

Nghiên cứu diễn biến mưa lớn trên lưu vực sông Đà - Thao trong tương lai dưới tác động của biến đổi khí hậu

Hồ Việt Cường^{1*}, Trịnh Quang Toàn², Đỗ Hoài Nam¹, Nguyễn Thị Ngọc Nhân¹

¹Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (VAWR)

²Đại học Tổng hợp California, Hoa Kỳ

Ngày nhận bài 10/9/2019; ngày chuyển phản biện 13/9/2019; ngày nhận phản biện 15/10/2019; ngày chấp nhận đăng 1/11/2019

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và dự tính về diễn biến mưa lớn trên lưu vực sông Đà - Thao trong giai đoạn 2021-2100, dựa trên cơ sở tính toán mô phỏng lượng mưa với kịch bản nồng độ khí nhà kính RCP4.5 bằng mô hình chi tiết hóa động lực WEHY-HCM. Kết quả cho thấy, các đặc trưng mưa lớn thời đoạn ngắn được dự tính gia tăng đáng kể ở cả phần lưu vực trên lãnh thổ Việt Nam và Trung Quốc. Xu thế biến động mưa lớn chưa thể hiện rõ ràng quy luật tương ứng với các giai đoạn khí hậu trong tương lai, nhưng nhìn chung, càng về cuối thế kỷ này thì mức độ biến động càng lớn. Cường độ và tần suất các trận mưa có thời đoạn (1-3 ngày) dự tính tăng lên đáng kể ở khu vực Sơn La và Lào Cai, trong khi đó ở khu vực Lai Châu và Yên Bái, cực đoan lượng mưa có xu thế giảm so với giai đoạn cơ sở 1991-2010. Các kết quả của nghiên cứu này được cho là tài liệu tham khảo tốt ở cấp độ lưu vực sông, hỗ trợ quá trình ra quyết định về thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH) và giảm nhẹ rủi ro thiên tai cho hạ du.

Từ khóa: BĐKH, lưu vực sông Đà - Thao, mô hình WEHY-HCM, mưa lớn.

Chỉ số phân loại: 1.7

Đặt vấn đề

Rất nhiều nghiên cứu gần đây đã cho thấy các hiện tượng thời tiết cực đoan, đặc biệt là mưa lớn trong thời đoạn ngắn, đang có xu hướng gia tăng cả về tần suất và cường độ ở phạm vi toàn cầu [1]. Trong điều kiện BĐKH, xu hướng đó được dự báo sẽ tăng mạnh hơn và Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề do tác động của BĐKH [2]. Nhằm dự báo những thay đổi của hệ thống khí hậu, Ủy ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC) đã công bố nhiều kịch bản phát thải khí nhà kính tương ứng với các kịch bản phát triển toàn cầu. Theo chu kỳ khoảng 5 năm tính từ năm 1990, IPCC lại công bố kịch bản BĐKH cho các khu vực trên thế giới. Công bố cập nhật nhất vào năm 2013, IPCC đã thay thế các kịch bản kinh tế - xã hội trước đây bằng các kịch bản nồng độ khí nhà kính RCP (Representative Concentration Pathway). Với nồng độ khí nhà kính càng cao thì dự tính mức tăng nhiệt độ bề mặt trái đất càng lớn.

Trên cơ sở các kịch bản phát thải, các mô hình khí hậu, điển hình là các mô hình hoàn lưu chung khí quyển (GCMs) đã được sử dụng để mô phỏng các trạng thái khí hậu trong tương lai. Tuy nhiên, do miền tính toán lớn nên các mô hình

GCMs thường có độ phân giải thấp, với khoảng cách ô lưới tính toán thường từ 1,25 độ đến 2,5 độ. Kết quả mô phỏng bởi các mô hình GCMs thường không đủ chi tiết để có thể mô tả các yếu tố khí hậu ở phạm vi vùng miền đối với một quốc gia nhỏ như Việt Nam [3]. Do đó, phương pháp chi tiết hóa động lực sử dụng các mô hình khí hậu khu vực (RCMs) nhằm chi tiết hoá các kịch bản BĐKH toàn cầu ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về BĐKH [4, 5].

