

Bài báo khoa học

Đánh giá chất lượng dự báo mưa từ mô hình số trị cho khu vực Hà Nam và Nam Định trong năm 2019

Mai Khánh Hưng¹, Dư Đức Tiến^{1*}, Lê Việt Sơn², Bùi Tuấn Hải², Phạm Thị Phương Dung¹, Đặng Đình Quân¹

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; duductien@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com; phamphuongdung87@gmail.com; quandangdinh92@gmail.com

² Viện Quy hoạch Thủy lợi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn; levietson2211@gmail.com; bui.tuan.hai@gmail.com;

* Tác giả liên hệ: duductien@gmail.com; Tel.: +84-936067015

Ban Biên tập nhận bài: 5/6/2020; Ngày phản biện xong: 20/7/2020; Ngày đăng: 25/7/2020

Tóm tắt: Mưa là nhân tố đầu vào quan trọng cho bài toán dự báo thủy văn nói chung và bài toán vận hành chế độ tưới tiêu nói riêng. Do đó, đánh giá được độ tin cậy cùng mức độ chính xác của dự báo mưa cho phép hiệu chỉnh nhân tố này trong các bài toán dự báo thủy văn. Nghiên cứu trình bày kết quả đánh giá chất lượng mưa từ các mô hình số trị (toàn cầu GFS, GSM, IFS và khu vực phân giải cao WRF-ARW) đang được sử dụng nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia trong năm 2019 trên khu vực Hà Nam và Nam Định. Thực hiện đánh giá biến dự báo mưa tích lũy 24h tại các hạn 24h, 48h và 72h, thông qua các chỉ số đánh giá kỹ năng (POD, FAR, BIAS, ETS), hệ số tương quan, đánh giá định lượng (ME, RMSE) cho thấy mức độ tin cậy của mô hình khu vực phân giải cao so với mô hình toàn cầu trên khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Đánh giá dự báo mưa; Dự báo mưa khu vực Hà Nam và Nam Định; Mô hình khu vực WRF-ARW.

1. Mở đầu

Dự báo lượng mưa là một khâu quan trọng trong công tác vận hành tưới tiêu. Việc duy trì mực nước đệm trong hệ thống kênh và trên đồng thấp khi dự báo có mưa lớn, giúp trữ lại một phần lượng mưa gây úng, giảm thiểu các tác hại do mưa gây ra. Tuy nhiên, nếu mưa không xảy ra như dự báo, việc duy trì lớp nước đệm thấp sẽ gây ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp, đồng thời tốn chi phí vận hành bơm nước ngược lại vào hệ thống, tạo nguồn tưới cho sản xuất. Chính vì vậy, dự báo mưa có vai trò quan trọng quá trình vận hành tưới tiêu. Giải quyết bài toán dự báo mưa định lượng từ hạn cực ngắn (1-12h) đến hạn ngắn (12h-72h) làm trường đầu vào cho các mô hình dự báo thủy văn, dự báo ngập lụt, từ đó quyết định vận hành hệ thống bơm tiêu nước đệm và vận hành hệ thống tưới tiêu một cách hiệu quả.

Hiện nay, dự báo mưa định lượng được thực hiện dựa vào phương pháp số trị (*NWP-Numerical Weather Prediction*), còn gọi là các mô hình số trị, sử dụng phương pháp số giải xấp xỉ các phương trình toán, lý mô phỏng các quá trình chuyển động trong khí quyển thông qua hệ

phương trình nhiệt động lực Navie–Stoke [1]. Tùy thuộc vào năng lực tính toán và số liệu điều kiện biên ban đầu và điều kiện biên, mô hình số trị cho kết quả dự báo mưa định lượng theo không gian và thời gian. Hai lớp mô hình số trị chính là mô hình toàn cầu với độ phân giải không gian ngang từ 10–100 km và mô hình khu vực phân giải cao với độ phân giải dưới 10 km.

Tại Việt Nam, có nhiều công trình nghiên cứu dự báo mưa và dự báo định lượng mưa từ mô hình toàn cầu và khu vực phân giải cao [2–4]. Các nghiên cứu cho thấy khả năng dự báo mưa bằng mô hình số trị tại Việt Nam đang được nâng cao theo thời gian. Tuy nhiên, các nghiên cứu đánh giá khả năng dự báo mưa của các mô hình toàn cầu và khu vực phân giải cao cho riêng khu vực Đồng bằng Bắc Bộ và khu vực Hà Nam – Nam Định chưa nhiều. Do đó, việc đánh giá và chỉ ra chất lượng dự báo mưa của các mô hình toàn cầu và khu vực phân giải cao cho khu vực này là cần thiết. Kết quả đánh giá sẽ cũng cấp những thông tin tham khảo hữu ích cho công tác vận hành tưới tiêu cho hệ thống thủy lợi Bắc Hà Nam.

Bài báo trình bày kết quả đánh giá chất lượng dự báo mưa của các mô hình toàn cầu GFS, GSM0p50, GSM0p25, IFS và hai mô hình khu vực WRF–IFS–3km, WRF–GFS–9km so với số liệu quan trắc mưa tại các trạm khí tượng từ tháng 02 năm 2019 đến tháng 02 năm 2020. Yếu tố đánh giá là lượng mưa tích lũy 24h tại các hạn dự báo 24h, 48h và 72h.

2. Dữ liệu quan trắc, mô hình và phương pháp đánh giá

2.1 Dữ liệu quan trắc, mô hình

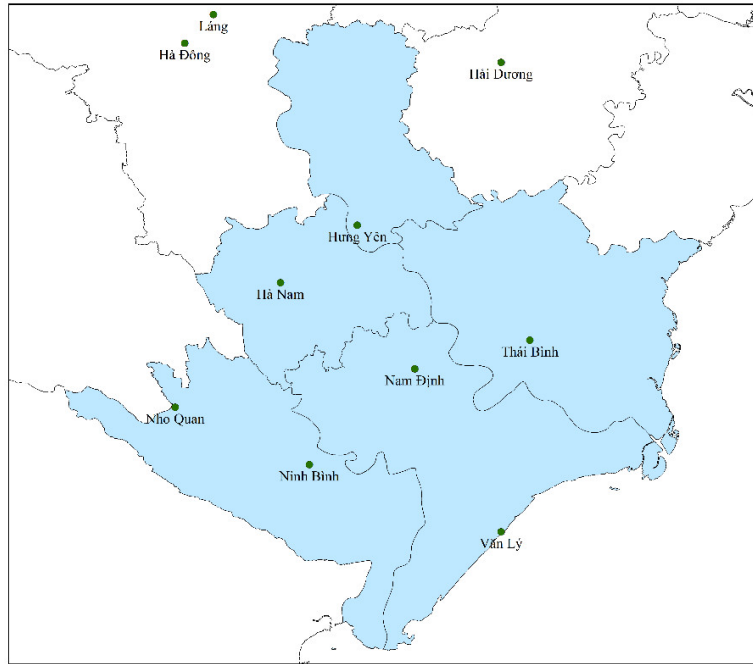
Bài báo thực hiện đánh giá khả năng dự báo mưa tích lũy 24h của các mô hình toàn cầu và khu vực đang được sử dụng nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia. Các mô hình toàn cầu bao gồm GFS (Mỹ), GSM0p50 (Nhật) với độ phân giải 50km, GSM0p25 (Nhật) có độ phân giải 28km, IFS (Trung tâm Dự báo khí tượng hạn vừa Châu Âu - ECMWF) có độ phân giải 9km.

