

Bài báo khoa học

Đánh giá hệ thống giám sát lũ toàn cầu GFMS cho thành phố Hà Tĩnh

Nguyễn Ý Như^{1*}, Trần Nhân Nghĩa², Phạm Văn Giang², Tạ Đăng Quốc Vũ², Nguyễn Thị Liên¹, Lê Hà My³, Nguyễn Thu Lan⁴

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; nguyennhu@hus.edu.vn; liennt1@hus.edu.vn

² Chi cục Thủy lợi TPHCM; nhanngiahatinh@gmail.com; phamgiang.pclb@gmail.com; tadangquocvu@gmail.com

³ Trung tâm Nghiên cứu Thủy văn Hải văn, Viện Khoa học KTTV và BĐKH; lehamy0703@gmail.com

⁴ Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; nguyenslandbbb@gmail.com

*Tác giả liên hệ: nguyennhu@hus.edu.vn; Tel.: +84-869110757

Ban Biên tập nhận bài: 15/7/2022; Ngày phản biện xong: 20/8/2022; Ngày đăng bài: 25/8/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu cung cấp đánh giá ban đầu về khả năng ước tính mưa và tính toán lũ, ngập lụt cho thành phố Hà Tĩnh của hệ thống giám sát lũ toàn cầu (GFMS). Hệ thống GFMS được tích hợp với mô hình thủy văn VIC tính toán dòng chảy sử dụng mưa vệ tinh TRMM (TMPA). Kết quả cho thấy ở quy mô khu vực, TMPA và mưa quan trắc có tương quan cao và chỉ số NASH cho kết quả tốt (trên 0,8), mặc dù TMPA xác định sai một số trận mưa có cường độ nhỏ. Lưu lượng tính toán bởi hệ thống GFMS được so sánh với lưu lượng tính toán từ mô hình MIKE-NAM cho thành phố Hà Tĩnh. Phân tích đường quá trình lưu lượng tính toán cho thành phố Hà Tĩnh cho thấy GFMS cho kết quả tính toán tốt yếu tố dòng chảy sinh ra bởi các đợt mưa lớn với giá trị tương quan, và chỉ số NASH cao (đều trên 0,9) và PBIAS thấp (khoảng 10%); tuy nhiên, khả năng mô phỏng độ sâu ngập lụt thấp hơn đáng kể khi so sánh với số liệu vết lũ thu thập được. Hiệu quả hoạt động của hệ thống GFMS thay đổi theo từng khu vực khí hậu thủy văn, do đó, kết quả của nghiên cứu sẽ cung cấp thông tin hữu ích cho các nghiên cứu sâu hơn nhằm cải thiện hệ thống GFMS phục vụ cho công tác giám sát, dự báo lũ lụt trên toàn cầu.

Từ khóa: GFMS; Vệ tinh; Lũ lụt; Hà Tĩnh.

1. Mở đầu

Lũ lụt thường xuyên xảy ra, gây tác động lớn đến con người và các hoạt động kinh tế xã hội. Con số này đang ngày càng gia tăng dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu [1]. Các hệ thống cảnh báo lũ sớm được thiết lập nhằm giảm thiểu nguy cơ do lũ lụt gây ra. Khả năng và độ tin cậy của những hệ thống cảnh báo sớm này phụ thuộc vào các nguồn dữ liệu đầu vào sẵn có (ví dụ dữ liệu mưa có độ chính xác cao). Tuy nhiên, thu thập số liệu mưa có độ chính xác cao đang là một thách thức, đặc biệt ở những khu vực địa hình phức tạp, ở các nước đang phát triển, nơi mạng lưới quan trắc thưa thớt hoặc không có.

Với sự phát triển của công nghệ, mưa vệ tinh gần thời gian thực với độ bao phủ bán toàn cầu [2-3] được cung cấp với độ phân giải cao đem lại tiềm năng trong giám sát, cảnh báo lũ

sớm. Nhiều nghiên cứu đã thực hiện đánh giá, xem xét khả năng sử dụng của nhiều sản phẩm mưa vệ tinh trong ứng dụng thủy văn trên nhiều quy mô khác nhau, ví dụ như quy mô toàn cầu [4–5], quy mô châu lục [6–7], quy mô khu vực [8–9], quy mô quốc gia [10–12], và quy mô lưu vực sông [13–24]. Ở quy mô toàn cầu, [5] đã đánh giá phiên bản trước của GFMS, kết hợp mô hình thủy văn lưới [25] với sản phẩm mưa TMPA 3B42V6. [5] kết luận GFMS có khả năng xác định tốt hơn với các trận lũ diễn ra trong thời gian dài và gây ngập lụt trên diện rộng, đồng thời sự xuất hiện của hệ thống hồ chứa tác động lớn đến độ chính xác của hệ thống GFMS. Ở quy mô lưu vực, [22] sử dụng hệ thống mô hình thủy văn GeoSFM sử dụng mưa vệ tinh để dự báo dòng chảy cho lưu vực sông Bagmati, Nepal và cũng cho kết quả phù hợp tốt giữa lưu lượng quan trắc và tính toán. [20] mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực sông Mã sử dụng mưa thực đo và GSMaP_NRT làm đầu vào cho mô hình thủy văn IFAS đã kết luận sử dụng dữ liệu GSMaP_NRT cho kết quả tốt hơn so với sử dụng mưa thực đo ở những vùng thiếu hoặc không có số liệu. Nhìn chung, các nghiên cứu đều đưa ra kết luận rằng mặc dù các ước tính sử dụng mưa vệ tinh có sai số đáng kể, nhưng mưa vệ tinh vẫn là sản phẩm rất hữu ích làm đầu vào cho các mô hình thủy văn cho các lưu vực không có hoặc thiếu số liệu quan trắc. Do giới hạn ở một hoặc một số lưu vực, các nghiên cứu trên đa phần cung cấp những đánh giá sâu về thủy văn ở quy mô địa phương hoặc khu vực. Sự phát triển của sản phẩm mưa vệ tinh cũng như bộ dữ liệu không gian địa lý trên toàn cầu cho các ứng dụng thủy văn làm tăng khả năng thiết lập các hệ thống giám sát lũ lụt toàn cầu. Trên cơ sở đó, một vài hệ thống giám sát lũ toàn cầu đã được vận hành như hệ thống GFMS [26], GFM [27] tuy nhiên, mức độ phù hợp của hệ thống giám sát lũ toàn cầu vẫn chưa được hiểu rõ.

GFMS là hệ thống giám sát lũ lụt toàn cầu gần thời gian thực dựa trên vệ tinh (<http://flood.umd.edu>). Trong hệ thống này, mô hình thủy văn VIC được tích hợp để tính toán dòng chảy. Đầu vào quan trọng cho hệ thống là mưa đa vệ tinh TRMM của NASA (TMPA; [3, 28]). Mô hình VIC đã được áp dụng thành công trong nhiều nghiên cứu về thủy văn và quản lý tài nguyên nước, bao gồm cả lũ lụt, đặc biệt ở các khu vực miền núi [5, 29–31]. Vì thế mục tiêu của nghiên cứu này là đưa ra những đánh giá ban đầu về hoạt động của hệ thống GFMS trong ước tính mưa và dự báo lũ lụt đối với khu vực có địa hình phức tạp như Hà Tĩnh, miền Trung Việt Nam. Do hiệu quả của hệ thống GFMS khác nhau theo từng khu vực và đặc điểm khí hậu thủy văn, do đó nghiên cứu này sẽ góp phần cung cấp thông tin hữu ích về các điểm mạnh và hạn chế của hệ thống GFMS hiện tại cho khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng của lũ lụt, hướng đến cải thiện độ chính xác cho hệ thống GFMS trong tương lai.