Với sự phát triển của khoa học máy tính, phương pháp chi tiết hóa động lực hiện đang được sử dụng để thực hiện mô phỏng khí hậu ở quy mô lưu vực với độ phân giải cao. Mô hình WEHY-HCM là một ví dụ điển hình cho phép thực hiện mô phỏng khí hậu chi tiết và đã được áp dụng thành công ở Mỹ và một số quốc gia khác [6-8]. Sử dụng mô hình WEHY-HCM, bài báo trình bày kết quả đánh giá biến động về mưa lớn trong tương lai theo không gian và thời gian ở lưu vực sông Đà - Thao dựa trên kịch bản nồng độ khí nhà kính ở mức trung bình (RCP4.5). Trong đó, khái niệm mưa lớn được định nghĩa là cực trị mưa liên tục trong thời đoạn ngắn (1, 3, 5 ngày max); đây được cho là nhân tố chính gây nên các thảm họa liên quan đến lũ, lũ quét, sạt lở đất và ngập lụt hạ du [9, 10].

*Tác giả liên hệ: Email: hovietsuong@gmail.com

Assessment of extreme rainfalls and flood events over Da - Thao river basin under climate change impact

Viet Cuong Ho^{1*}, Quang Toan Trinh², Hoai Nam Do¹,
Thi Ngoc Nhan Nguyen¹

¹Vietnam Academy for Water Resources

²University of California

Received 10 September 2019; accepted 1 November 2019

Abstract:

This paper presents the projection of changes in extreme rainfalls in the Da - Thao river basin during the period 2021-2100 based on the dynamical downscaling model (WEHY-HCM) using the greenhouse gas concentration scenario RCP4.5. The results show that short-term extreme rainfalls are forecasted to increase in both sub-basins in Vietnam and China. The trend of extreme rainfalls is not clearly detected corresponding to future climate periods; however, the greater changes are projected toward the end of the century in general. The intensity and frequency of extreme rainfalls with the period of 1 to 3 day(s) are projected to increase significantly in Son La and Lao Cai areas, while in Lai Chau and Yen Bai areas, those extreme rainfalls tend to decrease as compared to the baseline period 1991-2010. Therefore, the results of this study are considered to be a good reference at the river basin level to support decision-making processes on climate change adaptation and disaster risk reduction for downstream areas.

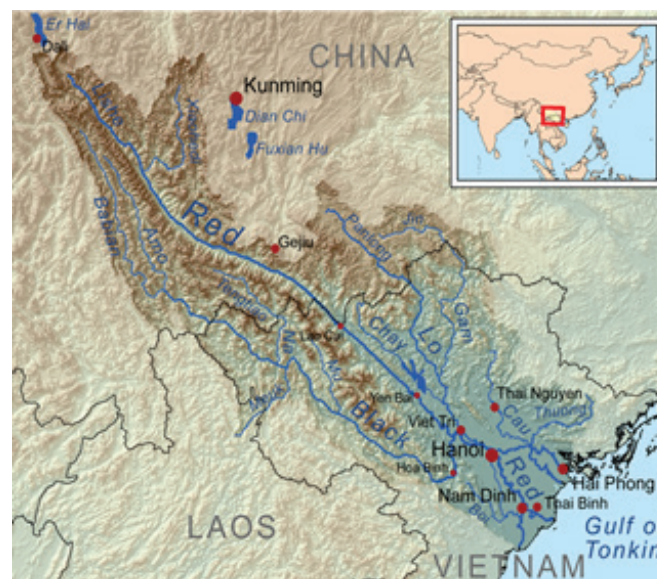
Keywords: climate change, Da - Thao river basin, extreme rainfall, WEHY-HCM model.

Classification number: 1.7

Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng cho lưu vực sông Đà - Thao (25°1'49"B 100°48'56"E đến 20°14'43"B 106°35'20"E). Lưu vực sông Đà - Thao thuộc một trong 5 hệ thống sông xuyên quốc gia lớn nhất ở khu vực Đông Nam Á gồm hai phần: phần thượng nguồn phía Trung Quốc và phần hạ du phía lãnh thổ Việt Nam (hình 1).



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Đà - Thao.

Về đặc điểm khí hậu, khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của khí hậu nhiệt đới gió mùa. Lượng mưa trung bình hàng năm phân bố không đều cả về không gian và thời gian. Về phân bố không gian, lượng mưa trung bình hàng năm biến động từ 700-2.100 mm ở vùng thượng lưu (Trung Quốc) đến 1.200-4.800 mm ở khu vực hạ lưu (Việt Nam). Về phân bố mưa trong năm, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, chiếm 85 đến 90% tổng lượng mưa hàng năm và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 chỉ chiếm 10 đến 15% tổng lượng mưa hàng năm.

