

# Ứng dụng mô hình thủy động lực hai chiều (Mike 21) để mô phỏng chế độ bùn cát trên sông Hậu tại khu vực Long Xuyên – tỉnh An Giang

Cấn Thu Văn<sup>1,\*</sup>, Lục Anh Tuấn<sup>1</sup>, Ngô Chí Tuấn<sup>2</sup>, Cấn Thế Việt<sup>3</sup>, Lê Ngọc Anh<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Khoa Khí tượng Thủy văn và BDKH, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM, Việt Nam

<sup>2</sup>Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQGHN, Việt Nam

<sup>3</sup>Viện Môi trường Thủy lợi – Trường Đại học Thủy lợi, Việt Nam

## Liên hệ

Cấn Thu Văn, Khoa Khí tượng Thủy văn và BDKH, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM, Việt Nam

Email: ctvan@hcmunre.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 04-8-2021
- Ngày chấp nhận: 14-10-2021
- Ngày đăng: 28-11-2021

DOI: 10.32508/stdjsee.v5iS12.587



Check for updates

## Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## TÓM TẮT

Vấn đề nghiên cứu, tính toán, mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát và tính toán xói lở, bồi tụ ở các con sông là rất phức tạp. Hiện có nhiều phương pháp được áp dụng và đã cho thấy tính hiệu quả riêng của từng phương pháp. Tuy vậy, trước sự phát triển của hệ thống máy tính cũng như nền dữ liệu (đặc biệt là dữ liệu địa hình) tốt sẽ đảm bảo khả năng áp dụng mô hình thủy động lực để mô phỏng đạt kết quả cao. Ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) hiện có 406 đoạn bờ sông, kênh bị sạt lở, với tổng chiều dài 891 km, trong đó An Giang được đánh giá là một trong những địa phương bị ảnh hưởng nghiêm trọng nhất do sạt lở bờ sông. Nghiên cứu này sử dụng mô Hình 2 chiều Mike 21FM đang được ứng dụng rộng rãi để mô phỏng chế độ bùn cát trên hệ thống sông Tiền, sông Hậu và phân tích chi tiết cho khu vực thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang, đây là khu vực sạt lở nghiêm trọng trong những năm gần đây. Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy của mô hình cả về thủy động lực và bùn cát tại trạm thủy văn Vàm Nao cho thấy bộ thông số đảm bảo đủ độ tin cậy để tiến hành mô phỏng bùn cát trên hệ thống. Kết quả mô phỏng chế độ dòng chảy và vận tốc chỉ ra hướng di chuyển của bùn cát là từ bờ phải sang bờ trái và khu vực này xuất hiện nhiều hố xói và mức độ bùn cát di chuyển khỏi bờ đến 50kg/m<sup>3</sup>. Nhiều vị trí khác cũng chỉ ra nguy cơ gây sạt lở cao trong khu vực này. Kết quả này sẽ củng cố thêm cơ sở khoa học của phương pháp mô hình toán cùng với các phương pháp khác phục vụ cho việc mô phỏng tìm cơ chế, nguyên nhân gây sạt lở bờ sông, phục vụ công tác phòng chống và giảm nhẹ tác hại do sạt lở gây ra.

**Từ khóa:** Chế độ bùn cát, ĐBSCL, Sạt lở bờ sông, Thành phố Long Xuyên - An Giang

## GIỚI THIỆU

Bồi lắng, xói lở là một quá trình tự nhiên và xảy ra một cách liên tục ở hầu hết tất cả các con sông trên trái đất. Ngày nay vấn đề sạt lở bờ sông, trở nên đáng quan tâm là khi nó gây ra thiệt hại rất lớn cả người và của cải xã hội. Bồi/xói là một quá trình tương tác giữa dòng chảy và lòng sông diễn ra một cách thường xuyên và liên tục và kéo theo là diễn biến không ngừng của dòng sông. Nhiều thập kỷ qua rất nhiều nhà khoa học trên thế giới đã tập trung nghiên cứu hiện tượng bồi lắng lòng sông, sạt lở bờ sông theo nhiều hướng tiếp cận và phương pháp khác nhau như: (i) tiếp cận địa mạo học sông ngòi – là nghiên cứu về sự biến động hình thái của con sông theo thời gian và không gian. Những sự thay đổi này có thể là về: kích thước, hình dạng trên mặt bằng; (ii) tiếp cận thủy thạch động lực sông ngòi – là phân tích các cơ chế sạt lở, vận chuyển bùn cát và bồi lắng của bùn cát do dòng chảy trong sông, từ đó phát triển các phương pháp mô phỏng, tính toán các quá trình diễn biến lòng sông<sup>1</sup>. Đặc biệt trong những thập kỷ gần đây, với sự ra đời của hệ thống máy tính tốc độ cao và rất nhiều đóng

góp của các nhà khoa học khác trên thế giới, các phương trình mô tả sự vận động phức tạp của các con sông và diễn biến bùn cát đã được giải quyết để phát triển các phương pháp tính toán cao trình đáy sông trong dòng chảy không đều như: bồi lắng trong các hồ chứa; suy thoái dòng sông do tăng hoặc giảm tải bùn cát, lưu lượng. Đồng thời, các nghiên cứu bằng mô hình trong phòng thí nghiệm kết hợp với các số liệu đo đạc ngoài hiện trường cũng đã và đang được thu thập để nghiên cứu<sup>2</sup>.

Cả trong nước và quốc tế vấn đề nghiên cứu diễn biến lòng sông có thể tiến hành theo các phương pháp trong các nghiên cứu cơ bản như là: Phương pháp phân tích các tài liệu thực đo<sup>3</sup>, phương pháp mô hình vật lý<sup>4</sup>, phương pháp công thức kinh nghiệm<sup>1,5-8</sup> hay phương pháp mô hình toán<sup>9-15</sup>.

Ở nước ta trong nhiều thập kỷ qua, đã có không ít công trình nghiên cứu về bồi lắng, xói lở, vận chuyển bùn cát, ... ở các hệ thống sông, các nghiên cứu điển hình như<sup>1,5-8,13</sup>. Những kết quả nghiên cứu này đã phần nào giúp cho công tác cảnh báo, phòng chống sạt lở ở các triển sông hữu hiệu hơn, đặc biệt là vùng

**Trích dẫn bài báo này:** Văn C T, Tuấn L A, Tuấn N C, Việt C T, Anh L N. Ứng dụng mô hình thủy động lực hai chiều (Mike 21) để mô phỏng chế độ bùn cát trên sông Hậu tại khu vực Long Xuyên – tỉnh An Giang. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(S12):20-33.

ĐBSCL – nơi thường xảy ra hiện tượng sạt lở quy mô lớn và diễn biến phức tạp.

Các nghiên cứu ứng dụng các phương pháp khác nhau đã cho thấy khả năng ứng dụng và tính hữu ích của mỗi phương pháp. Tuy nhiên, mô phỏng sạt lở bờ vẫn là một vấn đề thách thức, vì dòng chảy của nước và bùn cát đi qua các kênh thay đổi liên tục theo thời gian, và vật liệu bờ trong tự nhiên thường đa dạng. Điều này làm hạn chế độ chính xác của các phương pháp còn có những nhược điểm cần khắc phục và phương pháp sử dụng mô hình toán thủy động lực học làm công cụ mô phỏng cũng không ngoại lệ. Mô hình toán khi sử dụng thường được hiệu chỉnh, kiểm định, thử nghiệm và áp dụng để mô phỏng một cách cụ thể, lý tưởng hóa thể hiện các hệ thống sông ngòi tự nhiên. Hơn nữa, khi tích hợp với mô hình số cao độ địa hình (DEM) độ phân giải cao sẽ giúp cho độ chính xác của mô hình ngày càng tăng lên. Đặc biệt bài toán mô phỏng cho mạng sông lớn và dày đặc như ở ĐBSCL thì việc áp dụng phương pháp mô hình toán đã cho thấy nhiều mặt tích cực.

Qua việc tổng quan vấn đề nghiên cứu hiện nay trên thế giới và ở Việt Nam cho thấy vấn đề nghiên cứu, tính toán, mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát và tính toán xói lở, bồi tụ ở các con sông là rất phức tạp. Hiện có nhiều phương pháp được áp dụng và đã cho thấy tính hiệu quả riêng của từng phương pháp. Tuy vậy, trước sự phát triển của hệ thống máy tính cũng như nền dữ liệu (đặc biệt là dữ liệu địa hình) tốt sẽ đảm bảo khả năng áp dụng mô hình thủy động lực để mô phỏng đạt kết quả cao.

Trước diễn biến phức tạp của hệ thống công trình thượng lưu sông Mê Công kèm theo là bối cảnh biến đổi khí hậu diễn ra khó lường, đã làm cho chế độ dòng chảy và vận chuyển bùn cát cũng khó lường không kém, đã gây ra nhiều đoạn sạt lở nghiêm trọng ở ĐBSCL nói chung và các đoạn trên dòng sông Hậu thuộc tỉnh An Giang nói riêng. Dựa vào nguồn số liệu về dòng chảy thu thập khá chi tiết hơn 10 năm, số liệu DEM phân giải cao, số liệu thực đo để kiểm nghiệm, ... đảm bảo khả năng áp dụng phương pháp mô hình toán. Nghiên cứu này sẽ tiến hành áp dụng mô hình 2 chiều MIKE 21 FM để mô phỏng chế độ bùn cát và diễn biến xói, bồi cho đoạn sông Hậu ở thành phố Long Xuyên để làm rõ hơn mức độ, xu thế và khả năng diễn biến bồi, xói ở khu vực này.

