

TÍCH HỢP CÁC MÔ HÌNH THỦY VĂN, THỦY LỰC, ĐIỀU TIẾT HỒ CHỨA TRONG DỰ BÁO LŨ VÀ NGẬP LỤT CHO HỆ THỐNG SÔNG BA

TS. Đặng Thanh Mai, Vũ Đức Long, Nguyễn Văn Hiếu

Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương

Bài báo trình bày các kết quả ứng dụng hệ thống các mô hình dựa trên việc kết hợp giữa mô hình thủy văn Mike - NAM, thủy lực Mike 11 - GIS và mô hình điều tiết hồ trong công nghệ giám sát, cảnh báo, dự báo lũ, ngập lụt và điều tiết hồ chứa cho hệ thống sông Ba. Hệ thống mô hình đã được thiết lập, kiểm định trong thực tế với kết quả đạt được khá tốt cho phép sử dụng bộ mô hình để tính toán dự báo và điều tiết hồ chứa cho lưu vực sông Ba trong điều kiện tác nghiệp.

1 - Mở đầu

Lưu vực sông Ba là một trong 9 lưu vực sông lớn ở Việt Nam với tổng diện tích tự nhiên khoảng 13.900 km², thuộc địa phận của 4 tỉnh: Gia Lai, Đắk Lắk, Phú Yên và một phần nhỏ thuộc Kon Tum, có vị trí địa lý và vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội tại địa phương. Do đại bộ phận nằm ở sườn phía Tây dải Trường Sơn và một phần ở phía Đông, lưu vực sông Ba chịu sự ảnh hưởng của hai chế độ gió mùa tây nam và gió mùa đông bắc. Với địa hình của lưu vực phức tạp, bị chia cắt mạnh lưu vực sông Ba hình thành 3 vùng khí hậu khác nhau. Khu vực phía tây lưu vực sông Ba, mùa mưa thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11 trùng với thời kỳ gió mùa tây nam hoạt động, lượng mưa lớn tập trung vào tháng 8 đến tháng 10 đạt từ 65 đến 70% lượng mưa năm. Khu vực thượng lưu sông Ba mùa mưa kéo dài 3 tháng (tháng 9 đến tháng 11) chiếm 30-70% lượng mưa năm. Khu vực trung, hạ lưu sông Ba, mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12 trùng với thời kỳ gió mùa đông bắc và hoạt động của bão áp thấp nhiệt đới, lượng mưa chiếm từ 40-70% lượng mưa năm. Lượng mưa lớn thường tập trung vào hai tháng 10 và 11, có thể đạt từ 240 mm đến 1.510 mm/tháng.

Trong 20 năm gần đây, các loại thiên tai như lũ, ngập lụt trên lưu vực sông Ba tăng lên nhiều lần về tần số lẫn cường độ. Sông Ba là sông có tiềm năng xảy ra lũ lớn rất cao. Thời gian duy trì trận lũ thường từ 3 đến 5 ngày. Lũ có biên độ cao, cường suất lũ lớn, thời gian lũ lên ngắn, dạng nhọn. Lũ lớn nhất

hàng năm tập trung xuất hiện vào tháng 10 và 11, với số trận lũ chiếm 81-88% tổng số các trận lũ lớn. Điển hình là vào năm 2009, mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn đã gây ra lũ lớn, đặc biệt lớn và lũ lịch sử trên lưu vực sông Ba. Đỉnh lũ các trạm chính trên hệ thống sông ở mức cao hơn mức báo động 3 từ 1,45 – 4,15m. Đặc biệt, lũ lịch sử đã xảy ra tại Ayunpa.