Mô hình WEHY-HCM

Nghiên cứu này sử dụng mô hình WEHY-HCM, đây là mô hình kết hợp khí tượng thủy văn môi trường lưu vực dựa trên các quá trình vật lý để mô phỏng chi tiết hóa các yếu tố khí tượng trên lưu vực nghiên cứu [6]. Đầu vào của mô hình chi tiết hóa động lực là các bộ dữ liệu khí tượng toàn cầu trong quá khứ và tương lai (GCMs). Có nhiều loại dữ liệu mô hình GCMs khác nhau trên thế giới, trong nghiên cứu này, dữ liệu ERA-20C được lựa chọn do chất lượng dữ liệu đảm bảo và có độ phân giải (~125 km) tương đối tốt so với các dữ liệu khác, với bước thời gian là 3 giờ. Ngoài ra, các số liệu về điều kiện địa hình (DEM), số liệu về thảm

phủ (dữ liệu đất, cây trồng) cũng được hiệu chỉnh và đưa vào mô hình tính.

Sau khi đã có dữ liệu điều kiện biên và điều kiện ban đầu, mô hình WEHY-HCM được thiết lập nhằm chi tiết hóa động lực các yếu tố khí tượng từ độ phân giải thô đến độ phân giải cao (khoảng cách ô lưới 9 km). Việc thiết lập mô hình khí tượng trong hệ mô hình WEHY-HCM tương tự như thiết lập mô hình WRF. Tuy nhiên khác với mô hình WRF, hệ mô hình khí tượng thủy văn trong WEHY-HCM có sự tương tác mật thiết với nhau. Có tương tác một chiều (one way) thẳng đứng từ khí tượng đến thủy văn, hay tương tác hai chiều (fully coupled). Trong nghiên cứu này, bộ mô hình WEHY-HCM sẽ được thiết lập với mối liên hệ một chiều từ khí tượng đến thủy văn. Trong nghiên cứu trước [11], mô hình WRF đã mô phỏng khôi phục số liệu mưa cho khu vực nghiên cứu từ năm 1900-2014. Các bước kiểm định so sánh giữa số liệu mô phỏng và số liệu thực đo cũng đã được thực hiện nhằm tìm ra bộ thông số tốt nhất cho mô hình chi tiết hóa động lực trước khi đưa vào chạy mô phỏng cho tương lai [12]. Kịch bản sử dụng trong nghiên cứu này là RCP4.5 (tương ứng với nồng độ phát thải khí nhà kính ở mức trung bình) và chạy mô phỏng cho giai đoạn 2021 đến 2100.

Lượng mưa được chi tiết hóa theo giờ cho từng điểm lưới của mô hình, sau đó được chuyển thành mưa ngày để tính các đặc trưng cực trị mưa lớn thời đoạn ngắn.

Đặc trưng mưa lớn

Trong nghiên cứu này, mưa lớn được biểu diễn bằng các đặc trưng mưa lớn thời đoạn ngắn như được liệt kê ở bảng 1, đó là các đặc trưng được khuyến nghị bởi nhóm chuyên gia về BĐKH [13]. Các đặc trưng mưa lớn sẽ được tính cho các giai đoạn khí hậu 20 năm ở giai đoạn cơ sở (1991-2010), tương lai (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 và 2081-2100).

Bảng 1. Các đặc trưng mưa lớn.

Đặc trưng mưa lớn	Định nghĩa	Đơn vị
X1	Lượng mưa trong 1 ngày lớn nhất	mm
X3	Lượng mưa liên tục trong 3 ngày lớn nhất	mm
X5	Lượng mưa liên tục trong 5 ngày lớn nhất	mm

Phân tích tần suất mưa

Phân tích tần suất mưa rất hữu ích trong việc giảm thiểu rủi ro lũ, ngập lụt và thiết kế các công trình kiểm soát lũ. Phần lớn quy mô các công trình kiểm soát lũ được xác định dựa vào tần suất mưa, với giả thiết không biến động theo thời gian. Vì vậy, các đường tần suất được thiết lập dựa vào dữ liệu quan trắc mưa trong quá khứ sẽ không đảm bảo trong điều kiện BĐKH bởi hầu hết các trận mưa, lũ cực đoan xảy

ra trong vài thập kỷ gần đây đã vượt các mốc lịch sử [14]. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp được trình bày trong các nghiên cứu [15, 16] để xác định tần suất mưa. Phương pháp này sử dụng hàm phân bố xác suất Gumbel, hay còn gọi là phân bố xác suất cực trị loại I (EV1 - Extreme Value type I), với các tham số được xác định theo phương pháp mô-men [16] như được thể hiện trong phương trình (1).

