

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN PHỤC VỤ CHO VIỆC DỰ BÁO CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

Tăng Đức Thắng, Vũ Quang Trung, Phạm Văn Giáp,
Nguyễn Thanh Hải, Tô Quang Toàn và Nguyễn Văn Hoạt
Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, nuôi trồng thủy sản mặn lợ đang được phát triển mạnh trên cả nước, nhất là vùng Bán đảo Cà Mau (BĐCM) (ĐBSCL). Trong khi đó, công tác quản lý chất lượng nước vẫn còn chưa theo kịp với nhu cầu phát triển, nhất là vấn đề dự báo chất lượng nước phục vụ cho nuôi trồng thủy sản còn nhiều tồn tại; trong đó công cụ tính toán dự báo được coi là một trong những tồn tại lớn nhất. Bài báo này sẽ giới thiệu vấn đề xây dựng mô hình chất lượng nước cho vùng BĐCM phục vụ cho công tác đánh giá chế độ chất lượng nước, dự báo lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy. Mô hình được thiết lập dựa trên phần mềm MIKE11 với một số chỉ tiêu chất lượng nước cơ bản được xem xét, đã được cân chỉnh và cho thấy có khả năng mô phỏng đạt yêu cầu của một số ứng dụng thực tế vùng nghiên cứu.

Từ khóa: Bán đảo Cà Mau, mô hình chất lượng nước, xâm nhập mặn, DO, BOD.

Summary: Aquaculture, especially shrimp, has been strongly developed in Ca Mau peninsula. However, water quality for aquaculture has been faced with many problems, in which water quality forecast is one of critical issues. This limitation results from not having a model to calculate hydraulics and water quality. This paper will outline the process of building up a model for assessing water quality in the study area based on MIKE11 software. The model demonstrates the capacity in modelling the essential hydraulics and water quality parameters, and has high applicability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bán đảo Cà Mau (BĐCM) là trọng điểm nuôi tôm lớn nhất của cả nước, góp phần quan trọng trong xuất khẩu của ngành nông nghiệp và việc phát triển ngành tôm ở vùng này vẫn đang tiếp tục được đầu tư mạnh mẽ.

Mặc dù việc nuôi tôm đang phát triển, song cũng đang chịu áp lực lớn từ các vấn đề về môi trường, trong đó đáng kể nhất là ô nhiễm nguồn nước [1], [2], [3]. Việc dự báo chất lượng nước cho ngành này được coi là rất quan trọng, góp phần giảm thiểu phát sinh và lan truyền bệnh tôm trong vùng nuôi và lan rộng trong hệ thống sông kênh.

Cho đến nay, việc dự báo chất lượng nước ở

ĐBSCL nói chung và BĐCM nói riêng hầu như chưa được thực hiện nhiều, chủ yếu vẫn chỉ là về dự báo xâm nhập mặn, xem [4], [7]. Ngay cả việc dự báo xâm nhập mặn cũng chỉ thực hiện trên các hệ thống sông chính [7]. Việc dự báo chất lượng nước trong các vùng sản xuất ven biển, nhất là vùng nuôi tôm lại càng khó khăn hơn. Sự phức tạp của mô hình dự báo chất lượng nước vùng BĐCM nằm ở tính phức tạp của bài toán chất lượng nước và tính phức tạp của vùng nghiên cứu bao gồm mạng sông kênh, phân bố vùng nuôi, các nguồn xả thải khác nhau. Do vậy, việc xây dựng mô hình cố gắng đến mức tối đa trên cơ sở các tài liệu hiện có và khả năng mô phỏng của phần mềm thủy động

Ngày nhận bài: 16/8/2018
Ngày thông qua phản biện: 20/9/2018

Ngày duyệt đăng: 8/11/2018

lực MIKE11. Chi tiết được trình bày dưới đây.

2. CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI MÔ HÌNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

2.1. Yêu cầu về phạm vi mô hình

Mô hình chất lượng nước được xây dựng nhằm phục vụ cho các mục tiêu khác nhau như đánh giá dự án liên quan đến tài nguyên nước (quy hoạch nguồn nước, quy hoạch nông nghiệp), dự báo chất lượng nước phục vụ quản lý vận hành các hệ thống, nhất là hệ thống nuôi trồng thủy sản trong vùng BDCM.

Để đảm bảo đặc tính tác động tương hỗ giữa các vùng, phạm vi mô hình bao gồm toàn châu thổ Mê Công, với phần lõi là BDCM được xem xét chi tiết theo yêu cầu của sản xuất. Chi tiết không gian nghiên cứu xem Hình 1.

