

# ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ BÃO VÀ NƯỚC DÂNG DO BÃO TẠI VEN BIỂN VIỆT NAM

Hoàng Đức Cường<sup>1</sup>, Nguyễn Bá Thủy<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hường<sup>1</sup>, Dư Đức Tiên<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Hiện trạng (giai đoạn 1951 - 2016) và nguy cơ bão, nước dâng do bão trên dải ven biển Việt Nam được phân tích và đánh giá theo số liệu quan trắc, kết quả của mô hình thống kê và mô phỏng bằng mô hình số trị. Phương pháp Monte Carlo được áp dụng để xây dựng tập hợp bão phát sinh thống kê và nước dâng do bão được mô phỏng bằng mô hình số trị tích hợp thủy triều, sóng và nước dâng do bão (SuWAT-Surge Wave and Tide). Kết quả cho thấy, trong giai đoạn 1951 - 2016 đã có nhiều cơn bão mạnh đổ bộ và gây nước dâng lớn trên dải ven biển Bắc và Bắc Trung Bộ. Trong 1000 năm sẽ có 4678 cơn bão đổ bộ vào dải ven biển từ Quảng Ninh đến Cà Mau. Trong đó, vùng biển Quảng Ninh - Thanh Hóa bão mạnh nhất có thể xảy ra đạt cấp 16, Nghệ An - Quảng Trị cấp 16, Quảng Bình - Phú Yên cấp 17, Bình Định - Ninh Thuận cấp 15 và Bình Thuận - Cà Mau có thể đạt cấp 13. Những khu vực có nước dâng bão lớn là ven biển Quảng Ninh-Hải Phòng (4.5m), Thanh Hóa - Nghệ An (4.0m), Quảng Trị (5.0m). Kết quả của nghiên cứu này là cơ sở để xây dựng phương án ứng phó với bão mạnh và siêu bão tại ven biển Việt Nam.

**Từ khóa:** Bão, Nước dâng bão, Monte Carlo, SuWAT.

Ban Biên tập nhận bài: 05/10/2017 Ngày phản biện xong: 12/11/2017 Ngày đăng bài: 25/12/2017

## 1. Mở đầu

Một trong những hệ quả của bão tác động tới vùng ven bờ là hiện tượng ngập lụt do nước biển dâng cao trong bão. Trên thế giới đã chứng kiến nhiều cơn bão mạnh gây nước dâng cao làm ngập vùng ven bờ trên diện rộng gây nhiều thiệt hại về người và của như bão Katrina đổ bộ vào bang New Orleans - Mỹ tháng 8/2005, bão Nargis đổ bộ vào Myanmar tháng 5/2008 và đặc biệt gần đây siêu bão Haiyan cấp 17 tràn vào Phillipin tháng 11/2013 làm hơn 7000 người chết và mất tích, chủ yếu bởi ngập lụt do nước biển dâng cao. Dải ven biển Việt Nam cũng đã ghi nhận nhiều cơn bão gây gió mạnh, sóng lớn và nước biển dâng cao như bão Dan (1989), Becky (1999), Damrey (2005), Xangsane (2006), Ketsana (2009) [2].

Nghiên cứu về bão và nước dâng do bão đã được tiến hành từ rất lâu, chủ yếu theo hướng xây dựng công nghệ phục vụ dự báo nghiệp vụ. Với hướng nghiên cứu đánh giá khả năng rủi ro của các loại thiên tai trong đó có bão và nước dâng do bão, tại các nước phát triển như Mỹ, Canada, Úc, Cộng đồng Châu Âu, Nhật Bản, Đài

<sup>1</sup>Trung tâm Dự báo khí tượng Thủy văn Trung ương

Email: thuybanguyen@gmail.com

Loan, đều đã có các chương trình nghiên cứu để xây dựng các phương pháp ứng phó từ rất sớm. Tại Mỹ, các nhà khoa học đã sử dụng số liệu mô phỏng 2.000 năm bão từ số liệu 100 năm bão lịch sử để làm đầu vào cho mô hình tính nước dâng do bão và xây dựng đường tàn suất nước dâng đối với chu kỳ lặp lại từ 2 đến 100 năm [5]. Tại Việt Nam, tác giả Đinh Văn Mạnh và nnk (2010) [2] đã tính toán, xây dựng một bộ số liệu cơ bản về thủy triều, nước dâng do bão và mực nước tổng hợp do thủy triều và nước dâng do bão dọc bờ biển từ Quảng Ninh đến Quảng Nam. Trong đó, tập hợp bão phát sinh thống kê được xây dựng theo phương pháp Monte-Carlo dựa trên phân bố xác suất của các tham số bão lịch sử. Cũng theo hướng này, nhóm tác giả Đinh Văn Ưu và nnk (2009) [5] đã kết hợp các phương pháp thống kê và mô hình số trị để tính toán và phân tích mực nước biển cực trị có tính đến mực nước biển dâng do tác động của biến đổi khí hậu tại các khu vực ven bờ biển và hải đảo Việt Nam. Gần đây nhất, Đỗ Đình Chiến (2016) đã tính toán nguy cơ nước dâng bão tại ven biển từ Quảng Bình - Quảng Nam theo số liệu bão trong 1000 năm tính từ phương pháp Monte Carlo [1].

