

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH LIÊN KẾT KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN TRONG DỰ BÁO THỦY VĂN

Nguyễn Quang Hưng⁽¹⁾, Huỳnh Thị Lan Hương⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁽²⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 24/12/2020; ngày chuyển phản biện: 25/12/2020; ngày chấp nhận đăng: 22/01/2021

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, mô hình thủy văn thông số phân bố (WRF-Hydro) được kết nối hai chiều với mô hình số trị khí tượng (WRF) để tính toán dự báo thủy văn hạn ngắn cho tiểu lưu vực sông Lũy, Bình Thuận. Mô hình khí tượng sử dụng dữ liệu từ mô hình dự báo toàn cầu với ba lưới độ phân giải lần lượt 9 km, 3 km, 1 km, trong khi lưới của mô hình thủy văn có độ phân giải 250 m. Mô hình thủy văn độc lập được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu mưa lưới kết hợp số liệu mưa đo trên mặt đất, đạt kết quả cao với chỉ số Nash từ 0,9. Tuy nhiên, khi thực hiện kết nối hai chiều, chất lượng dự báo dòng chảy giảm đáng kể với chỉ số Nash đạt 0,5. Mặc dù vậy, kết quả cho thấy mô hình phản ứng tốt với các thay đổi của đầu vào, dòng chảy biến thiên nhạy với mưa dự báo. Để đạt đảm bảo tính chính xác và tăng thời gian dự báo, cần nghiên cứu hiệu chỉnh kết quả dự báo khí tượng trước khi kết nối hai chiều với mô hình thủy văn. Thử nghiệm trong nghiên cứu cho thấy hướng sử dụng mô hình liên kết khí tượng thủy văn là một hướng đi mới, khả thi trong dự báo thủy văn.

Từ khóa: Mô hình kết nối hai chiều, dự báo thủy văn, sông Lũy, WRF, WRF-Hydro.

1. Giới thiệu chung

Bình Thuận, là một tỉnh nằm ở duyên hải cực Nam Trung Bộ, chế độ khí hậu mang nét đặc trưng của khí hậu bán khô hạn của vùng cực Nam Trung Bộ, nhiều nắng, gió. Với lượng mưa trung bình nhỏ, khả năng lưu trữ nước kém, phân bố tài nguyên nước trong khu vực tỉnh Bình Thuận đang thực sự là một vấn đề căng thẳng. Để quản lý và quy hoạch tài nguyên nước, sử dụng hợp lý nguồn nước, cần thiết phải có các biện pháp tính toán và dự báo tài nguyên nước hữu hiệu.

Đối với các tính toán dự báo dòng chảy, chủ yếu các mô hình thủy văn sẽ dự báo bằng cách sử dụng mưa dự báo từ mô hình khí tượng. Có thể thấy chỉ mô phỏng tính toán các quá trình xảy ra trên mặt đất độc lập là chưa đủ, do đó hướng nghiên cứu liên kết với các mô hình khí tượng để mô phỏng đầy đủ các chu trình ở trong khí quyển cũng như sự trao đổi nước trên bề mặt và trong không khí đang trở thành hướng

nghiên cứu mới để nâng cao chất lượng mô hình. Hướng nghiên cứu về liên kết giữa khí tượng và cân bằng nước lục địa rõ ràng là một hướng đi mang tính tổng thể toàn diện [4]. Trên thực tế các biến động trong độ ẩm đất có liên quan đến mưa trên toàn lưu vực thông qua cơ chế phản hồi đất - khí quyển [7]. Việc kết nối mô hình số trị khí tượng trực tiếp vào các mô hình thủy văn thông số phân bố sẽ tận dụng và phát huy các ưu điểm: Tính dự báo dài hạn của các mô hình số trị, từ hạn ngắn, đến hạn trung bình và hạn dài (6 tháng); đưa đầy đủ các yếu tố tự nhiên vào trong tính toán mô phỏng gồm các quá trình diễn ra trong khí quyển, mưa, bốc hơi, độ ẩm đất, tính chất thảm phủ, nước dưới đất, dòng chảy và ngập lụt; phát huy khả năng của mô hình thông số phân bố, các kết quả đầu ra của mô hình số trị khí tượng ở dạng ô lưới sẽ được kết nối trực tiếp vào mô hình thủy văn thông số phân bố; kết nối mang tính hai chiều, các kết quả của mô hình thủy văn (độ ẩm đất, mưa hiệu chỉnh) sẽ được cập nhật trở lại mô hình khí tượng để tăng độ chính xác của cả hai mô hình [8].

Liên hệ tác giả: Nguyễn Quang Hưng
Email: nguyenguanghung@gmail.com

Năm 2005 Jens Bartholmes và Ezio Todini [6] đã thiết lập kết nối giữa thủy văn thông số phân bố TOPKAPI ô lưới 1 x 1 km với mô hình khí tượng Limited Area Model với độ phân giải $0,0625^{\circ} * 0,0625^{\circ}$ và mô hình ECMWF với độ phân giải $1,85^{\circ} * 1,85^{\circ}$ cho lưu vực sông Po, tại Ponte Spessa, Ý, với diện tích khoảng 37 nghìn km². Kết quả cho thấy mô hình thủy văn dự báo thời gian xuất hiện đỉnh lũ chính xác tới 9 ngày với các số liệu tái phân tích, tuy nhiên kết quả dự báo còn dao động.

Năm 2016, Céline Cattoën [3] cùng nhóm nghiên cứu đã kết nối mô hình số trị khí tượng NZLAM độ phân giải 1,5 km với mô hình thủy văn thông số phân bố TopNet có kích thước ô lưới 1 km² để dự báo lũ cho lưu vực Hutt trên vùng Wellington của New Zealand với diện tích 1071 km². Các kết quả thử nghiệm mô hình cho thấy khả năng ứng dụng của mô hình kết nối giữa khí tượng và thủy văn là hoàn toàn khả thi.

