

HIỆU CHỈNH SẢN PHẨM MƯA DỰ BÁO TỔ HỢP PHỤC VỤ CHO BÀI TOÁN DỰ BÁO LŨ LƯU VỰC SÔNG KÔN, TỈNH BÌNH ĐỊNH

Đỗ Anh Đức¹, Nguyễn Thị Thu Hà², Ngô Lê An²

Tóm tắt: Ngày nay, nhiều hệ thống dự báo lũ trên thế giới đang có xu hướng sử dụng các sản phẩm mưa dự báo tổ hợp từ các mô hình dự báo thời tiết số trị (NWP). Tuy nhiên, sản phẩm dự báo mưa tổ hợp này thường có sai số lớn khi so sánh với thực đo và cần phải được hiệu chỉnh trước khi sử dụng trong bài toán dự báo lũ. Nghiên cứu này tập trung đánh giá hiệu quả của phương pháp hiệu chỉnh theo thời gian thực sản phẩm dự báo mưa tổ hợp của trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa của châu Âu (ECMWF) thuộc bộ dữ liệu lưu trữ về dự báo thời tiết số trị toàn cầu THORPEX với độ phân giải không gian là $0,5^0 \times 0,5^0$ cho toàn bộ lưu vực sông Kôn trong thời gian mùa mưa từ 2014-2019. Nghiên cứu sử dụng kỹ thuật hiệu chỉnh phân vị (QM) và kỹ thuật hiệu chỉnh sai số trung bình (DMB) trong lược đồ hiệu chỉnh theo thời gian thực sản phẩm dự báo mưa tổ hợp. Hiệu quả của các kỹ thuật hiệu chỉnh này được đánh giá sử dụng các chỉ số đánh giá khác nhau gồm đánh giá theo dự báo tất định, dự báo lưỡng phân và dự báo xác suất. Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy kỹ thuật hiệu chỉnh QM cho kỹ năng dự báo cao hơn kỹ thuật DMB và hệ thống dự báo thô ở các chỉ số đánh giá theo dự báo lưỡng phân và dự báo xác suất.

Từ khóa: mô hình dự báo thời tiết số trị, lưu vực sông Kôn, hiệu chỉnh mưa dự báo tổ hợp

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, những trận mưa lớn liên tục xuất hiện gây ra hiện tượng lũ lớn và phức tạp trên lưu vực sông tại các tỉnh miền Trung trong đó có lưu vực sông Kôn. Đây là khu vực địa hình phức tạp, sông suối có độ dốc cao xảy ra nhiều trận mưa với cường độ lớn. Trong khi đó, mạng lưới trạm đo mưa còn thưa thớt, đặc biệt vùng thượng nguồn lưu vực, điều này làm cho công tác dự báo lũ, đặc biệt là theo thời gian thực với thời gian dự kiến dài (5-10 ngày) trên lưu vực gặp rất nhiều thách thức. Để vượt qua khó khăn này, hiện nay nhiều hệ thống dự báo lũ trên thế giới đang có xu hướng sử dụng các sản phẩm mưa dự báo tổ hợp từ các mô hình dự báo thời tiết số trị (NWP) để kéo dài thời gian dự báo dòng chảy lũ (Liu và nnk, 2015). Ví dụ về hệ thống dự báo tổ hợp cung cấp sản phẩm mưa dự báo tổ hợp có thể kể đến trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa của châu Âu (ECMWF), Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA), Cơ quan khí tượng Hàn Quốc (KMA), hay Trung tâm quốc gia về hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu (GEFS-

NCEP). Tuy nhiên, các sản phẩm mưa dự báo thô thường có sai số lớn khi so sánh với số liệu quan trắc do không thể mô phỏng một cách hoàn hảo các quá trình vật lý tương tác giữa khí quyển, đại dương và đất trong hệ thống dự báo cơ bản. Do vậy, một số phương pháp hiệu chỉnh thống kê đã được phát triển nhằm cải thiện sản phẩm mưa dự báo tổ hợp của các mô hình số trị trước khi chúng có thể được sử dụng trong dự báo dòng chảy lũ (Sikder và Hossain, 2018). Những kỹ thuật này sử dụng số liệu dự báo trong quá khứ và quan trắc tương ứng để xác định các tham số của một mô hình thống kê mà sau đó các tham số này được sử dụng để hiệu chỉnh giá trị dự báo theo thời gian thực. Trong các ứng dụng liên quan đến thủy văn, kỹ thuật hiệu chỉnh phân vị được áp dụng một cách rộng rãi và phổ biến do tính đơn giản nhưng vẫn hiệu quả của nó đối với đặc tính thống kê của chuỗi khí tượng thủy văn. Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả của kỹ thuật hiệu chỉnh phân vị theo thời gian thực trong việc cải thiện kỹ năng dự báo mưa tổ hợp của mô hình dự báo thời tiết số trị toàn cầu, phục vụ cho dự báo dòng chảy lũ trên lưu vực sông Kôn.