Các mô hình khu vực bao gồm hai hệ thống dựa trên mô hình WRF–AFW (Mỹ) với đầu vào và độ phân giải khác nhau. Hệ thống WRF–GFS–9km với đầu vào là số liệu dự báo của GFS có độ phân giải 9km và hệ thống WRF–IFS–3km với đầu vào là dự báo của IFS có độ phân giải 3km. Thông tin tham khảo các mô hình toàn cầu và khu vực trong nghiên cứu có thể được tham khảo thêm tại các tài liệu [1, 5-7]. Dự báo mưa từ lưới mô hình sẽ được nội suy bằng phương pháp điểm lưới gần nhất với vị trí trạm quan trắc cần đánh giá [1].

Bảng 1. Danh sách các mô hình dự báo.

Mô hình	Độ phân giải ngang	Nước
GFS	50 km	Mỹ
GSM0p50	50 km	Nhật
GSM0p25	28 km	Nhật
IFS	9 km	Trung tâm dự báo khí tượng hạn vừa Châu Âu
WRF–GFS–9km	9 km	Mỹ
WRF–IFS–3km	3 km	Trung tâm dự báo khí tượng hạn vừa Châu Âu

Thời gian thực hiện đánh giá từ tháng 02 năm 2019 đến 02 tháng 2020. Số liệu quan trắc được sử dụng là quan trắc lượng mưa trong 24 giờ của các trạm synop trên khu vực Hà Nam – Nam Định (hình 1, bảng 2).



Hình 1. Bản đồ phân bố trạm synop tại khu vực Hà Nam – Nam Định.

Bảng 2. Danh sách các trạm trên khu vực khu vực Hà Nam – Nam Định.

Mã trạm	Tên trạm	Vĩ độ	Kinh độ
48822	Hung Yên	20.67	106.05
48823	Nam Định	20.43	106.15
48829	Văn Lý	20.12	106.30
48821	Phủ Lý	20.52	105.92
48832	Nho Quan	20.33	105.77
48824	Ninh Bình	20.25	105.98
48/65	Cúc Phương	20.25	105.72
48835	Thái Bình	20.42	106.38

2.2 Phương pháp đánh giá

2.2.1 Đánh giá theo lượng mưa

Các chỉ số đánh giá mưa định lượng bao gồm: ME, MAE, RMSE và hệ số tương quan (R) [7-8] được lựa chọn sử dụng, cụ thể được tính toán theo các công thức sau:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i); RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}; R = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$$

Trong đó F_i là giá trị dự báo, O_i là giá trị quan trắc. Về ý nghĩa, chỉ số ME (Mean error) chỉ ra sai số trung bình so với giá trị quan trắc tuy nhiên không phản ánh biên độ của sai số. Chỉ số

ME có giá trị từ $-\infty$ đến $+\infty$, với 0 là giá trị “hoàn hảo”, mặc dù vậy, một dự báo sai lại nhận được giá trị ME = 0 do việc tính tổng các sai số âm, dương sẽ triệt tiêu nhau. Do đó, bên cạnh chỉ số ME, sai số bình phương trung bình (*Root Mean Square Error – RMSE*) được đánh giá song song. RMSE cho biết biên độ trung bình của sai số dự báo. Hệ số tương quan Corr (R) phản ánh mức độ quan hệ tương quan tuyến tính giữa số liệu mô hình và số liệu quan trắc. Giá trị của Corr biến thiên trong khoảng từ -1 đến 1. Trong đánh giá dự báo, hệ số tương quan càng gần 1 thì càng tốt. Giá trị lý tưởng trong trường hợp này là Corr = 1, tức các cặp giá trị mô hình – quan trắc phân bố trên một đường thẳng.

2.2.2 Đánh giá kỹ năng dự báo theo các ngưỡng mưa

Như đã biết, việc áp dụng các chỉ số đánh giá cho biến dự báo liên tục ở mục trên để đánh giá kỹ năng dự báo mưa là không phản ánh hết khả năng của mô hình. Do bản chất của các dự báo mưa bao gồm cả dự báo pha, tức là xảy ra hay không xảy ra, do đó bộ số liệu mưa dự báo và quan trắc sẽ tuân theo quy luật phân bố nhị phân thay vì phân bố chuẩn cho biến liên tục [6, 8]. Do vậy, để đánh giá dự báo mưa, việc đầu tiên là phải thiết lập được một bảng phân loại (Contingency table) để biết tần suất xảy ra của hiện tượng dự báo (ở đây là mưa với các ngưỡng đánh giá cụ thể ví dụ > 5 mm/24h, >25 mm/24h, >50 mm/24h tại từng trạm quan trắc).

Bảng 3 minh họa cách thức tính các tần suất quan trắc cho biến dự báo nhị phân (hoặc 2 pha). Trong bảng 3, đại lượng A là tổng số lần dự báo thành công (dự báo đúng hiện tượng có xảy ra), B là tổng số lần dự báo sót (dự báo không xảy ra hiện tượng có xảy ra), C là tổng số lần dự báo không (dự báo xảy ra hiện tượng không xảy ra) và D là tổng số lần dự báo đúng của hiện tượng không xảy ra.

Bảng 3. Bảng phân loại tần suất cho biến dự báo dạng nhị phân.

