

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MARINE VÀ MUSKINGUM DỰ BÁO THỦY VĂN LƯU VỰC SÔNG KỶ LỘ TỈNH PHÚ YÊN

Võ Anh Kiệt^{1,2}, Bùi Văn Chanh²

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

²Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ,
Trung tâm KTTV Quốc gia.

Tóm tắt

Kỳ Lộ là con sông lớn thứ hai của tỉnh Phú Yên, trải rộng trên hai huyện Đồng Xuân và Tuy An. Diễn biến lũ và ngập lụt rất nghiêm trọng, hàng năm xuất hiện từ 2 đến 3 trận lũ lớn gây hậu quả nghiêm trọng, đặc biệt là trận lũ lịch sử năm 2009 đã xóa sổ một số làng mạc ven sông của huyện Đồng Xuân. Lưu vực sông Kỳ Lộ cũng như các lưu vực sông khác khu vực Miền Trung có địa hình rất dốc, lưu vực sông ngắn nên thời gian lũ lên nhanh, xuống nhanh, dòng chảy mạnh, độ ngập sâu lớn. Ngoài ra đặc điểm thổ nhưỡng, thảm phủ, mưa phân hóa rất mạnh theo không gian. Với đặc điểm như trên, việc ứng dụng mô hình thủy văn thông số tập trung sẽ rất hạn chế do thông số địa hình, thảm phủ, thổ nhưỡng, mưa đã được trung bình hóa. Để nâng cao độ chính xác mô phỏng, năng lực dự báo ở địa phương cần nghiên cứu ứng dụng mô hình mưa dòng chảy thông số phân bố, đặc biệt là mô hình phân bố vật lý. Loại mô hình này có khả năng mô phỏng, đánh giá tác động của các yếu tố địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ và mưa chi tiết theo không gian.

Dòng chảy sườn dốc được diễn toán bằng mô hình Marine, quá trình lưu lượng tiếp tục được diễn toán bằng mô hình Muskingum. Nhóm tác giả đã nghiên cứu xây dựng mô hình Muskingum và tích hợp với mô hình Marine để mô phỏng liên tục quá trình dòng chảy trên lưu vực sông Kỳ Lộ, dự báo cho tại trạm thủy văn Hà Bằng. Kết quả dự báo thử trong trận lũ trung tuần tháng 11 năm 2016 cho kết quả tốt, làm cơ sở nâng cao chất lượng dự báo thủy văn cho Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ và Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Phú Yên.

Từ khóa: Marine; Kỳ Lộ; Tích hợp bộ mô hình.

Abstract

Applying for Marine and Muskingum integration models for hydrology forecasting on Ky Lo basin of Phu Yen province

Ky Lo is a second largest basin of Phu Yen province that is spread on Dong Xuan and Tuy An district. Processing of flooding and unindation are serious, there are from 2 to 3 big floods each year that cause consequence been serious. Special, the biggest flood that cause some villages on Dong Xuan district was deleted in 2009. Ky Lo basin and almost basin on Center Region which are very slope and short topography so that flood is up fast, down fast, strong flow, serious depth unindation. Otherwise, feature of soil, forest, rainfall are differentiated according to space. Whereby, applying concentrated hydrology model is very restriction because basin parmater include topography, soil, forest that are averaged. To rise accurate simulation and ability forecasting so applying distributed rainfall - run off model is very necessary, specially applying distributed physical model. The model is ability simulation and calculation some factor include topography, soil, forest and rainfall according to space.

Run off on slope is simulated by Marine model, discharge in river is simulated

by Muskingum model. This model was built and iterated with Marine model to simulate continuous flow on Ky Lo basin and forecasting hydrogy at Ha Bang station. The result of experiment forecasting for the flood on middle November in 2016 is good. The models are tools which help raise forecasting quality for South Center Regional Hydro - Meteorological Center, Phu Yen Province Hydro - Meteorological Center.

Keywords: Marine; Ky Lo; Iterating models.

