

ỨNG DỤNG DỮ LIỆU MƯA CHIRPS VÀ MÔ HÌNH THỦY VĂN HEC-HMS MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY LŨ Ở LƯU VỰC SÔNG LẠI GIANG

Ngô Anh Tú*, Phan Thái Lê, Nguyễn Hữu Xuân, Trần Văn Bình

Trường Đại học Quy Nhơn.

*Tác giả liên hệ: ngoanhtu@qnu.edu.vn

Nhận bài: 06/08/2020 Hoàn thành phản biện: 08/09/2020 Chấp nhận bài: 05/10/2020

TÓM TẮT

Bài báo xác định lưu lượng dòng chảy theo đoạn dựa vào mô hình HEC-HMS, số liệu mưa từ ảnh vệ tinh CHIRPS của NASA và Hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong mô phỏng dòng chảy lũ tháng 12 năm 2016 tại lưu vực sông Lại Giang, lưu vực lớn thứ hai của tỉnh Bình Định (sau lưu vực sông Côn) và có vai trò quan trọng về phát triển kinh tế-xã hội ở phía Bắc của tỉnh. Kết quả mô phỏng dòng chảy lũ rất đáng tin cậy, lưu lượng dòng chảy lũ đạt đỉnh 2542,6 m³/s tương ứng với tần suất lũ 5%. Chỉ số kiểm định mô hình NSE với giá trị là 0,93; hệ số R² đạt 0,78 sai số PBIAS khoảng 24% và sai số đỉnh lũ PEC = 52,01.

Từ khóa: Dữ liệu mưa CHIRPS, Mô hình thủy văn HEC-HMS, Dòng chảy lũ, Sông Lại Giang

APPLYING THE CHIRPS AND MODEL HYDROLOGY HEC-HMS TO RECOVERY FLOOD FLOW DATA ON THE LAI GIANG RIVER BASIN

Ngo Anh Tu*, Phan Thai Le, Nguyen Huu Xuan, Tran Van Binh

Quy Nhon University.

ABSTRACT

The paper aimed to introduce the application of the HEC-HMS hydrological model combination with the CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station) and GIS to restore flood flow data in the Lai Giang river basin in 2016. The Lai Giang river basin is the second largest basin of Binh Dinh province (after the Kon river basin), it plays an important role in socio-economic development in the North of Binh Dinh province. The simulation results of flood peaks reached 2542,6 m³.s⁻¹ (P=5%). Model test indices such as NSE = 0.93, the correlation coefficient reached 0,78; the percentage of PBIAS error was about 24%, and peak error (PEC) was 52,01.

Keywords: CHIRPS precipitation, HEC-HMS, Flood flow, Lai Giang river

1. MỞ ĐẦU

Lũ trên các sông ở vùng Duyên hải Nam Trung bộ đã và vẫn đang là bài toán cần được giải quyết liên tục và có hệ thống (Lê Văn Nghinh và cs., 2014). Với đặc điểm địa hình có xu hướng thấp dần từ Tây sang Đông, nhưng không gian lãnh thổ hẹp, mật độ sông suối khá lớn (0,65 km/km² cao hơn trung bình chung cả nước 0,6 km/km²), phân cắt thành nhiều lưu vực sông (LVS) nhỏ, có dạng cành cây nên dòng chảy của các sông thường tập trung

nhANH, lưu lượng chảy xiết lớn nên vào mùa mưa lũ thường gây lũ lụt cho vùng hạ lưu. Hiện tại, hệ thống các trạm đo lưu lượng dòng chảy vùng Duyên hải Nam Trung bộ có khoảng 19 trạm trên tổng số hơn 15 LVS lớn nhỏ trải dài từ Đà Nẵng đến tỉnh Ninh Thuận. Theo quy định của Bộ Tài nguyên và Môi trường, năm 2020, để đảm bảo đo ở các nhánh sông, suối chảy đến hồ chứa có diện tích lưu vực từ 100km² trở lên thì bố trí một trạm quan trắc lưu lượng nước (Thông tư số

30/2018/TT-BTNMT). Với số lượng các trạm quan trắc lưu lượng nước như hiện tại là quá ít, trong khi các LVS ở vùng này đa số đều lớn hơn 100 km². Do đó, việc khai thác các số liệu mưa từ vệ tinh mang ý nghĩa cực kỳ to lớn, đặc biệt cho bài toán dự báo lũ (Nguyễn Thanh Sơn và Nguyễn Quốc An, 2015) cũng như khôi phục số liệu dòng chảy cho các LVS.