¹ Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo

² Trường Đại học Thủy lợi

2. SỐ LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Số liệu dự báo mưa tổ hợp và số liệu quan trắc cho lưu vực sông Kôn

Sản phẩm mưa dự báo tổ hợp trong nghiên cứu được lấy từ mô hình dự báo thời tiết số trị toàn cầu của Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa của Châu Âu (ECMWF) với độ phân giải không gian là $0.5^0 \times 0.5^0$ ($\sim 54\text{km} \times 54\text{km}$). Số liệu này được lấy trực tiếp từ kho dữ liệu về dự báo tổ hợp vận hành toàn cầu (TIGGE) thuộc Dự án nghiên cứu hệ thống quan trắc và thực nghiệm khả năng dự báo của tổ chức khí tượng thế giới với mục tiêu cung cấp kho dữ liệu về dự báo tổ hợp vận hành (THORPEX) (https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/thorpex_new.html). Sản phẩm dự báo tổ hợp của mô hình ECMWF có 51 thành viên; nghiên cứu sử dụng số liệu mưa dự báo tổ hợp mùa lũ từ năm 2014 – 2019 (từ tháng IX đến hết tháng XII) với thời gian phát báo tại 7:00 sáng giờ địa phương (00:00 UTC), thời gian dự báo lên tới 10 ngày (tương ứng một chu kỳ dự báo) và bước thời gian là 6 giờ. Hình 1 trình bày các ô lưới của mô hình ECMWF cho lưu vực sông Kôn. Như vậy, mỗi một ô lưới của mô hình ECMWF chứa một ma trận dữ liệu với kích thước $732 \times 40 \times 51$ tương ứng với (số ngày dự báo) $\times$ (thời gian dự kiến hay 1 chu kỳ dự báo) $\times$ (số thành viên tổ hợp).

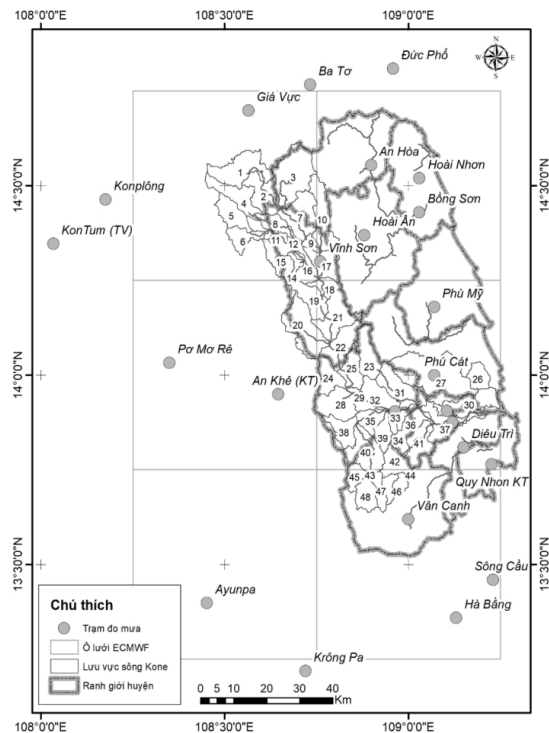
Số liệu mưa thực đo thời đoạn 6 giờ của 24 trạm mưa ở trong và xung quanh lưu vực sông Kôn các tháng mùa lũ (từ tháng IX đến tháng XII) trong các năm từ 2014 tới năm 2019 được sử dụng trong nghiên cứu. Để phục vụ cho bài toán dự báo lũ, một mô hình thủy văn thông số phân bố đã được nhóm tác giả nghiên cứu và phát triển (Đỗ Anh Đức và nnk, 2019) mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Kôn. Toàn bộ lưu vực được chia thành 48 lưu vực nhỏ dựa trên sự tương đồng của địa hình, độ dốc, thảm phủ cũng như là loại đất. Lượng mưa tại từng tiểu lưu vực được ước tính từ các trạm đo mưa thực đo (trong phạm vi 30km) theo phương pháp nội suy nghịch đảo khoảng cách. Do vậy, trong nghiên cứu này, các đánh giá về phương pháp hiệu chỉnh được dựa trên các kết quả tính toán tại lượng mưa trung bình từng tiểu lưu vực thay vì từng trạm đo mưa.

2.2. Chiến lược hiệu chỉnh

Việc hiệu chỉnh sẽ được tiến hành riêng rẽ cho

mỗi tiểu lưu vực của sông Kôn với lượng mưa từ sản phẩm mưa được tính trung bình từng tiểu lưu vực theo phương pháp tỷ lệ diện tích.

Sau đó, sai số của sản phẩm mưa dự báo phụ thuộc vào thời gian dự báo, nên việc hiệu chỉnh dự báo sẽ được tiến hành cho từng thời gian dự báo riêng rẽ.