Hiện nay, trên lưu vực có khoảng 198 hồ thủy lợi, thủy điện lớn, nhỏ. Việc xây dựng và vận hành độc lập các hồ chứa thủy điện đã khiến cho chế độ dòng chảy trong lưu vực bị thay đổi so với tự nhiên; gây ra tình trạng khan hiếm nước trong mùa cạn và ngập lụt phía hạ du vào mùa lũ, ảnh hưởng trực tiếp nhu cầu sử dụng nước cũng như duy trì hệ sinh thái thủy sinh trên lưu vực. Hiện nay, 5 hồ chứa thủy lợi, thủy điện lớn là cụm hồ An Khê - Kanak, sông Ba Hạ, Sông Hinh, Krông H' năng, Ayunhạ với tổng dung tích hữu ích hơn 1.203 triệu m³ đã được lựa chọn đưa vào quy trình vận hành liên hồ chứa mùa lũ nhằm kiểm soát lũ hạ du.

Sự biến đổi khí hậu toàn cầu khiến cho những bất thường và cực đoan của thời tiết ngày càng gia tăng và phức tạp hơn, trở thành mối đe dọa thường xuyên hơn đối với sản xuất và đời sống của nhân dân trong lưu vực sông. Để đóng góp tốt hơn cho công tác phòng chống thiên tai trên hệ thống sông, rất cần thiết phải tăng cường giám sát và cung cấp các cảnh báo, dự báo thiên tai lũ, ngập lụt, hạn hán cụ thể hơn, có thời hạn dài hơn, độ chính xác cao hơn, và định lượng hơn giúp cộng đồng có thể đề

Người đọc phản biện: TS. Nguyễn Kiên Dũng

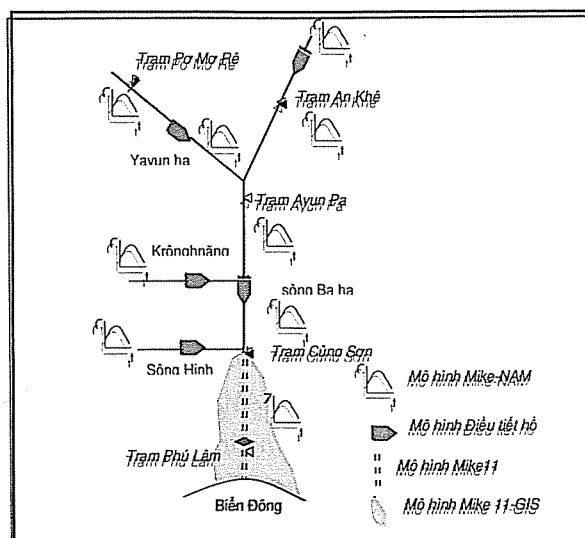
đường đối phó với các thiên tai này. Trong đó, vấn đề nghiên cứu, ứng dụng, tích hợp bộ các mô hình thủy văn, điều tiết hồ chứa, thủy lực vào việc phân tích, giám sát, cảnh báo, dự báo lũ, ngập lụt trên hệ thống sông Ba cần đáp ứng các yêu cầu thực tế trong công tác dự báo, cảnh báo lũ lụt trên hệ thống sông.

2. Lựa chọn và kết nối các mô hình trong dự báo lũ hệ thống sông Ba

Việc lựa chọn được các mô hình phù hợp trong dự báo lũ cho lưu vực sông mang ý nghĩa rất quan trọng đảm bảo hệ thống công nghệ hoạt động hiệu quả. Cơ sở để lựa chọn các mô hình cho hệ thống dự báo, cảnh báo lũ là khả năng tích hợp của mô hình với hệ thống, thời gian chạy mô hình và sự ổn định của mô hình số khi sử dụng dự báo thực tế. Về mặt kỹ thuật, cần xét tới khả năng tích hợp với các kỹ thuật và số liệu, độ chính xác của các sơ đồ số giải các hệ phương trình vi phân, độ mềm dẻo khi tính toán và khả năng hiệu chỉnh sai số tức thời.