Hiện nay có nhiều mô hình thủy văn được sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy từ mưa như mô hình LTANK do Nguyễn Văn Lai đề xuất năm 1986, mô hình NAM do Viện Kỹ thuật thủy động lực và thủy lực thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch xây dựng năm 1982, mô hình đường đơn vị (UHM),... (Bùi Anh Kiệt, 2018), trong đó HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System) là mô hình thủy văn miễn phí, được sử dụng nhiều và thành công cho các lưu vực vừa và nhỏ (15 km² đến dưới 1.000 km²). HEC-HMS đảm bảo mô phỏng cho một LVS bao gồm nhiều lưu vực nhỏ, nhiều hồ chứa, nhiều nhánh sông và các công trình thủy lợi khác như trạm bơm, đập dâng,... (Halwatura và Najim, 2013; Lê Văn Nghinh và cs., 2014; Cyndi và David, 2020).

LVS Lại Giang là lưu vực lớn thứ hai của tỉnh Bình Định (sau LVS Côn) và có vai trò quan trọng về phát triển kinh tế - xã hội ở phía Bắc của tỉnh. Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu kết hợp diễn biến phức tạp thời tiết

cực đoan gây mưa và lũ lụt bất bình thường hơn so với những trận lũ lớn đã xảy ra trước đây. Lũ muện xuất hiện với tần suất lớn hơn và số trận lũ xuất hiện nhiều đợt vào tháng 12 hàng năm (2 - 3 trận lũ/tháng). Tuy nhiên, vì nhiều lý do khác nhau hiện trên sông Lại Giang chỉ có một trạm quan trắc lưu lượng dòng chảy (Trạm thủy văn An Hòa - Trạm cấp I). Với thực trạng không đủ số lượng hệ thống các trạm đo lưu lượng dòng chảy, nên rất khó khăn trong công tác xác định lưu lượng dòng chảy mùa mưa và mùa khô. Xuất phát từ vấn đề thực tiễn trên, cần có một nghiên cứu để mô phỏng lũ lụt từ chuỗi số liệu mưa từ ảnh vệ tinh thành dòng chảy trên LVS Lại Giang nhằm giúp chính quyền địa phương có những phương án cảnh báo sớm và đưa ra các giải pháp chống lũ lụt thích hợp. Bài báo xác định lưu lượng dòng chảy theo thời đoạn dựa vào mô hình HEC-HMS, số liệu mưa của CHIRPS và GIS trong việc phân chia lưu vực, nội suy không gian, xây dựng bản đồ mưa,... nhằm mô phỏng dòng chảy lũ tháng 12 năm 2016.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

- Dữ liệu mặt đất: gồm số liệu mưa, dòng chảy và mực nước tại các trạm đo khí tượng thủy văn thuộc LVS Lại Giang thời gian từ ngày 01 đến 31 tháng 12 năm 2016 (Bảng 1).

Bảng 1. Số liệu mưa, dòng chảy và mực nước tại trạm An Hòa từ 01 đến 31 tháng 12/2016

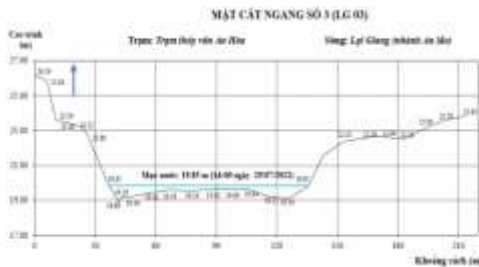
Thời gian (ngày)	Trạm An Hòa (ngày 01 ÷ 31/12/2016)			Thời gian (ngày)	Trạm An Hòa (ngày 01 ÷ 31/12/2016)		
	Lượng mưa (mm)	Mực nước (m)	Lưu lượng (m ³ /s)		Lượng mưa (mm)	Mực nước (m)	Lưu lượng (m ³ /s)
1	256,40	22,52	837	16	195,10	23,05	1130
2	137,00	22,02	564	17	28,00	21,83	479
3	42,40	21,56	379	18	11,20	21,27	293
4	43,20	21,64	406	19	19,90	21,21	276
5	85,00	21,69	426	20	0,50	20,93	213
6	134,70	22,39	756	21	0,00	20,75	177
7	111,60	22,05	574	22	4,60	20,60	151
8	121,00	22,14	664	23	26,00	20,56	142
9	0,90	21,25	289	24	14,80	20,54	139
10	0,00	20,96	219	25	0,50	20,40	119
11	7,40	20,80	186	26	0,00	20,31	105
12	79,80	21,20	281	27	8,50	20,24	96,1
13	80,70	21,31	315	28	4,10	20,17	86,6
14	108,20	21,31	306	29	4,00	20,12	80
15	800,80	22,83	1020	30	16,20	20,11	79,4
				31	36,70	20,36	112,0

Nguồn: Đài Khí tượng thủy văn tỉnh Bình Định (2017)

- Dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) lưu vực sông Lại Giang: DEM được thu thập từ dữ liệu vệ tinh radar có tên ALOS – PALSAR, có độ phân giải không gian 12,5m được thu nhận ngày 16/1/2009 có số hiệu “AP_18563_FBD_F0260_RT1.dem”.

