

PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ NĂNG LƯỢNG BÃO DỰA TRÊN CÁC CHỈ SỐ NĂNG LƯỢNG

Trịnh Hoàng Dương⁽¹⁾, Hoàng Đức Cường⁽²⁾, Dương Văn Khảm⁽¹⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn Quốc gia

Ngày nhận bài 04/5/2018; ngày chuyển phản biện 05/5/2018; ngày chấp nhận đăng 15/6/2018

Tóm tắt: Các chỉ số năng lượng bão đã được cộng đồng nghiên cứu bão sử dụng như: Đánh giá năng lượng trong mùa bão, nghiên cứu bổ sung cho phân cấp bão, dự báo xu thế hoạt động của bão trong mùa bão, nghiên cứu tác động của bão và giải thích về sự tác động nóng lên toàn cầu đến hoạt động của bão. Bài báo nhằm nghiên cứu đánh giá diễn biến năng lượng bão, tìm kiếm mối quan hệ của các đặc trưng khí tượng đến năng lượng bão và dự báo hạn mùa về hoạt động của bão trên Biển Đông bằng các chỉ số năng lượng bão. Bên cạnh đó, bài báo giới thiệu các phương pháp đánh giá năng lượng bão dựa trên chỉ số năng lượng bão và một số ưu điểm, hạn chế và khả năng ứng dụng trong đánh giá hoạt động của bão trong mùa bão trên Biển Đông.

Từ khóa: Đánh giá năng lượng bão, chỉ số năng lượng bão.

1. Mở đầu

Nhóm tác giả Jia-Yuh Yu (2012) [3] cho rằng trong các chỉ số đánh giá năng lượng bão khác nhau thường được sử dụng để đo hoạt động bão, "áp thấp nhiệt đới và bão (gọi chung là bão)" có lẽ là phổ biến nhất, nhưng nó chưa có sự đóng góp về khía cạnh cường độ và thời gian hoạt động của bão, do đó "ngày bão" thường được sử dụng như một sự hỗ trợ cho số cơn bão. Thêm nữa, hầu hết các nghiên cứu đã chỉ ra mối quan hệ mạnh mẽ giữa biến động khí hậu và hoạt động của bão theo mùa, nhưng đôi khi kết luận về xu thế hoạt động của bão có sự khác nhau trong cùng một thời kỳ. Sự bất đồng này, gợi ý thiếu một sự hiểu biết vững chắc về các thước đo hoạt động của bão để đáp ứng với cả hai biến động khí hậu thường xuyên và không thường xuyên. Do đó, lựa chọn chỉ số đánh giá năng lượng bão phù hợp, mang tính đặc trưng chung và đại diện tổng thể cho hoạt động của bão (một chỉ số phản ánh tổng thể cả về số lượng, cường độ và thời gian hoạt động của bão) là mong muốn của cộng đồng nghiên cứu.

Liên hệ tác giả: Trịnh Hoàng Dương
Email: hoangduongktnn@gmail

Bên cạnh đó, đánh giá năng lượng bão với nhiều chỉ số khác nhau sẽ thuận lợi hơn trong việc hỗ trợ đưa ra những kết luận về hoạt động của bão.

Gần đây, chỉ số "năng lượng bão tích lũy" (Accumulated Cyclone Energy Index-ACE), do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) đề xuất đã được sử dụng khá phổ biến trong cộng đồng nghiên cứu bão, nó như một thước đo biểu thị tổng thể về hoạt động của bão [1]. Chỉ số này đã được tác giả Jia-Yuh Yu (2009) [3] đề xuất sửa đổi, gọi là chỉ số RACE. Cùng mục đích như ACE, tác giả Emanuel (2005) [5] đã đề xuất chỉ số mới cho hoạt động bão dựa trên sự "tiêu tán năng lượng" (Power Dissipation), từ đó một chỉ số tiêu tán năng lượng đơn giản (PDI) đã được giới thiệu. PDI cũng đã được tác giả Jia-Yuh Yu (2012) [3] đề xuất sửa đổi, gọi là chỉ số RPD1.

Nhóm tác giả Carl Drews (2007) [4] cho rằng, mặc dù phân loại bão theo thang Saffir-Simpson (SS) là rất hữu ích trong việc truyền tải thông tin đến công chúng, nhưng gán một số nguyên duy nhất từ cấp 1 đến 5 cho từng cơn bão không phải là một cơ sở tốt để phân tích thêm. Một ví dụ ở Đại Tây Dương (ĐTĐ) cho cơn bão Mitch và Ivan đều là phân loại cấp 5 theo SS, nhưng

profile gió của 2 cơn bão mô tả hình ảnh khác biệt; cơn bão Mitch chỉ kéo dài một vài ngày ở cường độ cao, sau đó duy trì gió cấp thấp trong thời gian dài, trong khi cơn bão Ivan có cường độ cao kéo dài khoảng 10 ngày. Nếu đánh giá chúng theo phân loại là cấp 5, rõ ràng đã làm mất các thông tin có giá trị. Trong năm 2004 và 2005, hoạt động bão khá cao và sự tàn phá gây ra cho bang Louisiana và Mississippi bởi cơn bão Katrina đã dẫn đến nhiều mối lo ngại của cộng đồng nghiên cứu bão về tính hiệu quả của phân cấp gió SS trong việc cảnh báo đến công chúng một cách chính xác về tiềm năng nguy hiểm của bão. Do đó, một số tác giả như Katherine (2008) [9] và Powell (2007) [5] đã đề xuất chỉ số Tích hợp động năng (Integrated Kinetic Energy - IKE) để nghiên cứu bổ sung cho SS và thể hiện sự tàn phá của bão.

