

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THỦY VĂN THÔNG SỐ PHÂN BỐ TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY LŨ LƯU VỰC SÔNG ĐÀ

TS. Ngô Lê An

Bộ môn Thủy văn Tài nguyên nước, ĐHTL

ThS. Trịnh Thu Phương

Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn Trung ương

Tóm tắt: Sông Đà là phụ lưu lớn và quan trọng nhất của hệ thống sông Hồng. Trên dòng chính, đã và đang hình thành hệ thống liên hồ chứa đa mục tiêu: phát điện, phòng lũ và cấp nước cho hạ du. Để nâng cao hiệu quả điều hành hệ thống hồ chứa đã có nhiều mô hình toán thủy văn - thủy lực được ứng dụng để dự báo dòng chảy trên sông Đà. Tuy nhiên, thời gian dự kiến dự báo của các mô hình không dài. Với khả năng kết nối dễ dàng với mô hình khí tượng dự báo mưa, mô hình thủy văn thông số phân bố có thể kéo dài thời gian dự kiến dự báo. Mặc dù đã được nghiên cứu từ lâu nhưng ở Việt Nam loại mô hình này chỉ mới bắt đầu tiếp cận. Bài báo lựa chọn hai mô hình thủy văn thông số phân bố DIMOSOP và MARINE để tính toán dòng chảy lũ sông Đà, từ đó đưa ra một số kết luận về ứng dụng mô phỏng lũ sông Đà nói riêng và các lưu vực sông Việt Nam nói chung

I. Đặt vấn đề

Mô hình thủy văn thông số phân bố là loại mô hình mưa dòng chảy có xem xét đến sự phân bố về không gian các đặc điểm tự nhiên cũng như khí tượng thủy văn trên toàn lưu vực. Hiện nay, mô hình thủy văn thông số phân bố đã phát triển và trở nên phổ biến được áp dụng ở nhiều nước trên thế giới. Từ thế hệ mô hình phân bố đơn giản đầu tiên có thể kể đến như TOPMODEL (Anh), nhiều nhà khoa học thuộc các quốc gia khác nhau (Mỹ, Thụy Điển, Pháp, Ý, Nhật...) đã nghiên cứu, thiết lập và phát triển nhiều mô hình thủy văn thông số phân bố khác nhau nhằm mô phỏng tốt hơn quá trình chuyển động vật lý của các hiện tượng thủy văn trong tự nhiên một cách đầy đủ. Đồng thời trong bài toán dự báo dòng chảy, các mô hình thông số phân bố có khả năng kết nối được với các mô hình dự báo mưa số trị dạng lưới, từ đó kéo dài thời gian dự kiến. Tại Việt Nam, một số mô hình thông số phân bố bước đầu được ứng dụng tính toán dòng chảy tại một số lưu vực sông lớn như các sông chính thuộc hệ thống sông Hồng, sông Vu Gia Thu Bồn... Các mô hình này đều đòi hỏi dữ liệu đầu vào chi tiết với nhiều loại khác nhau.

Bài báo lựa chọn hai mô hình thủy văn thông số phân bố là DIMOSOP và MARINE để tính toán dòng chảy lũ sông Đà. Lưu vực này có thể

đáp ứng được yêu cầu cơ bản của số liệu và đồng thời cũng là phụ lưu lớn và quan trọng nhất của hệ thống sông Hồng với nhiều hồ chứa đa mục tiêu: phát điện, phòng lũ và cấp nước cho hạ du. Từ kết quả mô phỏng, bài báo đưa ra một số kết luận về ứng dụng mô phỏng lũ sông Đà nói riêng và các lưu vực sông Việt Nam nói chung.

II. Giới thiệu mô hình

2.1. Mô hình MARINE

Mô hình thủy văn MARINE (Modélisation de l'Anticipation du Ruissellement et des Inondations pour des événements Extrêmes) do Viện Cơ học chất lỏng Toulouse (Pháp) xây dựng và được chuyển giao cho Viện Cơ học. Sau đó, Viện Cơ học chuyển giao cho Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung Ương trong khuôn khổ hợp tác khoa học công nghệ và đề tài cấp Bộ. Mô hình thủy văn MARINE được viết bằng ngôn ngữ Fortran 7.0 đang được xây dựng và hoàn thiện. MARINE là mô hình có thông số phân bố, toàn bộ lưu vực nghiên cứu được chia thành các ô lưới vuông có kích cỡ bằng nhau. Mô hình tính toán dòng chảy dựa trên phương trình bảo toàn khối lượng và phương thức thấm Green Ampt. Mỗi ô lưới có thông số riêng, nhận một giá trị mưa và dòng chảy được hình thành trên từng ô. Cuối cùng, mô hình MARINE liên kết các ô lưới lại với