Để có cơ sở khoa học xây dựng các phương án ứng phó với bão mạnh, siêu bão ảnh hưởng đến Việt Nam, gần đây Chính phủ đã có yêu cầu ngành khí tượng thủy văn nghiên cứu nguy cơ bão và nước dâng do bão cho từng khu vực ven biển Việt Nam. Trong nghiên cứu này, bão và nước dâng do bão trong giai đoạn 1951 - 2016 cũng như khả năng xuất hiện các cấp bão mạnh, siêu bão và nước dâng lớn tại khu vực ven biển Việt Nam được phân tích đánh giá. Ngoài số liệu các cơn bão lịch sử trong giai đoạn 1951 - 2016, tập hợp bão phát sinh trong 1.000 năm đã được xây dựng theo phương pháp Monte Carlo. Mô hình hải dương tích hợp thủy triều, sóng và nước dâng bão được áp dụng để mô phỏng nước dâng trong các cơn bão lịch sử và tập hợp bão phát sinh thống kê.

**2. Khu vực và phương pháp nghiên cứu**

**a. Khu vực nghiên cứu**

Khu vực nghiên cứu là dải ven biển từ Quảng Ninh đến Cà Mau. Do sự thay đổi của vị trí địa lý, khí hậu, địa hình và tính chất thủy triều nên tần suất, thời gian và cường độ bão, độ lớn nước dâng do bão có nhiều sự khác biệt. Hiện trạng và nguy cơ nước dâng do bão được phân tích cho từng khu vực trên dải ven biển này.

**b. Phương pháp nghiên cứu**

Phương pháp thống kê được sử dụng để phân tích các đặc trưng bão tại từng khu vực. Trong khi đó, phương pháp Monte Carlo được áp dụng

để xác định khả năng xuất hiện các cấp bão mạnh, siêu bão tại từng khu vực và làm số liệu đầu vào cho tính nước dâng do bão. Theo phương pháp Monte - Carlo, tập hợp bão phát sinh thống kê cho 1.000 năm đã được xây dựng. Ý tưởng của phương pháp Monte Carlo là dựa trên phân bố xác suất của các tham số bão thực tế như vị trí đổ bộ, khí áp tại tâm, hướng và tốc độ di chuyển của bão để xây dựng tập hợp bão phát sinh thống kê cho nhiều năm. Cơ sở lý thuyết và các bước tính trong phương pháp Monte Carlo đã được trình bày chi tiết trong nghiên cứu của Đinh Văn Ưu (2009), Đinh Văn Mạnh (2010) và Đỗ Đình Chiến (2016). Nghiên cứu này đã sử dụng số liệu bão trong giai đoạn 1951 - 2016 được thu thập tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương và trên trang web của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản [8]. Nước dâng bão được tính toán bằng mô hình tích hợp thủy triều, sóng và nước dâng do bão. Cơ sở lý thuyết, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SuWAT tại khu vực nghiên cứu được trình bày chi tiết trong các công trình [1, 3, 4, 7]. Trong nghiên cứu này, mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới chữ nhật lồng 3 lớp để mô phỏng nước dâng do bão. Thông tin về miền tính và lưới tính được thể hiện chi tiết trên bảng 1, trong đó miền tính D3 được xây dựng uyển chuyển cho từng cơn bão.

*Bảng 1. Thông tin về miền tính và lưới tính*

TT	Lưới	Miền tính	Số điểm tính theo kinh & vĩ tuyến	Độ phân giải ( $\Delta x \times \Delta y$ )
Ven biển Bắc Bộ	D1	103-120 <sup>0</sup> E, 6-22 <sup>0</sup> N	226 x 211	7400 x 7400
	D2	105.0 - 110.5 <sup>0</sup> E, 16.0 -21.5 <sup>0</sup> N	181 x 241	1850 x 1850
	D3	106.0 - 107.5 <sup>0</sup> E, 20.0 - 21.0 <sup>0</sup> N (áp dụng cho bão đổ bộ vào Hải Phòng )	181 x 121	925 x 925
Ven biển Trung Bộ	D1	103- 120 <sup>0</sup> E, 6-22 <sup>0</sup> N	226 x 211	7400 x 7400
	D2	106.0- 111.0 <sup>0</sup> E, 12.0-18.5 <sup>0</sup> N	301 x 361	1850 x 1850
	D3	107.5 - 109 <sup>0</sup> E, 15.5 - 16.5 <sup>0</sup> N (áp dụng cho bão đổ bộ vào Đà Nẵng	181 x 121	925 x 925
Ven biển Nam Bộ	D1	104- 120 <sup>0</sup> E, 6-22 <sup>0</sup> N	226 x 211	7400 x 7400
	D2	105.0 - 110.0 <sup>0</sup> E, 8.0-13.0 <sup>0</sup> N	301 x 301	1850 x 1850
	D3	106.3-107.6 <sup>0</sup> E, 9.7-10.7 <sup>0</sup> N (áp dụng cho bão đổ bộ vào Vũng Tàu)	157 x 121	925 x 925

