TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đặc điểm phân bố mưa khi bão đổ bộ vào Việt Nam sử dụng số liệu vệ tinh GSMaP

Trần Minh Hiếu[1], Vũ Thanh Hằng[2]*, Phạm Thị Thanh Ngà[3], Phạm Thanh Hà[2]

[1] Quân chủng Phòng không Không quân; tranminhhieu_t59@hus.edu.vn
[2] Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; hangvt@vnu.edu.vn; phamthanhha5693@gmail.com
[3] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; pttnga.monre@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hangvt@vnu.edu.vn; Tel.: +84–903252170

Ban Biên tập nhận bài: 4/3/2023; Ngày phản biện xong: 14/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

Tóm tắt: Số liệu mưa vệ tinh GSMaP được thu thập và phân tích cho 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam trong giai đoạn 2000 đến 2020 nhằm xem xét các đặc điểm phân bố mưa bão theo các vùng đổ bộ cũng như theo cường độ bão. Kết quả phân tích cho thấy cường độ mưa bão trung bình ở vùng 3 thường lớn hơn đặc biệt ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ và giá trị cực đại mưa nằm ở khoảng cách ~100km tính từ tâm bão. Cường độ mưa trung bình nhìn chung tỷ lệ thuận với cường độ bão và giá trị cực đại mưa tiến gần về phía tâm bão hơn khi bão đi vào đất liền. Phân bố của vùng mưa cực đại trong hầu hết các trường hợp chủ yếu tập trung ở phần phía trước và bên trái so với hướng di chuyển của bão, ngoại trừ những cơn bão đổ bộ ở vùng 4 và 5 có vùng mưa cực đại lệch sang phía bên phải theo hướng chuyển động.

Từ khóa: Phân bố mưa bão; Bão đổ bộ Việt Nam; Số liệu mưa vệ tinh GSMaP.

1. Giới thiệu

Việt Nam là một quốc gia có bờ biển trải dài từ bắc xuống nam, hàng năm thường xuyên chịu ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới và bão, hệ quả là các đợt mưa lớn kéo dài trên diện rộng dẫn đến các hiện tượng thiên tai nguy hiểm khác như lũ lụt, lũ quét, sạt lở đất... làm thiệt hại nặng nề cả về tính mạng lẫn tài sản của con người. Chính vì vậy, bài toán dự báo mưa nói chung, mưa lớn nói riêng và đặc điểm phân bố mưa khi có bão đổ bộ là vô cùng quan trọng, có ý nghĩa thực tiễn rất lớn và luôn là thách thức đối với các dự báo viên thời tiết.

Trên thế giới đã có nhiều nhà khoa học quan tâm đến vấn đề xem xét sự phân bố của mưa bão, đặc biệt trong những trường hợp khi bão đổ bộ cũng như xem xét mối quan hệ của nó với các nhân tố ảnh hưởng khác. Những nghiên cứu từ rất sớm phân tích dựa trên số liệu quan trắc mưa khi bão đổ bộ cũng đã chỉ ra rằng khu vực mưa lớn thường nằm ở phía bên phải của quĩ đạo bão khi bão tiến gần vào bờ [1–2]. Sự bất đối xứng của trường mưa về phía bên phải của quĩ đạo bão thường do hội tụ mực thấp đi kèm với sự tương phản ma sát bề mặt đất–biển [3]. Tuy nhiên một vài nghiên cứu từ số liệu quan trắc khác cho thấy cực đại mưa nằm về phía bên trái của quĩ đạo trong một số cơn bão đổ bộ, điều này có nghĩa là sự tương phản ma sát bề mặt đất–biển không phải là nhân tố luôn luôn ảnh hưởng đến sự bất đối xứng của trường mưa bão trong quá trình đổ bộ [4]. [5] đã sử dụng sản phẩm vệ tinh TRMM từ 1998 đến 2000 để xác định phân bố mưa trong 260 cơn bão trên các vùng đại dương nhiệt đới toàn cầu. Tập số liệu của các cơn bão được phân chia theo 3 cấp ứng với 6 vùng biển gồm TS (gió cực đại < 33 m/s), CAT12 (gió từ 34–48 m/s), CAT35 (gió > 49 m/s). Kết quả cho thấy nhìn chung mưa lớn với cường độ R > 10 mm/h chiếm khoảng 15% ở khu vực gần tâm bão nhưng đóng góp tới 50% vào tổng lượng mưa. Vị trí của cường độ mưa trung bình theo hướng phương vị cực đại có xu hướng dịch về vùng bán kính nhỏ hơn khi cường độ bão tăng lên. Những cơn bão ở vùng biển Ấn Độ Dương có cường độ mưa trung bình theo hướng phân vị là lớn nhất trong 6 vùng biển. Phân bố cường độ mưa trung bình ở vùng Đại Tây Dương và tây Thái Bình Dương là tương tự nhau trong khi những cơn bão ở phía đông và trung tâm Thái Bình Dương có cường độ mưa trung bình nhỏ nhất, nguyên nhân có thể do điều kiện nhiệt độ mặt nước biển lạnh ở khu vực này. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng giá trị cường độ mưa đối xứng trục lớn hơn 5mm/h thường nằm trong vòng bán kính 50 km tính từ tâm bão, sau đó giảm dần về giá trị 1mm/h ở bán kính khoảng 250 km. Trong nghiên cứu khác, [6] đã chỉ ra rằng tính bất đối xứng của mưa bão liên quan đến độ đứt gió thẳng đứng môi trường và tính bất đối xứng này bị ảnh hưởng đáng kể khi độ đứt gió thẳng đứng lớn hơn 5 m/s. Rất nhiều các nghiên cứu khác [7–9] cũng đã chỉ ra tính bất đối xứng của trường mưa khi bão đổ bộ còn bị ảnh hưởng đáng kể bởi chuyển động bão và tính bất đồng nhất của bề mặt. Gần đây, nghiên cứu của [10] đã phân tích sự phân bố đối xứng và bất đối xứng của mưa trong 133 trường hợp bão đổ bộ vào Trung Quốc sử dụng số liệu vệ tinh TRMM 3B42 từ năm 2001 đến 2015. Số liệu tái phân tích trường gió ngang của NCAR/NCEP cũng được sử dụng để xem xét mức độ ảnh hưởng của độ đứt gió thẳng đứng qui mô lớn đến sự phân bố mưa bão. Kết quả phân tích đã chỉ ra rằng tính đối xứng của trường mưa có quan hệ chặt chẽ với cường độ bão, có nghĩa là những cơn bão mạnh hơn sẽ có các đặc trưng lớn hơn gồm cường độ mưa trung bình, cường độ mưa đối xứng cực đại trung bình, tổng lượng mưa trung bình, diện tích vùng mưa trung bình, tỷ lệ của thành phần đối xứng so với tổng lượng mưa. Mức độ ảnh hưởng của cường độ bão thường tập trung trong khoảng thời gian trước 24h và sau 24h tính ở thời điểm đổ bộ. Tuy nhiên, một số đặc trưng cực đại như cường độ mưa, diện tích vùng mưa, tổng lượng mưa lại không thể hiện mối quan hệ chặt chẽ với cường độ bão. Điều này cho thấy sự ảnh hưởng của một vài nhân tố khác như độ đứt gió thẳng đứng của môi trường, sự tương tác với các hệ thống thời tiết qui mô lớn hoặc địa hình. Các nhân tố này ảnh hưởng đến vùng mưa bất đối xứng cực đại của các cơn bão trong quá trình đổ bộ. Trong trường hợp độ đứt gió thẳng đứng yếu (< 5m/s) thì độ tương phản đất–biển là nhân tố ảnh hưởng đến sự phân bố bất đối xứng của trường mưa khi bão đổ bộ.

