

Phát triển mô hình Delta cảnh báo xâm nhập mặn các sông vùng hạ lưu lưu vực Vu Gia - Thu Bồn

Vũ Thị Thu Lan^{1*}, Hoàng Thanh Sơn², Nguyễn Bách Tùng², Nguyễn Đại Trung³

¹Ban Ứng dụng và Triển khai công nghệ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

²Viện Địa lý, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

³Trường Cao đẳng Công nghệ - Kinh tế và Thủy lợi miền Trung

Ngày nhận bài 5/10/2018; ngày chuyển phản biện 9/10/2018; ngày nhận phản biện 12/11/2018; ngày chấp nhận đăng 30/11/2018

Tóm tắt:

Xâm nhập mặn là vấn đề quan trọng và hầu như chi phối mọi hoạt động kinh tế, đời sống của người dân khu vực hạ du ven biển nói chung và vùng hạ lưu của lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn nói riêng. Với mục tiêu đưa ra kế hoạch khai thác nguồn nước hiệu quả trên cơ sở vận dụng quy luật tự nhiên, bài báo sử dụng mô hình Delta để mô phỏng lan truyền mặn vào hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Sử dụng các dữ liệu đầu vào (số liệu địa hình lòng sông, hệ thống các công trình lấy nước, lưu lượng, mực nước, độ mặn nước sông...) được xử lý đồng bộ thời kỳ 2016-2017, mô hình Delta đưa ra kết quả mô phỏng phù hợp với số liệu đo đạc với tốc độ xử lý nhanh, mức độ sai số thấp, hệ số Nash cao... rất phù hợp với điều kiện hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Công cụ này là cơ sở khoa học cho việc điều hành các công trình khai thác nước ở vùng hạ du trong ngắn hạn cũng như dài hạn ứng phó với tình trạng xâm nhập mặn vào sông ngày càng gia tăng.

Từ khóa: cảnh báo mặn, hạ lưu Vu Gia - Thu Bồn, mô hình Delta, xâm nhập mặn.

Chỉ số phân loại: 1.5

Đặt vấn đề

Xâm nhập mặn là quá trình thay thế nước ngọt trong các sông và các tầng chứa nước ở ven biển bằng nước mặn do sự dịch chuyển của khối nước mặn vào các khu vực tầng nước ngọt và là sự tích tụ muối hòa tan của natri, magiê và canxi trong nước làm giảm khả năng sử dụng của nước [1]. Quá trình xâm nhập mặn diễn ra mạnh nhất vào mùa khô, khi nguồn nước tự nhiên cấp cho sông nhỏ nhất và nước biển theo thủy triều đi sâu vào đất liền [2] làm mặn hóa nguồn nước ngọt, tác động mạnh mẽ đến việc khai thác nguồn nước phục vụ các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội ở vùng ven biển. Vì vậy, nắm được quy luật của quá trình lan truyền mặn vào sông, dự báo được các ranh giới mặn nhằm khai thác nguồn nước trên sông để đảm bảo các hoạt động của con người và thiết kế các công trình ở khu vực ven biển là rất cần thiết. Do sự khác biệt về tỷ trọng giữa nước biển và nước sông cũng như chế độ dòng chảy sông và biển nên dự báo được lan truyền mặn trong sông là rất khó khăn [3]. Vào năm 1871, khi Saint-Venant công bố hệ phương trình mô phỏng quá trình thủy động lực trong hệ thống kênh hở một chiều nổi tiếng mang tên ông, các mô hình toán mô phỏng quá trình dòng chảy trong sông ngòi bắt đầu phát triển, đặc biệt là khi có máy tính điện tử. Đến nay phương pháp phổ biến và hiệu quả nhất để dự báo được các yếu tố dòng chảy trong sông, trong đó có xâm nhập mặn là sử dụng các mô

hình toán thủy động lực kết hợp với lan truyền chất [4]. Ở Việt Nam có rất nhiều mô hình đang được ứng dụng để mô phỏng thủy động lực học dòng chảy và lan truyền chất trong hệ thống sông như: MIKE của Viện Thủy lực Đan Mạch [5], SMS của Hải quân Hoa Kỳ, DELFT của Hà Lan, VRSAP của GS Nguyễn Như Khuê, mô hình KOD-01 và KOD-02 của GS Nguyễn Ân Niên [6], Delta, MEKSAL, FWQ87, SAL, SALMOD, HYDROGIS của các GS Nguyễn Tất Đắc, Nguyễn Văn Điệp, Trần Văn Phúc, Nguyễn Hữu Nhân... trong đó Delta là phần mềm mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông được phát triển và kế thừa các phần mềm VRSAP, SAL, SALBOD, đồng thời chọn lọc và học hỏi các ưu điểm của các phần mềm nước ngoài như Mike 11, Ecolab, ISIS [7].

Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn là 1 trong 4 lưu vực sông lớn nhất miền Trung, là nguồn cung cấp nước chính cho TP Đà Nẵng và tỉnh Quảng Nam. Trong những năm gần đây lưu vực đã phải đối mặt với tình trạng thiếu nước trầm trọng, ảnh hưởng đến 1,7 triệu người và 10.000 ha đất nông nghiệp [8] thuộc các khu vực hạ du sông Vu Gia - Thu Bồn. Liên tục các năm 2016, 2017 và 2018, các khu dân cư thuộc quận Ngũ Hành Sơn, Sơn Trà và huyện Hòa Vang luôn trong tình trạng thiếu nước dùng dài ngày do lượng nước khai thác tại Nhà máy nước Cầu Đỏ suy giảm nghiêm trọng vì độ mặn tăng cao. Bên cạnh đó, nước biển lan sâu vào trong sông từ cửa Hàn đã mặn hóa sông Vĩnh Điện -

*Tác giả liên hệ: Email: vuthulan68@gmail.com

Development of the Delta model for prediction of salinity intrusion to lower Vu Gia - Thu Bon river basin

Thi Thu Lan Vu^{1*}, Thanh Son Hoang²,
Bach Tung Nguyen², Dai Trung Nguyen³

¹Dept. of Application and Development of Technology, VAST

²Institute of Geography, VAST

³Central Region College of Technology - Economics and Water Resources

Received 5 October 2018; accepted 30 November 2018

Abstract:

Salinity intrusion is an important issue which affects greatly economic activities and livelihoods in coastal downstream in general and the lower Vu Gia - Thu Bon river basin in particular. With the aim of making a plan to exploit water efficiently on the basis of applying natural law, the study used the Delta model to simulate the salty flow into the Vu Gia - Thu Bon river system. Using the input data (river bed data, water supply system, flow, water level, river water salinity, etc) that were processed synchronously for the period of 2016-2017, the Delta model gave results consistent with the measurement data with a fast processing speed, low error level, high Nash coefficient, etc, which is very suitable to the conditions of Vu Gia - Thu Bon river system. These result are the scientific basis for the management of water exploitation projects in downstream areas in the short and long terms to respond to the increasing salt water intrusion into the river.

Keywords: Delta model, lower Vu Gia - Thu Bon river basin, prediction of salinity, salinity intrusion.

Classification number: 1.5

nguồn nước ngọt cung cấp chủ đạo cho trên 4.500 ha lúa thuộc khu tưới của huyện Hòa Vang (Đà Nẵng) và thị xã Điện Bàn (Quảng Nam) cũng như cấp nước sinh hoạt cho thành phố Hội An. Đã có nhiều nghiên cứu cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn về các vấn đề thiên tai liên quan đến tài nguyên nước như các dự án quốc tế (LUCCi 2015 [9], World Bank 2017 [10], JICA 2016,...) cũng như các dự án trong nước của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam [11, 12], Viện Công nghệ môi trường [13], Đài Khí tượng thủy văn khu vực Trung Trung Bộ [9]... nhưng đến nay vẫn chưa có một công cụ đánh giá cụ thể về lan truyền mặn trong sông, khiến hàng năm hàng trăm tỷ đồng đã bị tiêu tốn trong công tác khai thác nước ngọt trên sông phục vụ cho các nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội ở khu vực hạ lưu [14].

Để xây dựng công cụ mô phỏng lan truyền mặn trong sông vùng hạ du Vu Gia - Thu Bồn, nghiên cứu này sử dụng mô hình Delta được phát triển bởi GS Nguyễn Tất Đắc. Đây là phần mềm đã được áp dụng trong công tác quy hoạch sử dụng nước ở khu vực miền Nam Việt Nam (gồm cả hệ thống sông Đồng Nai và vùng Đồng bằng sông Cửu Long), trong đó đã được sử dụng để xác định lan truyền mặn trong sông và cho kết quả tốt [7]. Trên cơ sở dữ liệu quan trắc định kỳ trong mạng lưới trạm quốc gia về tài nguyên nước (mưa, lưu lượng, mực nước, độ mặn...) để huấn luyện mô hình, nghiên cứu đã sử dụng tài liệu quan trắc độ mặn của các trạm dùng riêng trong ngành khai thác nước như thủy lợi, cấp nước sinh hoạt cũng như số liệu quan trắc độ mặn của đề tài “Nghiên cứu đề xuất giải pháp kiểm soát xâm nhập mặn cho thành phố Đà Nẵng” (mã số: ĐTDLCN.36/16) trong mùa kiệt năm 2017 để mô phỏng lan truyền mặn trong sông tại các điểm lấy nước trên sông phục vụ hoạt động của con người trong khu vực hạ du lưu vực Vu Gia - Thu Bồn.

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở học thuật của Delta là giải hệ phương trình Saint-Venant 1 chiều (tính mực nước, lưu lượng, vận tốc...) bằng sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm của Preissmann. Quá trình lan truyền chất (mặn, BOD, DO, tổng nitơ, tổng phốt pho...) mô tả bằng phương trình lan truyền chất một chiều và được giải bằng phương pháp đường đặc trưng kết hợp với nội suy spline. Với thuật toán này về cơ bản không bị khuếch tán số, chất lan truyền tới đâu tính tới đó nên tốc độ tính rất nhanh [7]. Để giải hệ phương trình Saint-Venant, nhóm nghiên cứu đã chọn số lượng các số hạng là ít nhất và chỉ giữ lại các số hạng quan trọng, vì thế dạng sau đây của hệ phương trình Saint-Venant sẽ được sử dụng:

$$\text{Phương trình liên tục: } \frac{\partial Q}{\partial x} + B_c \frac{\partial Z}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng (hay chuyển động):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{gn^2 Q |Q|}{AR^{4/3}} - C_w B |W| W_x = 0 \quad (2)$$