Aida Jabbari và đồng nghiệp [2] đã công bố kết quả nghiên cứu năm 2018, đánh giá mức độ chính xác của dự báo thủy văn khi sử dụng kết hợp mô hình số trị khí tượng WRF và mô hình thủy văn SURR cho lưu vực sông Imjin Hàn Quốc. Thiết lập mô hình với khoảng cách lưới từ 1, 2, 4, 8, 12 và 24 km, các bước thời gian số liệu 10, 20, 30 và 60 phút, dự báo với thời gian từ 12, 24, 36,48 và 72 tiếng. Các kết quả cho thấy khả năng dự báo được tăng lên đáng kể khi kết nối hai mô hình, kết quả dự báo sau 36 tiếng là không còn chính xác.

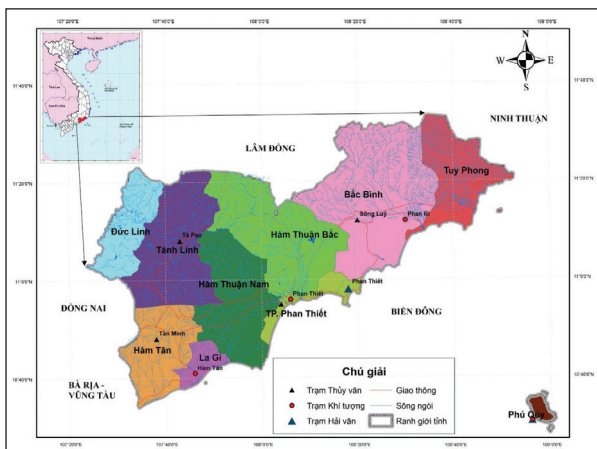
Tác giả Hồ Việt Cường và các cộng sự [1] tính

toán khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy cho lưu vực sông Thao bằng bộ mô hình khí tượng thủy văn kết hợp WEHY-WRF. Dữ liệu đầu vào sử dụng mưa toàn cầu APH của Nhật Bản qua mô hình toàn cầu ERA-20C, được hiệu chỉnh kiểm định với các số liệu đo mưa trên mặt đất. Kết quả mô phỏng khôi phục lại dữ liệu dòng chảy trên sông Thao từ năm 1950 đến 2008 với chất lượng khá tốt, cho thấy khả năng áp dụng mô hình WRF và WEHY trên khu vực.

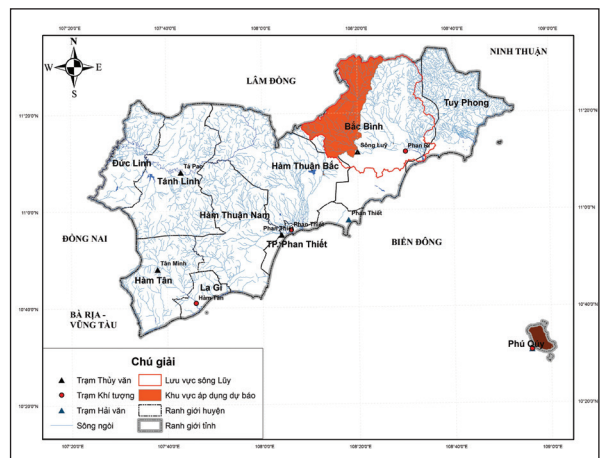
Mục tiêu chính của nghiên cứu này là triển khai mô hình khí tượng liên kết với thủy văn, tìm hiểu khả năng ứng dụng của mô hình liên kết, đánh giá tính khả thi trong lĩnh vực dự báo thủy văn. Lưu vực áp dụng thử nghiệm là tiểu lưu vực giới hạn đầu ra tại trạm thủy văn sông Lũy, thuộc lưu vực sông Lũy tỉnh Bình Thuận.

2. Khu vực nghiên cứu

Bình Thuận là một tỉnh duyên hải cực Nam - Trung Bộ có tọa độ địa lý từ $10^{\circ}33'42''$ đến $11^{\circ}33'18''$ vĩ độ Bắc, từ $107^{\circ}23'41''$ đến $108^{\circ}52'18''$ kinh độ Đông. Phía Bắc của tỉnh Bình Thuận giáp với tỉnh Lâm Đồng, phía Đông Bắc giáp tỉnh Ninh Thuận, phía Tây giáp tỉnh Đồng Nai, và phía Tây Nam giáp Bà Rịa - Vũng Tàu, ở phía Đông và Nam giáp Biển Đông với đường bờ biển dài 12 km (Hình 1). Bình Thuận nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, nhiều nắng, nhiều gió, không có mùa đông và khô hạn nhất cả nước. Đại bộ phận lãnh thổ là đồi núi thấp, đồng bằng ven biển nhỏ hẹp, địa hình hẹp ngang, kéo dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam.



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Bình Thuận



Hình 2. Lưu vực sông Lũy - Bình Thuận

Lưu vực sông Lũy bắt nguồn từ dãy núi cao Di Linh, tỉnh Lâm Đồng có diện tích lưu vực là 1910 km² (Hình 2). Chiều dài sông chính 98 km, độ cao trung bình lưu vực 371 m, độ rộng trung bình lưu vực là 31 km, nơi rộng nhất là 55 km, chiều dài lưu vực là 52 km, mật độ sông 0.38 km/km². Lưu vực nằm ở sườn Đông của khối núi Nam Trường Sơn, có địa hình chia cắt phức tạp bởi những thung lũng sông và các nhánh núi với độ cao địa hình thay đổi nên chế độ khí hậu ở đây phân hóa phức tạp. Do sự biến đổi độ cao tạo nên địa hình dốc khá lớn, mức độ tập trung nước khá nhanh, không giữ nước được trong lòng sông làm gia tăng mức độ khô hạn vào mùa khô trên lưu vực.

