XÂY DỰNG CÔNG NGHỆ DỰ BÁO DÒNG CHẢY CẠN, XÂM NHẬP MẶN CHO HỆ THỐNG SÔNG VU GIA - THU BỒN

Đinh Phùng Bảo[1]

Tóm tắt: *Sự suy giảm dòng chảy sẽ làm gia tăng khả năng xâm nhập mặn vùng hạ du, càng gây thêm khó khăn trong việc khai thác sử dụng nguồn nước nên việc nghiên cứu và xây dựng được bộ công nghệ cảnh báo, dự báo thủy văn và xâm nhập mặn là hết sức cần thiết. Bài báo này sẽ trình bày các kết quả áp dụng mô hình tính toán dòng chảy cạn, xâm nhập mặn và xây dựng công nghệ dự báo cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Kết quả dự báo thử nghiệm độc lập mùa cạn từ 1/1/12015 đến 31/8/2015 đối với mực nước có mức đảm bảo dự báo đạt từ 84 - 96 % (dự báo 24 giờ), 85 - 96 % (dự báo 5 ngày), 83 - 96 % (dự báo 10 ngày) và xâm nhập mặn có mức đảm bảo dự báo đạt từ 70 - 88 % (dự báo 24 giờ), 65 - 89 % (dự báo 5 ngày), 60 - 89 % (dự báo 10 ngày) cho thấy, công nghệ dự báo dòng chảy cạn và xâm nhập mặn cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn có khả năng phục vụ cho dự báo tác nghiệp.*

Từ khóa: *Vu Gia - Thu Bồn, Dòng chảy cạn, Xâm nhập mặn, Công nghệ dự báo.*

Ban Biên tập nhận bài: 12/09/2017 Ngày phản biện xong 20/10/2017 Ngày đăng bài 25/10/2017

1. Mở đầu

Hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn là một trong 9 hệ thống sông lớn nhất cả nước, là nguồn cung cấp nước cho nhu cầu dân sinh, kinh tế và mọi hoạt động xã hội trên toàn lưu vực với diện tích 10.350 km^2; cung cấp nguồn phù sa màu mỡ cho bãi bồi ven sông và các cánh đồng của tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng; là nguồn thủy sản nước ngọt phong phú, là tuyến giao thông thủy quan trọng, là tiềm năng thủy điện dồi dào và nay là nguồn khai thác du lịch rất quan trọng với nhiều phong cảnh hữu tình như Hòn Kẽm - Đá Dừng kết nối Mỹ Sơn, Hội An cùng nhiều di tích và cảnh đẹp tự nhiên khác.

Với chế độ khí hậu nhiệt đới, nắng nóng và mưa nhiều, lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có một số tâm mưa lớn; Trà My là một trong nhưng tâm mưa lớn với lượng mưa trung bình năm 4169 mm, năm mưa lớn nhất đạt 7303 mm (năm 1996) cũng là một trong những địa phương mưa lớn nhất trên toàn quốc. Lượng mưa phân bố không đều trong năm, mùa khô nắng cháy, ruộng đồng khô cạn, hạn hán, thiếu nước; ngược lại vào mùa mưa, lũ lượng mưa dồi dào, mưa với cường độ lớn, lượng mưa lớn thường gây nên lũ quét, lũ ống và ngập lụt nghiêm trọng.

Trong những năm gần đây, với sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế xã hội, hạ tầng cơ sở được nâng cấp, đầu tư mới, nhất là hệ thống giao thông, tưới tiêu, hệ thống thủy điện bậc thang cùng với nhiều thủy điện vừa và nhỏ đã được đầu tư và đưa vào vận hành làm ảnh hưởng tới quy luật dòng chảy tự nhiên; cùng với đó là sự gia tăng biến đổi khí hậu toàn cầu đã hiện hữu trên lưu vực Vu Gia - Thu Bồn nói riêng, tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng nói chung, thiên tai ngày càng gia tăng cả về số lượng cũng như cường độ.

Sự suy giảm dòng chảy sẽ làm gia tăng khả năng xâm nhập mặn vùng hạ du, càng gây thêm khó khăn trong việc quản lý, khai thác sử dụng nguồn nước. Chính vì vậy, việc nghiên cứu đề ra các giải pháp quản lý sử dụng để ổn định nguồn nước phục vụ dân sinh kinh tế là hết sức cần thiết.

