XÂY DỰNG MÔ HÌNH DỰ BÁO MƯA SỐ TRỊ CHO LƯU VỰC SÔNG VU GIA THU BỒN

Đỗ Hoài Nam, Trịnh Quang Toàn
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Trịnh Tuấn Long
Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội

Tóm tắt: *Các mô hình dự báo lũ truyền thống thường dựa vào thông tin về lượng mưa, lưu lượng, mực nước được đo đạc tại các vị trí quan trắc hay được mô phỏng bởi mô hình theo thời gian thực. Phương pháp này cho hạn dự báo phụ thuộc vào kích thước của lưu vực và tương đối ngắn đối với các lưu vực nhỏ và dốc. Trong khi đó, dự báo lũ dựa vào lượng mưa được dự báo bởi các mô hình dự báo thời tiết số trị (NWP) ngày càng cho thấy mức độ chính xác với hạn dự báo dài. Do đó, việc ứng dụng mô hình NWP vào dự báo lũ là một giải pháp triển vọng, giúp cải thiện hạn dự báo. Trong nghiên cứu này, mô hình dự báo thời tiết (WRF) sẽ được áp dụng nhằm chi tiết hóa số liệu dự báo mưa toàn cầu từ mô hình GSM của Nhật Bản và đưa ra dự báo từ 1-3 ngày trước khi các trận lũ xảy ra. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình WRF thiết lập cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn đưa ra những dự báo rất sát với dữ liệu quan trắc.*
Từ khóa: *Dự báo mưa, lũ; chi tiết hóa động lực; Vu Gia-Thu Bồn.*

Summary: *Convetional flood forecast models often rely on the observation or real time simulation (based on rainfall information) of discharge and water level at certain river nodes on the catchment. This method offers a forecast lead time that depends on the size of the drainage area and is relatively short for small and steep catchments. Meanwhile, flood forecasts based on quantitative rainfall estimate from numerical weather prediction (NWP) models demonstrate greater accuracy with longer forecast horizon. Therefore, NWP-derived flood forecast is a promising technology. In this study, Weather Research and Forecasting model (WRF) will be applied to downscale the global rainfall dataset forecasted by Japan's GSM model and generate the forecasts from 1-3 days before the storms occur. Results show that the WRF model established for the Vu Gia-Thu Bon river basin provides reasonable forecasts that are comparable to the observed data.*
Keywords: *Rainfall and flood forecasts; dynamical downscaling; Vu Gia-Thu Bon.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Do tác động của biến đổi khí hậu, mưa, lũ ngày càng có diễn biến khó lường và có xu hướng gia tăng cả về tần suất và cường độ. Hàng năm, vào mùa mưa bão, các cấp quản lý từ trung ương đến địa phương đều phải tăng cường cả về thời gian và nguồn lực để đối phó với các tình thế mưa, lũ nguy hiểm. Tuy nhiên, hậu quả sau mỗi trận lũ là những tác động rất tiêu cực đến đời sống xã hội và các hoạt động sản xuất. Các trận mưa lớn có thể gây ra lũ rất nhanh, chỉ trong vòng vài giờ và rất khó có thể dự đoán trước dựa vào hệ thống quan trắc truyền thống (radar thời tiết, trạm khí tượng-thuỷ văn). Đặc biệt, ở các khu vực thượng nguồn có địa hình cao, chia cắt mạnh và phù hợp cho phát triển thuỷ điện,

Ngày nhận bài: 05/4/2022
Ngày thông qua phản biện: 10/5/2022
Ngày duyệt đăng: 06/6/2022

thì đặc điểm mưa, lũ rất bất thường và khó xác định hơn. Ngoài các biện pháp công trình nhằm kiểm soát và đối phó với thiên tai như mưa, lũ cực đoan, cần phải phát triển các công nghệ dự báo sớm với hạn dự báo đủ dài để từ đó đưa ra các cảnh báo cho người dân cũng như cung cấp các bản tin dự báo kịp thời phục vụ hoạt động sản xuất và giảm thiểu tối đa tác động của thiên tai gây ra.