ĐBSCL thuộc hạ lưu sông Mê Công giữ vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế, nhất là kinh tế nông nghiệp, thủy sản đối với cả nước, chiếm 55% sản lượng lúa, 90% sản lượng gạo xuất khẩu. ĐBSCL với hơn 700 km bờ biển, chiếm 70% diện tích nuôi trồng thủy sản, ... Tuy nhiên, do ở cuối nguồn nước và trong bối cảnh biến đổi khí hậu, lại chịu hậu quả của

các công trình thủy điện phía thượng lưu nên ĐBSCL thường xuyên phải đối mặt với nguy cơ: suy giảm và thay đổi dòng chảy, suy giảm lượng phù sa từ thượng lưu xuống hạ lưu, suy giảm khả năng điều tiết nguồn nước giữa mùa mưa và mùa khô sẽ gây nên những tai biến bất thường như: hạn hán, lũ lụt, xâm nhập mặn, ô nhiễm nguồn nước, nước biển dâng,... đặc biệt là hiện tượng xói mòn, sạt lở nghiêm trọng trong những năm gần đây (Hình 1)<sup>1,16</sup>.

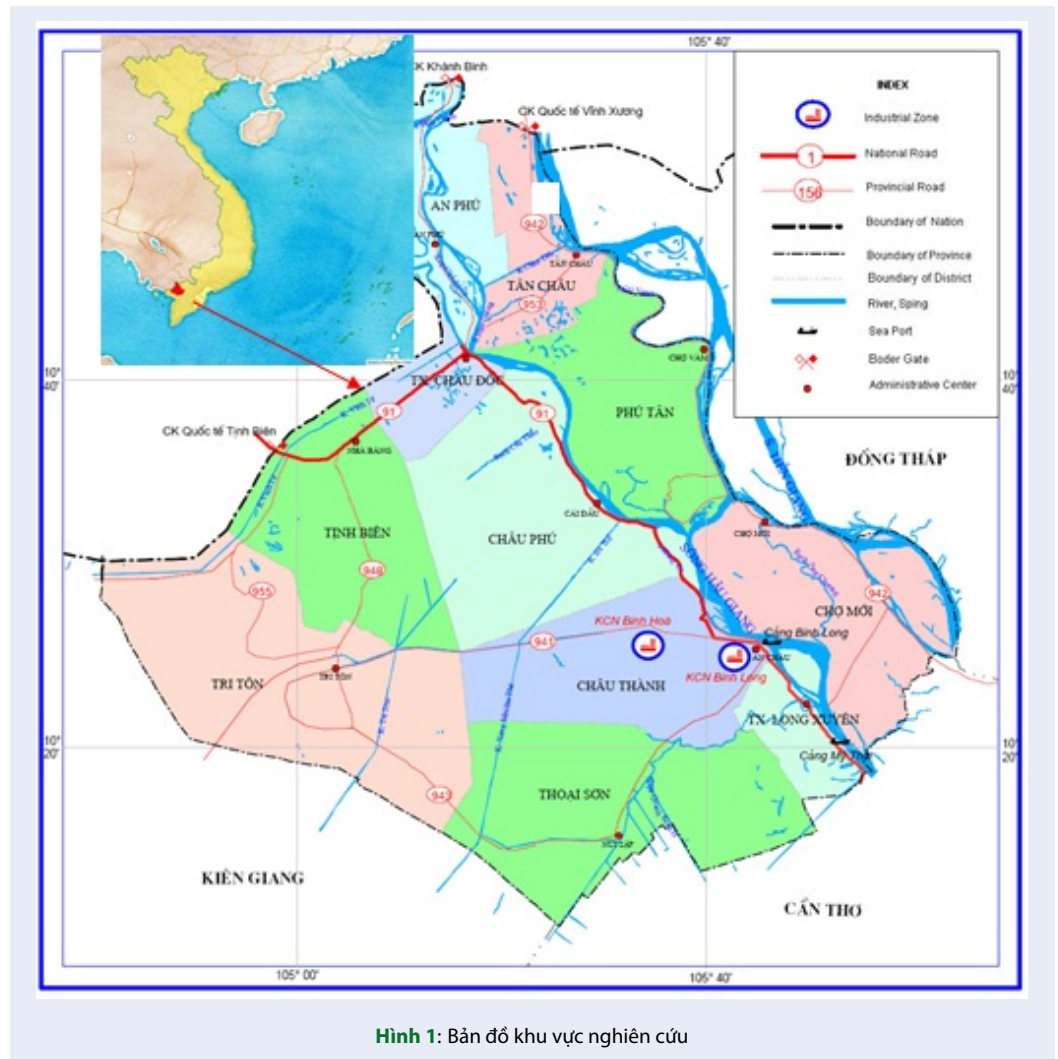
*Đặc điểm phù sa trên sông Cửu Long:* Thời kỳ trước năm 2009, vào các tháng cao điểm mùa lũ, hàm lượng phù sa lơ lửng sông Cửu Long không cao, đối với sông Hậu qua mặt cắt ngang Châu Đốc bình quân  $250\text{g/m}^3$  và sông Tiền qua mặt cắt ngang Tân Châu là  $550\text{g/m}^3$ . Trong các tháng cao điểm của mùa khô, hàm lượng phù sa lơ lửng có trong nước sông Tiền và sông Hậu dao động  $30 - 80\text{g/m}^3$ . Trong thời kỳ 2009 - 2015, hàm lượng phù sa lơ lửng sông Tiền qua mặt cắt ngang Tân Châu trong các tháng cao điểm mùa lũ xấp xỉ  $300\text{g/m}^3$  và sông Hậu qua mặt cắt ngang Châu Đốc gần  $200\text{g/m}^3$ ; các tháng cao điểm mùa khô xấp xỉ thời kỳ trước năm 2009. Từ đó thấy rằng hàm phù sa lơ lửng mùa lũ sông Cửu Long đang có xu hướng giảm dần trong 36 năm qua tính từ 1979 đến 2015, mức độ suy giảm bình quân năm tính chung cho hai mặt cắt ngang (Tân Châu+Châu Đốc) là  $11,6\text{g/m}^3/\text{năm}$ . Điều này phù hợp với thực tế, diễn biến của biến đổi khí hậu toàn cầu, cùng với tốc độ phát triển hệ thống đập thủy nông và thủy điện trên dòng chính và 21 phụ lưu của sông Mê Công, đồng hành với diện tích rừng và mật độ rừng phòng hộ đầu nguồn của các nước sông Mê Công chảy qua liên tục bị thu hẹp và thưa dần, là những nguyên nhân chính làm suy giảm hàm lượng phù sa lơ lửng sông Cửu Long<sup>17</sup>.

Tuy hàm lượng không cao, nhưng do tổng lượng dòng chảy lớn, nên tổng lượng phù sa lơ lửng hàng năm của sông Tiền và sông Hậu qua hai mặt cắt ngang tại Tân Châu, Châu Đốc tương đối lớn. Trong khi đó do có lượng dòng chảy lớn gấp 4-5 lần sông Hậu và hàm lượng phù sa cao hơn, nên tổng lượng phù sa sông Tiền qua mặt cắt ngang Tân Châu trong cùng các thời gian tương ứng lớn gấp nhiều lần so với của sông Hậu qua mặt cắt Châu Đốc. Trong thời kỳ 2009 - 2015, tổng lượng phù sa sông Tiền và sông Hậu có cùng tỷ lệ suy giảm tương ứng với mức độ suy giảm hàm lượng phù sa<sup>18</sup>.

## **DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **Cơ sở mô hình mô phỏng**

MIKE 21FM là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát



Hình 1: Bản đồ khu vực nghiên cứu

triển, được ứng dụng để mô phỏng các biến động 2 chiều của mực nước và dòng chảy trong hồ, cửa sông, vịnh, khu vực ven và ngoài biển. Hiện nay, xu thế mới đang chuyển sang sử dụng MIKE 21 Flow Model FM (gọi tắt là MIKE21 FM). Đây là mô hình thủy lực với lưới tính toán phi cấu trúc (Flexible Mesh, viết tắt là FM) là một hệ thống mô hình toán hoàn chỉnh cho các bài toán thủy lực 2 chiều (2D) và 3 chiều (3D) mới được DHI phát triển gần đây<sup>19,20</sup>.

Bộ phần mềm MIKE 21FM bao gồm trong đó rất nhiều các modul thành phần, phù hợp với những mục đích tính toán khác nhau như: MIKE 21 Flow Model; MIKE 21 Flow Model FM; MIKE 21 Spectral Wave FM; MIKE 21 Boussiesq Waves; MIKE 21 Non-Cohesive Sediment Transport; Và các phần môđun khác.

Mô hình MIKE 21 Flow Model FM được xây dựng và kết hợp các kỹ thuật mô hình mới sử dụng cách

tiếp cận lưới phi cấu trúc. Kỹ thuật này đã và đang được phát triển cho các ứng dụng liên quan đến môi trường của sông, khu vực ven biển, đại dương và tràn lũ trong đất liền. MIKE 21 Flow Model FM bao gồm các modul sau: • Modul thủy động lực (HD); • Modul vận chuyển bùn cát (ST); • Modul sinh thái (ECO).