Trên cơ sở đó, đề tài "Nghiên cứu, xây dựng công nghệ dự báo dòng chảy mùa cạn và cảnh báo hạn hán, xâm nhập mặn phục vụ vận hành điều tiết liên hồ chứa hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn trong mùa cạn" đã được thực hiện với mục tiêu "Xây dựng được công nghệ cảnh báo hạn khí tượng, thủy văn, xâm nhập mặn 1 tháng,

[1]*Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Trung Trung Bộ; Email: phungbao@gmail.com*

3 tháng, mùa; công nghệ dự báo dòng chảy mùa cạn và độ mặn 5 ngày, 10 ngày trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Công nghệ được ứng dụng tại các cơ quan dự báo tác nghiệp phục vụ địa phương và vận hành liên hồ chứa".

Nội dung của bài báo sẽ trình bày các kết quả của đề tài này với việc áp dụng các mô hình toán để tính toán dòng chảy cạn và xâm nhập mặn cũng như xây dựng công nghệ dự báo dòng chảy cạn và xâm nhập mặn cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn.

2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chính trong nghiên cứu là sử dụng các mô hình toán; Mô hình WRF tính toán dự báo các yếu tố khí tượng làm đầu vào cho mô hình thủy văn; mô hình MIKE-NAM để tính toán dòng chảy từ mưa trên các lưu vực bộ phận; mô hình MIKE11 tính toán thủy lực trên mạng lưới sông, tính toán điều tiết hồ chứa và tính toán xâm nhập mặn.

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng một số phương pháp khác như: Phương pháp kế thừa; phương pháp thống kê, phân tích, tổng hợp; ứng dụng công nghệ GIS và phương pháp chuyên gia.

2.2. Tài liệu thu thập

Tiếp nhận kết quả đề tài nghiên cứu đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo, cảnh báo hạn hán cho Việt Nam với thời hạn đến 3 tháng" ứng dụng 02 mô hình dự báo khí tượng cho phạm vi lưu vực Vu Gia - Thu Bồn và vùng phụ cận theo hai hướng: Dự báo theo mô hình toán thống kê (mô hình thống kê dựa trên sản phẩm dự báo toàn cầu) và mô hình dự báo số trị.

- Dữ liệu phục vụ cho mô hình MIKE-NAM:

+ Số liệu mưa ngày của các trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực và khu vực lân cận gồm: Nông Sơn, Hiệp Đức, Câu Lâu, Giao Thủy, Hội An, Tiên Phước, Trà My, Ái Nghĩa, Hiên, Hội Khách, Khâm Đức, Thành Mỹ, Cẩm Lệ, Sơn Trà, Hòa Bắc;

+ Số liệu bốc hơi ngày tại trạm khí tượng Đà Nẵng và Trà My;

+ Số liệu lưu lượng thực đo tại các trạm: Hiệp Đức, Nông Sơn, Giao Thuỷ - sông Thu Bồn, Thành Mỹ, Ái Nghĩa - sông Vu Gia, Thác Cạn - sông Bung, Hòa Phước - sông Túy Loan, Tiên Phước - sông Khang, Trà My - sông Trường, Hà Tân - sông Côn,

+ Số liệu lưu lượng về của các hồ chứa thủy điện: Hồ Sông Tranh 2, A Vương, ĐakMi4, Sông Bung 4 và hồ Sông Côn 2.

+ Bản đồ hành chính, bản đồ sông suối, bản đồ số độ cao DEM 10 m x 10 m.

- Dữ liệu phục vụ cho mô hình MIKE11:

+ 364 mặt cắt ngang sông.

+ Biên trên gồm: 06 biên là lưu lượng xả và phát điện của hồ thủy điện Sông Tranh 2, ĐakMi4 (xả), ĐakMi4 (phát điện), sông Bung 4, A Vương, sông Côn; 02 biên sông Khang và sông Túy Loan lấy từ kết quả tính toán mô hình Mike NAM; độ mặn tại 8 vị trí biên trên mặc định là 0.

+ Biên dưới: Quá trình triều, độ mặn tại Cửa Hàn và Cửa Đại được tính toán từ bộ thông số điều hòa sử dụng số liệu đo đạc tại trạm hải văn Sơn Trà (1984 - 2014), Cửa Đại (25/4 - 23/5/2016) và trạm thủy văn Hội An (1 - 8/2014).