nhau theo hướng chảy tạo mạng sông và tính toán dòng chảy tại cửa ra của các lưu vực. Cấu trúc mô hình MARINE chia thành hai phần: Phần thứ nhất: tính toán dòng chảy sườn dốc hay khu giữa từ mưa dựa trên phương trình cân bằng nước và lý thuyết thấm Green Ampt; phần thứ hai diễn toán lũ trong sông bằng mô hình thủy lực theo phương trình Saint Venant với lưới sai phân 4 điểm. Mặt mạnh của mô hình MARINE là có khả năng kết nối dễ dàng với các mô hình dự báo mưa số trị như HRM, ETA và BOLAM đang được vận hành tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương nhằm kéo dài thời gian dự kiến của mô hình.

2.2. Mô hình DIMOSOP

DIMOSOP (DIstributed hydrological MOdel for the Special Observing Period) là mô hình toán thủy văn phân bố được sử dụng nhiều ở một số nước Châu Âu như Italia, Pháp, Thụy Sĩ. Đặc điểm nổi bật của mô hình này là có thể sử dụng dữ liệu dạng điểm của các trạm đo mưa trong lưu vực hoặc sử dụng kết quả dự báo dưới dạng ô lưới (grid) là đầu ra của các mô hình dự báo thời tiết như MM5 và BOLAM để dự báo lũ. Ở Việt Nam, mô hình DIMOSOP được chuyển giao cho trường Đại học Thủy lợi trong khuôn khổ dự án hợp tác song phương giữa Chính phủ Việt Nam và Chính phủ Italia trong việc xây dựng mô hình hỗ trợ dự báo lũ trung hạn cho hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình. Khi chuyển giao cho Việt Nam, Mô hình mang tên mới là DIMOSHONG.

Cấu trúc chính của mô hình dựa trên quan điểm chia lưu vực tính toán ra thành một hệ thống các ô lưới. Mỗi một ô lưới trên lưu vực đều được đặc trưng bởi một yếu tố thủy văn nào

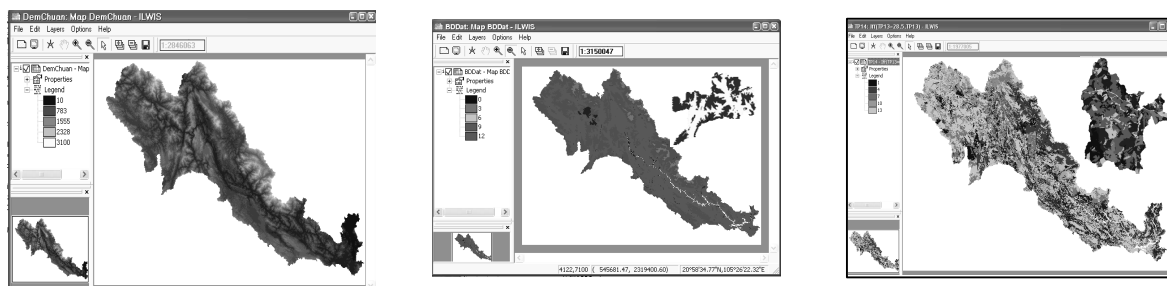
đó, có thể là một phần tử của lưu vực, có thể là một phần tử của sông, hay là một phần tử của hồ chứa...vv. Nếu ô lưới là một phần tử của lưu vực thì mô hình sẽ tính toán ra dòng chảy từ mưa thông qua mô phỏng các quá trình vật lý trên lưu vực như mưa, tổn thất, tập trung dòng chảy trên sườn dốc cho ô lưới đó, nếu ô lưới là một phần tử của đoạn sông, mô hình sẽ mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy trên sông cho ô lưới, còn nếu ô lưới là một phần tử của hồ chứa, mô hình sẽ mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy qua hồ chứa cho ô lưới này...Phương pháp tính dòng chảy từ mưa trong DIMOSOP dựa trên các lý thuyết: Phương pháp tính tổn thất: SCS-CN; đường quá trình SCS tính mưa hiệu quả, diễn toán trong sông MUSKINGUM... Kết quả tính toán của mô hình chính là lưu lượng hay mực nước lũ tại bất kỳ một ô lưới nào (điểm) trên lưu vực đã được đăng ký trước.