2.2. Yêu cầu về các thông số, chỉ tiêu mô phỏng

Tùy theo mục tiêu của bài toán chất lượng nước để xác định các thông số và chỉ tiêu cần thiết để mô phỏng. Ngoài ra, việc lựa chọn chỉ tiêu cũng còn tùy thuộc vào năng lực mô phỏng của mô hình.

Cho đến nay, so với yêu cầu thực tế, nhất là ngành thủy sản, thì các chỉ tiêu mà mô hình có thể mô phỏng được còn hạn chế hơn nhiều. Chẳng hạn trong chất lượng nước phục vụ thủy sản cần các chỉ tiêu độ mặn, độ kiềm, độ trong, nhiệt độ, DO, BOD, pH, H₂S, NH₃,...[2], trong khi đó các mô hình phổ thông hiện nay cũng mới chỉ mô phỏng được nhiệt độ, độ mặn, DO, BOD, NH₄⁺, NO₃⁻. Trong một số mô hình có thể mở rộng thêm các chỉ tiêu mô phỏng, chẳng hạn MIKE11 sử dụng ECOLAB có thể mô phỏng fecal coliform, total coliform, Phosphorus, xem [11]. Trong nghiên cứu này, do điều kiện hạn chế về số liệu nên lựa chọn yếu tố/chỉ tiêu mô phỏng gồm nhiệt độ, độ mặn, DO, BOD, NH₄⁺, NO₃⁻ và sẽ dần mở rộng thêm trong tương lai.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

3.1. Nguồn số liệu

Nghiên cứu này sử dụng các số liệu về địa hình, khí tượng thủy hải văn liên quan đến bài toán dòng chảy trên châu thổ Mê Công. Các nguồn số liệu chính phục vụ cho xây dựng mô hình được thu thập từ các nguồn khác nhau, bao gồm: Ủy hội Mê Công Quốc tế (MRC), các cơ quan trong nước, các địa phương, đặc biệt là số liệu khảo cứu của Đề tài cấp nhà nước ĐTĐL.T12-T/25 [3],... Bộ số liệu vừa có tính pháp lý và cập nhật, có độ tin cậy tốt đủ đáp ứng cho việc xây dựng mô hình toán, xây dựng các kịch bản phát triển hạ tầng.

Hầu hết các số liệu trên đã được chuẩn hóa theo các tiêu chuẩn Quốc tế (chuẩn tài liệu của MRC) và tiêu chuẩn Việt Nam. Tuy vậy, cũng còn một số loại số liệu, nhất là số liệu về hệ thống kênh vẫn còn thiếu nhiều (nhất là kênh cấp 2), một số số liệu đã có lại thiếu cập nhật (do không có tài liệu khảo sát mới).

3.2. Xây dựng mô hình

Lựa chọn phần mềm

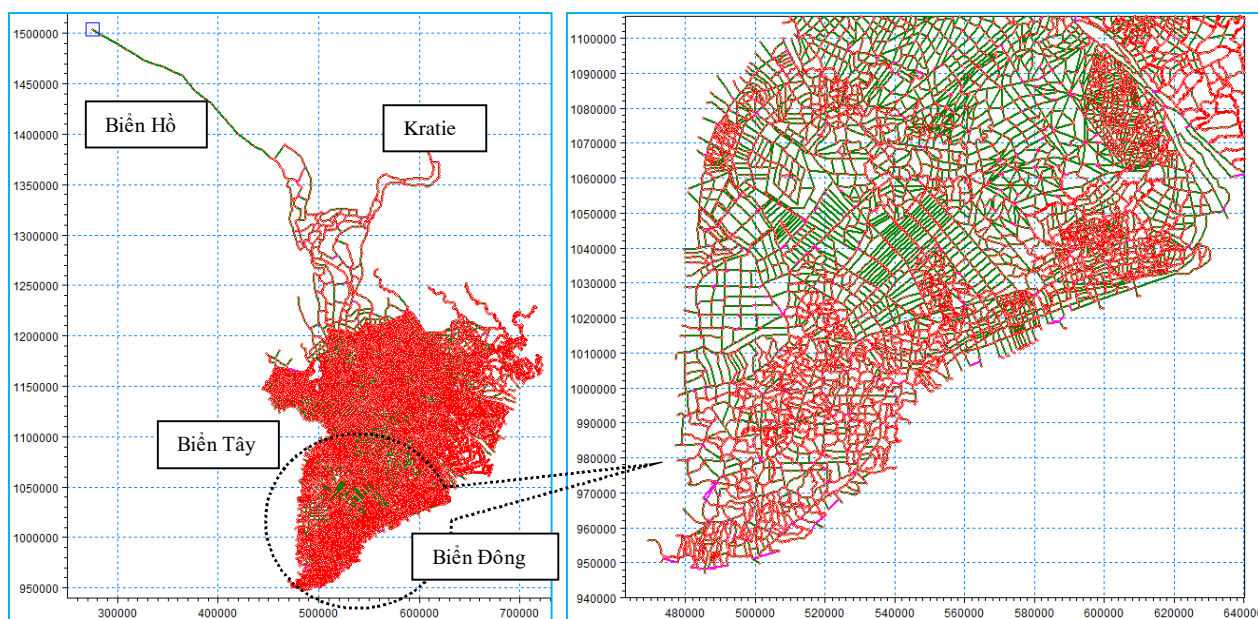
Hiện nay trên thế giới và trong nước có một số phần mềm thủy động lực chất lượng nước đã được sử dụng như MIKE11 (Đan Mạch), HEC (Mỹ), ISIS (Anh), SOBEK (Hà Lan), DELTA (Nguyễn Tất Đắc), F28 (Lê Song Giang), KOD (Nguyễn Ân Niên),... Các phần mềm này có công năng và thế mạnh khác nhau. Trong đó mô hình MIKE11 đang được sử dụng khá phổ biến, nhất là ở Việt Nam. Nét điển hình của phần mềm này là tiện ích cho người sử dụng (tường minh và dễ dàng cho vào số liệu, phong phú về giao diện và công cụ phân tích, hiển thị kết quả), và đa dạng các chỉ tiêu mô phỏng đáp ứng các yêu cầu tính toán (số chỉ tiêu chất lượng nước cần tính toán). Đó là lý do mô hình MIKE11 được lựa chọn trong nghiên cứu này. Miêu tả về MIKE11 được trình bày trong [11] và các tham khảo khác liên quan đến mô hình toán chất lượng nước phục vụ xây dựng mô hình xem [12].