Hình 1. Vị trí trạm đo mưa, lưu vực bộ phận và ô lưới $0.5^0 \times 0.5^0$ của mô hình ECMWF trên lưu vực sông Kôn

Cuối cùng, việc hiệu chỉnh phải tiến hành theo thời gian thực - có cập nhật số liệu thực đo và dự báo mới nhất cũng như loại bỏ những số liệu cũ sau khi cập nhật. Điều này có nghĩa rằng, ước tính tham số của mô hình hiệu chỉnh là dựa trên số liệu dự báo và thực đo tương ứng từ N ngày dự báo trước thời gian phát báo; thời kỳ N ngày này gọi là thời kỳ *training*. Thời kỳ *training* là một cửa sổ trượt với chiều dài N ngày, và tham số của mô hình hiệu chỉnh phải được cập nhật liên tục cho mỗi thời kỳ dự báo mới hay phát báo mới (Sloughter và nnk., 2007).

2.3. Kỹ thuật hiệu chỉnh sản phẩm mưa dự báo tổ hợp

Các bước của kỹ thuật hiệu chỉnh sản phẩm mưa dự báo tổ hợp theo kỹ thuật **hiệu chỉnh phân vị theo thời gian thực** (gọi tắt là kỹ thuật QM) như sau:

- **Bước 1:** Với mỗi một chu kỳ dự báo mới (00:00UTC), xác định hàm phân phối xác suất lũy tích kinh nghiệm (CDF) của số liệu dự báo mưa tổ hợp và số liệu mưa thực đo cho thời kỳ *training* N ngày trước đó. CDF của chuỗi mưa dự báo X_f tại lượng mưa A_f của thời kỳ *training* được xác định như sau:

$$F_f(A_f) = P(X_f \leq A_f) \quad (1)$$

Hàm nghịch đảo của nó là:

$$A_f = F_f^{-1}(p), p \in [0,1] \quad (2)$$

Tương tự, CDF tương ứng của chuỗi mưa thực đo X_o tại lượng mưa A_o của thời kỳ *training* được xác định như sau:

$$F_o(A_o) = P(X_o \leq A_o) \quad (3)$$

và hàm nghịch đảo của nó là:

$$A_o = F_o^{-1}(p), p \in [0,1] \quad (4)$$

- **Bước 2:** Ứng dụng kỹ thuật hiệu chỉnh phân vị để hiệu chỉnh mỗi thành viên mưa dự báo tổ hợp của chu kỳ dự báo mới sử dụng hàm phân phối xác suất lũy tích kinh nghiệm đã xác định từ thời kỳ *training* N ngày trước đó trong Bước 1. Lượng mưa hiệu chỉnh $A_{f \rightarrow o}^{new}$ của mỗi thành viên trong chu kỳ dự báo mới xác định theo công thức sau: $A_{f \rightarrow o}^{new} = F_o^{-1}[F_f(A_f^{new})]$ (5)

Ngoài ra, nghiên cứu còn so sánh kỹ thuật QM với một kỹ thuật hiệu chỉnh đơn giản là kỹ thuật hiệu chỉnh giá trị trung bình. Hiệu chỉnh giá trị trung bình (gọi tắt là kỹ thuật DMB) tiến hành như sau:

$$DMB_N = \frac{\sum_{t=1}^N \bar{X}_{f,t}}{\sum_{t=1}^N X_{o,t}} \quad (6) \text{ và } A_{f \rightarrow o}^{new} = \frac{A_f^{new}}{DMB_N} \quad (7)$$

Trong đó, $\bar{X}_{f,t}$ là giá trị trung bình tổ hợp của mưa dự báo tại thời điểm t

2.4. Các chỉ số sử dụng trong đánh giá sản phẩm mưa dự báo tổ hợp

2.4.1. Đánh giá theo dự báo tất định

Gọi, f_t là giá trị dự báo lần thứ t, o_t là giá trị thực đo tương ứng, $\bar{f}$ và $\bar{o}$ là giá trị trung bình của dự báo và thực đo cho toàn tập M lần dự báo cần kiểm định. Hệ số tương quan tuyến tính (r_{Pearson}), độ lệch (Bias) và sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE) được tính toán như sau:

$$r_{\text{Pearson}} = \frac{\sum_{t=1}^M (f_t - \bar{f})(o_t - \bar{o})}{\sqrt{\sum_{t=1}^M (f_t - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^M (o_t - \bar{o})^2}} \quad (8)$$

$$\% \text{ Bias} = \left(\frac{\sum_{t=1}^M f_t}{\sum_{t=1}^M o_t} - 1 \right) \times 100 \quad (9)$$

$$\text{và } RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{t=1}^M (f_t - o_t)^2} \quad (10)$$

2.4.2. Đánh giá theo dự báo pha hay còn gọi là dự báo lưỡng phân (có/ không)

Các chỉ số đánh giá dự báo theo dự báo lưỡng phân xuất phát từ bảng tương quan về xuất hiện hay không xuất hiện sự kiện dự báo (ví dụ lượng mưa vượt ngưỡng) như sau:

Bảng 1. Bảng tương quan thể hiện tần suất dự báo “xuất hiện” và “không xuất hiện”

Quan trắc \ Dự báo, cảnh báo	Xuất hiện	Không xuất hiện
Xuất hiện	h	f
Không xuất hiện	m	d

Trong đó: h (hits) = dự báo có + quan trắc có; f (false alarms) = dự báo có + quan trắc không; m (misses) = dự báo không + quan trắc có; d (correct

negatives) = dự báo không + quan trắc không.