III. Ứng dụng mô hình mô phỏng dòng chảy lũ sông Đà

3.1 Dữ liệu đầu vào GIS cho các mô hình

a. Mô hình MARINE

- Bản đồ độ cao được số hoá (DEM-Digital Elevation Model) toàn lưu vực sông Đà
- Bản đồ sử dụng đất được số hóa tỷ lệ toàn lưu vực sông Đà dạng lưới
- Bản đồ đất được số hóa toàn lưu vực sông Đà dạng lưới. Các loại bản đồ được lấy từ Trung tâm Viễn thám, Bộ Tài Nguyên và Môi trường.
- Bản đồ phân vùng ảnh hưởng mưa lưu vực sông Đà dạng lưới theo đa giác Thiessen
- Dữ liệu mặt cắt ngang sông Đà:
 - + Đoạn 1: Biên giới - Pa Vinh: 59 mặt cắt
 - + Đoạn 2: Pa Vinh - trước đập Hoà Bình: 62 mặt cắt



Hình 1: Bản đồ DEM, bản đồ thảm phủ, bản đồ sử dụng đất mô tả lưu vực sông Đà trong MARINE

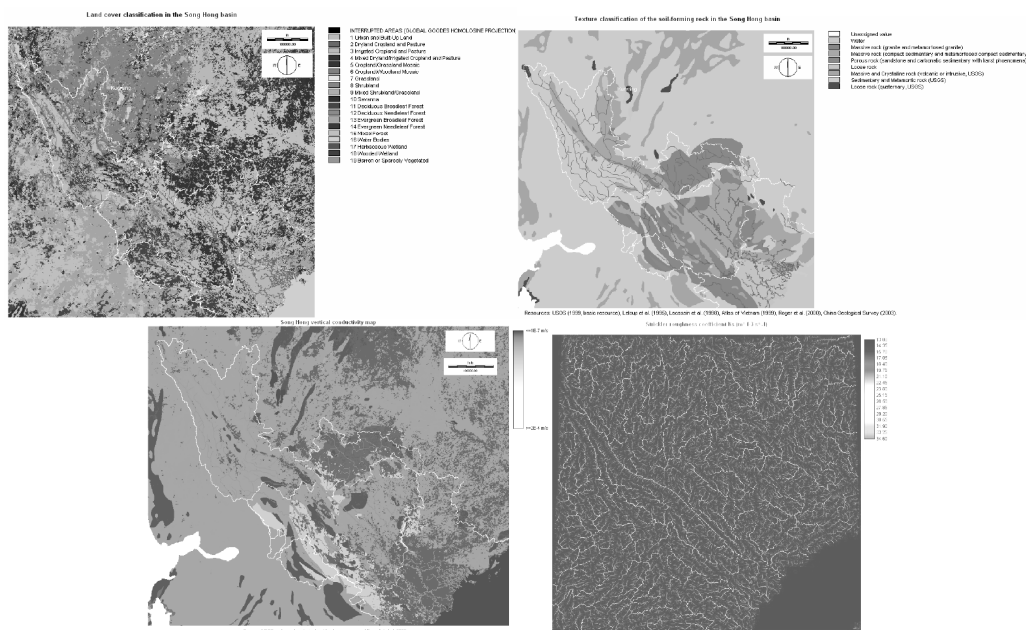
b. Mô hình DIMOSOP

Tương tự như mô hình MARINE, đầu vào GIS của mô hình là bản đồ địa hình dưới dạng DEM, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, loại đất dưới dạng ô lưới Grid.

Toàn bộ địa hình lưu vực sông Đà bao gồm cả phần diện tích bên Trung Quốc được mô tả và xác định dựa trên bản đồ số độ cao toàn cầu DEM GTOPO30 có độ phân giải 1km x 1km từ Cục đo địa hình địa chất Hoa Kỳ - USGS. (nguồn: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>). Từ bản đồ địa hình DEM, xây dựng bản đồ phân cấp sông theo

Horton và ranh giới lưu vực. Ranh giới này sau đó được so sánh với các nguồn dữ liệu khác như Atlas Việt Nam (Bộ Khoa học và Công nghệ, 1999)... để hiệu chỉnh lại một số điểm sai lệch trong nguồn dữ liệu địa hình.