Dựa trên khả năng ứng dụng của các mô hình, trong nghiên cứu này sử dụng bộ mô hình Mike bao gồm các mô đun Mike-NAM, Mike 11, Mike11-GIS và "Điều tiết hồ", kết hợp với các kết quả dự báo mưa tổ hợp (SREF) trong công nghệ phân tích, giám sát, cảnh báo, dự báo lũ và ngập lụt trên hệ thống sông Ba. Bộ mô hình này được lựa chọn do: (1) Các mô hình trong bộ mô hình đã được sử dụng nhiều trong mô phỏng, tính toán, dự báo lũ ngập lụt cho các hệ thống sông ở miền Trung và hệ thống sông Ba trong các đề tài và dự án khác nhau cho kết quả tốt và đều chứng tỏ khả năng ứng dụng trong mô phỏng dự báo lũ, ngập lụt trong dự báo nghiệp vụ. (2) Các mô hình trong bộ mô hình đều dùng chung một định dạng số liệu, có khả năng trao đổi, tương tác, hỗ trợ lẫn nhau và tích hợp thành một hệ thống đồng bộ. (3) Bộ mô hình đều có khả năng tích hợp với các kỹ thuật và số liệu thực tế hiện có, thời gian chạy mô hình nhanh và ổn định, thích hợp trong điều kiện dự báo nghiệp vụ. Sơ đồ liên kết các mô hình được trình bày trong hình 1.

Hệ thống sông Ba được phân chia thành các lưu vực bộ phận. Mô hình Mike - NAM sẽ được sử dụng để tính dòng chảy từ mưa cho các lưu vực đến hồ, lượng nhập lưu của các lưu vực bộ phận khu giữa.



Hình 1: Sơ đồ liên kết mô hình thủy văn, điều tiết hồ chứa, thủy lực và dự báo ngập lụt trên hệ thống sông Ba

Lưu lượng đến hồ sẽ là đầu vào cho mô hình điều tiết hồ chứa để tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa theo quy trình vận hành liên hồ chứa. Dòng chảy khu giữa từ mô hình thủy văn kết hợp với quá trình xả từ các hồ là đầu vào cho mô hình thủy lực MIKE11 tính toán dòng chảy trong sông từ Củng Sơn ra biển. Các kết quả tính toán từ các mô hình thủy lực sẽ được chuyển sang mô hình MIKE11-GIS, kết hợp với DEM tạo ra các bản đồ cảnh báo ngập lụt ở hạ lưu hệ thống sông.

3- Thiết lập, kết nối và vận hành các mô hình

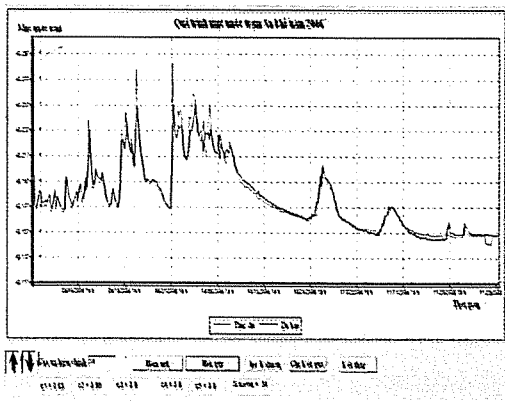
a. Thiết lập mô hình NAM

Để đáp ứng yêu cầu kết nối từ các mô hình, dựa vào điều kiện địa lý tự nhiên, điều kiện số liệu, phân bố mạng lưới sông và trạm khí tượng thủy văn (KTTV) sẵn có, lưu vực sông Ba được phân tách ra thành 24 lưu vực bộ phận. Phương pháp đa giác Thiessen được sử dụng để tính toán các trọng số mưa cho các lưu vực.

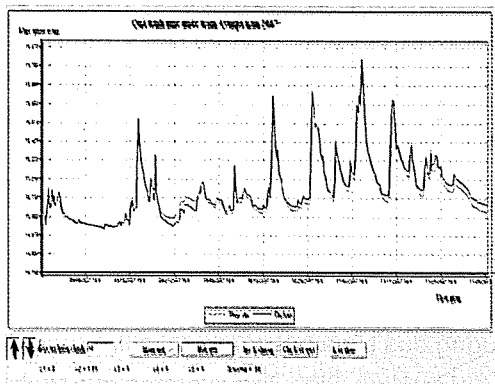
Mô hình NAM được thiết lập cho 24 lưu vực bộ phận (bao gồm các lưu vực hồ chứa và lưu vực khu giữa). Các thông số của mô hình cho từng lưu vực bộ phận được tối ưu theo phương pháp thử sai kết hợp với tối ưu tự động thông qua thuật toán kết hợp "combime" của mô hình MIKE - NAM. Số liệu từ năm 2005 đến nay của các trạm Pơ Mư Rê, An Khê và Ayunpa được sử dụng để đánh giá chất lượng hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bộ thông số.

