

ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY MỘT SỐ THAM SỐ TRONG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG XÂM NHẬP MẶN HỆ THỐNG SÔNG MÃ

ThS. **Hoàng Văn Đại**, ThS. **Nguyễn Thị Hiền** - Viện Khoa học KTTV và Biến đổi khí hậu
 ThS. **Trần Duy Hiền** - Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường
 TS. **Nguyễn Quốc Khánh** - Tổng cục Môi trường

Bài báo này trình bày một số kết quả bước đầu phân tích và đánh giá độ nhạy của thông số khuếch tán cho mô hình 1 chiều phục vụ cho mô hình hóa quá trình xâm nhập mặn vùng hạ lưu hệ thống sông Mã. Kết quả phân tích độ nhạy một số tham số cho thấy sự tác động khác nhau đến kết quả mô phỏng xâm nhập mặn cho khu vực nghiên cứu. Đồng thời khi tiếp cận mô hình hóa dưới dạng phân lớp thường cho kết quả khả quan hơn trường hợp còn lại.

1. Đặt vấn đề

Tình hình xâm nhập mặn trong các sông khu vực miền Trung Việt Nam đang diễn ra ngày càng trầm trọng. Để phục vụ dự báo xâm nhập mặn cho vùng hạ lưu sông Mã, bài báo đã lựa chọn phương pháp truyền triều và mặn từ mô hình 2 chiều cho vịnh Bắc Bộ về vùng cửa sông tính toán. Tuy nhiên, quá trình áp dụng các mô hình luôn gặp phải những sai số làm cho việc hiệu chỉnh và kiểm nghiệm tham số tốn nhiều thời gian. Ngoài sai số do mô hình còn có sai số do số liệu thu thập cũng như cách xử lý và điều chỉnh của người sử dụng. Vì vậy, để có thể giảm thời gian hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bộ mô hình MIKE 21 và MIKE 11, bài báo sử dụng phương pháp đánh giá độ nhạy của các tham số. Các sai số cũng được xem xét sơ bộ để tìm ra nguyên nhân và tác động của các yếu tố gây ra sai khác trong tính toán. Từ đó đánh giá và tìm biện

pháp khắc phục sai số này cũng như giảm thời gian hiệu chỉnh tham số để đạt được một liên kết Couple hiệu quả hơn.

2. Công cụ tính toán

Công cụ được sử dụng để tính toán là các mô đun thủy lực và truyền tải – khuếch tán chất trong MIKE 11. Để đạt được mục tiêu kết nối modul khuếch tán và thủy lực, trước tiên cần phải xem xét và hiệu chỉnh cụ thể từng mô hình để có thể giảm bớt thời gian hiệu chỉnh khi kết nối trực tiếp. Vì vậy cần xác định các tham số có ý nghĩa ảnh hưởng tới kết quả tính toán ở mỗi mô hình.

Mô hình MIKE 11 dựa trên hệ phương trình Saint Venant viết cho trường hợp dòng chảy một chiều trong kênh hở cho mô đun thủy lực nói chung và phương trình một chiều về bảo toàn khối lượng của chất hòa tan hoặc lơ lửng đối với mô đun khuếch tán nói riêng. Các phương trình bao gồm:

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

$$\alpha \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2RA} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left[-AD \frac{\partial C}{\partial x} \right] = -AKC + C_2q \quad (3)$$

Trong đó: Q: Lưu lượng qua mặt cắt (m³/s); A: Diện tích mặt cắt ướt (m²); R: Bán kính thủy lực; a: Hệ số động năng; x: Chiều dài theo dòng chảy (m); q: Lưu lượng nhập lưu; b: Hệ số phân bố lưu tốc; C: nồng độ (g/l) ; C₂: nồng độ nguồn; K: hệ số phân huỷ tuyến tính (l/s); D: hệ số khuếch tán (m²/s).

MIKE 21 sử dụng hệ phương trình Navier – Stock gồm phương trình liên tục và hai phương trình động lượng. Đối với modul khuếch tán có thêm phương trình tải khuếch tán (phương trình bảo toàn khối lượng chất hòa tan hai chiều) có dạng:

$$\frac{\partial}{\partial t} (hc) + \frac{\partial}{\partial x} (uhc) + \frac{\partial}{\partial y} (vhc) = \frac{\partial}{\partial x} hD_x \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} hD_y \frac{\partial c}{\partial y} - Fhc + S \quad (4)$$

Trong đó: C là nồng độ chất khuếch tán; u, v là thành phần vận tốc theo phương trục x, y; Dx, Dy hệ số khuếch tán theo hướng trục x, y và F là hệ số ngưng kết.