Xuất phát từ Bảng 1, Bảng 2 trình bày các chỉ số đánh giá dự báo theo dự báo pha.

Bảng 2. Chỉ số đánh giá theo dự báo pha sử dụng trong nghiên cứu

Chỉ số	Công thức	Tối ưu/ kém
Chỉ số độ lệch (FBI)	$FBI = \frac{h+f}{h+m} \quad (11)$	1/ #1
Xác suất phát hiện (POD)	$POD = \frac{h}{h+m} \quad (12)$	1/ 0
Tỷ phần phát hiện sai (FAR)	$FAR = \frac{f}{h+f} \quad (13)$	0/ 1
Điểm số thành công (CSI)	$CSI = \frac{h}{h+f+m} \quad (14)$	1/ 0
Điểm số thành công hợp lý (ETS)	$ETS = \frac{h-r}{h+f+m-r} \quad (15) \text{ với } r = \frac{(h+f) \times (h+m)}{h+f+m+d} \quad (16)$	1/ <=0

2.4.3. Đánh giá theo dự báo xác suất

a. Điểm số Brier (BS) và điểm số kỹ năng Brier (BSS)

Điểm số BS được xác định theo công thức sau:

$$BS = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M (Y_{f,t} - Y_{o,t})^2 \quad (17)$$

Trong đó, $Y_{f,t}$ là xác suất dự báo của một sự kiện (ví dụ sự kiện lượng mưa dự báo vượt quá một ngưỡng mưa xác định) và $Y_{o,t}$ là giá trị quan trắc tương ứng. Giá trị BS trong khoảng 0 tới 1. Dự báo tối ưu khi BS = 0. Điểm số BS thường khó diễn giải, do vậy, nó thường được chuẩn hóa bởi một giá trị dự báo tham chiếu (BSref) để tạo thành điểm số kỹ năng BSS. Các giá trị dự báo tham chiếu được chọn là một dự báo trạng thái thời tiết diễn ra trong khoảng thời gian dài, gọi là chuẩn khí hậu (climatological forecast).

$$BSS = 1 - \frac{BS}{BS_{ref}} \quad (18)$$

Giá trị BSS trong khoảng $-\infty$ tới 1. Dự báo tối ưu khi BSS = 1. BSS ≤ 0 , dự báo kỹ năng 0, có nghĩa BS của hệ thống dự báo thấp hơn BS của dự báo tham chiếu.

b. Điểm số xác suất hạng liên tục (CRPS) và Điểm số kỹ năng xác suất hạng liên tục (CRPSS)

Điểm số CRPS:

$$CRPS = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M [F(x) - H(x - x_a)]^2 dx \quad (19)$$

Và tương tự như điểm số BSS, điểm số kỹ năng xác suất hạng liên tục CRPSS là:

$$CRPSS = 1 - \frac{CRPS}{CRPS_{ref}} \quad (20)$$

Trong đó, M là số lần dự báo, x là biến dự báo, và x_a là giá trị quan trắc tương ứng; F là hàm phân bố của x và H là hàm bước đơn vị Heaviside (= 0 khi $(x - x_a) < 0$ và 1 nếu ngược lại). Dự báo là hoàn hảo nếu giá trị CRPS tiếp cận tới 0. Với CRPSS, dự báo tối ưu khi CRPSS = 1; CRPSS ≤ 0 có nghĩa CRPS của hệ thống dự báo thấp hơn CRPS của dự báo tham chiếu.

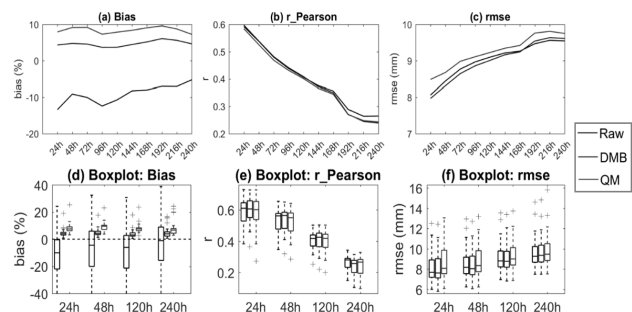
3. KẾT QUẢ

Kết quả đánh giá hiệu quả của phương pháp hiệu chỉnh trình bày trong phần này chính là kết quả đánh giá cho tập dự báo được ghép từ các chu kỳ dự báo M lần không hiệu chỉnh (gọi tắt là Raw) và có hiệu chỉnh theo DMB và QM liên tiếp dựa trên thời kỳ *training* N lần cập nhật theo thời gian thực trước nó.