Tiếp tục số đo sông suối phân bố ở thượng lưu kết quả cho thấy phân bố và giá trị của các chỉ số thay đổi. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh.

Kết quả cho thấy phân bố và giá trị của các chỉ số thay đổi. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh.



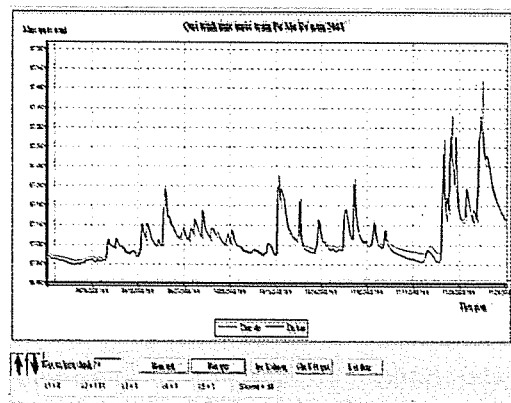
Hình 2: Đường quá trình tính toán và thực đo tại trạm An Khê



Hình 4: Đường quá trình tính toán và thực đo tại trạm Ayunpa

Từ các kết quả tối ưu, kiểm định mô hình NAM cho lưu vực sông Ba thấy rằng bộ thông số khá ổn định đối với các lưu vực với độ chính xác mô phỏng tương đối tốt nên có thể sử dụng các kết quả này làm đầu vào cho mô hình điều tiết hồ chứa và mô

hình "Đt", một số lưu vực ở thượng lưu kết quả cho thấy phân bố và giá trị của các chỉ số thay đổi. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh. Các chỉ số được đưa ra để đánh giá chất lượng nước và môi trường sống của các loài thủy sinh.



Hình 3: Đường quá trình tính toán và thực đo tại trạm Pô Mốt Rê

hình Mike-HD. Tuy nhiên quá trình tính toán và thực đo cho thấy rằng bộ thông số cho toàn bộ lưu vực chưa thực sự tốt do có quá ít các trạm dừng để hiệu chỉnh. Một số lưu vực bộ phận không có trạm không thể nên việc xác định bộ thông số được lấy từ các lưu vực tương tự.

b. Thiết lập mô hình điều tiết hồ

Các mô hình điều tiết hồ chứa hồ chứa được xây dựng cho từng hồ chứa riêng biệt trên cơ sở phương pháp cân bằng hồ. Các điều kiện điều tiết hồ chứa được đưa vào như trong bảng 1 theo quy trình vận hành liên hồ chứa các hồ Sông Ba Hạ, Sông Hinh, Krông Hnang, Ayun Hạ và An Khê - Kanak trong mùa lũ hàng năm (theo quyết định số 1757/QĐ-TTg ngày 23 tháng 9 năm 2010 của Thủ tướng chính phủ).