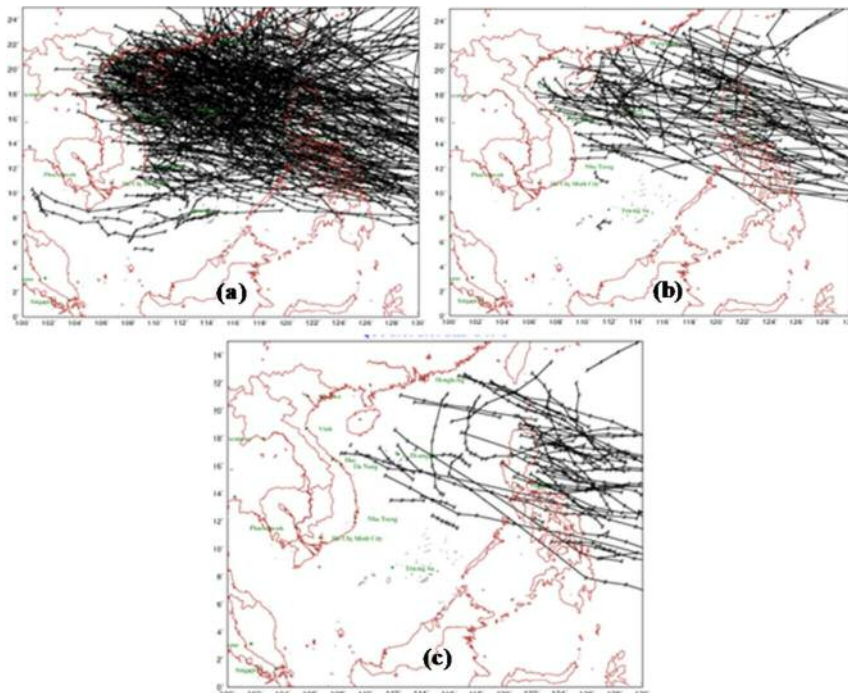
Trường gió và khí áp để mô phỏng nước dâng do bão được tính toán từ mô hình bão giải tích của Fujita (1972) [6]. Nghiên cứu của tác giả Nguyễn Bá Thủy (2017) đã chỉ ra rằng thủy triều chỉ có ảnh hưởng đáng kể tới nước dâng bão khi bão đổ bộ vào khu vực có biên độ triều cao tại thời kỳ triều cường. Trong khi đó, sóng trong bão gây nước dâng đáng kể nhất là trong những cơn bão mạnh. Do vậy, các kết quả tính nước dâng cho tất cả các cơn bão lịch sử đều xét tới tương tác với thủy triều, nước dâng và sóng. Riêng đối với tập hợp bão phát sinh thống kê, nước dâng tính toán sẽ không xét tới thủy triều do các cơn bão này không xác định thời điểm đổ bộ.

### 3. Hiện trạng và nguy cơ bão và nước dâng do bão khu vực ven biển Quảng Ninh đến Cà Mau

#### 3.1. Hiện trạng bão và nước dâng do bão tại ven biển Quảng Ninh đến Cà Mau

Hiện trạng bão và nước dâng do bão được hiểu là bão và nước dâng đã từng xuất hiện trong khu vực. Để đánh giá hiện trạng bão ảnh hưởng tới dải ven biển từ Quảng Ninh tới Cà Mau, số liệu bão trong giai đoạn 1951 - 2016 được phân tích theo vị trí, quỹ đạo và cấp bão cho từng khu vực. Để đánh giá nước dâng bão tại khu vực, không chỉ những cơn bão có tâm đổ bộ vào khu

vực mà tất cả các cơn có tâm nằm ngoài nhưng có khả năng gây nước dâng đáng kể tại khu vực đều được tính toán. Bảng 2 là số liệu thống kê số bão hoạt động trên Biển Đông và ven bờ Việt Nam trong giai đoạn 1951 - 2016. Theo đó, số lượng bão có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam. Ven biển Quảng Ninh - Hà Tĩnh có số cơn bão ảnh hưởng nhiều nhất với 342 cơn, trong đó có 2 cơn trên cấp 13. Ven biển Quảng Bình - Quảng Nam có số lượng bão mạnh cấp 12 - 13 nhiều nhất. Ven biển từ Bà Rịa - Vũng Tàu tới Cà Mau có số lượng bão ảnh hưởng ít nhất, chỉ có 2 cơn bão mạnh cấp 12 - 13. Phân bố quỹ đạo theo cấp bão trên Biển Đông và ảnh hưởng tới đất liền Việt Nam được thể hiện trên Hình 1. Các phân tích thống kê cho thấy, thời kỳ nửa đầu mùa bão, quỹ đạo bão có hướng Tây Bắc, Bắc và Đông Bắc, và thường đổ bộ vào Đông Nam Trung Quốc. Thời kỳ sau quỹ đạo thiên hướng Tây về phía Việt Nam. Thống kê trung bình cho thấy, từ tháng 1 đến tháng 5, bão ít có khả năng ảnh hưởng đến đất liền Việt Nam. Từ tháng 6 đến tháng 8, bão ảnh hưởng nhiều Bắc Bộ. Từ tháng 9 đến tháng 11, bão ảnh hưởng nhiều ở Trung Bộ và Nam bộ. Ở nửa đầu mùa bão, quỹ đạo của bão ít phức tạp, và ngược lại, bão thường di chuyển phức tạp trong nửa cuối mùa bão.