Ở Việt Nam, những nghiên cứu liên quan đến đặc điểm mưa bão, đặc biệt trong trường hợp khi bão đổ bộ vẫn còn là một khoảng trống cần nghiên cứu. Nghiên cứu của [11] về đặc điểm khí hậu của mưa bão sử dụng số liệu lượng mưa ngày của 15 trạm khí tượng ở vùng duyên hải Việt Nam trong giai đoạn 1961–2008 cho thấy mưa bão cực đại xảy ra từ tháng 7 đến tháng 9 ở khu vực phía bắc trong khi ở miền Trung thường đạt cực đại vào tháng 10–11. Riêng các trạm ở khu vực phía nam thì lượng mưa tổng cộng nhìn chung không có sự đóng góp của mưa bão. Bên cạnh đó, trong những năm El Niño (La Niña) thì cường độ mưa bão và cường độ của những ngày mưa lớn ở khu vực miền Trung giảm (tăng) đáng kể vào tháng 10–11. Các nghiên cứu khác đã thực hiện ở trong nước có sử dụng dữ liệu viễn thám chủ yếu là sử dụng vệ tinh địa tĩnh và radar mặt đất và hầu như mới dừng ở việc phát hiện mây, mưa và các hiện tượng như dông, lốc, chứ chưa có nghiên cứu nào về cấu trúc các hệ thống gây mưa hoặc phân bố mưa nói chung, đặc biệt là mưa do bão. Điển hình như: [12] đã thử nghiệm sử dụng ảnh mây vệ tinh địa tĩnh GMS–5 trong ước tính khả năng gây mưa cho một khu vực từ các kênh ảnh hồng ngoại nhiệt; [13] nghiên cứu xây dựng quy trình nhận biết và theo dõi các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như tố, lốc, mưa đá, mưa lớn cục bộ bằng hệ thống radar thời tiết ở Việt Trì, Phù Liễn và Vinh; [14] đã thử nghiệm sử dụng dữ liệu radar thời tiết ở Tam Kỳ và Nha Trang để xây dựng các chỉ tiêu cảnh báo mưa và nhận biết dông dựa vào độ phản hồi cho khu vực trung Trung Bộ. Các radar thời tiết sử dụng ở các cơ quan nghiệp vụ mới chủ yếu để xác định vị trí tâm bão, đánh giá về khả năng mưa đi kèm bão theo phương pháp trực quan. Những quan trắc bằng radar mặt đất bị hạn chế bởi tầm quét, nên chỉ quan trắc được bão khi đã vào trong khoảng cách 200–300 km, như vậy sẽ hạn chế việc theo dõi sự thay đổi cấu trúc trường mưa bão trong quá trình di chuyển của bão. Gần đây, nghiên cứu của [15] đã đánh giá ước lượng mưa của GSMaP_NOW, GSMaP_MVK và Himawari–8 so với giá trị quan trắc tại 184 trạm synop ở Việt Nam từ tháng 10/2019 đến tháng 1/2020. Kết quả đánh giá cho thấy ước lượng mưa vệ tinh đều có tương quan dương với số liệu mưa quan trắc trong đó GSMaP_MVK có tương quan cao nhất và sai số RMSE nhỏ nhất. Ước lượng mưa từ GSMaP_NOW có RMSE, hệ số tương quan, chỉ số FAR tốt hơn so với ước lượng mưa từ Himawari–8. Sản phẩm từ Himawari–8 thường thiên cao đối với mưa lớn do đó có chỉ số BIAS khá lớn. Nguyên nhân là do nhiệt độ đỉnh mây trong các hệ thống mây cho mưa khá nhỏ.

Chính vì vậy, nghiên cứu này tập trung vào việc khai thác nguồn số liệu mưa vệ tinh GSMaP để phân tích đặc điểm phân bố của mưa bão trong quá trình bão đổ bộ vào Việt Nam. Nghiên cứu được thực hiện cho 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam trong giai đoạn từ năm 2000 đến 2020. Mục 2 sẽ trình bày về nguồn số liệu và phương pháp nghiên cứu. Các kết quả nhận được và phần thảo luận sẽ được đề cập ở mục tiếp theo.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu GSMaP

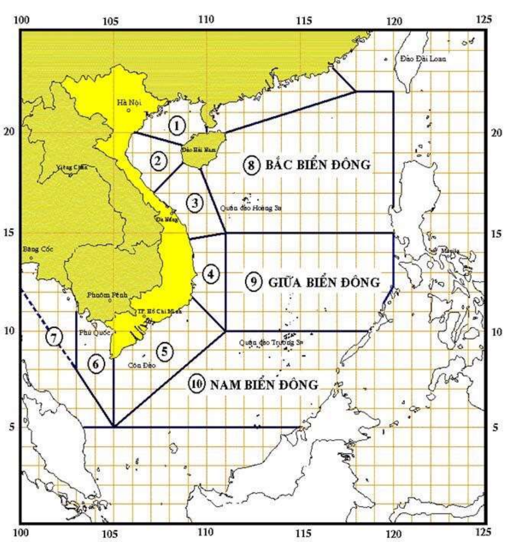
Sản phẩm mưa vệ tinh độ phân giải cao được sử dụng có tên gọi là GSMaP (*Global Satellite Mapping Precipitation*). Trung tâm Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (*JSTA – Japan Science and Technology Agency*) đã bắt đầu thiết lập cơ sở dữ liệu GSMaP từ năm 2002 và sau đó đến năm 2007 được đẩy mạnh bởi Trung tâm Nghiên cứu Vũ trụ Nhật Bản (*JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency*) và nhóm các nhà khoa học thực hiện Nhiệm vụ Đo đạc mưa (*PMM – Precipitation Measuring Mission*) để tạo ra sản phẩm mưa toàn cầu với độ phân giải cao theo không gian và theo thời gian [16]. GSMaP bao phủ trên phạm vi từ 60ºN đến 60ºS với độ phân giải theo phương ngang là 0,1 độ (3600×1200 pixels) và độ phân giải thời gian là 1 giờ. Số liệu mưa vệ tinh GSMaP có thể tải miễn phí từ website của Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái Đất (EORC)/ Cơ quan Thám hiểm Hàng không Nhật Bản (JAXA): http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/.

2.2. Số liệu bão và chia nhóm số liệu bão

Bộ số liệu quan trắc 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam từ năm 2000 đến 2020 được thu thập từ nguồn cơ sở dữ liệu của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản JMA (*Japan Meteorology Agency*) có độ phân giải theo thời gian là 3 giờ trong đó bao gồm thông tin về số cơn bão, tên quốc tế ghi nhận, thời gian bắt đầu và kết thúc hoạt động của cơn bão.

Nhằm mục đích xem xét sự khác biệt về phân bố mưa bão một cách chi tiết, tập số liệu bão được chia nhóm theo vùng đổ bộ vào Việt Nam (Hình 1) và theo cường độ bão như sau:

+ Theo vùng đổ bộ gồm có 5 vùng: vùng 1 (> 20N); vùng 2 (17N–20N); vùng 3



Hình 1. Phân vùng đổ bộ của bão vào Việt Nam (từ vùng 1 đến vùng 5) [17].

(14,7N–17N); vùng 4 (11,9N–14,7N); vùng 5 (8,5N–11,9N).

+ Theo cường độ bão (tốc độ gió 10 m cực đại) gồm có 3 cấp: TC8–9 (62–88 km/h); TC10–11 (89–117 km/h); TC12 (≥ 118 km/h).

Danh sách các cơn bão và phân nhóm được liệt kê chi tiết ở Bảng 1.

Bảng 1. Danh sách 71 cơn bão trong giai đoạn 2000–2020 và phân nhóm.