Dữ liệu DEM nhằm phục vụ phân chia lưu vực và tiểu LVS Lại Giang.

- Dữ liệu đo đạc mặt cắt ngang lòng sông: 18 mặt cắt từ thượng nguồn đến hạ lưu được đo bằng phương pháp đo trực tiếp từ máy toàn đạc điện tử (Hình 1).



Hình 1. Đo mặt cắt ngang lòng sông Lại Giang tại vị trí Trạm thủy văn An Hòa năm 2018

Nguồn ảnh: Ngô Anh Tú

- Dữ liệu mưa từ ảnh vệ tinh: Nghiên cứu sử dụng dữ liệu mưa vệ tinh từ CHIRP do USAID, NASA, và NOAA cung cấp miễn phí với thời kỳ dài (1981 cho đến hiện tại), độ phân giải không gian

(0.05°), độ bao phủ gần như toàn cầu. Kéo dài 50°S - 50°N (và tất cả kinh độ). Dữ liệu mưa theo ngày có thể tải tại địa chỉ: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>.



Hình 2. Số liệu CHIRPS với độ phân giải 0.05 x 0.05 độ kinh/vĩ độ

2.2. Phương pháp sử dụng kỹ thuật GIS

- GIS được sử dụng phục vụ phân chia lưu vực khu vực tính toán, lập mạng lưới làm đầu vào cho mô hình toán từ dữ liệu DEM;

- GIS được sử dụng phân tích và nội suy không gian phân bố lượng mưa, biên tập và lập bản đồ.

2.3. Phương pháp mô hình toán

Nhằm tính toán dòng chảy từ mưa thượng nguồn đến hạ lưu sông Lại Giang. Bài báo đề xuất phương pháp mô hình toán áp dụng mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy thông qua sơ đồ như sau:



Hình 3. Mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy

Quy trình tính toán có thể theo Hình 3 được thể hiện các bước như sau:

Tính lớp dòng chảy: $Y = X - P$ (1.1)

Trong đó: X - lượng mưa (mm), Y - độ sâu dòng chảy (mm) và P - tồn thất (mm).

- *Tính lượng mưa trung bình (X):* Các trạm đo mưa nằm trên lưu vực và các trạm nằm lân cận lưu vực có thể được sử dụng để tính toán lượng mưa bình quân lưu vực. Có rất nhiều phương pháp để tính lượng mưa trung bình trên lưu vực: phương pháp đường đẳng trị mưa, phương pháp đa giác Thiessen, phương pháp nội suy... Trong bài báo này, chúng tôi chọn phương pháp nội suy IDW - Inverse Distance Weighting (Shepard, 1986).

LVS Lại Giang được phân chia thành 9 tiểu lưu vực, do đó, lượng mưa bình quân lưu vực được tính:

$$X_{tb} = \frac{\sum_i (w_i \sum_i x_i(t))}{\sum_i x_i} \quad (1.2)$$

Trong đó: X_{tb} - lượng mưa bình quân lưu vực, $x_i(t)$ - lượng mưa đo thời gian t tại trạm i , w_i - yếu tố trọng số tại trạm thứ i (USACE, 2000).

- *Tính toán tính tồn thất (P):* Trong mô hình HEC-HMS, nước mưa diên trũng và thấm được gọi là lượng tồn thất. Cụ thể nước mưa có thể tồn đọng cục bộ trên bề mặt đất, kẽ hở, vết nứt trên mặt đất hay đọng lại trên lá cây (USACE, 2000). Năm 1972, cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ đã phát triển ra một phương pháp tính toán tồn thất dòng chảy từ mưa với tên gọi SCS và được thể hiện qua công thức sau:

$$P_e = \frac{(P - 0,2)^2}{P + 0,8S} \quad (1.3)$$

Trong đó, P_e - độ sâu dòng chảy mặt, P - lượng mưa tích lũy, S - Khả năng giữ nước tối đa của đất (Schulze, Schmidt & Smithers, 1992).