2.3. Đánh giá kết quả mô phỏng, dự báo

Kết quả mô phỏng lưu lượng và mực nước được đánh giá chất lượng qua chỉ số Nash-Sutcliffe tính theo công thức sau:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[Q_{td,i} - Q_{tt,i}\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[Q_{tds,i} - \overline{Q}_{tds}\right]^2} \qquad (1)$$

Trong đó:

- $Q_{td,i}$: Lưu lượng thực đo tại thời điểm thứ i;
- $Q_{tt,i}$: Lưu lượng tính toán tại thời điểm thứ i;
- $\overline{Q}_{td}$: Lưu lượng thực đo trung bình các thời đoạn.

Kết quả dự báo mực nước được đánh giá theo quy định đánh giá chất lượng dự báo thủy văn, đánh giá chung kết quả dự báo theo chỉ tiêu được giao ($P_{ct\%}$):

Trong đó:

$$P_{db}\% = \frac{n}{m}100\% \qquad (2)$$

- $P_{db\%}$ là mức bảo đảm dự báo (%);
- n là số lần dự báo đúng;
- m là tổng số lần dự báo.

Kết quả dự báo được coi là đúng nếu sai số nhỏ hơn sai số cho phép như trong bảng 1.

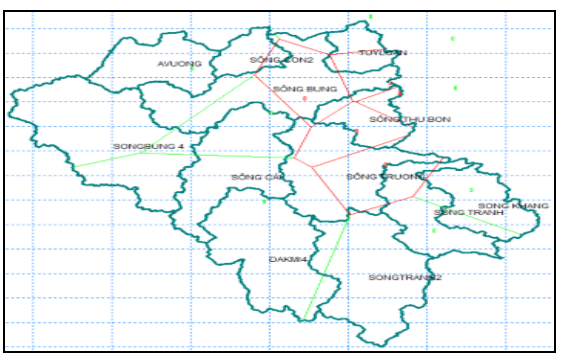
Bảng 1. Quy định sai số cho phép dự báo mực nước mùa cạn tại một số trạm thủy văn trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn

TT	Sông	Trạm	Dự báo hạn ngắn (24 giờ)	Dự báo hạn vừa (5, 10 ngày)	Dự báo hạn dài (tháng)
1	Cẩm Lệ	Cẩm Lệ	20	20	25
2	Vu Gia	Ái Nghĩa	40	30	35
3	Thu Bồn	Giao Thủy	35	30	35
4	Thu Bồn	Câu Lâu	28	20	23

3. Phân tích kết quả và thảo luận

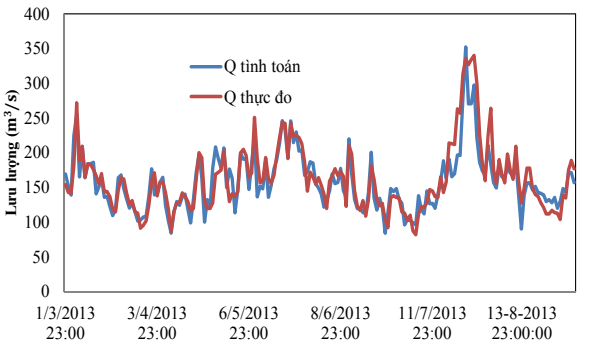
3.1. Mô hình thủy văn MIKE-NAM

Hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn được chia thành 12 tiểu lưu vực để tính toán mưa - dòng chảy làm đầu vào cho mô hình MIKE11 bao gồm: Sông Bung 4 (1470 km^2), A Vương (552,3 km^2), Đakmi 4 (1120 km^2), Sông Tranh 2 (1100 km^2), Sông Côn 2 (241,4 km^2), KG Thành Mỹ (928,5 km^2), KG Ái Nghĩa (1110 km^2), Sông Khang (521,1 km^2), Sông Tranh (615,6 km^2), KG Nông Sơn (924,5 km^2), KG Giao Thủy (379,1 km^2), Sông Túy Loan (253,6 km^2).

