

Bài báo khoa học

Đặc điểm hoạt động của bão trên biển Đông khi có ảnh hưởng của gió mùa

Chu Thị Thu Hường^{1*}, Trần Đình Linh¹, Nguyễn Bình Phong¹, Đoàn Thị Thanh Thanh Huyền¹, Thào Thị Dự¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; ctthuong@hunre.edu.vn; tdlinh@hunre.edu.vn; nbphong@hunre.edu.vn; doanhuyen2209@gmail.com; dohunre.160300@gmail.com

*Tác giả liên hệ: ctthuong@hunre.edu.vn; Tel.: +84-981244579

Ban Biên tập nhận bài: 2/10/2022; Ngày phản biện xong: 23/11/2022; Ngày đăng bài: 25/11/2022

Tóm tắt: Những đặc điểm về tần suất, cường độ, quỹ đạo bão hoạt động trên biển Đông khi chịu tác động của các hệ thống gió mùa đã được xác định dựa trên bộ số liệu bão trong thời kỳ 1981–2020 được cung cấp bởi Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA). Qua đó thấy rằng, bão trên Biển Đông thường hoạt động kết hợp với gió mùa mùa hè (GMMH) trong các tháng tháng chính hè (chiếm 45,3%); hay kết hợp với KKL trong các tháng mùa đông (chiếm 30,3%); còn trong các tháng đầu và cuối đông thì kết hợp đồng thời với cả hai hệ thống GMMH và KKL (chiếm 24,4%). Các cơn bão chỉ chịu tác động của riêng KKL hoặc GMMH thường có cường độ yếu hơn (cấp 8, cấp 9). Song khi bão chịu tác động đồng thời của cả KKL và GMMH thì cường độ bão tăng lên với nhiều cơn bão đạt cấp siêu bão. Bão thường di chuyển theo hướng tây bắc (khi chịu ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa, nhất là GMMH) và di chuyển theo hướng tây và tây nam (khi bão hoạt động kết hợp với KKL hoặc đồng thời cả KKL và GMMH). Sau một thời gian hoạt động trên biển Đông, bão thường đổi hướng di chuyển xuống phía nam (khi chịu ảnh hưởng của KKL), nhưng lại đổi hướng đi lên phía bắc (khi chịu ảnh hưởng của GMMH hoặc kết hợp cả KKL và GMMH).

Từ khóa: Bão; Không khí lạnh; Gió mùa mùa hè; Cường độ và quỹ đạo bão.

1. Đặt vấn đề

Như chúng ta đã biết, xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) hay bão là một trong những hiện tượng thiên tai có sức tàn phá lớn, gây ảnh hưởng không nhỏ đến kinh tế, xã hội và con người. Trên Biển Đông, bão thường hoạt động từ tháng 3 đến tháng 12 [1], song mùa bão thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 12 [2] hay từ tháng 6 đến tháng 11 [3–4] với tần suất lớn hơn trong các tháng 8, 9 và 10 [1, 3]. Hàng năm, khoảng 10 đến 12 XTNĐ hoạt động trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam [3]. XTNĐ hình thành trên biển Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD) chiếm 53% [5] hoặc 67% [3], còn hình thành trên Biển Đông chiếm khoảng 47% [5] hoặc 33% [3]. Bão có mật độ lớn nhất ở khu vực giữa và bắc Biển Đông và ít nhất trên vùng biển từ Bình thuận tới Cà Mau [6]. Trong những năm gần đây, số ngày có bão và mật độ bão trên Biển Đông [7] và TBTBD đều giảm [6], song số XTNĐ có cường độ mạnh trên cấp 13 lại gia tăng [7]. XTNĐ có tần suất lớn nhất ở biển Trung Trung Bộ (trong thời gian từ tháng 6 đến tháng 10) và giảm khoảng 0,1 đến 0,2 cơn trên vùng Bắc Biển Đông. Chúng hoạt động chủ yếu ở biển Nam Trung Bộ (trong tháng 11 và 12). Hơn nữa, các XTNĐ ảnh hưởng đến Việt Nam thường có quỹ đạo hướng từ WNW đến WSW [8]. Cường độ XTNĐ hình

thành trên khu vực Biển Đông thường yếu hơn trên biển TBTBD [3, 9]. XTND hoạt động trên khu vực Biển Đông có tới 66% đạt cường độ bão (cấp 8 đến 11), 26% đạt cường độ bão mạnh (cấp 12 đến 13) và chỉ có 8% đạt cường độ bão rất mạnh (cấp 14 đến 15) [9].

Cùng với bão và những hiện tượng thời tiết cực đoan, gió mùa là một trong những hệ thống hoàn lưu quy mô lớn, có ảnh hưởng không nhỏ đến thời tiết, khí hậu Việt Nam. Hoạt động của chúng được thể hiện thông qua hai hệ thống gió chính là: gió mùa mùa hè (GMMH) và gió mùa mùa đông (GMMĐ). Không chỉ quan tâm đến những hệ quả của gió mùa mà ngay bắt đầu, kết thúc cũng như cường độ của các hệ thống gió mùa cũng đã được rất nhiều các Nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu.

Cường độ của GMMĐ đã được xác định dựa trên gradient khí áp giữa áp cao Siberia với áp thấp Aleut và gradient khí áp giữa áp cao Siberia với rãnh xích đạo [17] hay gradient khí áp kinh hướng trung bình trên vùng từ khu vực Trung Bộ đến vùng rìa phía nam của áp cao Siberia (15–40°N; 100–130°E) [10] hoặc chỉ số gió kinh hướng mực 925hPa trung bình trên khu vực miền khí hậu phía bắc Việt Nam (16–23,5°N; 102–108,5°E) [10]. Hơn nữa, khi tốc độ gió kinh hướng trên vùng này có giá trị chuyển từ dương (gió lệch nam) sang âm (gió lệch bắc) và duy trì trong ít nhất 2 ngày liên tiếp thì sẽ xác định là một đợt KKL khả nghi. Tuy nhiên, các tác giả cũng cho rằng, khi có XTND hoạt động trên Biển Đông, chỉ tiêu này thường sẽ thỏa mãn. Do đó, giá trị biến áp 24 giờ của khí áp mực nước biển (Pmsl) trung bình vùng (20–24°N; 105–110°E) đã được đưa ra. Khi giá trị biến áp này lớn hơn hoặc bằng 1hPa thì xem là thời điểm KKL ảnh hưởng đến Việt Nam [10–11].