3.1. Kết quả đánh giá theo dự báo tất định

Dự báo tất định là dự báo cho kết quả cụ thể tương ứng với nguyên nhân gây ra nó. Đánh giá theo dự báo tất định là đánh giá sai số giữa tập giá trị thực đo và tập giá trị dự báo trung bình tổ hợp, được lấy là giá trị trung bình cộng đơn giản của các dự báo thành phần. Hình 2 trình bày kết quả đánh giá giữa tập giá trị thực đo và tập giá trị dự báo theo các phương án không hiệu chỉnh Raw, DMB và QM theo các chỉ số hệ số tương quan (r_{Pearson}), độ lệch (Bias) và sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE). Kết quả về chỉ số độ lệch (Hình 2a và 2d) cho thấy mô hình có xu hướng dự báo thấp (độ lệch âm). Sau khi hiệu chỉnh sử dụng DMB và QM, tập giá trị dự báo có hiệu chỉnh này lại có xu hướng dự báo cao (độ lệch dương); tuy nhiên, độ lớn của giá trị Bias của tập giá trị dự báo có hiệu chỉnh này thấp hơn giá trị dự báo thô tương ứng cho tất cả các thời gian dự kiến. Điều đó có nghĩa rằng mức độ phù hợp giữa trung bình quan trắc và trung bình dự báo có cải thiện đáng kể so với trường hợp không hiệu chỉnh.

Đối với kết quả đánh giá sử dụng hệ số tương quan tuyến tính (r_{Pearson}), có thể thấy tương quan tuyến tính giữa tập giá trị dự báo thô và thực đo có xu hướng giảm dần khi thời gian dự báo tăng (cụ thể từ khoảng 0,65 tới 0,25). Kết quả cho thấy, hai kỹ thuật hiệu chỉnh đều không thể hiện hiệu quả trong việc cải thiện tương quan tuyến tính giữa tập giá trị dự báo và thực đo. Điều này cũng tương tự đối với chỉ số RMSE, thậm chí, kỹ thuật hiệu chỉnh QM còn cho chỉ số RMSE cao hơn hai phương án còn lại. Vấn đề này có thể giải thích một phần do RMSE biểu thị độ lớn bình phương trung bình của sai số, đặc biệt RMSE rất nhạy với những giá trị sai số lớn; và kỹ thuật hiệu chỉnh phi tham số QM theo thời gian thực có thể gây ra sai số lớn khi ngoại suy giá trị cực trị nằm ngoài vùng giá trị thuộc thời kỳ *training*.



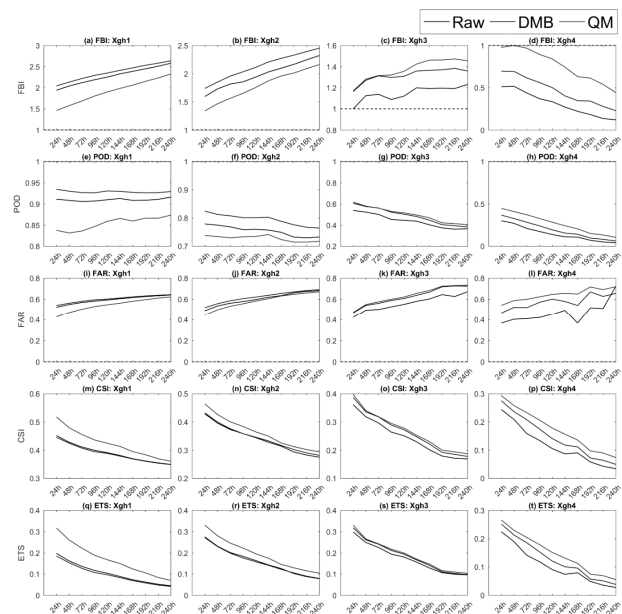
Hình 2. Kết quả đánh giá theo dự báo tất định

Các chỉ số trong hình (a), (b), và (c) được tính toán trung bình cho toàn lưu vực. Các biểu đồ hộp (boxplot) trong (d), (e) và (f) thể hiện phạm vi biến thiên của các chỉ số trên toàn 48 tiểu lưu vực.