Bảng 1. Tóm tắt quy trình vận hành liên hồ chứa các hồ trên sông Ba

Hồ chứa	Mức nước hồ	Dự báo Q đến	Mức nước hạ lưu	Vận hành hồ
Hồ Sông Ba Hạ	103m<Hhồ<105 m	24 giờ tới Qđến > 500 m³/s	H _{PL} < 2.7m	Đón lũ : Q xả > Qđến
		6-12 giờ tới Qđến đạt đỉnh	H _{PL} > 2.7m	Giảm lũ: Q xả < Qđến
	Hhồ = 105 m			Q xả = Qđến
	Hhồ > 105 m			Mở hoàn toàn các cửa van
Hồ Sông Hình	207m<Hhồ<209 m	24 giờ tới Qđến > 500 m³/s	H _{PL} < 2.7m	Đón lũ : Qxả > Qđến
		6-12 giờ tới Qđến đạt đỉnh	H _{PL} > 2.7m	Qxả = Qđến
	Hhồ = 209 m			Giảm lũ: Q xả < Qđến
	Hhồ > 209 m			Qxả = Qđến
Hồ Krong Hnang	252.5m<Hhồ<255 m	24 giờ tới Qđến > 500 m³/s	H _{PL} < 2.7m	Đón lũ : Qxả > Qđến
		6-12 giờ tới Qđến đạt đỉnh	H _{PL} > 2.7m	Q xả = Qđến
	Hhồ = 255 m			Giảm lũ: Q xả < Qđến
	Hhồ > 255 m			Q xả = Qđến
Hồ Ka Nak	513 m<Hhồ<515 m	24 giờ tới Qđến > 500 m³/s	H _{AK} < 405.5 m	Đón lũ : Qxả > Qđến
		6-12 giờ tới Qđến đạt đỉnh	H _{AK} > 405.5 m	Qxả = Qđến
	Hhồ = 515 m			Giảm lũ: Qxả < Qđến
	Hhồ > 515 m			Qxả = Qđến
Hồ Ayun Hạ	203 m<Hhồ<204 m	24 giờ tới Qđến > 500 m³/s	H _{AP} < 154.5 m	Đón lũ : xả > Qđến
		6-12 giờ tới Qđến đạt đỉnh	H _{AP} > 405.5 m	Qxả = Qđến
	Hhồ = 204 m			Giảm lũ: Qxả < Qđến
	Hhồ > 204 m			Qxả = Qđến

Ghi chú : Hhồ: Mức nước hồ; Qđến: Lưu lượng đến hồ; Qxả: Lưu lượng ra khỏi hồ. HPL: Mức nước trạm Phú Lâm; HAK: Mức nước trạm An Khê; HAP: Mức nước trạm Ayunpa

c. Thiết lập mô hình 1 chiều Mike 11 và mô hình ngập lụt Mike11 – GIS.

Trên cơ sở các tài liệu địa hình đã có, mạng lưới trạm thủy văn cùng tài liệu mức nước, lưu lượng đã quan trắc, giới hạn mạng sông tính toán thủy lực của sông Ba từ hạ lưu hồ sông Ba Hạ và hồ sông Hình ra tới cửa biển với tổng chiều dài 66 km. Sử dụng phương pháp mở rộng mặt cắt để có thể đưa bãi ngập lũ vào mặt cắt ngang sông với độ nhám thay đổi theo lòng sông và bãi ngập lũ.

Dựa vào số liệu địa hình từ bản đồ tỉ lệ 1/10.000 và số liệu đo đạc bổ sung địa hình xây dựng bản đồ DEM vùng hạ lưu với ô lưới 30x30 cho vùng hạ lưu sông Ba. Địa hình lòng sông được xây dựng từ số liệu thực đo trong thời gian từ 2009 – 2010 do Cục quản lý tài nguyên nước cung cấp gồm 36 mặt cắt trên sông Ba và 25 mặt cắt trên sông Hình. Ghép DEM địa hình lòng sông vào DEM địa hình vùng hạ lưu và sử dụng công cụ tạo mạng sông của mô hình

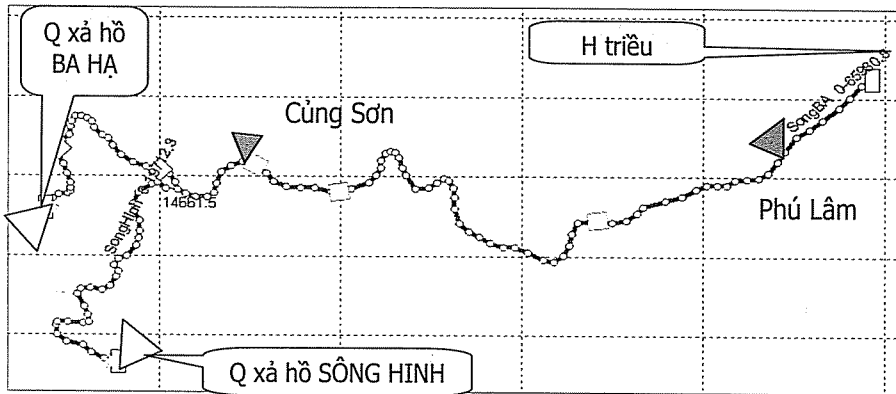
Mike 11-GIS để thiết lập mạng lưới tính cho mô hình Mike 11. Mạng sông được thiết lập bao gồm 2 nhánh sông: Sông Ba và Sông Hình. Sông Ba được số hóa từ hạ lưu hồ Sông Ba Hạ cho tới cửa sông với chiều dài là 66km bao gồm 86 mặt cắt. Sông Hình được số hóa từ hạ lưu hồ Sông Hình cho tới điểm nhập lưu với sông Ba, với chiều dài là 20km bao gồm 20 mặt cắt. (hình 5)