Thiết lập mô hình

Mô hình chất lượng nước được xây dựng dựa trên phần mềm MIKE11, theo bài toán một chiều mở rộng 1D⁺⁺ (các ô chứa được mô phỏng là các kênh lũ với các cửa thoát phù hợp địa hình và tuyến bao đê thực tế, miêu tả động lực gần giống với bài toán 2 chiều ngang). Các lưu vực lân cận được kết nối vào mô hình, như Đồng Nai và Giang Thành (Tây-

Bắc Tứ giác Long Xuyên (TGLX)). Chi tiết về sơ đồ mô hình được trình bày trong Hình 1 và xem [6].

Sơ đồ mô hình đã được thiết lập gồm 8700 đoạn sông, kênh; 7600 công trình (cống, tràn). Các yếu tố liên quan đến ô nhiễm thường xảy ra trong vùng nghiên cứu được đưa vào mô hình là các nguồn xả thải như sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, thủy sản.



(a): Sơ đồ mô hình mạng sông kênh châu thổ Mê Công

(b): Sơ đồ mô hình mạng sông kênh vùng BDCM

Hình 1: Sơ đồ mô hình thủy lực - chất lượng nước BDCM: (a) Mô hình tổng thể; (b) Chi tiết vùng BDCM

Đối với phân chất lượng nước, sử dụng ECOLAB để mô phỏng, trong đó các chỉ tiêu cơ bản được xác định bao gồm: DO, BOD, NH₄, NO₃, nhiệt độ. Như vậy, kết quả của mô hình sẽ là bộ thông số thủy lực (lưu lượng và mực nước) và chất lượng nước theo thời gian, thuận tiện cho việc phân tích, đánh giá, dự báo.

Các số liệu biên mô hình

Biên thủy lực

Trong phần mềm MIKE11, biên thủy lực có thể chia làm hai loại: biên ngoài và biên trong hệ

thống. Cả biên nội và ngoại hệ thống có thể cho ở dạng mực nước hay lưu lượng biến đổi theo thời gian, cá biệt là hằng số. Tùy theo mục đích mô phỏng mà biên có thể là số liệu thực đo hay tính toán.

Biên ngoài của mô hình là biên tại các cửa ra/vào hệ thống. Trong mô hình, biên ngoài hệ thống bao gồm: lưu lượng tại các vị trí Kratie (Campuchia), các nhánh Biển Hồ (Campuchia). Biên dưới mô hình là mực nước tại các cửa nối ra biển Đông và biển Tây, bao gồm các cửa sông lớn, sông rạch nhỏ, kênh đào.

Biên trong (nội hệ thống) là biên bổ sung vào trong hệ thống, thường là dòng chảy phân bố theo các kênh, như nước thải sinh hoạt, lấy nước tưới,... Các điểm xả thải tập trung cũng thuộc nhóm biên này. Ngoài ra, mưa, bốc hơi cũng được coi là biên nội hệ thống.