1. Mở đầu [2]

Lưu vực sông Kỳ Lộ nằm trong khoảng 13°09'15" - 13°46'40" vĩ độ bắc, 108°42'08" - 109°19'08" kinh độ đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Hà Thanh, phía Tây và phía Nam giáp lưu vực sông Ba, phía Đông giáp Biên Đông. Lưu vực trải rộng trên các huyện Đồng Xuân và Tuy An của tỉnh Phú Yên và một phần phía Tây và Tây bắc nằm ở huyện Vân Canh tỉnh Bình Định, huyện KrongChro và Krongpa tỉnh Kon Tum. Diện tích lưu vực tính đến cửa biển là 2058 km², chiều dài sông chính 103km, chiều rộng bình quân lưu vực 15,8km, mật độ sông suối 0,14 km/km².

Sông Kỳ Lộ là sông lớn thứ 2 ở tỉnh Phú Yên, phần thượng lưu có tên là sông La Hiêng, bắt nguồn từ núi To Net (1030m) ở xã Đăk Song huyện Krong Chro tỉnh Gia Lai, chảy theo hướng bắc tây bắc vào địa phận tỉnh Phú Yên ở xã Phú Mỹ huyện Đồng Xuân rồi chuyển hướng tây bắc- đông nam qua thôn Phú Mỹ, xã An Dân chia làm hai nhánh (sông Cái và sông Nhân Mỹ), nhánh sông Cái sau khi chảy qua quốc lộ 1A tiếp tục chia làm hai nhánh (sông Cái và sông Hà Yến), sông Cái và sông Nhân Mỹ đổ ra cửa Bình Bá, còn sông Hà Yến đổ ra đầm Ô Loan.

Mô hình thủy văn MARINE được viết bằng ngôn ngữ Fortran 9.0. Mô hình chia toàn bộ lưu vực nghiên cứu 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.

Một số nét cơ bản của mô hình MARINE:

Lưu vực được chia theo lưới ô vuông. Phương trình liên tục được sử dụng để tính giá trị mực nước trong mỗi ô. Lượng mưa rơi trên lưu vực được cho vào như thành phần nguồn của phương trình liên tục.

Tốc độ dòng chảy mặt trên lưu vực được xác định bằng phương trình sóng khuếch tán (bỏ thành phần gia tốc địa phương và gia tốc đối lưu chỉ giữ lại thành phần áp lực, trọng lực, ma sát trong phương trình Saint-Venant).

Tốc độ dòng chảy ngầm (sub-surface velocity) được xác định bằng công thức

$$u_s = I.K_s$$

Trong đó:

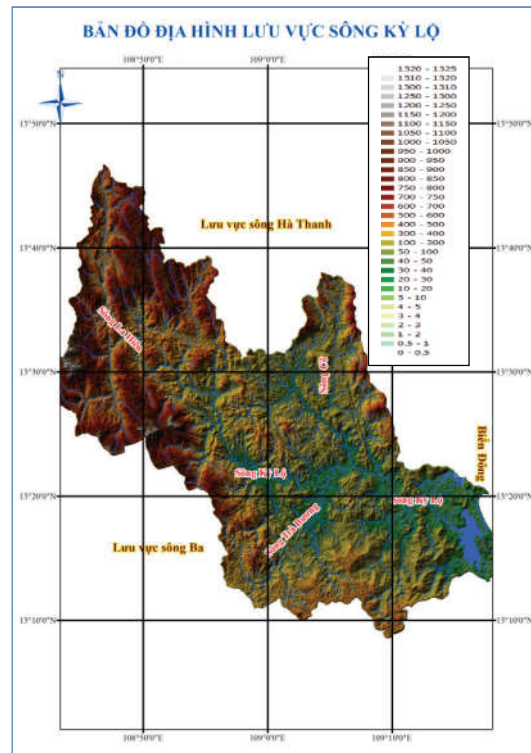
I hệ số độ dốc của đất; K_s hệ số dẫn thủy lực (hydraulic conductivity)

- Hệ số thấm là hàm số phụ thuộc vào mực nước trong từng ô.