Năm	STT	Tên bão	Phân vùng	Phân cấp	Năm	STT	Tên bão	Phân vùng	Phân cấp
2000	1	KAEMI	3	TC8–9	2013	36	BEBINCA	1	TC8–9
	2	WUKONG	2	TC12		37	JEBI	1	TC10–11
2001	3	DURIAN	1	TC10–11		38	MANGKHUT	2	TC8–9
	4	USAGI	2	TC8–9		39	WUTIP	2	TC12
	5	LINGLING	4	TC10–11		40	NARI	3	TC12
2003	6	IMBUDO	1	TC10–11		41	HAIYAN	1	TC12
	7	GONI	2	TC10–11	2014	42	RAMMASUN	1	TC12
	8	KROVANH	1	TC12		43	KALMAEGI	1	TC12
2004	9	CHANTHU	4	TC10–11		44	SINLAKU	4	TC8–9
2005	10	WASHI	1	TC8–9	2015	45	KUJIRA	1	TC8–9
	11	VICENTE	2	TC8–9		46	VAMCO	3	TC8–9
	12	DAMREY	2	TC12	2016	47	MIRINAE	1	TC10–11
2006	13	XANGSANE	3	TC12		48	DIANMU	1	TC8–9
	14	DURIAN	5	TC12		49	RAI	3	TC8–9
2007	15	TORAJI	1	TC8–9	2017	50	TALAS	2	TC10–11
	16	FRANCISCO	1	TC8–9		51	SONCA	2	TC8–9
	17	LEKIMA	2	TC10–11		52	DOKSURI	2	TC12
	18	PEIPAH	5	TC12		53	DAMREY	4	TC12
2008	19	KAMMURI	1	TC10–11		54	TINO	4	TC8–9
	20	HAGUPIT	1	TC12	2018	55	SONTINH	2	TC8–9
	21	MEKHALA	2	TC8–9		56	BEBINCA	2	TC8–9
	22	NOUL	4	TC8–9		57	USAGI	5	TC10–11
2009	23	SOUDELOR	1	TC8–9		58	TORAJI	5	TC8–9
	24	MUJIGAE	2	TC8–9	2019	59	MUN	1	TC8–9
	25	KETSANA	3	TC12		60	WIPHA	2	TC8–9
	26	MIRINAE	4	TC12		61	PODUL	2	TC8–9
2010	27	CONSON	1	TC12		62	MATMO	4	TC8–9
	28	MINDULLE	2	TC8–9		63	NAKRI	4	TC12
2011	29	HAIMA	1	TC8–9	2020	64	SINLAKU	2	TC8–9
	30	NOCK–TEN	2	TC10–11		65	LEON	3	TC8–9
	31	NESAT	1	TC12		66	LINFA	3	TC8–9
2012	32	PAKHAR	5	TC10–11		67	NIKA	1	TC8–9
	33	KAITAK	1	TC12		68	MOLAVE	3	TC12
	34	GAEMI	4	TC10–11		69	GONI	4	TC12
	35	SONTINH	1	TC12		70	ETAU	4	TC8–9
						71	VAMCO	2	TC12

2.3. Phương pháp phân tích mưa

Trong hầu hết các nghiên cứu về phân tích phân bố mưa bão, khai triển Fourier thường được sử dụng để tính các thành phần mưa trong một cơn bão ứng với số sóng 0 (WN–0) và các số sóng cao hơn (Ví dụ số sóng từ 1–4). Thành phần mưa đối xứng trục là cường độ mưa trung bình theo hướng phân vị (WN–0), đây là một hàm khoảng cách theo hướng bán kính dạng vành khuyên rộng 10km tính từ tâm bão. Các thành phần mưa bất đối xứng được phân tích từ số liệu cường độ mưa ở vùng vành khuyên rộng 10km tính từ tâm bão đến bán kính 500km. Trước tiên, các hệ số Fourier của WN–1 được tính như sau [18]:

$$a_1 = \sum_i \left[R_i \cos(\theta_i) \right],$$
$$b_1 = \sum_i \left[R_i \sin(\theta_i) \right] \tag{1}$$

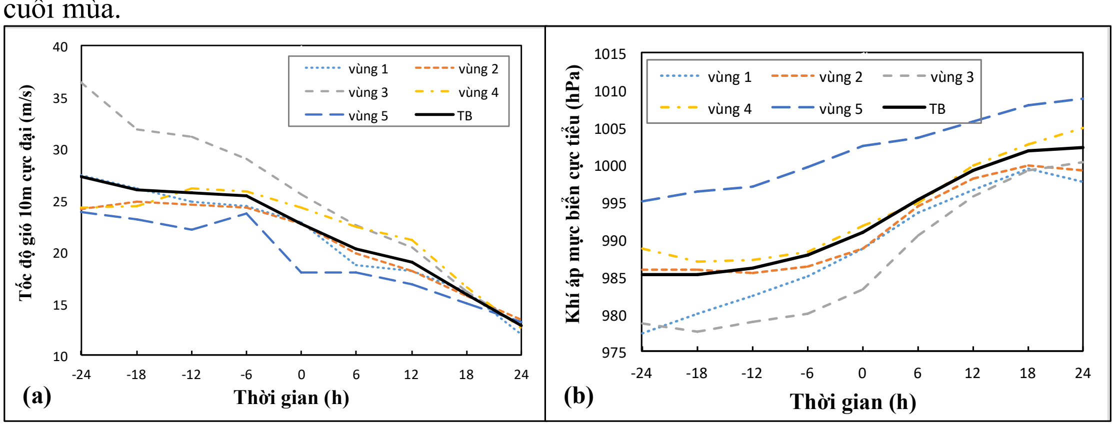
Trong đó R_i là cường độ mưa riêng lẻ thứ i, θ_i là góc pha tương ứng với chuyển động bão. Thành phần mưa bất đối xứng của WN–1 có thể được biểu diễn như sau:

$$M_1 = \left[a_1 \cos(\theta) + b_1 \sin(\theta) \right] / R \tag{2}$$

Tương tự, các thành phần mưa bất đối xứng của WN2–4 cũng được xác định.

3. Kết quả và thảo luận

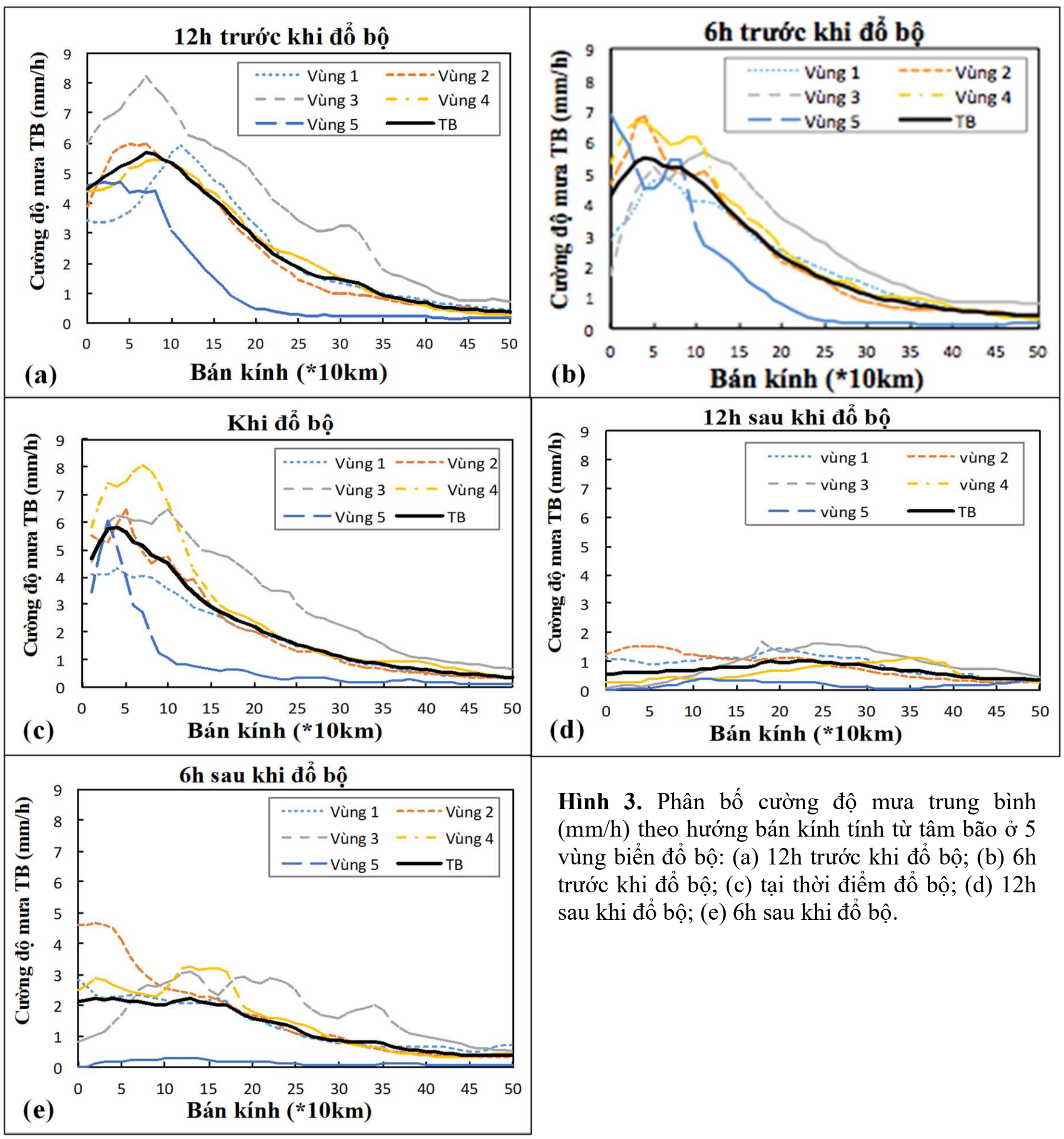
Hình 2 biểu diễn sự thay đổi của tốc độ gió 10 m cực đại và khí áp mực biển cực tiểu ở tâm bão trong khoảng thời gian từ trước 24h và sau 24h tính từ thời điểm bão đổ bộ ở 5 vùng biển đổ bộ vào Việt Nam. Từ hình vẽ nhận thấy trong khoảng thời gian 24h trước khi đổ bộ tốc độ gió cực đại được duy trì khá ổn định ngoại trừ ở vùng 3 có sự giảm dần theo thời gian. Vùng 3 cũng là khu vực tập trung các cơn bão mạnh, tốc độ gió cực đại thường lớn hơn các vùng còn lại, sự khác biệt này là đáng kể ở thời điểm trước 24h khi bão đổ bộ (có thể trên 35 m/s). Sau khi bão đổ bộ vào bờ, do ma sát với đất liền mà tốc độ gió cực đại suy giảm rất nhanh theo thời gian và sự khác biệt giữa các vùng là không lớn. Ở thời điểm 24h sau khi bão đổ bộ, tốc độ gió cực đại ở tất cả các vùng chỉ đạt giá trị khoảng 12 m/s. Trong 5 vùng đổ bộ thì các cơn bão đổ bộ vào vùng biển 5 có tốc độ gió cực đại là yếu nhất, điều này hoàn toàn hợp lý vì những cơn bão đổ bộ ở vùng này là những cơn bão yếu cuối mùa.