Trong đó: $Q(x,t)$ là lưu lượng qua mặt cắt ngang; B_c là độ rộng mặt cắt ngang bao gồm cả phần trụ; B là độ rộng phần chày; A là diện tích phần chày của mặt cắt ngang; $Z(x,t)$ là mực nước so với một cao độ chuẩn; q là lưu lượng gia nhập dọc dòng chày; C là hệ số cản Chézy; W và W_x là vận tốc gió và thành phần theo x của vận tốc gió; C_w là hệ số gió. Trong phương trình động lượng (2) sử dụng thêm 1 số hạng tính sự tổn thất cục bộ:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{gm^2 Q |Q|}{AR^{4/3}} - C_w B |W| W_x + gA \eta = 0 \quad (3)$$

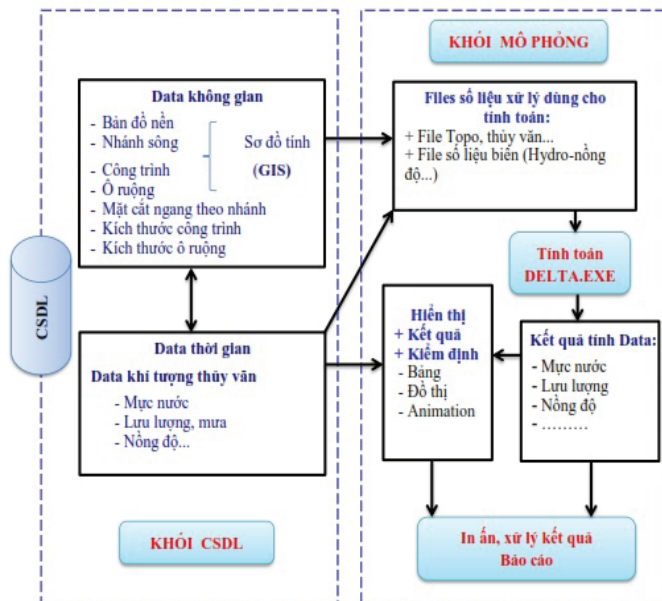
Trong đó η hệ số tổn thất do sức cản cục bộ dọc dòng chày như cơ hẹp tại các mố cầu.

Trường hợp phải tính dòng chảy xiết thì trong (3) có thêm nhân tử σ :

$$\sigma \left[\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) \right] + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{gAQ|Q|}{K^2} - C_w B W_x |W| = 0; \quad \sigma = \begin{cases} 1 - F_r^m & \text{ khi } F_r \leq 1, m \geq 1 \\ 0 & \text{ khi } F_r > 1; 3 \leq m \leq 5 \end{cases} \quad (4)$$

trong đó số Frút: $F_r = \frac{B}{gA^3} Q^2$, với B là chiều rộng và A là diện tích chày.

Mô hình Delta gồm 2 khối: (i) Khối cơ sở dữ liệu (Database) lưu giữ các số liệu dùng cho thiết lập điều kiện biên và hiệu chỉnh mô hình; (ii) Khối mô phỏng (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của mô hình Delta.

Để so sánh chính xác kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình toán đã sử dụng hệ số Nash với công thức tính như sau và được đánh giá thể hiện ở bảng 1:

$$EI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - T_i)^2}{\sum_{i=1}^n (D_i - TBTD)^2}$$

với TBTD là giá trị trung bình thực đo

Bảng 1. Đánh giá mức độ phù hợp của mô hình.

| EI | 40 - 65% | 65 - 85% | > 85% |
|--------|----------|----------|-------|
| Mức độ | Đạt | Khá | Tốt |

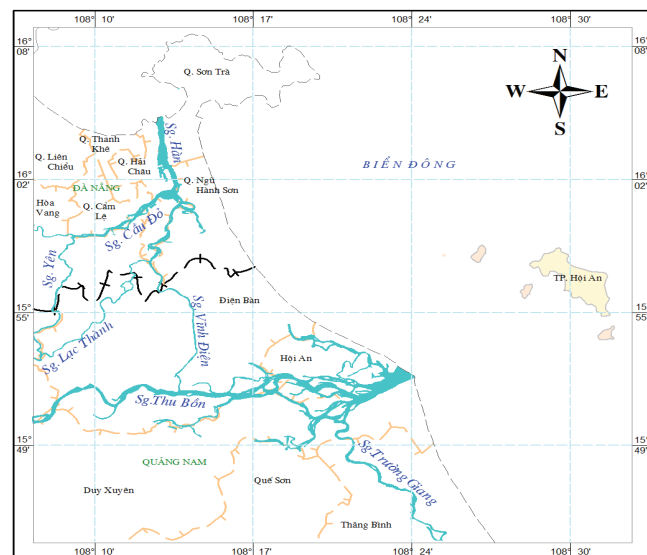
Ứng dụng mô hình

Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Bắt nguồn từ dãy Trường Sơn ở phía tây, sông Vu Gia - Thu Bồn đổ ra biển qua 2 cửa sông chính tại vịnh Đà Nẵng (cửa Hàn) thuộc TP Đà Nẵng và biển Đông (cửa Đại) thuộc TP Hội An [15, 16]. Vùng nghiên cứu thuộc hạ du lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn được tính từ Trạm thủy văn Ái Nghĩa (trên sông Vu Gia) và Trạm thủy văn Giao Thủy (trên sông Thu Bồn) ra đến biển có diện tích khoảng 1.800 km² với mật độ lưới sông đạt 1 km/km² (hình 2).