Trong phương pháp SCS, lượng mưa tồn thất ban đầu có mối quan hệ kinh nghiệm $I_a = 0,2 * S$ với I_a - tồn thất ban đầu (USACE, 2000). Mặt khác, khả năng giữ nước tối đa của đất (S) có mối quan hệ với hệ số đường cong CN (Curve Number) thông qua phương trình:

$$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \quad (1.4)$$

Với CN cung cấp thông tin khả năng thấm nước của đất (Soulis và Valiantzas, 2012). Giá trị CN thường có giá trị từ 0

đến 100 (CN = 100 bề mặt không thấm nước hoặc mặt nước, CN < 100 bề mặt tự nhiên) và có thể tìm trong bộ tài liệu NEH (*National Engineering Handbook*) do cơ

quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ lập thành bảng tính sẵn dựa trên phân loại đất và tình hình sử dụng đất (USDA, 2000). Đất được phân thành 4 nhóm như Bảng 2 sau:

Bảng 2. Khả năng thấm nước của đất (Skaggs và Khaleel, 1982)

Nhóm	Mô tả	Tỷ lệ tổn thất (cm/giờ)
A	Cát tầng sâu, hoàng thổ sâu và phù sa kết tập	0,762 - 1,143
B	Hoàng thổ nông, đất mùn pha cát	0,381 - 0,762
C	Mùn pha sét, mùn pha cát tầng nông, đất có hàm lượng chất hữu cơ thấp và đất pha sét cao	0,127 - 0,381
D	Đất nở ra rõ rệt khi ướt, đất sét dẻo nặng và đất nhiễm mặn	0,00 - 0,127

- *Tính toán chuyển đổi dòng chảy* (Y): Sử dụng phương pháp đường đơn vị tổng hợp Snyder (theo công thức 1.5).

$$Y_p = 0.75C_i(L \times L_c)^{0.3} \quad (1.5)$$

Trong đó: Y_p thời gian trễ tính từ lúc xảy ra đỉnh mưa đến lúc xảy ra đỉnh lũ; C_i hệ số phụ thuộc vào độ dốc và khả năng trữ nước của lưu vực, khoảng 0,4 - 0,8

Bảng 3. Dòng chảy ngầm ổn định LVS Lại Giang (Nguyễn Tân Hương và cs., 2005)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qb (m ³ .s ⁻¹)	15,3	10,2	6,59	5,2	6,12	5,75	4,75	4,3	8,07	46,2	58,8	28,6

- *Diễn toán dòng chảy (Q-m³/s):* Dùng để tính toán sự di chuyển sóng lũ qua đoạn sông và hồ chứa dựa trên phương trình liên tục và các quan hệ giữa lưu lượng và lượng trữ. Bài báo sử dụng phương pháp Muskingum - Cunge có công thức như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c \frac{\partial Q}{\partial x} = \mu \frac{\partial Q}{\partial x^2} + cq_L \quad (1.6)$$

(Miller và Cunge, 1975)

Trong đó: Q lưu lượng dòng vào m³/s; c tốc độ sóng động học, được tính

$$c = \frac{dQ}{dA} \quad (1.7)$$

(Bedient và Huber, 1992); L chiều dài sông chính từ đầu nguồn đến tuyến cửa ra của lưu vực; L_c chiều dài từ tuyến cửa ra đến vị trí trọng tâm của lưu vực.

- *Tính dòng chảy ngầm (q_p):* Sử dụng dòng chảy ngầm ổn định trong một tháng cụ thể tại tất cả các bước thời gian tính toán.

A diện tích mặt ngang trung bình (m²); μ hệ số khuếch tán thủy lực:

$$\mu = \frac{Q}{2BS_o} \quad (1.8)$$

B chiều rộng của mặt nước; q_L lượng nhập khu giữa; x khoảng cách dọc theo chiều dài sông (m); y độ sâu dòng chảy (m); S_o độ dốc ma sát; S_r độ dốc đáy sông (USACE, 2000).

- *Đánh giá mô hình:* Hiệu quả mô phỏng của mô hình HEC-HMS được đánh giá dựa trên các thông số như: hệ số tương quan (R^2), chỉ số hiệu quả Nash - Sutcliffe (NSE), phần trăm sai số (PBIAS) và sai số đỉnh lũ (PEC).

Bảng 4. Các chỉ số thống kê kiểm định mô hình (Xuan và cs., 2016).

Chỉ số thống kê	Đơn vị	Hàm số	Giới hạn	Giá trị tối ưu
NSE	-	$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - R_{m,i})^2}{\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - \bar{R}_o)^2}$	$-\infty \div 1$	1
PBIAS	%	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - R_{m,i})}{\sum_{i=1}^n R_{0,i}} \times 100\%$	$-\infty \div \infty$	0
PEC	-	$PEC = \frac{(\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - R_{m,i})^2 * R_{0,i})^{0.25}}{(\sum_{i=1}^n (R_{0,i}))^{0.5}}$	$-\infty \div \infty$	0
R	%	$R = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - \bar{R}_o)(R_{m,i} - \bar{R}_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{0,i} - \bar{R}_o)^2 \sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2}}$	$-1 \div 1$	1

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khái quát về khu vực nghiên cứu