Các biên sử dụng trong mô hình gồm: Biên trên là đường quá trình lưu lượng xả tại hồ sông Ba Hạ và hồ sông Hình. Biên dưới là đường quá trình mực nước tại cửa Đà Rằng được tính từ mực nước triều tại trạm Quy Nhơn. Các biên nhập khu giữa từ hồ Ba Hạ đến biển là các đường quá trình lưu lượng được tính toán bằng mô hình NAM gồm 07 tiểu lưu vực sông được kết nối với các đoạn sông từ hạ lưu hồ Sông Ba Hạ, hạ lưu hồ Sông Hình cho tới cửa sông.

Bản đồ ngập lụt được xác định trong file thông

số của mô hình thủy động lực HD. Việc xây dựng bản đồ ngập sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính giữa các mặt cắt ngang. Để tính toán ngập lụt mô hình Mike 11 cần có đầu vào địa hình là 1 tệp có định dạng *.dfs2 được xuất từ file địa hình DEM vùng hạ lưu. Bản đồ ngập lụt được tạo ra thông qua kết nối mô hình Mike 11 với nền GIS sử dụng chức năng Maps trong modul HD.

Các trạm đo mực nước tại hạ lưu hệ thống sông gồm Củng Sơn, Phú Lâm sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh thông số của mô hình. Điều kiện ban đầu trên mô hình được mô phỏng tại tất cả các nút bao gồm mực nước và lưu lượng tại thời điểm bắt đầu tính toán. Các dữ liệu ban đầu được tính toán từ số liệu đo đạc thủy văn.

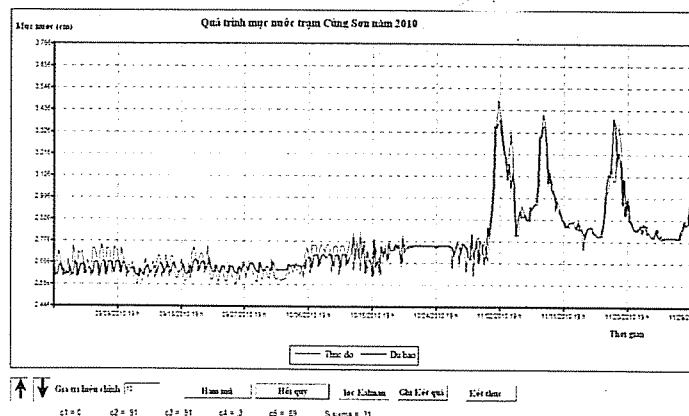


Hình 5. Mạng tính toán thủy lực một chiều hạ lưu hệ thống sông Ba

Số liệu để kiểm định mô hình Mike-HD gồm số liệu Củng Sơn và Phú Lâm từ 2005 đến 2009. Số liệu hiệu chỉnh mô hình từ 2010 đến 2011. Việc hiệu chỉnh các kết quả ngập lụt sử dụng số liệu điều tra khảo sát ngập năm 2009 do Trung tâm KTTV tỉnh Phú Yên cung cấp.