Hình 1. Quỹ đạo bão trên Biển Đông và vào đất liền Việt Nam: (a) Cấp 8 - 11, (b) Cấp 12-13 và (c) trên cấp 13

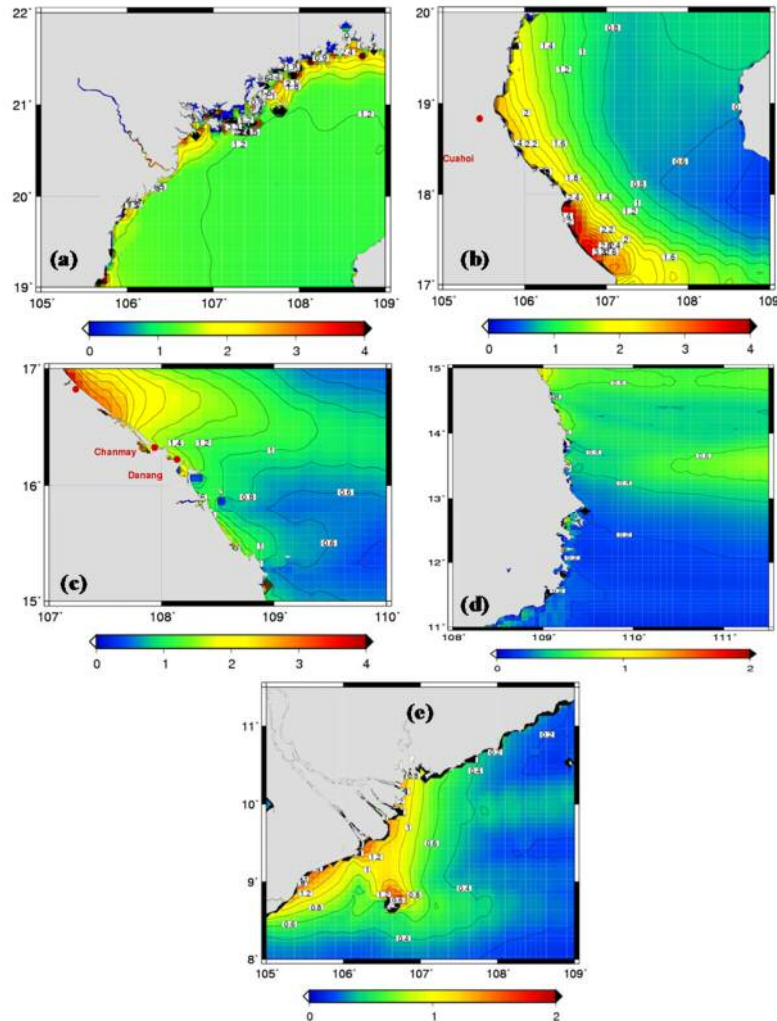
*Bảng 2. Số lượt bão ảnh hưởng tới các khu vực trên biển Đông và các vùng biển ven bờ Việt Nam trong giai đoạn 1951-2016.*

Vùng biển	Cấp 8 - 11	Cấp 12 - 13	Trên cấp 13
Quảng Ninh - Hà Tĩnh	317	23	2
Quảng Bình-Phú Yên	307	55	11
Khánh Hòa- Bình Thuận	94	12	1
Bà Rịa Vũng Tàu-Cà Mau	46	2	0
Bắc biển Đông	1816	339	90
Giữa biển Đông	747	97	41
Nam biển Đông	144	6	0
Tổng	3471	534	145

Do hạn chế về số liệu quan trắc nước dâng do bão nên giải pháp sử dụng kết quả tính từ mô hình số trị có độ tin cậy cao để thay thế là phù hợp nhất cho đánh giá nước dâng trong bão tại khu vực.

Trên hình 2 thể hiện phân bố nước dâng bão lớn nhất tại trên các khu vực ven biển trong giai đoạn 1951 - 2016, và được phân theo 5 vùng: (a) Quảng Ninh - Thanh Hóa; (b) Nghệ An - Quảng Bình; (c) Quảng Trị - Quảng Ngãi; (d) Bình Định - Ninh Thuận và (e) Bình Thuận - Cà Mau. Đây là trường nước dâng lớn nhất được xác định theo kết quả tính toán của tất cả các cơn bão đi vào ven bờ Việt Nam trong giai đoạn từ 1951 - 2016. Theo đó, ven biển từ Quảng Ninh - Thanh Hóa nước dâng bão 3,0 m đã xuất hiện tại một số khu vực như Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình và Nam Định. Phần lớn các khu vực trong dải ven biển này có nước dâng bão tới 2,0 m. Một số cơn bão gây nước dâng lớn tại khu vực này phải kể tới như Frankie (1996), Damrey (2005), Kalmaegy (2014). Ven biển từ Nghệ An tới Quảng Bình là nơi đã ghi nhận nhiều cơn bão gây nước dâng lớn như DAN (1989) đổ bộ vào Hà Tĩnh, Becky (1990) đổ bộ vào Nghệ An, Harriet (1971) đổ bộ vào Quảng Trị. Trong đó bão Harriet mặc dù đổ bộ vào Quảng Trị nhưng cũng đã gây nước dâng lớn hơn 2,0 m cho một số khu vực ở phía Nam Quảng Bình. Phần ven biển phía nam của khu vực này có nước dâng bão lớn hơn phía Bắc, cao