3. Phương pháp nghiên cứu

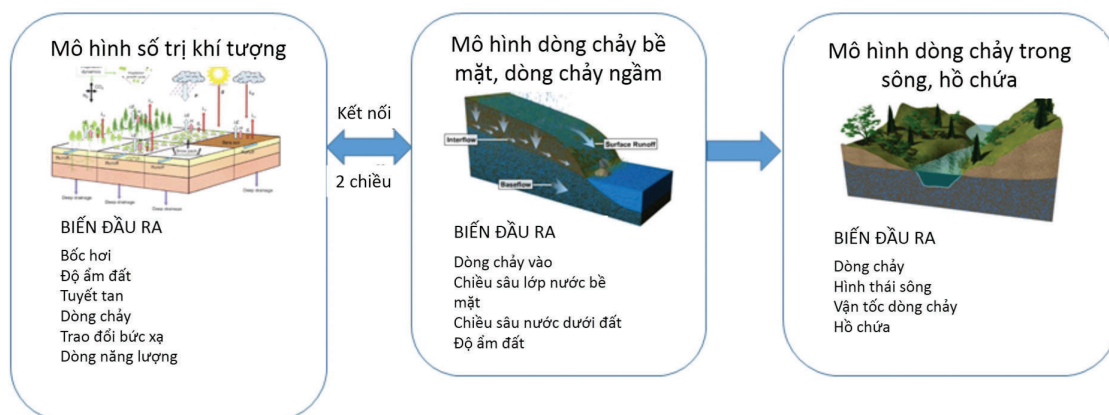
Trong nghiên cứu này, hai mô hình khí tượng và thủy văn được kết nối tự động và hai chiều, nhằm nâng cao độ chính xác của khả năng dự báo thông qua việc mô phỏng đầy đủ các quá trình vật lý và phân bố không gian của dữ liệu (mưa) nghiên cứu có xem xét đến các quá trình trao đổi nước giữa khí quyển và mặt đất trong quá trình mô phỏng. Hai mô hình được lựa chọn ứng dụng là mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết (WRF) được mô tả đầy đủ trong công bố của

Skamarock và cộng sự năm 2008 [9]; mô hình thủy văn thông số phân bố WRF-Hydro - một sản phẩm mở rộng của chính nhóm phát triển mô hình WRF. Dữ liệu dự báo khí tượng toàn cầu được đưa vào mô hình WRF và tính toán đến chi tiết khu vực nghiên cứu, các kết quả bao gồm mưa, bốc hơi, độ ẩm đất, tuyết tan sẽ được kết nối hai chiều đến mô hình thủy văn, sau khi tính toán mô phỏng thì các kết quả độ ẩm đất và dòng chảy cũng được cập nhật ngược trở lại mô hình khí tượng trong công cụ liên kết hai chiều. Ngoài việc tính toán dòng chảy bề mặt, dòng chảy ngầm, mô hình WRF-Hydro còn có các mô đun con để tính toán dòng chảy trong sông, hồ chứa (Hình 3).

Để triển khai ứng dụng, nghiên cứu tiến hành theo các bước sau:

- Hiệu chỉnh và kiểm định độc lập mô hình thủy văn thông số phân bố WRF-Hydro bằng số liệu mưa toàn cầu GFS đã hiệu chỉnh kiểm định với mưa mặt đất.

- Kết nối hai chiều giữa mô hình WRF-Hydro với mô hình số trị khí tượng WRF, sử dụng dữ liệu dự báo toàn cầu GFS làm đầu vào, mô phỏng và dự báo lưu lượng dòng chảy cho điểm trạm thủy văn sông Lũy.



Hình 3. Kết nối mô hình hai chiều WRF và WRF-Hydro

Mô hình WRF

Mô hình WRF là một hệ thống dự báo thời tiết số cỡ trung, không thủy tĩnh, mô phỏng hệ thống khí quyển, được thiết kế để phục vụ cả nhu cầu dự báo và nghiên cứu khí quyển. WRF đã và đang được sử dụng ở nhiều nơi trên thế giới với chức năng dự báo thời tiết nghiệp vụ,

tại Mỹ từ năm 2004, Hàn Quốc từ 2006, Đài Loan từ 2007 và tại Việt Nam trong thời gian gần đây... WRF được thiết kế với hệ thống mã nguồn mở và có hệ thống các modul linh hoạt, tối ưu. Các quá trình tham số hóa trong mô hình như tham số hóa vật lý, bức xạ, lớp biên hành tinh,... có nhiều tùy chọn khác nhau nên

có thể phù hợp với nhiều đối tượng khu vực khác nhau. Sử dụng số liệu quan trắc, số liệu phân tích, có thể mô phỏng được trạng thái của khí quyển, WRF cung cấp hoạt động dự

báo trên nền tảng linh hoạt và tính toán hiệu quả [10]. Trong nghiên cứu này, cấu trúc của mô hình WRF được thiết lập với các thông số như trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số thiết lập của mô hình WRF

Đối tượng	Lựa chọn
Dữ liệu đầu vào	GFS
Kích thước ô lưới	9 km, 3 km, 1 km
Số ô lưới tính toán	61 x 73, 109 x 148, 208 x 166
Bước thời gian	120,90,60
Hệ tọa độ	Mercator
Sai phân thẳng đứng	40 lớp
Áp suất tầng khí quyển trên cùng	20 hPa
Thời đoạn trích xuất kết quả	60 phút
Sơ đồ đối lưu mây giông	Betts-Miller-Janjic
Sơ đồ tham số hóa vi vật lý	Thompson
Lớp biên hành tinh	ACM2
Sơ đồ bức xạ sóng dài	RRTM
Sơ đồ lớp bề mặt	Noah LSM
Dữ liệu sử dụng đất	MODIS
Lớp bề mặt	MM5