Biên chất lượng nước

Trong mô hình, biên chất lượng nước gồm 2 loại

là phân bố và điểm. Loại phân bố theo các kênh, sông gồm nước thải sinh hoạt do phân bố dân cư ven kênh hoặc xả thải từ các ruộng nuôi trồng thủy sản, hồi quy nông nghiệp. Nguồn điểm gồm xả thải sinh hoạt từ các thành phố, thị trấn, thị tứ; xả thải từ các khu công nghiệp.

Số liệu vào biên mô hình chất lượng nước được trình bày ở Bảng 1 và chi tiết xem [5], [6]

Bảng 1: Số liệu mô hình chất lượng nước

TT	Loại số liệu biên	Lưu lượng xả	Chất lượng nước	Ghi chú
1	Xả thải sinh hoạt	Tính theo số dân và định mức quy định hiện hành	Theo tiêu chuẩn hiện hành; Số liệu thống kê từ các tỉnh	Từ các nguồn khác nhau
2	Xả thải công nghiệp	Tính theo thống kê các tỉnh và điều tra thực tế	Theo tiêu chuẩn hiện hành; Số liệu thống kê từ các tỉnh	Từ các quy hoạch và điều tra các tỉnh
3	Xả thải nông nghiệp	Lấy khoảng 10% lưu lượng tưới	Tham khảo các nghiên cứu	
4	Xả thải thủy sản	Lấy khoảng 20% lưu lượng cấp	Tham khảo các nghiên cứu	

3.3. Cân chỉnh mô hình

Cân chỉnh mô hình là một phần quan trọng trong việc xây dựng mô hình. Mô hình được cân chỉnh cho hai nhóm thông số là (1) thủy lực; và

(2) Chất lượng nước. Thời gian cân chỉnh là năm 2016.

Số liệu phục vụ cho cân chỉnh

Số liệu cho cân chỉnh được liệt kê trong Bảng 2.

Bảng 2: Miêu tả số liệu sử dụng cho cân chỉnh mô hình chất lượng nước

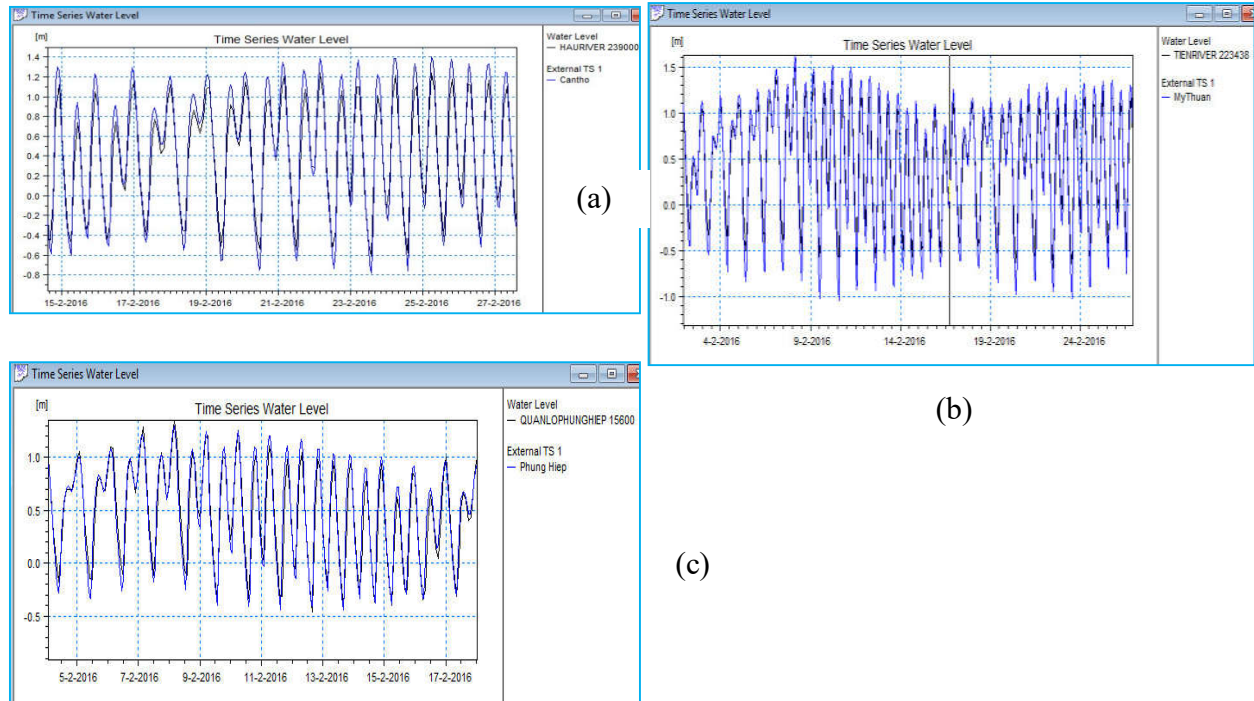
TT	Loại số liệu	Số liệu dùng để tham chiếu (cân chỉnh)	Ghi chú
1	Thủy lực		
	Lưu lượng	Đo đạc năm 2016	Mạng thủy văn Quốc gia
	Mức nước	Đo đạc năm 2016	Mạng thủy văn Quốc gia
2	Chất lượng nước		
	Độ mặn	Đo đạc năm 2016	Mạng thủy văn Quốc gia, địa phương
	Các chỉ tiêu chất lượng nước/nồng độ	Số liệu thu thập thời kỳ/gần thời kỳ mô phỏng	Số liệu khảo sát của Đề tài; các Trung tâm quan trắc môi trường và các đề tài dự án khác