nhất tới 4,0 m. Trong dải ven biển từ Quảng Trị tới Quảng Ngãi, độ cao nước dâng giảm dần từ Bắc vào Nam do xu thế giảm về tần suất và cường độ bão trong khu vực. Tại phía Bắc, đây là nơi có nhiều cơn bão mạnh đổ bộ nên đã gây nước dâng lớn. Các cơn bão như Harriet (1971), Cecil (1985), Betty (8/1987), Xangsane (9/2006) và Ketsana (9/2009) đã gây nước dâng lớn trên 2,0 m tại khu vực quanh vị trí bão đổ bộ, trong đó bão Harriet (7/1971) đã gây nước dâng lớn hơn 4 m tại Quảng Trị. Trong khu vực ven biển từ Quảng Ngãi tới Ninh Thuận nước dâng bão cũng có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam. Những vị trí có nước dâng tới 1,0 m tập chung chủ yếu ở phía Bắc khu vực. Nước dâng bão tại dải ven biển này thấp do bởi 2 nguyên nhân: Thứ nhất đây là khu vực có ít cơn bão mạnh ảnh hưởng, cho dù cũng đã có bão mạnh đổ bộ vào khu vực này nhưng hướng di chuyển không thuận tiện cho gây nước dâng (bão Durian, 2006 di chuyển xiên với đường bờ); Thứ hai, do đây là khu vực nước biển sâu, độ dốc lớn và đường bờ thẳng nên đã làm hạn chế độ lớn nước dâng bão. Ven biển từ Bình Thuận - Cà Mau là khu vực có rất ít bão ảnh hưởng, tuy nhiên gần đây cũng đã ghi nhận nước dâng bão lên tới 1,5m (tại Ghềnh Hào) trong bão Linda (1997). Mặc dù số lượng bão mạnh hoạt động ít nhưng là nơi có địa hình nông nên nhiều vị trí trong khu vực này đã có nước dâng bão tới gần 2,0 m.



Hình 2. Phân bố nước dâng bão lớn nhất tại các khu vực trong giai đoạn 1951-2016: (a) Quảng Ninh-Thanh Hóa, (b) Nghệ An-Quảng Bình, (c) Quảng Trị-Quảng Ngãi, (d) Bình Định-Ninh Thuận, và (e) Bình Thuận-Cà Mau

### 3.2. Nguy cơ bão và nước dâng do bão ven biển Quảng Ninh - Cà Mau

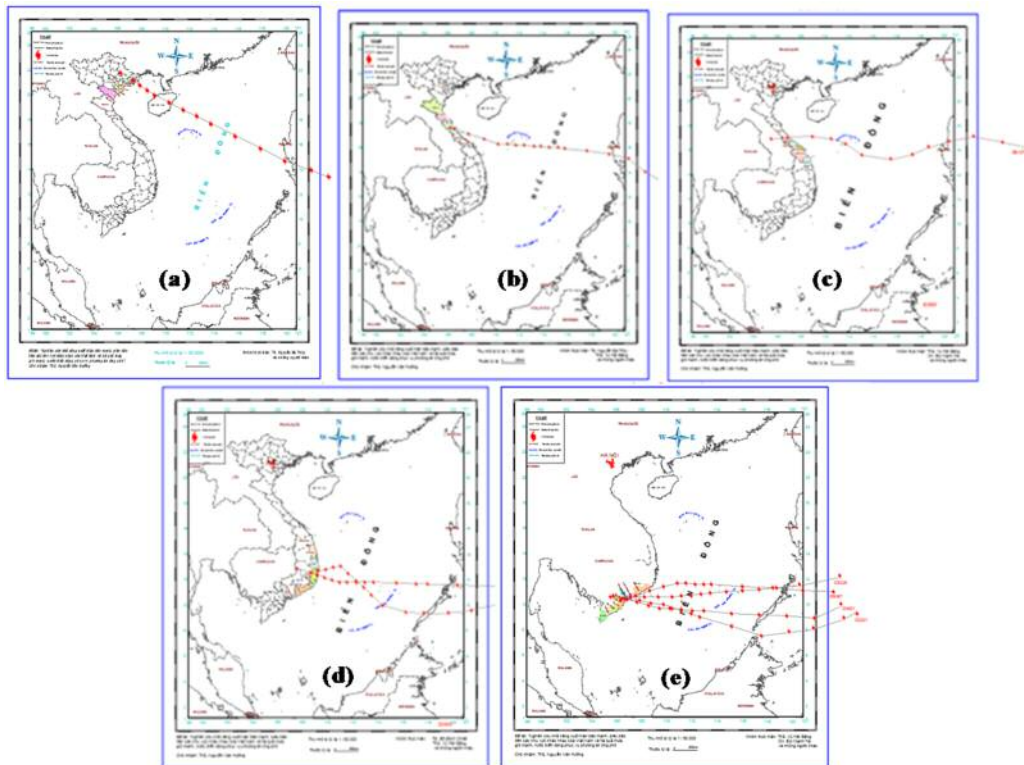
Trên cơ sở hàm phân phối xác suất của các tham số bão lịch sử thu được, đã xây dựng được tập hợp bão phát sinh thống kê trong 1000 năm, bao gồm 6213 cơn bão, trong đó có 4678 cơn bão đổ bộ vào dải ven biển Việt Nam từ Quảng Ninh đến Cà Mau. Số cơn bão trung bình đổ bộ vào vùng biển Quảng Ninh - Hà Tĩnh là 2.35 cơn/năm; vùng biển Quảng Bình - Phú Yên là 1.48 cơn/năm; Khánh Hòa - Bình Thuận và Bà Rịa Vũng Tàu - Cà Mau tương ứng là 0.50 và 0.36 cơn/năm.