Mô hình WRF-Hydro

Mô hình WRF-Hydro cũng là một sản phẩm của Trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia NCAR cùng với sự hợp tác của Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) và Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA), cùng với rất nhiều các đơn vị khác. WRF-Hydro được xây dựng trên nền tảng mã nguồn mở, có thể ứng dụng cho dự báo lũ quét, đánh giá tác động khí hậu khu vực, dự báo tài nguyên nước, hạn hán và đặc biệt có khả năng kết nối trực tiếp với các mô hình khí tượng để mô phỏng tương tác hai chiều giữa khí quyển và bề mặt đất [5]. Mô hình này có thể được sử dụng cả ở chế độ không ghép nối (độc lập hoặc ngoại tuyến) và ở chế độ kết hợp với mô hình khí quyển và các mô hình hệ thống trái đất khác. Ở chế độ độc lập, WRF-Hydro hoạt động giống như các mô hình thủy văn thông thường, có khả năng mô phỏng các quá trình mưa dòng chảy, thấm, bốc hơi, diễn toán dòng chảy trong

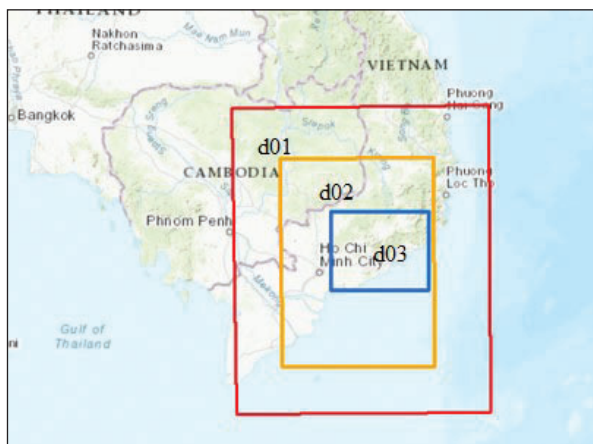
kênh mương, hồ chứa. Ở chế độ kết nối, WRF-Hydro tương tác với mô hình khí quyển để tạo ra mối liên kết hoàn chỉnh giữa khí quyển và bề mặt trái đất, nâng cao năng lực tính toán của cả hai mô hình.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Thiết lập mô hình

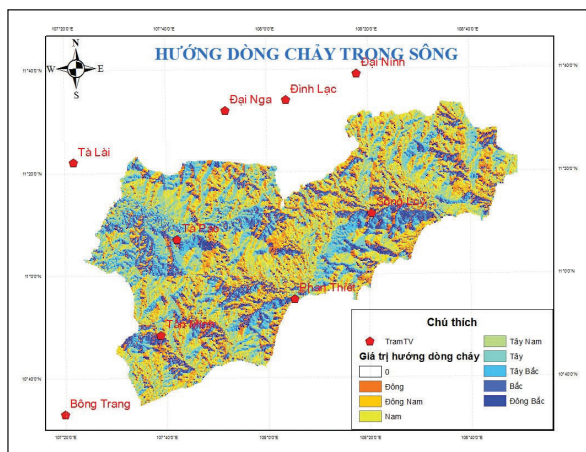
Dữ liệu khí tượng (GFS) được download từ nguồn số liệu GFS, bước thời gian: 3 giờ tại địa chỉ <https://www.ncdc.noaa.gov>. Lưới miền tính thiết lập cho mô hình WRF với 3 miền tính D1 9 km - 61 x 73 điểm lưới, D2 3 km - 109 x 148 điểm lưới, và D3 1 km - 208 x 166 điểm lưới (Hình 4).

Dữ liệu địa lý (WPS) gồm các thông tin cơ bản về loại đất, thảm phủ, tính chất các lớp đất được tải về từ trang dữ liệu quốc tế http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/src/wps_files/geog_highres_mandatory.tar.gz. Dữ liệu mô hình cao độ số (DEM) được trích xuất với độ phân giải 30mx30m tại địa chỉ <https://hydrosheds.cr.usgs.gov/datadownload.php?reqdata=3accg> (Hình 5).



Hình 4. Lưới miền tính toán thiết lập cho mô hình WRF

Từ các số liệu toàn cầu, sử dụng Process GEOGRID File trong WRF-Hydro GIS Pre-processing Toolkit cho kết quả tạo lưới thủy văn độ phân giải 250 m, từ đó tính toán các

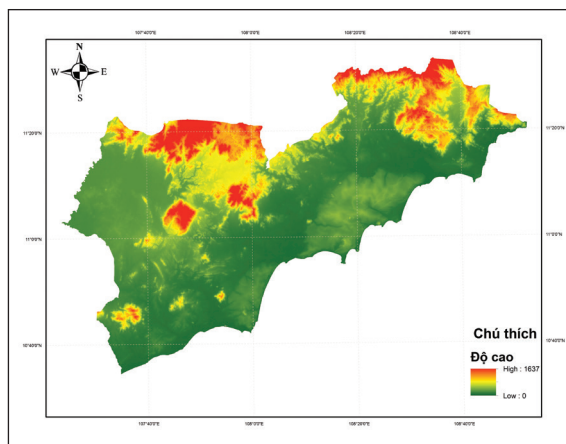


Hình 6. Hướng dòng chảy trên lưu vực tỉnh Bình Thuận

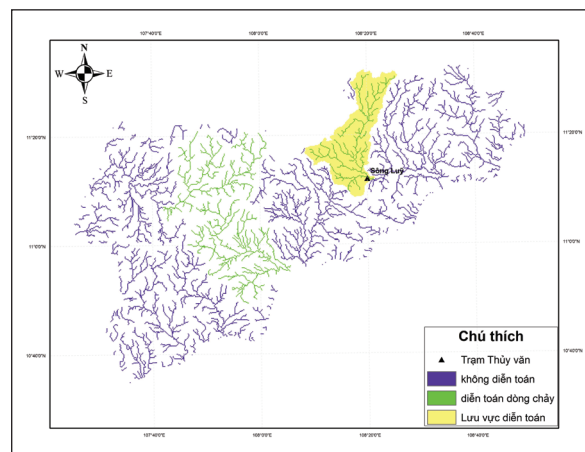
4.2. Hiệu chỉnh mô hình thủy văn thông số phân bố WRF - Hydro

Tiểu lưu vực sông Lũy tính đến trạm thủy văn sông Lũy có diện tích 493,5 km², đã được định tuyến và được ứng dụng trong nghiên cứu thử nghiệm này (Hình 8).