		Quan trắc	
		Có	Không
Dự báo	Có	A	B
	Không	C	D

Để đánh giá kỹ năng dự báo xảy ra mưa, chỉ số kỹ năng ETS (*Equitable Threat Score/Gilbert Skill Score*) thường được sử dụng. ETS có giá trị nằm trong khoảng từ -1/3 đến 1 với giá trị bằng 1 được coi là dự báo hoàn hảo [8]. Mô hình không có kỹ năng khi ETS = 0 hoặc có giá trị âm. ETS thường được sử dụng trong đánh giá mưa từ mô hình NWP vì chỉ số này cho phép so sánh công bằng giữa các hình thể thời tiết hoặc khu vực đánh giá khác nhau.

$$ETS = \frac{A - A_r}{A + B + C - A_r}; \text{ trong đó } A_r = \frac{(A + B)(A + C)}{N}$$

Một số chỉ số khác gồm chỉ số BIAS (*Frequency Bias*): là tỷ lệ giữa tần suất dự báo có xảy ra hiện tượng so với tần suất quan trắc có xảy ra hiện tượng. Chỉ số POD (*Probability of Detection*): là xác suất phát hiện hiện tượng, chính là tỉ số giữa số lần dự báo thành công trên tổng số quan trắc có xảy ra hiện tượng. Nếu chỉ số POD mà bằng 1 có nghĩa là mô hình dự báo là hoàn hảo. Chỉ số FAR (*False Alarm Ratio*): là tỉ lệ dự báo không của mô hình (dự báo có xảy ra trong khi quan trắc không xảy ra). Nếu giá trị của FAR bằng 0 thì ta hiểu rằng C bằng 0, nghĩa là tỷ lệ dự báo không

của mô hình là rất thấp, do đó có thể nói rằng mô hình tốt. Các chỉ số BIAS, POD và FAR tính theo các công thức sau:

$$\text{BIAS} = \frac{A + B}{A + C}; \text{POD} = \frac{A}{A + C}; \text{FAR} = \frac{B}{A + B}$$

3. Kết quả đánh giá dự báo mưa từ mô hình số trị cho khu vực Hà Nam và Nam Định

3.1. Đặc điểm mùa mưa 2019

Mùa mưa 2019 ở trên khu vực Đồng bằng Bắc Bộ xuất hiện muộn hơn so với quy luật hàng năm. Lượng mưa cả năm cũng thiếu hụt từ 15 – 31%. Cụ thể, so với trung bình nhiều năm, mưa tại khu vực Nam Định có chuẩn sai dương vào tháng 4 và tháng 8. Các tháng còn lại, chuẩn sai đều nhỏ hơn 0. Mức thiếu hụt mưa so với trung bình nhiều năm tại Nam Định là 31%.

Bảng 4. Tổng lượng mưa (R) và chuẩn sai (CS) các tháng trong năm 2019 (mm).

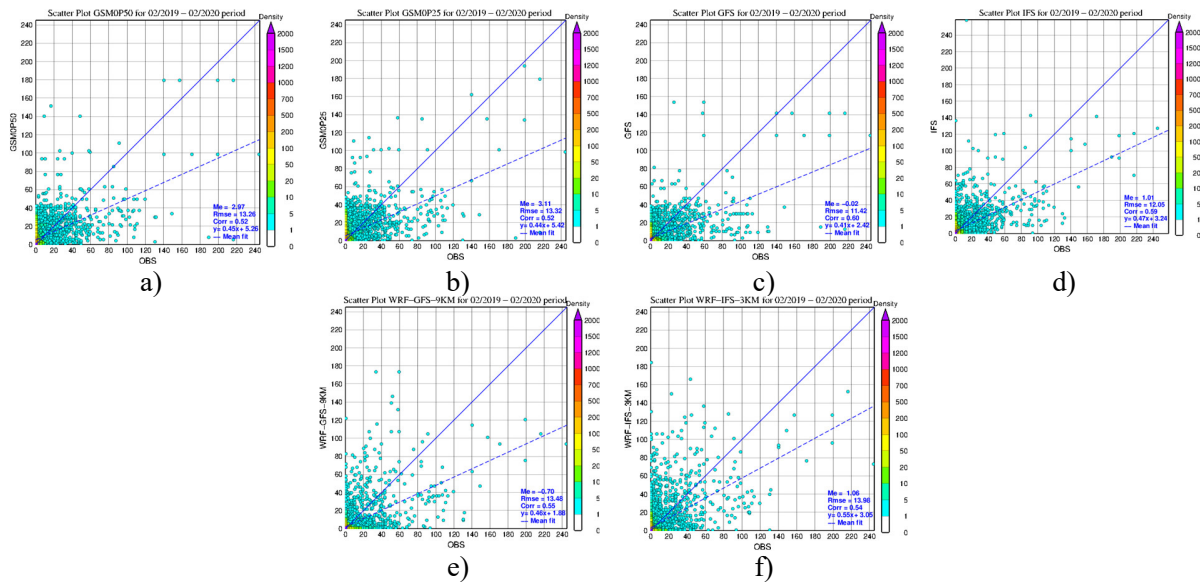
Tháng	Nam Định	
	R	CS
1	18	-10
2	12	-23
3	39	-12
4	97	15
5	159	-16
6	101	-92
7	72	-158
8	384	59
9	143	-205
10	151	-44
11	43	-25
12	1	-28
Cả năm	1220	-539
So với TBNN (%)		-31

