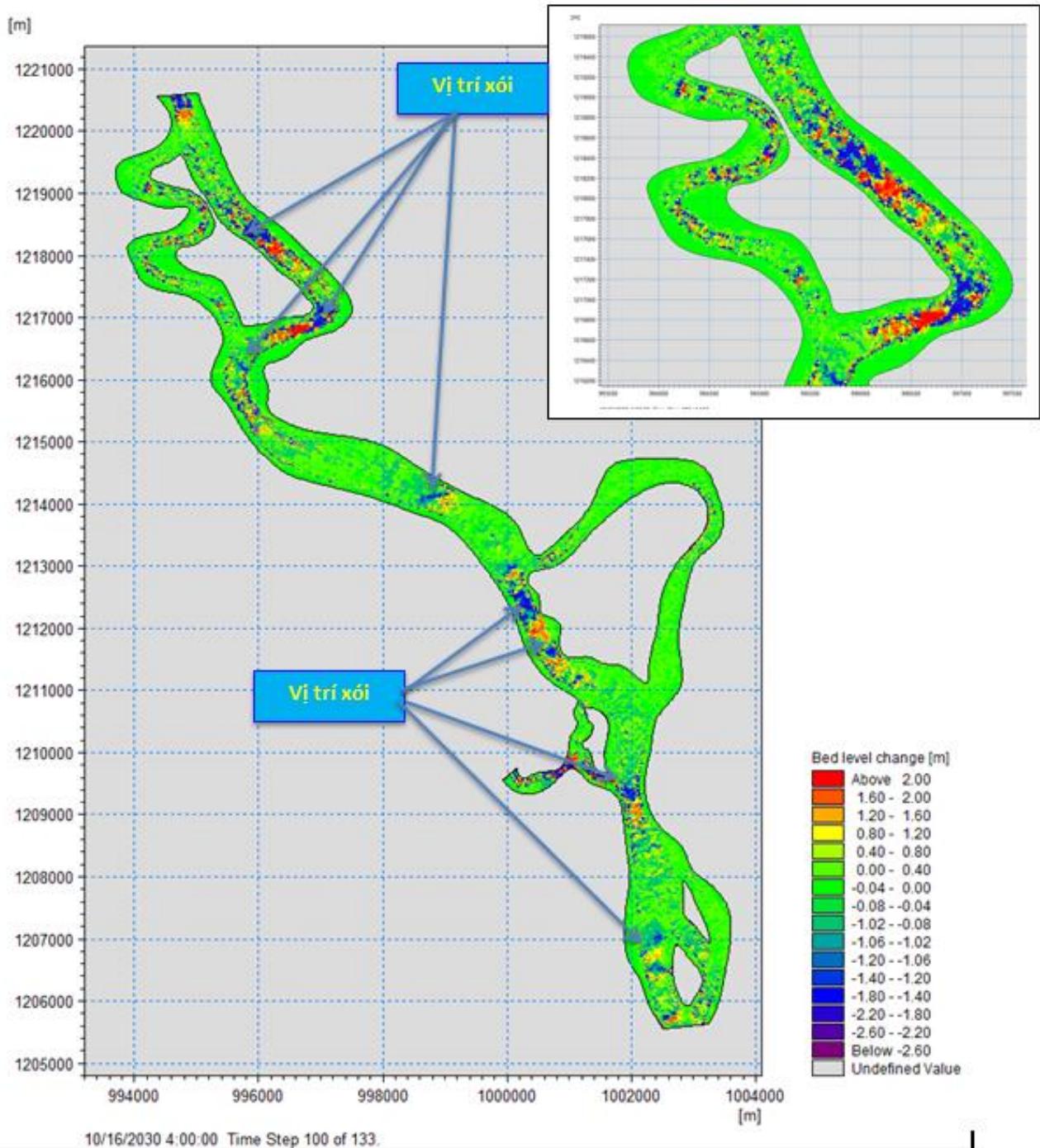
b) *Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Đồng Nai đến năm 2025 – Điều kiện thủy văn hiện trạng*



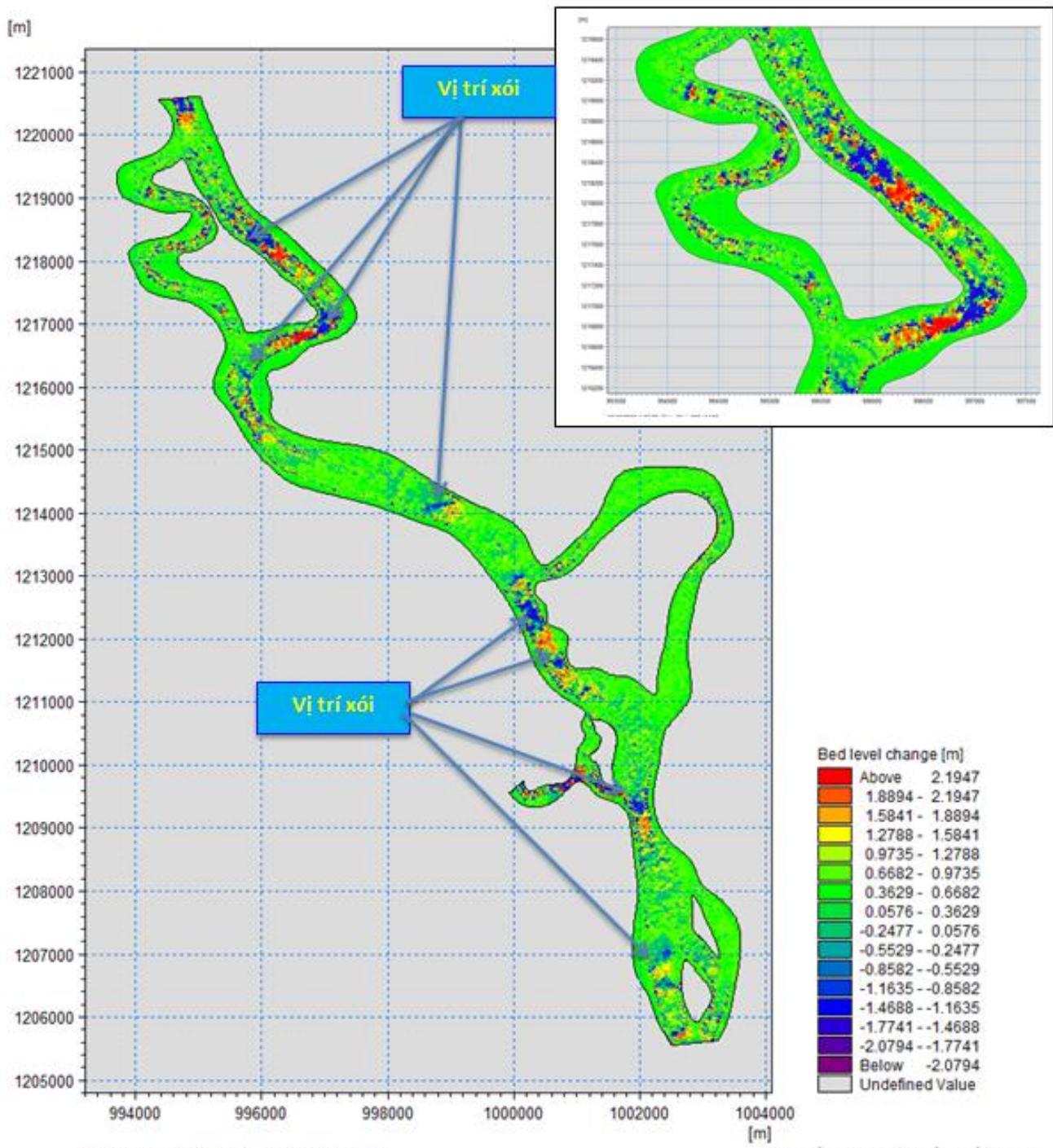
b) *Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Đồng Nai đến năm 2025 – Điều kiện ảnh hưởng của BĐKH – NBD*



c) *Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Đồng Nai đến năm 2030 – Điều kiện thủy văn hiện trạng*



d) *Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Đồng Nai đến năm 2030 – Điều kiện ảnh hưởng của BĐKH – NBD*



Nhận xét kết quả tính toán:

- Với địa hình hiện trạng cập nhật đến năm 2018 với các kịch bản tính toán cập nhật số liệu thủy văn đến năm 2018 cho thấy các hố xói tại sát bờ có xu hướng xói sâu hơn đặc biệt là khu vực bờ lõm của khúc sông cong.

- Tại khu vực đoạn thượng lưu cầu Hóa An có xu thế xói, hố xói đạt cao trình từ $-15.6m \div -16.5m$. Phía hạ lưu cầu Hóa An lòng sông cũng có xu thế xói, lạch sâu có xu thế

dịch chuyển sang bờ tả. Mức xói phô biến vào khoảng 0.28m/năm. Phía bờ tả sông Đồng Nai khu vực vào phân lưu tại nhánh Rạch Cát khu vực phường Quyết Thắng và phường Thông Nhất xảy ra xói với mức xói vào khoảng 0.138m/năm. Tại khu vực đầu Cù Lao Phố cũng xảy ra xói với mức xói vào khoảng 0.33m/năm. Phía bờ hữu đối diện phường Quyết Thắng khu vực Miếu Năm Ông cũng bị sạt lở, với mức xói khoảng 0.278m/năm. Đoạn đỉnh cong lạch phụ Rạch Cát cũng bị xói với mức xói vào khoảng 0.19m/năm. Khu vực hạ lưu cầu Đồng Nai có mức xói lớn nhất với mức xói khoảng 0.39m/năm. Các vị trí xói sâu phát triển mạnh trong khoảng 5-10 năm đầu, khi đạt đến giới hạn thì tốc độ phát triển chậm lại.

+ Ở đoạn sông bắt đầu phân lưu, vị trí cuối khu vực dự án, phía bờ tả sông Đồng Nai, đoạn từ Đinh Phước Lư chạy dọc sông Rạch Cát với chiều dài khoảng 1000m, thuộc địa phận phường Quyết Thắng và phường Thông Nhất khu vực thượng và hạ lưu cầu Rạch Cát xảy ra xói, mức xói phô biến khoảng 0.14m/năm.

+ Ở đoạn sông vị trí đầu mom cù lao Phố, mức xói xảy ra nhiều hơn, phô biến khoảng 0.34m/năm. Phía bờ hữu đối diện với khu vực dự án về phía hạ lưu, cách cầu Ghềnh khoảng 450m về phía thượng lưu, mức xói phô biến khoảng 0.28m/năm.

+ Ở đoạn sông phân lạch (nhánh chính cù lao Phố) phía sông Đồng Nai sau hạ lưu cầu Ghềnh mức xói phô biến khoảng 0.18m/năm. Hạ lưu cầu Rạch Cát mức xói khoảng 0.11m/năm.

+ Ở đoạn sông phân lạch (nhánh phụ Cù lao Phố) phía sông Rạch Cát đoạn thuộc phường Tân Mai và một phần thuộc phường Tam Hiệp, mức xói phô biến khoảng 0.19m/năm. Xói nhiều ở khu đỉnh cong, gần nhà hàng Gió Sông, mức xói phô biến khoảng 0.22m/năm.

+ Tại khu vực nhánh chính phân lạch sông Đồng Nai (đoạn Cù lao Phố) do ảnh hưởng của các bãi đá ngầm tự nhiên lòng sông có dạng nhấp nhô, gồ ghề, địa hình lòng sông biến đổi phức tạp do hiện tượng xói và bồi diễn ra trên toàn bộ đáy sông.

+ Ở đoạn nhập lưu phía hạ lưu Cù lao Phố, có xu thế bồi lắng, mức bồi khoảng 0.34m/năm. Như vậy sau khoảng 10 năm, hố xói đoạn nhập lưu này có cao trình đáy nâng dần lên, cao trình đáy đạt khoảng $Zd=-13.27m$.

+ Tốc độ xói lớn nhất bờ tả xảy ra ở hạ lưu cầu Đồng Nai khoảng 0,33m/năm, ngay hạ lưu cầu Đồng Nai, cách cầu khoảng 300m về phía hạ lưu mức xói khoảng 0.39m/năm.

+ Tại khu vực hợp lưu đầu cù lao Phố lòng sông có xu thế bồi ngay phía cửa vào nhánh Rạch Cát, mức bồi khoảng 0.015m/năm và xói sâu hạ thấp đáy sông phía nhánh chính sông phân lạch với mức xói khoảng 0.35m/năm.