Mưa trích xuất từ mô hình WRF, kết hợp với các số liệu mặt đất của các trạm đo trên địa bàn tỉnh Bình Thuận, nội suy sang dạng mưa lưới và đưa vào mô hình WRF-Hydro. Bước hiệu chỉnh được thực hiện với thời đoạn từ 20h ngày 4 tháng 10 đến 1h sáng ngày 6 tháng 10 năm 2010 với trận mưa kéo dài 8 tiếng (Hình 9). Trong

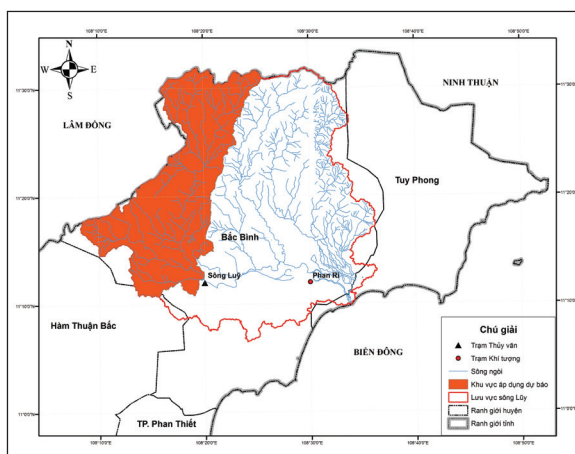


Hình 5. Bản đồ DEM 30 x 30 khu vực tỉnh Bình Thuận dữ liệu tương ứng như hướng dòng chảy sông (Hình 6), diễn toán dòng chảy sông và các điểm đầu ra của các tiểu lưu vực (Hình 7).

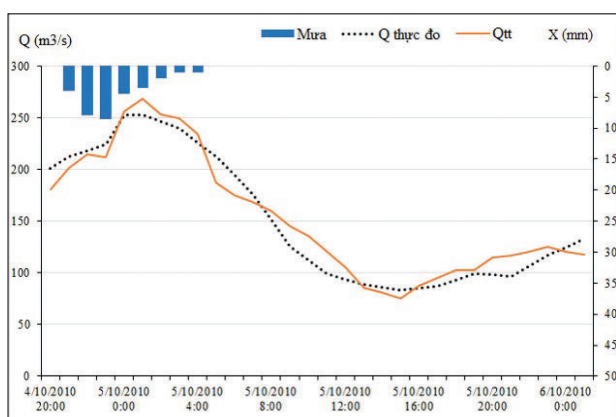


Hình 7. Định tuyến dòng chảy trên lưu vực sông Lũy

nghiên cứu sử dụng các chỉ số Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) để đánh giá kết quả hiệu chỉnh kiểm định cũng như thông qua đánh giá trực quan trên biểu đồ và đồ thị scatter. Các chỉ số thống kê cho thấy độ tin cậy của mô hình ở bước hiệu chỉnh rất tốt với chỉ số Nash đạt 0,95. Hình 9 cho thấy đường tính toán lưu lượng bám sát với đường thực đo thể hiện khả năng mô phỏng của mô hình khá tốt với lưu vực đến trạm sông Lũy. Hình 10 thể hiện đường xu hướng giữa giá trị tính toán với giá trị thực đo được vẽ với R² bằng 0,94 và hệ số góc 1,038 xác nhận sự tương đồng lớn giữa hai đại lượng này.

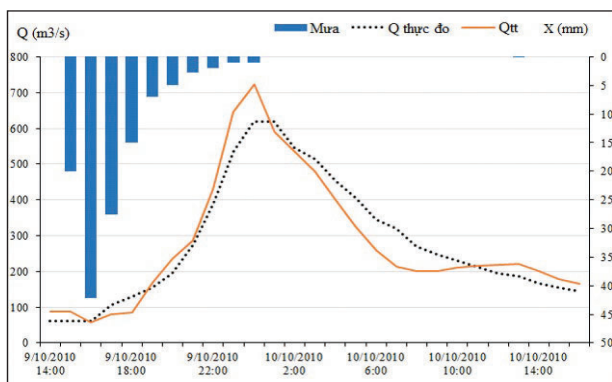


Hình 8. Tiểu lưu vực tính đến trạm thủy văn sông Lũy

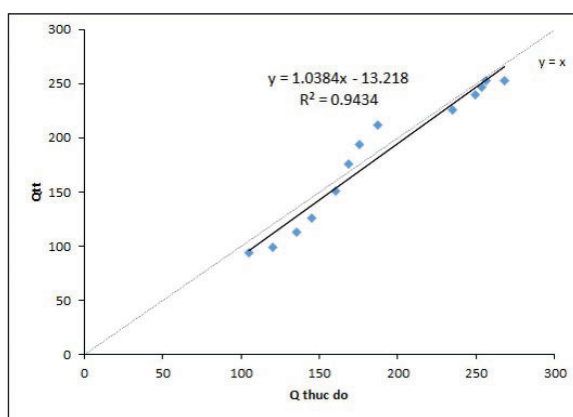


Hình 9. Diễn biến lưu lượng dòng chảy và mưa thời đoạn 04 - 06/10/2010

Tại bước kiểm định, thời đoạn tính toán được bắt đầu lúc 14h ngày 09 tháng 10 năm 2010 với trận mưa kéo dài 10 tiếng. Các chỉ số thống kê cho thấy kết quả kiểm định cũng ở mức rất tốt với chỉ số Nash đạt 0,9, chỉ số mô hình thể hiện phản ứng tốt với sự thay đổi lượng mưa đầu



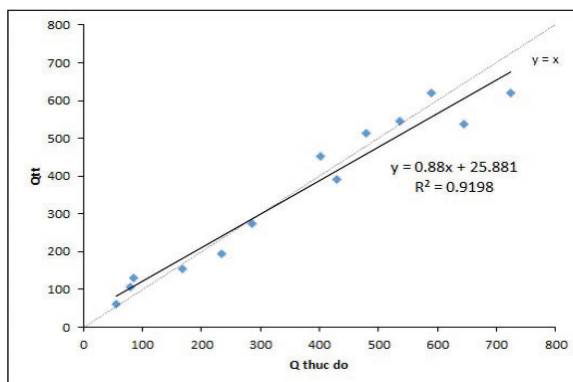
Hình 11. Diễn biến lưu lượng dòng chảy và mưa thời đoạn 09 - 10/10/2010



Hình 10. Đồ thị scatter giữa lưu lượng tính toán và thực đo thời đoạn 04 - 06/10/2010

vào, bắt được đỉnh lưu lượng trùng với số liệu quan trắc (Hình 11).