Hoạt động của GMMĐ thường được thể hiện bởi các đợt KKL. KKL thường ảnh hưởng đến Việt Nam từ tháng 9 đến tháng 5 năm sau [12]. Trung bình mỗi năm có gần 30 đợt KKL (thời kỳ 1994–2003) [13] và khoảng 27–28 đợt KKL (thời kỳ 1981–2019) [12] ảnh hưởng đến Việt Nam. Tổng số đợt KKL trong các chính đông chiếm khoảng 50% số đợt KKL trong mùa đông. Số đợt KKL có xu thế tăng khoảng 0,5 đợt/1 thập kỷ trong mùa đông, đặc biệt tăng lên trong thời kỳ chính đông song lại giảm trong thời kỳ đầu và cuối đông [12]. Các đợt KKL được đặc trưng bởi sự mạnh lên của dòng xiết cận nhiệt đới vào mùa đông. Hơn nữa, sự tồn tại và ổn định của dòng xiết gió tây nhánh phía nam cao nguyên Tây Tạng còn được xem là dấu hiệu mở đầu hay kết thúc GMMĐ. Khi dòng xiết này mạnh lên, áp cao Siberia tăng cường (khí áp ở tâm lớn hơn 1050hPa) thì sẽ có KKL [13]. Các đợt KKL trung bình thường có 7 ngày, cũng có thể kéo dài tới 9 ngày [14].

Tương tự GMMĐ, hoạt động của GMMH trên khu vực Đông Á nói chung và Biển Đông nói riêng được nhiều tác giả quan tâm dựa trên các chỉ số gió mùa để xác định ngày bắt đầu, kết thúc và cường độ của nó. Hoạt động của hệ thống GMMH được thể hiện rõ rệt nhất thông qua hệ thống gió tây nam thổi từ rìa của các áp cao cận nhiệt nam bán cầu vượt xích đạo đưa không khí ẩm từ biển vào đất liền, gây mưa cho nhiều khu vực mà nó đi qua. Do đó, chỉ số gió vĩ hướng mực 850hPa và lượng mưa trên các vùng được xem là những đối tượng chính trong các nghiên cứu về GMMH. Ngày bắt đầu GMMH trên khu vực Biển Đông được xác định dựa vào chỉ số gió vĩ hướng trung bình vùng (5°N–15°N, 110°E–120°E) trên mực 850 hPa (U850) [15]. Đây cũng là chỉ số được sử dụng để xác định sự biến động của một số đặc trưng GMMH ở Việt Nam [16].

GMMH ảnh hưởng đến Việt Nam thường bắt đầu vào khoảng cuối tháng 4, đầu tháng 5 [10, 17–20], đạt cực đại vào tháng 6, tháng 7 sau đó suy yếu từ cuối tháng 8 đến tháng 10. Trong thời kỳ La Nina, GMMH thường bắt đầu sớm và kết thúc muộn hơn trong thời kỳ El Nino [10, 19–20]. Trên khu vực Biển Đông, GMMH thường bắt đầu từ ngày 15 đến 20 tháng 5 (thời kỳ 1948–2001) [15], vào ngày 14/5 (thời kỳ 1979–1993) và ngày 30/8 (thời kỳ 1994–2008) [21] song trong cả hai thời kỳ GMMH kết thúc vào khoảng giữa tháng 10 [21]. Như vậy, GMMH trên khu vực Việt Nam và Biển Đông thường hoạt động trong thời gian từ tháng 5 đến tháng 10.

Có thể thấy, hầu hết các nghiên cứu chỉ phân tích những biến đổi về tần suất, cường độ hay quỹ đạo bão trong từng tháng, năm hay qua các năm ở một thời kỳ nào đó mà chưa đề cập tới ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa. Mặc dù, một số ít nghiên cứu có đề cập tới ảnh

hường của các hệ thống thời tiết đến bão song chỉ xem xét riêng rẽ từng hệ thống như KKL [5] hay một số trường hợp cụ thể.

Trong thực tế, các cơn bão thường hoạt động kết hợp với ít nhất một hệ thống gió mùa: GMMĐ hoặc GMMH hoặc đồng thời của cả hai hệ thống này. Cũng như nhiều nghiên cứu trước đó, trong nghiên cứu này, hoạt động của GMMĐ được thể hiện qua thời gian kéo dài, cường độ của các đợt KKL. Khi KKL và GMMH hoạt động có thể làm quỹ đạo, cường độ hay cấu trúc bão thay đổi. Bởi thế, đặc điểm hoạt động của bão trên Biển Đông trong các tháng, thời kỳ 1981–2020 khi chúng chịu ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa sẽ được phân tích chi tiết trong bài viết này.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

2.1.1 Số liệu bão

Nghiên cứu sử dụng bộ số liệu bão gồm tên bão, vị trí (kinh, vĩ độ), cường độ (P_{min} , V_{max}) 6 giờ 1 lần trong thời gian tồn tại (từ khi hình thành đến tan rã) trong thời kỳ 1981–2020. Bộ số liệu này được cung cấp bởi Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) được download từ website: <http://agora.ex.nii.ac.jp/>.