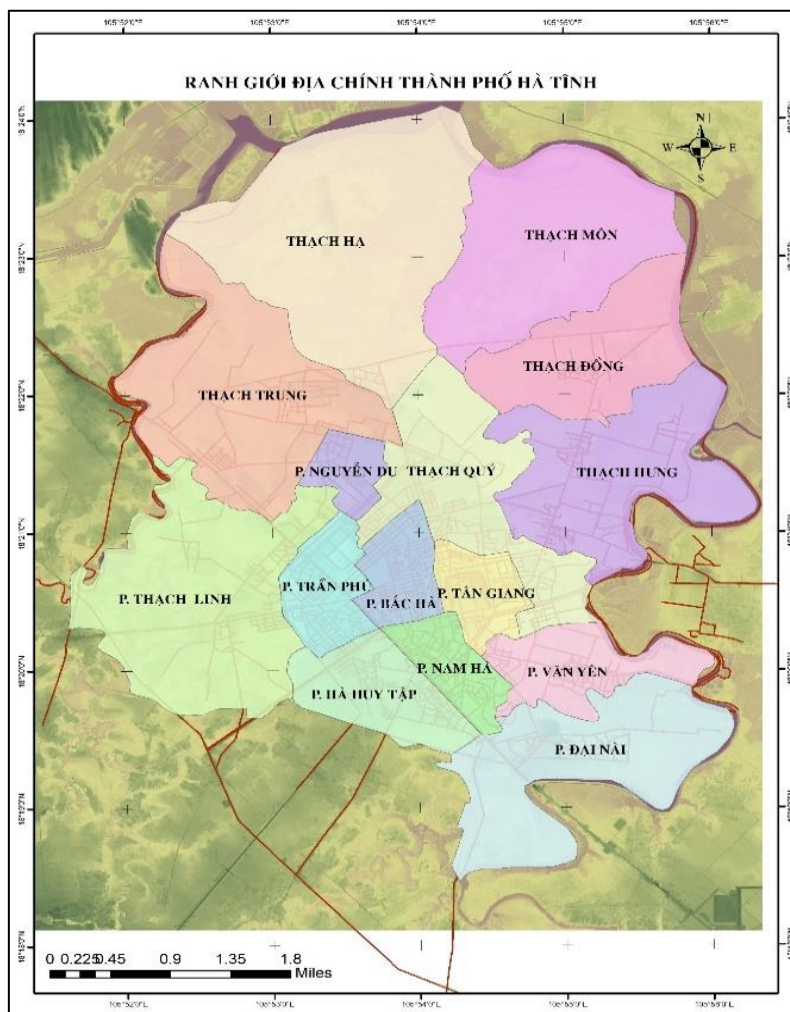
2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu thu thập

2.1. Khu vực nghiên cứu

Hà Tĩnh thuộc vùng đồng bằng ven biển miền Trung, nơi có mạng lưới sông ngắn và dốc. Nằm trong vùng có lượng mưa khá phong phú, trung bình năm đạt từ 2.300–3.200 mm (Hình 1). Lưu vực không có trạm quan trắc lưu lượng nhưng có hệ thống trạm quan trắc mưa do đó phù hợp để thực hiện đánh giá ban đầu về hoạt động của hệ thống giám sát lũ lụt toàn cầu.

Với những đặc điểm về vị trí địa lý, Hà Tĩnh là nơi thường xuyên chịu ảnh hưởng của bão và áp thấp nhiệt đới. Lượng mưa ngày, 3 ngày, và 5 ngày lớn nhất tại Hà Tĩnh có xu thế tăng đáng kể. Lượng mưa ngày lớn nhất đạt 455,6mm (năm 2010), lượng mưa 3 ngày lớn nhất vượt 870 mm (năm 2016), và lượng mưa 5 ngày lớn nhất đạt trên 930 mm (năm 2016).

Đợt mưa lớn ngày 13–16/10/2016 đã khiến toàn Hà Tĩnh ngập sâu. Mức ngập đã lên đến 0,4 m chỉ sau 1 giờ mưa lớn, có những nơi ngập gần 1m. Năm 2020, đợt mưa lượn từ 22h ngày 18/10 tới 4h ngày 19/10, lượng mưa trong 6h đã lên đến 110–170 mm. Độ sâu ngập từ 0,3 – 0,7 m trên toàn thành phố [32].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.2. Dữ liệu mưa

Mưa quan trắc: Số liệu mưa ngày tại trạm Hà Tĩnh được thu thập từ Trung tâm dữ liệu, Viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Dữ liệu quan trắc tại trạm Hà Tĩnh được sử dụng để đánh giá khả năng ước tính mưa từ hệ thống GFMS.

Mưa hệ thống GFMS: Dữ liệu phân tích mưa đa vệ tinh (TMPA) TRMM [3, 28] cung cấp ước tính mưa thông qua tổng hợp và hiệu chỉnh thông tin từ nhiều vệ tinh cũng như các trạm đo mưa thu thập 3 giờ một lần, độ phân giải $0,25 \times 0,25$ trong dải vĩ độ $50^\circ N - 50^\circ S$.

2.3. Dữ liệu lũ

Thành phố Hà Tĩnh không có trạm đo lưu lượng, chỉ có trạm đo mực nước vì vậy không có số liệu lưu lượng quan trắc. Vì thế, để đánh giá dòng chảy dự báo từ hệ thống GFMS, lưu lượng tính toán từ mô hình NAM được sử dụng. Nghiên cứu đã kế thừa bộ mô hình NAM đã được hiệu chỉnh, kiểm định và đồng hiệu chỉnh, kiểm định kết hợp với mô hình MIKE 11 từ dự án Tư vấn kỹ thuật về mô hình thủy văn/thủy lực lưu vực sông Rào Cái do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam thực hiện [33].

Hai trận lũ lớn 9/2019, và 9/2020 thu thập được từ Urenco Hà Tĩnh thể hiện độ sâu ngập thực đo tại một số vị trí điển hình (Bảng 1, 2). Tất nhiên, dữ liệu Urenco [34] có những hạn chế nhất định. Thời điểm và vị trí chính xác của lũ lụt có thể không được biết chính xác. Nghiên cứu kỳ vọng hai sự kiện lũ lụt cực đoan này được thể hiện khá tốt trong dữ liệu thu thập được và việc so sánh hai tập dữ liệu là có độ tin cậy nhất định.

Bảng 1. Độ sâu ngập thực đo theo vết lũ trận ngập 5/9/2019 [34].

TT	Vị trí	Giờ kiểm tra	Độ sâu ngập (m)
1	Khu Sông Đà		
	Đường Hà Tông Trình giao Lê Duẩn (phía bắc)	6h00	0,27
	Đường Dương Trí Trạch giao Lê Quảng Chí	6h00	0,07
2	Đường Lê Duẩn		
	Giao Lê Quảng Chí	6h00	0,10
	Giáp Hà Tông Trình	6h00	0,38
	Giao Vũ Quang	6h00	0,20
	Đổi diện Hà Tông Trình	6h00	0,45
3	Đường Lê Ninh		
	Giao Hải Thượng Lãn Ông	6h00	0,58
4	Đường Xô Viết Nghệ Tĩnh		
	Giáp đường Lê Ninh		0,11
5	Đường Nguyễn Du		
	Giao với Nguyễn Công Trứ (Phía nam)	6h00	0,22
	Giao với Nguyễn Công Trứ (Phía bắc)	6h00	0,24
	Giao đường Trần Phú	6h00	0,29
	Giao đường Lê Ninh	6h00	0,43

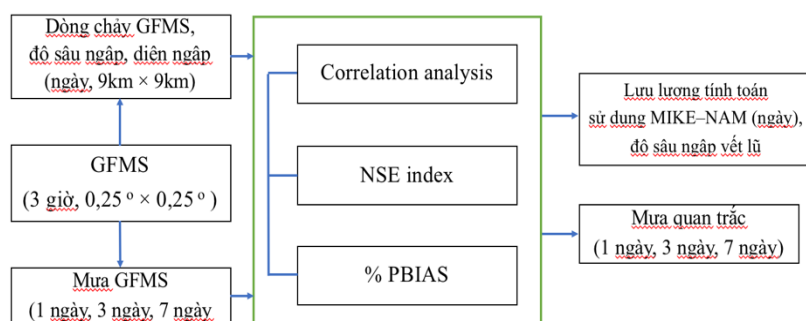
Bảng 2. Độ sâu ngập thực đo theo vết lũ trận ngập 18/9/2020 [34].