3.2. Kết quả đánh giá dự báo lượng phân

Dự báo lượng phân hay còn gọi là dự báo pha là dự báo có thể xảy ra hoặc không xảy ra, ví dụ có xuất hiện hay không xuất hiện lượng mưa vượt ngưỡng. Nghiên cứu lựa chọn ngưỡng mưa dựa trên các phân vị của chuỗi số liệu mưa quan trắc vào những ngày có mưa trong thời kỳ từ năm 2014-2019. Lựa chọn, các giá trị phân vị 25%, 50%, 75%, và 90% tương ứng với lượng mưa giới hạn Xgh1, Xgh2, Xgh3 và Xgh4 để đảm bảo rằng việc đánh giá dự báo đại diện cho các sự kiện mưa rất nhỏ, trung bình, lớn và rất lớn. Mỗi một tiểu lưu vực cho giá trị lượng mưa giới hạn này khác nhau. Việc đánh giá theo dự báo lượng phân này cũng được tính toán từ tập giá trị quan trắc và tập giá trị dự báo trung bình tổ hợp (trung bình cộng của 51 thành viên dự báo) giống như trường hợp đánh giá theo dự báo tất định. Hình 3 trình bày kết quả đánh giá dự báo theo pha sử dụng 5 chỉ số đánh giá, tính trung bình cho toàn lưu vực sông Kôn cho các thời gian dự báo từ 1 đến 10 ngày. Từ kết quả chỉ số FBI (Hình từ 3a tới 3d), có thể thấy đối với cả chuỗi dự báo thô và hiệu chỉnh, mô hình cho kết quả dự báo cao (FBI > 1) và có xu hướng giảm dự báo cao dần theo chiều tăng của sự kiện mưa từ nhỏ đến lớn (Xgh1 đến Xgh3); tuy nhiên, đối với sự kiện mưa rất lớn ($X \geq Xgh4$) mô hình cho kết quả dự báo thấp hơn quan trắc (FBI < 1). Đối với chỉ số POD và FAR, nhìn chung chỉ số POD có xu hướng giảm và kèm với đó là xu hướng tăng của FAR khi thời gian dự báo tăng. Đối với các sự kiện mưa nhỏ tới trung bình, kỹ thuật hiệu chỉnh QM cho giá trị POD thấp nhất nhưng FAR lại thấp nhất, đồng nghĩa với việc QM không hiệu quả trong việc hiệu chỉnh số lần trùng khớp dự báo đúng xuất hiện mưa giữa mô hình và quan trắc đối với các trận mưa nhỏ và trung bình, tuy nhiên lại giảm tỷ lệ dự báo không của mô hình cho các trận mưa này. Còn đối với các sự kiện mưa lớn tới rất lớn, QM lại cho chỉ số POD lớn nhất nhưng FAR cũng lại cao nhất. Điều này có nghĩa rằng QM làm tăng số lần trùng khớp giữa mô hình và quan trắc đối với sự xuất hiện các sự kiện mưa lớn và rất lớn nhưng đồng thời cũng lại làm tăng dự báo không của mô hình đối với sự kiện mưa này. Cuối cùng, đối với chỉ số CSI và

ETS đánh giá chung về độ chính xác của mô hình trong những trường hợp hiện tượng có xuất hiện trong thực tế; trong đó CSI loại bỏ những dự báo đúng do ngẫu nhiên trong khi ETS có xét đến cả những dự báo đúng do ngẫu nhiên. Nhìn chung, chỉ số CSI và ETS đều giảm dần khi thời gian dự báo tăng đối với tất cả sự kiện dự báo mưa nhỏ tới rất lớn. Kỹ thuật hiệu chỉnh QM cho kết quả CSI và ETS cao nhất, theo sau là kỹ thuật hiệu chỉnh đơn giản DMB. Điều này có nghĩa rằng, QM có hiệu quả nhất trong việc cải thiện độ chính xác chung của mô hình khi bỏ qua không xem xét những trường hợp hiện tượng không xuất hiện.



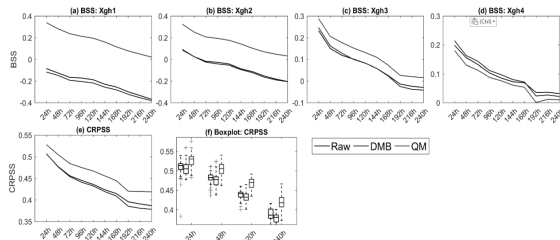
Hình 3. Kết quả đánh giá theo dự báo lượng phân thông qua 5 chỉ số đánh giá (FBI, POD, FAR, CSI, ETS) tính trung bình cho toàn lưu vực sông Kôn

3.3. Kết quả đánh giá theo dự báo xác suất

Dự báo theo pha thường cho kết quả dự báo với hai giá trị là 0 – không xảy ra dự báo hoặc 1 – có xảy ra dự báo. Tuy nhiên, trong thực tế, dự báo mưa thường trở nên không chắc chắn sau vài ngày do giới hạn của mô hình và sự hỗn loạn của khí quyển trái đất. Do vậy, dự báo xác suất được xem như là dự báo pha, tuy nhiên, cố gắng định lượng sự không chắc chắn này bằng cách gán mỗi pha với một xác suất xảy ra trong khoảng từ 0 tới 1 (hoặc 0 tới 100%). Trong đánh giá các sản phẩm dự báo mưa tổ hợp, các chỉ số đánh giá theo dự báo xác suất thường được sử dụng thường xuyên hơn cả bởi xác suất dự báo được xác định từ tổ hợp của 51

thành viên dự báo; trong khi các chỉ số dự báo tất định hay dự báo lượng phân được tính toán từ giá trị dự báo tổ hợp trung bình cộng. Hình 4 trình bày kết quả đánh giá dự báo xác suất trung bình toàn lưu vực theo điểm số BSS với 4 giới hạn mưa (hình từ 4a tới 4d) và điểm số CRPSS (Hình 4e). Ngoài ra, biểu đồ hộp trong hình 4f thể hiện phạm vi biến thiên của điểm số CRPSS trên toàn lưu vực.