2.1.2. Số liệu tái phân tích

Để xác định thời gian ảnh hưởng của KKL và GMMH, bài viết sử dụng bộ số liệu tái phân tích trường khí áp mực nước biển (P_{msl}) và trường gió vĩ hướng mực 850hPa trong từng 6h/1 lần. Bộ số liệu này có độ phân giải 0.5×0.5 độ kinh/vĩ trong thời kỳ 1981–2020, được cung cấp bởi Trung tâm Dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) và được download từ trang web: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form>.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định thời kỳ không khí lạnh hoạt động

Để xác định hoạt động của các đợt KKL, nghiên cứu đã phân tích diễn biến của giá trị biến áp 24 giờ của P_{msl} trung bình vùng: $20\text{--}25^\circ\text{N}$; $105\text{--}115^\circ\text{E}$. Đây là vùng chịu ảnh hưởng đầu tiên khi KKL hoạt động trên khu vực Biển Đông và Việt Nam. Khi đó, KKL được xem như có ảnh hưởng đến khu vực khi biến áp 24 giờ có giá trị lớn hơn hoặc bằng 1hPa. Chỉ số này được đưa ra dựa trên nghiên cứu trước đó khi xác định ngày có KKL ảnh hưởng đến Việt Nam [10–11]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, do chỉ quan tâm đến hoạt động của KKL trên khu vực biển Đông nên vùng xác định biến áp 24 giờ sẽ được mở rộng hơn sang phía đông.

2.2.2. Phương pháp xác định thời kỳ gió mùa mùa hè hoạt động

Như đã đề cập tới trong phần 1, cho đến nay, đã có không ít chỉ GMMH được đưa ra để xác định ngày bắt đầu cũng như cường độ của GMMH trên mỗi vùng. Trong bài viết này, hoạt động của GMMH trên Biển Đông được xác định dựa trên chỉ số gió vĩ hướng mực 850hPa trung bình trên khu vực Biển Đông ($5^\circ\text{N}\text{--}15^\circ\text{N}$, $110^\circ\text{E}\text{--}120^\circ\text{E}$). Đây là chỉ số đã được [15–16] sử dụng để xác định đặc điểm trong hoạt động của GMMH trên khu vực Biển Đông và Việt Nam. Khi đó, ngày được xem là có GMMH hoạt động nếu chỉ số này có giá trị lớn hơn 0,5 m/s.

2.2.3. Phương pháp xác định cường độ và quỹ đạo của bão

a) Xác định cường độ:

Dựa vào bộ số liệu bão tên bão trong thời kỳ 1981–2020 gồm: vị trí (kinh, vĩ độ), cường độ (P_{min} , V_{max}) 6 giờ 1 lần trong thời gian tồn tại (từ khi hình thành đến tan rã), nghiên cứu

xác định các cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông bao gồm cả các cơn bão hình thành và đổ bộ vào khu vực Biển Đông. Khu vực này được giới hạn bởi phạm vi từ 3–26°N và 80–120°E. Khi đó, cường độ các cơn bão được xác định:

Bão (*Tropical Storm–TS*): có V_{max} từ 17–24 m/s (từ cấp 8 đến cấp 9);

Bão mạnh (*Severe Tropical Storm–STS*): có V_{max} từ 24–33 m/s (từ cấp 10 đến cấp 11);

Bão rất mạnh (*Typhoon–TY*): có V_{max} lớn hơn hoặc bằng 33 m/s (cấp 12 trở lên).

b) Xác định quỹ đạo:

Quỹ đạo của bão hoạt động trên Biển Đông được phân tích dựa trên 5 dạng quỹ đạo sau:

Dạng 1: Quỹ đạo lệch Bắc: Quỹ đạo bão đi theo hướng từ Bắc Tây Bắc đến Bắc Đông Bắc (NNW đến NNE), tức là, nếu lấy hướng Bắc làm trung tâm thì quỹ đạo của bão đi vào góc quanh hướng Bắc 22,5 độ;

Dạng 2: Quỹ đạo từ Bắc Tây Bắc đến Tây Tây Bắc (NNW đến WNW), gồm những XTNĐ có quỹ đạo lân cận hướng Tây Bắc một góc 22,5 độ;

Dạng 3: Quỹ đạo thiên Tây gồm những cơn bão có hướng di chuyển trùng với hướng chính Tây hoặc lệch về hai phía của hướng Tây một góc không quá 22,5 độ, tức là các cơn bão có quỹ đạo từ Tây Tây Bắc đến Tây Tây Nam (WNW đến WSW);

Dạng 4: Quỹ đạo lệch Nam từ Tây Tây Nam đến Nam (WSW đến S), gồm những XTNĐ có quỹ đạo lệch về phía Nam kể từ hướng WNW;

Dạng 5: Quỹ đạo dạng đặc biệt gồm các cơn bão di chuyển với quỹ đạo thay đổi nhanh, thất nút, xoáy tròn ốc,...

Do quỹ đạo bão thường thay đổi liên tục trong thời gian hoạt động của nó nên quỹ đạo được xác định trong nghiên cứu này là quỹ đạo của bão khi di chuyển trên ít nhất ½ quãng đường trên Biển Đông trước khi đổ bộ vào đất liền.

2.2.4. Phương pháp xác định hoạt động của bão khi kết hợp với gió mùa

Tần suất bão khi chịu ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa sẽ được xác định dựa trên số liệu thống kê các cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông (3–26°N, 80–120°E), bao gồm tất cả các cơn bão hình thành trên Biển Đông hoặc hình thành trên biển Thái Bình Dương, sau đó đi vào Biển Đông.

Đồng thời, các chỉ số đặc trưng cho hoạt động của KKL và GMMH đã được xác định trong thời gian từ khi các cơn bão hình thành đến khi tan rã. Mỗi cơn bão, ngay sau khi đi vào Biển Đông, nếu một hoặc cả hai chỉ số gió mùa thỏa mãn thì cơn bão đó được xem như sẽ hoạt động kết hợp với một hoặc cả 2 hệ thống gió mùa.

Từ đó, đặc điểm hoạt động của bão kết hợp với từng hệ thống: KKL, GMMH cũng như cả KKL và GMMH trong từng tháng, năm, thời kỳ 1981–2020 đã được phân tích trong mục 3 để thấy rõ tần suất tác động của các hệ thống gió mùa đến bão.