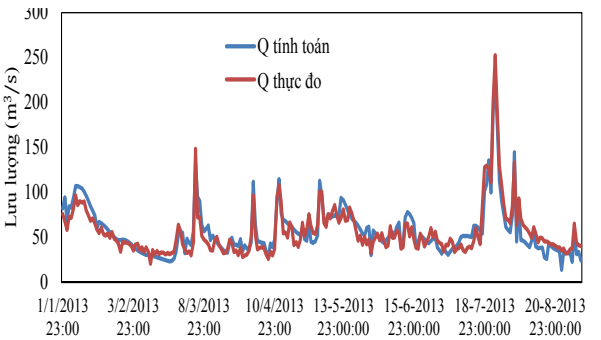


Hình 1. Bản đồ phân chia các lưu vực bộ phận cho hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn và trọng số các trạm mưa

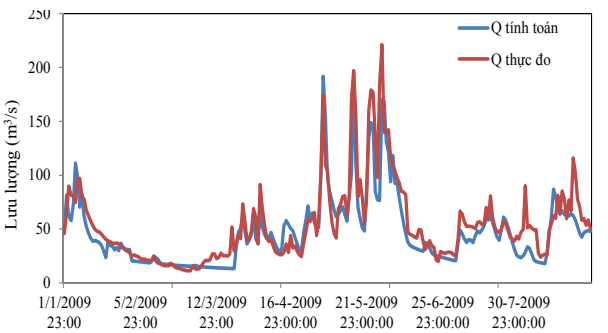
Kết quả so sánh lưu lượng thực đo và tính toán tại một số vị trí trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn bằng mô hình MIKE-NAM được trình bày trên các hình vẽ từ hình 2 đến hình 4. Đường quá trình lưu lượng tính toán tại các vị trí này bám khá sát với đường lưu lượng thực đo.



Hình 2. Lưu lượng thực đo và tính toán từ 01/03/2013-31/08/2013 tại cửa ra lưu vực Sông Thu Bồn



Hình 3. Lưu lượng thực đo và tính toán từ 01/01/2013-31/08/2013 tại cửa ra lưu vực sông Tranh 2



Hình 4. Lưu lượng thực đo và tính toán từ 01/01/2009-31/08/2009 tại cửa ra lưu vực Sông Bung 4

Kết quả đánh giá chất lượng mô hình MIKE-NAM cho các lưu vực bộ phận của hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn bằng chỉ số Nash-Sutcliffe trong thể hiện bảng 2 khá tốt (0.81 - 0.91).

Bảng 2. Kết quả đánh giá chất lượng mô hình MIKE-NAM cho các lưu vực bộ phận

TT	Lưu vực	Chỉ ố Nash s
1	Sông Bung 4	0,86
2	A Vương	0,83
3	ĐakMi 4	0,84
4	Sông Tranh 2	0,89
5	Sông Côn 2	0,90
6	KG Thành Mỹ	0,91
7	KG Ái Nghĩa	0,85
8	Sông Khang	0,83
9	Sông Tranh	0,90
10	Kg Nông Sơn	0,90
11	KG Giao Thủy	0,88
12	Sông Túy Loan	0,81