Hình 4. Sơ đồ lưu vực sông Lại Giang

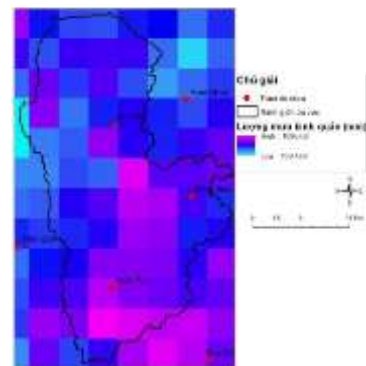
Sông Lại Giang là con sông lớn thứ hai nằm ở phía Bắc tỉnh Bình Định, sông có diện tích lưu vực khoảng 1,466 km², chiều dài sông chính 85 km. Sông bắt nguồn từ miền núi phía Bắc huyện An Lão, có độ cao từ 400 - 825 m, độ cao trung bình của lưu vực là 300 m, độ dốc bình quân của lưu vực nhỏ hơn 22%. Sông gồm hai nhánh sông lớn chính là sông An Lão và sông Kim Sơn.

Ở thượng nguồn nhánh sông An Lão chảy theo hướng Nam - Bắc, sau khi ra khỏi xã An Dũng thuộc huyện An Lão sông chuyển hướng Tây Bắc - Đông Nam. Nhánh sông Kim Sơn bắt nguồn tại xã Ân Nghĩa thuộc huyện Hoài Ân, sông chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam cho đến

khí gặp nhánh An Lão tại vùng giáp ranh giữa hai huyện Hoài Ân và thị xã Hoài Nhơn thì sông chảy theo hướng Tây Nam - Đông Bắc rồi đổ ra Biển Đông qua cửa An Dũ.

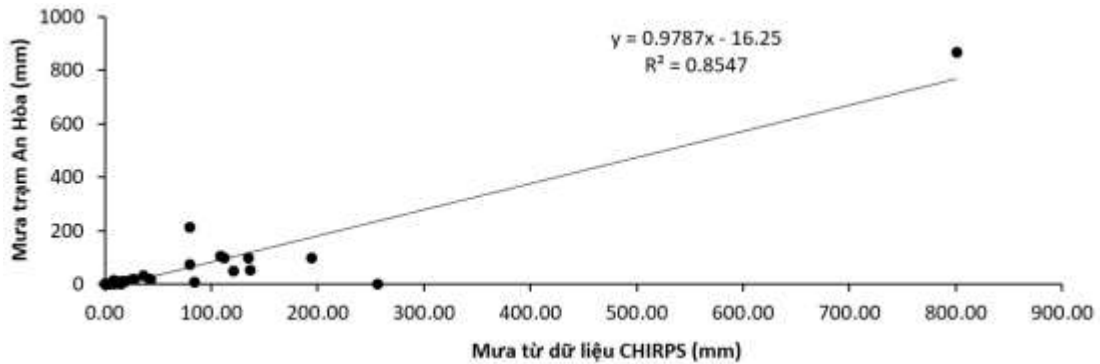
3.2. Tính toán lượng mưa trung bình (X) của LVS Lại Giang

Sử dụng số liệu mưa CHIRPS từ ảnh vệ tinh thời đoạn ngày trong tháng 12 năm 2016-vận dụng phần mềm QGIS nhằm tính toán được lượng mưa trung bình kết quả như hình sau:



Hình 5. Lượng mưa trung bình lưu vực sông Lại Giang trong tháng 12 năm 2016

Sử dụng công thức (1.2) tính toán lượng mưa trung bình của lưu vực cho kết quả $X = 560,15$ mm của tháng 12 năm 2016. Đánh giá kết quả so sánh lượng mưa ngày theo số liệu trạm đo mặt đất tại trạm An Hòa cùng thời điểm với số liệu mưa từ ảnh vệ tinh (CHIRPS). Kết quả so sánh cho thấy hệ số tương quan R^2 đạt 0,85.



Hình 6. Tương quan lượng mưa từ ảnh vệ tinh với trạm đo An Hòa (ngày 01÷31/12/2016)

3.3. Thiết lập sơ đồ dòng chảy mô hình thủy văn



Hình 7. Mô phỏng sơ đồ dòng chảy LVS Lai Giang trên mô hình HEC-HMS

Sử dụng mô hình thủy văn HEC-HMS tiến hành tạo sơ đồ dòng chảy, các trạm đo thủy văn và cửa xả của LVS Lai Giang (Hình 7).

LVS Lai Giang có hai nguồn và hợp lưu từ hai nhánh sông An Lão và sông Kim Sơn tại vị trí Hợp lưu 1 (Hình 7). Dựa trên đặc điểm địa hình, lưu vực được chia thành 9 tiểu lưu vực (xem Bảng 5).