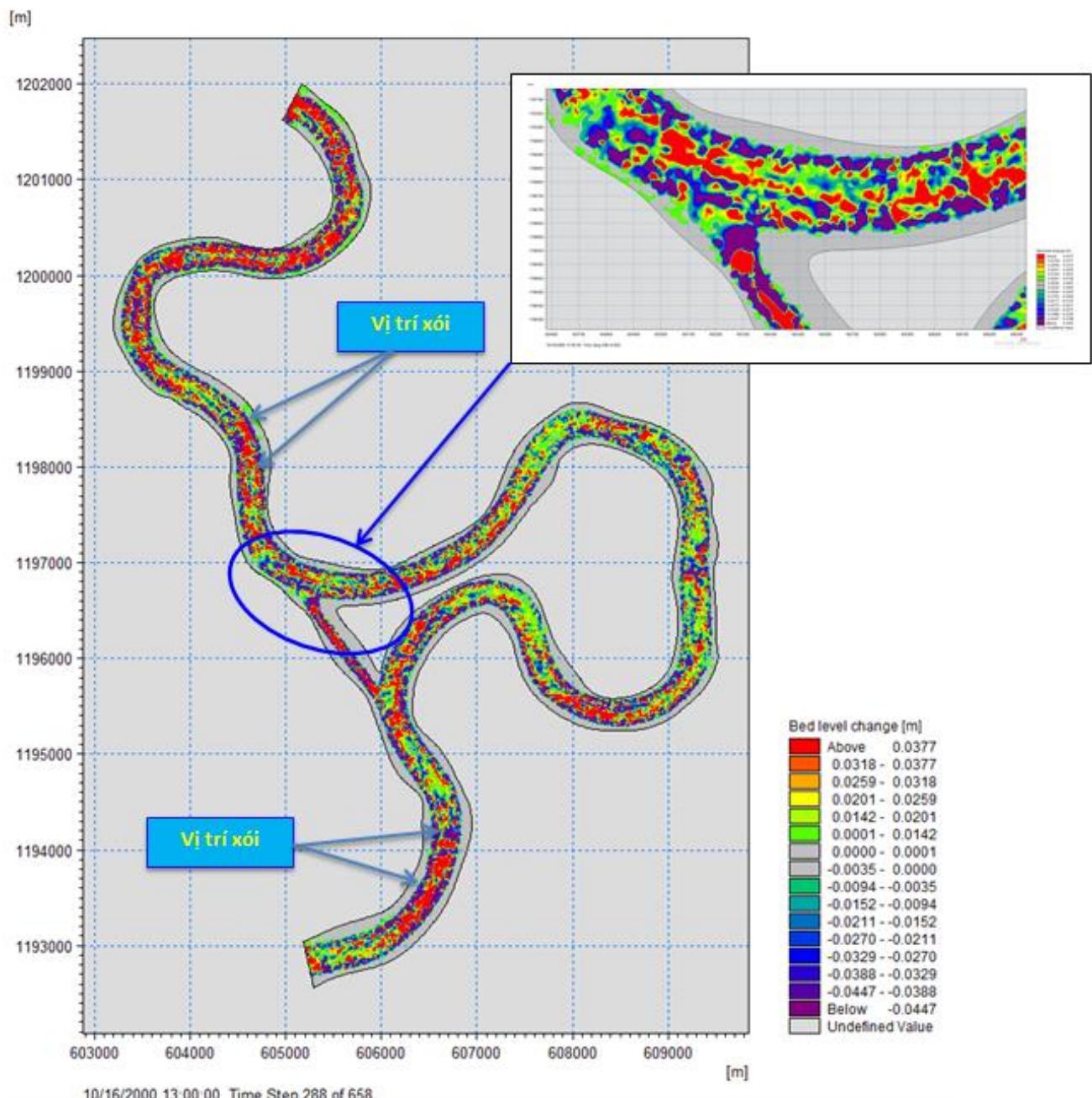
- Dự báo tới năm 2025 với tổng mức xói trung bình tại vị trí 4 khoảng 4,5m, tại vị trí 3 và 2 khoảng 3,5m. Theo thời gian trong năm, vào mùa lũ quá trình xói diễn ra rất mạnh sau đó qua tới mùa kiệt thì hiện tượng xói giảm dần hoặc không còn, nhưng quá trình

bồi lăng khá yếu dẫn tới lòng dẫn tại các vị trí xói không được bồi tụ và quá trình này lặp lại theo thời gian.

Chương 10. 4.7.3. Kết quả tính toán dự báo biến hình lòng dẫn sông Sài Gòn khu vực bán đảo Thanh Đa

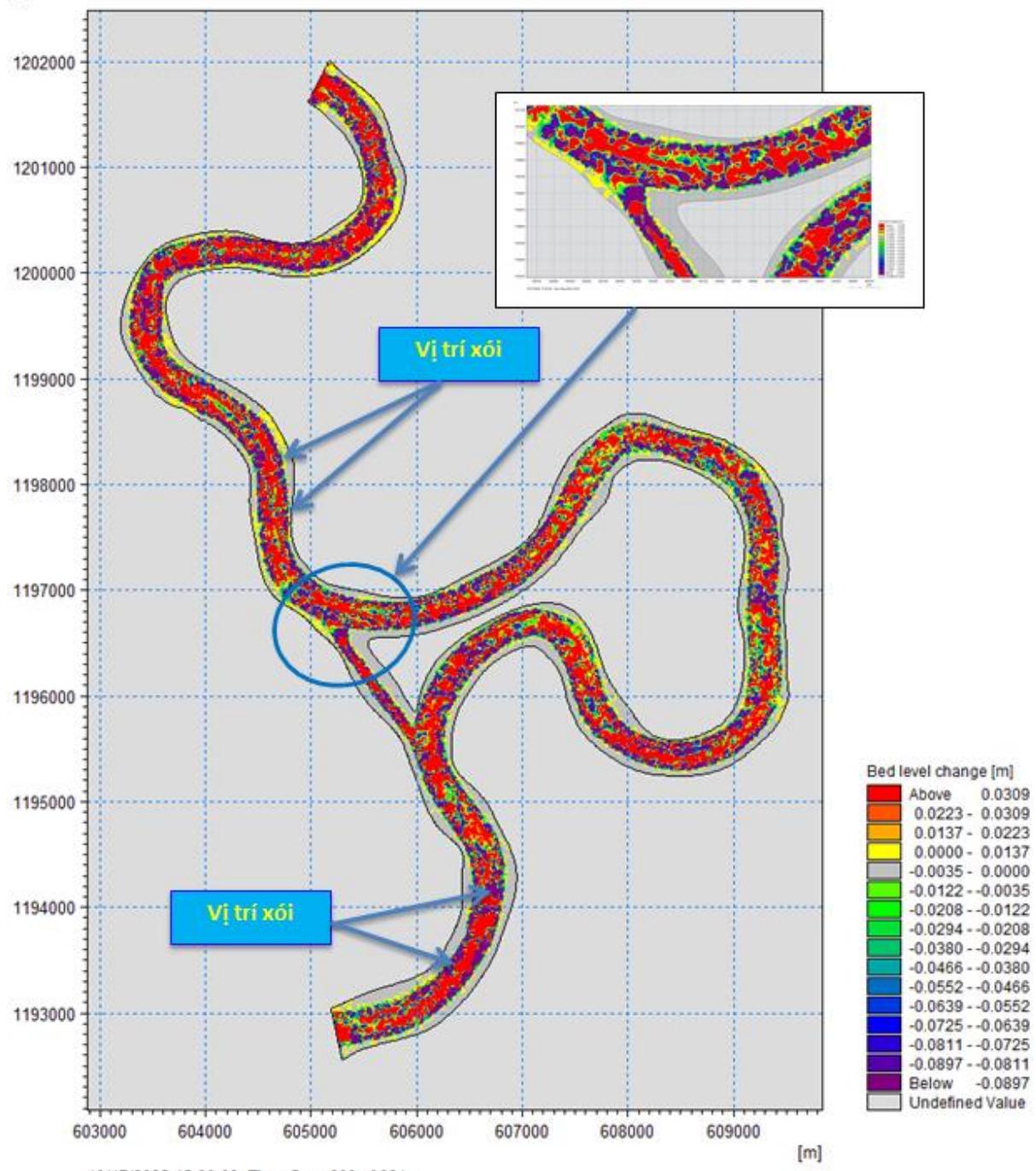
a) Trường hợp tính toán với trận lũ diển hình 10/2000

Với địa hình hiện trạng năm 2019 mô phỏng điều kiện thủy văn với trận lũ xảy ra 10/2000 cho thấy hiện trạng diễn biến lòng dẫn, cho thấy các hố xói tại sát bờ, đặc biệt là khu vực bờ lõm của khúc sông cong.



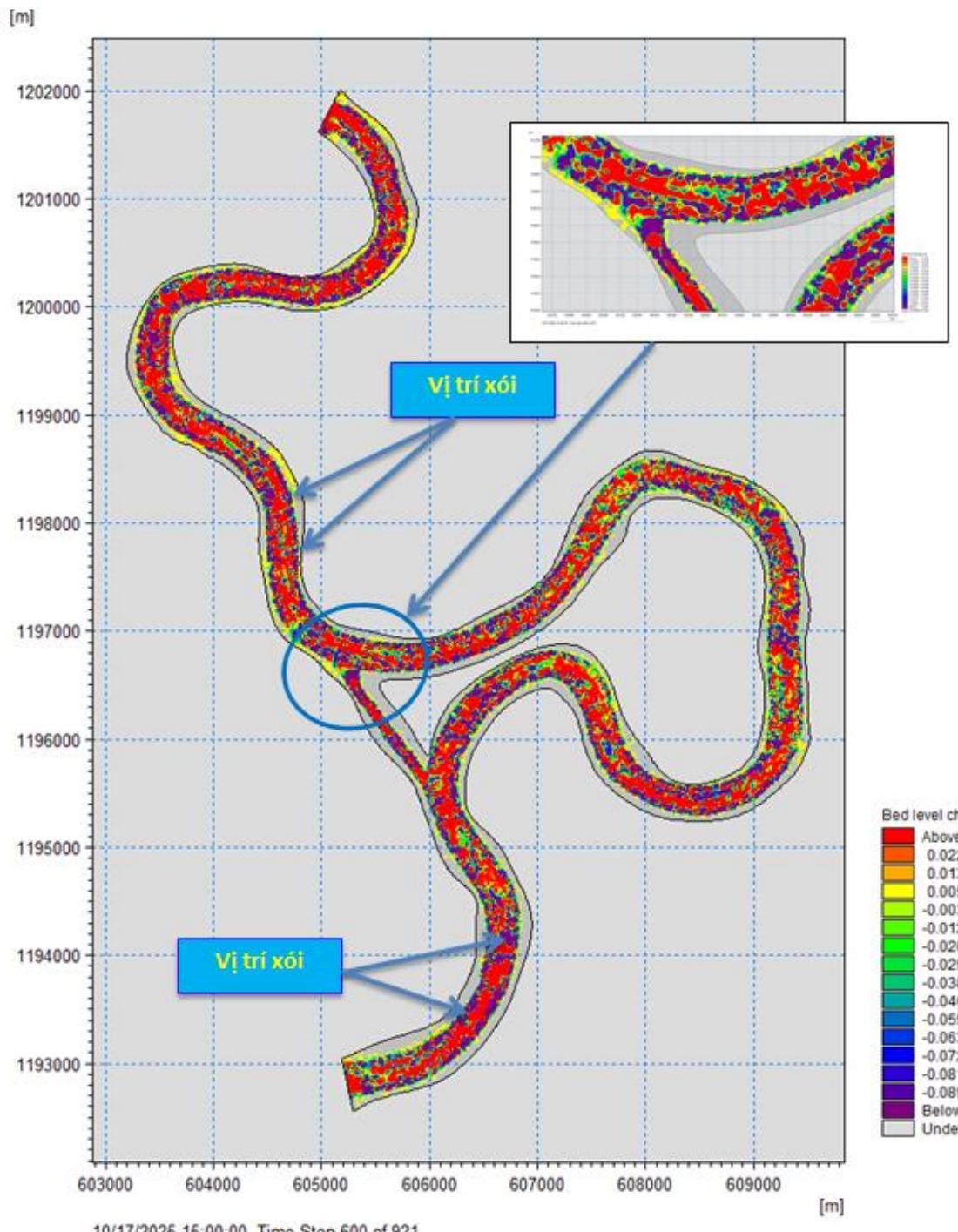
**b) Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Sài Gòn đến năm 2025
– Điều kiện thủy văn hiện trạng**