**Modun thủy lực MIKE 21 HD:** Với những ưu điểm về việc tạo lưới linh hoạt và những cơ sở khoa học của MIKE 21 Nghiên cứu chế độ thủy lực tổng thể trên toàn đoạn sông và chi tiết tại từng vị trí. Bao gồm những đặc trưng về mực nước, lưu lượng, vận tốc dòng chảy và phân bố của chúng theo phương ngang. Đặc biệt là khả năng tính toán dòng chảy ở những đoạn sông có chế độ thủy động lực phức tạp, đặc biệt cả với vùng chịu ảnh hưởng của thủy triều. Đồng thời, tính toán biến hình lòng dẫn (xói, bồi lòng sông) và xói lở bờ sông trong trạng thái tự nhiên cũng như khi có các công trình xây dựng trên sông ...

**Modun vận chuyển trầm tích (Sediment Transport-Mike21MT):** Mô-đun vận chuyển bùn (MT) mô tả sự xói mòn, vận chuyển và lắng đọng của các hạt phù sa, bùn và đất sét dưới tác dụng của dòng chảy và sóng. Mô hình có thể mô phỏng sự hiện diện của nhiều phân số trong nhiều lớp. Cũng như mô phỏng sự hiện diện của cát mịn. Module có khả năng xử lý quá trình keo tụ cũng như cản trở quá trình lắng trong cột nước. Mô-đun Vận chuyển Bùn MIKE 21 (MIKE 21 MT) mô tả xói mòn, vận chuyển và lắng đọng bùn hoặc hỗn hợp cát / bùn dưới tác động của dòng chảy và sóng<sup>21</sup>.

**Hệ phương trình cơ bản:** Hệ phương trình mô phỏng bao gồm phương trình liên tục kết hợp với phương trình động lượng chiều ngang (x, y) mô tả sự biến đổi của mực nước và lưu lượng. Lưới tính toán sử dụng trong mô hình là lưới hình chữ nhật.

Để giải hệ phương trình trên người ta sử dụng phương pháp ADI (Alternating Direction Implicit) để sai phân hóa theo lưới không gian-thời gian. Hệ phương trình theo từng phương và tại mỗi điểm trong lưới được giải theo phương pháp Double Sweep.

**Độ ổn định, chính xác của mô hình và chỉ tiêu đánh giá sai số :** Độ ổn định và chính xác của mô hình được xác định theo điều kiện Courant.

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 thủy lực được thực hiện chủ yếu qua việc thay đổi hệ số nhám Manning, hệ số nhớt của dòng xoáy.

Sai số giữa số liệu thực đo và tính toán được đánh giá theo chỉ số NASH.

### Sơ đồ khối ứng dụng mô hình mô phỏng bùn cát sông Hậu

Các bước tính toán được thực hiện theo sơ đồ khối tại Hình 2.

### Cơ sở dữ liệu và thiết lập mô hình

#### + Dữ liệu địa hình và miền tính toán

Trong thiết lập mô hình toán, miền tính được xây dựng trên dòng chính của sông Cửu Long - bao gồm sông Tiền và sông Hậu. Trên sông Tiền, kéo dài từ Tân Châu đến Mỹ Thuận. Trên sông Hậu kéo dài từ Châu Đốc đến Cần Thơ. Lưới tính toán được xây dựng cho miền tính là lưới phi cấu trúc, bao gồm 8126 nút với 13464 phần tử thể hiện đầy đủ các khu vực trong lòng sông cũng như vùng bờ sông. Chiều dài lớn nhất của phần tử là 485 m và chiều dài nhỏ nhất là 15m mô tả cho khu vực lòng sông và bờ sông (Hình 3).

Cơ sở dữ liệu địa hình sử dụng trong việc xây dựng lưới tính phục vụ tính toán thủy lực cho khu vực

nghiên cứu được xử lý từ số liệu khảo sát địa hình những khu vực thuộc hệ thống sông có độ phân giải 30x30, khu vực nghiên cứu chi tiết độ phân giải 5x5. Dữ liệu địa hình sông được đo đạc bằng máy đo sâu hồi âm ADCP và ODOM tích hợp định vị GPS, file được xuất ra dạng “.txt”, được xử lý và làm sạch thành dạng các điểm bằng các công cụ GIS (Arcgis, Global Mapper) (Hình 4).

#### + Thiết lập điều kiện mô hình

**Thiết lập điều kiện biên:** Trong nghiên cứu này nhóm tác giả thiết lập cho miền tính 4 biên, bao gồm 2 biên đầu vào lấy số liệu lưu lượng và bùn cát tại trạm thủy văn Châu Đốc và trạm thủy văn Tân Châu, 2 biên hạ lưu lấy số liệu mực nước tại trạm thủy văn Mỹ Thuận và trạm thủy văn Cần Thơ. Chọn số liệu tại trạm Thủy văn Vàm Nao để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.

**Biên thượng lưu:** Biên lưu lượng lấy tại trạm thủy văn Tân Châu và trạm thủy văn Châu Đốc, số liệu thời đoạn giờ, từ 00:00:00 01/01/2017 – 23/00/00 31/12/2019 (3 năm). Biên hàm lượng bùn cát (SSC) lấy trạm Tân Châu và trạm Châu Đốc, số liệu thời đoạn ngày, từ 01/01/2017 – 31/12/2019 (3 năm)

**Biên Hạ Lưu:** Biên mực nước lấy tại trạm thủy văn Mỹ Thuận và trạm thủy văn Cần Thơ, số liệu thời đoạn giờ từ 00:00:00 01/01/2017 – 23/00/00 31/12/2019 (3 năm).

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

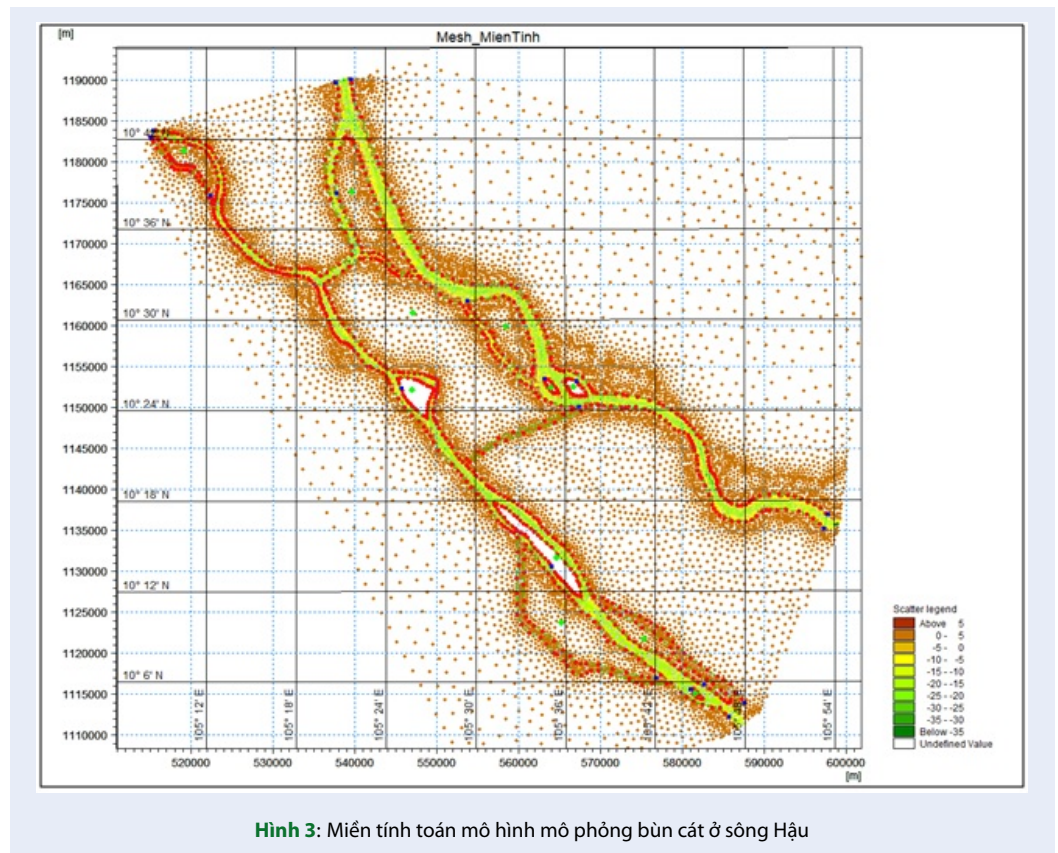
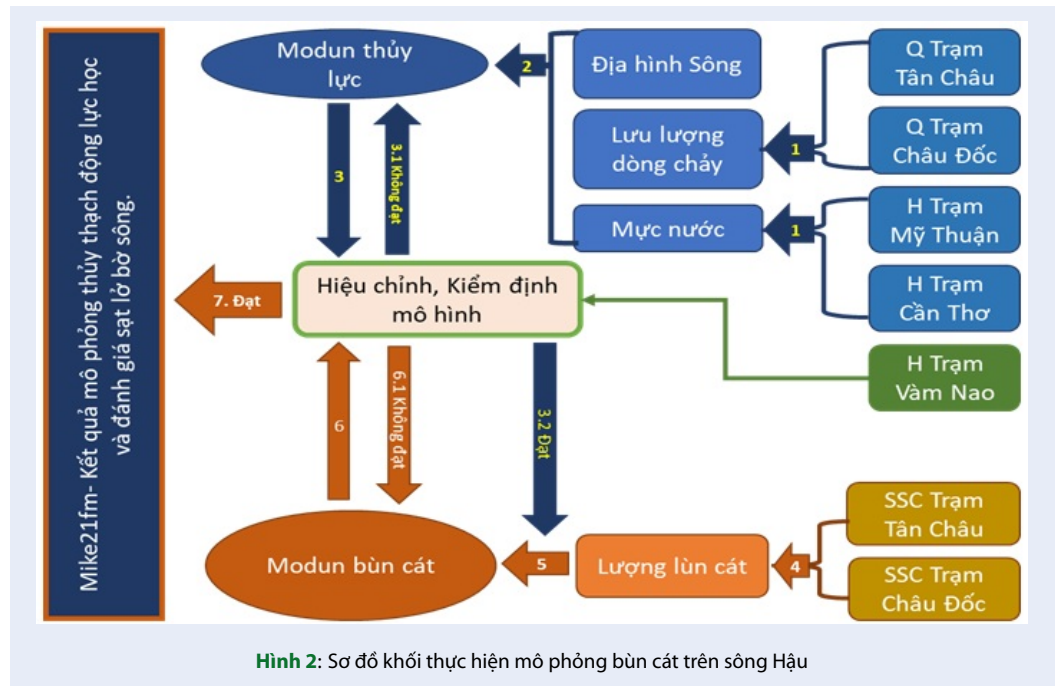
### Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