Bản đồ hiện trạng sử dụng đất cũng được lấy từ nguồn USGS. Từ bản đồ này, mô hình xây dựng bản đồ phân bố hệ số CN sử dụng trong phương pháp SCS-CN và bản đồ thông số truyền dẫn thủy lực thẳng đứng. Hệ số nhám Strickler Ks được giả thiết biến đổi theo phân bố diện tích bằng hàm mũ: $K_S = 13.894 * A^{0.0842}$ (Ranzi và nnk, 2008).



Hình 2. Bản đồ sử dụng đất, loại đất, truyền dẫn thủy lực thẳng đứng và nhám trong mô hình DIMOSOP

3.2. Dữ liệu đầu vào Khí tượng Thủy văn các mô hình

Bốn trận lũ khác nhau từ vừa đến lớn được lựa chọn để tính toán mô phỏng theo hai mô hình. Cụ thể là các trận lũ:

- + Trận lũ lịch sử trên sông Đà từ 15 - 30/8/1996
- + Trận lũ lớn 08 - 22/08/2002
- + Trận lũ trung bình: 12 - 20/7/2007 + Trận lũ lớn: 01-10/7/2009.

Các dữ liệu mưa quan trắc đều thời đoạn 6h phân bố trong lưu vực ở trong lãnh thổ Việt Nam dùng làm dữ liệu vào mô phỏng dòng

chảy. Dữ liệu mực nước và lưu lượng 6h của 7 trạm thủy văn trên lưu vực sông Đà của các trận lũ trên được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định kết quả mô phỏng.