Các sông ở đây có mối quan hệ thủy lực phức tạp, ngoài các yếu tố tự nhiên tác động (địa hình, địa mạo, địa chất kiến tạo...) còn có sự tác động của các yếu tố nhân tác (kè bờ, nổi sông...). Sông Vu Gia dài 80,9 km được tính từ Ái Nghĩa đến cửa sông Hàn và sông Thu Bồn dài 62,2 km được tính từ Giao Thủy đến cửa Đại.

Các phân lưu như sông Vĩnh Điện chuyển nước từ Thu Bồn sang sông Vu Gia có chiều dài 22,8 km, Các phân lưu từ sông Vu Gia như Lạc Thành, Bàu Nít (16,2 km), Hà Thanh (16,5 km), Thanh Quyết (10,7 km) đổ vào sông Vĩnh Điện, Cổ Cò. Các phân lưu từ sông Thu Bồn như Bà Rén (9,8 km), Ly Ly (14,6 km), Trường Giang (73 km)... [8].



Hình 2. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Với mạng lưới sông dày, có nguồn nước phong phú, sông Vu Gia - Thu Bồn là nguồn cấp nước chính cho TP Đà Nẵng và các huyện Điện Bàn, Duy Xuyên, Thăng Bình, TP Hội An của tỉnh Quảng Nam. Nhằm khai thác nguồn nước cung cấp cho các hoạt động của con người, ở đây đã hình thành nên hệ thống khai thác nguồn nước mặt lâu đời (từ những năm đầu thế kỷ XX) [17].

Cơ sở dữ liệu

Số liệu khí tượng, thủy văn: trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn gồm:

- 16 trạm đo mưa (Nông Sơn, Hiệp Đức, Câu Lâu, Giao Thủy, Hội An, Tiên Phước, Trà Mi, Ái Nghĩa, Hiên, Hội Khách, Khâm Đức, Thành Mỹ, Cẩm Lệ, Sơn Trà, Hòa Bắc, Đà Nẵng).

- 02 trạm khí tượng có số liệu bốc hơi (Trà Mi, Đà Nẵng).

- 08 trạm quan trắc thủy văn lưu lượng và mực nước (Hiệp Đức, Nông Sơn, Giao Thủy, Câu Lâu, Hội An, Thành Mỹ, Ái Nghĩa, Cẩm Lệ).

Các trạm đi vào hoạt động ổn định từ năm 1980, số liệu liên tục, chất lượng tài liệu tốt, tin cậy, có thể phục vụ cho tính toán [10].

Số liệu đo đạc độ mặn trong sông: hiện nay, trên toàn lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có 06 trạm đo độ mặn S (‰) có thời gian đo phổ biến từ năm 2003 đến nay (bảng 2).

Bảng 2. Mạng lưới trạm đo mặn trên sông Vu Gia - Thu Bồn.

| Điểm đo | Cầu N.V.Trãi | Cẩm Lệ | Cổ Mân | Câu Lâu | Cẩm Hà | Nam Ngạn |
|--------------------|--------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Sông | Vu Gia-Hàn | Vu Gia-Hàn | Vĩnh Điện | Thu Bồn | Thu Bồn | Thu Bồn |
| Cách cửa sông (km) | Hàn 4,5 | Hàn 11 | Hàn 12,5 | Cửa Đại 14 | Cửa Đại 10 | Cửa Đại 8 |

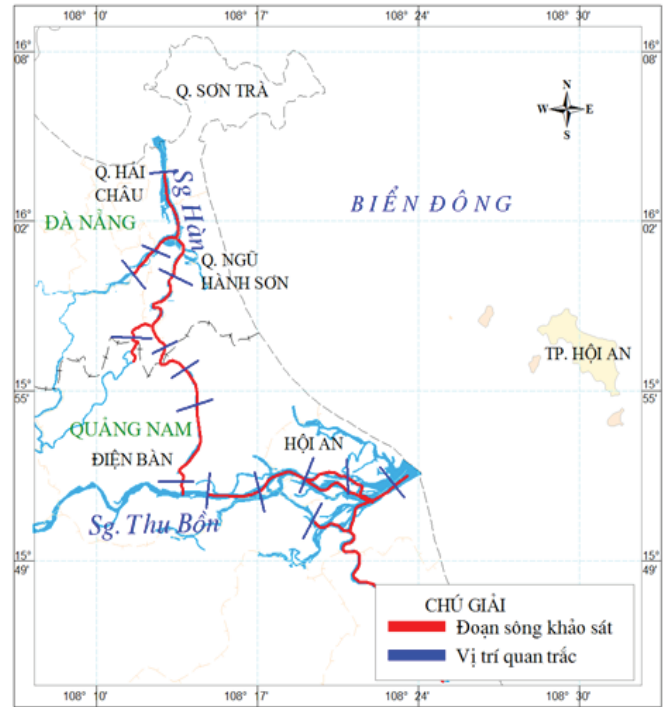
Số liệu quan trắc khí tượng hải văn: trên bờ biển lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có 1 trạm khí tượng hải văn (Sơn Trà) có đo độ mặn và mực nước biển với chuỗi số liệu khá dài (1983-2017).

Số liệu độ mặn trên sông năm 2017:

Đề tài ĐLCN36/16 đã đo mặn đồng bộ trên toàn hệ thống sông vùng hạ du Vu Gia - Thu Bồn trong thời kỳ mùa kiệt tháng 3 và tháng 7/2017 (hình 3).