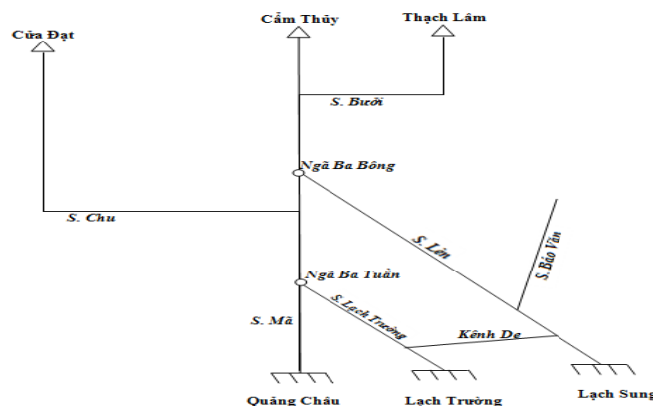
Như vậy trong cả MIKE 11 và MIKE 21 việc đánh giá độ nhạy được thực hiện từ thông số nhám (M, m) và thông số khuếch tán (D).

3. Cơ sở dữ liệu và mạng lưới tính toán

Các tài liệu được sử dụng bao gồm dữ liệu thủy văn, địa hình. Trong đó tài liệu mặt cắt ngang lòng dẫn hệ thống sông Mã (đo các năm 1995, 2005) kế thừa từ các nghiên cứu trước. Các dữ liệu thủy văn bao gồm mực nước tại các trạm khu vực hạ lưu năm

2003, 2009, 2010, 2011, 2012 và lưu lượng thực đo vùng thượng lưu tại các trạm Cửa Đạt, Cẩm Thủy, quan hệ (Q~H) Thạch Lâm với thời gian tương ứng.

Sơ đồ tính toán cho mô hình 1D gồm: sông Mã từ Cẩm Thủy đến cửa Cửa Hới; sông Bưởi từ Thạch Lâm đến nhập lưu vào sông Mã; sông Chu từ tuyến Cửa Đạt đến nhập lưu vào sông Mã (ngã ba Giàng); sông Lèn từ cửa phân lưu của sông Mã (ngã ba Bông) đến cửa Lạch Sung; sông Báo Văn từ Mỹ Quan đến nhập lưu với sông Lèn; sông Kênh De từ cửa phân lưu với sông Lèn đến nhập lưu vào sông Lạch Trường; sông Lạch Trường từ cửa phân lưu của sông Mã (ngã ba Tuấn) đến cửa Lạch Trường (hình 1).

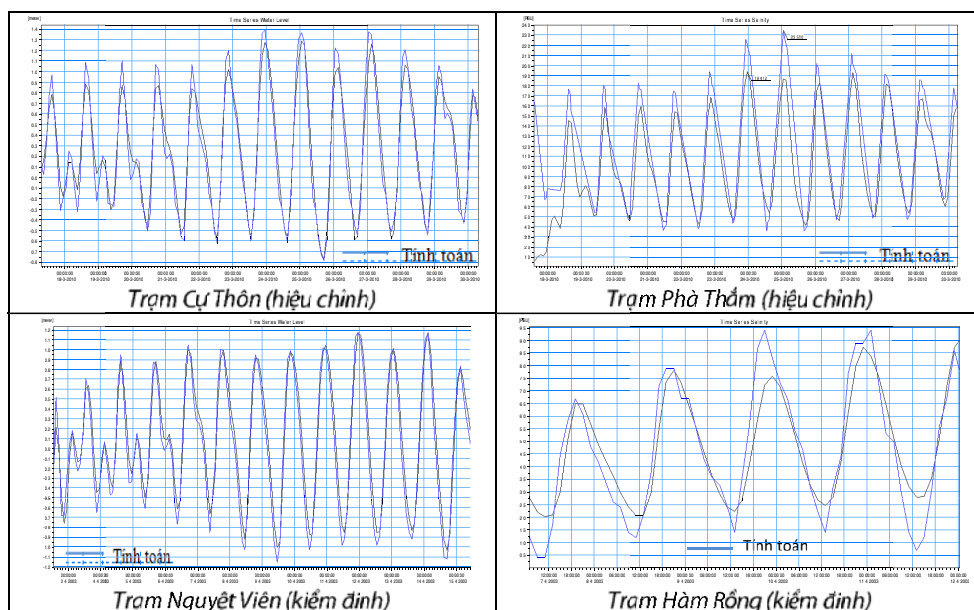


Hình 1. Sơ họa sơ đồ thủy lực và truyền mẫn hệ thống sông Mã - Chu

4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Với số liệu thực đo độ mặn tại các trạm trên hệ thống sông Mã, bài báo tiến hành hiệu chỉnh cho năm 2010 và kiểm định cho năm 2003. Việc hiệu

chỉnh thông số mô hình dựa trên sự phù hợp giữa tính toán và thực đo tại các trạm kiểm tra, cụ thể là sự phù hợp về giá trị đỉnh mẫn với kết quả thu được như sau:



Hình 2. Quá trình mực nước tính toán thực đo tại các trạm

Dưới đây là bảng tổng hợp các chỉ tiêu đánh giá (2003) các giá trị mực nước và độ mặn qua 1 năm kiểm định (2010) và 1 năm hiệu chỉnh

Bảng 1. Một số kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thủy lực

TT	Trạm	Sông	Hiệu chỉnh 2010			Kiểm định 2003		
			Δ lệch đỉnh (m)	Δ lệch chân (m)	Nash-Sutcliff	Δ lệch đỉnh (m)	Δ lệch chân (m)	Nash-Sutcliff
1	Giàng	Mã	0,25	0,007	0,96			
2	Hàm Rồng	Mã	0,23	0,007	0,97	0,02	0,148	0,9
3	Nguyệt Viên	Mã	0,07	0,013	0,95	0,01	0,107	0,95
4	Cự Thôn	Lèn	0,1	0,036	0,96			
5	Yên Ổn	Lèn	0,17	0,19	0,89			
6	Phà Thắm	Lèn	0,05	0,032	0,96	0,06	0,17	0,93
7	Cự Đà	Lạch Trường	0,33	0,13	0,87	0,1	-0,02	0,95
8	Vạn Ninh	Lạch Trường	0,14	0,05	0,91			
9	Hoàng Hà	Lạch Trường	0,08	0,03	0,93	0,02	0,017	0,97

Bảng 2. Một số kết quả hiệu chỉnh và kiểm định độ mặn

TT	Trạm	Sông	Hiệu chỉnh 2010			Kiểm định 2003		
			Δ lệch đỉnh (‰)	Δ lệch chân (‰)	Nash-Sutcliff	Δ lệch đỉnh (‰)	Δ lệch chân (‰)	Nash-Sutcliff
1	Hàm Rồng	Mã	0,24	0,1	0,98	0,55	0,16	0,63
2	Nguyệt Viên	Mã	4,65	0,01	0,89	0,27	1	0,8
3	Phà Thắm	Lèn	4,09	0,5	0,91	0,42	0,5	0,67
4	Yên Ổn	Lèn	5,37	1,038	0,89			
5	Cự Thôn	Lèn	1,32	0,326	0,86			
4	Hoàng Hà	Lạch Trường	1	0,6	0,8	2,2	0,06	0,61

Từ kết quả hiệu chỉnh có thể thấy đường quá trình mực nước tính toán tại các trạm phía trên bám sát đường quá trình thực đo với chỉ số NASH khoảng 0,87 và 0,95, sai số lệch đỉnh nhỏ. Tại các trạm bên dưới, tuy bị ảnh hưởng của thủy triều song kết quả so sánh giữa đường mực nước tính toán và thực đo cũng khá phù hợp. Sai số lệch đỉnh đối với mực nước lớn nhất cũng đảm bảo dưới 11%. Chỉ tiêu NASH cho các trạm đo mặn trên sông Lèn đạt giá trị cao (khoảng 0,86 – 0,91), các sông Mã, Lạch Trường cũng đạt khoảng 0,8 – 0,98.

Qua đó mà hệ số nhám được lựa chọn là các hệ số thay đổi theo khu vực thượng lưu từ 0,025-0,04 và hạ lưu từ 0,015-0,024. Thông số D được lựa chọn cụ thể: trên sông Mã từ ngã ba Bông tới Cầm Thủy nằm trong khoảng 100 - 550 m²/s, khu vực hạ lưu từ 400-1100 m²/s; sông Lèn từ Phà Thắm tới ngã ba Bông từ 800 -1200 m²/s, vùng gần biển từ 1500 - 2500 m²/s; sông Lạch Trường khu vực thượng lưu từ 150-750 m²/s và hạ lưu từ 55 - 200 m²/s. Các vị trí và đoạn sông khác được mô hình tự định nghĩa là giá trị ban đầu đã đặt cho toàn hệ thống.