3.2. Đánh giá định lượng mưa

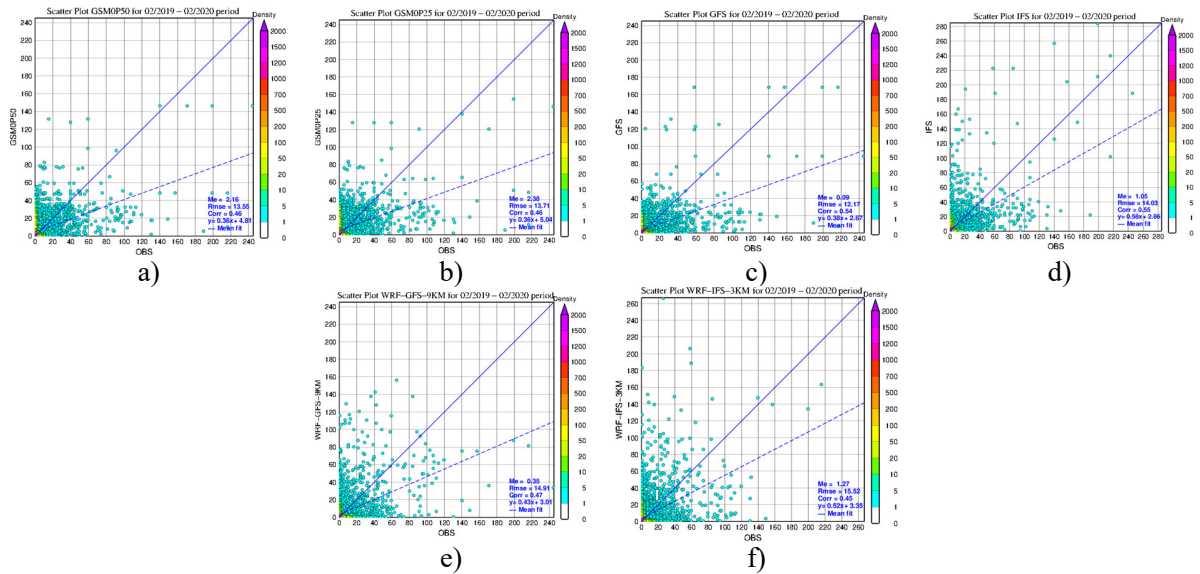
Trên các hình 2, 3 và 4 là các giản đồ tụ điểm biểu diễn tương quan giữa các giá trị quan trắc và dự báo của các hạn dự báo 24h, 48h và 72h cho khu vực Hà Nam – Nam Định. Trên các giản đồ tụ điểm này, đường đứt nét màu xanh là đường hồi quy tuyến tính thực nghiệm giữa quan trắc và dự báo lượng mưa với hệ số tương quan Corr được hiển thị ở góc dưới bên phải, đường chéo liền màu xanh là đường hồi qui lý tưởng hay “đường 45 độ”, tức là nếu tất cả các cặp điểm dự báo và quan trắc nằm hoàn toàn trên đường này thì dự báo là hoàn hảo. Thang màu biểu thị cho mật độ các cặp điểm dự báo và quan trắc. Khu vực có mật độ các cặp điểm dự báo quan trắc càng lớn (lớn hơn 1000 cặp) thì màu có màu hồng, khu vực có mật độ từ 50 – 1000 được biểu thị bằng các thang màu từ vàng đến da cam và khu vực có mật độ < 50 được biểu thị bởi các thang màu xanh lá.

Chỉ số tương quan giữa dự báo của các mô hình toàn cầu và khu vực phân giải cao với mưa quan trắc đều có giá trị dương tại tất cả các hạn dự báo. Điều này cho thấy, các dự báo mưa từ các mô hình số trị đã phản ánh được diễn biến mùa mưa năm 2019 trên khu vực Hà Nam – Nam Định. Các dự báo mưa số trị nhìn chung thiên cao hơn so với thực tế. Giá trị ME của các mô hình đều lớn hơn 0 ở cả ba hạn dự báo 24h, 48h và 72h. Chỉ có ME_{GFS} và ME_{WRF_GFS_9km} nhỏ hơn 0 tại hạn

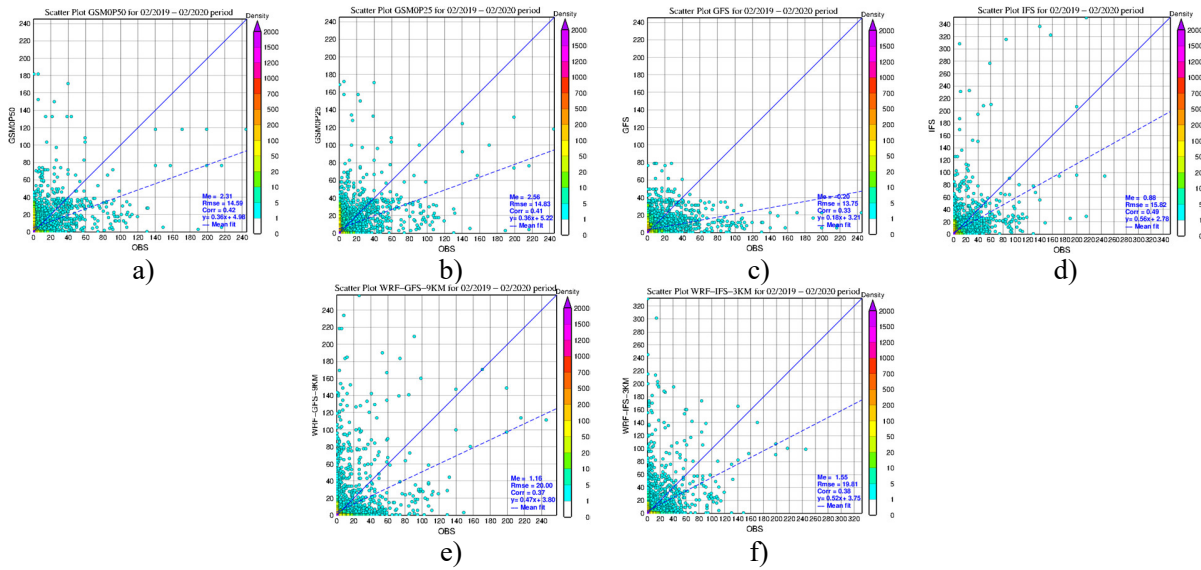
dự báo 24h (hình 2c, 2e). Biên độ sai số dự báo của các mô hình tăng theo hạn dự báo. Biên độ sai số của các mô hình khu vực lớn hơn của các mô hình toàn cầu. Điều này thể hiện qua giá trị $RMSE_{WRF_IFS_3km}$ và $RMSE_{WRF_GFS_9km}$ đều lớn hơn $RMSE$ của các mô hình toàn cầu tại cả ba hạn dự báo.



Hình 2. Đồ thị tụ điểm biểu diễn tương quan giữa giá trị quan trắc và dự báo 24h từ GSM0p50(a); GSM0p25(b); GFS(c); IFS(d); WRF-GFS-9km(e) và WRF-IFS-3km(f).



Hình 3. Đồ thị tụ điểm biểu diễn tương quan giữa giá trị quan trắc và dự báo 48h: (a) GSM0p50; (b) GSM0p25; (c) GFS; (d) IFS; (e) WRF-GFS-9km và (f) WRF-IFS-3km.



Hình 4. Đồ thị tụ điểm biểu diễn tương quan giữa giá trị quan trắc và dự báo 72h: (a) GSM0p50; (b) GSM0p25; (c) GFS; (d) IFS; (e) WRF-GFS-9km và (f) WRF-IFS-3km.