3.4. Tính toán hệ số tổn thất (P)

Hệ số tổn thất dòng chảy LVS Lai Giang được xác định theo công thức (1.3) và thể hiện qua Bảng 5.

Bảng 5. Tính toán các thông số của tổn thất (P)

Tiểu lưu vực	A_i (km ²)	CNi Trung bình	Khả năng giữ nước tối đa của đất - S	Tổn thất - I_a
1	114,4	80	63,5	12,7
2	197,1	81	59,6	11,9
3	71,7	80	63,5	12,7
4	217,8	80	63,5	12,7
5	161,5	85	44,8	9,0
6	192,2	75	84,7	16,9
7	96,2	78	71,6	14,3
8	204,7	75	84,7	16,9
9	148,2	70	108,9	21,8

3.5. Kết quả tính toán chuyển đổi dòng chảy (Y)

Thông qua kỹ thuật GIS và công thức (1.5), hệ số L_i - chiều dài sông chính

từ đầu nguồn đến cửa ra của tiểu lưu vực thứ i và L_{ci} - chiều dài từ cửa ra đến vị trí trọng tâm của tiểu lưu vực thứ i .

Bảng 6. Hệ số Snyder lưu vực sông Lại Giang

Tiêu lưu vực	Hệ số			
	L_{ci} (km)	L_i (km)	C_t	Y_p (giờ)
1	7,60	10,08	0,70	1,93
2	10,00	20,27	0,60	2,21
3	5,00	1,84	0,60	0,88
4	12,40	18,60	0,70	2,69
5	7,60	5,89	0,60	1,41
6	10,40	25,76	0,40	1,61
7	5,70	11,73	0,50	1,32
8	10,10	25,18	0,40	1,58
9	8,00	15,89	0,40	1,28

3.6. Kết quả diễn toán dòng chảy

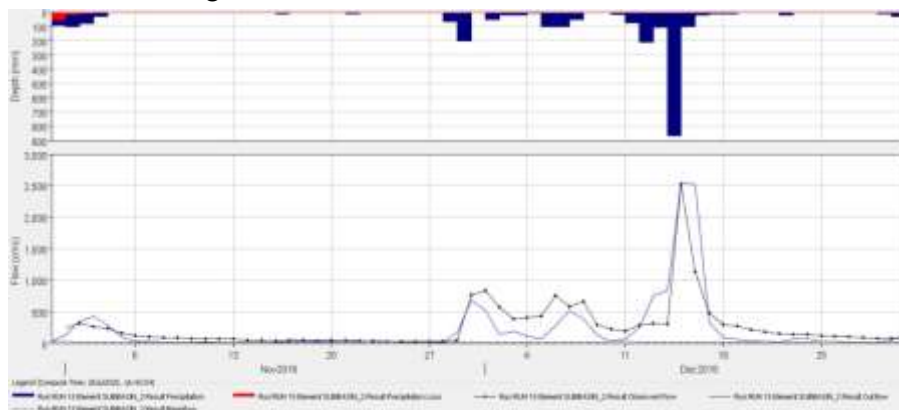
Công việc diễn toán dòng chảy ở LVS Lại Giang cần phải ước tính độ nhám dòng chảy (Manning: n) thông qua công thức của Strickler ($K = 1/n$). Với K là hệ số

nhám và phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm độ gồ ghề bề mặt và hạt của cuội sỏi trên bề mặt lòng dẫn (Tinkler, 1997; Chanson, 2004). Giá trị hệ số K được tính toán qua Bảng 7.

Bảng 7. Giá trị độ nhám K (Tinkler, 1997; Sepaskhah và Bondar, 2002)

Độ nhám dòng chảy	Hệ số K ($m^{1/3}/s$)
Bờ kè/đê bằng bê tông, độ nhám rất trơn	$75 \div 100$
Bờ kè/đê bằng bê tông, độ nhám trung bình	$50 \div 75$
Hai bên bờ sông kè bằng đất	$30 \div 50$
Hai bên bờ sông là sỏi, bờ chạy theo đường thẳng và đồng nhất	$40 \div 50$
Dòng sông ngoằn ngoèo và khúc khuỷu	$30 \div 40$
Dòng chảy gặp chướng ngại vật	$20 \div 30$