Hình 2. Biến đổi của tốc độ gió cực đại (m/s) (a) và khí áp mực biển cực tiểu (hPa) (b) theo từng 6h một trước và sau 24h tính từ khi bão đổ bộ (0h) ở 5 vùng biển đổ bộ.

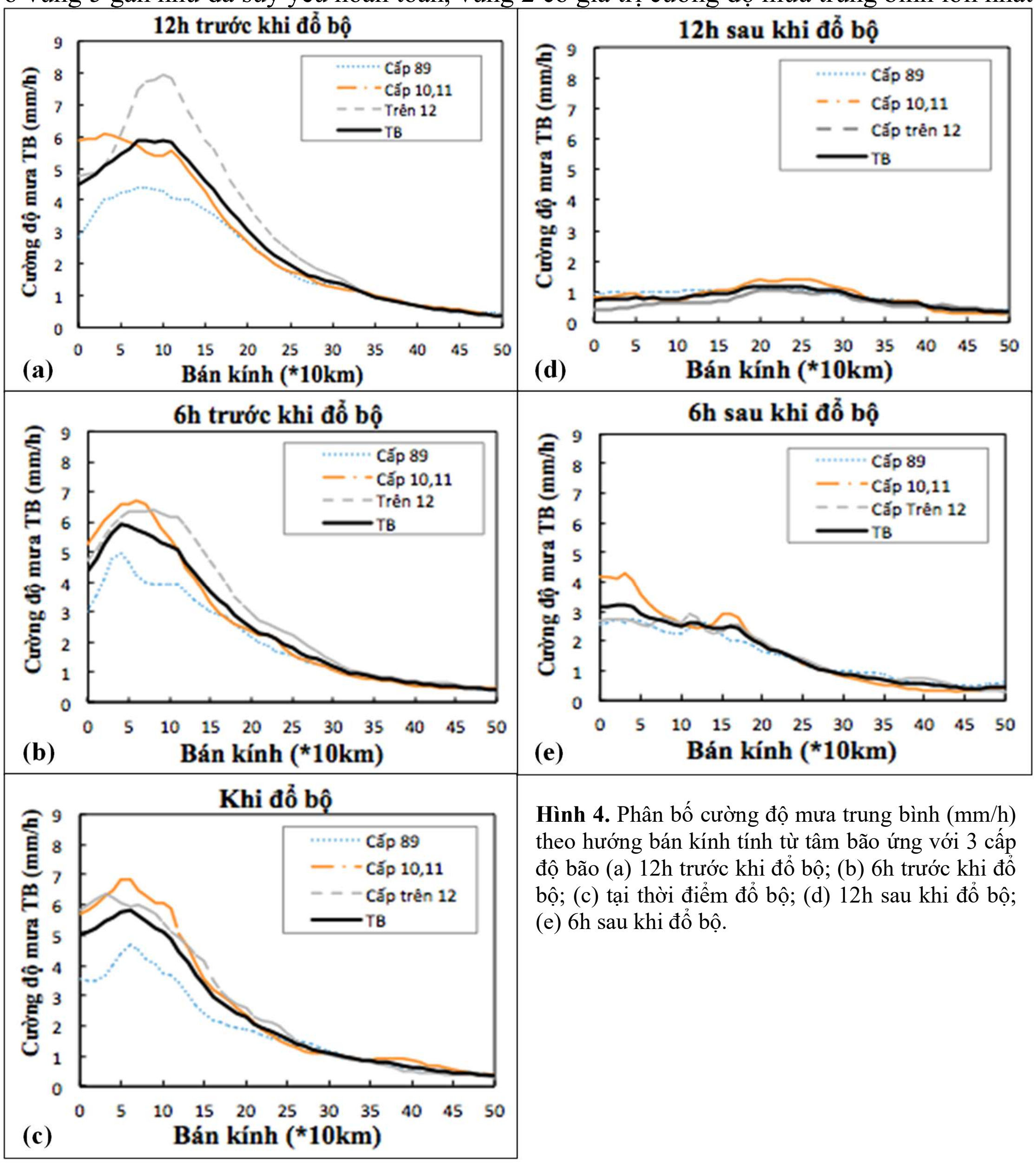
Biến đổi của khí áp cực tiểu ở tâm cũng có sự phù hợp với tốc độ gió cực đại, vùng 3 là nơi có giá trị khí áp cực tiểu thấp nhất và vùng 5 là nơi có giá trị khí áp cực tiểu cao nhất. Trong khoảng thời gian 24h trước khi đổ bộ thì vùng 1 có giá trị p_{min} nhỏ hơn rõ rệt so với vùng 2 và 4 nhưng sau khi bão đổ bộ vào bờ thì sự khác biệt này không còn thể hiện rõ nữa.

Hình 3 là phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) lấy theo hướng bán kính tính từ tâm bão đến khoảng cách 500 km ở 5 vùng biển đổ bộ tại các khoảng thời gian trước và sau khi bão đổ bộ. Khoảng cách 500km đã được nhiều tác giả chỉ ra rằng đây là phạm vi chính chịu ảnh hưởng của mưa bão [10, 19]. Từ hình vẽ nhận thấy ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ vùng 3 có cường độ mưa trung bình lớn nhất (trên 8mm/h) và nằm ở bán kính khoảng 60–70 km tính từ tâm bão, giá trị này đều lớn nhất ở tất cả các khoảng cách so với các vùng đổ bộ khác. Giá trị cực đại cường độ mưa trung bình của các vùng còn lại đạt khoảng 5–6 mm/h và thường nằm trong vùng bán kính từ 50–100 km, riêng vùng 1 có giá trị cực đại nằm cách xa tâm hơn khoảng 120 km. Vùng 5 có cường độ mưa trung bình nhỏ nhất và giảm nhanh khi đi ra ngoài bán kính 100 km, đến khoảng 200 km thì gần như không còn sự ảnh hưởng của mưa bão. Tại thời điểm 6h trước khi bão đổ bộ (Hình 3b) nhận thấy giá trị cường độ mưa cực đại trung bình ở vùng 3 giảm đi chỉ đạt khoảng 6 mm/h và ở vị trí khoảng cách trên 100 km, vùng 2 và 4 có giá trị cường độ mưa cực đại lớn hơn (~7mm/h) và nằm ở vị trí gần tâm bão hơn (~50km), vùng 1 có giá trị cường độ mưa trung bình cực



Hình 3. Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) theo hướng bán kính tính từ tâm bão ở 5 vùng biển đổ bộ: (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 12h sau khi đổ bộ; (e) 6h sau khi đổ bộ.