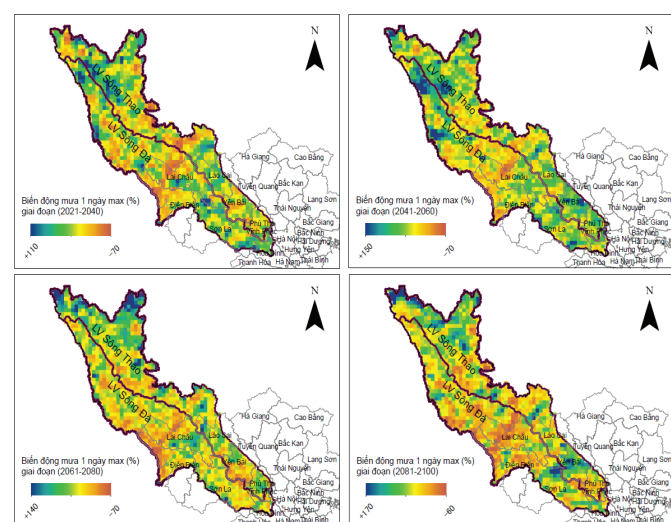
$$Q(Tr) = \zeta - \alpha \ln(-\ln(1 - \frac{1}{Tr})) \quad (1)$$

Trong đó: α và ζ là tham số tỷ lệ và vị trí của các phân phối Gumbel; Tr là tần suất chu kỳ.

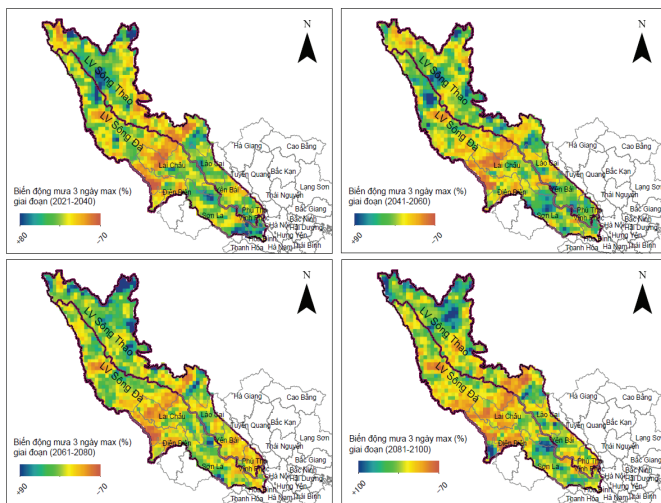
Kết quả và thảo luận

Đánh giá biến động mưa lớn theo không gian

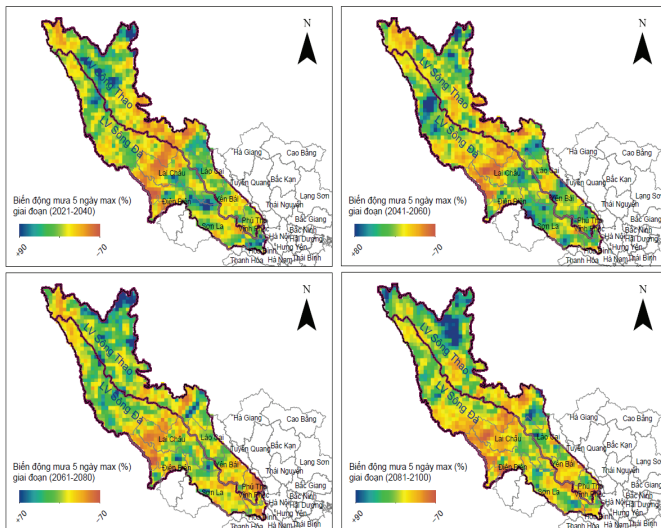
Mặc dù các mô hình khí hậu độ phân giải cao đã cho thấy những tiến bộ về kết quả mô phỏng so với thực tế, nhưng vẫn tồn tại sai số do sự chưa hoàn thiện của các sơ đồ tham số hóa vật lý, điều kiện biên và độ phân giải của mô hình [17]. Mô hình thường cho dự báo tốt tại các khu vực địa hình thấp và dự báo thiên nhỏ ở các khu vực núi cao. Vì vậy, thực hành phổ biến đánh giá tác động của BĐKH là lấy kết quả mô phỏng cho giai đoạn tương lai so sánh với kết quả mô phỏng cho giai đoạn cơ sở. Như vậy, sai số của mô hình được hiểu sẽ tự triệt tiêu lẫn nhau. Các hình 2, 3, 4 minh họa dự tính biến động mưa lớn theo không gian trên toàn lưu vực sông Đà - Thao trong tương lai so với giai đoạn khí hậu cơ sở (1991-2010), đó là giai đoạn đã xảy ra nhiều trận mưa, lũ lớn trong vòng 50 năm trở lại đây.