TT	Vị trí	Độ sâu ngập thực đo (m)
	Đường Nguyễn Công Trứ	
1	Giao Nguyễn Du 1	0,48
2	Giao Nguyễn Du 2	0,48
3	Giao đường Trung Tiết	0,12
4	Giao HTLO	0,24
5	Điểm kiểm tra mực nước: Trường Lê Bình	0,35
6	Điểm kiểm tra mực nước: Số nhà 83	0,25
	Đường Nguyễn Du	
7	Mương giáp 1A	0,44
8	Giao 1 Lê Ninh	0,53
9	Giao 2 Lê Ninh	0,53
10	Giao NCT 1	0,48
11	Giao NCT 2	0,48
	Đường Hải Thượng Lãn Ông	
12	Mương giáp 1A	0,24
13	Giao 1 Lê Ninh	0,26
14	Giao 2 Lê Ninh	0,26
15	Giáp Nguyễn Công Trứ phía đông	0,24
	Đường Lê Ninh	
16	Giao HTLO	0,39
17	Giao Nguyễn Du	0,41
18	Giao Huy Cận	0,07
19	Giao XVNT (Nam)	0,28

TT	Vị trí	Độ sâu ngập thực đo (m)
20	Giao XVNT (Bắc) Đường Xô Viết Nghệ Tĩnh	0,29
21	Giao Nguyễn Huy Tụ 1	0,46
22	Giao Nguyễn Huy Tụ 2	0,46
23	Giao Nguyễn Công Trứ Đường Lê Duẩn	0,44
24	giao Nguyễn hằng chi 1	0,20
25	giao Nguyễn hằng chi 2	0,20
26	Giao Lê Quảng Chí 1	0,34
27	Giao Lê Quảng Chí 2	0,34
28	Đầu ngõ 03	0,44
29	Đầu ngõ 03	0,44
30	Giao Hà Tông Trình 1	0,42
31	Giao Hà Tông Trình 2	0,42
32	Giao Vũ Quang Khu Sông Đà	0,31
33	Cuối đường Lê Quảng Chí	0,39
34	Cột đèn 15C Hà Tông Trình Đường Nguyễn Thị Minh Khai	0,3
35	Giáp Trần Phú	0,28
36	Giao nương ADB Đường Phan Đình Phùng	0,46
37	Giao Nguyễn Công Trứ	0,30
38	Giao Phan Đình Giót Đường Nguyễn Chí Thanh	0,30
39	Giao Phan Đình Phùng	0,20

2.4. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá hoạt động của hệ thống GFMS trong khả năng phát hiện các sự kiện mưa lũ và tính toán dòng chảy, nghiên cứu đã thực hiện: (1) đánh giá khả năng ước tính mưa từ hai đợt mưa 9/2019 và 9/2020 của hệ thống GFMS so với mưa quan trắc; (2) đánh giá khả năng mô phỏng dòng chảy của mô hình hệ thống thông qua số liệu đợt lũ tháng 9/2020 từ mô hình MIKE-NAM cho khu vực Hà Tĩnh và số liệu vết lũ thu thập được từ URESO Hà Tĩnh theo các chỉ số thống kê (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ đánh giá hệ thống GFMS.

Việc đánh giá mức độ chính xác lượng mưa TMPA so với mưa quan trắc là cần thiết vì sai số mưa TMPA sẽ chuyển trực tiếp vào đầu ra của mô hình thủy văn. Hai đợt mưa lớn tháng 9 năm 2019 và tháng 9 năm 2020 được lựa chọn dựa trên tính sẵn có của dữ liệu. Các dữ liệu được tổng hợp theo bước thời gian ngày, 3 ngày và 7 ngày. Các chỉ số thống kê định lượng bao gồm hệ số tương quan (R^2), độ chệch phần trăm (% PBias) và chỉ tiêu Nash (NSE) được sử dụng.

Hệ số tương quan bao giờ cũng dương và nằm trong phạm vi từ 0 đến 1. Giá trị R^2 lớn hay nhỏ thể hiện quan hệ giữa dự báo và thực đo. Các tính chất của hệ số tương quan R^2 :

- + Nếu $R^2 = 0$ thì không có tương quan tuyến tính.
- + Nếu R^2 càng gần đến 1 tương quan càng chặt
- + Nếu $R^2 = 1$ tương quan hoàn hảo.

Chỉ tiêu NSE:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \tag{1}$$

Trong đó Y_i là giá trị thực đo; \bar{Y} là giá trị trung bình của số liệu thực đo; Y'_i là giá trị tính toán.

Chỉ tiêu PBIAS: cho biết số liệu dự báo là lớn hơn hay nhỏ hơn so với số liệu quan trắc. Chỉ tiêu này chỉ sử dụng trong đánh giá dòng chảy.

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i) \times 100}{\sum_{i=1}^n Y_i} \tag{2}$$

Trong đó Y_i là giá trị thực đo; Y'_i là giá trị dự báo, tính toán; Khoảng giá trị: $-\infty \rightarrow +\infty$.

Bảng 3. Chỉ tiêu thống kê đánh giá mức độ tin cậy [21].