Cân chỉnh thủy lực

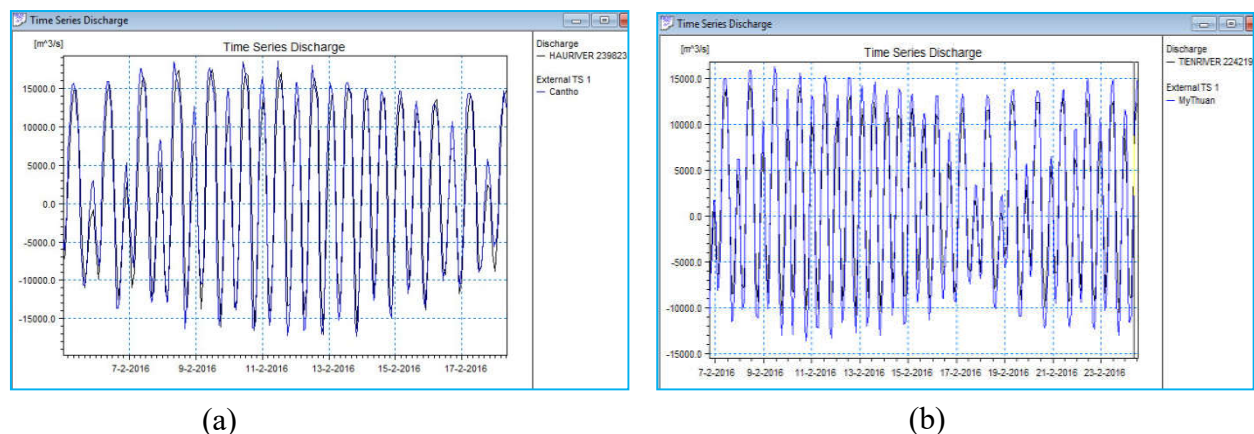
Việc cân chỉnh mô hình lấy các đại lượng tham chiếu là lưu lượng và mực nước, thông qua việc thay đổi chủ yếu là hệ số nhám lòng dẫn.

Kết quả cân chỉnh tìm được bộ hệ số độ nhám

cho các loại lòng dẫn. Với các sông lớn hệ số nhám (n) biến động từ 0,017 – 0,022; còn hệ số nhám trong kênh biến động 0,022 – 0,027. Các kênh nhỏ hệ số nhám lên đến 0,03. Kết quả cân chỉnh xem ở các Hình 2 và 3.



Hình 2: Kết quả mực nước một số trạm dòng chính sông Cửu Long và kênh nội đồng BDCM (màu đen – mô phỏng, màu xanh – số liệu đo): (a) Trạm Cần Thơ; (b) Trạm Mỹ Thuận và (c) Trạm Phụng Hiệp



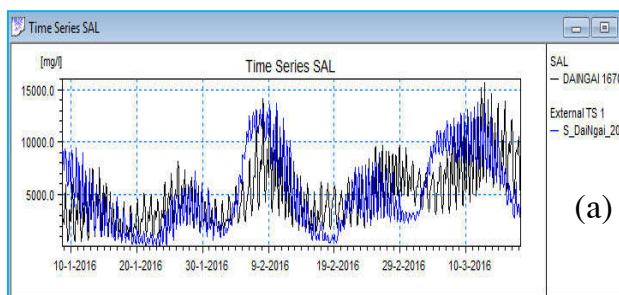
Hình 3: Kết quả lưu lượng một số trạm dòng chính sông Cửu Long và kênh nội đồng BDCM (màu đen – mô phỏng, màu xanh – số liệu đo): (a) Trạm Cần Thơ; (b) Trạm Mỹ Thuận