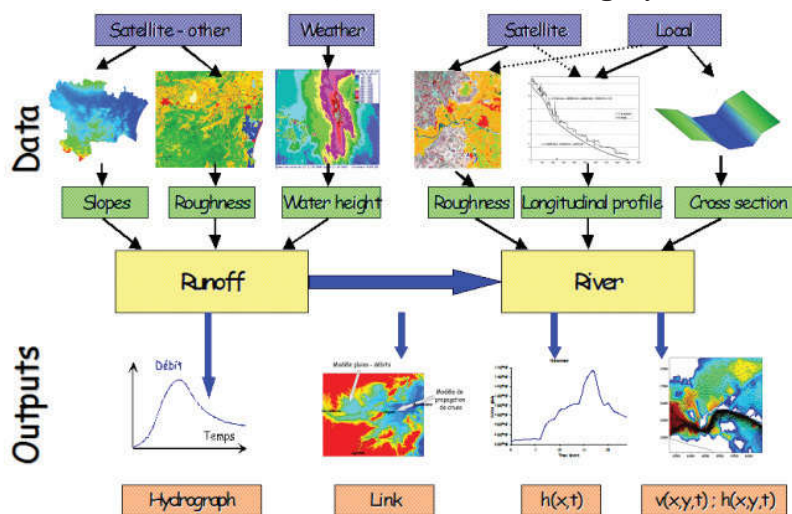
- Dòng chảy trong sông được xác định bằng hệ phương trình Saint-Venant đầy đủ với các hàm lưu lượng gia nhập khu giữa được xác định từ các lưu vực liên kề.

Ta thấy rằng mô hình MARINE có thể áp dụng để tính toán dự báo tốt các cơn lũ sinh ra do mưa trên lưu vực.

Để xác định các thông số của mô hình ta cũng phải dựa trên các bản đồ địa hình số cùng với DEM, bản đồ phân loại đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, số liệu địa hình của sông (mặt cắt ngang, trắc dọc).



Hình 1: Bản đồ địa hình lưu vực sông Kỳ Lộ



Hình 2: Sơ đồ tổng quát của mô hình MARINE

2. Ứng dụng mô hình MARINE dự báo lưu vực sông Kỳ Lộ

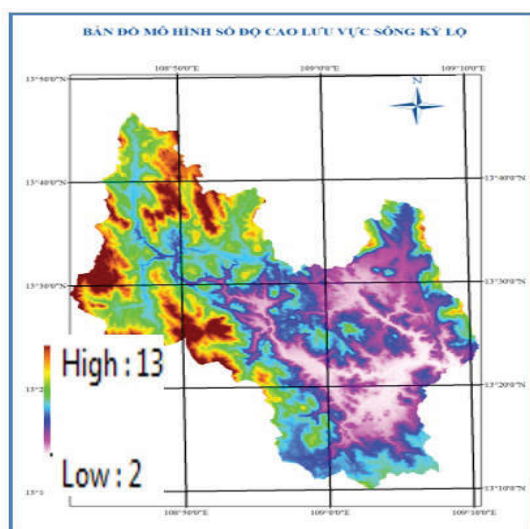
2.1. Thiết lập mô hình MARINE

Dữ liệu đầu vào cho mô hình MARINE gồm bản đồ mô hình số độ cao (DEM), bản đồ đất, bản đồ lớp phủ thực vật, mạng lưới sông suối, lượng mưa giờ phân bố theo không gian. Bản đồ DEM độ phân giải 90 x 90m lưu vực sông Kỳ Lộ được sử dụng để dẫn suất

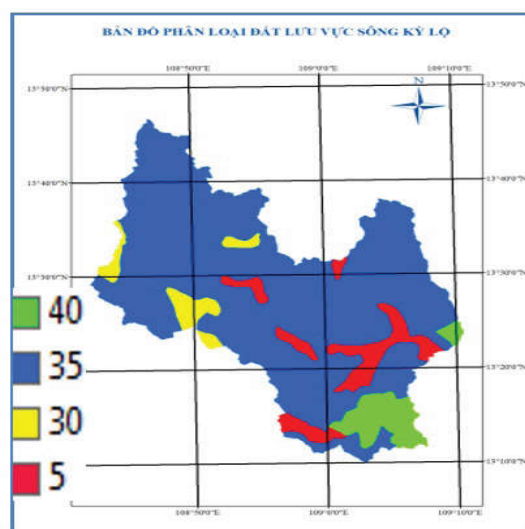
tạo 6 bản đồ làm đầu vào cho mô hình MARINE gồm: (1) bản đồ độ dốc, (2) hướng chảy, (3) hội tụ nước, (4) mạng lưới sông, (5) đường phân nước và (6) độ dài dòng chảy [1]. Để thuận tiện cho việc xác định hệ số cản dòng chảy (hệ số nhám), toàn bộ bản đồ thảm phủ các tỉnh được phân thành 13 nhóm thảm phủ chính theo cách phân loại của tổ chức khoa học Mỹ (U.S. Geological Survey) [1]. Bản đồ thảm phủ có tỷ lệ 1:50.000.