3. Kết quả và thảo luận

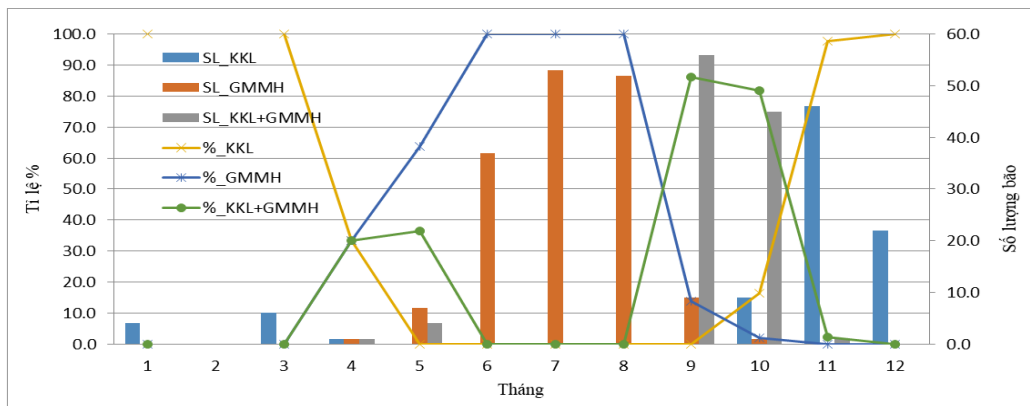
3.1. Tần suất hoạt động của bão khi có gió mùa

Như đã đưa ra ở trên, GMMH thường hoạt động trong thời gian từ tháng 5 đến tháng 10 (gần trùng với thời kỳ hoạt động của bão), còn KKL thì bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 5 năm sau. Bởi vậy, số lượng các cơn bão khi chịu ảnh hưởng của GMMH chiếm tỉ lệ lớn nhất (chiếm 45,3%). Trong thời kỳ đầu (tháng 9, 10) và cuối mùa đông (tháng 4, 5) bão thường chịu ảnh hưởng kết hợp của cả KKL và GMMH (chiếm 30,3%). Tất nhiên, trong các tháng mùa đông, các cơn bão hoạt động sẽ chịu ảnh hưởng của KKL. Thời gian này, bão hoạt động ít hơn nên chỉ có 24,4% số các cơn bão hoạt động kết hợp với KKL (Bảng 1).

Bảng 1. Tần suất bão hoạt động trong các hệ thống gió mùa.

| Tần suất | Hình thức | | | |
|----------|-----------|------|------|----------|
| | Tổng số | KKL | GMMH | KKL+GMMH |
| Số lượng | 353 | 86 | 160 | 107 |
| Tỉ lệ % | 100 | 24,4 | 45,3 | 30,3 |

Thật vậy, bão hoạt động chịu ảnh hưởng của riêng GMMH tập trung trong các tháng chính hè (tháng 6, 7, 8), thời gian KKL gần như không hoạt động trên biển Đông. Trong số các hình thể được xét, toàn bộ bão hoạt động trong thời gian này chỉ chịu ảnh hưởng của riêng GMMH. Sang tháng 9 và tháng 10, số lượng bão chịu tác động của riêng GMMH giảm rõ rệt. Kết quả cũng tương tự trong thời gian tháng 4, tháng 5 khi tỉ lệ bão chịu ảnh hưởng của GMMH lần lượt khoảng 33 và 63%. Vào thời kỳ chuyển tiếp từ mùa hè sang mùa đông, bão thường chịu ảnh hưởng của cả KKL và GMMH với tỉ lệ tương ứng trên 86% (trong tháng 9) và xấp xỉ 82% (trong tháng 10). Trong thời kỳ mùa đông (từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau), bão chỉ chịu ảnh hưởng của KKL (Hình 1).



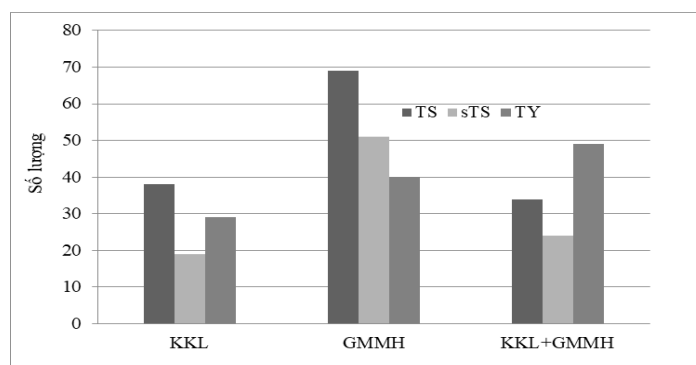
Hình 1. Diễn biến trong năm của số lượng bão và tỉ lệ % của nó trong các hình thể.

Hơn nữa, số lượng bão hoạt động kết hợp với các hệ thống gió mùa thường đạt cực đại vào thời gian tần suất bão xuất hiện lớn nhất. Cụ thể, tháng 7, 9 và 11 là các tháng có tần suất bão cực đại tương ứng khi chúng kết hợp với các hệ thống GMMH, KKL kết hợp với GMMH và KKL (Hình 1).

3.2. Đặc điểm cường độ bão khi kết hợp với các hệ thống gió mùa

Hình 2 chỉ ra đặc điểm cường độ bão khi chịu ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa. Khi kết hợp với KKL hoặc GMMH, bão thường có cường độ cấp 8, cấp 9. Còn khi kết hợp đồng thời với cả KKL và GMMH thì bão thường có cường độ cấp 12, trên cấp 12.

Thật vậy, khi chịu ảnh hưởng của KKL hoặc kết hợp cả KKL và GMMH, số lượng bão mạnh là ít nhất. Trong khi bão tương tác với GMMH thì số lượng bão đạt đến cường độ siêu bão lại chỉ có 40 cơn (chiếm 1/4 trên tổng số XTNĐ chịu ảnh hưởng của GMMH). Sự khác biệt về cường độ bão trong các hình thể thời tiết một phần do thời gian các hình thể tác động đến bão. Như đã phân tích ở trên, thời gian bão chịu ảnh hưởng của KKL hoặc GMMH thường vào thời kỳ GMMĐ hoặc thời kỳ giữa hè, thời gian bão hoạt động trên biển Đông có cường độ chủ yếu là cấp 8, cấp 9. Trong khi, trong tháng 9, tháng 10 khi bão thường chịu ảnh hưởng đồng thời của KKL và GMMH thì tỉ lệ bão đạt đến cấp độ siêu bão lớn hơn rất nhiều (Hình 2).