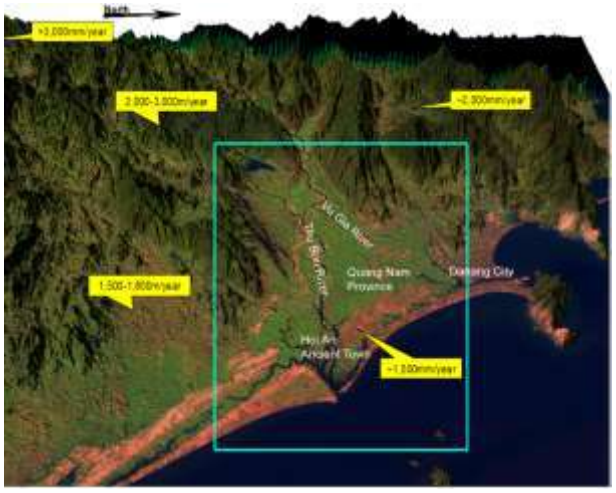
Hiện nay, với sự phát triển nhanh trong lĩnh vực tính toán, dự báo mưa bởi các mô hình dự báo thời tiết số trị (được gọi tắt là NWP) ngày càng cho thấy mức độ chính xác cao. Do đó, việc ứng dụng các kết quả mô hình NWP vào công tác nhận diện và dự báo mưa, lũ đang là một công cụ hữu hiệu, giúp cải thiện hạn dự báo so với các phương pháp truyền thống [1], [2]. Ví dụ, trung tâm nghiên cứu khí tượng Mỹ (NCEP) đã phát triển một hệ thống mô hình có thể mô phỏng các trạng thái khí tượng trên phạm vi toàn cầu (GFS) với hạn dự báo là 16 ngày. Ngoài ra, mô hình GSM do Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) phát triển cũng được đánh giá có chất lượng dự báo với độ chính xác cao. Mô hình GSM là mô hình phổ toàn cầu, sử dụng hệ phương trình nguyên thủy để biểu diễn sự chuyển động và trạng thái của khí quyển. GSM bắt đầu được đưa vào sử dụng nghiệp vụ tại JMA năm 1988 với phiên bản đầu tiên có độ phân giải theo phương ngang là T63 và 16 mực theo chiều thẳng đứng [3], [4]. Tuy nhiên, các mô hình NWP toàn cầu cũng thường cho thấy tính không chắc chắn trong kết quả dự báo do độ phân giải thấp nên có ảnh hưởng lớn đến kết quả dự báo [5]. Vì độ phân giải của mô hình toàn cầu thô nên không thể mô phỏng được chính xác các quá trình vật lý xảy ra ở phạm vi nhỏ hơn kích thước ô lưới tính toán. Cho nên, các phương pháp chi tiết hóa (downscaling) đã được sử dụng để cải thiện chất lượng dự báo (ví dụ: dự báo mưa, nhiệt độ, độ ẩm, v.v…) từ các mô hình NWP toàn cầu [6], [7], [8], [9].

Trong bài báo này, công nghệ dự báo sớm mưa được xây dựng dựa trên nền tảng dữ liệu đầu ra từ mô hình dự báo toàn cầu GSM. Dữ liệu này sẽ được thu thập làm đầu vào tính toán cho mô hình chi tiết hóa động lực WRF và được cập nhật sau mỗi bước thời gian là 6 giờ. Dữ liệu sau khi được thu thập sẽ được tự động tiền xử lý, thiết lập điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho khu vực nghiên cứu. Kết quả mô phỏng sẽ được so sánh với các dữ liệu thực đo. Lưu vực Vu Gia Thu Bồn (VGTB) được chọn làm nghiên cứu điển hình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn (VGTB) là hệ thống sông liên tỉnh lớn nhất vùng ven biển miền Trung Việt Nam, có diện tích lưu vực 10.350 km^2, thuộc tỉnh Quảng Nam và Thành phố Đà Nẵng. Sông VGTB bắt nguồn từ dãy Trường Sơn, nằm dọc theo biên giới giữa Việt Nam và Lào, sau đó chảy qua các vùng đồng bằng hẹp rồi đổ ra biển Đông. Sông có đặc điểm ngắn và dốc. Cùng với đó, thay đổi nhanh chóng về sử dụng đất để mở rộng nông nghiệp và phát triển kinh tế đã khiến cho thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực ngày càng ngắn. Ngoài ra, do chịu ảnh hưởng của đặc điểm địa hình, vùng nghiên cứu là nơi có lượng mưa bình quân lớn hơn so với các nơi khác trong khu vực. Do đó, các lưu vực sông này được biết đến là nơi rất dễ xảy ra lũ, lụt trên diện rộng. Số liệu thống kê gần đây cho thấy lũ, lụt dường như đang ngày càng trở nên trầm trọng và thường xuyên hơn. Vì vậy, việc đề xuất các công nghệ phù hợp để dự báo lũ với hạn dự báo đủ dài thực sự rất cần thiết để giảm sức ép lên hệ thống phòng chống lũ, lụt hiện tại và góp phần chuẩn bị tốt hơn cho việc giảm thiểu các tác động bất lợi.