Bản đầu bản đồ ở dạng Vector cấu tạo bởi các vùng khép kín - polygon, sau đó được đưa về dạng Raster. Bản đồ sử dụng đất tỷ lệ 1/50.000 với tên đất được phân loại theo FAO-UNESCO và được sử dụng để tính toán tổn thất do thấm theo phương pháp Green & Ampt [1]. Số liệu thời đoạn 1 giờ gồm: dòng chảy trạm thủy văn Hà Bằng và lượng mưa tại các trạm Xuân Quang (1), Vân

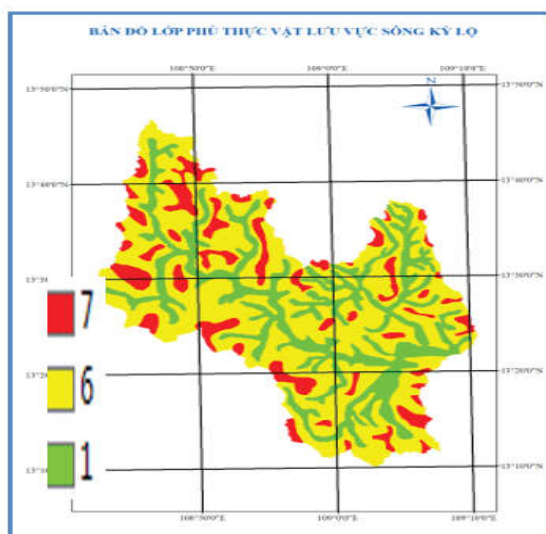
Canh (2), Đa Lộc (3), Phú Mỹ (4), Sơn Hội (5), Hà Bằng (6), chi tiết như trong hình 6. Chuỗi số liệu từ ngày 7 đến 12 tháng 11 năm 2010 được sử dụng để hiệu chỉnh bộ thông số và từ ngày 19 đến 22 tháng 10 năm 2011 để kiểm định bộ thông số mô hình. Dữ liệu mưa phân bố không gian được xử lý theo phương pháp đa giác Thiessen.



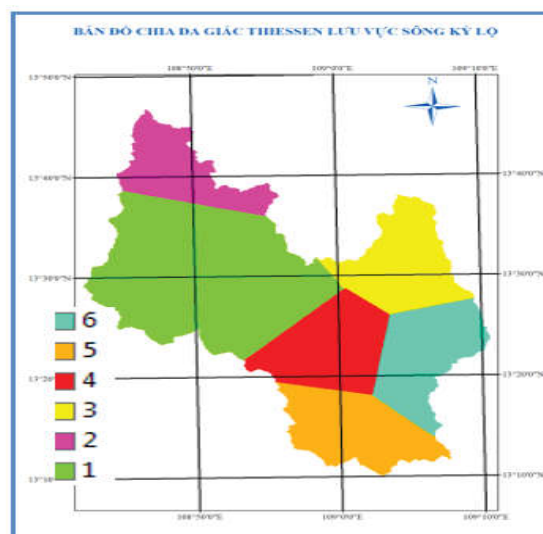
Hình 3: Bản đồ DEM lưu vực sông Kỳ Lộ



Hình 4: Bản đồ đất lưu vực sông Kỳ Lộ



Hình 5: Bản đồ lớp phủ lưu vực sông Kỳ Lộ



Hình 6: Bản đồ chia đa giác Thiessen lưu vực sông Kỳ Lộ

Bảng 1. Phân loại thảm phủ

Tên loại thảm phủ	ID
Rừng ổn định: lá rộng, lá kim, tre nửa	1
Rừng non: lá rộng, lá kim, tre nửa	2
Rừng cây bụi	3
Rừng thưa	4
Cây bụi trồng thành rừng	5
Cây thân gỗ trồng không thành rừng	6
Cây bụi trồng không thành rừng	7
Cỏ	8
Lúa	9
Màu	10