3.2. Đánh giá kỹ năng dự báo mưa

Nghiên cứu thực hiện đánh giá kỹ năng dự báo mưa theo các ngưỡng mưa từ 01 mm/24h đến 50mm/24h cho ba hạn dự báo 24h, 48h và 72h cho khu vực Hà Nam – Nam Định. Kết quả đánh giá cho hạn dự báo 24h được thể hiện qua hình 5a, hạn 48h hình 5b, hạn 72h hình 5c. Điểm số kỹ năng của mô hình GSM0p50, GSM0p25 được thể hiện bằng đường màu xanh lá và xanh lá nhạt. Điểm số kỹ năng của mô hình GFS, IFS lần lượt là đường màu đen, màu xanh nước biển. Điểm số kỹ năng hai mô hình khu vực WRF-IFS-3km và WRF-GFS-9km được thể hiện bằng màu đỏ và xám. Cụ thể giá trị điểm số kỹ năng của từng mô hình tại từng ngưỡng mưa và tại ba hạn dự báo được thể hiện trong bảng 4.

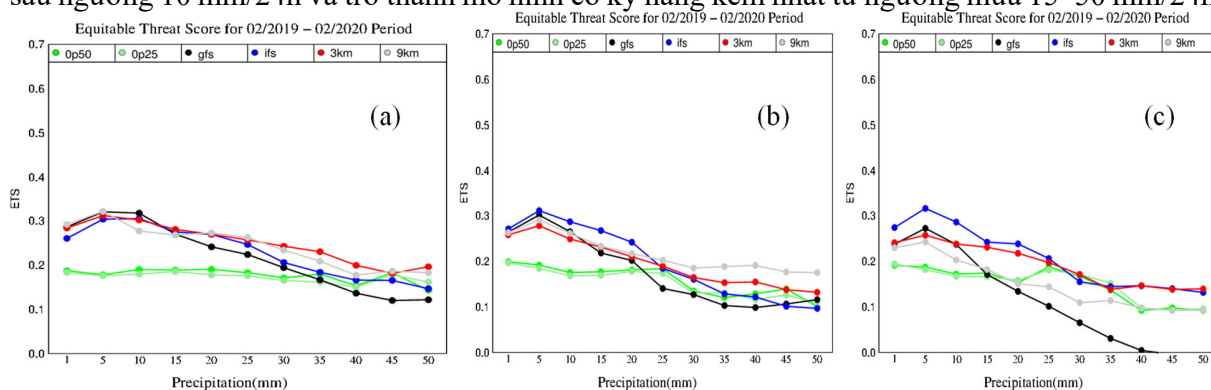
Bảng 5. Điểm số kỹ năng của từng mô hình tại từng ngưỡng mưa và tại ba hạn dự báo.

Mô hình		01m	05m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50mm
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
Hạn dự báo 24h												
GSM0P50	ETS	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.18	0.15	0.18	0.14
	POD	0.93	0.76	0.7	0.61	0.52	0.44	0.36	0.31	0.23	0.23	0.19
	FAR	0.6	0.68	0.7	0.71	0.71	0.71	0.71	0.65	0.63	0.5	0.57
	BIAS	2.3	2.36	2.35	2.11	1.8	1.52	1.21	0.88	0.62	0.47	0.44
GSM0P25	ETS	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.16	0.16	0.15	0.18	0.16
	POD	0.93	0.76	0.69	0.62	0.53	0.44	0.35	0.29	0.22	0.23	0.2
	FAR	0.6	0.68	0.71	0.72	0.73	0.72	0.71	0.69	0.63	0.53	0.52
	BIAS	2.32	2.38	2.39	2.2	1.93	1.6	1.22	0.91	0.6	0.5	0.43
GFS	ETS	0.29	0.32	0.32	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17	0.14	0.12	0.12
	POD	0.83	0.65	0.6	0.48	0.39	0.35	0.28	0.21	0.16	0.14	0.14
	FAR	0.5	0.49	0.51	0.54	0.54	0.55	0.55	0.51	0.43	0.47	0.44
	BIAS	1.66	1.27	1.22	1.06	0.86	0.77	0.63	0.43	0.28	0.26	0.25
IFS	ETS	0.26	0.3	0.3	0.27	0.27	0.25	0.21	0.18	0.17	0.17	0.15
	POD	0.9	0.74	0.66	0.55	0.49	0.42	0.33	0.29	0.25	0.24	0.21