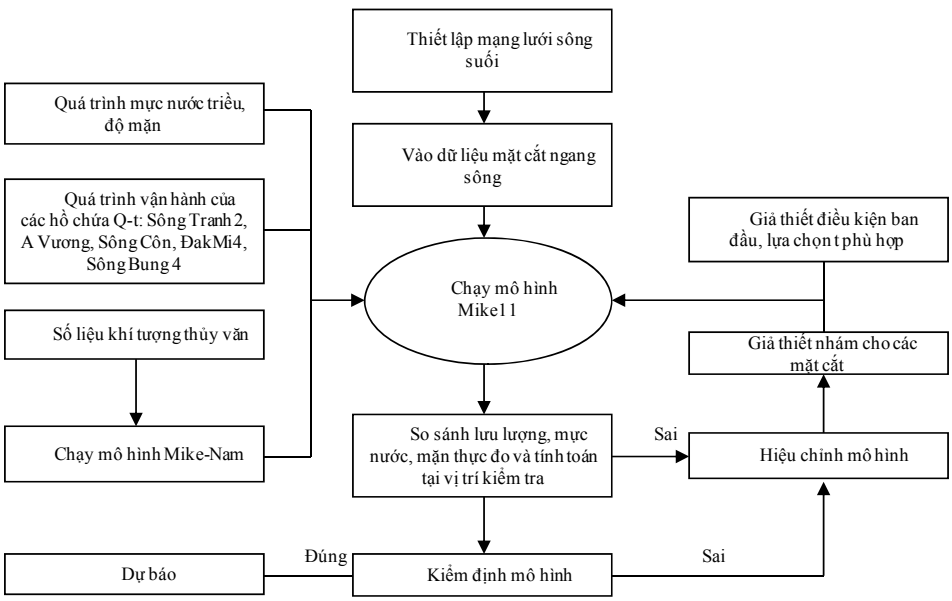
3.2. Mô hình thủy lực MIKE11

3.2.1. Tính toán thủy lực

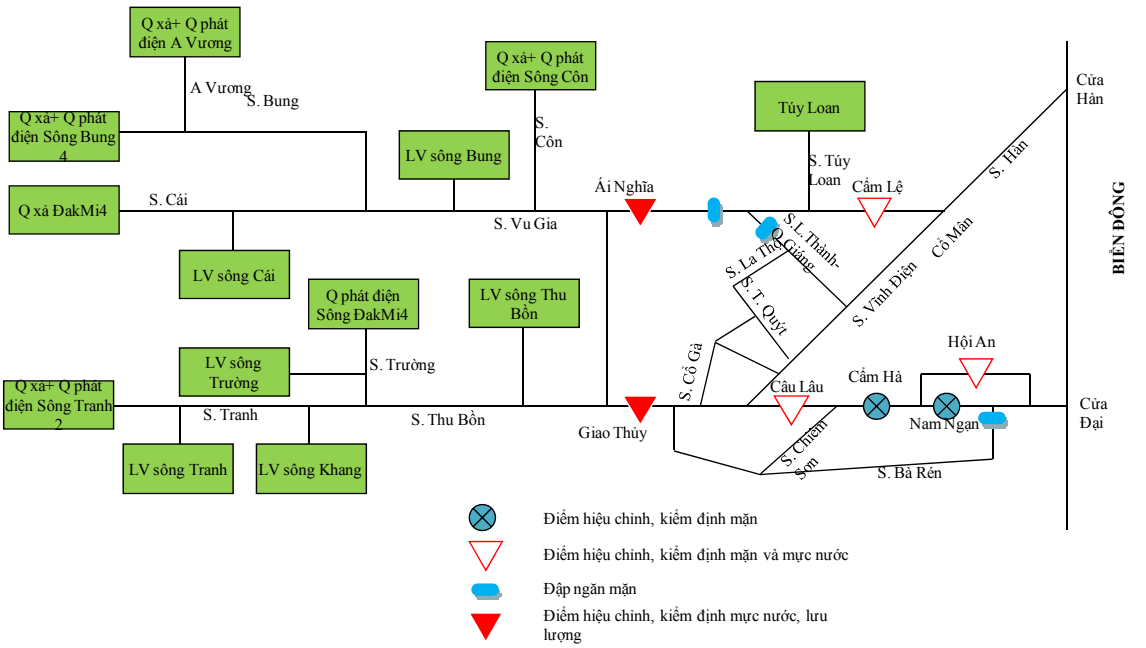
Việc tính toán thủy lực cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn được thực hiện theo sơ đồ khối như trong hình 5.

Bộ thông số thủy lực của mô hình MIKE11 được hiệu chỉnh và kiểm định, qua việc sử dụng số liệu thực đo tại 5 vị trí như trong sơ đồ trên hình 6.

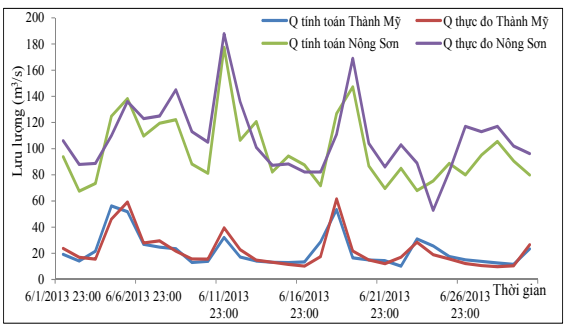
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình thủy lực MIKE11 được trình bày trên các hình từ hình 7 đến hình 10.



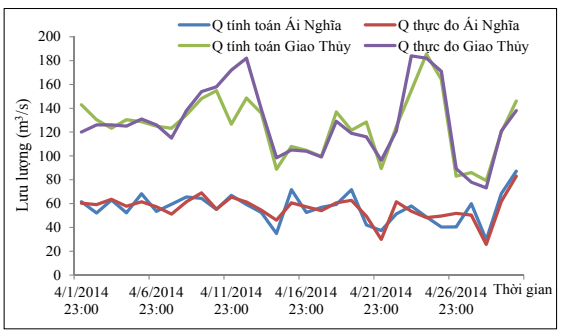
Hình 5. Sơ đồ khối tính toán tối ưu hóa mô hình thủy lực