Hình 2. Phân bố cường độ bão trong các hình thể thời tiết.

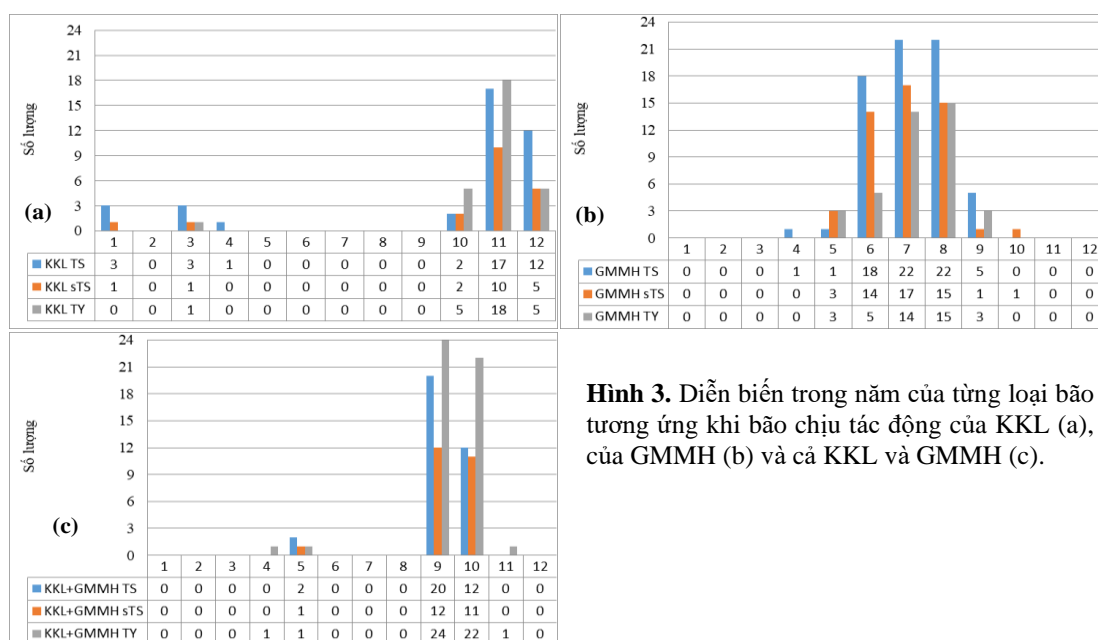
Tỉ lệ % số lượng bão kết hợp với từng hệ thống theo từng loại bão thể hiện ở bảng 2. Kết quả cho thấy với bão thường, số lượng bão hoạt động kết hợp với GMMH chiếm tỉ lệ lớn nhất với gần 50%. Bão hoạt động kết hợp với KKL (chiếm 27%) và chỉ 24,1% số cơn bão có cường độ trung bình khi chúng hoạt động kết hợp cả KKL và GMMH. Bão có cường độ mạnh thường hoạt động kết hợp với GMMH (chiếm 54,3%), kết hợp với KKL (chiếm 24,6%) còn lại khoảng 25,5% là bão kết hợp với cả hai hệ thống. Trong khi đó, các siêu bão hay bão có cường độ rất mạnh lại thường hoạt động cùng cả 2 hệ thống gió mùa (chiếm 41,5%), và khi chỉ kết hợp với GMMH (chiếm 33,9%) hay kết hợp với KKL (chiếm 24,6%) (Bảng 2).

Bảng 1. Tỉ lệ % số lượng bão trong mỗi hệ thống theo cường độ bão.

| Loại bão | Hệ thống tương tác | | | Tổng theo từng cấp độ bão (con) |
|----------|--------------------|-------------|-------------|---------------------------------|
| | KKL | GMMH | KKL +GMMH | |
| TS | 27,0 (44,2) | 48,9 (43,1) | 24,1 (31,8) | 141 |
| sTS | 20,2 (22,1) | 54,3 (21,9) | 25,5 (22,4) | 94 |
| TY | 24,6 (33,7) | 33,9 (25,0) | 41,5 (45,8) | 118 |
| Tổng số | 86 | 160 | 107 | 353 |

Ghi chú: Số trong ngoặc đơn là tỉ lệ % của từng cấp bão so với tổng số bão trong hình thể đó

Hơn nữa, trong tháng 9, tháng 10 và tháng 11, dù chịu ảnh hưởng của riêng KKL hay đồng thời của cả KKL và GMMH thì số lượng bão đạt tới cường độ siêu bão cũng lớn nhất. Trong khi đó, khi ảnh hưởng của GMMH, các cơn bão có cấp độ cấp 8, cấp lại chiếm ưu thế (Hình 3).