Bảng 2. Phân loại đất

Tên loại đất	ID
Cát	20
Mùn cát	25
Cát mùn	3
Mùn	4
Phù sa mùn	5
Sét pha cát mùn	30
Sét mùn	35
Sét phù sa mùn	40
Sét pha cát	45
Sét phù sa	50
Sét	12
Núi đá	13
Đất trơ sỏi đá	1

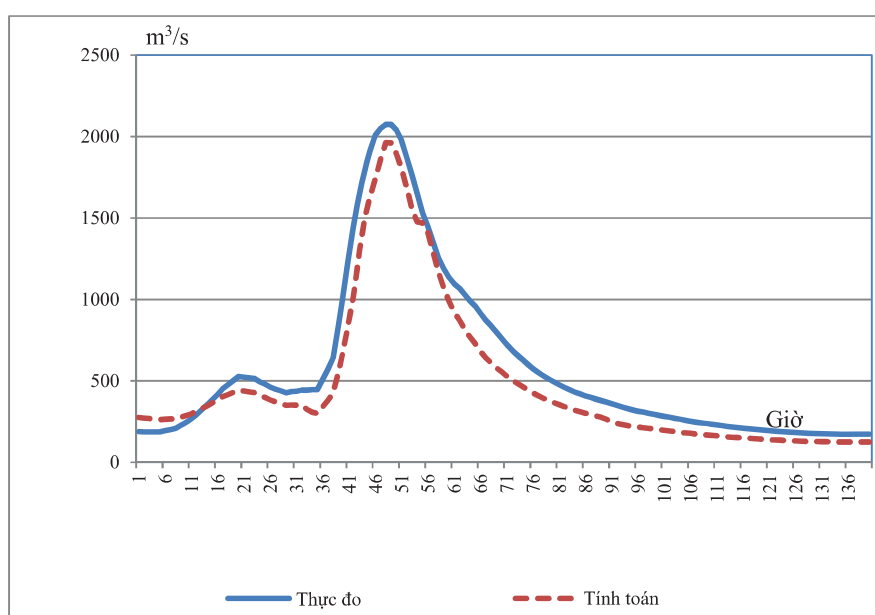
Bộ thông số mô hình MARINE gồm hệ số nhám Manning (thông số nhay), độ rỗng và mao dẫn thủy lực của đất được hiệu chỉnh bằng phương pháp thử sai. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định bằng chỉ tiêu Nash đạt 92,9% và 97,1%; đạt loại tốt theo tiêu chuẩn của WMO.

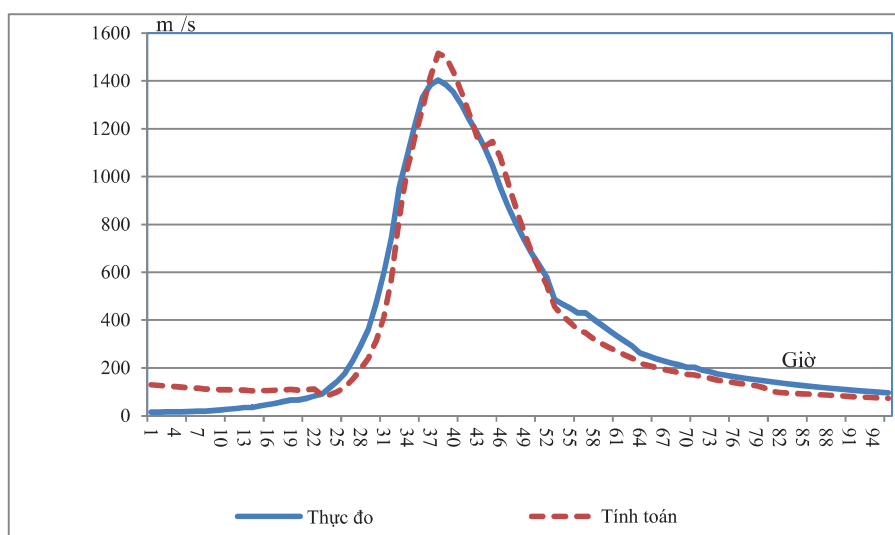
Bảng 3a. Bộ thông số mô hình MARINE

Tên loại thảm phủ	Manning
Rừng ổn định: lá rộng, lá kim, tre nửa	0.047
Cây thân gỗ trồng không thành rừng	0.050
Cây bụi trồng không thành rừng	0.045