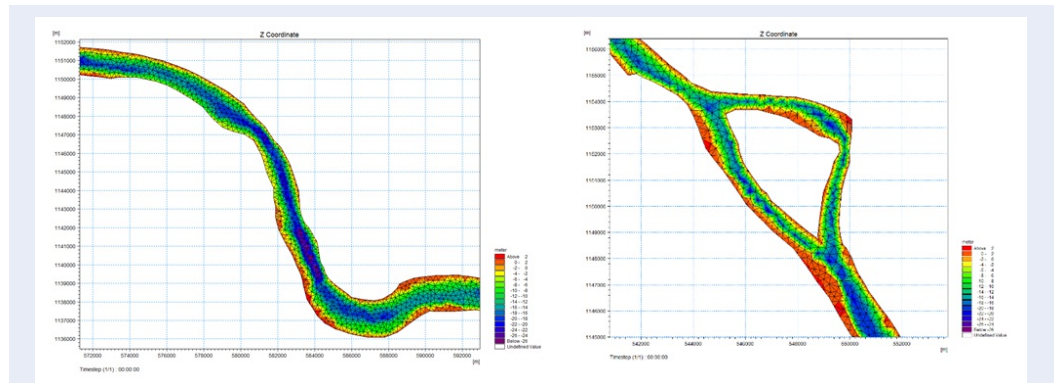
Để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bộ thông số đã thiết lập như phần trên đã trình bày- Trong nghiên cứu này nhóm tác giả sử dụng số liệu đo đạc lưu lượng, và hàm lượng bùn cát (SSC) tại trạm thủy văn Vàm Nao để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Đây là trạm có chất lượng tài liệu tốt, số liệu đo đạc đồng bộ và dài. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu đo đạc năm 2018 để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, hiệu chỉnh trong thời kỳ mùa kiệt (từ tháng 1/2018 đến tháng 6/2018) và kiểm định trong thời kỳ mùa lũ (từ tháng 07/2018 đến tháng 12/2018). Đối với hàm lượng bùn cát lơ lửng, diễn biến của nó cần phải thể hiện trong thời gian dài để có thể đánh giá về sự hợp lý về tính quy luật, nghiên cứu sử dụng chuỗi thời gian liên tục từ tháng 1/2018 đến tháng 12/2018 để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Vị trí các trạm thủy văn đo đạc phục vụ hiệu chỉnh kiểm định thể hiện trên Hình 5 và 6. Kết quả đánh giá hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng tại trạm thủy văn Vàm Nao (Bảng 1):

a. Kết quả hiệu chỉnh thủy lực

Qua tính toán các chỉ số sai số trong Bảng 1. Có thể thấy Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng tốt; hệ số NASH đạt từ 0,75 đến 0,78 và hệ số tương quan



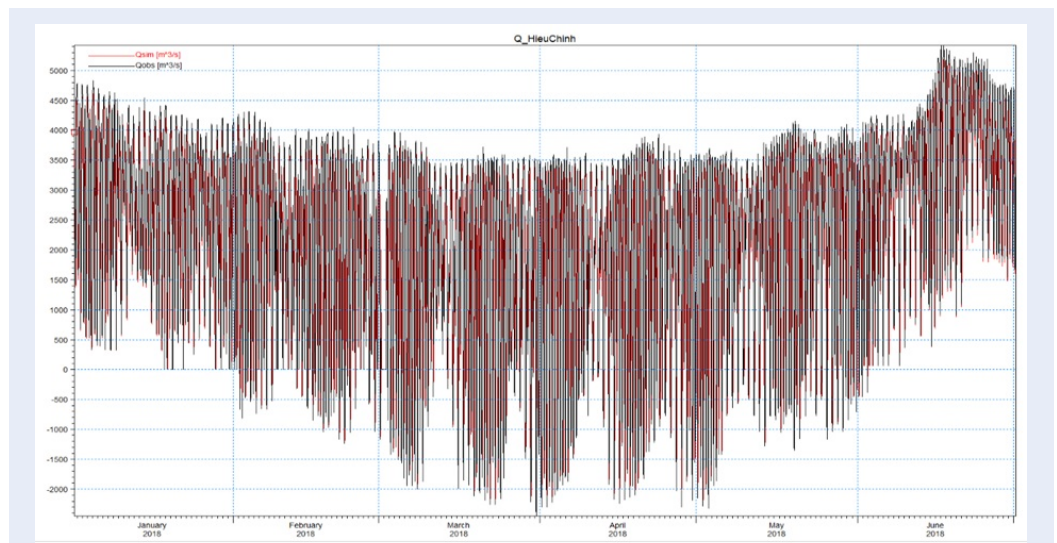




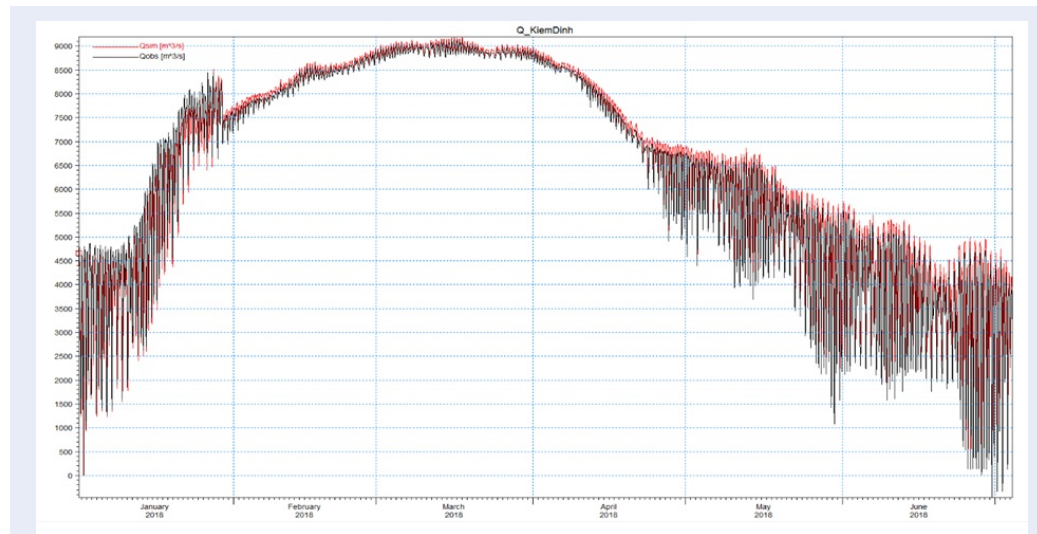
Hình 4: Dữ liệu địa hình mô hình mô phỏng bùn cát ở sông Hậu

Bảng 1: Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

Stt	Nội dung	Thời đoạn	Kết quả	
			Hệ số tương quan $R^2$	Chỉ tiêu Nash
1	Hiệu chỉnh	từ tháng 1/2018 đến tháng 6/2018	0,76	0,75
2	Kiểm định	từ tháng 7/2018 đến tháng 12/2018	0,82	0,78



Hình 5: Kết quả hiệu chỉnh đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Vàm Nao



**Hình 6:** Kết quả kiểm định đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Vàm Nao

đạt từ 0,76 đến 0,82. Do đó có thể kết luận bộ thông số mô hình ổn định và có thể sử dụng cho bước thiết lập và mô phỏng bùn cát.

b. Kết quả hiệu chỉnh bùn cát

Để đánh giá độ chính xác của bộ thông số mô hình diễn toán bùn cát, hàm lượng bùn cát -SSC là một trong những thông tin cơ bản để đánh giá độ tin cậy của mô hình vận chuyển bùn cát. Ngoài ra số liệu về tổng lượng bùn cát cũng là 1 thông số quan trọng thể hiện được mối liên hệ giữa chế độ thủy lực và lượng bùn cát qua mặt cắt theo thời gian. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm thủy văn Vàm Nao được thể hiện tại Bảng 2 và Hình 7.

Kết quả đánh giá sai số theo chỉ tiêu Nash và sai số đỉnh các trị số lưu lượng và bùn cát tại trạm thủy văn Vàm Nao đều cho kết quả cao và thể hiện đúng xu thế. Điều này đảm bảo cho việc sử dụng bộ thông số đã hiệu chỉnh và kiểm định để tiến hành mô phỏng chế độ bùn cát trên sông Hậu và phân tích chi tiết tại khu vực Long Xuyên, tỉnh An Giang.