Cân chỉnh chất lượng nước

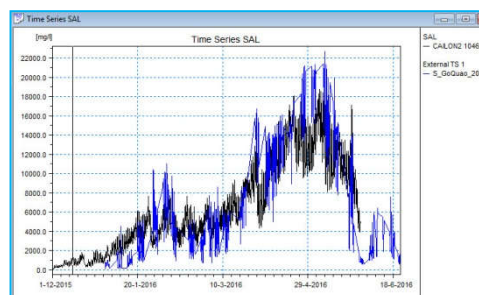
Việc cân chỉnh chất lượng nước lấy các đại lượng tham chiếu là độ mặn và các chỉ tiêu chất lượng nước. Trong cân chỉnh, mô hình được thực hiện trước theo độ mặn (chất bảo tồn, là một chỉ tiêu rất quan trọng), sau đó cân chỉnh

cho các chỉ tiêu chất lượng nước. Theo đó, hệ số khuếch tán được xác định trước khi cân chỉnh mặn, sau đó mới xác định các hệ số/tham số trong mô phỏng chất lượng nước.

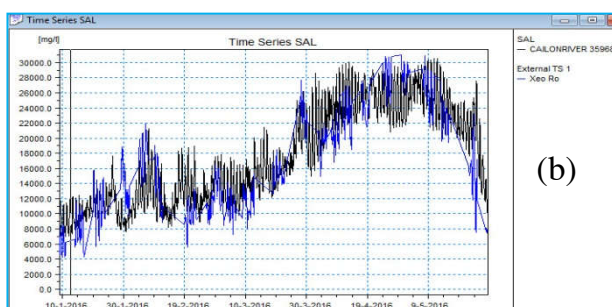
Kết quả cân chỉnh mô hình chất lượng nước xem ở các hình 4, 5 cùng Bảng 3.



(a)

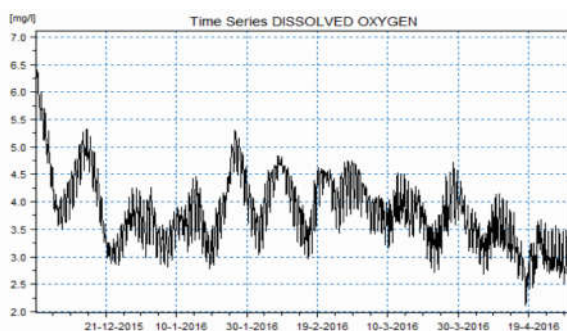


(c)

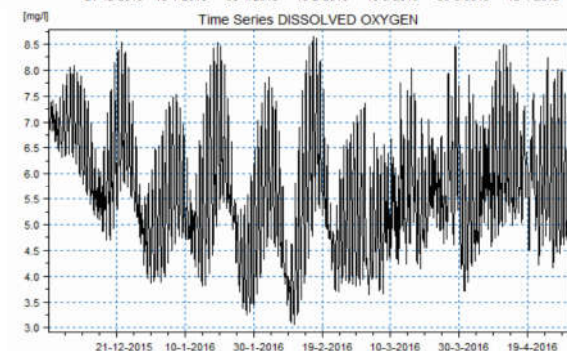
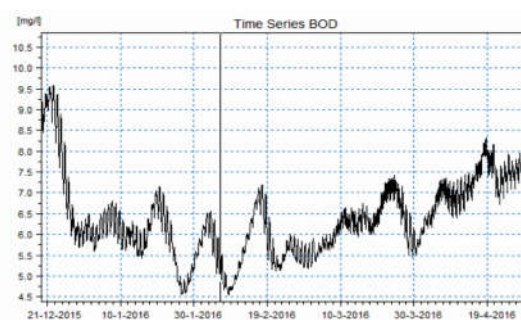


(b)

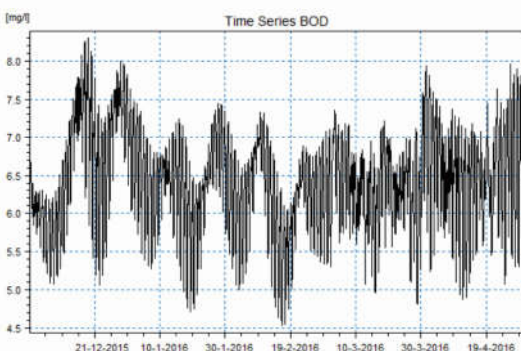
Hình 4: Kết quả cân chỉnh độ mặn một số trạm dòng chính sông Cửu Long và kênh nội đồng BĐCM, năm 2016 (màu đen – mô phỏng, màu xanh – số liệu đo): (a) Trạm Đại Ngãi (sông Hậu); (b) Trạm Xẻo Rô (sông Cái Lớn); và (c) Trạm Gò Quao (sông Cái Lớn)