Mô hình		01m m	05m m	10m m	15m m	20m m	25m m	30m m	35m m	40m m	45m m	50mm
	FAR	0.53	0.54	0.55	0.57	0.57	0.57	0.6	0.61	0.62	0.62	0.65
	BIAS	1.9	1.61	1.48	1.29	1.14	0.98	0.83	0.74	0.65	0.63	0.6
WRF-IFS-3km	ETS	0.28	0.31	0.3	0.28	0.27	0.26	0.24	0.23	0.2	0.18	0.2
	POD	0.76	0.64	0.6	0.55	0.5	0.47	0.45	0.44	0.39	0.36	0.39
	FAR	0.48	0.49	0.53	0.56	0.57	0.58	0.61	0.63	0.68	0.71	0.69
	BIAS	1.46	1.26	1.26	1.23	1.16	1.13	1.14	1.19	1.2	1.24	1.26
WRF-GFS-9km	ETS	0.29	0.32	0.28	0.27	0.27	0.26	0.23	0.21	0.18	0.19	0.18
	POD	0.7	0.54	0.44	0.41	0.41	0.4	0.37	0.33	0.28	0.31	0.3
	FAR	0.44	0.39	0.44	0.45	0.46	0.49	0.54	0.58	0.63	0.64	0.65
	BIAS	1.25	0.88	0.79	0.73	0.75	0.78	0.8	0.8	0.76	0.85	0.84
Hạn dự báo 48h												
GSM0P50	ETS	0.2	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.14	0.12	0.13	0.14	0.1
	POD	0.85	0.71	0.63	0.56	0.47	0.4	0.28	0.2	0.2	0.19	0.13
	FAR	0.58	0.66	0.71	0.72	0.71	0.69	0.74	0.71	0.68	0.63	0.64
	BIAS	2	2.06	2.14	1.96	1.6	1.29	1.08	0.69	0.61	0.52	0.36
GSM0P25	ETS	0.2	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.13	0.13	0.12	0.13	0.11
	POD	0.85	0.71	0.63	0.56	0.49	0.42	0.28	0.22	0.17	0.17	0.14
	FAR	0.58	0.66	0.72	0.73	0.72	0.72	0.75	0.7	0.68	0.63	0.63
	BIAS	2.03	2.11	2.23	2.08	1.73	1.47	1.1	0.74	0.54	0.46	0.38
GFS	ETS	0.26	0.3	0.26	0.22	0.2	0.14	0.13	0.1	0.1	0.11	0.12
	POD	0.84	0.66	0.55	0.42	0.35	0.23	0.2	0.14	0.12	0.13	0.14
	FAR	0.52	0.51	0.56	0.6	0.6	0.66	0.66	0.63	0.58	0.59	0.53
	BIAS	1.75	1.36	1.25	1.07	0.88	0.67	0.59	0.37	0.29	0.32	0.3
IFS	ETS	0.27	0.31	0.29	0.27	0.24	0.18	0.16	0.13	0.12	0.1	0.1
	POD	0.85	0.69	0.59	0.53	0.45	0.32	0.28	0.23	0.21	0.18	0.18
	FAR	0.51	0.51	0.55	0.57	0.58	0.63	0.67	0.73	0.73	0.77	0.79
	BIAS	1.74	1.4	1.31	1.22	1.07	0.89	0.83	0.84	0.77	0.79	0.85
WRF-IFS-3km	ETS	0.26	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
	POD	0.69	0.59	0.53	0.49	0.44	0.4	0.36	0.34	0.34	0.3	0.28
	FAR	0.48	0.51	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.74	0.74	0.77	0.78
	BIAS	1.32	1.2	1.26	1.27	1.25	1.25	1.26	1.31	1.32	1.27	1.28
WRF-GFS-9km	ETS	0.26	0.29	0.26	0.23	0.22	0.2	0.18	0.19	0.19	0.18	0.18
	POD	0.72	0.55	0.49	0.44	0.41	0.38	0.35	0.36	0.36	0.35	0.34
	FAR	0.48	0.46	0.52	0.57	0.6	0.63	0.66	0.67	0.68	0.71	0.71
	BIAS	1.39	1.02	1.01	1.01	1.03	1.01	1.01	1.09	1.12	1.17	1.18
Hạn dự báo 72h												
GSM0P50	ETS	0.19	0.19	0.17	0.17	0.15	0.19	0.17	0.14	0.09	0.1	0.09
	POD	0.82	0.7	0.61	0.55	0.44	0.42	0.31	0.23	0.15	0.15	0.14
	FAR	0.58	0.66	0.71	0.72	0.74	0.69	0.68	0.7	0.75	0.75	0.75
	BIAS	1.95	2.03	2.11	1.97	1.7	1.38	0.99	0.79	0.6	0.62	0.56
GSM0P25	ETS	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.15	0.1	0.09	0.1
	POD	0.83	0.7	0.62	0.56	0.47	0.43	0.34	0.27	0.16	0.15	0.15
	FAR	0.58	0.66	0.72	0.73	0.74	0.71	0.69	0.7	0.75	0.76	0.75
	BIAS	1.94	2.1	2.19	2.08	1.81	1.45	1.09	0.89	0.64	0.61	0.59
GFS	ETS	0.24	0.27	0.24	0.17	0.13	0.1	0.07	0.03	0	0	0
	POD	0.84	0.64	0.5	0.34	0.24	0.18	0.12	0.06	0.01	0	0
	FAR	0.54	0.55	0.58	0.65	0.67	0.73	0.8	0.87	0.95	1	1
	BIAS	1.83	1.42	1.19	0.97	0.72	0.66	0.57	0.44	0.25	0.23	0.12
IFS	ETS	0.27	0.32	0.29	0.24	0.24	0.21	0.16	0.14	0.15	0.14	0.13

Mô hình		01m m	05m m	10m m	15m m	20m m	25m m	30m m	35m m	40m m	45m m	50mm
	POD	0.84	0.68	0.56	0.46	0.41	0.35	0.26	0.24	0.25	0.24	0.22
	FAR	0.5	0.5	0.53	0.57	0.56	0.6	0.66	0.69	0.69	0.72	0.73
	BIAS	1.69	1.36	1.2	1.08	0.92	0.86	0.77	0.79	0.8	0.84	0.81
WRF-IFS-3km	ETS	0.24	0.26	0.24	0.23	0.22	0.2	0.17	0.14	0.15	0.14	0.14
	POD	0.66	0.54	0.48	0.45	0.43	0.4	0.36	0.31	0.33	0.33	0.34
	FAR	0.48	0.51	0.57	0.59	0.62	0.65	0.7	0.76	0.75	0.78	0.78
	BIAS	1.28	1.12	1.12	1.1	1.12	1.15	1.2	1.27	1.34	1.5	1.56
WRF-GFS-9km	ETS	0.23	0.24	0.2	0.18	0.15	0.14	0.11	0.11	0.1	0.09	0.09
	POD	0.68	0.5	0.41	0.36	0.31	0.3	0.25	0.26	0.24	0.24	0.24
	FAR	0.49	0.5	0.57	0.62	0.67	0.7	0.77	0.78	0.81	0.84	0.84
	BIAS	1.34	1	0.94	0.94	0.95	1	1.06	1.14	1.26	1.44	1.55