[m]

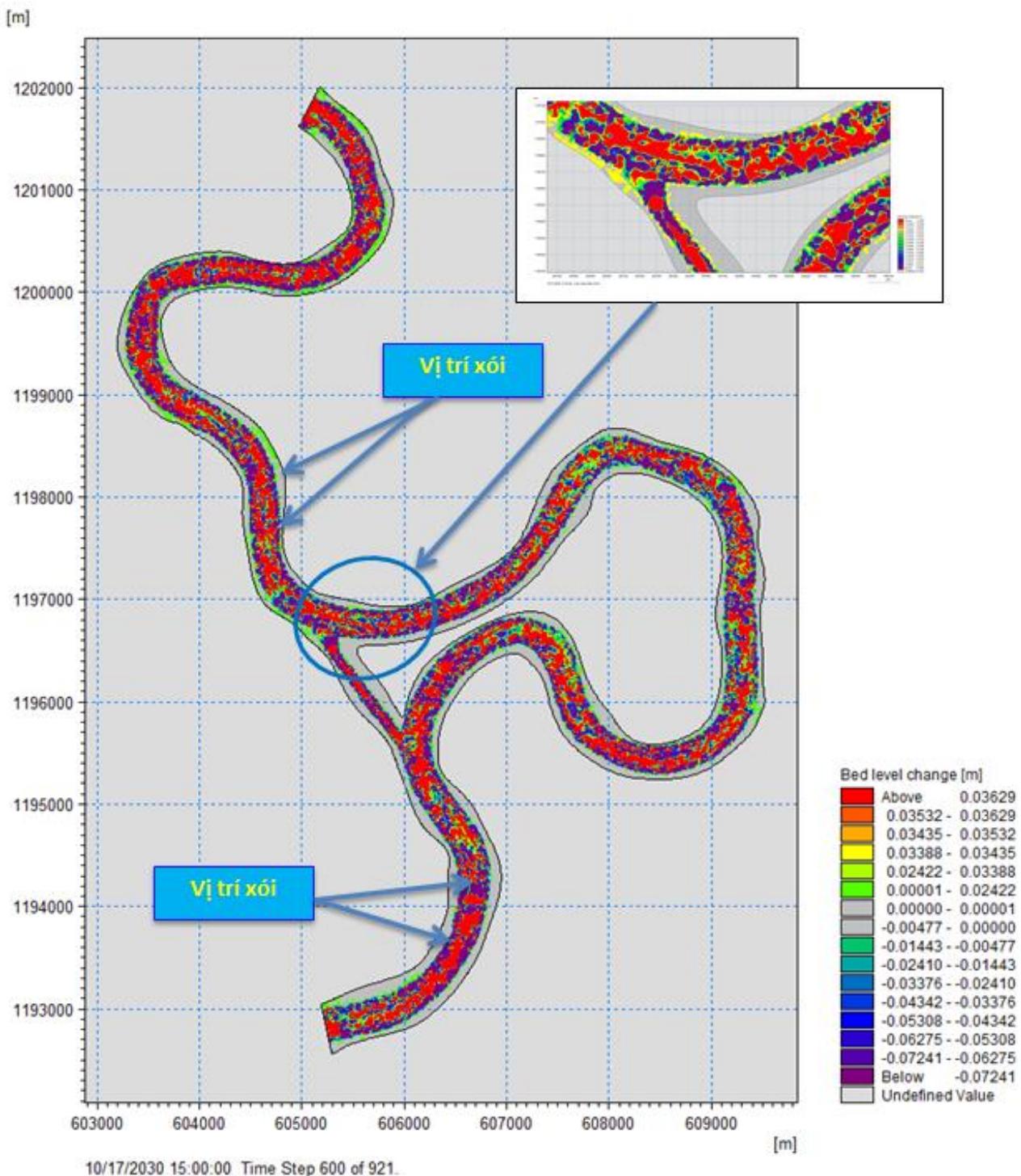


10/17/2025 15:00:00 Time Step 600 of 921.

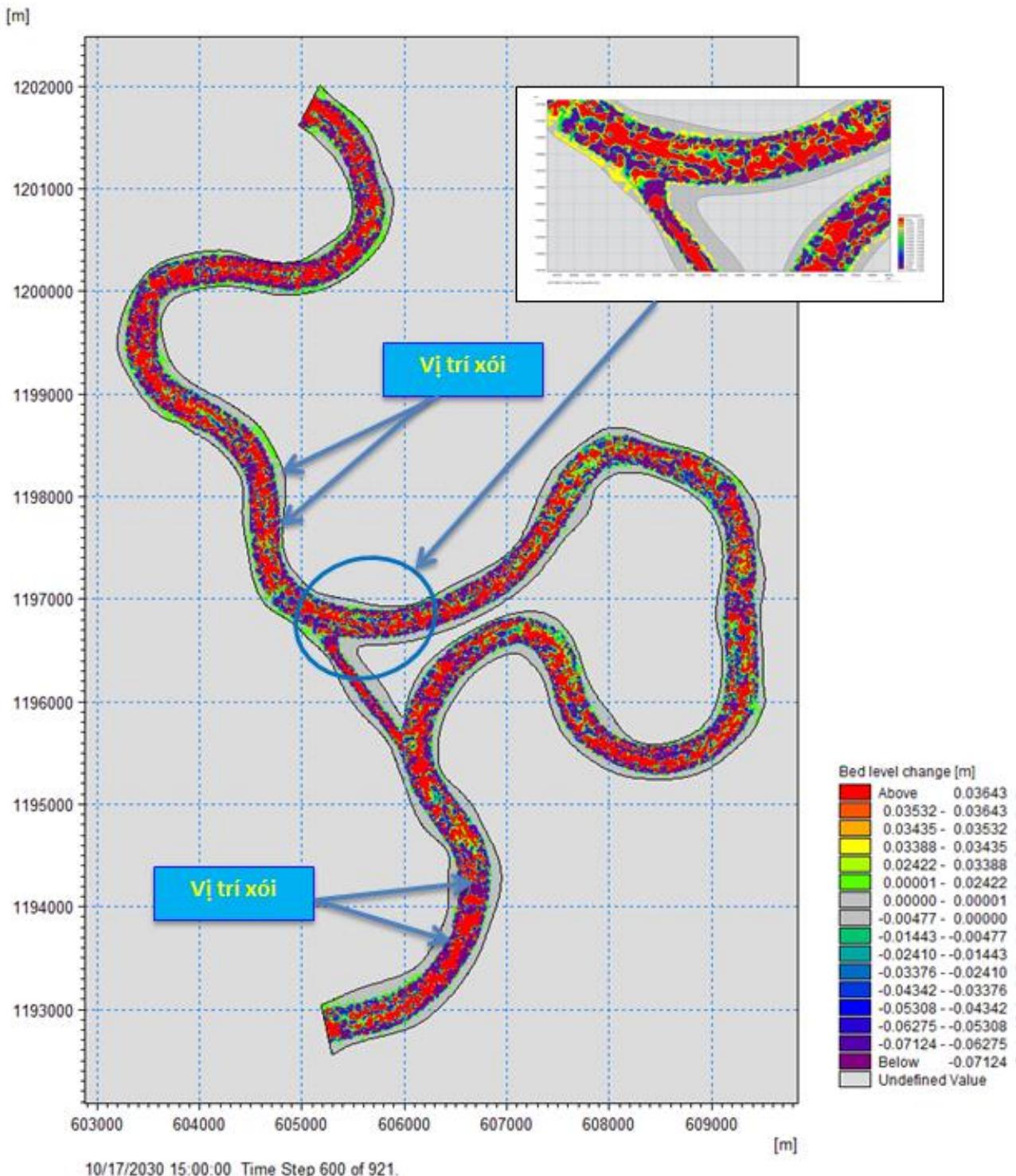
**b) Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Sài Gòn đến năm 2025
– Điều kiện ảnh hưởng của BĐKH – NBD**



c) Tính toán dự báo biến hình lòng đất và xói lở bờ sông Sài Gòn đến năm 2030
– Điều kiện thủy văn hiện trạng



d) *Tính toán dự báo biến hình lòng dẫn và xói lở bờ sông Sài Gòn đến năm 2030 – Điều kiện ảnh hưởng của BĐKH – NBD*



Nhận xét kết quả tính toán:

Chương 11. 4.8. Phân vùng nguy cơ xói lở bờ sông

6. 4.8.1. Cơ sở lý thuyết xây dựng thang phân cấp mức độ xói lở sông ngòi

Theo Quyết định số 01/2011/QĐ-TTg ngày 4 tháng 1 năm 2011 của Thủ tướng chính phủ quy định phân loại mức độ sạt lở như sau:

Bảng 4. 11: Phân loại mức độ sạt lở bờ sông

STT	Cấp độ sạt lở	Mức độ nguy cơ	Mô tả ảnh hưởng
1	Sạt lở đặc biệt nguy hiểm	Nguy cơ xói lở cao	Gây nguy hiểm trực tiếp đến đối tượng cần bảo vệ trong thời gian ngắn (đe dọa trực tiếp đến an toàn đê, Các khu đô thị, khu dân cư sinh sống tập trung, trụ sở các cơ quan từ cấp huyện trở lên, các công trình hạ tầng quan trọng)
2	Sạt lở nguy hiểm	Nguy cơ xói lở trung bình	Ảnh hưởng đến đê nhưng còn ngoài phạm vi bảo vệ đê từ cấp đặc biệt đến cấp III hoặc ảnh hưởng trực tiếp đến đê dưới cấp III, Các khu đô thị, khu dân cư sinh sống tập trung, trụ sở các cơ quan từ cấp huyện trở lên, các công trình hạ tầng quan trọng
3	Sạt lở Bình thường	Nguy cơ xói lở thấp	Ảnh hưởng khác, không thuộc mô tả 1 và 2
4	Không sạt lở	Không có nguy cơ xói lở	

Để đánh giá mức độ nguy hại do hoạt động của sông gây ra, người ta thường dùng 2 tiêu chí về cường độ và tốc độ xói lở (bồi lấp). Trong đó, cường độ xói lở được đánh giá bằng hệ số xói lở (K_e - %) và bề rộng xói lở (B_e - m) đến thời điểm đo đạc. Còn cường độ bồi lấp được đặc trưng bằng hệ số bồi lấp (K_{ab} - %) và diện tích cát lấp (S_{ab} - ha) đến thời điểm đo đạc. Trong đó, hệ số xói lở (bồi lấp) là tỷ số phần trăm giữa tổng chiều dài các đoạn bờ sông bị xói lở (bồi lấp) đến thời điểm đo đạc với chiều dài đoạn sông nghiên cứu. Đối với tốc độ xói lở V_e (m/năm) được đánh giá bằng bề rộng bờ bị xói lở sau một đơn vị thời gian là năm hoặc 1 trận lũ, còn tốc độ bồi lấp bằng bề dày của tầng cát lấp (m_a) đối với lòng sông (mm/năm) hoặc vùng kế cận 2 bên bờ sông (m/năm).

Để đánh giá phân loại mức độ sạt lở cần xem xét đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến XLBS. Đánh giá nguy cơ XLBS được thực hiện trên cơ sở đánh giá quan hệ XLBS với các yếu tố có ảnh hưởng tới hoạt động xói lở trong khu vực, bao gồm:

- Độ uốn khúc
- Đất đá cấu tạo bờ
- Độ dốc lòng
- Chuyển động tân kiến tạo
- Độ phân cắt sâu
- Độ phân cắt ngang
- Thủy động lực
- Hoạt động nhân sinh

Hiện nay, trên thế giới thường sử dụng các phương pháp khác nhau để đánh giá tác động của yếu tố TN - KT đến XLBS. Tuy vậy, tùy thuộc vào mức độ nghiên cứu, tính đa dạng và phức tạp của đối tượng mà có thể chọn phương pháp cho phù hợp. Nhìn chung, các phương pháp đánh giá được phân thành 3 nhóm: Phương pháp quyết định

(Deterministic), phương pháp thống kê (Statistic) và phương pháp chuyên gia (Expertdriven, Knowledge-driven) hay phương pháp phát hiện (Heuristic). Phương pháp quyết định có dạng các biểu thức toán học biểu diễn các mối quan hệ dạng hàm số trên cơ sở các điều kiện biên đó cho trước. Đây là nhóm phương pháp đánh giá tác động rất hiệu quả khi số lượng các biến số không nhiều. Nhóm phương pháp thống kê được sử dụng khi số lượng các biến số (yếu tố) tăng lên và các yếu tố đó lại chịu ảnh hưởng của nhiều tác động khác. Đặc biệt, mô hình thống kê phân tích tương quan nhiều chiều thường áp dụng trong nghiên cứu các quá trình và hiện tượng địa chất động lực công trình. Nhóm phương pháp chuyên gia cũng được sử dụng phổ biến trong nghiên cứu, sản xuất. Đây là phương pháp gián tiếp, sử dụng kỹ thuật tổng hợp dữ kiện, các yếu tố tác động, cường độ tác động và hệ số tầm quan trọng được xác định bằng cách định tính, định lượng hoặc bán định lượng. Sau đó, cường độ của quá trình được đánh giá thông qua các chỉ tiêu tích hợp của ma trận tính toán. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi phải có thời gian và phụ thuộc nhiều vào trình độ, kinh nghiệm chuyên môn của các chuyên gia. Đối với hoạt động xói - bồi sông ngòi, để thể hiện rõ tương tác giữa các yếu tố trong hệ thống một cách đồng thời và định lượng, từ đó có thể khắc họa một bức tranh hoàn chỉnh về mức độ địa động lực khu vực, phục vụ dự báo nguy cơ phát sinh - phát triển hoạt động xói - bồi của sông, việc sử dụng tổ hợp các phương pháp khác nhau nói trên để thiết lập một ma trận tính toán tổng cường độ hoạt động ĐĐL khu vực là hợp lý và có ý nghĩa lớn về khoa học cũng như thực tiễn.