đại là nhỏ nhất (~5mm/h) nằm ở khoảng cách từ 50–100 km tính từ tâm bão. Trong khoảng bán kính 100 km tính từ tâm bão thì giá trị cường độ mưa cực đại trung bình ở vùng 5 có sự thay đổi nhiều nhất, giá trị khá lớn (~7mm/h) khi ở sát vùng tâm bão sau đó giảm dần đến khoảng cách 50 km rồi lại tăng lên ~5,5mm/h ở khoảng cách 80–100 km rồi giảm rất nhanh xuống giá trị ~1mm/h ở khoảng cách 200km tính từ tâm bão. Tại thời điểm bão đổ bộ vào bờ (Hình 3c) thì giá trị cường độ mưa trung bình cực đại ở vùng 4 là mạnh nhất (~8mm/h) ở khoảng 100km nhưng sau đó giảm nhanh theo hướng bán kính. Giá trị cường độ mưa trung bình cực đại của vùng 2, 3, 5 là tương đương nhau ở thời điểm này (~6mm/h) trong đó vùng 2, 5 thì giá trị này nằm sát tâm bão hơn (~50–70km) còn vùng 3 xuất hiện ở khoảng cách xa tâm hơn (~110km). Giá trị cường độ mưa trung bình cực đại của vùng 1 là nhỏ nhất (~4mm/h) nhưng gần như ít suy giảm trong vòng bán kính 100 km tính từ tâm bão. Từ khoảng cách 150 km trở đi, giá trị cường độ mưa trung bình của vùng 3 luôn lớn hơn và giảm chậm hơn so với giá trị của các vùng còn lại. Sau khi đổ bộ 6h thì các cơn bão ở vùng 5 gần như đã suy yếu hoàn toàn, vùng 2 có giá trị cường độ mưa trung bình lớn nhất

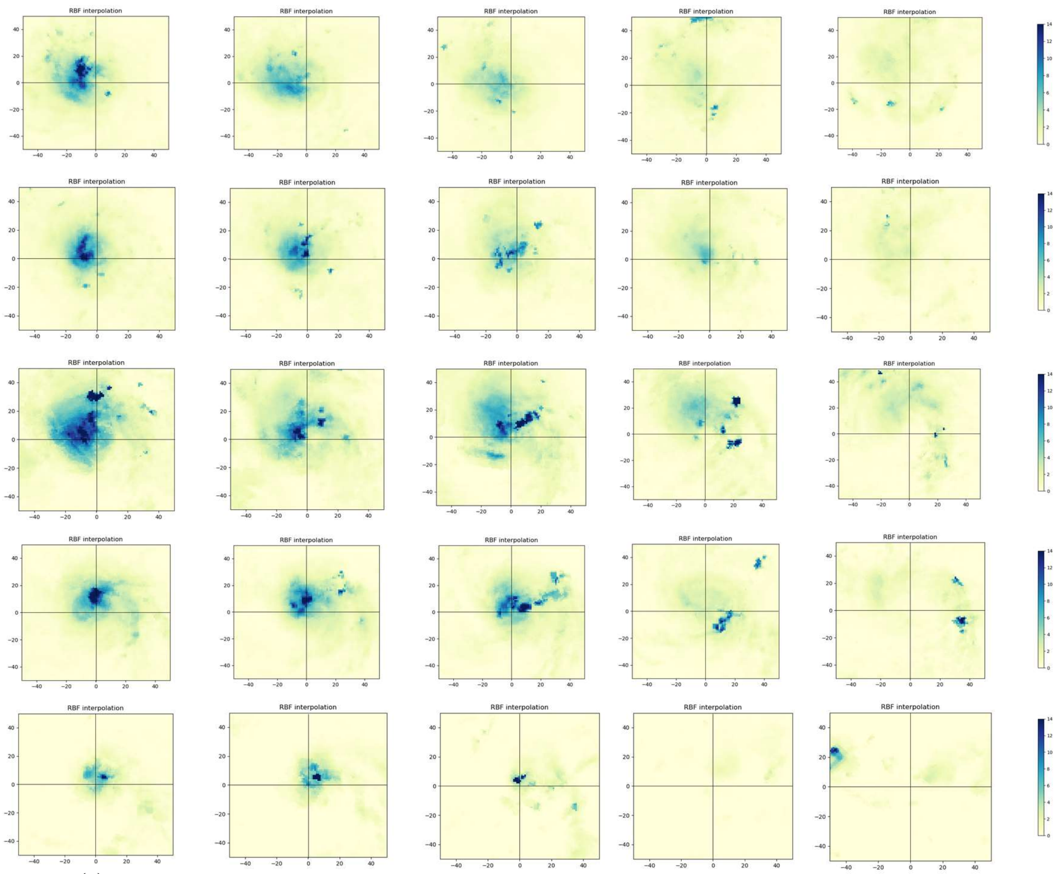


Hình 4. Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) theo hướng bán kính tính từ tâm bão ứng với 3 cấp độ bão (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 12h sau khi đổ bộ; (e) 6h sau khi đổ bộ.

đạt ~5mm/h trong khoảng bán kính 50 km tính từ tâm bão, các vùng còn lại giá trị này dao động trong khoảng từ 2 đến 3 mm/h và ít thay đổi theo hướng bán kính trong phạm vi 200 km tính từ tâm bão. Tại thời điểm 12h sau khi bão đổ bộ (Hình 3d) thì giá trị cường độ mưa trung bình rất nhỏ (dưới 2 mm/h) và ít có sự khác biệt giữa các vùng cũng như theo khoảng cách tính từ tâm bão.

Tương tự như Hình 3 nhưng các kết quả được phân tích khi chia nhóm theo cường độ bão (Hình 4). Nhận định chung nhất tại tất cả các thời điểm có thể thấy sự thay đổi của giá trị cường độ mưa trung bình không có sự biến đổi phức tạp như khi phân chia theo vùng bão đổ bộ. Điều này cho thấy ảnh hưởng của các nhân tố địa lý bên ngoài có tác động đáng kể đến sự tăng hoặc giảm cường độ mưa cũng như vị trí xuất hiện của vùng mưa lớn. Tại thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ, cường độ mưa trung bình của bão cấp trên 12 đạt giá trị lớn nhất khoảng 8 mm/h ở khoảng cách tầm 120 km tính từ tâm bão, bão cấp 10–11 có giá trị cường độ mưa trung bình khoảng 6 mm/h nhưng xuất hiện ở gần tâm hơn (~50km) còn bão yếu cấp 8–9 chỉ đạt giá trị cường độ mưa trung bình lớn nhất khoảng 4 mm/h nhưng duy trì giá trị này ở phạm vi rộng trong khoảng từ 50 đến 120 km. Thời điểm 6h trước khi bão đổ bộ thì cường độ mưa trung bình ở cấp bão 12 có xu hướng giảm đi nhưng ở cấp 8–9 và 10–11 lại có xu hướng tăng lên, vùng mưa lớn của bão trên cấp 12 vẫn nằm cách xa tâm bão hơn so với các trường hợp còn lại. Tại thời điểm đổ bộ, vùng mưa lớn có xu hướng gần tâm bão hơn nằm trong khoảng 50 đến 100 km ở tất cả các trường hợp trong đó ứng với cấp bão 10–11 thì giá trị cường độ mưa trung bình cực đại là lớn nhất. Ở thời điểm 6h sau khi bão đổ bộ, cường độ mưa trung bình ở cấp bão 10–11 vẫn có giá trị lớn hơn trong phạm vi bán kính 100 km tính từ tâm bão. Sau 12h tính từ thời điểm bão đổ bộ thì giá trị cường độ mưa trung bình giảm mạnh chỉ còn khoảng 1mm/h, duy trì tương đối ổn định theo hướng bán kính và gần như không khác biệt theo cấp bão.