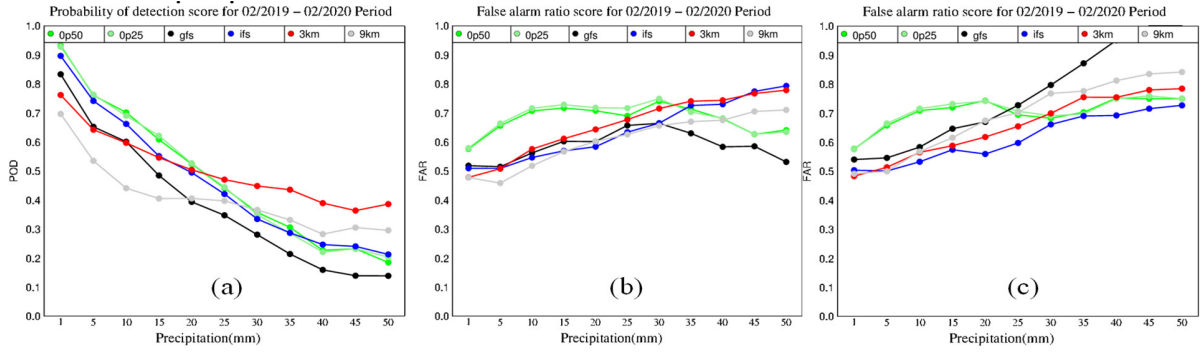
Với hạn dự báo 24h, hai mô hình khu vực có kỹ năng dự báo tốt nhất. Đường ETS_{WRF_GFS_9km} và ETS_{WRF_IFS_3km} đều nằm ở phía trên các đường kỹ năng của các mô hình toàn cầu. ETS_{GSM0P50} và ETS_{GSM0P25} thấp nhất với các ngưỡng mưa 1–30 mm/24h. Từ 35 mm/24h trở lên, ETS_{GFS} là nhỏ nhất. Với hạn dự báo 48h, các dự báo của mô hình khu vực vẫn là hai trong số những dự báo có kỹ năng tốt nhất. Kỹ năng dự báo của IFS giảm nhanh theo ngưỡng mưa. IFS có kỹ năng dự báo tốt nhất tại các ngưỡng mưa 1–20 mm. Tuy nhiên lại có kỹ năng thấp nhất tại ngưỡng mưa 50 mm/24h. Mô hình GFS có kỹ năng tương đương với mô hình khu vực trong các ngưỡng mưa 1–20 mm/24h tuy nhiên, sau ngưỡng mưa này, kỹ năng của GFS giảm rất nhanh, kém nhất trong các mô hình tại các ngưỡng mưa 25–40 mm/24h. Với hạn dự báo 72h, kỹ năng của mô hình IFS tốt nhất với ngưỡng 1–25 mm/24h. Từ ngưỡng 30–50 mm/24h ETS_{IFS} và ETS_{WRF_IFS_3km} tương đương nhau và là hai dự báo có kỹ năng tốt nhất. ETS_{GFS} xấp xỉ với ETS_{WRF_IFS_3km} tuy nhiên giảm nhanh sau ngưỡng 10 mm/24h và trở thành mô hình có kỹ năng kém nhất từ ngưỡng mưa 15–50 mm/24h.



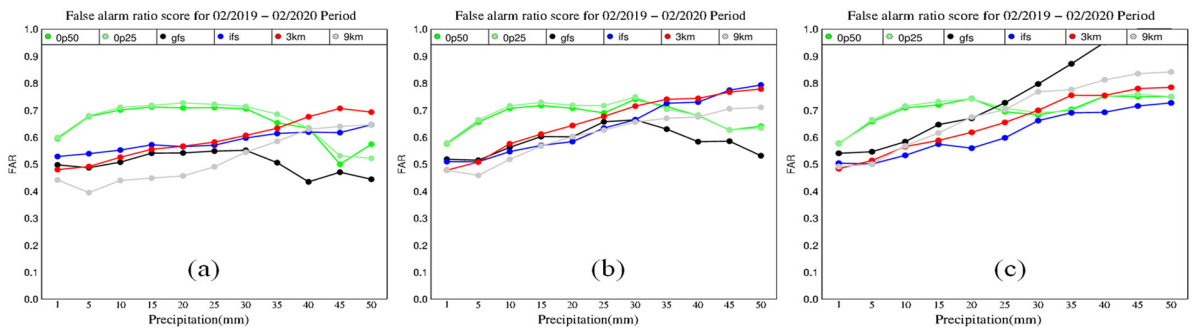
Hình 5. Điểm số kỹ năng dự báo ETS của các mô hình qua các hạn dự báo 24h(a), 48h(b) và 72h(c).

Các kết quả điểm số POD (hình 6) và FAR (hình 7) của các mô hình trong các hạn dự báo 24,48 và 72h. Điểm số POD cho biết khả năng dự báo được hiện tượng mưa lớn hơn các ngưỡng mưa cho trước của các mô hình. Với điểm số POD, có thể nhận thấy điểm nổi bật tại cả 3 hạn dự báo là POD_{GSM0P50} và POD_{GSM0P25} lớn nhất trong các ngưỡng mưa nhỏ hơn 20mm/24h với hạn dự báo 24h, 48h(hình 6a; 6b) và 25 mm/24h với hạn dự báo 72h (hình 6c). POD_{WRF_IFS_3km} lớn nhất trong các ngưỡng mưa 25–50 mm/24h với hạn dự báo 24h, 35–50 mm/24h với hạn dự báo 72h. Riêng tại hạn dự báo 48h, WRF_GFS_9km có giá trị POD lớn nhất trong các ngưỡng mưa từ 35 – 50 mm/24h. POD của các mô hình khu vực thường không cao trong các ngưỡng mưa nhỏ dưới 10 mm/24h. Đường màu đỏ và xám thường nằm thấp nhất trong các ngưỡng mưa này. Khi xem

xét điểm số FAR cùng với điểm số POD có thể thấy rằng tại cả 3 hạn dự báo là $POD_{GSM0P50}$ và $POD_{GSM0P25}$ lớn nhất trong các ngưỡng mưa nhỏ hơn 20 mm/24h với hạn dự báo 24h, 48h và 25 mm/24h với hạn dự báo 72h tuy nhiên chỉ số $FAR_{GSM0P50}$ và $FAR_{GSM0P25}$ lại lớn nhất trong các trường hợp đó. Như vậy, có thể nhận thấy rằng, hai mô hình GSM0P50 và GSM0P25 thường xuyên đưa ra những dự báo với lượng mưa nhỏ hơn 20 mm/24h với hạn dự báo 24h, 48h và 25 mm/24h với hạn dự báo 72h.

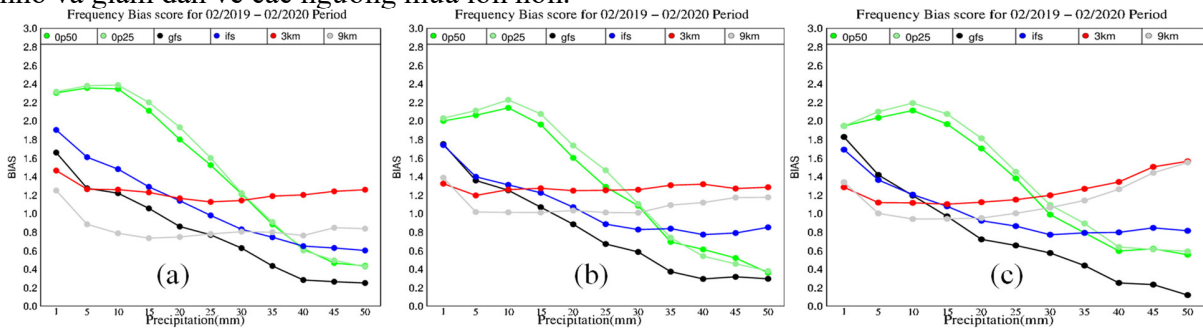


Hình 6. Điểm số POD của các mô hình qua các hạn dự báo 24h(a), 48h(b) và 72h(c).