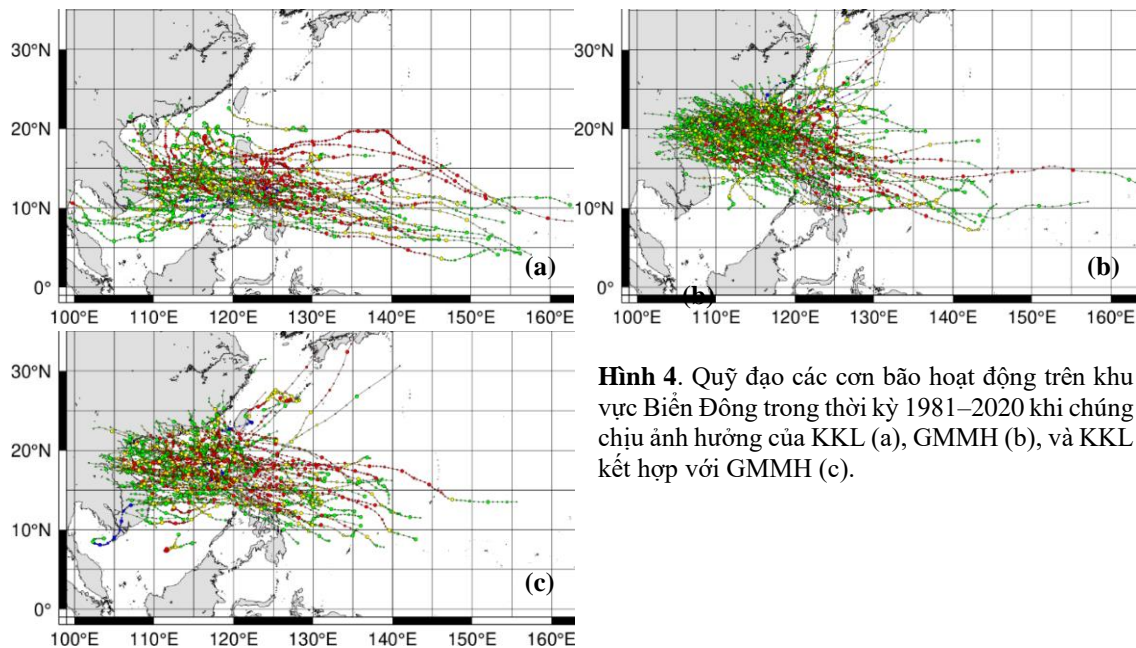
Hình 3. Diễn biến trong năm của từng loại bão tương ứng khi bão chịu tác động của KKL (a), của GMMH (b) và cả KKL và GMMH (c).

3.3. Đặc điểm quỹ đạo bão trong các hình thể

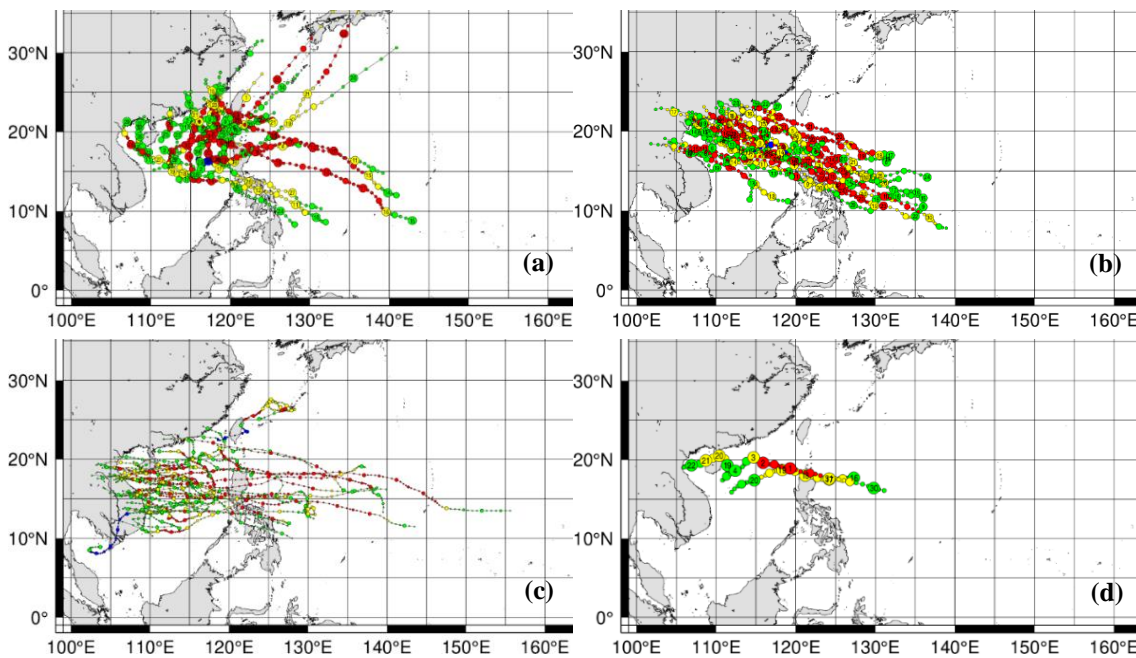
Hình 4 thể hiện đặc điểm quỹ đạo bão hoạt động trên biển Đông khi nó kết hợp với các hệ thống gió mùa. Có thể thấy, quỹ đạo theo hướng tây bắc vẫn chiếm đa số trong cả ba trường hợp: bão kết hợp với KKL, GMMH hay kết hợp đồng thời KKL và GMMH. Trong nghiên cứu này, các dạng quỹ đạo điển hình được minh họa trong hình 5 khi các cơn bão hoạt động kết hợp đồng thời với KKL và GMMH.

Cụ thể, khi bão hoạt động kết hợp với KKL thì quỹ đạo chủ đạo là tây hoặc tây bắc (Hình 4 và 6). Cụ thể, khi bão đi vào biển Đông và khi bão gần đổ bộ hoặc tan rã lần lượt có tới 74/86 và 62/86 cơn có quỹ đạo loại này (Hình 5). So với thời điểm bão đi vào biển Đông, quỹ đạo bão lúc gần đổ bộ hoặc tan ra có nhiều thay đổi. Có tới 35 (chiếm 40,7%) cơn đổi hướng sau thời gian đầu hoạt động trên biển Đông. Trong đó có 17 cơn đổi hướng xuống

phía nam, phần lớn trong số này đổi hướng từ tây bắc sang thiên tây hoặc tây xuống tây nam làm tăng số lượng bão di chuyển lệch nam lúc gần đổ bộ vào đất liền (Bảng 2).



Hình 4. Quỹ đạo các cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông trong thời kỳ 1981–2020 khi chúng chịu ảnh hưởng của KKL (a), GMMH (b), và KKL kết hợp với GMMH (c).