Hình 1: Bản đồ hình thái lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn (nguồn: [10])

2.2. Thiết lập mô hình mưa dự báo số trị

Trong số rất nhiều mô hình chi tiết hoá động lực đang được thử nghiệm và sử dụng thì WRF (Weather Research and Forecast model) là một trong những mô hình phổ biến và ưu việt do có hỗ trợ hệ thống đồng hóa dữ liệu cũng như công cụ hiện thị. Mô hình dự báo thời tiết WRF, là sản phẩm của sự hợp tác giữa các trung tâm nghiên cứu và dự báo khí tượng ở Hoa Kỳ như Trung tâm Quốc gia về nghiên cứu khí quyển (NCAR), Trung tâm dự báo môi trường quốc gia (NCEP) và đội ngũ đông đảo các nhà khoa học làm việc tại các trường đại học trên thế giới. Mô hình WRF được thiết kế linh động, với độ tùy biến cao và hệ thống đồng hóa dữ liệu tiên tiến [11]. Quy mô dự báo của mô hình rất đa dạng, có thể từ cấp độ lưu vực sông đến cấp độ khu vực. Trong nghiên cứu này, WRF được dùng như một công cụ nhằm chi tiết hóa từ NWP toàn cầu xuống phạm vi lưu vực sông VGTB.

Để có thể tiến hành mô phỏng ổn định các quá trình khí tượng, các mô hình chi tiết hoá động lực, hay cụ thể là mô hình WRF thường được thiết lập sử dụng cấu trúc lưới lồng, chi tiết hóa dần dần từ các ô lưới toàn cầu xuống các ô lưới tính toán nhỏ hơn, và thông thường bằng 1/3 các ô lưới trước đó. Dữ liệu gốc của GSM có độ phân giải ngang là 0.5x0.5 độ, do đó trong nghiên cứu này miền tính (domain) lớn nhất và là domain ngoài cùng được chọn là 54 km. Domain thứ 2 sẽ là 18 km, và domain 3 là domain trong cùng sẽ là 6 km (Hình 2). 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.

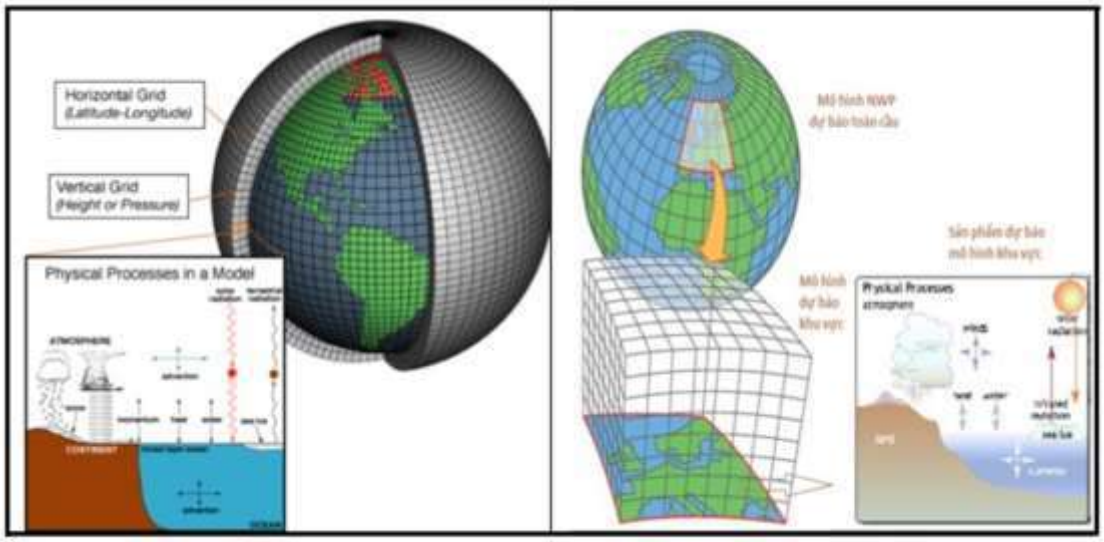
Số liệu đầu ra từ mô hình dự báo toàn cầu GSM được dùng làm số liệu đầu vào cho mô hình WRF. Sau khi đã có dữ liệu điều kiện biên và điều kiện ban đầu từ mô hình GSM, mô hình WRF sẽ chi tiết hóa động lực các yếu tố khí tượng từ độ phân giải thô đến độ phân giải cao (khoảng cách ô lưới 6 km). Các bước 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 các trận mưa dự báo trong tương lai. Dựa vào các số liệu thực tế đã xảy ra trong quá khứ, các trận lũ trong các năm 2008 (1/10-31/10; 10/11-20/11), 2009 (21/9-07/10), 2012 (23/9-14/10); 2013 (13/10-19/10; 14/11-20/11); 2014 (02/11-27/11) sẽ được đưa ra so sánh và kiểm tra độ chính xác của mô hình dự báo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Hiệu chỉnh mô hình