Kết quả thống kê số lượng bão theo cấp Bô phô tại 04 khu vực là Quảng Ninh - Hà Tĩnh;

Quảng Bình - Phú Yên; Khánh Hòa - Bình Thuận và Bà Rịa Vũng Tàu - Cà Mau được thể hiện trong Bảng 3. Theo đó số lượng ATNĐ hoặc bão là số trong ngoặc đơn, còn bên cạnh là tỷ lệ % tương ứng tính theo tổng số cơn bão, ATNĐ. Kết quả cho thấy, vùng biển Quảng Ninh - Hà Tĩnh bão mạnh nhất cấp 16 có thể xuất hiện, riêng vùng biển Quảng Bình - Phú Yên có bão cấp 17, tại vùng biển Khánh Hòa - Bình Thuận bão có thể mạnh cấp 15 và vùng biển từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Cà Mau bão mạnh nhất có thể xuất hiện là cấp 13. Trên hình 3 là quỹ đạo một số cơn bão với cấp mạnh nhất đổ bộ vào một số khu vực.

Bảng 3. Thống kê số lượng và tần suất bão phát sinh thống kê trong 1000 năm theo cấp Bô pho (số cơn/phần trăm) tại 4 khu vực từ Quảng Ninh đến Cà Mau

Cấp bão Bô pho	Khu vực			
	Quảng Ninh-Hà Tĩnh	Quảng Bình-Phú Yên	Khánh Hòa-Bình Thuận	Bà Rịa Vũng Tàu-Cà Mau
ATNĐ	(663) / 14.17%	(413) / 8.83%	(139) / 2.97%	(105) / 2.24%
8	(483) / 10.32%	(330) / 7.05%	(105) / 2.97%	(72) / 1.54%
9	(505) / 10.80%	(310) / 7.05%	(112) / 2.39%	(78) / 1.67%
10	(196) / 4.19%	(122) / 2.61%	(38) / 0.81%	(28) / 0.60%
11	(144) / 3.08%	(100) / 2.14%	(24) / 0.51%	(29) / 0.62%
12	(316) / 6.76%	(183) / 3.91%	(74) / 1.58%	(44) / 0.94%
13	(18) / 0.38%	(10) / 3.91%	(1) / 0.02%	<b>(6) / 0.13%</b>
14	(8) / 0.17%	(7) / 0.15%	(2) / 0.04%	
15	(6) / 0.13%	(2) / 0.04%	<b>(2) / 0.04%</b>	
16	<b>(1) / 0.07%</b>	(1) / 0.02%		
17		<b>(1) / 0.02%</b>		
Tổng	(2340)/50.02	(1479)/31.62	(467)/10.62	(362)/7.74%



Hình 3. Quỹ đạo bão cấp 16 đổ bộ vào: (a) Quảng Ninh, cấp 15 vào (b) Quảng Bình, cấp 17 (c) Quảng Trị, cấp 15 vào (d) Phú Yên-Khánh Hòa và cấp 12 vào (e) Bình Thuận-Vũng Tàu

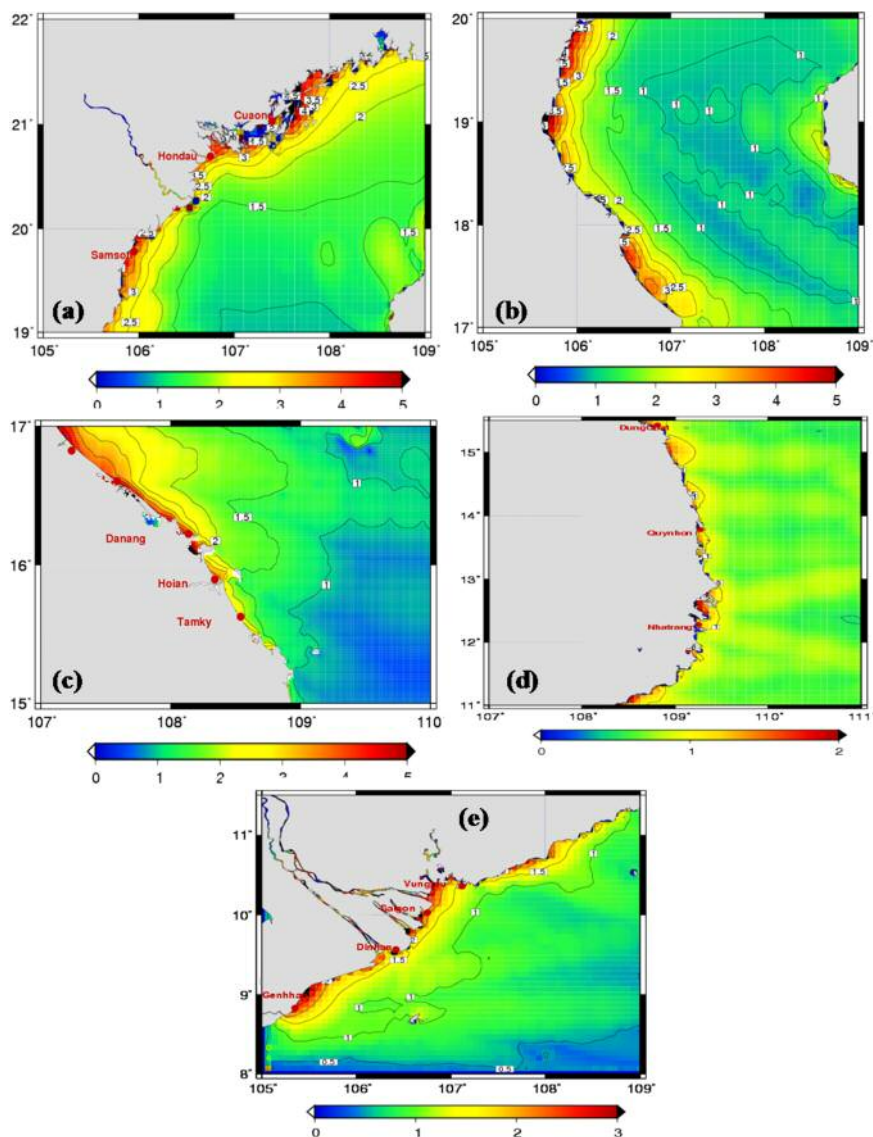
Trên cơ sở tập hợp bão phát sinh thống kê trong 1000 năm được xác định ở trên, nguy cơ nước dâng do bão được tính toán cho các cơn bão mạnh, siêu bão đổ bộ vào từng khu vực.