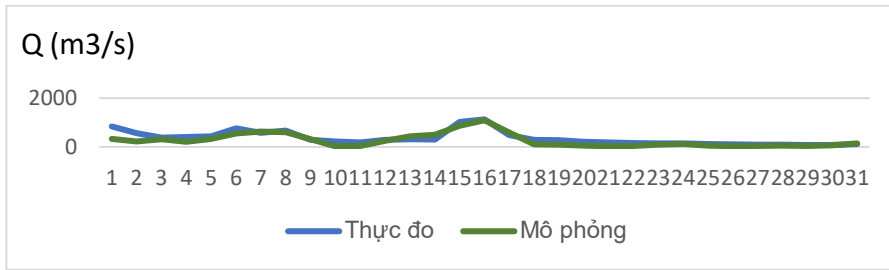
Kết quả tính theo mô hình HEC-HMS tại trạm thủy văn An Hòa thuộc vùng hạ lưu của LVS Lại Giang như hình sau:

**Hình 8.** Kết quả tính toán lượng dòng chảy trạm An Hòa (30/11 ÷ 31/12/2016)

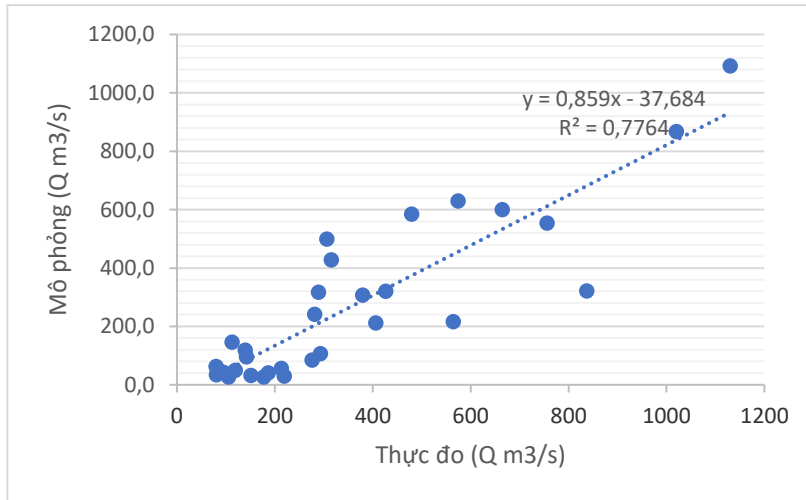
Từ kết quả mô phỏng kết hợp điều tra thực tế thời điểm lũ lên cho thấy, đỉnh lũ tại trạm An Hòa vào khoảng thời gian từ 20h00 đến 22h00 ngày 15/12/2016 với lưu lượng dòng chảy lớn nhất đạt $2542,60 m^3.s^{-1}$ tương đương lượng mưa (ngày) đo được tại trạm An Hòa $800,80 mm$ và từ số liệu mưa (ngày) vệ tinh của CHIRPS khoảng $868,30 mm$ (Hình 8).

3.7. Kiểm định mô hình

Do mạng lưới trạm trên lưu vực rất thưa thớt, chỉ có một trạm đo lưu lượng dòng chảy tại thủy văn An Hòa, bài báo sử dụng các chỉ số thống kê như NSE, PBIAS, PEC, R^2 kết hợp đường quá trình lũ như Hình 9 và Hình 10.



Hình 9. So sánh lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng từ ngày 01 ÷ 31/12/2016



Hình 10. Tương quan R^2 lưu lượng thực đo so với lưu lượng mô phỏng

Đối với chỉ số $R^2 = 0,78$ (Hình 10) cho thấy đường lưu lượng thực đo và mô phỏng từ mô hình HEC-HMS cơ bản tương đồng nhau. Bên cạnh đó, với chỉ số NSE có giá trị 0,93; chỉ số PBIAS = 24%, sai số đỉnh lũ (PEC) = 52,01. Với những thông số

kiểm định như trên, có thể khẳng định kết quả mô phỏng lũ năm 2016 tại LVS Lại Giang khá chính xác và có thể áp dụng trong việc khôi phục số liệu dòng chảy lũ theo các năm khác nhau tại lưu vực này.

Bảng 8. Kiểm định và hiệu chỉnh mô hình HEC-HMS tại trạm An Hòa

Tham số kiểm định	Kiểm định	Giá trị tối ưu
NSE	0,93	1
PBIAS	24%	0%
R^2	0,78	1
PEC	52,01	0

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã áp dụng thành công chuyển đổi mô phỏng số liệu mưa - dòng chảy nhằm khôi phục số liệu dòng chảy lũ năm 2016 ở LVS Lại Giang dựa trên số liệu mưa từ nguồn CHIRPS kết hợp mô hình thủy văn HEC-HMS. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đường quá trình lũ khá phù hợp với kết quả thực đo, các số liệu kiểm định sử dụng trong mô hình đã đánh giá kết quả khá tốt cho thấy

khả năng ứng dụng của số liệu mưa từ vệ tinh nhằm khôi phục số liệu cho những lưu vực không có các trạm đo mưa và đo lưu lượng dòng chảy rất khả quan. Ngoài ra, độ chính xác của mô phỏng phụ thuộc nhiều vào cơ sở dữ liệu đầu vào như mật độ mặt cắt ngang lòng sông, dòng chảy ngầm, lớp phủ mặt đất và đặc biệt là địa hình cần phải cập nhật và có tỷ lệ lớn.