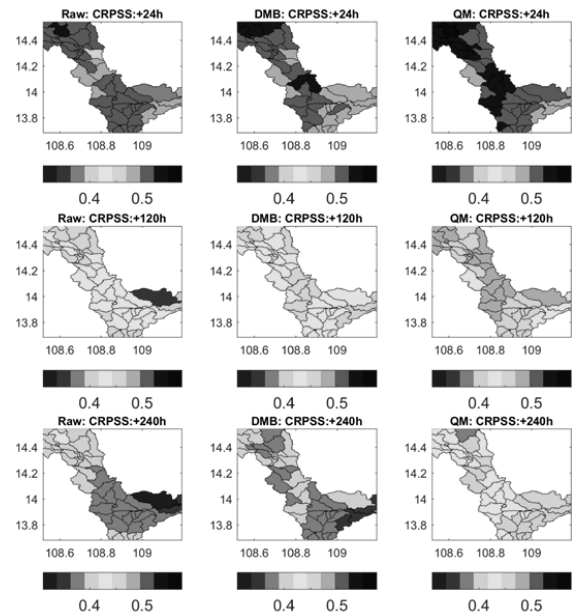
Điểm số BSS đánh giá sai số trung bình của dự báo xác suất xuất hiện một sự kiện vượt ngưỡng tổ hợp 51 thành viên dự báo. Hình từ 4a tới 4d cho thấy điểm số kỹ năng dự báo BSS giảm dần khi thời gian dự báo tăng. Hệ thống dự báo thô và hệ thống dự báo hiệu chỉnh theo phương pháp DMB có kỹ năng dự báo gần như giống nhau trong hầu hết các trường hợp và thậm chí kỹ năng dự báo đạt 0 đối với các sự kiện mưa vượt ngưỡng Xgh1 và Xgh2. Kỹ thuật QM cải thiện đáng kể kỹ năng dự báo cho tất cả các thời gian dự kiến so với hệ thống dự báo thô và hiệu chỉnh theo kỹ thuật DMB. Tuy nhiên, QM lại không hiệu quả trong việc cải thiện kỹ năng dự báo xác suất xuất hiện sự kiện mưa vượt ngưỡng mưa rất lớn (Xgh4); tuy nhiên, kỹ năng dự báo của hệ thống vẫn tốt hơn dự báo tham chiếu trong trường hợp này.



Hình 4. Kết quả đánh giá dự báo xác suất trung bình toàn lưu vực theo điểm số BSS với 4 giới hạn mưa (hình từ a tới d) và điểm số CRPSS (hình e). Biểu đồ hộp trong hình (f) thể hiện phạm vi biến thiên của điểm số CRPSS trên toàn lưu vực.

Điểm số CRPSS đánh giá mức độ phù hợp giữa hàm phân phối xác suất lũy tích (CDF) của các dự báo tổ hợp cho tất cả các giá trị có thể có (không cần xác định trước ngưỡng mưa) với các giá trị quan trắc đơn lẻ tương ứng. Hình 4e và 4f cũng cho thấy điểm số CRPSS giảm dần khi thời gian dự báo tăng và đều có kỹ năng dự báo lớn hơn dự báo tham chiếu cho cả 3 hệ thống dự báo thô, hiệu chỉnh sử dụng kỹ thuật DMB và hiệu chỉnh sử dụng kỹ thuật QM. Có thể thấy, QM cải thiện đáng kể kỹ năng dự báo theo điểm số CRPSS

trong khi DMB dường như không ảnh hưởng nhiều đến kỹ năng dự báo theo điểm số này. Cũng có thể thấy, QM cải thiện kỹ năng dự báo tại thời gian dự báo dài (5 đến 10 ngày) hiệu quả hơn tại thời gian dự báo ngắn hơn theo điểm số CRPSS. Hình 5 cho thấy phân bố không gian của điểm số CRPSS cho các tiểu lưu vực trên sông Kôn. Có thể thấy, QM đều cải thiện điểm số CRPSS tại gần như tất cả các tiểu lưu vực và đặc biệt đối với các tiểu lưu vực thuộc thượng nguồn và phần giữa của lưu vực sông Kôn.



Hình 5. Chỉ số CRPSS cho các tiểu lưu vực sông Kôn tại các thời gian dự báo 1 ngày (+24h), 5 ngày (+120h) và 10 ngày (+240h).