Trên hình 4 là phân bố nước dâng bão lớn nhất tại các dải ven biển: (a) Quảng Ninh - Thanh Hóa; (b) Nghệ An - Quảng Bình; (c) Quảng Trị - Quảng Ngãi; (d) Bình Định - Ninh Thuận và (e) Bình Thuận - Cà Mau. Kết quả cho

thấy đối với mỗi khu vực ven biển, phân bố nước dâng không hẳn theo một xu thế chung từ Bắc vào Nam, chênh lệch độ lớn của nước dâng bão ngoài việc phụ thuộc vào tham số bão (cường độ và hướng di chuyển) còn phụ thuộc địa hình (độ sâu, độ dốc và hình dạng đường bờ), những khu vực có địa hình nông và thoải, đường bờ lồi thường có nước dâng cao hơn. Toàn dải ven biển từ Quảng Ninh - Thanh Hóa, đều có nguy cơ

nước dâng cao tới trên 3,0 m. Do số lượng bão mạnh tập trung nhiều ở Quảng Ninh, Hải Phòng và Thanh Hóa nên đây là những khu vực có nguy cơ nước dâng bão cao hơn. Nước dâng bão lớn nhất có thể xuất hiện tại Quảng Ninh, Hải Phòng là 4.5 m, Thanh Hóa 4 m. Trong dải ven biển từ Nghệ An - Quảng Bình, các khu vực Nghệ An, Bắc Hà Tĩnh và Quảng Bình có nước dâng tới 4,0m. Tại dải ven biển Quảng Trị - Quảng Ngãi, những khu vực có nước dâng lớn là Quảng Trị, giữa Huế và vịnh Đà Nẵng. Khu vực phía Nam Đà Nẵng, Quảng Nam và Quảng Ngãi trị số

nước dâng nhỏ hơn. Nước dâng ở Quảng Trị lớn nhất đạt tới 5,0 m. Ở dải ven biển từ Bình Định - Ninh Thuận, mặc dù có thể có cơn bão cấp 15 đổ bộ vào đây (Khánh Hòa) nhưng nước dâng do bão không lớn do đây là khu vực nước sâu, cao nhất tại Khánh Hòa khoảng 2.0m. Tại khu vực ven biển Nam Bộ (Bình Thuận - Cà Mau), ngoại trừ ven biển Cà Mau, các khu vực khác đều có nguy cơ nước dâng bão tới 2,0 m. Trong đó nguy cơ nước dâng bão cao nhất tập trung tại ven biển Vũng Tàu, Tiền Giang và Bạc Liêu lên tới 2,5 m.



Hình 4. Phân bố nước dâng lớn nhất tại các khu vực theo số liệu bão phát sinh thống kê trong 1000 năm: (a) Quảng Ninh - Thanh Hóa, (b) Nghệ An - Quảng Bình, (c) Quảng Trị - Quảng Ngãi, (d) Bình Định - Ninh Thuận, và (e) Bình Thuận - Cà Mau.

Những kết quả đánh giá về hiện trạng và nguy cơ bão và nước dâng do bão tại dải ven biển Việt Nam sẽ là cơ sở để phục vụ xây dựng các phương án ứng phó với bão mạnh và siêu bão tại Việt Nam.