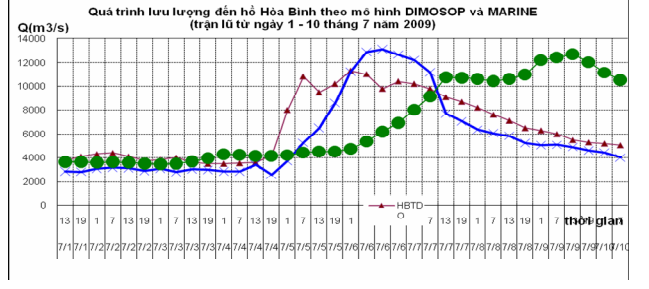
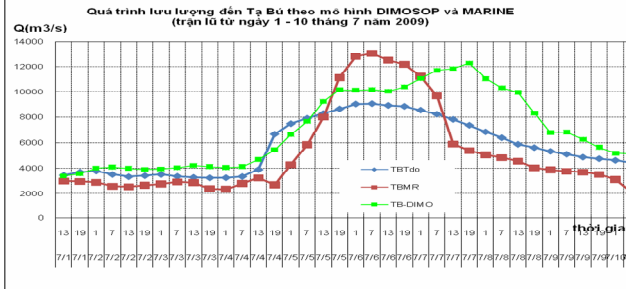
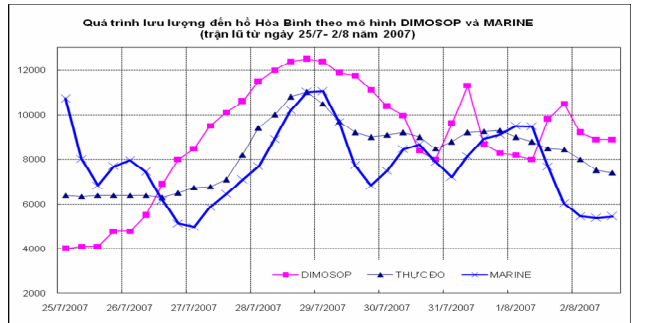
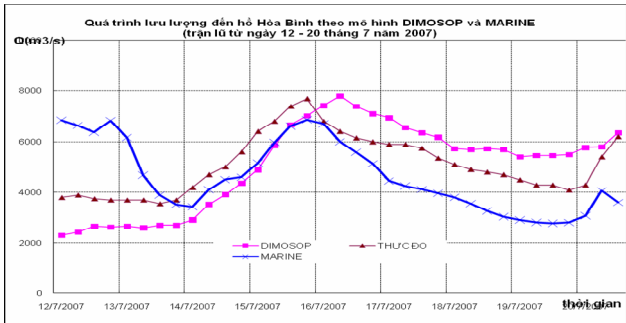
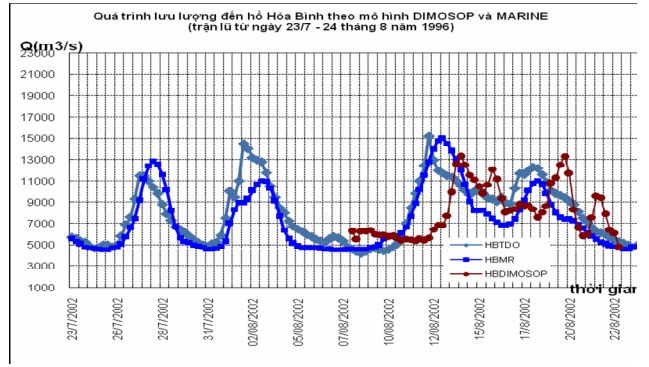
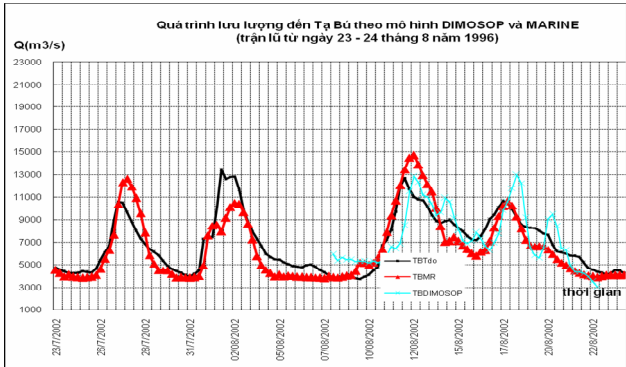
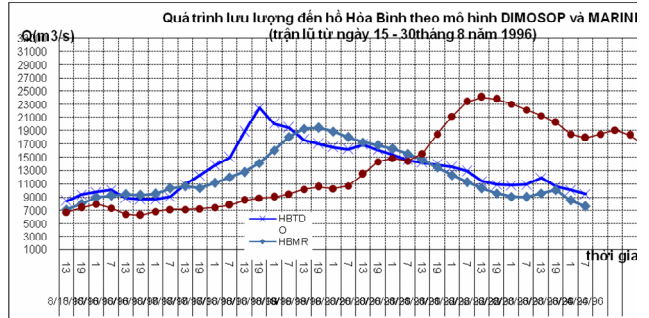
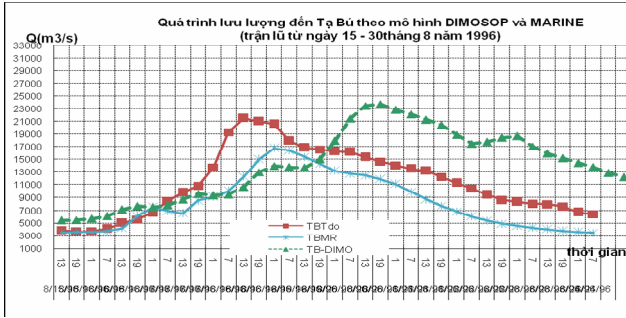
Mô hình MARINE phần modul thủy lực diễn toán lũ trong sông lấy biên trên là lưu lượng tại biên giới Việt Trung thượng nguồn sông Đà, biên dưới là mực nước tại hạ lưu hồ Hòa Bình.

3.3. Một số kết quả tính toán dự báo lũ sông Đà theo mô hình MARINE và DIMOSOP

Mô hình MARINE và DIMOSOP tính toán mô phỏng dòng chảy lũ sông Đà qua các trận lũ đã nêu trong mục 3.2 tại hai vị trí Tạ Bú (cửa ngõ vào hồ

Hòa Bình) và vị trí trước đập Hòa Bình. Một số

hình ảnh kết quả được thể hiện qua các hình sau:



3.4 Nhận xét:

* Về cấu trúc mô hình

- Mô hình phân bố MARINE kết hợp modul thủy lực giải phương trình Saint Venant đầy đủ tính diễn toán lũ trong sông. Mô hình MARINE thực hiện quá trình tuần tự: tính toán dòng chảy khu giữa hoặc sườn dốc từ mưa sau đó mô hình thủy lực gom nước vào dòng chính và diễn toán xuống hạ lưu. Mô hình DIMOSOP hoàn toàn là mô hình thủy văn phân bố dựa trên quá trình tính toán mưa rào dòng chảy và diễn toán lũ

trong sông theo phương pháp MUSKINGUM song song.