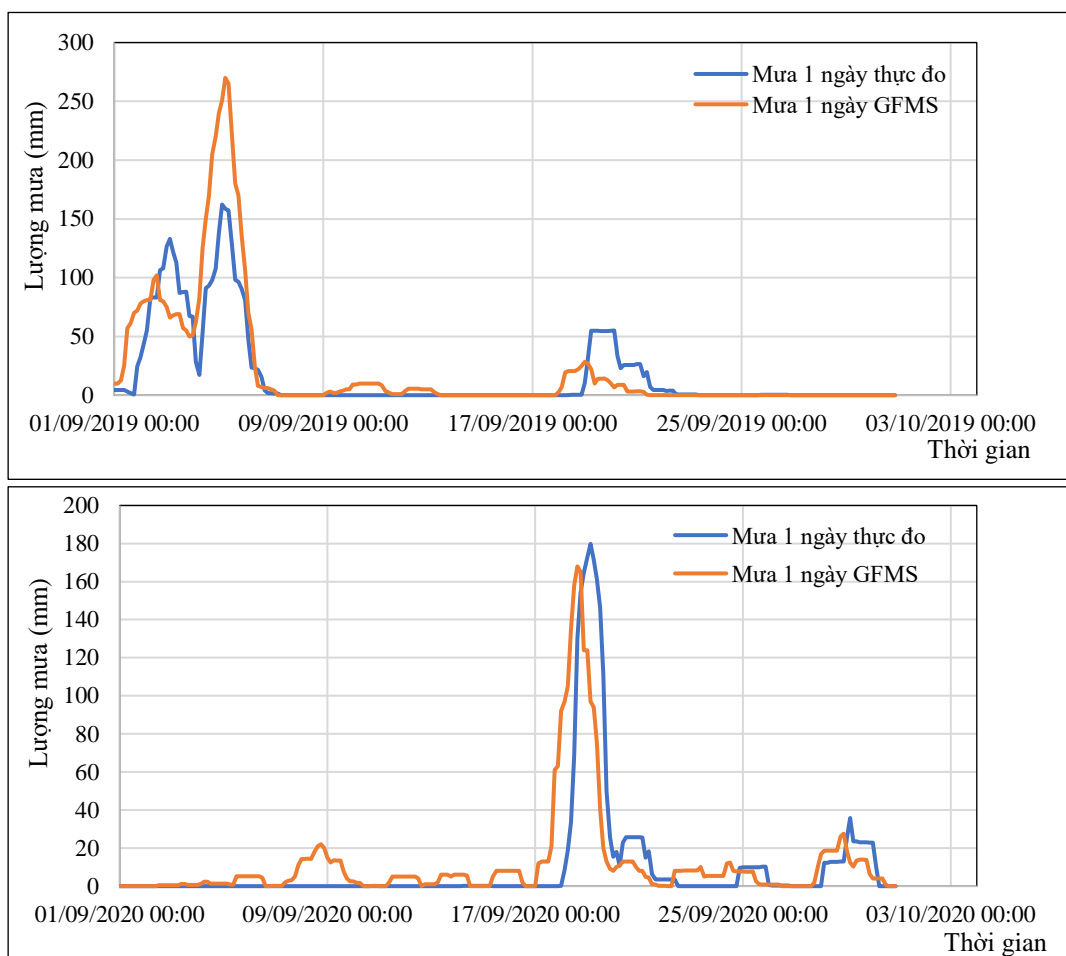
Mức độ	NSE và R^2	PBIAS (%)
Rất tốt	$0,75 < NSE \ \& \ R^2 \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$
Tốt	$0,65 < NSE \ \& \ R^2 \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Đạt	$0,5 < NSE \ \& \ R^2 \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Không đạt	$NSE \ \& \ R^2 \leq 0,5$	$PBIAS \geq \pm 25$

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá khả năng ước tính mưa

Sự xuất hiện và cường độ mưa theo ngày ở khu vực Hà Tĩnh từ hệ thống GFMS được đánh giá so với mưa quan trắc. Mưa ngày được xác định theo mưa trung bình khu vực nghiên cứu.

Biểu đồ mưa ngày GFMS và mưa quan trắc ở khu vực Hà Tĩnh tương ứng với 2 trận mưa 9/2019 và 9/2020 được thể hiện trên Hình 3a–3b. Hình 3a cho thấy rằng TMPA ước tính thiên cao lượng mưa từ 30% đến 60%, tương đương khoảng 107,2 mm so với mưa quan trắc với trận mưa có cường độ vừa (khoảng 150 mm/ngày), chỉ số Nash chỉ đạt 43% nhưng hệ số tương quan tương đối tốt, đạt 0,74. Tương quan tương đối cao cho thấy sự phù hợp tốt về thời gian của TMPA và các trận mưa quan trắc.



Hình 3. Biểu đồ so sánh quá trình mưa ngày thực đo và mưa ngày từ GFMS (a) trận mưa tháng 9/2019 (b) trận mưa tháng 9/2020.

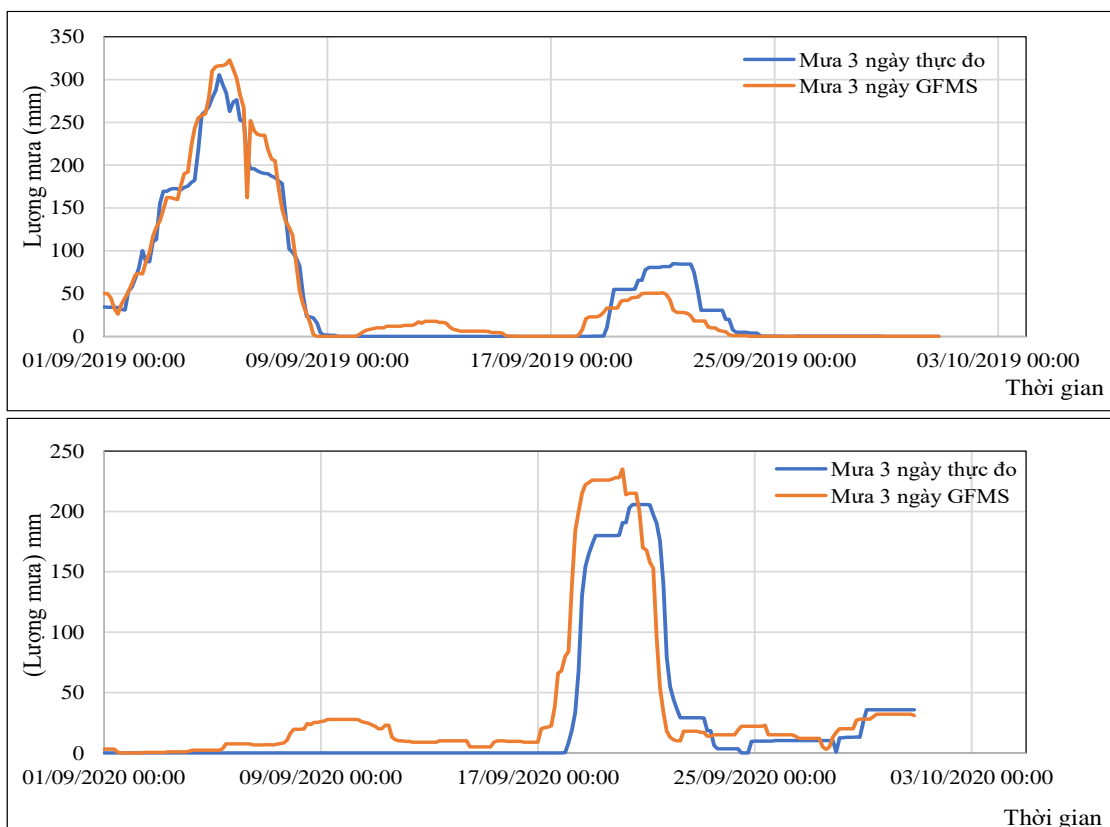
Với trận mưa cường độ lớn (khoảng 200 mm/ngày), TMPA cho thấy độ chênh lệch chỉ khoảng 10%, ước tính lượng mưa TMPA thiên thấp so với quan trắc. Mưa thực đo cao hơn đỉnh mưa từ GFMS khoảng 11.8 mm với hệ số Nash đạt 51%, hệ số tương quan R^2 là 0,53 (Bảng 4). Trận mưa 2020 cho thấy tương quan thời gian không tốt giữa các sự kiện mưa TMPA so với quan trắc.

Trong hình 3a–3b, cho thấy sự chênh lệch, tính theo giờ, giữa thời gian đỉnh mưa từ hệ thống GFMS và thực đo. Đỉnh mưa hệ thống GFMS xuất hiện sớm hơn đỉnh mưa thực đo 3 tiếng.