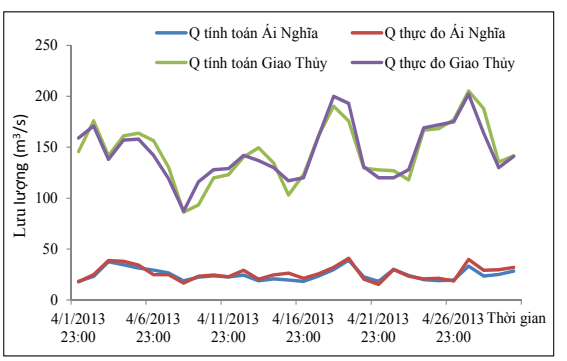
Hình 6. Vị trí hiệu chỉnh và kiểm định



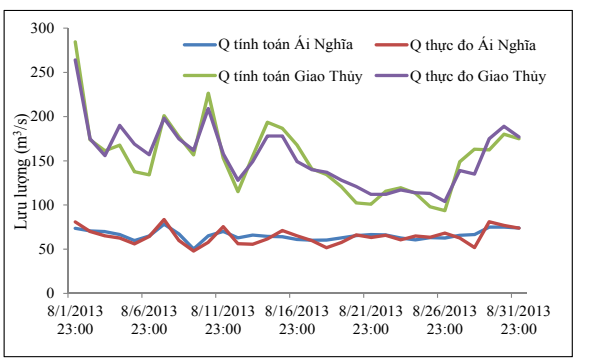
Hình 7. Đường quá trình thực đo và tính toán dòng chảy trạm Nông Sơn và Thành Mỹ tháng 6/2013



Hình 8. Đường quá trình thực đo và tính toán dòng chảy trạm Giao Thủy và Ái Nghĩa tháng 4/2014



Hình 9. Đường quá trình thực đo và tính toán dòng chảy trạm Giao Thủy và Ái Nghĩa tháng 4/2013



Hình 10. Đường quá trình thực đo và tính toán dòng chảy trạm Giao Thủy và Ái Nghĩa tháng 8/2013

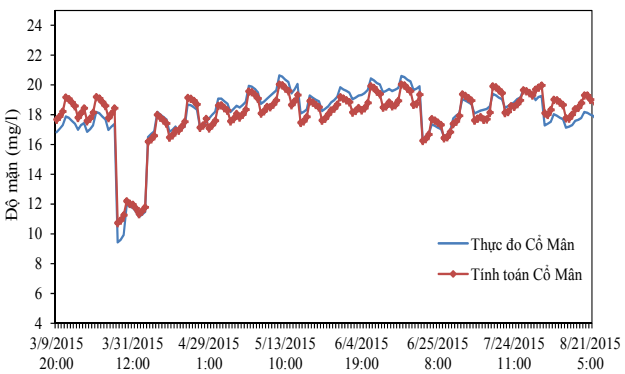
Kết quả đánh giá bằng chỉ số Nash tại các vị trí này khá tốt (Bảng 3), trạm Nông Sơn đạt từ 0,73 đến 0,94, trạm Thành Mỹ đạt từ 0,82 đến 0,95, trạm Giao Thủy đạt từ 0,79 đến 0,98, trạm Ái Nghĩa đạt từ 0,74 đến 0,90.

Bảng 3. Kết quả đánh giá chỉ số Nash tại các trạm kiểm tra

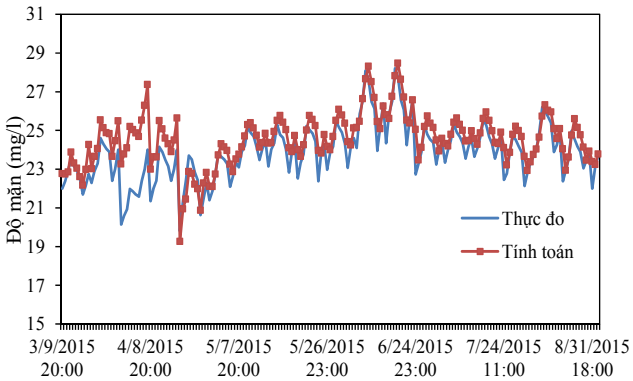
Tháng	Nông Sơn	Thành Mỹ	Giao Thủy	Ái Nghĩa
1/2013	0,73	0,95		
1/2014	0,85	0,92		
2/2013	0,84	0,82		
2/2014	0,76	0,94		
3/2013	0,83	0,89		
3/2014	0,81	0,82	0,79	0,74
4/2013	0,81	0,94	0,93	0,89
4/2014	0,75	0,91	0,89	0,79
5/2013	0,94	0,87	0,88	0,76
5/2014	0,91	0,91	0,97	0,76
6/2013	0,75	0,93	0,92	0,77
6/2014	0,91	0,91	0,95	0,78
7/2013	0,94	0,91	0,98	0,84
7/2014	0,91	0,92	0,92	0,77
8/2013	0,87	0,95	0,92	0,78
8/2014	0,86	0,92	0,94	0,90