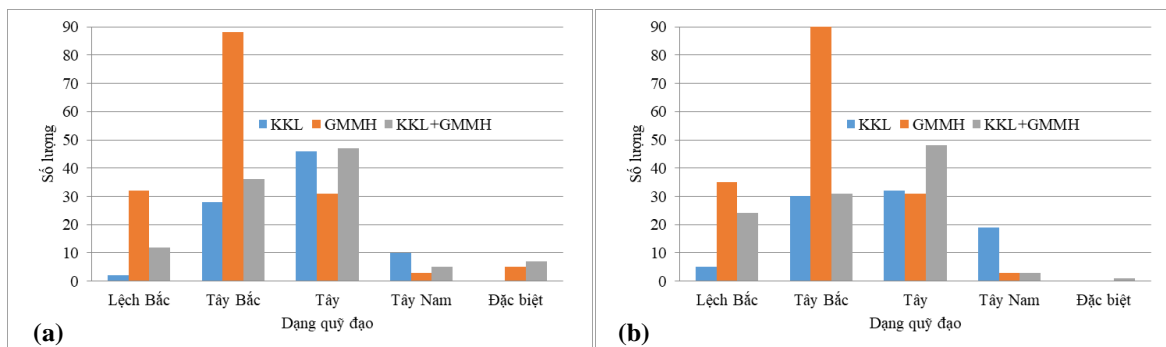


Hình 5. Quỹ đạo các cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông trong thời kỳ 1981–2020 khi chúng chịu ảnh hưởng của KKL và GMMH: Lệch bắc (a), Tây Bắc (b), Tây (c) và Tây Nam (d).

Đối với bão hoạt động kết hợp với GMMH, quỹ đạo bão phần lớn cũng có hướng tây bắc, chiếm gần 2/3 tổng số bão (90 cơn bão). Số còn lại chủ yếu di chuyển lệch bắc hoặc thiên tây (Hình 4). Trong đó, quỹ đạo lệch bắc cũng chiếm đa số so với các cơn bão chịu ảnh hưởng của KKL (Hình 6). Khi đi vào biển Đông, quỹ đạo bão chịu ảnh hưởng của GMMH thay đổi không nhiều. Chỉ có 26,1% bão thay đổi hướng khi gần đổ bộ hoặc tan rã, đồng thời phần lớn bão thay đổi hướng đi lên phía bắc tương tự như khi bão tương tác đồng thời với KKL và GMMH (Bảng 3, Hình 5).

Tương tự, quỹ đạo bão khi chúng hoạt động đồng thời với KKL và GMMH cũng có hướng chủ đạo là tây bắc hoặc tây (Hình 4–5), trong đó có khoảng 50 cơn bão có quỹ đạo hướng tây và 30 cơn có quỹ đạo hướng tây bắc (Hình 5). Gần một nửa số cơn bão trong hình thể này, sau thời gian hoạt động trên biển Đông có xu hướng đổi hướng. Phần lớn các cơn

bão đi lên phía bắc (26 cơn) và chỉ 13 cơn đổi hướng xuống phía nam (Hình 6, Bảng 3). Ngoài ra, có 05 cơn lúc đầu có quỹ đạo xoắn tròn ốc sau đó đổi hướng di chuyển theo hướng thiên Tây (Bảng 3).



Hình 6. Các dạng quỹ đạo của bão khi nó tương tác với các hình thể khác nhau lúc mới vào biển Đông (a) và lúc gần đổ bộ hoặc tan rã (b).

Bảng 3. Số lượng các cơn bão đổi hướng khi hoạt động trên biển Đông trong các hình thể.

| Hình thể | Tổng | Số bão đổi hướng | |
|----------|-----------|------------------------|--------------------------|
| | | Đổi hướng lên phía bắc | Đổi hướng xuống phía nam |
| KKL | 35 (40,7) | 18 | 17 |
| GMMH | 42 (26,4) | 23 | 17 |
| KKL+GMMH | 44 (41,1) | 26 | 13 |

4. Kết luận

Phân tích đặc điểm hoạt động của bão trên biển Đông khi kết hợp với các hệ thống gió mùa như KKL, GMMH hay đồng thời cả KKL và GMMH trong thời kỳ 1981–2020, bài báo đưa ra một số kết luận sau:

- Bão thường hoạt động kết hợp với một hoặc cả hai hệ thống GMMĐ và GMMH. Bão thường hoạt động kết hợp với GMMH (trong các tháng chính hè, chiếm 45,3%), kết hợp với KKL (trong các tháng mùa đông, chiếm 24,4%) và kết hợp đồng thời với KKL và GMMH (trong các tháng đầu và cuối đông, chiếm 30,3%). Tần suất bão lớn nhất xảy ra trong các tháng 7, 9 và 11.

- Bão chịu ảnh hưởng của riêng KKL hoặc GMMH thường có cường độ yếu hơn (chủ yếu đạt cấp 8, cấp 9). Song khi bão chịu ảnh hưởng đồng thời của cả hai hệ thống gió mùa thì cường độ bão thường rất mạnh (trên cấp 12).

- Bão thường di chuyển theo hướng tây bắc (khi chịu ảnh hưởng của các hệ thống gió mùa, nhất là GMMH) và di chuyển theo hướng tây và tây nam (khi bão hoạt động kết hợp với KKL hoặc đồng thời cả KKL và GMMH).

- Sau một thời gian hoạt động trên biển Đông, bão thường đổi hướng di chuyển xuống phía nam (khi chịu ảnh hưởng của KKL), nhưng lại đổi hướng đi lên phía bắc (khi chịu ảnh hưởng của GMMH hoặc kết hợp cả KKL và GMMH).

Có thể thấy, hoạt động của các hệ thống gió mùa đã phần nào ảnh hưởng đến quỹ đạo, cường độ bão hoạt động trên Biển Đông. Điều này có thể là nhân tố làm thay đổi cấu trúc các trường khí tượng trong bão, gây ảnh hưởng không nhỏ đến thời tiết trên các khu vực mà bão ảnh hưởng. Đây là những vấn đề khoa học cần được nghiên cứu sâu hơn trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng và lựa chọn phương pháp nghiên cứu: C.T.T.H.; T.Đ.L.; Thu thập và xử lý số liệu: Đ.T.T.T.H.; T.T.D.; N.B.P.; T.Đ.L.; C.T.T.H.; Viết bản thảo bài báo: C.T.T.H.; T.Đ.L.; Chỉnh sửa bài báo: C.T.T.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, mã số TNMT.2021.562.04.