Hình 7. Điểm số FAR của các mô hình qua các hạn dự báo 24h(a), 48h(b) và 72h(c).

Các nhận xét rút ra được từ điểm số POD và FAR nói trên có thể được kiểm chứng thông qua chỉ số BIAS. Các mô hình toàn cầu dự báo thiên cao với các ngưỡng mưa nhỏ hơn và thiên thấp với các ngưỡng mưa lớn tại các hạn dự báo. Mô hình WRF_IFS_3km dự có BIAS lớn hơn 1 tại tất cả các ngưỡng mưa tại các hạn dự báo. $BIAS_{WRF_IFS_3km}$ không quá chênh lệch giữa các ngưỡng mưa và khá gần với giá trị 1. $BIAS_{WRF_GFS_9km}$ có xu thế khá giống với $BIAS_{WRF_IFS_3km}$ tại các ngưỡng dự báo 48h và 72h. Riêng với ngưỡng 24h, $BIAS_{WRF_GFS_9km}$ lớn ở những ngưỡng mưa nhỏ và giảm dần về các ngưỡng mưa lớn hơn.



Hình 8. Điểm số BIAS của các mô hình qua các hạn dự báo 24h(a), 48h(b) và 72h(c).

4. Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày kết quả đánh giá chất lượng mưa từ các mô hình khí tượng (toàn cầu và khu vực phân giải cao) đang được sử dụng nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia trong năm 2019 trên khu vực Hà Nam và Nam Định. Kết quả cho thấy, mô hình toàn cầu dự báo thiên cao ở ngưỡng mưa nhỏ và thiên thấp với ngưỡng mưa lớn. Chỉ số kỹ năng đại diện như ETS cho thấy các mô hình có giá trị trong khoảng từ 0.2–0.3 ở các hạn 24h, 48h và 72h và giảm rõ rệt khi đánh giá với các ngưỡng mưa lớn. Mô hình khu vực có sự cân bằng trong dự báo định lượng mưa, không dự báo quá thiên cao tại những ngưỡng mưa nhỏ và thiên thấp trong những ngưỡng mưa lớn như mô hình toàn cầu, qua đó cho thấy tính ứng dụng cao cho bài toán dự báo thủy văn phục vụ vận hành tiêu nước trên khu vực nghiên cứu. Trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ đưa ra những so sánh dự báo từ các mô hình thủy văn khi sử dụng các điều kiện dự báo mưa từ các mô hình toàn cầu và khu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.D.T, M.K.H, L.V.S.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.D.T., M.K.H, B.T.H; Xử lý số liệu: M.K.H, P.T.P.D; Viết bản thảo bài báo: D.D.T, M.K.H.; Chỉnh sửa bài báo: D.D.T, M.K.H, D.D.Q/

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được hỗ trợ bởi đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn: “Nghiên cứu dự báo tình hình ngập úng trên hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà nhằm hỗ trợ ra quyết định vận hành bơm tiêu nước theo thời gian thực”, phối hợp thực hiện giữa Viện Quy hoạch Thủy lợi và Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia.

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. Tiến, D.Đ. và cs. Nghiên cứu ứng dụng nghiệp vụ mô hình bất thủy tĩnh để nâng cao chất lượng dự báo thời tiết cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ **2006**, 300.
2. Thủy, Đ.L. và cs. Nghiên cứu nâng cao chất lượng dự báo bằng mô hình HRM và ứng dụng vào dự báo thời tiết nghiệp vụ. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ **2006**, 187.
3. Cường, H.Đ. và cs. Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ TN&MT **2008**, 300.
4. Tăng, B.T. và cs. Nghiên cứu, thử nghiệm dự báo định lượng mưa từ sản phẩm mô hình HRM và GSM. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ **2009**, 127.
5. Tiến, D.Đ.; Cường, H.Đ.; Hưng, M.K.; Lâm, H.P. Đánh giá tác động của việc sử dụng tham số hóa đối lưu trong dự báo đợt mưa lớn tháng 7 năm 2015 trên khu vực Bắc Bộ bằng mô hình phân giải cao. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 699, 1–8. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019\(699\).1-8](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019(699).1-8).
6. Bá, T.Đ.; Hoà, V.V.; Trí, Đ.Q. Đánh giá chất lượng dự báo mưa hạn ngắn của mô hình IFS trên khu vực Bắc Trung Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 697, 33–43. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019\(697\).33-43](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019(697).33-43).
7. Tien, D.D., Hole, L.R.; Anh, D.T.; Cuong, H.D.; Thuy, N.B. Verification of Forecast Weather Surface Variables over Vietnam Using the National Numerical Weather Prediction System. *Adv. Meteorol.* **2016**, 2016, 1-11.

8. Gringorten, I.I. Verification to determine and measure forecasting skill. *J. Appl. Meteorol.* **1967**, 6, 742–747.
9. Wilks, D.S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, 4th edition. **2019**, 100. [https://doi.org/ 10.1016/C2017-0-03921-6](https://doi.org/10.1016/C2017-0-03921-6).

Evaluation of rainfall forecast by numerical weather prediction for Ha Nam and Nam Dinh in 2019

Mai Khanh Hung¹, Du Duc Tien^{1*}, Le Viet Son², Bui Tuan Hai², Pham Thi Phuong Dung¹, Dang Dinh Quan¹

¹ National Center for Hydrometeorological Forecasting; duductien@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com; phamphuongdung87@gmail.com; quandangdinh92@gmail.com

² Institute of Water Resources Planning, Ministry of Agriculture and Rural Development; levietson2211@gmail.com; bui.tuan.hai@gmail.com;

Abstract: Rain is an important input for the hydrological prediction problem in general and the problem of operating the irrigation regime in particular. Therefore, assessing the reliability and accuracy of the rain forecast allow adjustment of this factor in the hydrological forecasting problems. For this purpose, this research verifies 24h accumulated precipitation from global model (GFS, GSM, IFS) and regional model (WRF–ARW) which are using operationally in NCHMF in 2029 for region Ha Nam – Nam Dinh. Results from metric (ME, RMSE, CORR) and skill scores (POD, FAR, BIAS, ETS) show that regional model can provide better results for this area compared to global models.

Keywords: Precipitation verification; Rainfall forecast for Ha Nam–Nam Dinh; Regional model WRF–ARW.