#### **4. Kết luận**

Trong nghiên cứu này, hiện trạng và nguy cơ bão và nước dâng do bão tại khu vực ven biển từ Quảng Ninh đến Cà Mau năm được phân tích dựa theo số liệu quan trắc, kết quả tính toán theo phương pháp Monte Carlo (bão giả) và mô hình số trị tích hợp SuWAT (nước dâng bão). Trong đó, ngoài số liệu bão trong giai đoạn 1951 - 2016, tập hợp bão phát sinh thống kê trong 1.000 năm đã được xây dựng để có được chuỗi số liệu đủ dài để đánh giá nguy cơ bão và nước dâng do bão. Một số kết quả đạt được có thể tóm tắt như sau:

- Số lượng bão có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam. Trong giai đoạn 1951 - 2016, ven biển Quảng Ninh - Hà Tĩnh có số cơn bão ảnh hưởng nhiều nhất với 342 cơn, trong đó có 2 cơn trên cấp 13. Ven biển Quảng Bình - Quảng Nam có số lượng bão mạnh cấp 12-13 ảnh hưởng nhiều

nhất. Ven biển Bà Rịa Vũng Tàu tới Cà Mau có số lượng bão ảnh hưởng ít nhất, có 2 cơn bão mạnh cấp 12-13. Ven biển từ Quảng Ninh - Thanh Hóa nước dâng bão tới 3,0m. Phía Nam của ven biển từ Nghệ An - Quảng Bình và phía bắc của ven biển Quảng Trị - Quảng Ngãi nước dâng bão lên tới hơn 4,0m. Tại dải ven biển từ Bình Thuận - Cà Mau cũng đã ghi nhận nước dâng bão lên tới 1,5m.

- Trong 1.000 năm sẽ có 6213 cơn bão, trong đó có 4678 cơn bão đổ bộ vào dải ven biển từ Quảng Ninh đến Cà Mau. Trong đó, vùng biển Quảng Ninh - Thanh Hóa bão mạnh nhất có thể đạt cấp 16, Nghệ An - Quảng Trị cấp 16, vùng Quảng Bình - Phú Yên có bão cấp 17, Bình Định - Ninh Thuận cấp 15 và Bình Thuận - Cà Mau có thể đạt cấp 13.

- Xu thế nước dâng bão không hẳn theo vị trí địa lý rõ rệt, những khu vực có nước dâng bão lớn là ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng (4.5 m), Thanh Hóa - Nghệ An (4.0 m), Quảng Trị (5.0 m). Dải ven biển Nam Bộ cũng có nguy cơ nước dâng bão tới 2,5 m.

*Lời cảm ơn:* Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và công nghệ trong đề tài mã số DTTEL-CN.35/15 (số liệu và phương pháp) và bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.06-2017.07 (phương pháp nghiên cứu). Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. Đỗ Đình Chiến (2016), *Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán và đánh giá quy mô nước dâng bão ở vùng biển từ Quảng Bình đến Quảng Nam*, Luận án Tiến sĩ Hải dương học, Trường Đại học khoa học tự nhiên - Đại học quốc gia Hà Nội.
2. Đinh Văn Mạnh và nnk (2014), *Tính toán cao độ mực nước biển phục vụ thiết kế công trình ven biển*, Nxb Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
3. Nguyễn Bá Thùy, Hoàng Đức Cường, Dư Đức Tiến, Đỗ Đình Chiến, Sooyoul Kim (2014). *Đánh giá diễn biến nước biển dâng do bão số 3 năm 2014 và vấn đề dự báo*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số 647, tháng 11/2014.
4. Nguyễn Bá Thùy (2017), *Nghiên cứu lựa chọn mô hình dự báo nước dâng bão vào dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam*, Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường.
5. Đinh Văn Ưu và nnk (2010), *Đánh giá biến động mực nước biển cực trị do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu phục vụ chiến lược kinh tế biển*, Báo cáo tổng kết đề tài KC-09.23/06-10, Hà Nội.
6. Fujita, T.(1952), *Pressure distribution within typhoon*, *Geophysical Magazine*, 23, 437-451.



7. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita*, Coastal Engineering, Vol (57), pp. 631-642.
8. <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>.

## ASSESSMENT OF THE RISK OF TYPHOON AND STORM SURGES IN COASTAL AREAS OF VIETNAM

Hoang Duc Cuong<sup>1</sup>, Nguyen Ba Thuy<sup>1</sup>, Nguyen Van Huong<sup>1</sup>, Du Duc Tien<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vietnam National Hydrometeorological Forecasting Center, No.8 Phao Dai Lang, Dong Da, Hanoi, Vietnam

**Abstract:** *The current status (1951-2016) and the risk of typhoons and storm surges in coastal areas of Vietnam are analyzed and evaluated based on the observation data, results of statistical and numerical model. The Monte Carlo method is used to construct a bogus typhoons. A coupled numerical model of Surge, WAve and Tide (called SuWAT) is used for simulation storm surge. The results show that in the period 1951-2016 there were many typhoons landed and caused high storm surges on the coast of the North and the North of Central of Vietnam. In one thousand years, there has been 4678 typhoons entering the coastal zone from Quang Ninh to Ca Mau. In particular, the most severe typhoon in coastal area from Quang Ninh to Thanh Hoa was at level 16 (Beaufort scale), Nghe An - Quang Tri was at level 16, Quang Binh - Phu Yen was at level 17, Binh Dinh - Ninh Thuan was at level 15 and Binh Thuan - Ca Mau was at level 13. The areas with high vulnerable storm surges were provinces from Quang Ninh to Hai Phong (4.5m), Thanh Hoa to Nghe An (4.0m), Quang Tri (5.0m). The results of this study are the basis for the preparation of the response to strong/ super typhoons in the coast of Vietnam.*

**Keywords:** *Typhoon, storm surge, Monte carlo, SuWAT.*