Hình 12 thể hiện phương trình xu thế giữa các giá trị tính toán với giá trị thực đo với hệ số R^2 gần bằng 0,92 cho thấy phương trình được tính khá chuẩn xác.



Hình 12. Đồ thị scatter giữa lưu lượng tính toán và thực đo thời đoạn 09 - 10/10/2010

Bộ thông số của mô hình WRF-Hydro tìm được sẽ được áp dụng để chạy mô hình liên kết

WRF và WRF-Hydro trong các thí nghiệm tiếp theo sau, thể hiện như trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số tối ưu của mô hình thủy văn WRF-Hydro

Cấp sông	Bw	HLink	ChSSlp	MannN
1	2.5	2	3	0.1
2	5	2.5	1.2	0.08
3	20	2.7	0.4	0.05
4	30	3	0.15	0.04
5	50	3.2	0.05	0.03
6	40	3.5	0.05	0.03
7	60	3.5	0.05	0.03
8	70	3.5	0.05	0.03
9	80	3.5	0.05	0.02
10	100	3.5	0.05	0.01

Các thông số này được lưu trong file cấu hình *CHANPARAM.TBL*, trong đó Bw là độ rộng đáy sông, HLink là độ sâu ban đầu của nước trong sông (m), ChSSlp là độ dốc đáy sông (m/m) và MannN là hệ số nhám Manning. Cấp độ sông được mô hình xác định bằng các công cụ trong mô hình một cách tự động từ bước diễn toán dòng chảy dựa trên dữ liệu DEM.

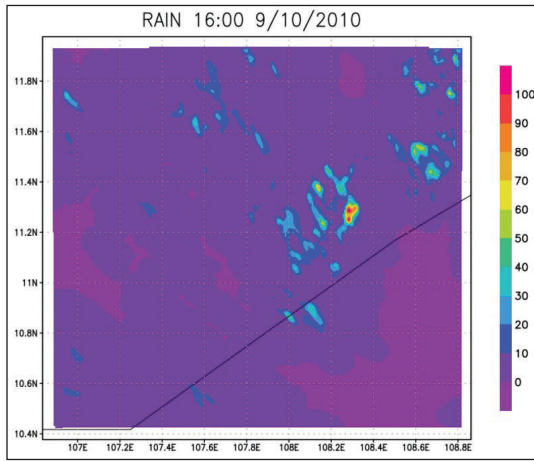
4.3. Dự báo dòng chảy 05 ngày với mô hình liên kết khí tượng thủy văn

Mô hình WRF-Hydro sau khi hiệu chỉnh và kiểm định đã được thiết lập kết nối hai chiều tự động với mô hình số trị khí tượng WRF, dữ liệu dự báo toàn cầu GFS được tải về làm số liệu đầu vào với thời đoạn từ 0h ngày 9 tháng 10 đến 23h ngày 13 tháng 10 năm 2010. Sở dĩ thời đoạn lựa chọn trùng với thời đoạn kiểm định với mục đích so sánh đánh giá chất lượng của mô hình thủy văn WRF-Hydro khi chạy độc lập (với dữ liệu đầu vào đã hiệu chỉnh) và khi chạy liên kết sử dụng dữ liệu dự báo của GFS.

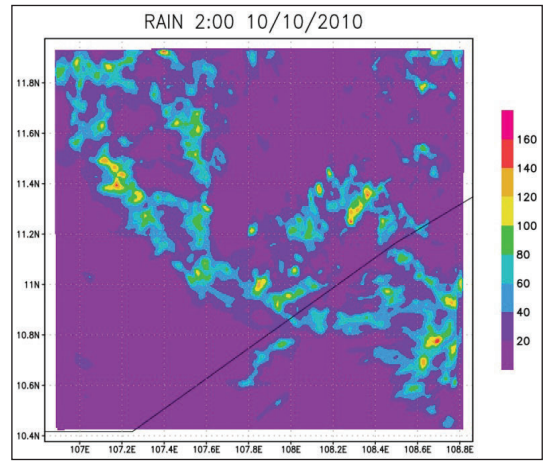
Kết quả mưa của mô hình khí tượng WRF được trình bày trích xuất số liệu tại 4 thời điểm như trong Hình 13 cho thấy sự phát triển của mưa kéo dài từ cuối ngày 9 cho đến hết ngày 13. Trên thực tế thời gian này tại Bình Thuận có

xuất hiện trận mưa kéo dài ngày, tuy nhiên, so sánh giữa kết quả nội suy giá trị mưa thực đo tại các điểm đo mưa trên mặt đất trong khu vực thì thấy rõ ràng có sự khác biệt giữa độ lớn và thời điểm mưa. Điều này cho thấy rõ ràng số liệu dự báo toàn cầu GFS còn nhiều vấn đề cần nghiên cứu và xử lý hiệu chỉnh để có thể đạt mức áp dụng được, nhất là từ ngày thứ 2 trở đi các giá trị sai lệch rất lớn.