LỜI CẢM ƠN

Kết quả này thuộc một phần đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng số liệu mưa từ ảnh vệ tinh radar và mô hình toán trong dự báo nhanh nguy cơ lũ lụt (Nghiên cứu điển hình lưu vực sông Lại Giang tỉnh Bình Định”. Mã số: B2020-DQN-03 do Trường Đại học Quy Nhơn làm đơn vị chủ trì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

Bộ Tài nguyên và Môi trường. (26/12/2018).

Thông tư số 30/2018/TT-BTNMT ngày 26 tháng 12 năm 2018 quy định kỹ thuật về quan trắc và cung cấp thông tin, dữ liệu khí tượng thủy văn đối với trạm khí tượng thủy văn chuyên dùng. Khai thác từ <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/tai-nguyen-moi-truong/Thong-tu-30-2018-TT-BTNMT-ky-thuat-quan-trac-doi-voi-tram-khi-tuong-thuy-van-chuyen-dung-404795.aspx>

Nguyễn Tấn Hương, Thiệu Quang Tân, Trần Sỹ Dũng, Thân Văn Đón, Lê Văn Dũng, Nguyễn Ngọc Quỳnh, Nguyễn Trung Thiếp, Võ Anh Kiệt, Nguyễn Văn Lý và Lương Ngọc Lũy. (2005). *Đặc điểm khí tượng thủy văn tỉnh Bình Định*. Đề tài Khoa học và Công nghệ tỉnh Bình Định.

Bùi Anh Kiệt. (2018). Xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Lại Giang, tỉnh Bình Định. *Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật xây dựng công trình thủy, Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng*.

Lê Văn Nghinh, Phạm Xuân Hòa và Nguyễn Đức Hạnh. (2014). Ứng dụng mô hình HEC-HMS tính toán lũ trên các sông tỉnh Quảng Trị và Bình Định. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường Trường Đại học Thủy Lợi*.

Nguyễn Thanh Sơn và Nguyễn Quốc Anh. (2015). Khai thác sử dụng số liệu mưa vệ tinh trong dự báo lũ lưu vực sông Mê Kông (từ Chiang Saen đến Strung Streng). *Tạp chí Khoa học: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 31(3S), 222 - 230.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Bedient, P. B., & Huber, W. C. (1992). *Hydrology and Floodplain Analysis*, 2nd Ed. Addison-Wesley Publishing Co., New York, 692p.

Chanson, H. (2004). *The hydraulics of open channel flow: an introduction*. British Library Cataloguing in Publication Data, second edition, p650.

Cyndi, V. C., & David, R. M. (2020). GIS preprocessing for rapid initialization of HEC-HMS hydrological basin models using web-based data services. *Environmental Modelling & Software*, 130, 104732.

Halwatura, D., Najim, M. M. M. (2013). Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment. *Environmental Modelling & Software*, 46, 155 - 162.

Schulze, R. E., Schmidt, E. J., & Smithers, J. C. (1992). *PC Based SCS Design Flood Estimates for Small Catchments in Southern Africa, SCS- SA User Manual*. Pietermaritzburg, South Africa, University of Kwa-Zulu-Natal, Department of Agricultural Engineering, Report No.40, p78.

Sepaskhah, A. R., & Bondar, H. (2002). Estimation of Manning Roughness Coefficient for Bare and Vegetated Furrow. *Biosystems Engineering*, 82(3), 351 - 357.

Shepard, D. (1986). *A two-dimensional interpolation function for irregularly - spaced data*. Proceedings of the 1968 ACM National Conference, 517 - 524.

Skaggs, R. W., & Khaleel, R. (1982). Infiltration, Hydrologic modeling of small watersheds. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, MI, 4 - 166.

Soulis and Valiantzas. (2012). SCS Curve Number Method. Retrieved July 20, 2020, from <https://engineering.purdue.edu/mapserve/LT/HIA7/documentation/scs.htm>

Tinkler, K. J. (1997). Critical flow in rockbed streams with estimated values for Manning's n. *Geomorphology*, 20, 147 - 164.

USACE - United States Army Corp of Engineering. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical reference manual*. 148p.

Xuan, Ji., Yungang, L., Xian, L., Daming, H., Ruoyu, G., Jing, W., Yang, B., Caiyun, Y., & Chang, L. (2016). Evaluation of bias correction methods for APHRODITE data to improve hydrologic simulation in a large Himalayan basin. *Atmospheric Research*, 242(15), 104964.