Bảng 3b. Bộ thông số mô hình MARINE (tiếp)

Tên loại đất	Mao dẫn	Dẫn thủy lực
Phù sa mùn	0.501	166.8
Sét mùn	0.464	208.8
Sét phù sa mùn	0.471	273.0
Sét pha cát	0.430	239.0

**Hình 7: Quá trình lưu lượng hiệu chỉnh**



Hình 8: Quá trình lưu lượng kiểm định

2.2. Thiết lập mô hình Muskingum

Mô hình Muskingum được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình Fortran 90 để kết nối sản phẩm đầu ra của mô hình MARINE và diễn toán dòng chảy các đoạn sông đến trạm thủy văn Hà Bằng. Căn cứ đặc điểm sông suối và bảng tra thủy lực M.F.Xripnut xác định được hệ số nhám cho sông Kỳ Lộ trong mô

hình Muskingum từ 0.0352 đến 0.0357. Chiều rộng trung bình đoạn sông được đo từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000, hệ tọa độ VN 2000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng năm 2006. Độ dốc trung bình đoạn sông được lấy bằng độ dốc địa hình của đoạn sông chảy qua và xác định từ bản đồ DEM lưu vực sông Kỳ Lộ.

```

Microsoft Developer Studio - Chonmua - [D:\...\Marine_Da\Muskingum.f90 *]
File Edit View Insert Build Tools Window Help
GreenAmpt
Chonmua - Win32 Debug
FPS 4.0 Books Online

Chonmua files
Program MUSKINGUM
Integer N
Character tam
Real Qnam(1000), Qd(1000), Ar(1000,2,20)
Real deltat, So, no, B
Real Vav(1000), y(1000), Kmusk(1000), Xmusk(1000)

Real C1(1000), C2(1000), C3(1000), C4(1000)
Real Qin(1000), Qout(1000)
Real DeltaX, R1(20), R2(20)

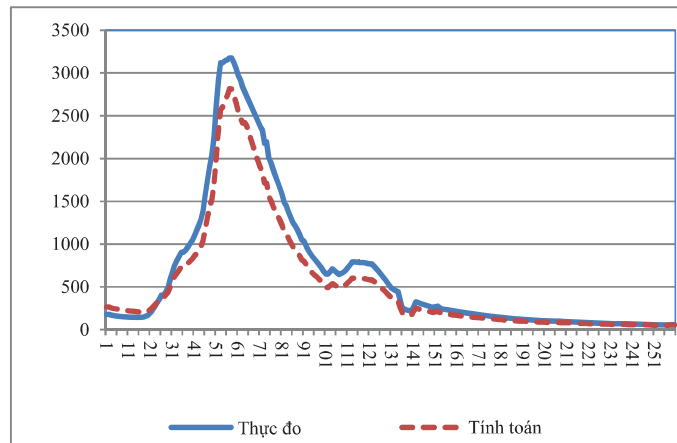
!Doc file so lieu thuc do
Print*, 'MO HINH MUSKINGUM'
Print*, 'Xay dung mo hinh: Bui Van Chanh - Vo Anh Kiet'
Open(2, file='Qnam.txt', status='unknown')
  Read(2,*) Nr, Nt
  Do i=1, Nt
    Read(2,*) Qd(i)
  Enddo
Close(2)

!Inflow in the subbasin
Open(1, file='D:\NCS data\Marine_Da\Program\Resultats\Basin1360.lat', status='unknown')
Read(1,*) N
Do k=1, Nr
  Read(1,*) tam, tam, R1(k), R2(k)
  Read(1,*)
  Do i=1, N
    Read(1,*) (Ar(i,j,k), j=1,2)
  Enddo
Enddo
Close(1)
Do k=1, Nr
  Do i=1, N
    If (Ar(i,2,k).eq.0) Ar(i,2,k)=0.9
  Enddo
Enddo

! Qnam: Simulated discharge lateral f
! B: Average width of the river in th
! Vav: average flow velocity
! y: flow depth
! DeltaX: Distance travelled by t
! K: routing parameter
! X: routing parameter
! C1, C2, C3 and C4 are temporal
! Qin: Inflow in the subbasin
! Qout: Outflow out of the subbas