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. Ngũ N.Đ. Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng tai biến môi trường tự nhiên lãnh thổ Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Nhà nước, Mã số: KC-08-01, 2010.
2. Bình, T.D. Nghiên cứu thực nghiệm cấu trúc MEZO của bão và các quy luật trong sự phát triển của chúng, Đề tài hợp tác Việt Xô, số 3, giai đoạn 1991-1993, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, 1993.
3. Hường, C.T.T.; Dợ, T.T. Nghiên cứu sự biến đổi cường độ xoáy thuận nhiệt đới hoạt động trên Biển Đông trong các giai đoạn phát triển. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 739, 10-19.
4. Weatherford, C.L.; Gray, W.M. Typhoon structure as revealed by aircraft reconnaissance. Part II: Structural variability. *Mon. Wea. Rev.* **1988**, 116, 1044-1056.
5. Nga, Đ.T.H.; Việt, N.M.; Cường, H.Đ. Xu thế diễn biến của tần số xoáy thuận nhiệt đới ở Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 602, 31-37.
6. Hiệp, N.V.; Tuyết, L.T. Đặc điểm hoạt động của bão ở Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông qua số liệu IBTrACS. Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học quốc gia về khí tượng, thủy văn, môi trường và biến đổi khí hậu (lần thứ 18), Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, **2015**, tr. 9-14.
7. Đức, T.Q.; Hà, P.T.; Duy, Đ.B.; Nam, P.Q. Thay đổi hoạt động của bão Biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 715, 27-36.
8. Khiêm, M.V. và cs. Nghiên cứu xây dựng Atlas khí hậu và biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước, BĐKH.17, 2016.
9. Thắng, N.V. Biến đổi của tần số XTND trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **2011**, 604, 5-8.
10. Hường, C.T.T. Nghiên cứu sự dịch chuyển của các hệ thống gió mùa và ảnh hưởng của nó đến thời tiết, khí hậu Việt Nam. Đề tài nghiên cứu Khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018.
11. Linh, Đ.T.; Hường, C.T.T. Phương pháp xác định ngày bắt đầu gió mùa mùa đông ở Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 693, 12-22.
12. Hường, C.T.T.; Bình, H.T. Nghiên cứu ảnh hưởng của ENSO đến tần suất và cường độ không khí lạnh. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* **2020**, 34, 138-147.
13. Minh, T.C. Dấu hiệu Synop dùng trong dự báo hạn 2, 3 ngày đối với các đợt xâm nhập lạnh vào Việt Nam. *Tạp chí khoa học ĐHQGHN, KHTN&CN*. TXXI, **2005**, 3PT.
14. Yi, Z.; Sperber, K.R.; Boyle, J.S. Climatology and Interannual Variation of the East Asian Winter Monsoon: Results from the 1979-95 NCEP/NCAR Reanalysis. *Mon. Wea. Rev.* **1997**, 125, 2605.
15. Wang, B.; Lin, H.; Zhang, Y.; Lu, M.M. Definition of South China Sea monsoon onset and Cemmencement of the East Asia summer monsoon, *J. Clim.* **2004**, 17, 699-710.
16. Đức, T.Q. Xu thế biến động của một số đặc trưng gió mùa mùa hè khu vực Việt Nam, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2011**, 27(3S), 14-20.
17. Mậu, N.Đ. Nghiên cứu đánh giá và dự tính biến động của các đặc trưng gió mùa mùa hè ở Việt Nam. Luận án tiến sỹ Khoa học Trái đất, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2018.

18. Hương, N.T.T. Biến đổi một số đặc trưng gió mùa hè ở Tây Nguyên và Nam Bộ. Luận án tiến sỹ Khí tượng và Khí hậu học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2018.
19. Ngử, N.Đ và cs. Tác động của ENSO đến thời tiết, khí hậu, môi trường và kinh tế xã hội Việt Nam. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước, Viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2022.
20. Dzung, N.L.; Matsumoto, J.; Thanh, N.D. Climatological onset date of summer monsoon in Vietnam. *Int. J. Climatol.* **2013**, 34(11), 3237–3250. Doi: 10.1002/joc.3908.
21. Kajikawa, Y.; Wang, B. Interdecadal change of the South China Sea summer monsoon onset. *J. Clim.* **2021**, 27, 3207–3218. Doi: 10.1175/JCLI-D-11-00207.1.

Characteristics of storm activities in the east sea when the effect of the monsoons

Chu Thi Thu Huong^{1*}, Tran Dinh Linh¹, Nguyen Binh Phong¹, Doan Thi Thanh Thanh Huyen¹, Thao Thi Do¹

¹ Hanoi University of Natural Resources and Environment; ctthuong@hunre.edu.vn; tdlinh@hunre.edu.vn; doanhuyen2209@gmail.com; dohunre.160300@gmail.com

Abstract: The frequency and duration of operation as well as the characteristics of intensity and trajectory of storms those are operating in the East Sea when under the influence of monsoon systems have been determined based on the dataset of storms operating in the Sea East in the period 1981–2020. The results show that, storms in the East Sea often operate in conjunction with the summer monsoon (GMMH) in the mid-summer months (accounting for 45.3%); or combined with KKL in winter months (30.3%); while in the first and last months of winter, it is combined with both GMMH and KKL systems (accounting for 24.4%). Storms under the influence of KKL or GMMH alone are mainly category 8, category 9, but when it is under the simultaneous impact of both KKL and GMMH, many storm intensity increases with many storms reaching super typhoon level. Storms usually move in a northwest direction (when influenced by monsoon systems, especially GMMH) and move west and southwest (when storms are active in combination with KKL or both KKL and GMMH). After a period of activity in the East Sea, storms often change direction to move south (when affected by KKL), but change direction to the north (when affected by GMMH or a combination of KKL and GMMH).

Keywords: Tropical Storm; Cold air; Summer monsoon; Intensity and track of tropical storm.