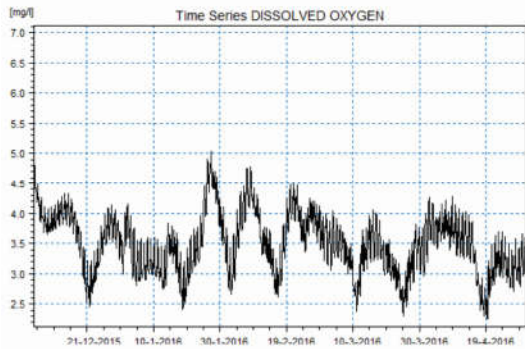


(a)



(b)





Hình 5: Kết quả mô phỏng DO, BOD một số trạm nội vùng BĐCM theo cặp chỉ tiêu DO (trái) và BOD (phải): (a) Vị Thanh; (b) Xẻo Rô; và (c) Cà Mau

Bảng 3: Kết quả tính toán chất lượng nước và đo đạc một số điểm đại diện vùng nghiên cứu, thời kỳ mô phỏng 4/2016

TT	Vị trí	DO (mg/l)		BOD ₅ (mg/l)		Ghi chú
		Tính toán	Đo đạc	Tính toán	Đo đạc	
1	Xẻo Rô (Sông Cái Lớn, Kiên Giang)	4,5 - 8,5	6,2	5,0 - 7,9	7,3	Trị số tính toán lấy theo giới hạn lớn nhất, nhỏ nhất
2	TP Vị Thanh	2,5 - 4,2	4,0	5,5 - 8,0	5,0	
3	TP Cà Mau	2,5 - 4,0	3,2	7,5 - 9,5	12,1	
4	TP Bạc Liêu	3,0 - 5,5	3,5	7,5 - 15	10,4	
5	TP Sóc Trăng	2 - 4,2	3,6	14 - 15,5	14,7	

4. THẢO LUẬN

4.1. Về xây dựng mô hình

Sơ đồ tính

Sơ đồ tính cơ bản đã bao gồm các sông kênh chính, quan trọng trên châu thổ nói riêng và BĐCM nói chung. Tuy vậy vẫn còn một số kênh chưa được đưa vào sơ đồ, chủ yếu là các kênh cấp 3. Hạn chế của việc sơ đồ hóa xuất phát từ hai lý do: (1) Thiếu thông tin về hiện trạng kênh cấp 3; và (2) Năng lực tính toán của phần mềm.

Việc thiếu thông tin về kênh cấp 3 (chủ yếu là mặt cắt ngang) trong mô hình có thể giải quyết một phần bằng cách sử dụng các hệ thống thông tin địa lý (dựa vào phần mềm Google Earth,...). Trong tương lai cần bổ sung thêm mạng kênh cấp 3 vào mô hình để tăng độ tin cậy trong mô phỏng.

Mặt khác, việc xây dựng sơ đồ tính lớn dẫn tới khó khăn là thời gian tính toán tăng nhanh theo kích cỡ sơ đồ (mặc dù phần mềm MIKE11 không hạn chế kích cỡ sơ đồ). Đây được xem là một hạn chế đáng kể khi phải xây dựng sơ đồ mới, theo đó thời gian tính toán cân chỉnh đòi hỏi rất lớn, có thể từ hàng tháng đến hàng năm. Kể cả máy tính mạnh cũng không giải quyết được nhiều về tốc độ tính toán vì MIKE11 không áp dụng giải thuật song song.

Số liệu địa hình

Số liệu địa hình trong mô hình được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau, trong đó rất nhiều số liệu không được cập nhật nhất là kênh cấp 1 trở xuống (trong đó kênh cấp 3 gần như thiếu số liệu, chỉ số số liệu mang tính đại diện).

Số liệu thủy lực

Số liệu thủy lực ở các biên ngoài khá tốt, có độ tin cậy cao (các trạm đo mực nước, lưu lượng theo tiêu chuẩn chất lượng quốc tế và quốc gia). Tuy vậy, các biên trong lại phần lớn là tính toán, bao gồm lấy nước tưới, xả thải sinh hoạt, xả thải công nghiệp,... Việc tính toán được thực hiện theo các định mức quy định, do vậy chỉ phản ánh gần sát với thực tế. Đây là một trong những hạn chế quan trọng (rất khó cải thiện) của mô hình.

Số liệu chất lượng nước

Về chất lượng số liệu cho mô hình: số liệu chất lượng nước ở biên chất lượng nước được lấy theo cách tham khảo một số tài liệu nghiên cứu và cũng chưa được kiểm chứng.

Số liệu chất lượng nước cho cân chỉnh mô hình: Trong vùng nghiên cứu rất nghèo nàn và thiếu đồng bộ. Các tỉnh (Trung tâm quan trắc môi trường tỉnh) thường chỉ lấy mẫu mỗi tháng một lần cho một số vị trí điển hình của tỉnh và số điểm trong mỗi tỉnh cũng rất hạn chế. Thêm vào đó, mỗi tỉnh lấy số liệu vào một thời điểm khác nhau, kể cả trong từng tỉnh các điểm lấy số liệu cũng không đồng thời. Tuy cũng nghèo nàn, nhưng số liệu độ mặn thì phong phú hơn và cũng được đo có hệ thống hơn, cụ thể là đo theo từng tháng theo từng đợt mặn, từ cửa sông vào một số kênh chính nội đồng.