Trong đề tài sử dụng cơ sở lý thuyết của phương pháp ma trận định lượng môi trường để xây dựng thang phân cấp mức độ tác động của các yếu tố tự TN - KT đối với quá trình xói - bồi sông ngòi.

Phương pháp AHP của Saaty [6] được ứng dụng đánh giá vai trò của từng yếu tố trong mối quan hệ phát sinh XLBS, được thể hiện bằng cách cho điểm và tính trọng số, dựa trên nguyên tắc so sánh giữa các cặp nhân tố mà thường được gọi là "so sánh cặp thông minh". Độ nhạy cảm XLBS (Susceptibility map) được xác lập trên cơ sở phân tích đánh giá các yếu tố nguyên nhân sinh XLBS. Bản đồ chỉ số nhạy cảm XLBS là kết quả của sự tích hợp các bản đồ chỉ số nhạy cảm thành phần. Bản đồ nguy cơ XLBS (Hazard map) được tạo lập từ kết quả phân tích không gian và thực hiện trong môi trường GIS.

Chỉ số xói lở bờ sông thể hiện theo phương pháp phân tích cấp bậc AHP với công thức tính toán như sau:

$$H = \sum_{j=1}^n w_j \sum_{i=1}^m X_{ij} \quad (1)$$

Trong đó: H Chỉ số nhạy cảm về xói lở bờ sông, X_{ij} là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố j (chỉ số mức độ tác động thể hiện mức độ (cường độ) tác động của yếu tố, w_j là trọng số của nhân tố j trong tổng thể tập hợp các nhân tố xói lở bờ sông.

Phương pháp quá trình phân tích cấp bậc để tính toán trọng số (hệ số tầm quan trọng) và phân cấp cường độ tác động của các yếu tố thành phần được nhà toán học người Mỹ T.L.

Saaty và một số tác giả trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã sử dụng để đánh giá định lượng cường độ của các quá trình. Lý thuyết này phân chia cường độ tác động (j) thành 5 cấp: 1,3,5,7,9 và đưa ra thang tỷ lệ so sánh tầm quan trọng của các yếu tố tác động. Saaty đã dùng phương pháp chuyên gia để so sánh hơn các yếu tố tác động theo 5 cấp độ (1, 3, 5, 7, 9) và so sánh thua theo 5 cấp độ (1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9) trên một ma trận vuông cấp n (n là số yếu tố tác động dùng để so sánh). Trong đó, Saaty qui định đường chéo chính của ma trận vuông có giá trị bằng 1. Ma trận này chỉ ra rằng nếu chỉ số quan trọng của yếu tố A so với B là n thì ngược lại tỷ số quan trọng của B so với A là 1/n. Dựa vào thang tỷ lệ sẽ xác lập được ma trận so sánh giữa các yếu tố tác động. Sau đó tính toán trọng số cho từng lớp thành phần bằng cách sử dụng vector nguyên lý Eigen (có thể tính toán gần đúng vecror nguyên lý Eigen bằng cách chia từng giá trị của mỗi cột cho tổng số giá trị trong cột đó để thiết lập một ma trận mới, khi đó giá trị trung bình trên mỗi hàng của ma trận mới chính là trọng số của yếu tố tác động có giá trị từ 0 đến 1).

Phương pháp AHP của Saaty [6] so sánh giữa 2 nhân tố theo nguyên tắc là nếu nhân tố A quan trọng hơn nhân tố B thì $A/B > 1$ và ngược lại, A kém quan trọng hơn B thì $A/B < 1$. Nếu A và B quan trọng như nhau thì $A/B = 1$. Và mức độ quan trọng của A so với B càng tăng khi tỷ số A/B càng lớn. Và ngược lại, nếu tỷ số A/B càng nhỏ thì mức độ quan trọng của A so với B càng giảm. Saaty đưa ra thang tỷ lệ cho một “so sánh cấp thông minh” như sau:

Bảng 4. 12: Bảng so sánh cấp thông minh của AHP

<< Kém quan trọng hơn			Quan trọng hơn >>					
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Kém quan trọng hơn rất nhiều lần	Kém quan trọng hơn rất nhiều	Kém quan trọng hơn nhiều	Kém quan trọng hơn	Quan trọng bằng nhau	Quan trọng hơn	Quan trọng hơn nhiều	Quan trọng hơn rất nhiều	Quan trọng hơn rất nhiều lần

Từ những so sánh cặp các yếu tố tác động phát sinh XLBS cho thấy vai trò của từng cặp yếu tố với nhau, từng yếu tố trong tổng thể các yếu tố phát sinh XLBS. Từ đây cho phép đánh giá yếu tố nào có vai trò quyết định, yếu tố nào có vai trò ở mức độ nhất định và yếu tố nào có vai trò không rõ ràng trong phát sinh XLBS.

Trên nguyên tắc so sánh nói trên, xây dựng ma trận các cặp so sánh. Và từ ma trận này, theo Vector nguyên lý Eigen tính được một “tập hợp các trọng số phù hợp nhất”. Tính toán trọng số cho từng nhân tố J trong tập hợp nhân số xói lở bờ sông theo phương pháp sử dụng vector nguyên lý Eigen bằng cách chia từng giá trị trong mỗi cột cho tổng giá trị trong cột đó để thiết lập ma trận, giá trị trung bình trên mỗi hàng của ma trận chính là trọng số của các yếu tố tác động có giá trị từ 0 đến 1.

Phương pháp “So sánh cặp thông minh” có thể phân tích rõ qua ví dụ sau đây (5 yếu tố với các điểm tương ứng 1, 3, 5, 7, 9): Cho các nhân tố tác động phát sinh tại biển: A, B, C, D, E và xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh như bảng 1.

Bảng 4. 13: Ma trận so sánh các yếu tố phát sinh/ ảnh hưởng đến XLBS.

Các nhân tố	A(1)	B(3)	C(5)	D(7)	E(9)
A(1)	1	3	5	7	9
B(3)	1/3	1	1.67	2.33	3
C(5)	1/5	1/3	1	1.4	1.80
D(7)	1/7	1/5	1/3	1	1.29
E(9)	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Tính toán vector nguyên lý eigen có thể được làm xấp xỉ theo cách thủ công khi chia giá trị của cột cho tổng giá trị của tỉ số trong cột này. Điều này cho một ma trận với giá trị mới nằm trong khoảng giá trị 0 và 1 khi tổng của các giá trị theo cột bằng 1. Giá trị trung bình của dòng trong ma trận này tương ứng với trọng số cho tiêu chuẩn đó [4]. Dựa theo ma trận này, theo Vector nguyên lí Eigen với phương pháp tính trọng số của Jones [4] tính được tổ hợp các trọng số phù hợp sau: A = 0,59; B = 0,20; C = 0,11; D = 0,07; E = 0,04.

7. 4.8.2. Phân vùng nguy cơ xói lở bờ sông theo các chỉ số sạt lở bờ sông

8. 1. Lựa chọn các chỉ số nhạy cảm để xác định nguy cơ XLBS

Theo kết quả điều tra thực địa, kết hợp thu thập phân tích số liệu cho thấy có hai nhóm nguyên nhân chính gây nên sạt lở bờ sông. Đó là: Nhóm thứ nhất, là các nhân tố làm giảm lực chống trượt; Nhóm thứ hai là tổ hợp các yếu tố tác động làm tăng lực gây trượt mái bờ.

Đối với nhóm nguyên nhân thứ nhất: Vận tốc của dòng chảy vượt quá vận tốc không xói cho phép của lòng dẫn. Khi vận tốc của dòng chảy lớn hơn vận tốc cho phép của lòng dẫn thì lòng dẫn sẽ bị bào xói, làm cho lòng dẫn ngày một sâu thêm, góc nghỉ của mái đất vượt quá góc nghỉ của đất đồi khi sẽ xuất hiện hàm éch, kết quả dẫn tới Khi mái bờ phía trên (nằm ở phần khói “gây trượt”) bị xói, trọng lượng của khói gây trượt bị xói, sẽ làm tăng khả năng chống trượt, khói đất mái bờ mất cân bằng rồi đi đến hiện tượng trượt theo cung tròn hay sụt lở từng mảng. Các lớp đất cấu tạo bờ sông có tính chất cơ lý thấp: Đối với bờ sông có cấu tạo bởi các tính chất cơ lý thấp dẫn đến tính kháng trượt của khói đất bờ, lòng dẫn kém. (Lực thủy động > lực cố kết của đất gây ra xói lở, sạt lở bờ).

Đối với nhóm nguyên nhân thứ hai: Đây là nhóm nguyên nhân gồm các nhân tố làm tăng trọng lượng khói đất mái bờ sông, trong đó các nhân tố chủ yếu bao gồm: Chất tải trọng lên mép bờ sông; Mưa, lũ rút, triều rút, làm khói đất bờ bão hòa nước tăng khói lượng mái; Áp lực sóng tác dụng vào bờ, Nếu mực nước cao, mái bờ phía trên cũng bị xói đi, tức là trọng lượng khói gây trượt cũng bị giảm đi...Dưới tác dụng của sóng (áp lực sóng), mái bờ sông bị phá vỡ kết cấu, các hạt bùn cát thuộc một bộ phận của lòng dẫn bị tách rời và vận chuyển đi, nếu quá trình trên diễn ra lâu dài, liên tục chân mái bờ sẽ bị xói tạo thành hàm éch dẫn đến khói đất mất ổn định và sạt lở. Sóng tác động gây xói lở bờ sông (sóng do gió, sóng do tàu thuyền...) phải đảm bảo các điều kiện sau: Để sóng có thể gây xói lở bờ thì áp lực sóng tác động vào bờ phải lớn hơn lực cố kết của đất cấu tạo bờ sông; Vận tốc dòng chảy ven bờ do sóng tạo ra đủ khả năng bào mòn và vận chuyển bùn cát đi nơi khác; Sóng tác động liên tục và duy trì trong thời gian dài.