- Đo độ mặn trên các mặt cắt ngang sông theo từng chu kỳ triều. Khoảng cách các mặt cắt ngang là 500 m.

- Đo độ mặn theo dọc sông tại các thủy trực sâu nhất vào thời kỳ đỉnh triều từ cửa sông vào sâu trong sông đến điểm xuất hiện độ mặn nhỏ hơn 1‰.



Hình 3. Bản đồ tuyến đo địa hình và độ mặn nước sông.

Số liệu đo đạc địa hình: để xác định tài liệu địa hình cho mô hình mô phỏng, bài báo sử dụng các tài liệu sau:

- Bản đồ địa hình trên lưu vực tỷ lệ 1/10.000 do Cục Đo đạc bản đồ quốc gia cung cấp. Để chỉnh lý địa hình bề mặt khu vực hạ lưu sông Vu Gia - Thu Bồn, đã sử dụng một số ảnh vệ tinh Landsat 8 thu thập trong thời kỳ 2015, 2016 và 2017.

- Số liệu các đợt khảo sát địa hình của Viện Địa lý từ năm 2009-2017 theo các mặt cắt (hình 3).

Trên cơ sở đó đã xây dựng được 49 đoạn sông và 354 mặt cắt ngang của các sông chính (được trình bày ở hình 4) thuộc lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn.

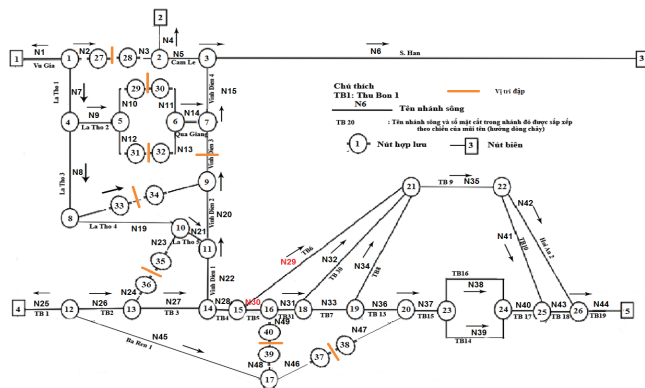
Thiết lập mô hình

Sơ đồ tính toán mô hình Delta được thiết lập với 49 đoạn sông, 5 nút biên và 40 nút trong (hình 4).

Nút biên: 3 nút thượng lưu: Ái Nghĩa, Giao Thủy, Túy Loan; 2 nút hạ lưu: Cửa Hàn, Cửa Đại.

Nút trong: các nút tại đầu công trình và sau công trình; tại các nút hợp lưu, phân lưu của các nhánh sông.

Trong tính toán để xác định lưu lượng nước trên sông biển động qua các công trình khai thác, chúng tôi đưa vào mô hình với 8 công trình đập và 191 trạm bơm trên lưu vực hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn.



Hình 4. Sơ đồ tính toán mô hình Delta.

Để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, bài báo sử dụng số liệu mưa, dòng chảy và độ mặn trong thời kỳ kiệt nhất năm 2016 (bảng 3).

Bảng 3. Số liệu thủy văn tính toán cho mô hình Delta.

| STT | Tên trạm | Số liệu | Hiệu chỉnh (HC) | Kiểm định (KD) | Ghi chú |
|-----|-----------|---------|-----------------|----------------|-----------|
| 1 | Ái Nghĩa | Q, H | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | Biên trên |
| 2 | Giao Thủy | Q, H | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | Biên trên |
| 3 | Cẩm Lệ | H, S | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | HC, KD |
| 4 | Câu Lâu | H, S | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | HC, KD |
| 5 | Hội An | H, S | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | HC, KD |
| 6 | Cổ Mân | S | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | HC, KD |
| 7 | Sơn Trà | H | 1/4-30/4/2016 | 1/5-31/5/2016 | Biên dưới |

Số liệu mưa được tính toán theo phương pháp Thiessen để ra bộ trọng số mưa cho từng tiểu lưu vực được tính toán trong mô hình Delta.

Số liệu mặn biên dưới được lấy giá trị const = 32‰ do vùng biển cửa sông không có số liệu thực đo nên bài toán sử dụng giá trị const để tính toán mô phỏng.

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực 1 chiều

Kết quả hiệu chỉnh đường mực nước tại các trạm kiểm tra Hội An, Cẩm Lệ, Câu Lâu giai đoạn từ 1/4/2016 đến 30/4/2016 khá sát với đường mực nước thực đo về độ lớn và thời gian với hệ số tương quan R² giữa hai đường quá trình đều đạt từ 0,75-0,85 (cột 3, 4 bảng 4).

Bảng 4. Kết quả chỉ tiêu đánh giá Nash.

| Trạm | Sông | Hiệu chỉnh 4/2016 | | Kiểm định 5/2016 | |
|---------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|
| | | Nash | Kết quả | Nash | Kết quả |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Cẩm Lệ | Vu Gia | 75,7 | Tốt | 79,6 | Tốt |
| Câu Lâu | Thu Bồn | 85,7 | Tốt | 88,7 | Tốt |
| Hội An | Thu Bồn | 77,7 | Tốt | 80,6 | Tốt |

Sau khi hiệu chỉnh mô hình đạt kết quả tốt, tiến hành kiểm định mô hình với số liệu đo đạc từ 1/5/2016-31/5/2016 với 3 trạm Cẩm Lệ, Câu Lâu, Hội An. Kết quả kiểm định mô hình theo chỉ tiêu Nash đạt cao hơn hiệu chỉnh mô hình (cột 5, 6 bảng 4).