### **Kết quả mô phỏng chế độ bùn cát khu vực thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang**

Sau khi bộ thông số mô hình đã được thiết lập và đảm bảo đủ độ tin cậy, nghiên cứu tiến hành mô phỏng chế độ thủy lực trên cả hệ thống và phân tích cụ thể tại khu vực sạt lở nghiêm trọng ở Long Xuyên, tỉnh An Giang thời kỳ từ tháng 1/2017 đến 12/2019. Trên cơ sở đó sẽ đánh giá và phân tích chế độ bùn cát ở khu vực này (Hình 8).

### **Kết quả mô phỏng vận tốc**

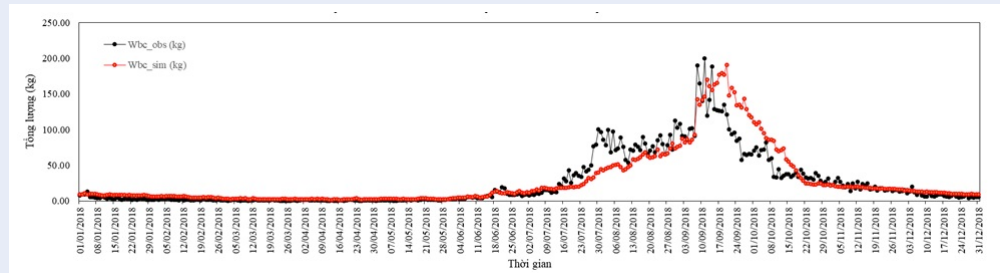
Nghiên cứu tiến hành phân tích sự thay đổi tốc độ dòng chảy theo các mặt cắt 1 đến mặt cắt 9 (LX-V1-LX\_V9) Hình 8-Hình 11 để làm cơ sở phân tích chế độ bùn cát, các kết quả mô phỏng vận tốc tại từng vị trí trên các mặt cắt được thể hiện minh họa LX\_V1, LX\_V4, LX\_V6, LX\_V9 trên Hình 12.

Nhìn chung, dòng chảy chủ đạo từ thượng nguồn về hạ nguồn của đoạn sông khu vực Long Xuyên có xu hướng tập trung chủ yếu ở phần bờ phải, với vùng vận tốc lớn nhất cách bờ từ 200m đến 600m, kéo dài 4,5 km từ mặt cắt LX\_V1 đến mặt cắt LX\_V9.

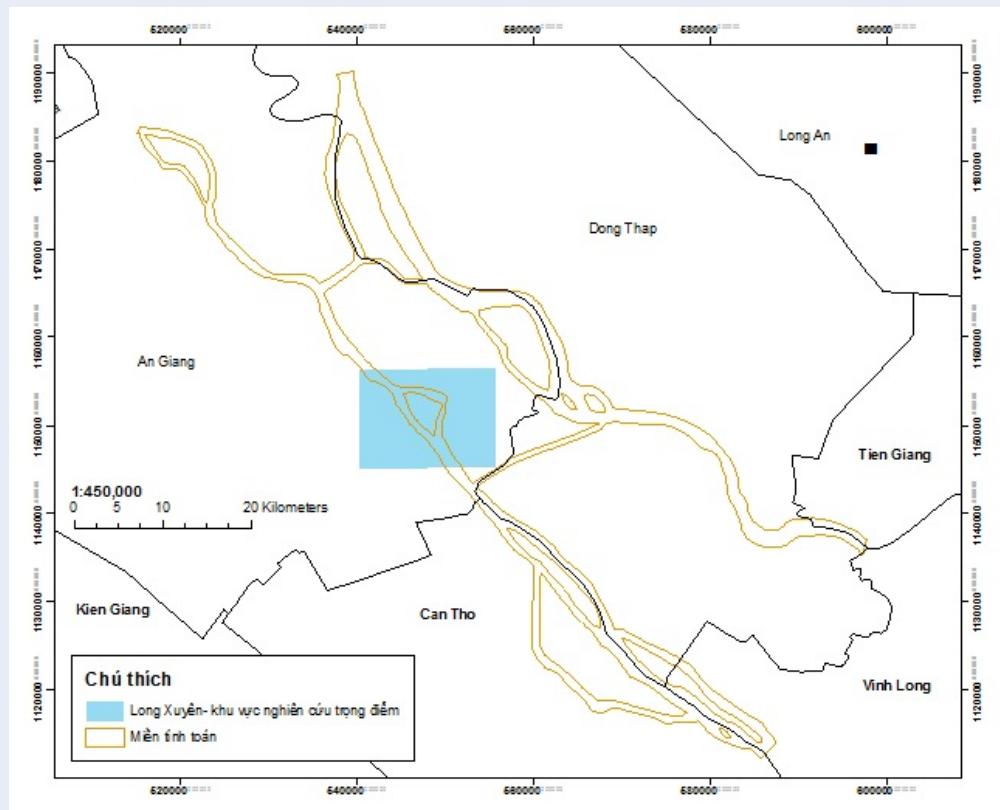
Tại mặt cắt 1, khu vực vận tốc dòng chảy có diễn biến phức tạp nhất nằm cách bờ khoảng 100m, vận tốc lớn nhất vào mùa lũ rơi vào 1,3m/s, vận tốc thấp nhất vào mùa kiệt là 0,04m/s- như vậy nếu ta chỉ xét về độ lớn (xét cả vận tốc chảy về từ thượng nguồn và vận tốc chảy ngược từ hạ nguồn- do triều) thì có thể thấy tại vị trí mặt cắt này vào mùa lũ hay mùa kiệt thì vận tốc luôn lớn, đạt từ 1,3 đến 1,4 m/s. Ở phần bờ trái, vào mùa lũ chế độ lưu tốc khá hiền hòa rơi vào khoảng 1,1m/s đến 1,2 m/s nhưng vào mùa kiệt dòng chảy ngược do triều lại có lưu tốc khá lớn khoảng 1,2 m/s- đây cũng là minh chứng lý giải cho việc khu vực bờ trái xuất hiện các hàm ếch cũng như các vách sạt dựng đứng vào mùa kiệt. Tại vị trí mặt cắt 9, vận tốc lớn nhất là 1,12 m/s phân bố cách bờ phải khoảng 400m và vận tốc nhỏ nhất  $V_{min}$  là 0,6m/s xuất hiện sát mép bờ trái. Qua đây cho thấy sự thay đổi vận tốc ở các vị trí rất phức tạp biên độ lớn và có khả năng gây xói lở hay bồi tụ cao.

**Bảng 2:** Kết quả đánh giá hiệu chỉnh và kiểm định bùn cát tại trạm thủy văn Vàm Nao

Stt	Nội dung	Thời đoạn	Kết quả		
			Hệ số tương quan $R^2$	Chỉ tiêu Nash	Sai số tổng lượng
1	Hiệu chỉnh- kiểm định hàm lượng bùn cát (SSC) tại trạm thủy văn Vàm Nao	từ tháng 1/2018 đến tháng 12/2018	0,67	0,67	
2	Hiệu chỉnh- kiểm định tổng lượng bùn cát (Wbc) tại trạm thủy văn Vàm Nao	từ tháng 1/2018 đến tháng 12/2018	0,81	0,77	6,54%

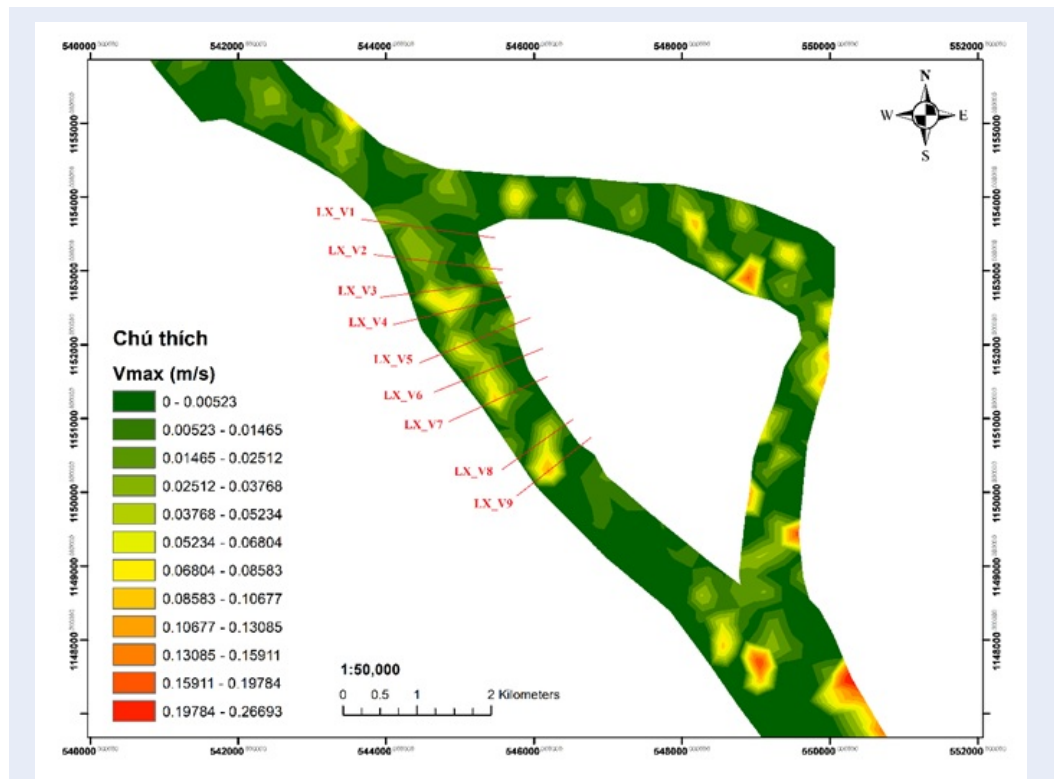


**Hình 7:** Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định đường quá trình tổng lượng bùn cát ngày thực đo và tính toán tại trạm Vàm Nao