Kết quả mô phỏng quá trình dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Ba bằng mô hình Mike11 được kiểm tra tại các trạm thủy văn Củng Sơn (hình 6),

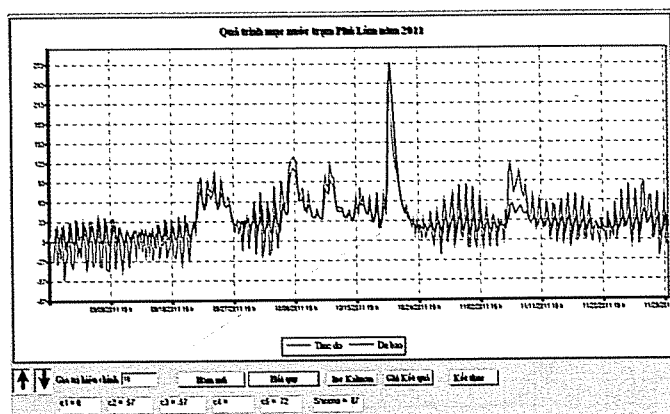
Phú Lâm (hình 7) cho thấy bộ thông số nhận được của mô hình mô phỏng khá tốt quá trình dòng chảy mùa lũ các năm 2005 – 2009 cả về đỉnh lũ, tổng lượng và quá trình. Sai số mô phỏng tổng lượng và đỉnh lũ đều thấp. Sai số thời gian xuất hiện đỉnh lũ trung bình 6h. Tỷ số S/s đều nhỏ hơn 0,60, giá trị trung bình giảm dần từ thượng lưu về hạ du: tại Củng Sơn là 0,56; và tại Phú Lâm là 0,48. Tương ứng, hệ số tương quan đều lớn hơn 0,81.



Hình 6. Đường quá trình tính toán và thực đo tại Củng Sơn năm 2010

Đánh giá theo chỉ tiêu chất lượng thì bộ thông số của mô hình Mike 11 nhận được trên đây đã mô phỏng dòng chảy quá trình dòng chảy mùa lũ trên

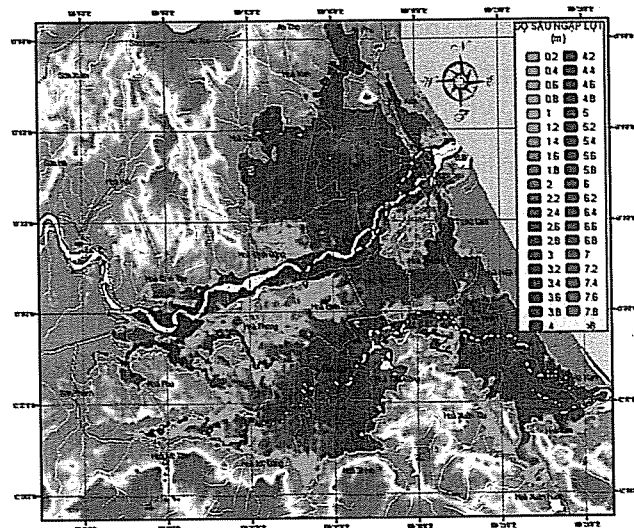
hệ thống sông Ba ở mức "Đạt". Với chất lượng này, bộ thông số tối ưu có thể sử dụng trong tính toán, dự báo.



Hình 7. Đường quá trình tính toán và thực đo tại Phú Lâm năm 2010

Kết quả mô phỏng ngập lụt trận lũ lớn nhất năm 2009 được trình bày trong hình 8. So sánh kết quả mô phỏng ngập lụt lớn nhất năm 2009 với số liệu điều tra vết lũ năm 2009 do Trung tâm KTTV tỉnh Phú Yên

cung cấp cho thấy kết quả mô phỏng ngập lụt tương đối tốt. Diện ngập và vùng ngập khá phù hợp. Chênh lệch lớn nhất của độ sâu ngập tại vết lũ là 0.78 m.