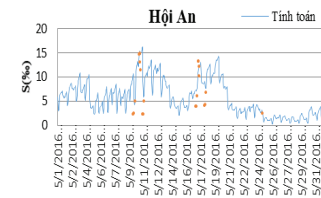
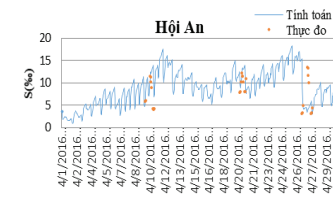
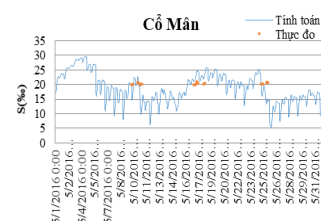
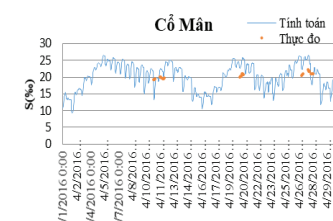
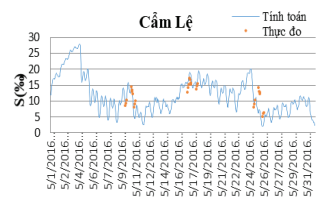
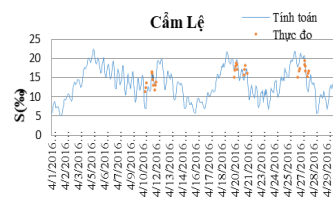
Như vậy, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định kết quả tính toán thủy lực của mô hình Delta đều đạt kết quả tốt (chỉ số Nash trên 75%). Do vậy, có thể sử dụng mô hình để mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn.

Hiệu chỉnh và kiểm định lan truyền mặn: sau khi hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn đạt kết quả tốt, sử dụng mô hình để tính toán lan truyền mặn với thời gian hiệu chỉnh từ 1/4/2016-30/4/2016 và kiểm định từ ngày 1/5-31/5/2016.

Hiệu chỉnh lan truyền độ mặn: với số liệu mặn ở vùng cửa sông lấy bằng hằng số là 32‰. Mô phỏng lan truyền mặn với kết quả hiệu chỉnh tại 3 trạm Cẩm Lệ, Hội An, Cổ Mân được thể hiện ở hình 5 và kết quả đánh giá chỉ tiêu Nash trong (cột 3, 4 bảng 5).

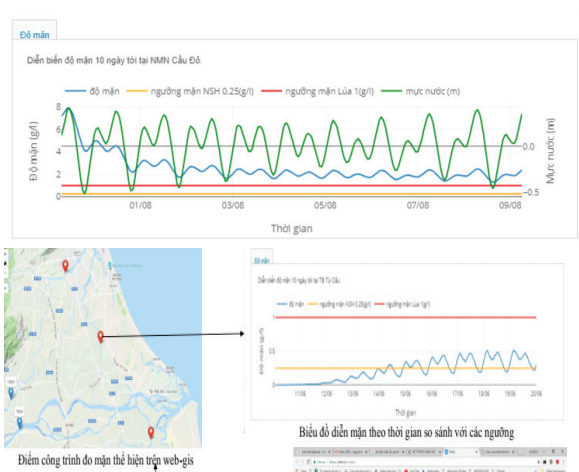
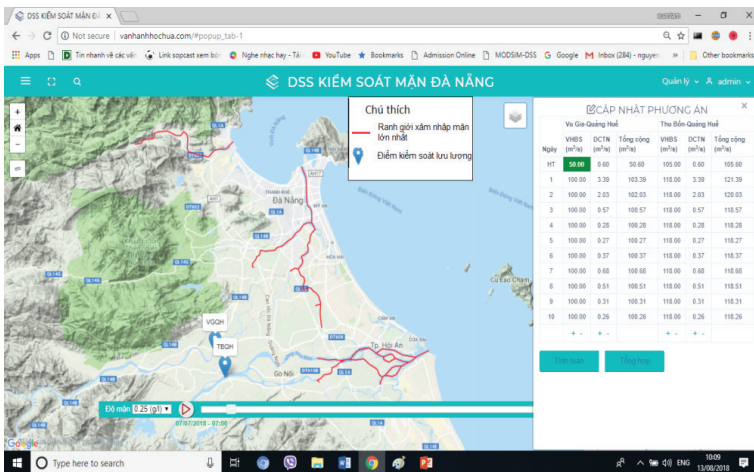
Bảng 5. Kết quả chỉ tiêu đánh giá Nash.

| Trạm | Sông | Hiệu chỉnh 4/2016 | | Kiểm định 5/2016 | |
|--------|-----------|-------------------|---------|------------------|---------|
| | | Nash | Kết quả | Nash | Kết quả |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Cẩm Lệ | Vu Gia | 97,8 | Tốt | 93,5 | Tốt |
| Cổ Mân | Vĩnh Điện | 93,2 | Tốt | 73,8 | Tốt |
| Hội An | Thu Bồn | 70,3 | Tốt | 75,5 | Tốt |



Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh độ mặn nước tại các trạm kiểm tra tháng 4/2016.