Shofiqul Islam (2008) đã phân tích những yếu tố thủy động lực học và bùn cát cần xem xét trong quá trình đánh giá diễn biến sạt lở bờ sông như sau: 1. Yếu tố Thủy động lực của dòng chảy (Mực nước – lưu lượng, kết cấu dòng chảy, lưu lượng dòng chảy, vận tốc dòng chảy gần bờ lớn nhất, phân bố ứng suất cắt, dòng thứ cấp và độ rối, sự thay đổi mực nước...). 2. Yếu tố hình thái (biến dạng đáy sông bằng cách tính toán ứng suất đáy, địa hình lòng sông, hình dạng sông, sự hình thành các bãi giữa...); 3. Yếu tố vận chuyển bùn cát (bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng, chất tạo lòng và chất không tạo lòng); 4. Yếu tố độ ổn định của bờ sông và cấu trúc bờ sông (lớp phủ thực vật, mái dốc sông, chiều cao bờ sông); 5. Yếu tố đặc tính bùn cát (kích thước, thành phần hạt, thành phần trầm tích sông, mật độ, góc ma sát, tính dính kết...); 6. Các yếu tố tác động của con người (Việc sử dụng các xe cộ, xây dựng nhà cửa, đường xá có thể làm ảnh hưởng đến thực vật trên bờ và tác động đến bờ mặt đất. Đất bị đè nén làm giảm khả năng thấm của đất, khi mưa xuống các dòng chảy được hình thành nhanh chóng và dễ làm xói lở bờ. Lúc này khôi đất bờ sẽ không còn khả năng kháng trượt. Điều này đặc biệt nguy hiểm khi kết hợp với sự xuất hiện của các yếu tố khách quan khác trong tự nhiên: lũ xuống, triều rút làm tăng trọng lượng khôi đất bờ hay giảm áp lực thay đổi, mưa làm bão hòa khôi đất bờ và phát sinh áp lực thấm... khiến bờ sông bị gia tăng quá mức. Điều này lý giải cho hiện tượng sạt lở mạnh ở các khu vực có nhiều nhà cửa, cơ sở hạ tầng được xây cất ven sông,...; Khai thác vật liệu trên sông không có quy hoạch, đào luồng, lạch cho tàu bè đi,... dẫn đến đất bờ mất ổn định và sụp lở; Nạn phá rừng gây nên cường suất lũ gia tăng, làm tăng đáng kể hàm lượng bùn cát trong dòng chảy, gây nên hiện tượng lắng đọng bùn cát ở các hồ thương nguồn làm giảm khả năng điều tiết lũ của các hồ chứa đó. Việc mất cân bằng của bùn cát sẽ làm gia tăng khả năng xói lở lòng dẫn và sạt lở bờ; Việc gia tăng hoạt động đi lại tàu thuyền trên sông gây sóng va đập bờ sông gây sạt lở bờ; Xây dựng các công trình trên sông chưa đảm bảo kỹ thuật cũng là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông....

Trên cơ sở phân tích đánh giá nguyên nhân/ các yếu tố gây xói lở bờ sông, nghiên cứu lựa chọn 8 chỉ số nhạy cảm XLBS để đánh giá như sau:

(1) Chỉ số thủy động lực (Flow Geometry Index, FGI);

(2) Chỉ số hình dạng trên mặt bằng, hệ số hình dạng dòng chảy, độ uốn khúc, (Plan Form Index, PFI);

(3) Chỉ số độ dốc lòng sông (Cross-Slope ratio CSR);

(4) Chỉ số địa chất bờ (DCB);

(5) Chỉ số hiểm họa sạt lở bờ (Bank Erosion Hazard Index, BEHI);

(6) Chỉ số ứng suất gần bờ (Near Bank Stress, NBS)

(7) Chỉ số tải trọng bờ (TTB);

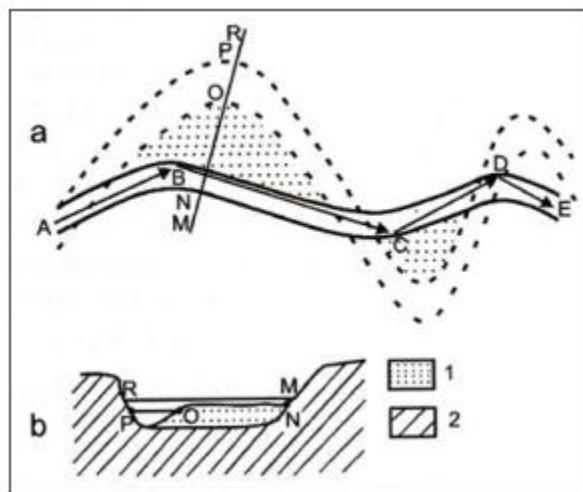
(8) Chỉ số công trình bảo vệ bờ (CTBV).

Chỉ số thủy động lực (Flow Geometry Index, FGI):

Tất cả các dòng sông đều có hoạt động xói mòn. Xói mòn phát triển chủ yếu dọc theo lòng sông và hai bên bờ sông. Vào mùa nước lớn và nước lũ, mực nước sông dâng cao, lưu lượng tăng, vận tốc dòng chảy lớn, động lực dòng chảy lớn, hiện tượng xói mòn phát triển mạnh, sự phá hoại bờ có tính chất tăng biến đột ngột với cường độ phá huỷ cao, hiện tượng khoét sâu lòng sông mạnh. Động lực của dòng chảy được đặc trưng bởi động năng của nó, thể hiện ở sự rửa xói, phá hoại lòng và bờ, ở sự mang chuyển vật chất xốp rời từ lòng và bờ vào dòng chảy. Kết quả xác định vận tốc trung bình mặt cắt được trích xuất từ kết quả mô phỏng mô hình MIKE11. nếu tốc độ dòng chảy của sông càng cao thì công sinh ra do dòng chảy thực hiện càng lớn, hiện tượng rửa xói, phá hoại lòng và bờ càng mạnh. Tốc độ giới hạn của dòng nước không gây xói được xác định theo bảng phân loại của V.D.Lomtadze (1997).

Chỉ số hình dạng trên mặt bằng, hệ số hình dạng dòng chảy, độ uốn khúc, (Plan Form Index, PFI)

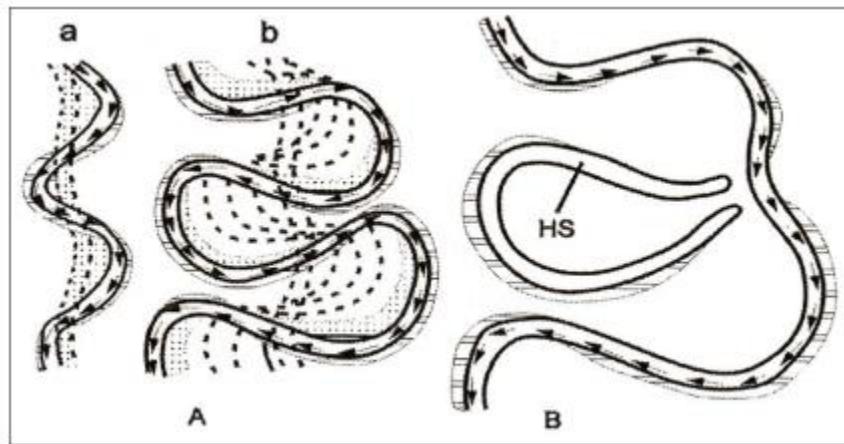
Do ảnh hưởng của nhiều yếu tố như địa hình ban đầu, cấu tạo địa chất, thành phần đất đá nơi dòng sông đi qua, nên mỗi con sông thường có một độ cong nhất định. Đoạn sông trên hình 3.11 nước chảy từ Tây sang Đông, với tốc độ lớn nhất dọc theo các hướng AB, BC, CD, DE. Tại các điểm B, C, D bờ sông chịu sức va đập của dòng nước và của các vật liệu vụn do dòng nước chuyển tải, do vậy bờ sông ở những chỗ này bị xói mòn hoặc xói lở từng mảng, trở thành dốc đứng và lui dần. Ngược lại, ở phía bờ đối diện, tốc độ dòng nước nhỏ, động năng của dòng nước không đủ để chuyển tải hết vật liệu vụn nên chúng được tích đọng lại. Bằng cách đó, sau một thời gian, từ những đoạn sông hơi cong ban đầu đã xuất hiện những khúc uốn thực thụ (đường ngắt quãng trên hình 3.12). Các khúc uốn không chỉ chuyển dịch về hai bên sông mà còn chuyển dịch cả về phía dưới theo dòng nước.



Hình 4. 40. So đồ thành tạo các khúc uốn của sông
 a-Bình đồ; b-Mặt cắt ngang thung lũng sông. RM:Mực nước sông vào mùa lũ;
 PO:Mực nước sông mùa khô. 1-Trầm tích của thung lũng sông (bồi tích); 2-Đá góc.
 (Sarugin,1962)

Đến một giai đoạn nào đó, các khúc uốn của sông ngày càng phình rộng ra (hình 3.12), tốc độ dòng chảy nhỏ, không còn hiện tượng xói lở hay bồi tụ nữa. Khi

vào mùa lũ thung lũng sông ngập nước, có những thời kỳ khi nước mới dâng hoặc khi rút gần hết, nước sông có thể xé lạch qua những lớp bồi tích còn chưa cố kết chặt chẽ để chảy thẳng từ khúc sông này sang khúc sông khác. Dần dần lạch nước đó trở thành dòng chảy mới của sông, lối vào ra của khúc uốn bị lắp kín. Khi đó khúc uốn bắt đầu bị tách biệt với dòng sông, nước trong đó trở thành tù hãm. Đó chính là những hò sót, còn gọi là hò móng ngựa.



Hình 4. 41. Sơ đồ về sự phát triển của khúc uốn sông (A) và sự hình thành hò sót (B) a-Pha uốn khúc đầu tiên, b-Tuần tự các pha tiếp sau, HS-Hồ sót
(Theo E.Haug)

Các khúc uốn làm cho chiều dài của dòng sông (l) tăng so với chiều dài thung lũng (L). Tỷ lệ l/L được gọi là HSUK của dòng sông. Trên cơ sở lý thuyết tính HSUK của sông ($HSUK = l/L$; l : chiều dài của dòng sông, L : chiều dài thung lũng). Từ đó, chia HSUK thành 3 mức: mức độ thấp ($HSUK < 1,05$), mức trung bình ($HSUK 1,05 - 1,20$), mức cao ($HSUK > 1,20$). Sau khi phân vùng được mức độ uốn khúc của sông kết hợp với hiện trạng XLBS ở khu vực trọng điểm có được từ các đợt khảo sát thực địa, ta có thể đánh giá mối tương quan giữa hiện trạng (mật độ) các điểm xói lở đối với từng mức độ uốn khúc (thấp, trung bình và cao).

Chỉ số độ dốc lòng sông (Cross-Slope ratio CSR);

Trong toán học, độ dốc (slope) hay gọi là gradient là một đường thẳng biểu diễn độ dốc hay gradient. Giá trị của độ dốc càng cao thì độ nghiêng của đường thẳng càng cao. Độ dốc lòng sông KVNC có thể chia ra làm 3 mức như sau:

Đoạn sông có độ dốc cao: độ dốc $> 0,02^\circ$

Đoạn sông có độ dốc trung bình: độ dốc từ $0,01^\circ - 0,02^\circ$

Đoạn sông có độ dốc thấp: độ dốc $< 0,01^\circ$

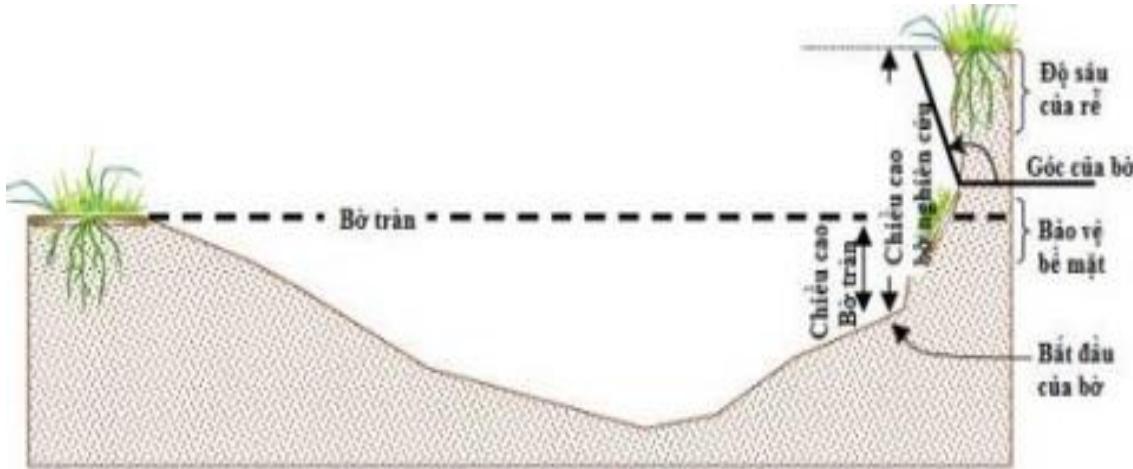
Đánh giá vai trò của độ dốc lòng với XLBS dựa trên các bản đồ độ dốc lòng và các vị trí xói lở đã được điều tra khảo sát và đưa lên bản đồ. Thông thường XLBS có xu thế như sau: độ dốc lòng lớn có nguy cơ xói lở trung bình, độ dốc lòng trung bình có nguy cơ xói lở mạnh và độ dốc lòng nhỏ có nguy cơ xói lở yếu.