Hai trường phái tính toán này tồn tại song song trong các mô hình thủy văn thông số phân bố hiện nay.

- Mô hình MARINE và DIMOSOP đều sử dụng đa giác Thiessen phân vùng ảnh hưởng mưa. Trong bài toán mô phỏng dòng chảy dư liệu mưa là dữ liệu quan trắc theo các trạm. Tuy nhiên, khi có kết quả dự báo mưa số trị phân bố trên toàn lưu vực, cả hai mô hình đều có thể sử

dụng mưa dự báo trực tiếp rơi trên từng ô lưới để mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy trên lưu vực từ mưa chính xác hơn.

* Về kết quả mô phỏng

- Mô hình MARINE và DIMOSOP đều mô phỏng đúng dạng quá trình các trận lũ lớn đã lựa chọn.

- Mô hình DIMOSOP cho kết quả tính toán đỉnh lũ bị trễ hơn so với dòng chảy thực đo khoảng 6-18h.

- Với các trận lũ mưa lớn từ 30-50mm đều khắp lưu vực sông Đà mô hình DIMOSOP phản ứng nhạy cho kết quả tính cao hơn cụ thể như năm lũ lịch sử 1996.

- Với các trận lũ mưa tập trung theo khu vực đặc biệt là vùng hồ từ Tạ Bú đến Hòa Bình như trận lũ năm 2009: mưa lớn vùng thượng lưu trước sau đó đến vùng hạ lưu lòng hồ Hòa Bình, quá trình lũ trên thực tế lên rất nhanh, mô hình MARINE cho kết quả tính toán đỉnh lũ cao hơn so với đường thực đo nhưng mô phỏng thời gian đạt đỉnh tốt.

- Mô hình DIMOSOP và MARINE đều có khả năng xuất ra kết quả mực nước và vận tốc dòng chảy trên từng ô lưới. Điều này có thể mở ra một hướng mới, dùng các mô hình thông số phân bố tính toán sạt lở cảnh báo lũ quét và sạt lở đất trên các lưu vực nhỏ vùng núi.

Các sai số ở trên, đặc biệt là sự mô phỏng đỉnh lũ bị trễ ở mô hình DIMOSOP có thể lý giải là do mô hình sử dụng các dữ liệu đầu vào chi tiết, đòi hỏi độ chính xác dùng để mô tả khả năng vận chuyển nước của đất trên lưu vực. Tuy nhiên trong nghiên cứu này, các dữ liệu được lấy chủ yếu dựa trên kết quả đo đạc, tính toán của tổ chức nước ngoài có độ phân giải thấp được cấp miễn phí nhưng mô tả toàn bộ lưu vực (bao gồm cả phần bên Trung Quốc). Các nguồn dữ liệu trong nước có độ chính xác cao và độ phân giải tốt hơn nhưng chỉ mô tả phần lưu vực nằm trong lãnh thổ Việt Nam, do đó chỉ dùng tham khảo hiệu chỉnh, bổ sung. Đồng thời, mô hình DIMOSOP tính toán dòng chảy bắt nguồn từ thượng nguồn lưu vực bên Trung Quốc mà không có thông tin về mưa, chỉ bằng cách giả thiết mưa tương tự với lượng mưa ở trạm

Mường Tè (theo phương pháp đa giác Thiessen), trong khi phần diện tích này chiếm gần 50% diện tích toàn lưu vực. Đồng thời, dòng chảy sông Đà cũng bị ảnh hưởng bởi việc vận hành hồ chứa trên thượng nguồn bên lãnh thổ Trung Quốc nhưng do không có thông tin nên mô hình DIMOSOP không mô tả được. Mô hình MARINE tính toán với biên đầu vào từ vị trí trạm thủy văn Mường Tè nên kết quả mô phỏng chính xác hơn.

Hiện nay, thượng lưu sông Đà phần lãnh thổ Trung Quốc, nhiều thủy điện đã và đang được xây dựng. Mặc dù tài liệu đo đạc khí tượng thủy văn của một số trạm đã được cấp nhưng thông tin về các hồ chứa của nước ngoài lại thiếu, điều này gây khó khăn cho công tác dự báo lũ dòng chảy sông Hồng. Việc ứng dụng các mô hình thông số phân bố có khả năng mô phỏng toàn bộ lưu vực kết hợp với các mô hình mưa số trị toàn cầu có thể tính toán dòng chảy trên thượng nguồn tại các vị trí yêu cầu.