5. Đánh giá độ nhạy thông số

Đối với mô hình MIKE 11, việc đánh giá độ nhạy được dựa trên sự thay đổi D và M, M cho từng đoạn sông cho thời gian 17/3/2010 đến ngày 30/3/2010.

Các thông số thủy lực được điều chỉnh chủ yếu là hệ số nhám lòng dẫn và điều kiện ban đầu. Điều kiện ban đầu trong lần chạy đầu tiên được xác định dựa trên mực nước, lưu lượng tại các trạm thủy văn từ đó nội suy tuyến tính cho các mặt cắt còn lại. Đối với các lần chạy sau, điều kiện ban đầu được xác định bằng cách lấy toàn bộ trạng thái thủy lực ở bước thời gian trước đó, tính năng này được tích hợp trong mô hình và như vậy có thể dễ dàng xác định được điều kiện ban đầu cho mỗi lần tính toán. Đối với hệ số nhám, việc điều chỉnh có thể tự động, tuy nhiên trong thực tế đối với vùng nghiên cứu thì hệ số nhám được điều chỉnh theo thứ tự, ban đầu là xác định sơ bộ hệ số nhám căn cứ vào địa hình lòng dẫn của từng đoạn sông, tiếp theo tiến hành thay đổi thủ công với mục tiêu là sự phù hợp giữa mực nước, lưu lượng tính toán và thực đo tại các vị trí kiểm tra với các vị trí thượng lưu và hạ lưu khác

nhau.

Các tham số được sử dụng để phân tích độ nhạy bao gồm: hệ số nhám, hệ số khuếch tán, hệ số mũ khuếch tán, thông số khuếch tán nhỏ nhất, thông số khuếch tán lớn nhất trong trường hợp phân lớp và không phân lớp.

Qua tính toán sơ bộ, có thể thấy độ nhạy đối với hệ số nhám như sau: khi tăng nhám hạ lưu thì đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại các khu vực trạm kiểm tra hạ lưu hầu như bị lệch

pha và tăng biên độ do sự ảnh hưởng của triều bị giảm đi trong khi dòng trong sông tác động mạnh hơn và ngược lại. Khu vực có biến đổi mạnh nhất về dao động và biên độ mực nước khi thay đổi hệ số nhám thượng và hạ lưu là đoạn cách khoảng 22 km về Quảng Châu trên sông Mã, cách 8 km về cửa Lạch Trường trên sông Lạch Trường và 13 km về cửa Lạch Sung trên sông Lèn. Các sông khác có thay đổi nhưng không đáng kể.

Bảng 3. Một số lần hiệu chỉnh bộ thông số cho mô đun thủy lực

TT	Tên Sông	Điều chỉnh lần 1	Điều chỉnh lần 2	Điều chỉnh lần 3	Giá trị lựa chọn sơ bộ
1	Kênh De	0,035 – 0,06	0,03 – 0,06	0,025 – 0,05	0,025 – 0,05
2	Báo Văn	0,035 – 0,06	0,03 – 0,05	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
3	Lèn	0,03 – 0,045	0,025 – 0,045	0,02 – 0,04	0,02 – 0,035
4	Bưởi	0,045 – 0,05	0,045 – 0,045	0,04 – 0,045	0,04 – 0,045
5	Chu	0,03 – 0,06	0,025 – 0,06	0,025 – 0,05	0,025 – 0,05
6	Mã	0,03 – 0,055	0,25 – 0,05	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
7	Lạch Trường	0,035 – 0,04	0,025 – 0,04	0,02 – 0,035	0,02 – 0,035

Với modul khuếch tán lan truyền mặn, việc điều chỉnh D cũng tùy thuộc vào đặc điểm dòng chảy và địa hình tại các sông. D được tính dựa vào công thức sau:

$$D = a.V^b \quad (5)$$

Trong đó: a: hệ số khuếch tán; b: số mũ khuếch tán; V: lưu tốc dòng chảy.

Quá trình phân tích độ nhạy tham số mô hình, cần phải xem xét thay đổi trị số a và b cho phù hợp bởi chúng là các hệ số có tính chất quyết định đến D theo 2 dạng phân lớp và không phân lớp.