Hình 6. Kết quả kiểm định độ mặn nước tại các trạm kiểm tra tháng 5/2016.



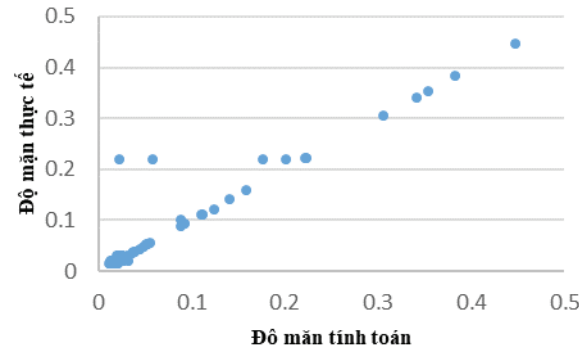
Hình 7. Kết quả tính toán lan truyền mặn theo không gian và thời gian.

Kiểm định lan truyền độ mặn: sau khi hiệu chỉnh mô hình lan truyền mặn đạt kết quả tốt, tiến hành kiểm định mô hình lan truyền mặn tại 3 trạm Cẩm Lệ, Hội An, Cổ Môn thời gian từ 1/5/2016-31/5/2016 với kết quả được trình bày trong hình 6 và chỉ số Nash trong bảng 5 (cột 5, 6).

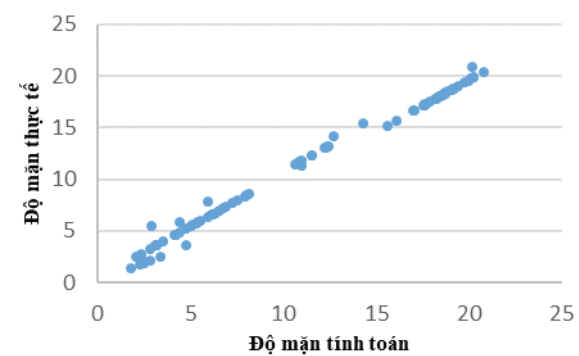
Từ kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô phỏng quá trình lan truyền mặn trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn vào thời kỳ mùa kiệt với chỉ số Nash đạt trên 70%, có thể thấy sử dụng mô hình Delta kết hợp với các trạm quan trắc định kỳ để phân tích xâm nhập mặn trên hệ thống sông là tin cậy. Với mục tiêu hỗ trợ công tác điều hành trong mùa kiệt của các công trình khai thác nguồn nước phục vụ cấp nước sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp..., nghiên cứu này sử dụng bộ thông số mô hình Delta xác định độ mặn nước sông trong tháng 3/2017 theo các dữ liệu dự báo được Đài Khí tượng thủy văn Trung Trung Bộ đưa ngày 15/2/2017 về tình hình mưa, dòng chảy cũng như kế hoạch hoạt động của các công trình thủy điện trên thượng nguồn. Kết quả được trình diễn trực quan trên bản đồ là ranh giới xâm nhập mặn lớn nhất 1‰ trong tháng và các biểu đồ diễn biến mặn theo ngày và giờ tại các điểm khai thác nước sông cần kiểm soát độ mặn (hình 7).

So sánh với các giá trị thực đo độ mặn tại các điểm đo trên sông của đề tài, kết quả của mô hình chấp nhận được (hình 8).

Với việc dự báo trước được xâm nhập mặn (thời đoạn tháng hoặc 10 ngày) sẽ giúp cho các nhà quản lý công trình ở địa phương quyết định thời điểm lấy nước phục vụ cấp nước sinh hoạt cũng như phục vụ các ngành kinh tế nhằm đảm bảo sử dụng nước chủ động trong mùa kiệt cũng như làm cơ sở cho việc khai thác sử dụng hợp lý tài nguyên nước vùng cửa sông, như chuyển đổi cơ cấu ngành dùng nước, hài hòa chia sẻ nguồn nước giữa các ngành kinh tế (thủy điện ở thượng du, phát triển kinh tế - xã hội ở hạ du...), giảm thiểu các tác động bất lợi của quá trình xâm nhập mặn vào cửa sông. Đối với TP Đà Nẵng, đây sẽ là công cụ phục vụ công



Tại điểm lấy nước Nhà máy Cầu Đổ vào tháng 3/2017.



Theo số liệu quan trắc trên sông vào tháng 3/2017.

Hình 8. Tương quan độ mặn tính toán và thực đo.

tác định hướng khai thác sử dụng nước của các công ty cấp nước, các doanh nghiệp sử dụng nước và của nhân dân trong vùng nghiên cứu một cách chủ động.

Kết luận

Sử dụng mô hình toán mô phỏng lan truyền mặn trong sông là một công cụ tốt để cảnh báo xâm nhập mặn do vấn đề quan trắc mặn chưa được đồng bộ trên toàn khu vực hạ du của các sông Việt Nam nói chung và lưu vực sông Vu

Gia - Thu Bồn nói riêng. Việc sử dụng mô hình Delta đã mô phỏng dòng chảy, lan truyền chất phù hợp với lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn thể hiện qua kết quả mô phỏng diễn biến độ mặn nước sông năm 2016; hiệu chỉnh và kiểm định mực nước tại các trạm Cẩm Lệ, Cầu Lâu, Hội An đều cho chỉ số Nash trên 80% và kết quả mô phỏng lan truyền mặn cũng đạt trên 80%. Kết hợp với công nghệ GIS, kết quả của mô hình được thể hiện một cách trực quan theo không gian và thời gian như ranh giới mặn trên sông dạng bản đồ và diễn biến mặn theo giờ, theo ngày dưới dạng biểu đồ, để sử dụng cho các nhà quản lý cũng như người dân ở các khu vực ven sông.