IV. Kết luận

Mô hình MARINE và DIMOSOP là hai trong những mô hình thông số phân bố đầu tiên đã được nghiên cứu và áp dụng tính toán mô phỏng dòng chảy lũ sông Đà tại Việt Nam trong hoàn cảnh thiếu thốn nhiều số liệu chính xác trên toàn lưu vực về địa hình, bản đồ thảm phủ, bản đồ sử dụng đất. Mặc dù vậy, các kết quả cho thấy cả 2 mô hình đều có thể mô phỏng có thể chấp nhận được dòng chảy lũ trên sông Đà. Nếu các mô hình này kết hợp với các mô hình thời tiết dự báo mưa số trị (mặc dù với độ phân giải chưa cao) thì hoàn toàn có thể kéo dài thời gian dự kiến dự báo lũ, nâng cao hiệu quả trong công tác điều hành hồ chứa. Việc áp dụng thành công hai mô hình này cho lưu vực sông lớn như sông Đà cho thấy các mô hình thông số phân bố dạng trên có khả năng ứng dụng tốt ở Việt Nam nếu các lưu vực nghiên cứu có đầy đủ tài liệu đo đạc, khảo sát về địa hình, thảm phủ... Đồng thời mở ra nhiều hướng nghiên cứu tiếp theo cho các lưu vực sông, đặc biệt các sông miền núi trong hoàn cảnh hiện nay thiếu nhiều thông tin đo đạc khí tượng - thủy văn ở thượng nguồn.

Tài liệu tham khảo

Estupina-Borrell, V., Dartus, D., Ababou, R., *Flash flood modeling with the MARINE hydrological distributed model*, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, Volume 3, Issue 6, 2006, pp.3397-3438.

Ngo, L.A., S. Barontini, A. Buzzi, O. Drofà, L.T. Do, M. C. Vu, T. T. Hoang, R. Ranzi, 2008: *A hydrometeorological flood forecast system for the Red River (China - Vietnam)*, Geophysical Research Abstracts, European Geosciences Union, Vol. 10, N° 10475 ISSN: 1029-7006.

Nguyễn Lan Châu, Đặng Thanh Mai, Trịnh Thu Phương (2005), Các bài toán trong ứng dụng mô hình thủy văn MARINE để mô phỏng và dự báo lũ sông Đà, -Tập chí Khí tượng Thủy văn số 539-11/2005.

Ranzi R., S. Barontini, Ngo L. A., 2008, *Study of a hydrogeological system to assist flood control in the Red River Delta*, Technical Report, Brescia, Italy.

Ranzi, R., M. Boichichio And B. Bacchi, *Effects on floods of recent afforestation and urbanisation in the Mella River (Italian Alps)*, Hydrol. Earth System Sci., 6(2), 239-265, 2002.

Trịnh Thu Phương, Nguyễn Tiến Cường (2005), *Bài toán lựa chọn mô hình thủy lực kết nối với mô hình MARINE*, Hội nghị Khoa học Công nghệ và phục vụ dự báo Khí tượng thủy văn lần thứ VI, 2005

USDA-NRCS-CED, *Urban Hydrology for Small Watershed*, TR-55, 1986

USGS-EROS, *Global DEM GTOPO30*, on website

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>

USGS-EROS, *Global Land Cover Characterisation*, V.2.0, on website <http://edcsns17.cr.usgs.gov/glcc/>

Abstract

RESEARCH ON THE CAPACITY OF APPLYING DISTRIBUTED MODELS TO ESTIMATE THE RUNOFF IN THE DA RIVER

The Da river is the most important tributary in the Red river system. In the main channel, a multi purpose reservoirs system was established for: electric-power, flood control, water supply. In order to improve the regulating capacity, some hydrological – hydraulic models were used to estimate the runoff in the Da river but the limited lead time. The distributed hydrological model can connect to meteorological model easily so it can forecast the runoff with the further lead time. Despite this kind of model was researched for a long time, it has just been applied in Vietnam. This paper selected 2 models called DIMOSOP and MARINE for estimating the flood flow in the Da river. Then, some conclusions were given about applying them in flow simulation in the Da river in particular, and in Vietnam conditions in general.