Hình 8. Kết quả tính toán ngập lụt trận lũ lớn nhất năm 2009

Kết luận

Đối với hệ thống sông Ba, vấn đề nghiên cứu tích hợp các mô hình trong tính toán và dự báo lũ thành một công nghệ dự báo chính xác hiệu quả có vai trò quan trọng trong công tác dự báo giảm nhẹ thiên tai lũ, lụt. Trong nghiên cứu này, mô hình Nam được dùng mô phỏng dòng chảy từ mưa làm

đầu vào cho mô hình thủy lực và mô hình điều tiết hồ chứa trên toàn lưu vực. Mô hình Mike 11-GIS dùng mô phỏng dòng chảy và ngập lụt vùng hạ lưu hệ thống sông. Những kết quả tính toán, thử nghiệm cho thấy bộ mô hình hoàn toàn có thể ứng dụng được trong công tác dự báo nghiệp vụ.

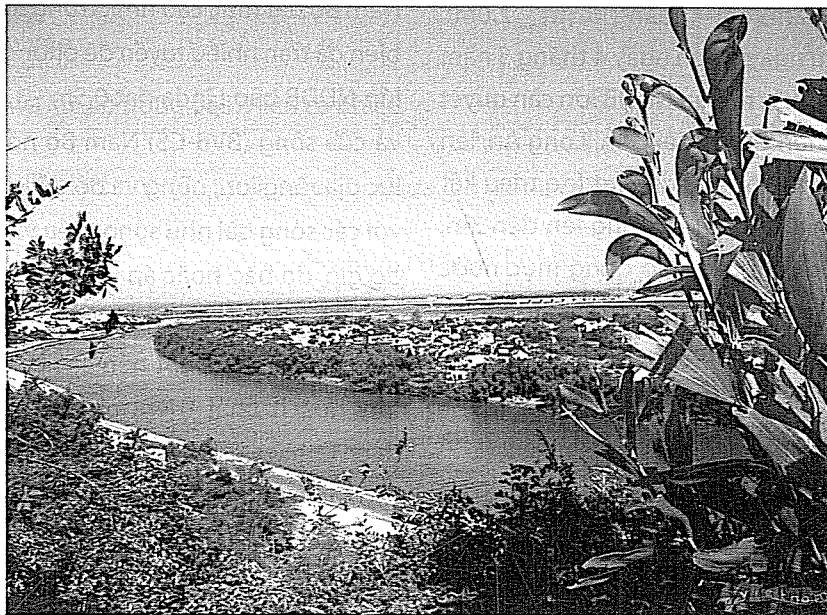
Tuy nhiên, để bộ mô hình có thể sử dụng trong

điều kiện dự báo nghiệp vụ cần phải xây dựng một công nghệ dự báo kết nối tự động các mô hình và số liệu. Các thông số của bộ mô hình cần tiếp tục được hiệu chỉnh, đảm bảo độ ổn định trong mọi trường hợp xảy ra lũ. Vùng hạ lưu sông Ba Hạ khá

rộng, địa hình phức tạp, tuy đã có bản đồ địa hình 1/10.000 và số liệu đo đạc bổ sung nhưng cần được tiếp tục bổ sung thêm các địa hình đặc trưng như: Cao trình đường giao thông, đường sắt, cầu, cống..., đặc biệt là các số liệu khảo sát ngập lụt.

Tài liệu tham khảo

1. Quy trình vận hành liên hồ chứa sông Ba (2010) ban hành theo Quyết định 1757/QĐ-TTg ngày 23/9/2010 của Thủ tướng Chính phủ.
2. Báo cáo tổng kết nghiên cứu, xây dựng Quy trình vận hành liên hồ chứa Sông Ba Hạ, Sông Hinh, Krông H'nh, Ayun Hạ, An Khê và Kanak trong mùa lũ hàng năm. Hoàng Minh Tuyển và nnk, 8/2010.
3. Lương Hữu Dũng (2012). Một số đặc điểm mưa, lũ lưu vực sông Ba trong bài toán vận hành liên hồ chứa kiểm soát lũ hạ du. Tạp chí KTTV số 08/2012.
4. Denmark Hydraulic Institute (DHI) (2007). MIKE 11 User Guide. DHI, 514 pp.
5. Denmark Hydraulic Institute (DHI) (2007). MIKE 11 Reference Manual . DHI, 318 pp.



Ảnh: Sông Ba
Theo (<https://www.google.com.vn>)