Có thể thấy, đối với trận mưa có cường độ nhỏ, TMPA có xu thế thiên cao (lên đến 60% chênh lệch), do đó sẽ có khả năng dẫn đến ước tính lượng dòng chảy mô phỏng theo GFMS cao hơn. Kết quả này cho thấy ước tính mưa TMPA vừa thiên thấp, nhưng cũng thiên cao so với mưa quan trắc tùy theo cường độ mưa. Hơn nữa, sản phẩm TMPA có xu thế ghi lại dấu vết các sự kiện mưa cục bộ, lượng mưa nhỏ mà không được ghi lại trong chuỗi dữ liệu quan trắc. Xu thế này cũng tương đồng với kết quả của nghiên cứu trước [35]. [35] kết luận rằng TMPA đánh giá quá cao lượng mưa trên lưu vực Flint.

Bảng 4. Kết quả chỉ tiêu thống kê với mưa 1 ngày.

Chỉ tiêu	Năm 2019	Năm 2020
Nash (NSE)	0,43	0,51
R^2	0,74	0,53



Hình 4. Quá trình mưa 3 ngày thực đo và mưa 3 ngày từ GFMS (a) trận mưa tháng 9/2019 (b) tháng 9/2020.

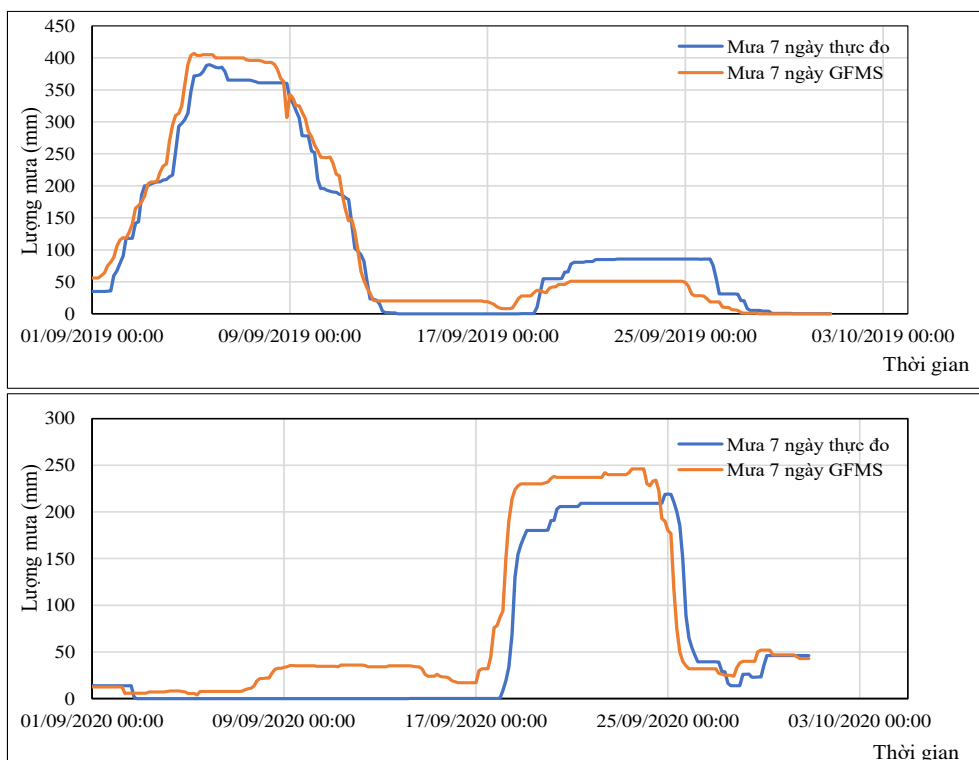
Biểu đồ hình 4 cho thấy tính phù hợp tốt giữa TMPA và mưa quan trắc tăng lên khi bước thời gian tăng từ mưa ngày lên mưa 3 ngày. Đường quá trình mưa TMPA và thực đo khá tương đồng về hình dạng, giá trị đỉnh mưa chênh lệch không đáng kể, mặc dù ước tính thiên thấp với lượng mưa dưới 100 mm (Hình 3a). Tương quan giữa TMPA và mưa quan trắc đạt 0,95 và 0,81 tương ứng với trận 2019 và 2020. Giá trị tương quan tăng lên đáng kể; đồng thời chỉ số Nash cũng tăng lên đạt 0,94 và 0,74 tương ứng (Bảng 5).

Những kết quả này có thể do ước tính lượng mưa từ vệ tinh dựa trên một ảnh chụp nhanh duy nhất trong khoảng 3 giờ, và do đó có khả năng ảnh vệ tinh đã bỏ sót đỉnh mưa; trong khi mưa quan trắc là tổng lượng mưa liên tục trong khoảng thời gian 3 giờ. Đối với các sự kiện mưa lớn, quan trắc và TMPA cho kết quả tương đồng tốt về sự xuất hiện của các sự kiện với sai số tương đối nhỏ. Kết quả này cũng đã được khẳng định trong nghiên cứu [36]. Phân tích trên chỉ ra rằng cường độ mưa là yếu tố quan trọng, ảnh hưởng đến độ chính xác của hệ thống GFMS trong ước tính mưa phục vụ dự báo lũ lụt.

Bảng 5. Kết quả các chỉ tiêu thống kê với mưa 3 ngày.

Chỉ tiêu	Năm 2019	Năm 2020
Nash (NSE)	0,94	0,74
R ²	0,95	0,81

Hình 5 thể hiện biểu đồ lượng mưa 7 ngày của hệ thống GFMS và mưa quan trắc. Giá trị tương quan và chỉ số Nash đều cao hơn cho thấy khả năng xác định lượng mưa của hệ thống GFMS càng tốt với mưa có bước thời gian càng dài (Bảng 6). Kết quả cho thấy khả năng xác định của hệ thống cũng tốt hơn đối với mưa cường độ nhỏ (khoảng 50 mm). Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu về hệ thống GFMS trên thế giới [36–37].



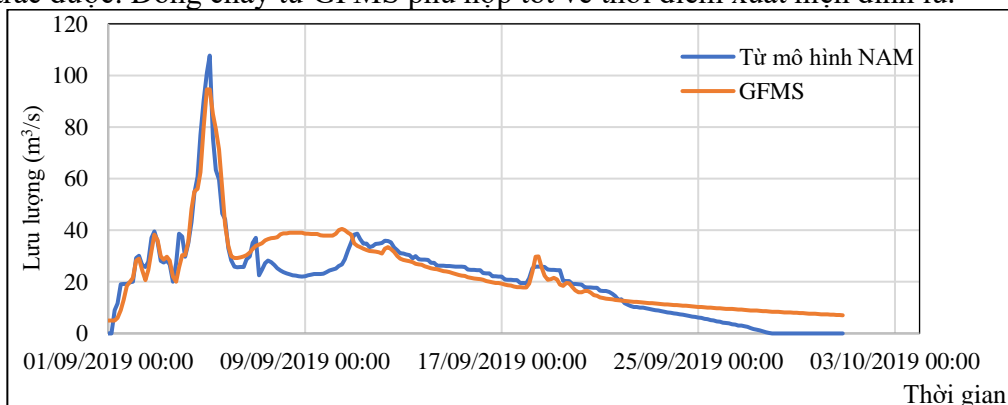
Hình 5. Quá trình mưa 7 ngày thực đo và mưa 7 ngày từ GFMS (a) trận mưa tháng 9/2019 (b) tháng 9/2020.

Bảng 6. Kết quả các chỉ tiêu thống kê đối với mưa 7 ngày.