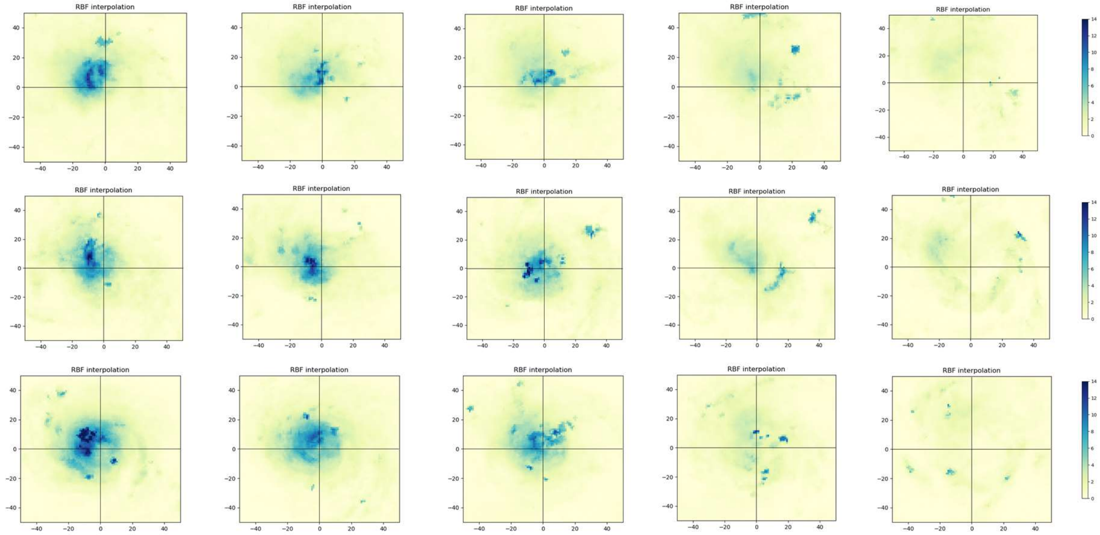
Hình 5 thể hiện phân bố cường độ mưa trung bình theo hướng bán kính tính từ tâm bão đến khoảng cách 500 km ở 5 vùng độ bộ ứng với các thời điểm khác nhau. Trên hình vẽ tâm bão là vị trí ứng với điểm gốc (0,0), theo trục 0x thì khoảng cách dương và về phía đông, khoảng cách âm là về phía tây và tương tự theo trục 0y thì khoảng cách dương là hướng về phía bắc và ngược lại là về phía nam. Tất cả các cơn bão khi đưa vào xem xét phân bố mưa đều được xoay hướng di chuyển trùng với hướng dương của trục 0y. Từ hình vẽ nhận thấy phân bố vùng mưa, đặc biệt là vùng mưa lớn nằm ở vị trí khác nhau đối với các cơn bão đổ bộ ở các vùng bờ biển khác nhau, đồng thời có sự thay đổi theo thời gian trong quá trình trước và sau khi bão đổ bộ vào đất liền. Ở vùng đổ bộ 1, 2 và 3 tại thời điểm 12h trước khi đổ bộ ta thấy vùng mưa lớn tập trung ở vị trí phía trước và lệch về bên trái so với hướng di chuyển của bão trong khi ở vùng 4 thì mưa lớn nằm ở phía trước nhưng phân bố cả về bên trái và phải của hướng dịch chuyển. Riêng ở vùng đổ bộ số 5, phân bố mưa lớn tại thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ có xu hướng nằm ở phía trước và lệch về bên phải hướng chuyển động của bão. Phân bố mưa ở vùng 3 có cường độ mạnh nhất và diện mưa cũng rộng nhất so với các vùng còn lại, phạm vi ảnh hưởng của mưa lớn có thể đến khoảng cách 200–300 km tính từ tâm bão. Cường độ mưa trung bình ở vùng 5 là nhỏ nhất đồng thời diện mưa bão ảnh hưởng ở bán kính nhỏ hơn 100 km tính từ tâm bão. Tại thời điểm 6h trước khi đổ bộ cường độ mưa trung bình ở các vùng 1 và 3 có sự suy giảm rõ rệt nhất, vùng 2 và 4 mức độ giảm ít hơn còn vùng 5 thì có sự tăng cường nhẹ của lượng mưa. Tuy nhiên vị trí vùng mưa lớn về cơ bản không thay đổi nhiều so với tại thời điểm 12h trước đó. Vào thời điểm đổ bộ, mưa ở vùng 1 suy yếu nhanh và tập trung ở nửa bên trái so với hướng di chuyển, mưa ở vùng 2 chủ yếu ở nửa phía trước và bên trái trong khi mưa lớn ở vùng 3 và 4 lan sang cả khu vực phía trước và bên phải của cơn bão, riêng ở vùng 5 thì diện mưa đã thu hẹp lại nhiều và vùng mưa lớn chủ yếu ở phía trước theo hướng di chuyển của bão. Sau khi bão đổ bộ vào đất liền 6h thì mưa lớn chủ yếu chỉ còn duy trì ở vùng 3 và 4, vùng 5 gần như đã suy yếu hoàn toàn. Vị trí vùng mưa lớn ở vùng 3 tập trung ở nửa bên phải theo hướng di chuyển của bão và nằm cách xa tâm bão hơn so với các thời điểm trước đó, vị trí khu vực mưa lớn ở vùng 4 tập trung hầu hết ở nửa phải, phía sau của hướng bão di chuyển và ở khoảng bán kính từ 100 đến 200 km tính từ tâm bão. Vào thời điểm 12h sau khi bão đổ bộ thì mưa bão gần như không còn ảnh hưởng rõ rệt nữa, riêng ở vùng 4 và vùng 5 có xuất hiện một tâm mưa lớn nhưng ở khoảng cách khá xa so với tâm bão (~400km).



(a) (b) (c) (d) (e)

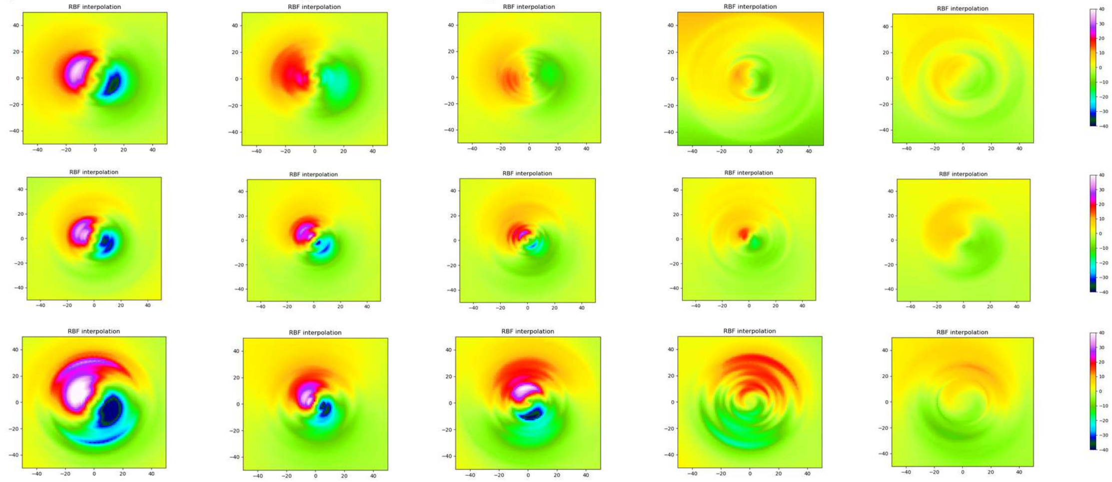
Hình 5. Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở vùng 1 đến 5 (theo thứ tự từ trên xuống dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