Sau khi thiết lập thành công mô hình WRF, tiến hành mô phỏng các yếu tố khí tượng cho toàn bộ lưu vực nghiên cứu. Nghiên cứu đã chọn hai trận mưa trong năm 2008 để hiệu chỉnh bộ thông số cho mô hình dự báo. Bộ thông số mô hình được hiệu chỉnh dựa vào việc thay đổi sơ đồ tham số hóa vật lý. Các sơ đồ tham số hóa vật lý trong mô hình WRF bao gồm năm thành phần, bao gồm: (1) các quá trình vi vật lý, (2) tham số hóa đối lưu, (3) lớp biên hành tinh, (4) tham số hóa bức xạ, và (5) mô hình mặt đất. Sự khuếch tán, cũng có thể coi là một phần của các quá trình vật lý được xử lý trực tiếp trong mô hình. Quá trình tham số hóa các quá trình vật lý được ưu tiên thực hiện ở bước đầu tiên của mô

hình. Quá trình này có thể bao gồm việc đọc dữ liệu, trong đó, người sử dụng sẽ tùy chọn sử dụng các thành phần vật lý. Mỗi sơ đồ tham số hóa vật lý được tạo sẵn thành một module riêng biệt, trong đó chứa sơ đồ tham số hóa và các hằng số riêng và các hằng số sử dụng chung.



Hình 2: Sơ đồ minh họa mô hình NWP toàn cầu, mô hình khu vực và chi tiết hóa động lực

Bảng 1: Các sơ đồ tham số hóa vật lý sử dụng trong mô hình WRF

STT	Quá trình vi vật lý	Tham số hóa đối lưu	Lớp biên hành tinh	Tham số hóa bức xạ	Mô hình mặt đất
1	WSM3	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
2	Eta (Ferrier)	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
3	Goddard	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
4	Milbrandt 2-mom	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
5	CAM 5.1	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
6	SBU-YLin	New SAS	BouLac	New Goddard	RUC Land
7	WSM3	Kain-Fritsch	BouLac	New Goddard	RUC Land
8	WSM3	Grell-Freitas	BouLac	New Goddard	RUC Land
9	WSM3	Grell-3	BouLac	New Goddard	RUC Land
10	WSM3	New SAS	MYNN2	New Goddard	RUC Land

Bảng 1 trình bày 10 sơ đồ tham số hóa được xác định trên cơ sở tham khảo các nghiên cứu trước đây. Nghiên cứu đã sơ bộ đánh giá độ nhạy của từng sơ đồ tham số hóa nhằm xác định ảnh hưởng của chúng đến kết quả dự báo và đã chọn ra sơ đồ tham số hóa vật lý phù hợp nhất để tiết kiệm thời gian và khối lượng tính toán trong bước hiệu chỉnh mô hình.

Dữ liệu mưa ngày từ ngày 7 tháng 10 năm 2008 đến ngày 22 tháng 10 năm 2008 được lựa chọn

để hiệu chỉnh kết quả mô phỏng bởi vì đây là khoảng thời gian có mưa lớn trên lưu vực sông VGTB. Hệ số tương quan giữa kết quả mưa dự báo (ở miền tính D3) và thực đo theo ô lưới VnGP [12] được sử dụng làm tiêu chí đánh giá hiệu quả của mô hình.