Chỉ tiêu	Năm 2019	Năm 2020
Nash (NSE)	0.96	0.81
R ²	0.96	0.88

3.2. Đánh giá khả năng tính toán dòng chảy

Khả năng dự báo lũ lụt của GFMS được đánh giá so với lưu lượng tính toán từ mô hình MIKE-NAM và số liệu điều tra vết lũ sử dụng các chỉ số thống kê. Hình 6 cho thấy đường quá trình dòng chảy từ hệ thống GFMS phù hợp tốt với kết quả mô hình NAM. Các chỉ số thống kê đều cho kết quả khá tốt (Bảng 7). Chỉ số thống kê PBias cho thấy rằng GFMS đánh giá thấp dòng chảy khoảng 11% so với mô hình NAM. Giá trị tương quan và hệ số Nash đều cao, trên 0.8 cho thấy dòng chảy từ hệ thống GFMS rất phù hợp với dòng chảy tính toán từ mô hình NAM. Có thể thấy rằng dòng chảy được mô phỏng tương đối tốt theo các đợt mưa quan trắc được. Dòng chảy từ GFMS phù hợp tốt về thời điểm xuất hiện đỉnh lũ.



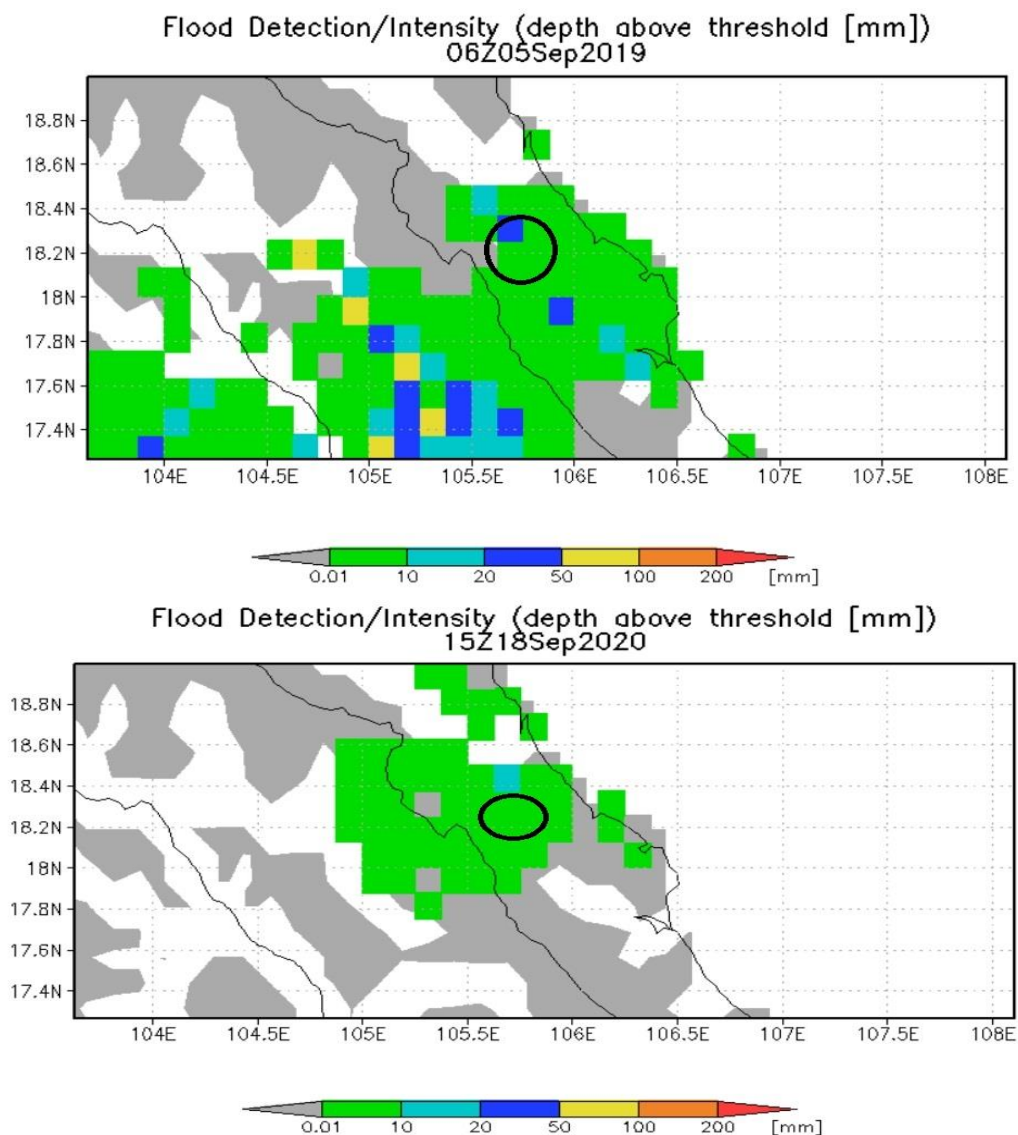
Hình 6. Lưu lượng tính toán sử dụng mô hình NAM và GFMS đợt lũ tháng 9/2019.

Bảng 7. Kết quả các chỉ tiêu thống kê so sánh dòng chảy từ mô hình NAM và từ hệ thống GFMS.

Chỉ tiêu	Nash	R ²	PBIAS	Chênh lệch đỉnh lũ (m ³ /s)
Năm 2019	0,83	0,85	-11.1	13.1

Tuy nhiên, lưu lượng đỉnh quan sát được xuất hiện vài giờ sau khi xuất hiện đỉnh mưa. Trong khi đỉnh dòng chảy theo GFMS xảy ra vào cùng thời điểm xuất hiện đỉnh mưa. Kết quả này có khả năng do ảnh hưởng của mạng lưới sông khi tính toán cho lưu vực nhỏ, thời gian chảy truyền ngắn, thành phần dòng chảy cơ sở nhỏ.

Hình 7 thể hiện phân bố độ sâu ngập theo không gian của đợt ngập lụt 5/9/2019. Điểm đánh dấu tròn trong hình 7 thể hiện vùng ngập theo mô hình GFMS.



Hình 7. Kết quả dự báo ngập lụt từ hệ thống GFMS vào lúc (a) 6h ngày 5/9/2019 (b) 15h ngày 18/9/2020.

Độ sâu ngập tính toán theo GFMS cho khu vực thành phố Hà Tĩnh biến đổi trong khoảng 0,01–50 mm, giá trị này khá thấp so với thực đo, mức độ chênh lệch lớn. Theo bảng số liệu độ sâu ngập thực đo vào lúc 6h ngày 5/9/2019 (Bảng 1) thì có thể thấy thành phố Hà Tĩnh ngập tại nhiều vị trí, độ sâu ngập từ 0,07–0,58 m. Đợt ngập lụt 18/9/2020 cũng cho kết quả tương tự, theo GFMS đợt mưa lũ này gây ngập toàn thành phố, tuy nhiên độ sâu ngập dao động trong khoảng 0,01–20 mm, độ sâu ngập thấp hơn đáng kể so với thực đo, mức độ chênh lệch

lớn. Theo bảng số liệu độ sâu ngập thực đo vào 18/9/2020 thì có thể thấy thành phố Hà Tĩnh ngập tại nhiều vị trí, độ sâu ngập từ 0,07–0,53 m (Bảng 2). Như vậy GFMS có khả năng xác định được ngập lụt xuất hiện ở thành phố Hà Tĩnh, mặc dù có xu thế thiên thấp.