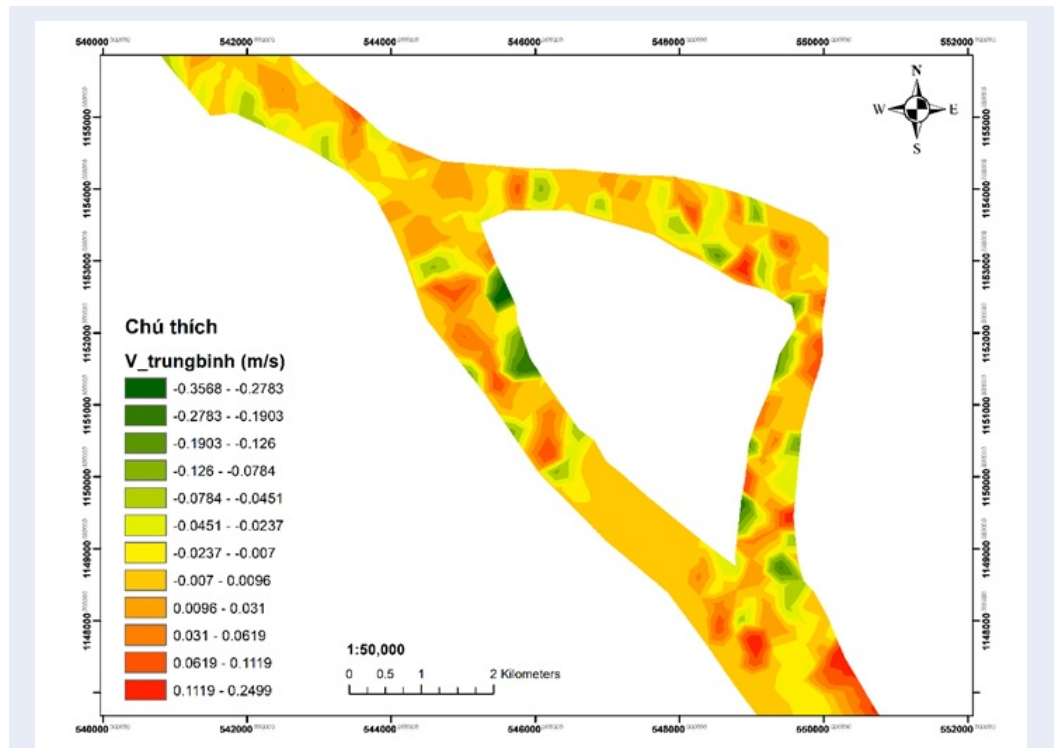


**Hình 8:** Khu vực nghiên cứu chi tiết chế độ bùn cát

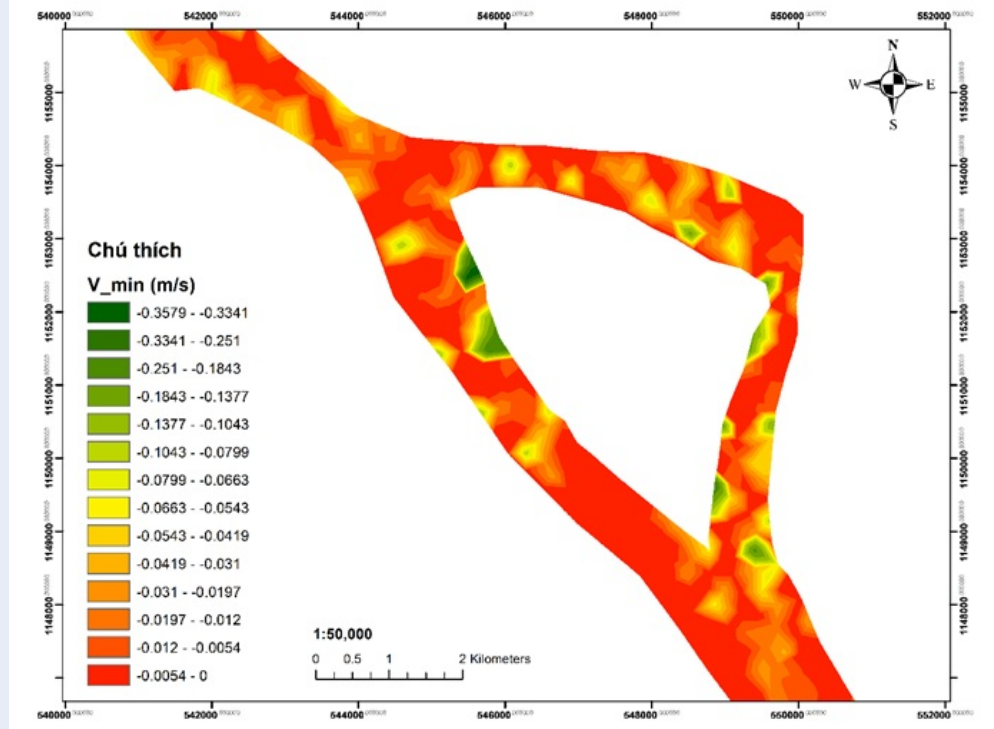




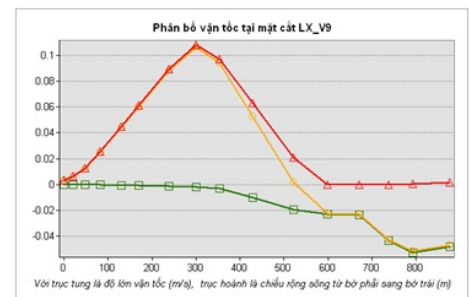
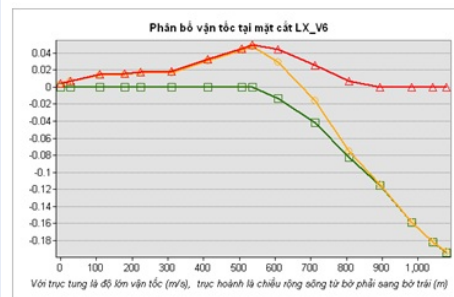
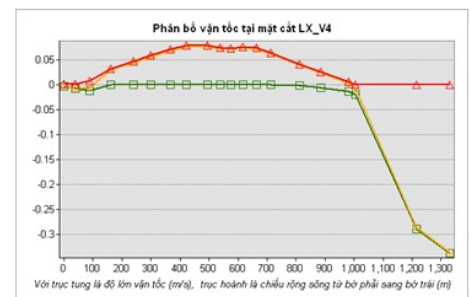
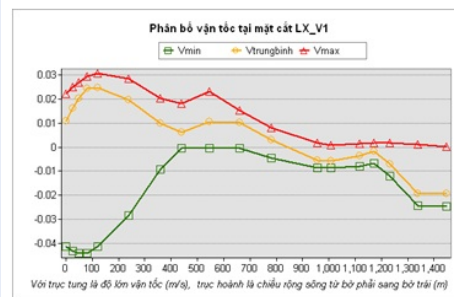
Hình 9: Kết quả mô phỏng vận tốc lớn nhất tại khu vực thành phố Long Xuyên