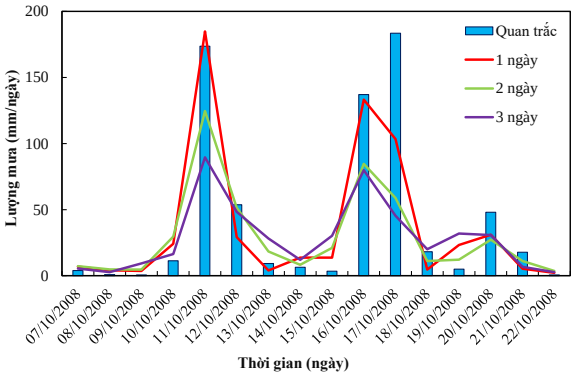
Kết quả hiệu chỉnh mô hình được trình bày trong Bảng 2. Có thể nhận thấy sơ đồ tham số hóa vật lý số 3 (Goddard) cho hệ số tương quan R^2 và hệ số hiệu quả mô hình Nash Sutcliffe Index [13] cao nhất, lần lượt là 0.87 và 0.71. Kế tiếp là các sơ đồ tham số hóa vật lý số 6 (SBU-YLin) và 10 (WSM3). Hình 3 minh họa kết quả dự báo mưa với các hạn dự báo 1-, 2-, và 3-ngày của mô hình WRF khi sử dụng sơ đồ tham số hóa vật lý Goddard. Có thể thấy rằng độ tin cậy của kết quả dự báo giảm khi hạn dự báo tăng. Với hạn dự hạn dự báo một ngày thì mô hình đã bắt được trận mưa (cả về thời gian và cường độ) từ 9-13/10/2008 và mô phỏng thiên thấp đỉnh mưa trong các ngày 14-18/10/2008. Trong khi đó, mô hình có xu hướng dự báo thiên nhỏ các trận mưa với hạn dự báo dài hơn 1 ngày.

- Kiểm định mô hình

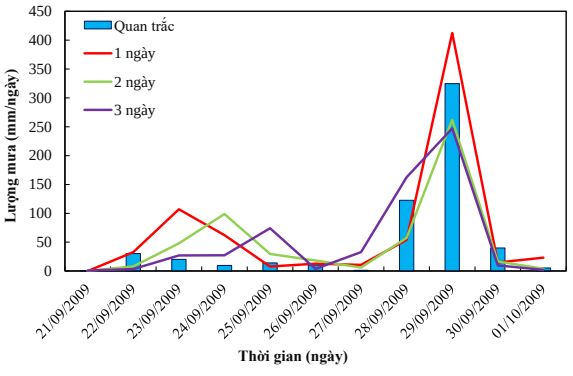
Các năm 2009 và 2013 đều là những năm có các trận mưa lớn ở lưu vực nghiên cứu được lựa chọn để kiểm định lại kết quả dự báo. Có thể thấy, với hạn dự báo 1 ngày thì mô hình cho kết quả dự báo có độ chính xác cao về cả cường độ lẫn thời điểm xảy ra mưa (Hình 4, 5), hệ số tương quan R^2 và hệ số Nash theo thứ tự đều lớn hơn 0.95 và 0.8. Với hạn dự báo từ 2 đến 3 ngày mô hình WRF cho kết quả dự báo khá tốt, mặc dù đỉnh mưa cũng như thời gian mưa chưa đưa ra độ chính xác cao so với hạn dự báo 1 ngày.

Bảng 2. So sánh hệ số tương quan R^2 và hệ số Nash của lượng mưa ngày mô phỏng bởi mô hình WRF sử dụng 10 sơ đồ tham số hóa vật lý với dữ liệu mưa thực đo trung bình lưu vực từ ngày 7-22/10/2008

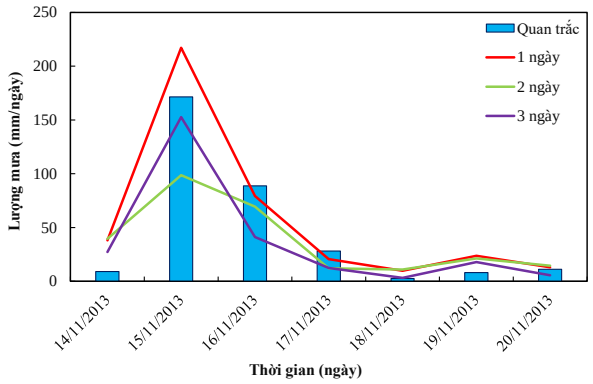
STT	Hệ số tương quan R2	Hệ số Nash
1	0.65	0.51
2	0.68	0.56
3	**0.87**	**0.71**
4	0.60	0.51
5	0.62	0.50
6	0.69	0.61
7	0.59	0.50
8	0.58	0.50
9	0.63	0.55
10	0.63	0.59