Hình 2. Dự tính biến động mưa 1 ngày max (X1) ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (kịch bản RCP4.5) so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.



Hình 3. Dự tính biến động mưa 3 ngày max (X3) ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (kịch bản RCP4.5) so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.



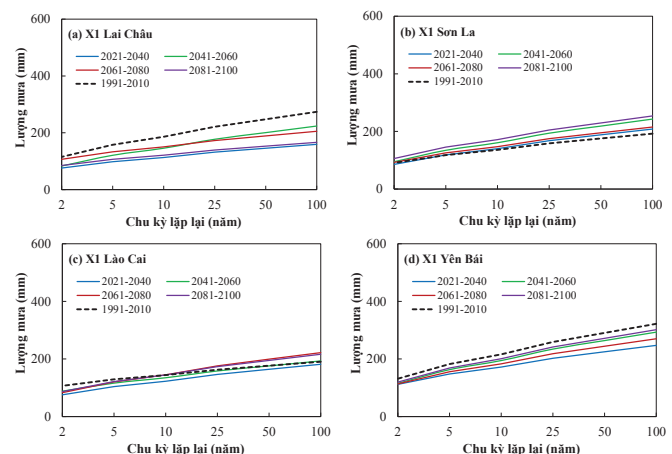
Hình 4. Dự tính biến động mưa 5 ngày max (X5) ở các giai đoạn khí hậu trong tương lai (kịch bản RCP4.5) so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.

Kết quả mô phỏng và phân tích cho thấy, dự tính biến động mưa lớn trong tương lai có sự khác biệt khá lớn về không gian trong các giai đoạn khí hậu khác nhau. Các đặc trưng mưa lớn thời đoạn ngắn được dự tính gia tăng đáng kể ở phần lưu vực trên lãnh thổ Việt Nam, đặc biệt trong giai đoạn khí hậu 2021-2060. Các tâm mưa lớn ở khu vực Sơn La và Lào Cai dự tính có nơi tăng từ 70 đến 100% so với giai đoạn khí hậu cơ sở. Trong khi đó, mưa lớn có xu thế giảm (có nơi tới -50%) ở khu vực Lai Châu và Yên Bái trong nửa cuối thế kỷ (hình 3 và 4). Tương tự, đặc trưng mưa lớn dự tính cho phần lưu vực bên lãnh thổ Trung Quốc cũng gia tăng khá mạnh và làm tăng rủi ro lũ và ngập lụt cho khu vực hạ du.