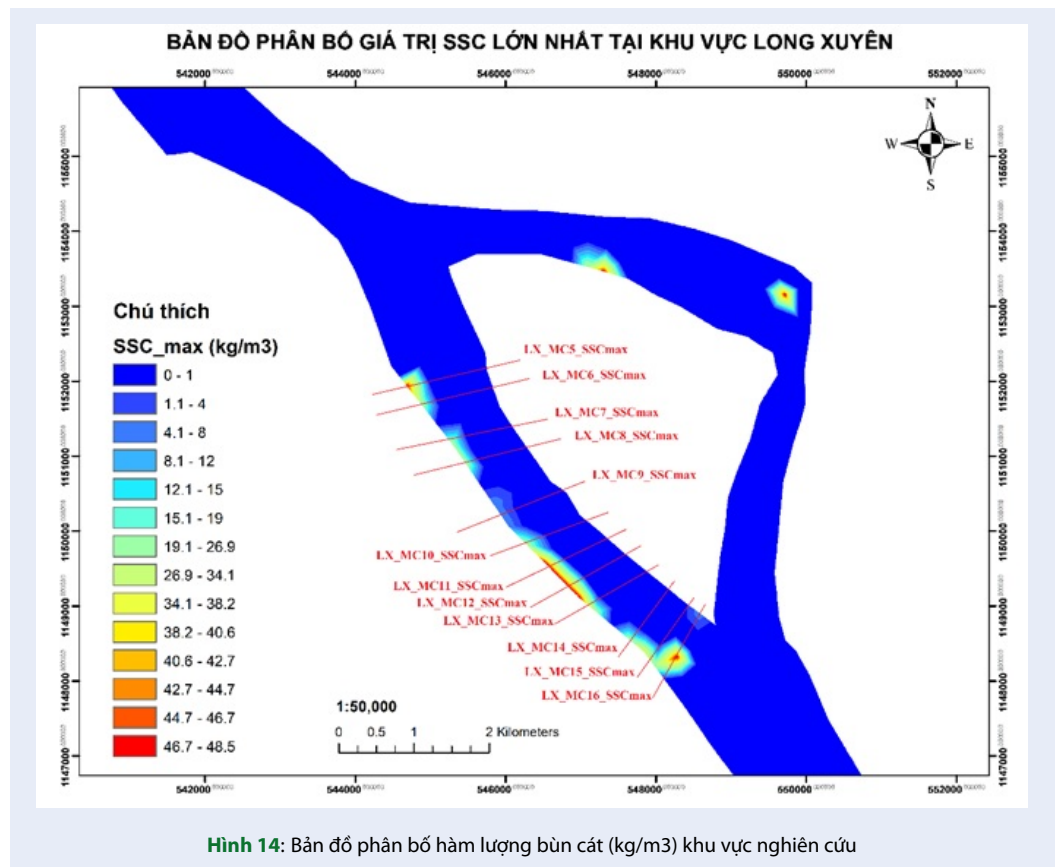
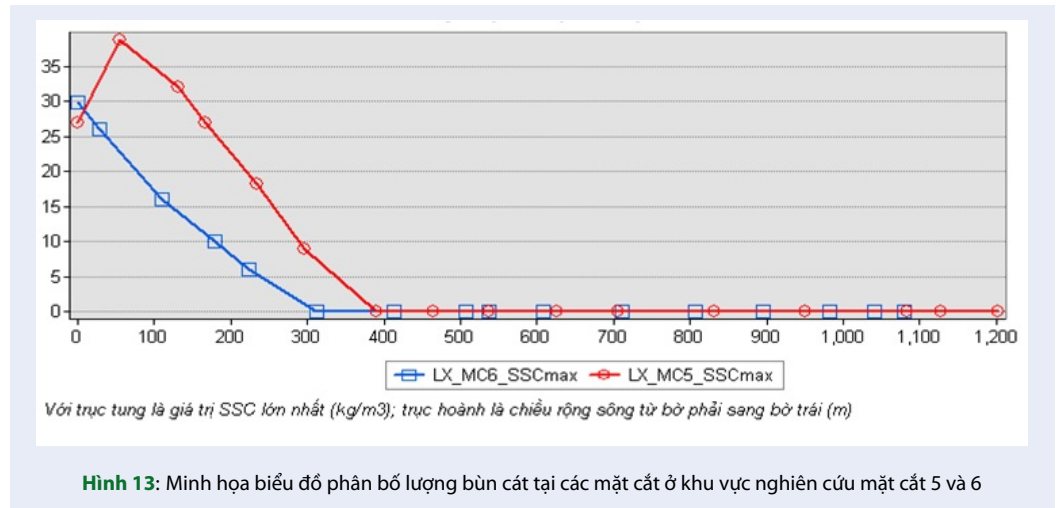
Hình 10: Kết quả mô phỏng vận tốc trung bình tại khu vực thành phố Long Xuyên

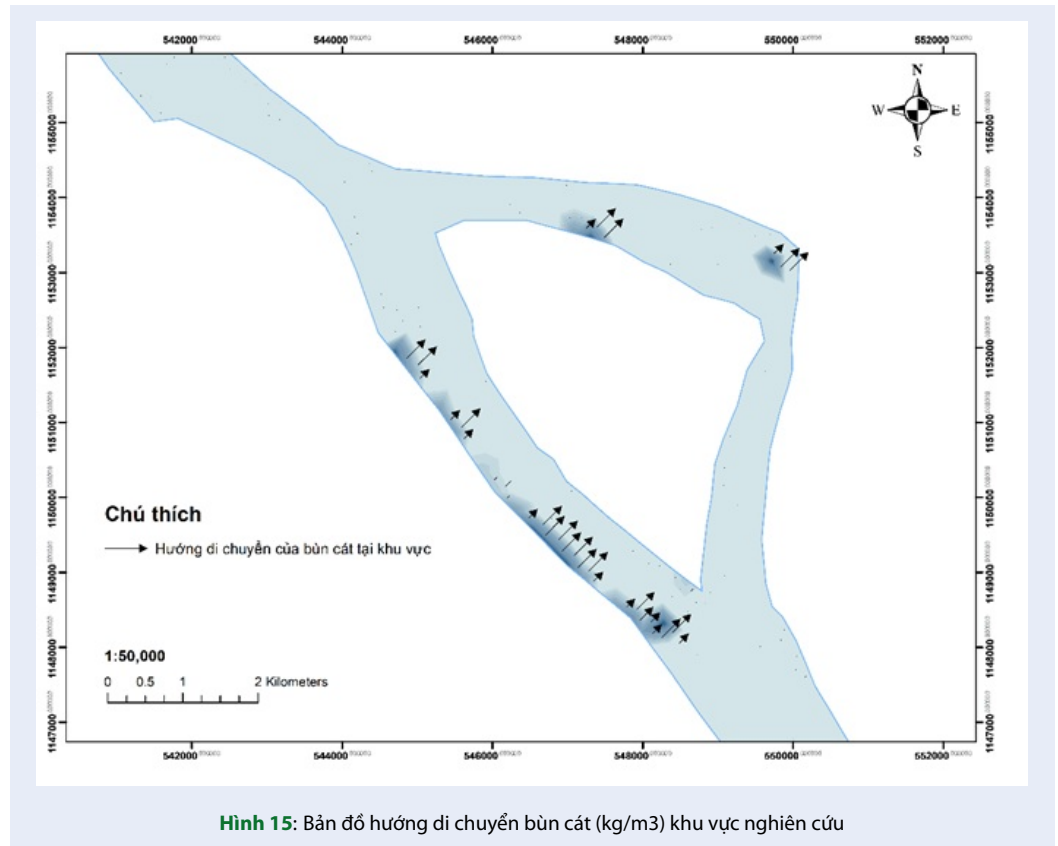


Hình 11: Kết quả mô phỏng vận tốc nhỏ nhất tại khu vực TPLX



Hình 12: Minh họa vận tốc trung bình thủy trực trên các mặt cắt 1, 4, 6, 9





Hình 15: Bản đồ hướng di chuyển bùn cát (kg/m<sup>3</sup>) khu vực nghiên cứu

### Kết quả mô phỏng bùn cát

Hình 13, 14 và 15 cho thể thấy lượng bùn cát di chuyển lớn nhất chỉ tập trung chủ yếu ở bờ phải nơi có chế độ thủy lực phức tạp- tạo các hố xói sâu. Kết quả Hình 15 cho thấy sự di chuyển bùn cát tại khu vực này và đồng nghĩa với việc khu vực đang bị xói lở.

Đoạn sông Hậu chảy qua Long Xuyên là đoạn cong xuất hiện hiệu hố xói từ trước và là các hố cát dời đi, tạo ra khu vực xói lở ở bờ phải nghiêm trọng. Lượng bùn cát di dời lớn nhất giao động từ 12 kg/m<sup>3</sup> đến 48,5 kg/m<sup>3</sup>.

Trích ra các mặt cắt có sự di dời bùn cát lớn và phức tạp có thể chia các mặt cắt ra thành 4 khu vực- khu vực 1 gồm mặt cắt 5 và 6; khu vực 2 gồm mặt cắt 7, 8, 9; khu vực 3 gồm mặt cắt 10, 11, 12, 13; khu vực 4 nằm ở cuối đoạn gồm mặt cắt 14, 15, 16 ứng với 4 tụ điểm di dời bùn cát (vị trí mặt cắt thể hiện ở Hình 14). Tại tất cả các mặt cắt, lượng bùn cát di dời lớn nhất đều xuất hiện ở bờ phải, tại mặt cắt MC5, MC6 lượng bùn cát dời đi đều xảy ra tại sát mép bờ với giá trị dao động từ 27 đến 40 kg/m<sup>3</sup>- với vị trí này có nguy cơ xảy ra sạt lở bờ nghiêm trọng. Tại mặt cắt 7, 8 và 9 lượng bùn cát di dời nhỏ hơn đáng kể dao động từ 5 đến 25kg/m<sup>3</sup> – tuy vậy khoảng cách vẫn rất sát mép

bờ và được nhận định sẽ phát triển thành hố xói lớn trong tương lai. Tại các mặt cắt 10, 11, 12, và 13 xuất hiện một hố xói kéo dài nghiêm trọng sát mép bờ với lượng bùn cát di dời lớn nhất trong khu vực từ 45 đến 50 kg/m<sup>3</sup>, có thể nhận thấy sự phân bố di dời bùn cát tại mặt cắt 9 và 10 là khởi đầu cho hố sạt ngay mép bờ kéo dài 2.4km từ MC9 tới MC14. Vị trí 3 mặt cắt cuối đoạn sông, sự di dời bùn cát cũng diễn ra mạnh mẽ dao động từ 15 đến 50 kg/m<sup>3</sup>, ở mặt cắt 14 và 15 lượng bùn cát di dời lớn nhất xảy ra cách bờ khoảng 100m có thể là khởi đầu cho hố xói tại mặt cắt 16 cách bờ 350m với lượng bùn cát di dời lớn nhất là 50 kg/m<sup>3</sup>.

### KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã sử dụng mô hình Mike 21 FM đã được ứng dụng rộng rãi để mô phỏng chế độ bùn cát ở nhiều lưu vực/đoạn sông khác nhau và đã cho thấy tính ứng dụng cao của mô hình. Bằng việc tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định cả về thủy động lực (lưu lượng) và cả lượng bùn cát tại trạm thủy văn Vàm Nao trên hệ thống sông mô phỏng đã cho thấy các chỉ tiêu đều ở mức cao, đảm bảo bộ thông số tin cậy.