Chỉ số địa chất bờ (DCB)

Để phân cấp nguy cơ XLBS theo yếu tố đất đá cấu tạo bờ cho bờ sông KVNC cần tiến hành phân chia thông qua việc xây dựng các mặt cắt đứng dọc bờ. Mặt cắt địa chất dọc bờ trên sông Đồng Nai – Sài Gòn tại một số vị trí mặt cắt điển hình như sau:

Chỉ số hiểm họa sạt lở bờ (Bank Erosion Hazard Index, BEHI)

Những đặc điểm bờ quan trọng và nhạy cảm với các quá trình xói mòn khác nhau được xác định để xây dựng chỉ số hiểm họa sạt lở (Bank Erosion Hazard Index, BEHI) dựa trên nghiên cứu của Rosgen (2001). Các tài liệu đo đạc tại các mặt cắt phục vụ cho việc tính toán theo phương pháp của Rosgen (2001). Các thông số gồm chiều cao bờ nghiên cứu, chiều cao bờ tràn (mực nước đầy bờ lớn nhất), độ sâu rễ cây, mật độ rễ, phần trăm diện tích bề mặt bờ được bảo vệ, góc của bờ, thành phần hạt đất. Chi tiết mặt cắt khảo sát như sau:

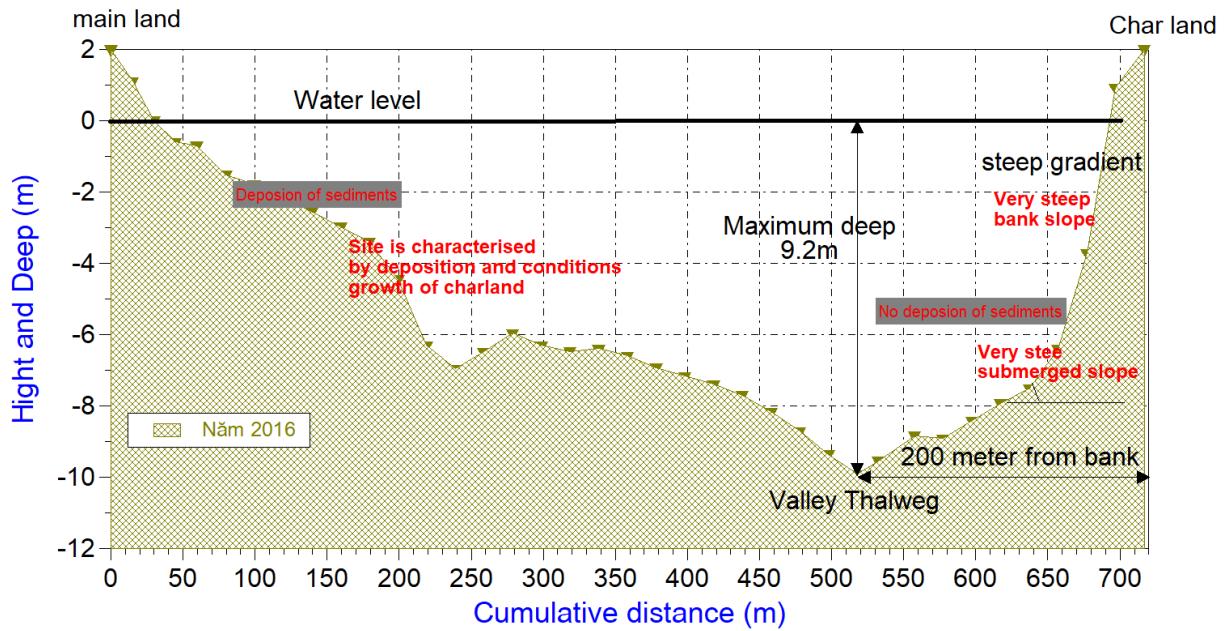


Giá trị (Value) của mỗi thông số này sẽ được quy đổi sang “Chỉ số hiểm họa” được phân thành nhiều mức khác nhau từ 1-10 (mức điểm 10 là mức hiểm họa cao nhất). Sau đó, tính tổng “Chỉ số hiểm họa” của tất cả các thông số. Tương ứng với từng tổng điểm này sẽ biểu thị hiểm họa sạt lở tiềm tàng từ thấp (tổng điểm từ 5 - 19.5), trung bình (tổng điểm từ 20 - 29.5), cao (tổng điểm từ 30 - 39.5), và rất cao (tổng điểm từ 40 - 50). Bảng 6.1 dưới đây thể hiện cách quy đổi từ giá trị (Value) sang chỉ số (Index) và mức độ hiểm họa tương ứng; trong đó có sự tổng hợp lại các mức độ nguy cơ so với cách phân chia nguyên thủy của Rosgen, như: mức độ rất thấp và thấp được quy vào một mức Thấp, mức độ rất cao và cực kỳ cao thì được quy lại thành một mức Rất cao. Khi tính toán, tùy theo đặc điểm đất bờ mà tổng điểm này sẽ được hiệu chỉnh tăng thêm hay giảm đi. Cụ thể, nếu là đất nền đá, sỏi cuội thì trừ đi 10 điểm từ tổng điểm. Nếu đất sỏi dăm thì cộng thêm từ 5 - 10 điểm tùy theo thành phần cát chiếm bao nhiêu phần trăm. Nếu là đất cát thì cộng thêm 10 điểm, còn đất bùn/sét thì không phải hiệu chỉnh.

Bảng 4. 14:Các đặc tính bờ sông phục vụ cho thiết lập các chỉ số BEHI

Rủi ro phụ thuộc hoặc mức độ hiểm họa	Chiều cao bờ/Mực nước lớn nhất	Chiều sâu rẽ/Chiều cao bờ	Mật độ rẽ (%)	Góc của bờ (độ)	Bảo vệ bờ mặt (%)	Tổng
Thấp	Giá trị	1,0-1,19	1,0-0,5	100-55	0-60	100-55
	Chi số	1,0-3,9	1,0-3,9	1,0-3,9	1,0-3,9	5-19,5
Trung bình	Giá trị	1,2-1,5	0,49-0,3	54-30	61-80	54-30
	Chi số	4,0-5,9	4,0-5,9	4,0-5,9	4,0-5,9	20-29,5
Cao	Giá trị	1,6-2,0	0,29-0,15	29-15	81-90	29-15
	Chi số	6,0-7,9	6,0-7,9	6,0-7,9	6,0-7,9	30-39,5
Rất cao	Giá trị	>2,1	<0,14	<14	>91	<14
	Chi số	8,0-10	8,0-10	8,0-10	8,0-10	40-50

River cross section profile along the line A - B at Buu Long



Chỉ số ứng suất gần bờ (Near Bank Stress, NBS)

Hiểm họa sạt lở bờ dưới ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực được đánh giá qua chỉ số NBS (Near Bank Stress). Chỉ số này được tính từ tỷ số giữa ứng suất gần bờ/ Ứng suất bờ, được tính theo công thức sau:

$$NBS = \frac{\text{Ứng suất gần bờ}}{\text{Ứng suất bờ}}$$

Trong đó:

$$\text{Ứng suất gần bờ} (\text{Ứng suất bờ}) = \frac{g}{M^2 h^{1/3}} \rho V^2$$

g: gia tốc trọng trường [m/s²]

ρ : khối lượng riêng [kg/m^3]

M: hệ số nhám Manning [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];

h: độ sâu mực nước [m];

V: vận tốc dòng chảy tại vị trí đang tính [m/s]

Trong vùng tính toán, ứng suất gần bờ được tính ở vị trí cách bờ $1/3$ bờ rộng sông. Vị trí $1/3$ bờ rộng sông tính từ bờ là khá phù hợp. Ở những đoạn cong, luồng sông rất sát với bờ lõm, vì thế ở vị trí $1/3$ bờ rộng sông tính từ bờ lõm cho ứng suất rất lớn.

Chỉ số tải trọng bờ (TTB);

Tải trong bờ được tính trong phạm vi cách bờ sông 50m. Chỉ số tải trọng bờ được nhóm nghiên cứu chia thành 4 mức: thấp, trung bình, cao và rất cao, tương ứng với các trường hợp: không tải (Nguy cơ thấp), nhà cấp 4 (nguy cơ trung bình), nhà cao tầng/chung cư (nguy cơ cao) và nguy cơ rất cao khi gần bờ có công trình cảng/đường giao thông. Thang điểm cho chỉ số tải trọng bờ cũng tuyển tính một cách định tính theo các mức độ, từ 5 – 50 điểm ứng với các tải trọng từ thấp đến cao. Bảng 6.5 trình bày phân loại các hình thức tải trọng bờ tương ứng với thang điểm.

Bảng 4. 15: Phân loại và thang điểm chỉ số tải trọng bờ sông

Danh giá tải trọng bờ	Phân loại tải trọng	Điểm
Thấp	Không có tải trọng	5 - 20
Trung bình	Nhà cấp 4	21 - 30
Cao	Nhà cao tầng, chung cư	31 - 40
Rất cao	Đường giao thông, công trình cảng	41 - 50

Chỉ số công trình bảo vệ bờ (CTBV).

Công trình bảo vệ bờ được thu thập từ các nghiên cứu trước, đồng thời kết hợp với tài liệu thu thập và khảo sát thực địa để phân thành 4 loại công trình ứng với các trường hợp có khả năng xảy ra nguy cơ sạt lở bờ. Công trình kiên cố (5 – 20), công trình bán kiên cố (21 – 30), không có công trình (31 – 40) và công trình đang bị sạt lở (41 – 50). Điểm số dao động tùy thuộc vào mức độ của các loại công trình tại vị trí đang xét. Thang điểm ứng với các loại công trình bảo vệ bờ được trình bày như trong bảng dưới đây.

Bảng 4. 16: Phân loại và thang điểm chỉ số công trình bảo vệ bờ

Danh giá công trình bảo vệ bờ	Phân loại công trình	Điểm
Thấp	Công trình kiên cố	5 - 20
Trung bình	Công trình bán kiên cố	21 - 30
Cao	Đang trinh	31 - 40
Rất cao	Có công trình đang sạt lở	41 - 50

9. 2. Xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh theo phương pháp AHP.

Với nguyên tắc so sánh cặp thông minh cho các nhân tố tác động phát sinh nguy cơ XLBS với các nhân tố thành phần thủy động lực, độ uốn khúc, độ dốc lòng sông, địa chất bờ, hiểm họa sạt lở bờ, ứng suất gần bờ, tải trọng bờ và công trình bảo vệ bờ, xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh (8 yếu tố với các điểm tương ứng 1,2,3,4,5,6,7,8). Việc cho điểm, tính trọng số của mỗi yếu tố thể hiện vai trò của từng yếu tố trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS. AHP là một phương pháp đưa ra quyết định, nó đưa ra thứ tự sắp xếp của những chỉ tiêu và nhờ vào đó người quyết định có thể đưa ra quyết định cuối cùng hợp lý nhất do đó cần có sự tham vấn nhiều chuyên gia. Cơ sở của việc cho điểm chính là mức độ phân bố XLBS trên mỗi yếu tố đó. Việc đánh giá mức độ nhạy cảm trên thang cho điểm có thể biểu thị sự ưu tiên của chúng một cách thích đáng đối với XLBS. Để đem đến cho thang điểm này một ý nghĩa cụ thể, người ta đã sử dụng nguyên lý của sự phân hóa về ngữ nghĩa: một đầu của thang điểm này được gán với đại lượng định tính và đầu kia nhận một đại lượng định tính nghịch đảo. Phân tích độ nhạy cảm của yếu tố thành phần (nguy cơ XLBS theo từng yếu tố phát sinh) dựa trên cơ sở đánh giá mỗi tương quan yếu tố tác động phát sinh với hiện trạng phân bố XLBS. Phân tích so sánh cặp được ứng dụng nhằm xác định vai trò của từng yếu tố thể hiện bằng trọng số của nó trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS, kết quả được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 4. 17: Ma trận so sánh các yếu tố phát sinh/ ảnh hưởng đến XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai

Các nhân tố	Thủy động lực	Địa chất bờ	Tải trọng bờ	Độ dốc lòng sông	Hiểm họa sạt lở bờ	Độ uốn khúc	Ứng suất gần bờ	Công trình bảo vệ bờ	Trọng số (Wj)
Thủy động lực	1	2	3	4	5	6	7	8	0.433
Địa chất bờ	1/2	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5	4	0.206
Tải trọng bờ	1/3	1/2	1	1.33	1.67	2	2.33	2.67	0.126
Độ dốc lòng sông	1/4	1/3	1/2	1	1.25	1.4	1.75	2	0.084
Hiểm họa sạt lở bờ	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1.2	1.40	1.6	0.059
Độ uốn khúc	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1.17	1.33	0.042
Ứng suất gần bờ	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1.14	0.030
Công trình bảo vệ bờ	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0.021

Phân tích độ nhạy cảm của yếu tố thành phần (nguy cơ XLBS theo từng yếu tố phát sinh) dựa trên cơ sở đánh giá mỗi tương quan yếu tố tác động phát sinh nguy cơ XLBS với hiện trạng phân bố XLBS. Phân tích so sánh cặp được ứng dụng nhằm xác định vai trò của từng yếu tố thể hiện bằng trọng số của nó trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS trong đó có sự tham khảo của nhiều ý kiến chuyên gia. Trên cơ sở đó cho phép xây dựng các bản đồ nguy cơ XLBS thành phần. Bản đồ nguy cơ XLBS là tổng hợp các bản đồ nguy cơ thành phần. Phương pháp này được ứng dụng để xây dựng bản đồ nguy cơ XLBS khu vực hạ du sông Đồng Nai.