```

Hình 9: Code mô hình Muskingum



Hình 10: Đường lưu lượng tính toán và thực đo trận lũ dự báo thử năm 2016

2.3. Kết nối mô hình toán

Trung tâm của kết nối các mô hình toán là mô hình MARINE làm đầu vào cho mô hình Muskingum và đầu ra là sản phẩm dự báo tại trạm Hà Bằng. Tuy nhiên MARINE là mô hình có khối lượng dữ liệu tính nhiều, chi tiết và phức tạp nhất. Mô hình MARINE tính toán dòng chảy sườn dốc cho các đoạn sông, sau đó kết nối với mô hình Muskingum để diễn toán dòng chảy của các đoạn sông đến cửa ra. Với những đoạn sông phía thượng lưu trạm thủy văn Hà Bằng không có dữ liệu mặt cắt, dòng chảy ở những đoạn sông này phải diễn toán bằng phương pháp Muskingum là phù hợp nhất.

3. Dự báo thử nghiệm lũ trên lưu vực sông Kỳ Lộ

Ứng dụng bộ mô hình tích hợp để dự báo thử tại trạm thủy văn Kỳ Lộ, qua đánh giá kết quả dự báo thử với chuỗi số liệu từ 01h ngày 01 tháng 11 đến 19h ngày 11 tháng 11 năm 2016 bằng chỉ tiêu Nash đạt 94,2%; đạt loại tốt theo tiêu chuẩn của WMO.

4. KẾT LUẬN

- Bộ thông số của mô hình gồm hệ số nhám, độ rộng và mao dẫn thủy lực được hiệu chỉnh bằng phương pháp thử sai, kết hợp với bản đồ thảm phủ và loại đất để dẫn suất ra bản đồ hệ số nhám Manning, mao dẫn, độ rộng thủy lực bão hòa, lực mao dẫn, lượng trữ, độ ẩm ban đầu. Bộ thông số

được hiệu chỉnh, kiểm định, dự báo lại đạt kết quả tốt theo tiêu chuẩn của WMO.

- Mô hình MARINE là loại mô hình thủy văn thông số phân bố vật lý mô phỏng bản chất vật lý của dòng chảy, có khả năng tính toán mô phỏng tốt dòng chảy lũ, cần được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong thời gian tới.

- Đầu vào của mô hình rất phức tạp, cơ sở dữ liệu lớn, để nâng cao hiệu quả sử dụng cần xây dựng chương trình xử lý, tính toán cơ sở dữ liệu trên nền ArcGIS.

- Mô hình sử dụng lượng mưa phân bố theo không gian và thời gian, để phát huy hơn nữa hiệu quả của mô hình cần nghiên cứu xây dựng và phát triển công cụ xử lý mưa theo không gian, nâng cao chất lượng dự báo định lượng mưa viễn thám (radar, ảnh mây vệ tinh,...), tăng độ phân giải của mô hình số trị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Lan Châu, Đặng Thanh Mai, Trịnh Thu Phương (2005). *Các bài toán trong việc ứng dụng mô hình thủy văn MARINE để mô phỏng và dự báo lũ sông Đà*. Hội nghị Khoa học Công nghệ và phục vụ dự báo Khí tượng thủy văn lần thứ VI.

[2]. Bùi Văn Chanh, Trần Ngọc Anh (2016). *Tích hợp bộ mô hình dự báo thủy văn lưu vực sông Trà Khúc*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 32, Số 3S, tr. 20 - 25.

BBT nhận bài: 15/12/2017; Phản biện
xong: 08/2/2018