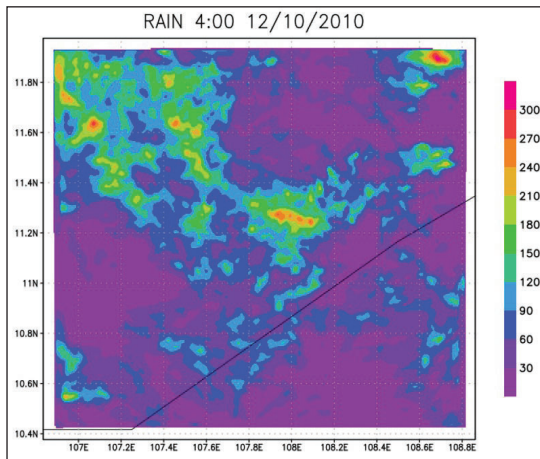
Kết quả cuối cùng dự báo thủy văn được trình bày trong Hình 14, rất dễ dàng nhận thấy các giá trị dự báo thủy văn hoàn toàn vượt trội hơn so với giá trị thực đo. Tuy nhiên có thể thấy mô hình thủy văn vẫn có phản ứng tốt với các biến động đầu vào (mưa), khi có sự tăng giảm giá trị mưa đều có các phản ứng khá nhạy của mô hình dẫn đến tăng lưu lượng dòng chảy. So sánh lượng mưa mặt đất tại Hình 14 với diễn biến mưa trong Hình 13 cho thấy mưa dự báo GFS cho 05 ngày lớn hơn rất nhiều so với lượng mưa thực tế đo đạc tại các trạm trên lưu vực Bình Thuận. Đây chính là nguyên nhân dẫn đến việc dự báo dòng chảy đưa ra các giá trị thiên cao so với giá trị thực đo. Thời gian xuất hiện đỉnh lưu lượng cũng không còn chính xác ngoại trừ đỉnh đầu tiên. Chính vì vậy dự báo chỉ đạt chỉ số Nash là 0,51.



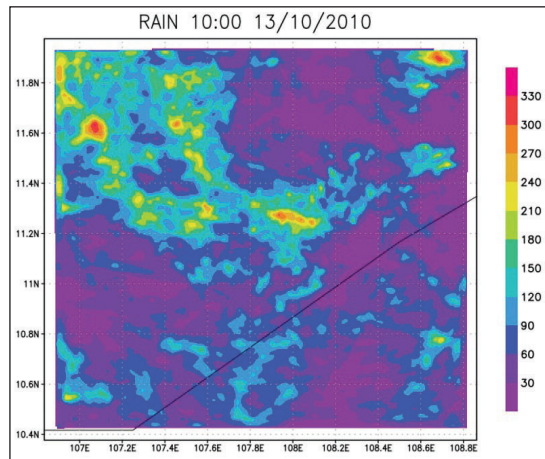
(a)



(b)

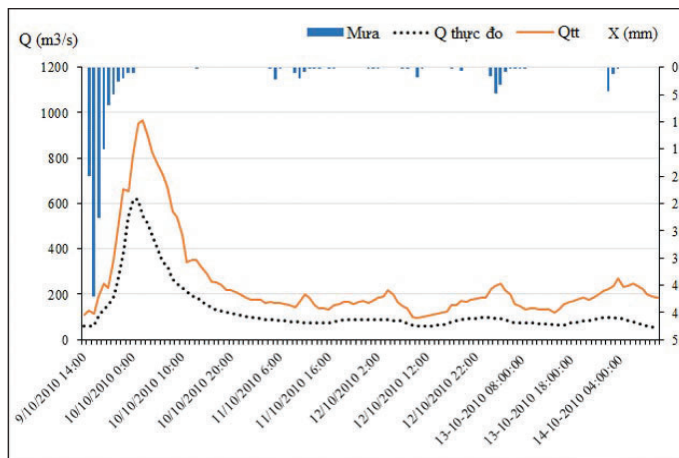


(c)

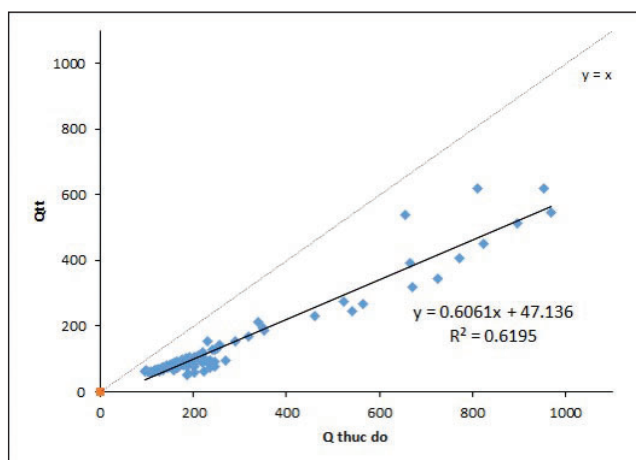


(d)

Hình 13. (a) Mưa 16h 09/10/2010; (b) Mưa 2h 10/10/2010; (c) Mưa 4h 12/10/2010; (d) Mưa 10h 13/10/2010



Hình 14. Diễn biến lưu lượng dòng chảy và mưa dự báo thời đoạn 09 - 14/10/2010



Hình 15. Đồ thị scatter giữa lưu lượng dự báo và thực đo thời đoạn 09 - 14/10/2010

Nhìn trên đồ thị scatter Hình 15 thấy rõ rệt khả năng dự báo thủy văn kém hơn rất nhiều so với hai trường hợp hiệu chỉnh và kiểm định. Đường xu hướng giữa số liệu dự báo và thực đo nằm thấp hơn nhiều so với đường xu hướng $y=x$.

5. Kết luận

Với đặc điểm của lưu vực sông Lũy thuộc lưu vực tỉnh Bình Thuận vừa xảy ra hiện tượng hạn hán vừa có lũ lụt, việc nghiên cứu dự báo thủy văn cho khu vực là một nghiên cứu có tính thực tiễn và cần thiết. Trong nghiên cứu này, việc dự báo thủy văn với thời hạn ngắn 05 ngày được triển khai dựa trên mô hình liên kết Khí tượng và Thủy văn. Mô hình thủy văn thông số phân bố WRF-Hydro đã được hiệu chỉnh và kiểm định với lưới tính toán 250×250 m cho thấy khả năng mô phỏng các quá trình dòng chảy trên bề mặt lục địa khá tốt. Tuy nhiên khi triển khai mô hình liên kết WRF và WRF-Hydro, kết quả cho thấy dòng chảy dự báo đang phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác của mô hình số trị khí tượng. Một trong những kết luận quan trọng là việc đánh giá độ nhạy dự báo mưa đầu vào (của mô hình số trị khí tượng) quan trọng hơn rất nhiều so với việc hiệu chỉnh kiểm định mô hình thủy văn.