Mô hình Delta có thể tính toán tốt cho các lưu vực sông khác ngoài lưu vực sông Cửu Long với thời gian tính toán thực tế của mô hình khoảng 2-3 phút (ngắn hơn nhiều so với thời gian mô phỏng xâm nhập mặn bằng bộ mô hình Mike) và kết quả có độ tin cậy, đáp ứng được các yêu cầu của cảnh báo mặn trong thời đoạn vừa, giúp các nhà quản lý trong công tác hoạch định sử dụng nước. Tuy nhiên để nâng cao độ tin cậy của kết quả mô hình, các số liệu quan trắc độ mặn liên tục là rất cần thiết, vì vậy ở vùng hạ du cần đặt các trạm quan trắc độ mặn tự động kết nối với mô hình tính vừa mang tính chất cung cấp dữ liệu đầu vào, vừa có tác dụng kiểm định và hiệu chỉnh mô hình theo thời gian.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu đã sử dụng các tài liệu của Đề tài độc lập cấp quốc gia “Nghiên cứu đề xuất giải pháp kiểm soát xâm nhập mặn cho TP Đà Nẵng“, mã số ĐLCN36/16. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] J.A. Lerczak, W.R. Geyer, R.J. Chant (2006), “Mechanisms driving the time-dependent salt flux in a partially stratified estuary”, *Journal of Physical Oceanography*, **36**, pp.2296-2311.

[2] D.K. Ralston, W.R. Geyer, J.A. Lerczak (2008), “Subtidal salinity and velocity in the Hudson River Estuary: observations and modeling”, *Journal of Physical Oceanography*, **38**, pp.753-770.

[3] M.M. Bowen, W.R. Geyer (2003), “Salt transport and the time-dependent salt balance of a partially stratified estuary”, *Journal of Geophysical Research*, **108**, pp.3158-3173.

[4] Trần Ngọc Anh, Nguyễn Tiền Giang (2009), “Dự tính xâm nhập mặn trên các sông chính tỉnh Quảng Trị theo các kịch bản phát

triển kinh tế - xã hội đến 2020”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **1S**, tr.1-12.

[5] DHI (2011), *A modelling system for Rivers and Channels - User Guide*.

[6] Hà Văn Khôi, Đỗ Cao Đàm và nnk (1993), *Thủy văn công trình*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

[7] Nguyễn Tất Đắc (2010), “Phần mềm Delta cho tính toán dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông”, *Cơ sở học thuật và tổ chức cơ sở dữ liệu*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

[8] Hoàng Thanh Sơn (2018), “Biến động lan truyền mặn vùng hạ lưu sông Vu Gia - Thu Bồn dưới tác động vận hành của các công trình thủy điện”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **690**, tr.1-10.

[9] LUCCI, CHLB Đức (2015), *Nghiên cứu quan hệ tương tác giữa sử dụng đất và biến đổi khí hậu tại miền Trung Việt Nam: 2010-2015*, www.lucci-vietnam.

[10] Đinh Phùng Bảo (2017), “Xây dựng công nghệ dự báo dòng chảy cạn, xâm nhập mặn cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **682**, tr.48-55.

[11] Nguyễn Tùng Phong (2013), “Nghiên cứu tính toán xâm nhập mặn trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn có xét tới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, **18**, tr.1-8.

[12] Hoàng Ngọc Tuấn (2016), *Đánh giá toàn diện nhằm hướng đến khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu đối với nguồn tài nguyên nước mặt thành phố Đà Nẵng*, Báo cáo lưu trữ tại Văn phòng Biến đổi khí hậu TP Đà Nẵng, 87 trang.

[13] Nguyễn Minh Sơn (2011), *Nghiên cứu đề xuất giải pháp quản lý sử dụng tổng hợp tài nguyên nước lưu vực sông Vu Gia - Hàn đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững thành phố Đà Nẵng*, Báo cáo tổng kết đề tài hợp tác quốc tế lưu trữ tại Cục Thông tin KH&CN Quốc gia, 396 trang.

[14] Nguyễn Đình Hải (2018), *Hiện trạng khai thác nguồn nước phục vụ ngành nông nghiệp vùng ven biển Quảng Nam*, Báo cáo lưu trữ tại Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Quảng Nam, 36 trang.

[15] Bruun, et al. (2013), *On the Frontiers of Climate and Environmental Change: Vulnerabilities and Adaptation in Central Vietnam*, Springer Verlag, Berlin, Germany.

[16] Vũ Thị Thu Lan (2013), “Nghiên cứu biến động của thiên tai (lũ lụt và hạn hán) ở tỉnh Quảng Nam trong bối cảnh biến đổi khí hậu”, *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*, **35(1)**, tr.66-74.

[17] Viện Quy hoạch Thủy lợi (2017), *Quy hoạch thủy lợi tỉnh Quảng Nam đến năm 2020 và định hướng đến năm 2050*, Báo cáo lưu trữ tại UBND tỉnh Quảng Nam, 338 trang.