Những hạn chế trong mô phỏng lũ lụt được mô tả ở trên có thể là do mô hình thủy văn được sử dụng cũng như ước tính lượng mưa dựa trên TMPA. Thứ nhất, độ phân giải thô của nó không đủ để thể hiện yếu tố địa hình phức tạp và cơ chế hình thành dòng chảy của khu vực nhỏ. Thứ hai, vì hiệu chỉnh sản phẩm mưa TMPA được thực hiện theo bước thời gian tháng, nên có khả năng với những trận mưa lớn, thường xuyên theo bước thời gian 3 giờ bị giảm xuống. Do đó, sản phẩm TMPA có khả năng cung cấp mưa thiên thấp cho mô hình thủy văn.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đưa ra đánh giá ban đầu về hệ thống giám sát lũ lụt toàn cầu gần thời gian thực dựa trên sản phẩm mưa vệ tinh (GFMS) được phát triển bởi [26] và hoạt động tại <http://flood.umd.edu>. Mục tiêu đầu tiên của nghiên cứu là đánh giá khả năng ước tính lượng mưa vệ tinh dựa trên TMPA (đầu vào quan trọng của hệ thống) so với số liệu quan trắc. Đánh giá định lượng sản phẩm TMPA cho khu vực Hà Tĩnh cho thấy lượng mưa TMPA có tương quan tốt (nói chung là hệ số tương quan khoảng 0,8) so với mưa quan trắc, chỉ số Nash cũng tương đối tốt (khoảng 0,8), mặc dù ước tính lượng mưa dựa trên TMPA có thể dẫn đến một số sự kiện mưa bị sai, đặc biệt là mưa cường độ nhỏ. Việc tăng quy mô về thời gian cho thấy tăng hiệu quả tính toán của hệ thống GFMS, cho thấy rằng sản phẩm TMPA có triển vọng trong dự báo mưa quy mô dài cho các lưu vực nhỏ.

Mục tiêu thứ hai là xem xét khả năng dự báo dòng chảy của GFMS so với lưu lượng tính toán từ mô hình thủy văn MIKE–NAM và dữ liệu vết lũ thu thập được tại thành phố Hà Tĩnh. Phân tích ở quy mô lưu vực nhỏ cho thấy GFMS có khả năng tính toán lưu lượng do các đợt mưa lớn tạo ra với giá trị tương quan cao (trên 0,9), độ chênh lệch cũng tương đối nhỏ (giá trị PBIAS chỉ khoảng 10%); tuy nhiên, hiệu suất mô phỏng độ sâu ngập lụt bị thiên thấp so với thực tế. Có thể thấy rằng hệ thống giám sát lũ lụt toàn cầu được điều khiển bởi lượng mưa vệ tinh đã đi kèm với sai số cộng thêm mô hình thủy văn là tổng hợp sai số do cấu trúc mô hình và các sai số trong ước tính lượng mưa.

Nghiên cứu này chỉ mới dừng lại ở đánh giá với vài trận mưa và ngập lụt thu thập được. Việc thực hiện thêm đánh giá hoạt động của hệ thống GFMS dựa trên số lượng lớn các đợt mưa lũ với các cường độ khác nhau là cần thiết để tăng độ tin cậy cho các đánh giá về hoạt động của hệ thống GFMS. Mặc dù nghiên cứu này còn nhiều hạn chế, đặc biệt là hạn chế về dữ liệu quan trắc theo không gian và thời gian sử dụng trong đánh giá mô hình, nhưng kết quả nghiên cứu này đã cung cấp thông tin ban đầu về tiềm năng của hệ thống GFMS, tạo tiền đề cho các nghiên cứu sâu hơn. Hơn nữa, khả năng của hệ thống GFMS thay đổi theo đặc điểm khí tượng thủy văn, vì thế việc mở rộng cho các lưu vực khác nằm trong các vùng khí hậu thủy văn khác nhau sẽ cung cấp thêm thông tin cho các nghiên cứu sâu hơn, góp phần cải thiện hệ thống GFMS trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng, lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.Y.N.; Tất cả các thành viên đều tham gia vào quá trình tính toán, viết và chỉnh sửa bản thảo.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. World Disasters Report. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2012, pp. 260–281.
2. Joyce, R.J.; Janowiak, J.E.; Arkin, P.A.; Xie, P. CMORPH: a method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *J. Hydrometeorol.* 2004, 5, 487–503.

3. Huffman, G.J.; Adler, R.F.; Bolvin, D.T.; Gu, G.J.; Nelkin, E.J.; Bowman, K.P.; Hong, Y.; Stocker, E.F.; Wolff, D.B. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined sensor precipitation estimates at fine scales. *J. Hydrometeorol.* **2007**, *8*, 38–55.
4. Yong B.; Liu, D.; Gourley, J.J.; Tian, Y.; Huffman, G.J.; Ren, L.; Hong, Y. Global View Of Real-Time Trmm Multisatellite Precipitation Analysis: Implications For Its Successor Global Precipitation Measurement Mission. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **2015**, *96*(2), 283–296.
5. Wu, H.; Adler R.F.; Hong, Y.; Tian, Y.; Policelli, F. Evaluation of global flood detection using satellite-based rainfall and a hydrologic model. *J. Hydrometeorol.* **2012**, *13*, 1268–1284. doi:10.1175/JHM-D-11-087.1.
6. Awange, J.L.; Ferreira, V.G.; Forootan, E.; Andam-Akorful, S.A.; Agutu, N.O.; He, X.F. Uncertainties in remotely sensed precipitation data over Africa. *Int. J. Climatol.* **2016**, *36*(1), 303–323.
7. Negrón Juárez, R.I.; Li, W.; Fu, R.; Fernandes, K.; de Oliveira Cardoso, A. Comparison of Precipitation Datasets over the Tropical South American and African Continents. *J. Hydrometeorol.* **2009**, *10*(1) 289–299.
8. Prakash, S.; Mitra, A.K.; Rajagopal, E.N.; Pai, D. S. Assessment of TRMM-based TMPA-3B42 and GSMaP precipitation products over India for the peak southwest monsoon season. *Int. J. Climatol.* **2016**, *36*(4), 1614–1631.
9. Guo, H.; Chen, S.; Bao, A.; Hu, J.; Gebregiorgis, A.S.; Xue, X.; Zhang, X. Inter-comparison of high-resolution satellite precipitation products over Central Asia. *Remote Sens.* **2015**, *7*(6), 7181–7211.
10. Duan, Z.; Bastiaanssen, W.G.M. First results from Version 7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling–calibration procedure. *Remote Sens. Environ.* **2013**, *131*, 1–13.
11. Tuo, Y.; Duan, Z.; Disse, M.; Chiogna G. Evaluation of precipitation input for SWAT modeling in Alpine catchment: A case study in the Adige river basin (Italy). *Sci. Total Environ.* **2016**, *573*, 66–82.
12. Krakauer, N.Y.; Pradhanang, S.M.; Lakhankar, T.; Jha, A.K. Evaluating satellite products for precipitation estimation in mountain regions: A case study for Nepal. *Remote Sens.* **2013**, *5*(8), 4107–4123.
13. Wang, W.; Lu, H.; Yang, D.; Sothea, K.; Jiao, B.; Peng, X.; Pang, Z. Modelling hydrologic processes in the Mekong River basin using a distributed model driven by satellite precipitation and rain gauge observations. *PLoS ONE.* **2016**, *11*(3), 1–19.
14. Ren, P.; Li, J.; Feng, P.; Guo, Y.; Ma, Q. Evaluation of Multiple Satellite Precipitation Products and Their Use in Hydrological Modelling over the Luanhe River Basin, China. *Water* **2018**, *10*(6), 677.
15. Sơn, N.T.; Anh, N.Q. Khai thác sử dụng số liệu mưa vệ tinh trong dự báo lũ lưu vực sông Mê Kông (từ Chiang Saen đến Strung Streng). *Tap chí Khoa học: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2015**, *31*(3S), 222–230.
16. Kiên, N.T.; Thành, L.Đ.; Sơn, L.H. Nghiên cứu ứng dụng tính toán dự báo lũ sông Mê Công từ mưa vệ tinh SRE và TRMM. *Tuyên tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2014.* **2014**, 471–474.
17. Phương, N.A.; Hải, C.H.; Cường, T.M.; Như, T.Q.; Anh, P.N.; Linh, B.H. Nghiên cứu ứng dụng một số công nghệ viễn thám trong giám sát, dự báo tài nguyên nước. *Tài liệu hội thảo khoa học chào mừng 75 năm ngày truyền thống ngành khí tượng thủy văn Việt Nam.* **2020**, 107–117.
18. Kiên, N.T. Nghiên cứu ứng dụng số liệu mưa vệ tinh mô phỏng lũ khu vực trung lưu sông Mã. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *709*, 51–62.