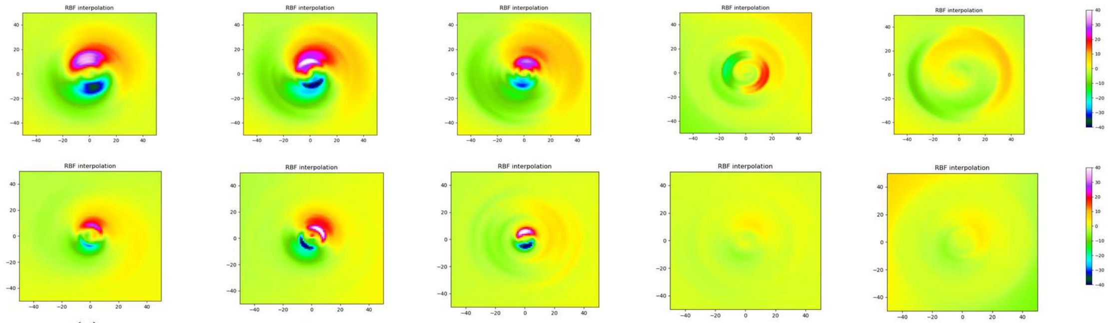
Hình 6 cũng xem xét đặc điểm phân bố mưa theo hướng bán kính tính từ tâm bão tương tự như hình 5 nhưng phân loại theo 3 nhóm cường độ bão. Theo cách phân chia này nhận thấy ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ khu vực mưa lớn nằm tập trung ở cung phần tư phía trước, bên trái theo hướng di chuyển của cơn bão. Đến thời điểm 6h trước khi bão tiến vào đất liền thì vùng mưa lớn có xu hướng ở phía trước nhưng lệch sang cả phần bên phải ở nhóm bão cấp 8–9, ở phía bên trái nhưng phân bố cả ở phía trước và phía sau ở nhóm bão cấp 10–11, ít thay đổi về phân bố vùng mưa mà chỉ suy giảm cường độ mưa ở nhóm bão cấp 12. Phân bố này khá tương đồng ở thời điểm khi bão đổ bộ vào bờ, tuy nhiên tại thời điểm này cường độ mưa trung bình ở nhóm bão cấp 10–11 còn lớn hơn cả nhóm bão cấp 12. Điều này cho thấy khi còn ở trên biển thì cường độ bão lớn thường tạo ra những vùng mưa có cường độ lớn tương ứng nhưng khi bão đi vào đất liền thì tác nhân bề mặt đệm (chẳng hạn như ảnh hưởng của địa hình,...) có thể là một trong những nhân tố làm tăng cường lượng mưa ngay cả khi cường độ bão yếu hơn do bị suy giảm nguồn cung cấp ẩm và ma sát với đất liền. Sau khi bão đổ bộ ở thời điểm sau 6h và 12h thì cường độ mưa bão suy giảm rõ rệt và phân bố vùng mưa cũng không còn thể hiện rõ.



Hình 6. Phân bố cường độ mưa (mm/h) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở 3 cấp bão 8–9 (trên), 10–11 (giữa), 12 (dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

Hình 7 là kết quả phân tích thành phần mưa bất đối xứng theo Fourier từ số sóng thứ nhất WN–1 (như đã trình bày ở mục 2.3). Từ hình vẽ nhận thấy ứng với mỗi một vòng tròn bán kính tính từ tâm bão có thể nhận diện được vùng mưa cực đại (vùng giá trị dương) và vùng mưa cực tiểu (vùng giá trị âm). Vị trí tâm bão và hướng di chuyển của bão cũng được qui định như ở Hình 5. Tại thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ, phân bố vùng mưa tập trung của vùng 1, 2 và 3 có sự tương đồng, chủ yếu ở phía trước và bên trái của cơn bão trong khi phân bố của vùng 4 và 5 nằm gần như hoàn toàn về phía trước và lan cả sang phần bên phải. Ở các lát cắt thời gian tiếp theo có thể thấy ở vùng 1 thì vùng mưa cực đại có sự dịch chuyển ngược chiều kim đồng hồ ở thời điểm đổ bộ, sự phân bố ở vùng 2 chỉ thu hẹp về diện và cường độ nhưng gần như rất ít thay đổi về vị trí vùng mưa cực đại. Riêng vùng 3 và 4 thì vị trí cùng mưa cực đại có sự thay đổi rõ rệt theo thời gian, xu hướng dịch chuyển vùng mưa xoay theo chiều kim đồng hồ, đặc biệt ở vùng 4 tại thời điểm 6h sau khi bão đổ bộ thì vùng mưa tập trung đã nằm ở hẳn vị trí bên phải, phía sau của cơn bão. Tại thời điểm 6h trước khi bão đổ bộ thì vùng mưa cực đại của vùng 5 cũng lệch về phía bên phải và ở phía trước cơn bão nhưng khi tại thời điểm đổ bộ thì mưa lớn tập trung ở phía trước và phân bố ở cả nửa trái và phải theo hướng bão di chuyển.

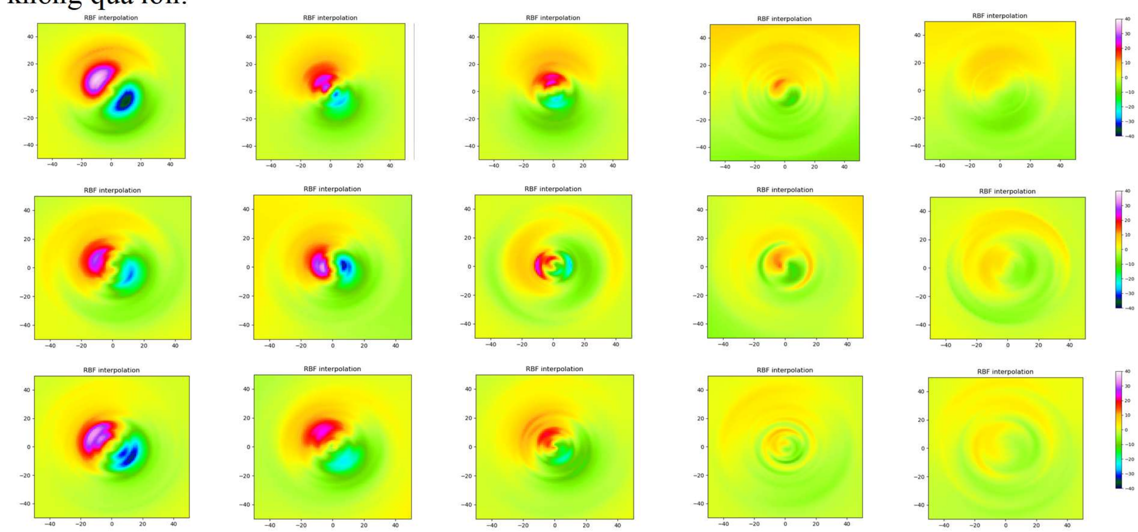




(a) (b) (c) (d) (e)

Hình 7. Thành phần mưa bất đối xứng WN–1 (mm) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở vùng 1 đến 5 (theo thứ tự từ trên xuống dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

Tương tự như Hình 7 khi phân chia theo nhóm cường độ bão ở Hình 8 ta nhận thấy tại thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ thì vùng mưa cực đại tập trung ở cung phần tư bên trái, phía trước của cơn bão ứng với tất cả các cấp độ bão. Ở các thời điểm tiếp theo, vùng mưa cực đại ứng với nhóm bão cấp 8–9 và cấp 12 có xu hướng quay theo chiều kim đồng hồ trong khi ứng với nhóm bão cấp 10–11 lại có xu hướng ngược lại nhưng sự thay đổi vị trí không quá lớn.