Chỉ số nguy cơ xói lở bờ sông) thể hiện theo công thức sau:

$$H = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij} \quad (2)$$

Trong đó: H Chỉ số nhạy cảm về xói lở bờ, X_{ij} là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố j (chỉ số mức độ tác động thể hiện mức độ (cường độ) tác động của yếu tố, W_j là trọng số của nhân tố j trong tổng thể tập hợp các nhân tố xói lở bờ sông. Điểm số của các lớp trong từng nhân tố và trọng số nhân tố được xác định theo các mức nguy cơ xói lở (NCXL) cao, trung bình, thấp và không có nguy cơ XLBS ứng với các điểm cấp nguy cơ xói lở là 5,3,1,0.

Bản đồ nguy cơ xói lở bờ sông được xây dựng trên cở sở tích hợp các bản đồ nguy cơ XLBS theo các thành phần nhân tố gây xói lở, thể hiện theo công thức (1) nêu trên. Kết quả tổng hợp điểm số các lớp và trọng số các nhân tố gây XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai được thống kê như bảng sau:

Bảng 4. 18. Bảng tổng hợp điểm số các lớp và trọng số các nhân tố gây XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai.

Thành phần	Trọng số	Thứ tự cấp	Cấp nguy cơ trong thành phần	Chiều dài (m)	Điểm cấp nguy cơ (X_i)
Thủy động lực	0.433	1	Nguy cơ XLBS cao	169818	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	139769	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	320618	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	405385	0
Độ dốc lòng sông	0.084	1	Nguy cơ XLBS cao	116844	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	121233	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	552194	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	245320	0
Địa chất bờ	0.206	1	Nguy cơ XLBS cao	492159	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	163666	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	202118	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	177648	0
Ứng suất gần bờ	0.030	1	Nguy cơ XLBS cao	26654	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	33392	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	312404	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	663141	0
Độ uốn khúc	0.042	1	Nguy cơ XLBS cao	191203	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	508202	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	162282	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	173903	0
Tải trọng bờ	0.126	1	Nguy cơ XLBS cao	69208	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	174908	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	116337	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	675138	0
Công trình bảo vệ bờ	0.021	1	Nguy cơ XLBS cao	116532	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	781076	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	91616	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	46367	0
Hiểm họa sạt lở bờ	0.059	1	Nguy cơ XLBS cao	301874	5
		2	Nguy cơ XLBS trung bình	397244	3
		3	Nguy cơ XLBS thấp	83671	1
		4	Không có nguy cơ XLBS	252802	0

Tích hợp các bản đồ nhân tố gây XLBS đã được trọng số hóa bằng công cụ GIS. Kết quả tích hợp này cho bản đồ với các giá trị định lượng liên quan đến xói lở bờ sông. Cụ thể trong trường hợp nghiên cứu vùng hạ du sông Đồng Nai là tích hợp 8 bản đồ nhân tố nguy cơ XLBS để có được bản đồ về chỉ số nhạy cảm xói lở bờ sông như sau:

$$[\text{Chỉ số nhạy cảm}] = 0,433[\text{Thủy động lực}] + 0,084[\text{Độ dốc lòng sông}] + 0,206[\text{Địa chất bờ}] + 0,030[\text{Ứng suất gần bờ}] + 0,042[\text{Độ uốn khúc}] + 0,126[\text{Tải trọng bờ}] + 0,021[\text{Công trình bảo vệ bờ}] + 0,059[\text{Hiểm họa sạt lở bờ}].$$

Các bản đồ thành phần được xây dựng với các lớp có giá trị là điểm số được xác định trong khoảng 0-5. Như vậy bản đồ tích hợp từ 8 bản đồ thành phần chỉ số nhạy cảm gây XLBS nêu trên, về lý thuyết, sẽ có giá trị của từng pixel, thể hiện độ nhạy cảm, thay đổi từ 0, trong trường hợp tất cả các giá trị trong bản đồ thành phần là 0, tức không có nguy cơ xói lở (NCXL) đến 5, trong trường hợp tất cả các giá trị trong bản đồ thành phần là 5, tức có NCXL cao. Việc phân chia dữ liệu thường có nhiều cách chia, trong đó có 3 phương pháp như sau: chia theo khoảng đều nhau; chia ngắt dữ liệu tự nhiên; chia theo độ lệch chuẩn. Nếu chia theo khoảng đều nhau (equal interval), các dữ liệu được chia nhóm thành với khoảng giá trị đều nhau, ngoại trừ các giá trị ở khoảng chặn trên và chặn dưới. Chia theo ngắt ngưỡng tự nhiên (natural break) dựa trên cơ sở nhóm tự nhiên vốn có trong tập hợp dữ liệu và các ngưỡng được xác định sao cho nhóm được các giá trị tương tự nhau và khoảng cách giữa các lớp được tối đa hóa. Chia theo độ lệch chuẩn (standard deviation) thể hiện sự đổi giá trị thuộc tính đối tượng từ giá trị trung bình, các ngưỡng phân chia được tạo ra với khoảng giá trị đều theo tỷ lệ với độ lệch chuẩn - thường là các khoảng bằng $1\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, hay $\frac{1}{4}$ độ lệch chuẩn.

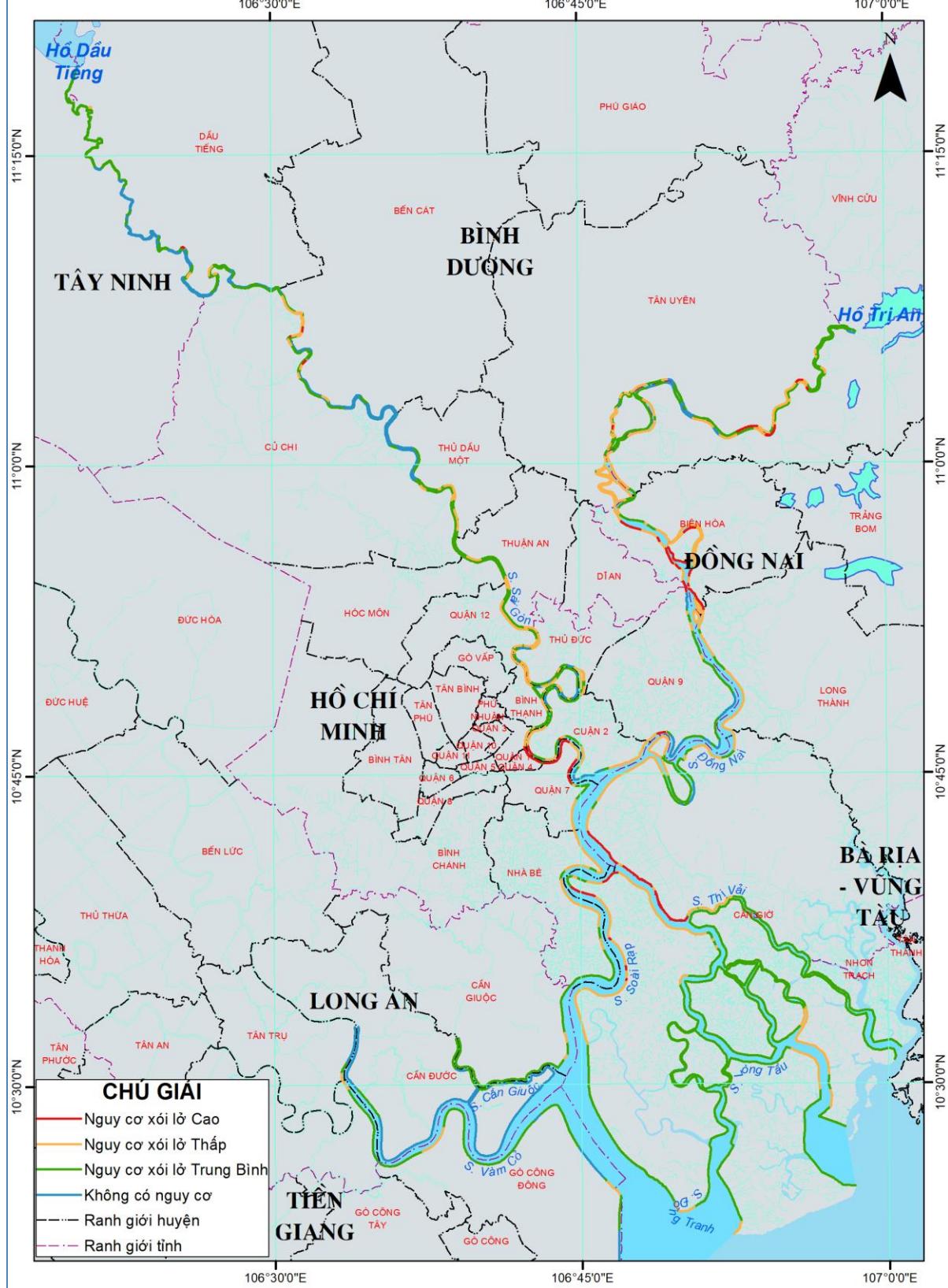
Trong trường hợp bước nhảy là 1 độ lệch chuẩn thì các ngưỡng giá trị phân chia thường là: giá trị trung bình $\pm (0,5 + k) \times$ độ lệch chuẩn, với $k = 0, 1, 2, \dots$. Kết quả xây dựng bản đồ NCXL bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai được chỉ ra trong hình vẽ 1 và thống kê trong bảng 4 như sau:

Bảng 4. 19. Bảng thống kê nguy cơ xói lở (NCXL) khu vực hạ du sông Đồng Nai.

STT	Cấp nguy cơ XLBS	Chiều dài (m)	Tỷ lệ %
1	Nguy cơ XLBS cao	42740	4.13
2	Nguy cơ XLBS trung bình	248454	23.99
3	Nguy cơ XLBS thấp	566613	54.71
4	Không có nguy cơ XLBS	177783	17.17

Kết quả nghiên cứu trên cho thấy có thể sử dụng phương pháp phân tích cấp bậc AHP để đánh giá nguy cơ XLBS vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. Các vị trí sạt lở đã được kiểm chứng trong thực tế trong quá trình điều tra thực địa. Kết quả phân vùng nguy cơ xói lở cho thấy vùng hạ du sông Đồng Nai có khoảng 5% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở cao, 24% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở trung bình và 55% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở thấp. Các khu vực có nguy cơ xói lở cao như đoạn qua xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu tỉnh Đồng Nai, qua huyện Định Quán và Tân Uyên của Bình Dương...