Với trường hợp không phân lớp (coi quá trình truyền tải và khuếch tán vật chất là đồng nhất theo

phương thẳng đứng), kết quả phân tích độ nhạy cho thấy D không có tác động đáng kể đến quá trình truyền tải khuếch tán chất. Trường hợp có phân 2 lớp gồm lớp mặt và đáy cho thấy sự thay đổi tương đối rõ rệt các đặc trưng mô phỏng, trong đó thông số khuếch tán lớp mặt lớn hơn lớp đáy. Dựa trên các đánh giá thu được qua những lần hiệu chỉnh sơ bộ ban đầu cho từng dạng việc hiệu chỉnh modul khuếch tán sau đó được tiến hành tiến hành song song cho cả 2 lớp nhằm tìm ra bộ thông số phù hợp qua đó giảm thiểu các sai số trong quá trình tính toán.

Bảng 4. Một số bộ thông số hiệu chỉnh cho modul khuếch tán

Dạng thay đổi	Tham số (điều kiện ban đầu)	Giá trị ban đầu	Điều chỉnh lần 1	Điều chỉnh lần 2	Điều chỉnh lần 3	Điều chỉnh lần 4	Giá trị lựa chọn sơ bộ
	Độ mặn	0-0.9	0-0.7	0-0.7	0-0.7	0-0.7	0-0.7
	Tham số khuếch tán (D)						
Dạng không phân lớp	Hệ số khuếch tán (a)	15	500	600	700	300	700
	Số mũ khuếch tán (b)	0	5	5	5	5	5
	Hệ số khuếch tán nhỏ nhất	0	500	400	250	300	250
	Hệ số khuếch tán lớn nhất	50	800	900	850	1200	850

Dạng phân lớp (lớp mặt, lớp đáy)							
Lớp mặt	Hệ số khuếch tán (a)	15	500	450	550	300	800
	Số mũ khuếch tán (b)	0	5	5	5	5	5
	Hệ số khuếch tán nhỏ nhất	0	500	400	150	300	150
	Hệ số khuếch tán lớn nhất	50	800	750	850	800	850
Lớp đáy	Hệ số khuếch tán (a)	15	200	300	450	150	450
	Số mũ khuếch tán (b)	0	5	4	4	4	4
	Hệ số khuếch tán nhỏ nhất	0	200	200	100	200	100
	Hệ số khuếch tán lớn nhất	50	700	650	650	600	650

Nhìn chung kết quả tính toán sơ bộ cho thấy: trong cả trường hợp phân lớp và không phân lớp, nếu hệ số khuếch tán (a) tăng cũng đồng thời làm tăng cả giá trị đỉnh và chân tính toán (kéo dài biên độ dao động mặn) trong khi nếu giảm đi thì chỉ làm đỉnh giảm mạnh nhưng chân có sự thay đổi ko nhiều. Đồng thời đây cũng là hệ số có ảnh hưởng hơn cả (nhạy) tới kết quả tính toán. Số mũ khuếch tán (b) tăng làm biên độ mặn tăng khá nhanh. Thông số khuếch tán nhỏ nhất (Dmin) khi tăng thì giúp khắc phục chân mặn quá thấp, giảm làm kéo dài chân hơn (nhất là biểu hiện tại lớp mặt). Còn thông số khuếch tán lớn nhất (Dmax) ở lớp mặt tăng làm mở rộng phạm vi dao động đỉnh triều, lớp

đáy giảm khiến chân mực nước thấp hơn.

6. Kết luận

Việc đánh giá độ nhạy trên đây được thực hiện trên các mô đun thủy lực và khuếch tán dựa trên các nhận định sơ bộ về đặc điểm địa hình, lòng dẫn cũng như kinh nghiệm và tham chiếu từ các nghiên cứu trước đây. Nhìn chung đối với mô đun khuếch tán thì hệ số khuếch tán (a) nhạy nhất trong mô hình đối với khu vực nghiên cứu. Kết quả đã thu được bộ thông số nhám và khuếch tán và tìm ra được xu hướng đạt được bộ thông số phù hợp phục vụ cho việc ứng dụng mô hình mô phỏng, dự báo và cảnh báo xâm nhập mặn vùng hạ lưu hệ thống sông Mã.

Tài liệu tham khảo

1. Đoàn Thanh Hằng (2010). *Xây dựng chương trình dự báo xâm nhập mặn cho khu vực Đồng bằng sông Hồng – Thái Bình, Đề tài KHCN cấp Bộ.*
2. Lê Thanh Hà, Đỗ Văn Tuy (1999). *Tính toán và lập phương án dự báo xâm nhập mặn mô hình SALHO cho vùng cửa sông TP. Hải Phòng, Đề tài NCKH cấp Thành phố.*
3. MIKE DHI (2007). *User guide,*