Hình 3: So sánh kết quả dự báo và thực đo của 3 trận mưa liên tiếp từ ngày 7-22/10/2008



Hình 4: So sánh kết quả dự báo và thực đo của 3 trận mưa liên tiếp từ ngày 21/09 đến 01/10/ 2009



Hình 5: So sánh kết quả dự báo và thực đo của 3 trận mưa liên tiếp từ ngày 14-20/11/ 2013

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày công nghệ dự báo mưa bằng phương pháp chi tiết hóa động lực cho lưu vực nghiên cứu. Các dự báo đã cho kết quả rất sát với lượng mưa thực đo, đặc biệt đối với hạn dự báo 1 ngày, và mức độ tin cậy có xu thế giảm dần khi hạn dự báo tăng. Để nâng cao độ chính xác của kết quả dự báo, đặc biệt khi sử dụng làm đầu vào cho dự báo dòng chảy, số liệu dự báo khí tượng từ mô hình WRF sẽ được tiếp tục tinh chỉnh bằng phương pháp học máy. Tiếp đó, các mô hình thủy văn sẽ được thiết lập để dự báo dòng chảy đến các điểm trên lưu vực nghiên cứu. Dự báo được dòng chảy, đặc biệt là dòng chảy lũ với hạn dự báo đủ dài sẽ là thông tin rất quan trọng trong công tác cảnh báo, thông báo nguy cơ lũ lớn xảy ra trên lưu vực sông VGTB nói riêng và các lưu vực sông khác ở Việt Nam nói chung.

LỜI CÁM ƠN

Tác giả chân thành gửi lời cảm ơn đến Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED), Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài (Mã số: 105.06-2019.326).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Werner M, Reggiani P, de Roo APJ, Bates PD, Sprokkreef E. 2005. Flood forecasting and warning at the river basin and at the European scale. Natural Hazard 36: 25-42.

[2] Thielen J, Bartholmes J, Ramos M.-H, de Roo APJ. 2009a. The European flood alert system-part 1: Concept and development. Hydrology and Earth System Sciences 13: 125–140.

[3] Saito K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. Mon. Wea. Rev., 134: 1266–1298

[4] Mizuta, R., Oouchi, K., Yoshimura, H., Noda, A., Katayama, K., Yukimoto, S., Hosaka, M., Kusunoki, S., Kawai, H. and Nakagawa, M., 2006. 20-km-mesh global climate simulations using JMA-GSM model—mean climate states—. J. Meteor. Soc. Japan. Ser. II, 84(1): 165–185.

[5] Kay, A.L.; Davies, H.N.; Bell, V.A; Jones, R.G. Comparison of uncertainty sources for climate change impacts: flood frequency in England. Climatic Change. 2009, 92, 41-63.

[6] Wilby RL, Wigley TML. 1997. Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations. Progress in Physical Geography 21(4): 530–548.

[7] Xu CY. 1999. From GCMs to river flow: a review of downscaling methods and hydrologic modelling approaches. Progress in Physical Geography 23(2): 229–249.

[8] Prudhomme C, Reynard NS, Crooks S. 2002. Downscaling of GCMs for flood frequency analysis: where are we now? Hydrological Process 16: 1137–1150.

[9] Fowler HJ, Blenkinsop S, Tebaldi C. 2007. Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modelling. International Journal of Climatology 27: 1547-1578.

[10] Loan T.K.H, Masatomo Umitsu. (2011) Micro-landform classication and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvialplain, central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data. Applied geography 31(1082-1093).

[11] Skamarock C., Klemp B., Dudhia J., Gill O., Zhiquan Liu, Berner J., Wei Wang, Powers G., Duda G., Barker D., Xiangyu Huang. 2019. A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4. Computer Science.

[12] Nguyen-Xuan, T., Ngo-Duc, T., Kamimera, H., Trinh-Tuan, L., Matsumoto, J., Inoue, T. and Phan-Van, T. (2016), The Vietnam gridded precipitation (VnGP) dataset: Construction and valida- tion. Scientific Online Letters on the Atmosphere (SOLA).

[13] Nash, J. E. & Sutcliffe, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models. Part I—A discussion of principles. J. Hydrol. 27(3), 282–290.