19. Yilmaz, K.K.; Hogue, T.S.; Hsu, K.L.; Sorooshian, S.; Gupta, H.V.; Wagener, T. Intercomparison of rain gauge, radar, and satellite-based precipitation estimates with emphasis on hydrologic forecasting. *J. Hydrometeorol.* **2005**, *6*, 497–517.
20. Harris, A.; Hossain, F. Investigating the optimal configuration of conceptual hydrologic models for satellite-rainfall-based flood prediction. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* **2008**, *5*, 532–536.
21. Kha, D.D.; Anh, T.N.; Nguyen, N.Y.; Bui, D.D.; Srinivasan, R. Evaluation of Grid-Based Rainfall Products and Water Balances over the Mekong River Basin. *Remote Sens.* **2020**, *12(11)*. <https://doi.org/10.3390/rs12111858>.
22. Shrestha, M.S.; Artan, G.A.; Bajracharya, S.R.; Sharma, R.R. Using satellite-based rainfall estimates for streamflow modelling: Bagmati Basin. *J. Flood Risk Manage.* **2020**, *1(2)*, 89–99. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2008.00011.x>.
23. Pan, M.; Li, H.; Wood E. Assessing the skill of satellite-based precipitation estimates in hydrologic applications. *Water Resour. Res.* **2010**, *46*, W09535, <https://doi.org/10.1029/2009WR008290>.
24. Su, F.G.; Gao, H.; Huffman, G.J.; Lettenmaier D.P. Potential utility of the real-time TMPA-RT precipitation estimates in streamflow prediction. *J. Hydrometeorol.* **2011**, *12(3)*, 444–455. <https://doi.org/10.1175/2010JHM1353.1>.
25. Wang, J.; Hong, Y.; Jonathan, L.L.; Gourley, J.J.; Khan, S.I.; Yilmaz, K.K.; Adler, R.F.; Policelli, F.S.; Habib, S.; Irwn, D.; Limaye, A.S.; Korme, T.; Okello, L. The coupled routing and excess storage (CREST) distributed hydrological model. *Hydrol. Sci. J.* **2011**, *56(1)*, 84–98.
26. Hong, Y.; Adler, R.F.; Hossain, F.; Curtis, S.; Huffman, G.J. A first approach to global runoff simulation using satellite rainfall estimation. *Water Resour. Res.* **2007**, *43*, W08502. <https://doi.org/10.1029/2006WR005739>.
27. de Bruijn, J.A.; de Moel, H.; Jongman, B.; de Ruiter, M.C.; Wagemaker, J.; Aerts, J.C.J.H. A global database of historic and real-time flood events based on social media. *Sci Data.* **2019**, *6*, 311. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0326-9>.
28. Huffman, G.J.; Adler, R.F.; Bolvin, D.T.; Nelkin, E.J. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA). *Satellite Applications for Surface Hydrology*, F. Hossain and M. Gebremichael (Eds), (Berlin: Springer Verlag). **2010**, 3–22. ISBN: 978-90-481-2914-0.
29. Elsner, M.M.; Cuo, L.; Voisin, N.; Deems, J.; Hamlet, A.F.; Vano, J.A.; Mickelson, K.E.B.; Lee, S.Y.; Lettenmaier D.P. Implications of 21st century climate change for the hydrology of Washington State. *Clim. Change.* **2010**, *102(1–2)*, 225–260, <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9855-0>.
30. Voisin, N.; Pappenberger, F.; Lettenmaier, D.P.; Buizza, R.; Schaake J.C. Application of a medium-range global hydrologic probabilistic forecast scheme to the Ohio River basin. *Weather Forecasting.* **2011**, *26*, 425–446.
31. Christensen, N.; Lettenmaier D.P. A multimodel ensemble approach to assessment of climate change impacts on the hydrology and water resources of the Colorado River basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2007**, *11*, 1417–1434.
32. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Báo cáo kết quả dự án Tư vấn kỹ thuật và phân tích khí hậu hiện tại và tương lai phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước tại Hà Tĩnh. **2016**.
33. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Tư vấn kỹ thuật về mô hình thủy văn/thủy lực lưu vực sông Rào Cái và mô hình thoát nước tại thành phố Hà Tĩnh (**2015–2016**).
34. Urenco Ha Tinh. Công ty TNHH môi trường Đô thị Hà Nội (URENCO). <https://urengo.com.vn/vi/cac-don-vi-thanh-vien/>.

35. Tian, Y.; Peters–Lidard, C.D.; Choudhury, B.J.; Garcia, M. Multitemporal analysis of TRMM–based satellite precipitation products for land data assimilation applications. *J. Hydrometeorol.* **2007**, *8*, 1165–1183.
36. Yilmaz, K.K.; Adler, R.F.; Tian, Y.; Hong Y.; Pierce H.F. Evaluation of a satellite–based global flood monitoring system. *Int. J. Remote Sens.* **2010**, *31(14)*, 3763–3782.
37. Wu, H.; Adler, R.F.; Tian, Y. The Global Flood Monitoring System (GFMS). Using Satellite (and NWP Model) Rainfall and a Hydrological Model. **2014**.

Evaluation of the global flood monitoring system GFMS for Ha Tinh city

Nguyen Y Nhu^{1*}, Tran Nhan Nghia², Pham Van Giang², Ta Dang Quoc Vu², Nguyen Thi Lien¹, Le Ha My³, Nguyen Thu Lan⁴

¹ Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography, Hanoi University of Science, VietNam National University, Hanoi; nguyennhu@hus.edu.vn; liennt1@hus.edu.vn

² HCM City Water Resources Sub–department; nhannghiahatinh@gmail.com; phamgiang.pclb@gmail.com; tadangquocvu@gmail.com

³ Hydrography and Oceanography Research Centre; Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; lehamy0703@gmail.com

⁴ Red River Delta Regional Hydro–Meteorological Center, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; nguyelandbbb@gmail.com

Abstract: This study provides an initial assessment of the ability of the global flood monitoring system (GFMS) to estimate precipitation and streamflow for Ha Tinh city. The GFMS system is integrated with a VIC hydrologic model to transform TRMM Multi–satellite Precipitation Analysis (TMPA) precipitation into run–off. The results indicated that at the regional scale, TMPA and observed precipitation highly match with high correlation and Nash index (above 0.8), although it has a number of false precipitation events with low magnitude. GFMS–based run–off simulations were evaluated using simulated streamflow data form MIKE–NAM model at the outlet of Ha Tinh city. The simulated streamflow for Ha Tinh showed that the GFMS gives good results in simulating the streamflow generated by heavy precipitation with high correlation, high NSE index (both above 0.9) and low PBIAS (around 10%); however, the inundation simulation performance significantly underestimated compared with flood trace. GFMS performance suffers from region–dependent, therefore, these results provide initial information for further research to improve the GFMS system.

Keywords: GFMS; Satellite; Floods; Ha Tinh.