4.2. Về kết quả cân chỉnh, kiểm định mô hình

Cân chỉnh thủy lực

Nhìn chung, kết quả cân chỉnh thủy lực khá tốt, có sự phù hợp cao giữa kết quả mô phỏng và thực đo cả mực nước và lưu lượng. Sự phù hợp

này thể hiện rõ cả xu thế thay đổi và trị số.

Cân chỉnh chất lượng nước

Kết quả cân chỉnh chất lượng nước thể hiện khá tốt ở cân chỉnh xâm nhập mặn, có sự phù hợp tốt về xu thế biến đổi quá trình mặn và các trị số điển hình. Tuy vậy vẫn còn có những thời đoạn kết quả chưa thật sự tốt. Mặt khác, việc so sánh cũng chỉ là đánh giá tương đối, vì có sự khác nhau về bản chất của phép so sánh: số liệu mô phỏng là nồng độ trung bình mặt cắt, còn số liệu đo đạc là trị số điểm đo trên mặt cắt.

Cân chỉnh chất lượng nước (DO, BOD) cho thấy hợp xu thế và quy luật, cụ thể là (1) biến động chất lượng nước trong chu kỳ ngắn (ngày, con triều) đến chu kỳ dài ngày (chu kỳ triều, tháng) là phù hợp với quy luật dòng chảy-chất lượng nước, theo đó khi dòng chảy tăng thì DO tăng và BOD giảm và ngược lại. Tuy vậy các giá trị giữa tính toán và đo đạc còn có những khác nhau đáng kể. Có một số lý do chính dẫn đến sự khác nhau, đó là: nguồn số liệu tính toán mô phỏng còn ẩn chứa nhiều sai số (đặc biệt là tải lượng), việc cân chỉnh mô hình cũng còn chưa thật tốt và còn có thể cải thiện được.

5. KẾT LUẬN

Mô hình chất lượng nước cho vùng Bán đảo Cà Mau với sự mở rộng miền tính toán lân cận bao gồm cả châu thổ Mê Công đã được xây dựng. Trong giai đoạn hiện tại, mô hình có thể mô phỏng được các đại lượng thủy lực (mực nước và lưu lượng) và chất lượng nước (DO, BOD, NH₄, NO₃, nhiệt độ). Mô hình có độ tin cậy chấp nhận được và sẽ được hoàn thiện dần trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Các sở Tài nguyên môi trường vùng Bán đảo Cà Mau, Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh hàng năm, 2014 – 2017.
- [2] QCVN 02-19:2014/BNNT-PTNT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về cơ sở nuôi tôm nước lợ, điều kiện đảm bảo vệ sinh thú y và bảo vệ môi trường và an toàn thực phẩm.
- [3] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Đề tài cấp Nhà nước ĐTĐL.2012-T/25, 2015: Báo cáo

khảo sát điều tra thực tế về hiện trạng thủy lợi và sản xuất vụ Thu Đông các tỉnh ĐBSCL.

- [4] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Đề tài ĐTĐL.2012-T/25, 2015: Báo cáo khảo sát, điều tra, thu thập số liệu khí tượng thủy văn châu thổ Mê Công.
- [5] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam (2016), Đề tài cấp Bộ NN-PTNT: “Nghiên cứu dự báo lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng bán đảo Cà Mau”, Báo cáo khảo sát chất lượng nước.
- [6] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Đề tài cấp Bộ NN-PTNT: “Nghiên cứu dự báo lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng bán đảo Cà Mau”, Báo cáo hiện trạng môi trường các tỉnh vùng Bán đảo Cà Mau, 2017.
- [7] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2011, "Một số kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Nhà nước: “Nghiên cứu các giải pháp thủy lợi nhằm khai thác bền vững vùng Bán Đảo Cà Mau”, 2008-2010.
- [8] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2011-2018, "báo cáo Dự án thường xuyên quan trắc và dự báo mặn ĐBSCL”.
- [9] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2005, “Nghiên cứu cơ sở khoa học quản lý hệ thống thủy lợi ven biển có công ngăn mặn”- Đề tài cấp Bộ.
- [10] Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, 2015, Báo cáo tóm tắt “Quy hoạch lũ Đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn đến 2020, định hướng đến 2030”.
- [11] MIKE11 (2011) – Users’ Guide
- [12] Steven Chapra, “Surface water quality modelling”, Mac.GrawHill.