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá hiệu quả của kỹ thuật hiệu chỉnh phân vị theo thời gian thực các sản phẩm dự báo mưa tổ hợp cho các tiểu lưu vực sông Kôn phục vụ cho bài toán dự báo dòng chảy lũ. Nghiên cứu sử dụng sản phẩm dự báo tổ hợp của mô hình ECMWF trong thời gian mùa lũ từ tháng IX đến tháng XII các năm 2014-2019 cho các chu kỳ dự báo với thời gian phát báo tại 7:00am. Việc đánh giá được tiến hành thông qua các chỉ tiêu đánh giá theo dự báo tất định, dự báo lượng phân và dự báo xác suất. Theo chỉ tiêu đánh giá dự báo tất định QM không cải thiện kết quả dự báo do các chỉ tiêu đánh giá này dựa trên so sánh trực tiếp giữa tập giá trị quan trắc và tập giá trị dự báo trung bình tổ hợp (được lấy bằng trung bình cộng cho tất cả các thành viên dự báo và do đó

không xét đến các giá trị dự báo có thể có do tính bất định trong kết quả dự báo). Tương tự đối với chỉ tiêu đánh giá dự báo lưỡng phân, QM có cải thiện kết quả dự báo nhưng không đáng kể, phụ thuộc vào từng chỉ số và ngưỡng mưa sử dụng. Tuy nhiên, nếu chỉ xét đến độ chính xác chung của kết quả dự báo khi bỏ qua không xem xét những trường hợp hiện tượng không xuất hiện, QM cho thấy hiệu quả rõ rệt so với kết quả dự báo thô và kết quả dự báo có hiệu chỉnh theo phương pháp DMB (phương pháp đơn giản hơn). Đối với chỉ tiêu đánh giá xác suất có ưu điểm xét đến tính bất định của giá trị dự báo thông qua hệ thống tổ hợp 51 thành viên dự báo, QM nhìn chung cải thiện kỹ năng dự báo rõ rệt thông qua việc dẫn đến tăng điểm số BSS tại hầu hết các trường hợp

và tăng điểm số CPRSS tại tất cả các trường hợp.

Nghiên cứu cho thấy QM có hiệu quả nhất định trong việc cải thiện sản phẩm dự báo tổ hợp; tuy nhiên, vì QM là kỹ thuật hiệu chỉnh phi tham số nên việc hiệu chỉnh các giá trị cực trị xuất hiện trong trong chu kỳ dự báo mới có thể bất lợi nếu thời kỳ *training* của nó ngày trước chu kỳ này không chứa những giá trị cực trị tương đương. Thêm vào đó, QM hiệu chỉnh cho từng thành viên của tổ hợp, do vậy việc chuyển đổi sản phẩm dự báo cuối cùng thành dự báo xác suất vẫn dựa trên phân phối xác suất kinh nghiệm. Do đó, nhóm tác giả kiến nghị nghiên cứu sau có thể tập trung vào các kỹ thuật hiệu chỉnh hay xử lý chuyển đổi sản phẩm dự báo tổ hợp thành một hàm phân phối xác suất lý thuyết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đỗ, A. Đ., Trần, T. T. and Ngô, L. A. (2019) 'Nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng lũ lưu vực sông Kone', Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi, 54, pp. 90–98.
- Liu, J. et al. (2015) 'A real-time flood forecasting system with dual updating of the NWP rainfall and the river flow', Natural Hazards, 77(2), pp. 1161–1182. doi: 10.1007/s11069-015-1643-8.
- Sikder, M. S. and Hossain, F. (2018) 'Improving operational flood forecasting in monsoon climates with bias-corrected quantitative forecasting of precipitation', International Journal of River Basin Management. Taylor & Francis, 0(0), pp. 1–11. doi: 10.1080/15715124.2018.1476368.
- Sloughter, J. M. et al. (2007) 'Probabilistic Quantitative Precipitation Forecasting Using Bayesian Model Averaging', American Meteorological Society, (2005), pp. 3209–3220. doi: 10.1175/MWR3441.1.

Abstract:

POST-PROCESSING ENSEMBLE RAINFALL FORECASTS FOR SHORT-TERM STREAMFLOW FORECASTING PURPOSES OVER THE KÔN RIVER BASIN

Post-processing of ensemble rainfall forecasts from global numerical weather prediction models (NWP) is often required before they can be used for ensemble flood forecasting purposes. This paper evaluated the effectiveness of post-processing NWP's ensemble rainfall forecasts through a quantile mapping technique (QM) in improving rainfall forecasts over the Kôn river basin. Ensemble rainfall forecasts of the ECMWF system from THORPEX (The Observing System Research and Predictability Experiment) Interactive from September to December over the period 2014 to 2019 were used for this study. The evaluations were done by comparing the QM-processed rainfall forecasts against the raw forecasts and the ones processed with a simple mean-bias removal technique (called DMB) using multiple verification metrics. The results showed that the performance of QM varied with the selected verification metrics. The QM-processed rainfall forecasts were shown to be more skill full than the raw and mean-bias removal ones in term of categorical and probabilistic metrics, but deterministic metrics.

Keywords: NWP, post-processing ensemble rainfall forecasts, Kôn river

Ngày nhận bài: 30/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2020