Kết quả mô phỏng chế độ bùn cát cho khu vực nghiên cứu bị sạt lở nghiêm trọng ở thành phố Long Xuyên



tỉnh An Giang nằm trên nhánh sông Hậu cũng cho thấy hợp với xu thế và nguy cơ sạt lở thực tế. Kết quả thấy rằng nơi đây có chế độ thủy lực phức tạp, hướng dòng chảy tác động đến sự di chuyển của hạt bùn cát từ bờ phải sang bờ trái (Hình 15) và lượng bùn cát di chuyển khỏi các khu vực ở bờ trái lên đến 45-50m<sup>3</sup>/kg.

Thực tế, nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở mức mô phỏng trên nền bộ thông số mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm định ở Vàm Nao, cần thiết phải có đánh giá với thực tế sạt lở ở khu vực Long Xuyên để thể hiện tính thực tế của kết quả mô hình. Kết quả này sẽ được cải thiện ở các nghiên cứu sau.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường mã số: TNMT.2018.02.13.

## DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

ĐBSCL: Đồng bằng sông Cửu Long;

TPLX: thành phố Long Xuyên;

SSC: Hàm lượng bùn cát;

Vmax, Vmin, Vtb: Vận tốc lớn nhất, Vận tốc nhỏ nhất,

Vận tốc trung bình

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả đảm bảo rằng không có xung đột giữa bất kỳ bên nào khác về nội dung của bài báo này.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: C.T. Văn; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: C.T. Văn, N.C. Tuấn, L.A. Tuấn.; Mô hình hóa: L.A. Tuấn, C.T. Việt, L.N. Anh, Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: C.T. Việt, L.A. Tuấn, L.N. Anh; Viết bản thảo và hoàn thiện bài báo: C.T. Văn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Văn CT, Sơn, NT, Tuấn NC, Ninh LV, Việt CT, Tuấn LA. Nghiên cứu khả năng áp dụng công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long - Thí điểm tại đoạn xói lở bờ sông Hậu ở Long Xuyên, tỉnh An Giang. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2021;728:31-39; Available from: [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021\(728\).31-39](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(728).31-39).
- Reid I, Bathurst JC, Carling P, Walling DE. (Eds) Applied fluvial geomorphology for river engineering and management. Chapter Sediment erosion, transport, and deposition. John Wiley and Sons 1998; 95-135;.
- Winterbottom SJ, Gilvear DJ. A GIS-based approach to mapping probabilities of river bank erosion: regulated river Tummel, Scotland. Regul. Rivers Res. Manage. 2000;16(2):127-140; Available from: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(200003/04\)16:2<127:AID-RRR573>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(200003/04)16:2<127:AID-RRR573>3.0.CO;2-Q).

- Blazewski R, Pilarczyk KW, Przedwojski B. (Eds) River Training Techniques: Fundamentals, Design and Applications, Rotterdam; Brookfield, Vt., Balkema, 1995;625;.
- Van CT, Sơn NT, Tuan NC. Research and Experimental Application of Empirical Formulas to Calculate Riverbank Erosion in Tien River in Mekong Delta. J. Environ. Sci. Eng. A 2021;10:116-123; Available from: <https://doi.org/10.17265/2162-5298/2021.03.003>.
- Nga TNQ, Thuận LT, Hoài HC, Bầy NT. Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán và công thức kinh nghiệm đánh giá sự phát triển của hố xói sâu hạ lưu sông Hậu và sông Vàm Nao. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2020;713:1-10. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020\(713\).1-10](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020(713).1-10);
- Hải HQ, Trinh VTM. Tương quan xói lở - Bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiền, sông Hậu. Tạp chí các khoa học về Trái đất, 2011;33(1):37-44; Available from: <https://doi.org/10.15625/0866-7187/33/1/269>.
- Hùng LM, Ngọc ĐTB. Công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ đoạn sông Tiền khu vực Thường Phước, tỉnh Đồng Tháp. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2004;06:787-796;.
- Stephen HS, Jia Y. Simulation of sediment transport and channel morphology change in large river systems us-china workshop on advanced computational modelling in hydroscience & engineering. September 19-21, Oxford, Mississippi, USA, 2002;.
- Wu WM. CCHE2D Sediment Transport Model. Technical Report No. NCHE-TR-2001- 3, National Center for Computational Hydroscience and Engineering, The University of Mississippi, 2001;.
- Springer GS, Rowe HD, Hardt B, Cociana FG, Edwards RL, Cheng H. Climate driven changes in river channel morphology and base level during the holocene and late pleistocene of Southeastern West Virginia. J. Cave Karst Stud. 2009;71(2):121-129;.
- Rosgen DL. A practical method of computing streambank erosion rate. Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference 2001;2:9-15;.
- Hùng LM, Hoàng TB, Khang ND, Anh TT. Kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói lở bề mặt lưu vực hạ lưu sông Mekong. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2012;12:25-32; Available from: <https://doi.org/10.15625/1859-3097/12/2/879>.
- Springer GS, Rowe HD, Hardt B, Cociana FG, Edwards RL, Cheng H. Climate driven changes in river channel morphology and base level during the holocene and late pleistocene of Southeastern West Virginia. J. Cave Karst Stud. 2009;71(2):121-129;.
- Zuzana A, Mária V, Martin J, Michal A, Helena H. Predicting the annual erosion rates on a small stream by the BANCOS model, Soil and Water Research, 14, 2019 (4): 200-211; Available from: <https://doi.org/10.17221/58/2018-SWR>.
- Van CT, Duong PTT, Nga ĐT, Ninh LV. Study on assessing the impact of climate change (temperature and rainfall) on rice yield in the Long Xuyen Quadrangle region (LXQR) - Vietnam. Vietnam. VN J. Hydrometeorol. 2021;7:65-73; Available from: [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021\(7\).65-73](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(7).65-73).
- Ninh LV. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu khí tượng thủy văn tỉnh An Giang trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng hợp đề tài KHCN cấp tỉnh, 2018;.
- Ninh LV, Giám NM. Đặc điểm khí hậu An Giang. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2017;648:18-26;.
- DHI (Danish Hydraulic Institute). MIKE 11, 21 Flow Model - User Guide (DHI Agent), 2014;.
- DHI. Mike Flood modelling of river flooding step by step training guide, 2014;.
- DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Hydrodynamic Module, Scientific documentation, 2014;.

# Application of two-dimensional hydrodynamic model (MIKE 21FM) to simulate the sediment regime on Hau river, piloted in Long Xuyen city - An Giang province

Can Thu Van<sup>1,\*</sup>, Luc Anh Tuan<sup>1</sup>, Ngo Chi Tuan<sup>2</sup>, Can The Viet<sup>3</sup>, Le Ngoc Anh<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Faculty of Meteorology, Hydrology and Climate Change - University of Natural Resources and Environment, HCMC, Vietnam

<sup>2</sup>Faculty of Meteorology, Hydrology and Oceanography - University of Natural Sciences - VNU, Vietnam

<sup>3</sup>Institute of Irrigation Environment - Thuy Loi University, Vietnam

## Correspondence

**Can Thu Van**, Faculty of Meteorology, Hydrology and Climate Change - University of Natural Resources and Environment, HCMC, Vietnam

Email: ctvan@hcmunre.edu.vn

## History

- Received: 04-8-2021
- Accepted: 14-10-2021
- Published: 28-11-2021

DOI : 10.32508/stdjsee.v5iS12.587



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## ABSTRACT

The problem of studying, calculating, simulating the process of transporting sediment and calculating erosion and accretion in rivers is very complicated. There are many methods that are applied and have shown their own effectiveness. However, at present, the development of a computer system as well as a good data base (especially topographic data) will ensure the ability to apply hydrodynamic models to simulate high results. In the Mekong Delta, there are currently 406 landslide sections, with a total length of 891km, of which An Giang is assessed as one of the localities most severely affected by riverbank erosion. Currently, there are many methods used to assess and predict riverbank erosion through the calculation of sediment content and regime in the river in specific areas, such as: document analysis method. real measurement; physical model; experience formula and mathematical model. Research using 2D Mike 21FM model is being widely used to simulate sediment regime on Tien and Hau river systems and analyze in detail for Long Xuyen city, An Giang province, which is a serious landslide area in recent years. The criteria to evaluate the reliability of the model both in terms of hydrodynamics and sediment at Vam Nao hydrological station show that the set of parameters ensures enough reliability to conduct the simulation of sediment on the system. Simulation results of flow regime and velocity show that the direction of sediment movement is from the right bank to the left bank, and this area has many scour holes and the level of sediment moving away from the shore is up to 50kg/m<sup>3</sup>. Many locations also clearly show a high risk of landslides in this area. This result will strengthen the scientific basis of the mathematical modeling method along with other methods for simulating finding mechanisms and causes of riverbank erosion, serving the prevention and mitigation of riverbank erosion. damage caused by landslides.

**Key words:** Mekong delta, River erosion, Regime sediment, Long Xuyen city-An Giang province

**Cite this article :** Van C T, Tuan L A, Tuan N C, Viet C T, Anh L N. **Application of two-dimensional hydrodynamic model (MIKE 21FM) to simulate the sediment regime on Hau river, piloted in Long Xuyen city - An Giang province.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(S12):20-33.