3.2.2. Tính toán xâm nhập mặn

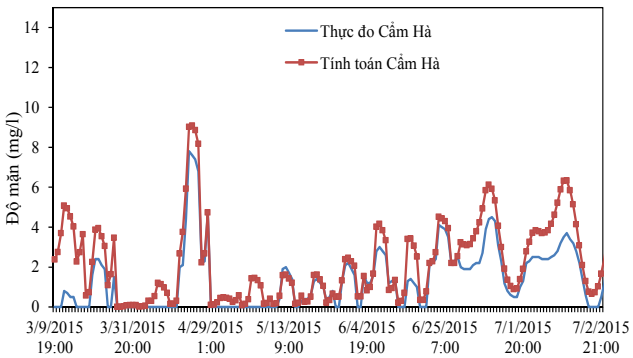
Kết quả tính toán xâm nhập mặn trên cơ sở kết quả tính toán thủy lực bằng mô hình MIKE11 cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn được trình bày trên các hình từ hình 11 đến hình 13.



Hình 11. Độ mặn thực đo và tính toán tại Cổ Mân - sông Vĩnh Điện



Hình 12. Độ mặn thực đo và tính toán tại cầu Nguyễn Văn Trỗi - sông Hàn (hạ lưu sông Vu Gia)



Hình 13. Độ mặn thực đo và tính toán tại Cẩm Hà - sông Thu Bồn

Bảng 4. Đánh giá kết quả tính toán xâm nhập mặn bằng chỉ số Nash

TT	Điểm đo	Sông	Chỉ số Nash
1	Cầu Đỏ	Vu Gia	0,83
2	Cẩm Lệ		0,87
3	Nguyễn Văn Trỗi		0,70
4	Cổ Mân	Vĩnh Điện	0,88
5	Tứ Câu		0,80
6	Cẩm Hà	Thu Bồn	0,83
8	Hội An	Hội An	0,84
	Trung bình		0,82

3.2.3. Kết quả dự báo thử nghiệm

Dự báo thử nghiệm mực nước được thực hiện trọng mùa cạn năm 2015 bắt đầu từ 01/01 đến tháng 31/8, tiến hành dự báo thử độc lập với thời gian dự kiến 24 giờ, 5 ngày, 10 ngày, 1 tháng. Kết quả đánh giá theo khoảng thời gian dự kiến 24 giờ, 5 ngày, 10 ngày, 1 tháng được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Mức đảm bảo dự báo (thời điểm lúc 7 giờ và 19 giờ mùa cạn)

Trạm	SSCP (cm)	Số lần chính xác (lần)	Số lần dự báo (lần)	Mức đảm bảo dự báo (%)
Thời gian dự kiến 24 giờ				
Giao Thủy	35	429	486	88
Câu Lâu	28	461	486	95
Ái Nghĩa	40	410	486	84
Cẩm Lệ	20	470	486	96
Thời gian dự kiến 5 ngày				
Giao Thủy	30	41	48	85
Câu Lâu	20	42	48	87
Ái Nghĩa	30	42	48	87
Cẩm Lệ	20	46	48	96
Thời gian dự kiến 10 ngày				
Giao Thủy	30	20	24	83
Câu Lâu	20	21	24	88
Ái Nghĩa	30	21	24	88
Cẩm Lệ	20	23	24	96

3.2.4. Xây dựng chương trình tích hợp các công nghệ dự báo

Nghiên cứu này đã xây dựng được công nghệ dự báo dòng chảy cạn và xâm nhập mặn cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn với cốt lõi là các mô đun dự báo của bộ mô hình MIKE. Giao diện của công nghệ dự báo này được thể hiện trên hình 14.

Hình 14. Giao diện công nghệ dự báo dòng chảy cạn và xâm nhập mặn cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn

Các kết quả dự báo sẽ được xuất dưới dạng các bản tin dự báo như trong hình 15 và hình 16.