(a) (b) (c) (d) (e)

Hình 8. Thành phần mưa bất đối xứng WN–1 (mm) tính từ tâm bão đến bán kính 500 km ở 3 cấp bão 8–9 (trên), 10–11 (giữa), 12 (dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

4. Kết luận

Sau khi sử dụng bộ số liệu mưa vệ tinh GSMaP trong thời gian các cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam giai đoạn từ năm 2000 đến 2020 để phân tích sự phân bố của vùng mưa lớn trong bão có thể thấy những cơn bão đổ bộ ở vùng 3 có cường độ mưa trung bình nhìn chung là lớn nhất, đặc biệt ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ và giá trị cực đại này nằm cách xa tâm bão hơn ở khoảng cách 100 km. Phạm vi ảnh hưởng của mưa bão đối với những cơn bão đổ bộ ở vùng 5 là hẹp nhất, thường chỉ giới hạn ở 100 đến 150 km trong suốt khoảng thời gian 12h trước và sau khi đi vào đất liền. Nhìn chung, cường độ mưa trung bình tỷ lệ thuận với cường độ bão, giá trị cực đại mưa tiến gần về phía tâm bão hơn trong khoảng thời gian bão đổ bộ. Phân bố của vùng mưa cực đại trong hầu hết các trường hợp chủ yếu tập trung ở phần phía trước và bên trái so với hướng di chuyển của bão, ngoại trừ những cơn bão đổ bộ ở vùng 4 và 5 có vùng mưa cực đại lệch sang phía bên phải theo hướng chuyển động. Vị trí vùng mưa cực đại thay đổi rõ rệt ở vùng 1 và nhóm bão cấp 10–11 là xoay ngược chiều kim đồng hồ còn ở vùng 3, 4 và nhóm bão cấp 8–9, cấp 12 là xoay theo chiều kim đồng hồ trong khoảng thời gian từ 12h trước và sau khi bão đi vào đất liền.

Qua những phân tích trên có thể thấy cường độ mưa bão trung bình cũng như phân bố vùng mưa cực đại khác biệt rõ rệt ở các vùng đổ bộ của bão cũng như phụ thuộc vào cường độ bão. Điều đó có nghĩa là ảnh hưởng của bề mặt đệm cũng như các đặc điểm địa lý của vùng đổ bộ là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến đặc điểm phân bố mưa bão, đặc biệt ở những thời điểm gần với thời gian đổ bộ của bão. Những kết quả trên đây góp phần cung cấp thêm các thông tin hữu ích cho dự báo viên đưa ra dự báo cũng như cảnh báo về phạm vi ảnh hưởng của các vùng mưa lớn do bão. Nghiên cứu tiếp theo sẽ đi sâu vào phân tích ảnh hưởng của một số nhân tố bên ngoài như độ đứt gió thẳng đứng của môi trường, đường bờ biển, độ hội tụ ẩm mực thấp... đến sự phân bố bất đối xứng của trường mưa bão.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.T.H.; P.T.T.N.; Xử lý số liệu: T.M.H., P.T.H.; Viết bản thảo bài báo: V.T.H., T.M.H., P.T.H.; Chỉnh sửa bài báo: V.T.H., P.T.T.N.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả luận văn thạc sĩ: "Đặc điểm phân bố mưa khi bão đổ bộ vào Việt Nam sử dụng số liệu vệ tinh". Nghiên cứu này cũng cảm ơn sự hỗ trợ về số liệu và ý tưởng nghiên cứu từ đề tài mã số ĐTĐL.CN–59/21.

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. Miller, B.I. A study of the filling of Hurricane Donna (1960) over land. *Mon. Wea. Rev.* **1964**, *92*, 389–406.
2. Powell, M.D. The transition of the Hurricane Frederic boundary–layer wind field from the open Gulf of Mexico to landfall. *Mon. Wea. Rev.* **1982**, *110*, 1912–1932.
3. Dunn, G.E. and Miller, B.I. Atlantic Hurricane. Louisiana State University Press. 1960, pp. 377.
4. Blackwell, K.G. The evolution of Hurricane Danny (1997) at landfall: Doppler–observed eyewall replacement, vortex contraction/intensification, and low level wind maxima. *Mon. Wea. Rev.* **2000**, *128*, 4002–4016.
5. Lonfat, M.; Marks Jr., F.D.; Chen, S.S. Precipitation distribution in tropical cyclones using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) microwave imager: a global perspective. *Mon. Wea. Rev.* **2004**, *132*, 1645–1660.
6. Chen, S.; Knaff, J.A.; Marks, F.D. Effects of vertical wind shear and storm motion on tropical cyclone rainfall asymmetries deduced from TRMM. *Mon. Wea. Rev.* **2006**, *134*, 3190–3208.
7. Lonfat, M.; Rogers, R.; Marchok, T.; and Marks Jr., F.D. A parametric model for predicting hurricance rainfall. *Mon. Wea. Rev.* **2007**, *135*, 3086–3097.
8. Xu, W.; Jiang, H.; Kang, X. Rainfall asymmetries of tropical cyclones prior to, during, and after making landfall in South China and southeast United States. *Atmos. Res.* **2014**, *139*, 18–26.
9. Meng, W.; Wang, Y. A diagnostic study on heavy rainfall induced by Typhoon Utor (2013) in South China: 1. Rainfall asymmetry at landfall. *J. Geophys. Res.* **2016**, *121*, 12781–12802.
10. Yu, Z.; Wang, Y. Chapter 4. Rainfall distribution in landfalling tropical cyclones, Extreme Weather. IntechOpen, 2018, pp. 49–84.

11. Hoang Anh, N.T.; Matsumoto, J.; Thanh, N.D.; Endo, N. A Climatological study of tropical cyclone rainfall in Vietnam. *SOLA* **2012**, *8*, 41–44.
12. Hiền, H.M.; Thư, N.V. Thử nghiệm sử dụng ảnh mây vệ tinh địa tĩnh GMS-5 trong đánh giá mưa. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2000**, *479*, 30–35.
13. Sơn, T.D. Nghiên cứu xây dựng quy trình theo dõi các hiện tượng thời tiết nguy hiểm: tố, lốc, mưa đá, mưa lớn cục bộ bằng hệ thống ra đa thời tiết TRS–2730. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi Trường, 2009.
14. Thanh, N.T.T. Nghiên cứu thử nghiệm dự báo hạn cực ngắn mưa, dông. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi Trường, 2010.
15. Hung, M.K.; Saito, K.; Khiem, M.K.; Tien, D.D; Hung, N.V. Application of GSMaP satellite data in precipitation estimation and nowcasting: evaluations for October 2019 to January 2020 period for Vietnam. *VN. J. HydroMeteorol*. **2020**, *8*, 80–94.
16. Ushio, T.; Sasashige, K.; Kubota, T.; Shige, S.; Okamoto, K.; Aonashi, K.; et al. A Kalman filter approach to the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) from combined passive microwave and infrared radiometric data. *J. Meteorolog. Soc. Jpn*. **2009**, *87A*, 137–151.
17. Bộ Tài Nguyên và Môi trường. Số 2901/QĐ–BTNMT: Quyết định về việc công bố kết quả cập nhật phân vùng bão, xác định nguy cơ bão, nước dâng do bão và phân vùng gió cho các vùng ở sâu trong đất liền khi bão mạnh, siêu bão đổ bộ, 2016.
18. Boyd, J.P. Chebyshev and Fourier spectral methods. 2nd ed. NewYork: Dover. 2001, pp. 44.
19. Yu, Z.; Wang, Y.; Xu, H.; Yu, H. On the relationship between intensity and rainfall distribution in tropical cyclones making landfall over China. *J. Appl. Meteorol. Climatol*. **2017**, *56*, 2883–2901.

Characteristics of rainfall distribution induced by tropical cyclones making landfall over Vietnam using GSMaP satellite rainfall data

Tran Minh Hieu[1], Vu Thanh Hang[2]*, Pham Thi Thanh Nga[3], Pham Thanh Ha[2]

[1] Air Defense – Air Force Service; tranminhhieu_t59@hus.edu.vn
[2] VNU Hanoi University of Science; hangvt@vnu.edu.vn; phamthanhha5693@gmail.com
[3] Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; pttnga.monre@gmail.com

Abstract: GSMaP satellite rainfall data is collected and analyzed for 71 tropical cyclone (TC) cases directly affecting Vietnam during the period of (2000–2020) in order to examine the characteristics of TC rainfall distribution depending on landfall regions and TC intensities. The results show that the mean rain rate of landfall region No.3 is often greater than those of other regions especially at 12 hours prior to landfall and the extreme value is found around 100km from the TC center. Generally, the mean rain rates are proportional with TC intensities and the maximum values shift toward TC center during landfalling time. The extreme rainfall areas in almost cases are located in the left, front corner of TC motion direction and found in the right, front corner of TC motion direction in cases of TCs landfalling in regions No.4 and No.5.

Keywords: Tropical rainfall distribution; Tropical cyclones making landfall over Vietnam; GSMaP satellite rainfall data.