Để đảm bảo việc dự báo thủy văn đạt được

độ chính xác thì việc nghiên cứu bổ sung thêm các quá trình hiệu chỉnh tự động cho mô hình WRF là rất cần thiết. Trong các nghiên cứu tiếp theo, việc đánh giá phân tích triển khai các cấu hình khác nhau của mô hình số trị khí tượng WRF là hết sức cần thiết, bao gồm thay đổi dữ liệu toàn cầu GFS bằng các dữ liệu khác từ các cơ quan khí tượng trên thế giới, thay đổi kích thước ô lưới và bước thời gian tính toán, thiết lập các tham số mây giông, tham số hóa vi vật lý, lớp sai phân thẳng đứng hay lớp biên hành tinh. Cả hai mô hình đều là mô hình mã nguồn mở do đó có thể nghiên cứu can thiệp sâu hơn vào trong các thủ tục tự động của mô hình WRF để đưa phương pháp thống kê hậu mô hình vào chạy tự động, nâng cao chất lượng mưa dự báo bằng so sánh và tinh chỉnh lại với mưa đo trên mặt đất, trước khi kết nối tự động đưa sang mô hình thủy văn. Hoặc có thể nghiên cứu sâu hơn về quá trình kết nối hai chiều, cập nhật trạng thái và sự trao đổi của nước từ mô hình thủy văn bề mặt đất vào trong khí quyển của mô hình khí tượng.

Ngoài ra, việc sử dụng các dữ liệu toàn cầu như thảm phủ, lớp đất cũng là một điểm mang tính bất ổn định, rõ ràng cần có sự kiểm định giữa thông tin toàn cầu với các giá trị thực tế tại khu vực nghiên cứu.

Lời cảm ơn: Bài báo này là kết quả nghiên cứu được triển khai từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở của Đại học Khoa học Tự nhiên mã số TN.19.14. Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Hồ Việt Cường, Nguyễn Ngọc Quỳnh, Trịnh Quang Toàn (2017), “Tính toán và khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy cho lưu vực sông Thao (bao gồm cả phần lãnh thổ Trung Quốc) bằng bộ mô hình khí tượng thủy văn kết hợp WEHY - WRF”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* số 41-2017.

Tài liệu tiếng Anh

2. Aida JabbariJae-Min SoDeg-Hyo Bae, (2018), “Accuracy assessment of real-time flood forecasting of coupled hydrological and mesoscale meteorological models”, *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, DOI: 10.5194/nhess-2017-447, January.
3. Céline Cattoën, Hilary McMillan, and Stuart Moore, (2016), “Coupling a high-resolution weather model with a hydrological model for flood forecasting in New Zealand”, *Journal of Hydrology (NZ)* 55 (1): 1-23 2016.
4. Eltahir EAB, Bras RL (1996), "Precipitation recycling". *Rev Geophys* 34: 367–378.
5. Gochis D, Yu W, Yates D (2015), *The WRF-Hydro model technical description and user's guide, version 3.0*. NCAR Technical Document. 120 pages, (May). Available at: http://www.ral.ucar.edu/projects/wrf_hydro/
6. Jens Bartholmes and Ezio Todini, *Coupling meteorology and hydrological models for flood forecasting*, Hydrology and Earth System Science
7. Kunstmann H, Jung G (2007), “Influence of soil-moisture and land use change on precipitation in the Volta Basin of West Africa”. *International Journal of River Basin Management* 5(1):9-16. doi:10.1080/15715124.2007.9635301
8. Shelton ML (2009), *Hydroclimatology: perspectives and applications, 1st edn*. Cambridge University Press, Cambridge
9. Skamarock WC, Klemp JB, Dudhi J, Gill DO, Barker DM, Duda MG, Huang X-Y, Wang W, Powers JG (2008), *A description of the Advanced Research WRF Version 3*. Technical Report 113. doi: 10.5065/D6DZ069T
10. WRF-Hydro V5 Technical Description.

INITIATIVE EVALUATION OF COUPLING A HIGH-RESOLUTION WEATHER MODEL WITH A HYDROLOGICAL MODEL FOR HYDROLOGICAL FORECASTING

Nguyen Quang Hung⁽¹⁾, Huynh Thi Lan Huong⁽²⁾

⁽¹⁾VNU University of Science, Vietnam National University, Ha Noi

⁽²⁾Viet Nam Institute of Meteorology, hydrology and climate change

Received: 24/12/2021; Accepted: 22/01/2022

Abstract: In this study, the distributed hydrological model is coupled with the meteorological numerical model to calculate short-term hydrological forecasts for the Luy sub-basin in Binh Thuan province. The meteorological model uses data from a global forecast model with three grids with a resolution of 9 km, 3 km, and 1 km, respectively and the hydrological model's grid has a resolution of 250 m. The Independent hydrological model was calibrated and validated with grid rain combined with rainfall data measured on the ground, achieving high results with Nash index from 0.9. However, when coupling, the quality of forecasted flow decreased significantly with the Nash index of 0.5. However, the

results show that the model responds well to changes in inputs, the flow is sensitive to the predicted rain. To ensure accuracy and increase forecasting time, it is necessary to study and adjust meteorological forecasting results before transferring them to the hydrological model. Experiments in the research show that coupled hydro-meteorological use is a new, feasible direction in hydrological forecasting.

Keywords: Coupling model, hydrological forecast, the Luy river, WRF, WRF-Hydro.