BẢN ĐỒ NGUY CƠ XÓI LÒ BỜ SÔNG
VÙNG HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐÔNG NAI GIAI ĐOẠN HIỆN TRẠNG



Hình 4. 42: Bản đồ phân vùng NCXL bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

Nhận xét

Trên cơ sở kết quả phân vùng nguy cơ xói lở nêu trên xác định vùng có nguy cơ xói lở cao. Kết quả phân vùng như sau:

Tỉnh	Huyện	Xã/phường	Mức độ xói lở (m)				
			Không có nguy cơ	Nguy cơ xói lở thấp	Nguy cơ xói lở trung bình	Nguy cơ xói lở cao	Grand Total
Đồng Nai	Biên Hòa	An Bình		335	3603	641	4579
		Bửu Hòa			1116	1429	2545
		Bửu Long	240	4484	496		5219
		Hóa An			1524	815	2339
		Hiệp Hòa			6407	3618	10025
		Hòa Bình		792	104		896
		Long Bình Tân		266	3090	2455	5811
		Quyết Thắng		144	1273		1417
		Tân Hạnh			1537	1045	2582
		Tân Mai			576		576
		Tân Vạn			1560	992	2552
		Tam Hiệp			921		921
		Thánh Bình		288	347		636
		Thống Nhất		96	2654		2750
	Biên Hòa Total		240	6405	25208	10995	42848
		Long Thành					
		Long Hng		2460	4034		6494
		Tam An			6588		6588
		Tam Phốc			663		663
		Long Thành Total		2460	11285		13745
		Nhơn Trạch					
		Đại Phốc		11833	9491		21324
		Long Tân	21	5700	4828		10549
		Phốc An		8354	344		8699
		Phốc Khánh		480	3971	8141	12591
		Phú Đông				2421	2421
		Phú Hồi		960	7193	762	8915
		Phú Thạnh	2679	506			3185
		Vinh Thánh			1143		1143
	Nhơn Trạch Total		2700	27833	26970	11323	68826
		Vĩnh Cửu					
		Bình Hòa		885	4098		4983
		Bình Lợi	3504	4500	3526		11530
		Huối Liêm		1606			1606
		Tân An	63	7317	1430	1385	10195
		Tân Bình		2174	1274		3447
		Thạnh Phú	456		47		503
		Thiên Tân	960	1800	4703	226	7688
		Trị An	780	6174	555		7510
		Vĩnh Cửu Total		5763	24456	15633	1610
							47463

Tỉnh	Huyện	Xã/phường	Mức độ xói lở (m)				
			Không có nguy cơ	Nguy cơ xói lở thấp	Nguy cơ xói lở trung bình	Nguy cơ xói lở cao	Grand Total
Đồng Nai			8703	61154	79096	23929	172882
Bình D-ong	Bến Cát	An Tây	8319	4265	3340	720	16644
		Phú An	7169	700			7869
	Bến Cát Total		15488	4965	3340	720	24513
	Dầu Tiếng	Định Thành	180	6726	240		7146
		Dầu Tiếng	820	9542			10362
		Thánh An	11260	4361		35	15656
		Thánh Tuyên	9440	7011	1420	205	18077
	Dầu Tiếng Total		21700	27639	1660	240	51239
	Dĩ An	Bình An				549	549
	Dĩ An Total					549	549
	Tân Uyên	Bạch Đằng	480	12335	1870	233	14918
		Hiếu Liêm		3186			3186
		Khánh Bình		1215	2205	7	3427
		Lạc An		5527	4148	600	10275
		Tân Mỹ	1418	2160	422		4000
		Thái Hòa			2668		2668
		Thạnh Hới		700	9935		10635
		Thanh Phốc		1020	4588		5608
		Thông Tân	1220	5760	2720	1892	11592
		Uyên Hng	480	2026	2280		4786
	Tân Uyên Total		3598	33929	30837	2732	71096
	Thủ Dầu Một	Chánh Mỹ	1220	3382	180		4782
		Chánh Nghĩa		1160	1160		2320
		Phú Còng		11	1730		1741
		Phú Thọ		486	730		1216
		Tân An	4954				4954
		Tổng Bình Hiệp	197	1267			1464
	Thủ Dầu Một Total		6372	6306	3800		16478
	Thuận An	Ân Sơn		3367	1280		4647
		Bình Nhâm		1883			1883
		Lái Thiêu		1576	1120		2696
		Vĩnh Phú		3448	678		4127
	Thuận An Total			10274	3078		13352
Bình D-ong Total			47158	83113	42716	4241	177227
Hồ Chí Minh city	Bình Thành	13			2528		2528
		22	208	2009	100		2317
		25	132	792	1060		1984
		26		788	48		836

Tỉnh	Huyện	Xã/phường	Mức độ xói lở (m)				
			Không có nguy cơ	Nguy cơ xói lở thấp	Nguy cơ xói lở trung bình	Nguy cơ xói lở cao	Grand Total
		27	631	1914	339		2884
		28	2640	4666	1901		9207
	Bình Thạnh						
	Total		3611	10169	5976		19756
	Cần Giờ	An Thủ Đông	60	33393	10410	420	44283
		Bình Khánh		2598	16183	3957	22737
		Cần Thanh		3970			3970
		Long Hòa		18115	6203		24318
		Lý Nhơn		20463	4443		24906
		Tam Thôn Hiệp		74314	1305		75619
		Thạnh An		24885	8165		33050
	Cần Giờ						
	Total		60	177738	46709	4377	228884
	Củ Chi	Ân Phú		3301	5220	60	8581
		An Nhơn Tây	420	4125	580		5125
		Bình Mỹ		8297	540		8837
		Hoà Phú	1002	740	580		2322
		Nhuận Đức	700	3251	420		4371
		Phạm Văn Cội		206			206
		Phú Hoà Đông	4119	1074			5193
		Phú Mỹ Hng	3680	5807	240		9728
		Trung An	10078	520			10598
	Củ Chi						
	Total		20000	27321	7580	60	54962
	Hóc Môn	Nhị Bình		5123	207		5330
	Hóc Môn						
	Total			5123	207		5330
	Nhà Bè	Hiệp Phúc		8269	4569		12838
		Long Thới		167	2391		2558
		Nhà Bè			2079		2079
		Phú Xuân		1633	5126		6759
	Nhà Bè						
	Total			10069	14166		24235
	Quận 1	Bến Nghé		431	1520	25	1977
		Nguyễn Thái Bình				150	150
	Quận 1						
	Total			431	1520	175	2127
	Quận 12	An Phú Đông		2180	4953		7133
		Thanh Lộc		1280	2764		4044
	Quận 12						
	Total			3460	7717		11177
	Quận 2	Ân Phú		811			811
		An Khánh			1947		1947
		An Lợi Đông	40	2690	1000	60	3789
		Bình An		1454	320		1774
		Bình Khánh		552	460	0	1012
		Bình Trng Tây		717			717
		Cát Lái		180	2896		3076

Tỉnh	Huyện	Xã/phường	Mức độ xói lở (m)				
			Không có nguy cơ	Nguy cơ xói lở thấp	Nguy cơ xói lở trung bình	Nguy cơ xói lở cao	Grand Total
		Thảo Điền	1880	3237	60		5177
		Thạnh Mỹ Lợi	3954	1451	3318		8723
		Thủ Thiêm		150	394	820	1364
	Quận 2		5874	11242	10395	880	28391
	Quận 4	12				471	471
		13				700	700
		18		255		714	969
	Quận 4			255		1885	2140
	Quận 7	Ph Mỹ			1190		1190
		Phó Thuận		3420	1788	303	5511
		Tân Thuận Đông		105	1940	5637	7682
	Quận 7			3525	4918	5940	14383
	Quận 9	Long Bình	1740	3845	3866	330	9781
		Long Phước	5418	7555			12972
		Long Tròn	4242	404			4647
		Phú Hữu		136	1186	660	1981
	Quận 9		11400	11940	5052	990	29382
	Thủ Đức	Hiệp Bình Chánh	520	2997	1486		5003
		Hiệp Bình Phố	1660	1400	3016		6076
		Linh Đông	708	277			986
		Tròn Thọ	12	2480	5059		7551
	Thủ Đức		2900	7154	9561		19615
	Hồ Chí Minh city Total		43846	268428	113801	14307	440381
Long An	Cần Đốc	Long Hựu Đông	13461	1620			15081
		Long Hựu Tây	9707				9707
		Phước Đông	7511	1740			9251
		Phước Tuy	5330	150			5480
		Tân An	443	2925			3368
		Tân Chánh	8795				8795
		Tân Lân	262	2775			3037
		Tân trạch	821				821
	Cần Đốc		46328	9210			55538
	Cần Giuộc	Đông Thành		3708			3708
		Long Phong		3473			3473
		Phước Vĩnh Đông		3050			3050
		Tân Tập	60	9989	1240		11289
	Cần Giuộc		60	20220	1240		21520
	Châu	Thánh Vinh	123				123

Tỉnh	Huyện	Xã/phường	Mức độ xói lở (m)				
			Không có nguy cơ	Nguy cơ xói lở thấp	Nguy cơ xói lở trung bình	Nguy cơ xói lở cao	Grand Total
	Thành	Đông					
		Thuận Mỹ	550	6761	842		8154
	Châu Thành						
	Total		673	6761	842		8277
	Tân Trụ	Nhứt Ninh	242	994	631		1867
		Tân Phúc Tây	3186				3186
	Tân Trụ			994	631		5052
Long An	Total		3427				
			50489	37186	2714		90388

10. 3. Xây dựng bộ tiêu chí phân loại xói lở bờ vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

Trên cơ sở đánh giá mức độ diến biến lòng dẫn kết hợp với điều tra thực tế về hiện trạng xói lở bờ sông, mức độ thiệt hại cũng như tham khảo một số tài liệu của các dự án, đề tài có liên quan, xác định tiêu chí phân loại xói lở bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai. Dựa trên các tiêu chí, kết quả đánh giá để xác định được khu vực xói bồi trọng điểm vùng hạ du sông Đồng Nai.

Bảng 4. 20: Tiêu chí phân loại xói lở bờ vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai

STT	Bộ tiêu chí	Tiêu chí	Mức độ đánh giá	Nguy cơ sạt lở/mức độ sạt lở
1	Mức độ xói, bồi sạt lở bờ sông	Độ dốc địa hình bờ sông	Độ dốc mái địa hình >45°	cao
			Độ dốc mái địa hình từ 30° - 45°	trung bình
			Độ dốc mái địa hình từ 10° - 35°	thấp
			Độ dốc mái địa hình từ < 10°	Không có nguy cơ
		Cường độ mưa (mm/ngày)	>200mm/ngày	cao
			150mm/ngày < X < 200mm/ngày	trung bình
			100mm/ngày < X < 150mm/ngày	thấp
			X < 100mm/ngày	Không có nguy cơ
		Lưu tốc dòng chảy (m/s)	V > 1.6 m/s	cao
			0.6m/s < X < 1.6m/s	trung bình
			0.3m/s < X < 0.6m/s	thấp
			X < 0.3m/s	Không có nguy cơ
		Địa chất kiến tạo bờ sông	Sét mịn	cao
			Sét trung	trung bình
			Sét thô	thấp
			Cát mịn	Không có nguy cơ
		Lớp phủ thực vật bờ sông	Không có thảm phủ cây bảo vệ bờ	cao
			Có thảm phủ cây bảo vệ bờ mật độ rẽ thấp	trung bình
			Có thảm phủ cây bảo vệ bờ mật độ rẽ trung bình	thấp

STT	Bộ tiêu chí	Tiêu chí	Mức độ đánh giá	Nguy cơ sạt lở/mức độ sạt lở
2	Mức độ ảnh hưởng đến dân sinh kinh tế xã hội.	Có tải trọng bờ	Có thảm phủ cây bảo vệ bờ mật độ rẽ cao	Không có nguy cơ
			Tải trọng bờ >	cao
			Tải trọng bờ >	trung bình
			Tải trọng bờ >	thấp
		Vị trí, hình dạng lòng dẫn	Tải trọng bờ >	Không có nguy cơ
			Vị trí đoạn sông cong, tại đỉnh cong	cao
			Vị trí sau hạ du công trình khai thác trên sông: Đập, hồ chứa, công trình thu hẹp dòng chảy	cao
			Vị trí đoạn sông nhập lưu, phân lưu	trung bình
			Vị trí đoạn sông có hố xói cục bộ ép sát bờ, ghềnh đá...	cao
			Ảnh hưởng trực tiếp đến khu đô thị, khu dân cư sinh sống tập trung	Mức độ sạt lở đặc biệt nguy hiểm
		Hạ tầng xã hội	Có nguy cơ ảnh hưởng đến khu đô thị, khu dân cư sinh sống tập trung	Mức độ sạt lở nguy hiểm
			Ảnh hưởng trực tiếp đến các công trình hạ tầng quan trọng đang sử dụng gồm; sân bay, đường sắt, đường cao tốc, quốc lộ; bến cảng quốc gia; hệ thống điện cao thế từ 66KV trở lên; trường học, bệnh viện...	Mức độ sạt lở đặc biệt nguy hiểm
			Có nguy cơ ảnh hưởng đến các công trình hạ tầng quan trọng đang sử dụng gồm; sân bay, đường sắt, đường cao tốc, quốc lộ; bến cảng quốc gia; hệ thống điện cao thế từ 66KV trở lên; trường học, bệnh viện...	Mức độ sạt lở nguy hiểm