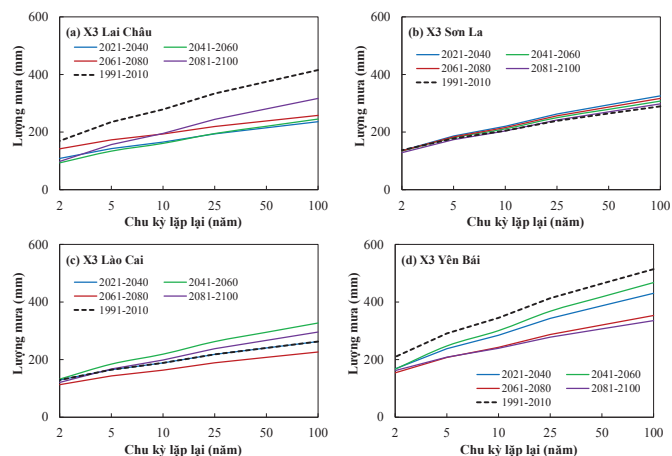
Đánh giá biến động về tần suất mưa lớn

Các hình 5, 6 minh họa dự tính về tần suất mưa lớn ở các thời kỳ khí hậu trong tương lai tại một số vị trí trạm quan trắc ở lưu vực sông Đà - Thao (phần lãnh thổ Việt Nam) so với giai đoạn khí hậu cơ sở. Tương ứng với xu thế về tâm mưa lớn, tần suất mưa lớn thời đoạn ngắn được dự báo tăng nhẹ ở các trạm Sơn La và Lào Cai, nhưng lại có xu thế giảm rõ rệt ở các trạm Lai Châu và Yên Bái. Lượng mưa gia tăng chủ yếu được dự báo cho thời đoạn 1 đến 3 ngày, trung bình khoảng 10% được dự tính cho khu vực Sơn La. Trong khi đó trên toàn lưu vực, lượng mưa thời đoạn 5 ngày liên tục đều được dự tính có xu hướng giảm, giảm nhiều nhất là ở Lai Châu, trung bình khoảng 30% và 20% ở khu vực Yên Bái.

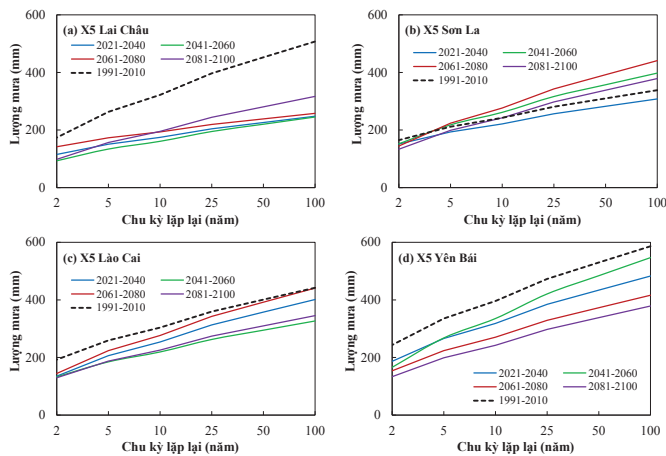
Xu thế biến động mưa lớn thời đoạn ngắn cũng không thể hiện rõ quy luật tương ứng với các giai đoạn khí hậu trong tương lai, nhưng nhìn chung, càng về cuối thế kỷ thì mức độ biến động càng lớn.



Hình 5. Tần suất mưa 1 ngày max (X1) tại Lai Châu, Sơn La, Lào Cai và Yên Bái trong tương lai so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.



Hình 6. Tần suất mưa 3 ngày max (X3) tại Lai Châu, Sơn La, Lào Cai và Yên Bái trong tương lai so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.



Hình 7. Tần suất mưa 5 ngày max (X5) tại Lai Châu, Sơn La, Lào Cai và Yên Bái trong tương lai so với giai đoạn cơ sở 1991-2010.

Kết luận

Đặc điểm nổi bật nhất của mô hình chi tiết hóa động lực đó là khả năng mô phỏng tốt các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra ở quy mô nhỏ do những cải tiến về cấu trúc và độ phân giải của mô hình. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đánh giá được biến động về không gian và thời gian của các đặc trưng mưa lớn thời đoạn ngắn cho lưu vực sông Đà - Thao. Trong đó, mưa lớn được dự tính sẽ gia tăng ở nhiều nơi trên lưu vực, dẫn đến tăng rủi ro lũ lụt cho khu vực hạ du. Ngược lại, cũng có một số nơi mưa lớn được dự tính sẽ giảm. Tuy vẫn còn tồn tại sự không chắc chắn trong kết quả đánh giá do sai số mô hình và tính bất định của kịch bản dự báo, các kết quả của nghiên cứu này được cho là tài liệu tham khảo tốt ở cấp độ lưu vực sông, hỗ trợ quá trình ra quyết định về thích ứng với BĐKH và giảm nhẹ rủi ro thiên tai cho hạ du.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Tiểu dự án 30/FIRST/1a/KLORCE “Tiếp thu công nghệ tính toán mưa, lũ lớn cho các lưu vực sông liên quốc gia trong điều kiện hạn chế hoặc không có dữ liệu đo đạc - Áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Đà - Thao (bao gồm cả phần lưu vực thuộc lãnh thổ Trung Quốc)”, do Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển và CHRL - Hoa Kỳ thực hiện năm 2018-2019. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] H. Endo, A. Kitoh, T. Ose, R. Mizuta, S. Kusunoki (2013), “Erratum: future changes and uncertainties in Asian precipitation simulated by multiphysics and multi-sea surface temperature ensemble experiments with high - resolution Meteorological Research Institute atmospheric general circulation models (MRI-AGCMs)”, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **117**, Doi:10.1029/2012JD017874.