BẢN TIN DỰ BÁO THỦY VĂN 5 NGÀY

BẢNG 1: MỰC NƯỚC THỰC ĐO VÀ DỰ BÁO

Đơn vị: cm

STT	Sông	Trạm	Mực nước thực đo				Mực nước dự báo	
			Hmax	Hmin	Htb	So sánh TBNN	Htb	So sánh TBNN
1	Vu Gia	Ái Nghĩa	3.8	3.0	3.4		2.8	
2	Cẩm Lệ	Cẩm Lệ	0.4	-0.7	-0.1		-0.1	
3	Thu Bồn	Giao Thủy	1.3	0.8	1.0		0.8	
4		Câu Lâu	0.6	-0.6	0.0		0.0	
5	Hội An	Hội An	0.5	-0.8	0.0		-0.1	

BẢNG 2: LƯU LƯỢNG DỰ BÁO

Đơn vị: m3/s

STT	Sông	Trạm	Lưu lượng dự báo	
			Qtb	So với TBNN %
1	Vu Gia	Ái Nghĩa	2.8	
2	Thu Bồn	Giao Thủy	14.6	

Tin phát lúc:
Dự báo viên:

Hình 15. Bản tin dự báo thủy văn 5 ngày

TRUNG TÂM
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
ĐÀI KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
KHU VỰC TRUNG TRUNG BỘ

CỘNG HOA XA HỘI CHU NGHIA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2016

BẢN TIN DỰ BÁO MẶN 5 NGÀY

BẢNG DỰ BÁO MẶN

Đơn vị: PSU

STT	Sông	Trạm	Mặn dự báo	
			Max	Thời gian xuất hiện
1	Vu Gia	Cẩm Lệ	14.4	02/07/2017 08
2		Nguyễn Văn Trỗi	22.5	10/07/2017 09
3	Thu Bồn	Cẩm Hà	9.2	02/07/2017 06
4		Câu Lâu	2.0	02/07/2017 06
5		Nam gạn	15.9 N	02/07/2017 06

Tin phát lúc:
Dự báo viên:

Hình 16. Bản tin dự báo mặn 5 ngày

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện tính toán dòng chảy cạn và xâm nhập mặn với kết quả hiệu chỉnh và kiểm định được đánh giá bằng chỉ số Nash cho kết quả tốt, điều đó chứng tỏ các bộ thông số của mô hình đều đảm bảo độ chính xác và tính ổn định.

Các kết quả dự báo thử nghiệm cũng đều cho mức đảm bảo dự báo cao, cho thấy công nghệ dự báo này hoàn toàn có thể đưa vào dự báo tác nghiệp cho hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Tuy nhiên, trước khi đưa vào dự báo tác nghiệp cần thiết phải thực hiện thêm dự báo thử nghiệm để có thêm những đánh giá về chất lượng dự báo của công nghệ này.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn đề tài "Nghiên cứu, xây dựng công nghệ dự báo dòng chảy mùa cạn và cảnh báo hạn hán, xâm nhập mặn phục vụ vận hành điều tiết liên hồ chứa hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn trong mùa cạn" đã giúp đỡ để thực hiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

1. Đinh Phùng Bảo (2011), *Dự án "Ứng dụng công nghệ GIS để xây dựng bản đồ chỉ huy phòng tránh lũ lụt tỉnh Quảng Nam"*.
2. DHI (2011), a modelling system for Rivers and Channels - User Guide.
3. DHI (2011), a modelling system for Rivers and channels - Reference Manual.

DEVELOPING TECHNOLOGY FOR DRY-SEASON FLOW AND SALTWATER INTRUSION FORECASTING IN THE VU GIA - THU BON RIVER SYSTEM

Dinh Phung Bao[1]

[1]1 The Regional Centera for Hydro-meteorological Forecasting in the Central Vietnam

Abstract: *The reduction in the flow will increase saltwater intrusion in the downstream, causing the difficulty in water resource exploitation. Therefore, it is necessary to study and develop a technological forecasting for hydrological and saltwater intrusion forecasting and warning. This paper will represent the applications on calculation of dry-season flow and saltwater intrusion as well as development of technological forecasting for the Vu Gia - Thu Bon river system. The simulated results for dry-season flow from 1/1/2015 to 31/8/2015 achieved 84-96% (24-hour forecast), 85-96% (5-day forecast), 83-96% (10-day forecast) and for saltwater intrusion from 70-88% (24-hour forecast), 65-89% (5-day forecast), 60-89% (10-day forecast). The results showed that the possibility of applying the technological forecasting in operational forecasting.*