[2] IPCC (2014), *Climate Change 2014 Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

[3] D.H. Nam, K. Udo, A. Mano (2013), “Assessment of future flood intensification in Central Vietnam using a super-high-resolution climate model output”, *J. Water Clim. Chang.*, **4**(4), pp.373-389.

[4] Phan Văn Tân, Ngô Đức Thành (2013), “BĐKH ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, **29**(2), tr.42-55.

[5] T. Ngo-Duc, C. Kieu, T. Phan-Van, M. Thatcher (2014), “Climate projection for Vietnam based on regional climate models”, *Climate Research*, **60**, pp.199-213.

[6] M.L. Kavvas, S. Kure, Z.Q. Chen, N. Ohara, S. Jang (2012), “WEHY-HCM for modeling interactive atmospheric - hydrologic processes at watershed scale. I: model description”, *J. Hydrol. Eng.*, **18**(10), pp.1262-1271.

[7] Z.Q. Chen, M.L. Kavvas, K. Fukami, J. Yoshitani, T. Matsuura (2004), “Watershed environmental hydrology (WEHY) model: model application”, *J. Hydrol. Eng.*, **9**(6), pp.480-490.

[8] C. Ho, A. Nguyen, A. Ercan, M.L. Kavvas, V. Nguyen, T. Nguyen (2018), “Assessment of atmospheric conditions over the Hong - Thai Binh river watershed by means of dynamically downscaled ERA-20C reanalysis data”, *Journal of Water and Climate Change*, Doi: org/10.2166/wcc.2018.291.

[9] D.H. Nam, K. Udo, A. Mano (2013), “Downscaling super-high-resolution climate model output for extreme rainfall projection”, *J. Japan Soc. Civ. Eng. Ser. B1 (Hydraulic Eng.)*, **69**, pp.121-126.

[10] A.B.G. Klein Tank, F.W. Zwiers (2009), *Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*, World Meteorological Organization.

[11] Hồ Việt Cường, Trịnh Quang Toàn, Đỗ Hoài Nam, Phan Cao Dương (2019), “Đánh giá biến động cực trị mưa trên lưu vực sông Đà - Thao bằng việc sử dụng bộ mô hình khí tượng thủy văn kết hợp WEHY-HCM”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* (đã chấp nhận đăng bài).

[12] Hồ Việt Cường, Trịnh Quang Toàn và nnk, *Tiểu dự án 30/FIRST/1a/KLORCE “Tiếp thu công nghệ tính toán mưa, lũ lớn cho các lưu vực sông liên quốc gia trong điều kiện hạn chế hoặc không có dữ liệu đo đạc - Áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Đà - Thao (bao gồm cả phần lưu vực thuộc lãnh thổ Trung Quốc)”*, Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển, năm 2018-2019.

[13] T.R. Karl, N. Nicholls, A. Ghazi (1999), “CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary”, *Climatic Change*, **42**, pp.3-7.

[14] Y. Hirabayashi, et al. (2013), “Global flood risk under climate change”, *Nat. Clim. Chang.*, **3**, pp.816-822.

[15] L. Alfieri, P. Burek, L. Feyen, G. Forzieri (2015), “Global warming increases the frequency of river floods in Europe”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **19**, pp.2247-2260.

[16] J.R.M. Hosking (1990), “L-Moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics”, *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, **52**(1), pp.105-124.

[17] H. Endo, A. Kitoh, T. Ose, R. Mizuta, and S. Kusunoki (2012), “Future changes and uncertainties in Asian precipitation simulated by multiphysics and multi-sea surface temperature ensemble experiments with high-resolution Meteorological Research Institute atmospheric general circulation models (MRI-AGCMs)”, *Journal of Geophysical Research*, **117**, doi: 10.1029/2012JD017874.