Nhận thấy, các chỉ số này, vừa phục vụ nghiên cứu bão và phân tích dự báo xu thế năng lượng cho mùa bão, vừa có thể sử dụng để tìm kiếm giải thích tác động của sự nóng lên toàn cầu đến bão và nó đã được sử dụng trong Báo cáo đánh giá lần thứ tư (AR4) của Ban liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (IPCC) năm 2007, mục 3.8.3 về biểu hiện của biến đổi của bão nhiệt đới, trang 304 [14] và trong Báo cáo về cơ sở khoa học của biến đổi khí hậu của IPCC năm 2013, mục 2.6.3 về bão nhiệt đới, trang 216 [15]. Do vậy, để hướng tới mục tiêu ứng dụng các chỉ số năng lượng bão nhằm bổ sung thêm về thước đo trong đánh giá, nghiên cứu mùa bão, bài báo giới thiệu các chỉ số năng lượng bão đã và đang được sử dụng trong nghiên cứu, dự báo hạn mùa về hoạt động của bão.

2. Phương pháp đánh giá năng lượng bão

2.2.1. Các chỉ số đánh giá năng lượng bão

a) Nhóm chỉ số ACE, PDI, RACE và RPTI

+ Chỉ số Năng lượng bão tích lũy (Accumulated Cyclone Energy Index - ACE):

Tác giả Bell và cộng sự (2000) [1], đề xuất chỉ số “năng lượng bão tích lũy” nhằm cung cấp một thước đo định lượng về tổng hoạt động của bão, được định nghĩa là tổng bình phương tốc độ gió cực đại. Động năng tỉ lệ với bình phương vận tốc, và bằng cách cộng các năng lượng trên một số khoảng thời gian, năng lượng tích lũy

được tìm thấy. Khi thời gian của một cơn bão tăng lên, nhiều giá trị được cộng lại và ACE cũng tăng, như vậy bão với thời gian dài hơn có thể tích lũy ACE lớn hơn đối với bão mạnh nhưng có thời gian hoạt động ít hơn..

$$ACE_i = \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} (v_{max}^2)_t \quad (1)$$

Theo NOAA, chỉ số ACE là một chỉ số năng lượng gió, được định nghĩa như là tổng bình phương của tốc độ gió bề mặt cực đại được đo với bước thời gian 6 tiếng cho tất cả các cơn bão khi chúng ít nhất là cấp bão nhiệt đới (tốc độ gió >35 knot (18 m/s), hoặc cao hơn). Nếu một cơn bão bất kỳ xảy ra ngang qua các năm thì tính ACE cho các năm trước đó. Giá trị ACE thường được chia cho 10^4 . Đơn vị của ACE là 10^4 knots².

$$ACE_i = 10^{-4} \sum (v_{max}^2)_t \quad (2)$$

Trong biểu thức 1 và 2: $v_{max}(t)$ là tốc độ gió cực đại tại thời điểm t ; t là bước thời gian 6 giờ của số liệu quỹ đạo bão; i biểu thị cho một cơn bão; t_{oi} và t_{fi} là thời gian bắt đầu và kết thúc của hoạt động cơn bão i ; N là số cơn bão trong thời kỳ xem xét (tháng/mùa/năm). Đơn vị của ACE là Joules/kg, hoặc knot², hoặc m²/s².

Trong một bài báo của tác giả Carl Drews (2007) [8] cũng tham chiếu đến ACE được đề xuất của tác giả Bell (2000), nhưng đưa ra biểu thức tính như sau:

$$ACE = \sum_{time} v_{max}^2 \Delta t \quad (3)$$

Đơn vị ACE của NOAA thường được thể hiện là 10^4 knot². Tuy nhiên, theo tác giả Carl Drews (2007), khoảng thời gian đo 6 giờ là tiềm ẩn trong các chỉ số ACE, và tác giả tin rằng công thức này là chưa chuẩn. Theo tác giả, đơn vị của chỉ số ACE là knot²-ngày vì ba lý do: 1) Nhấn mạnh rằng ACE là tích phân của chuỗi thời gian; 2) Để sử dụng một đơn vị tiêu chuẩn thời gian (ngày); 3) Thuận lợi cho việc sử dụng chuỗi thời gian mà không phụ thuộc vào bước thời gian 6 giờ (như đầu ra mô hình có phân giải thời gian cao hơn). Để chuyển đổi knot²-ngày, công thức ACE của NOAA được nhân với 4, ngày bão được xác định $\sum_{time} dt$.

+ Chỉ số Tiêu tán năng lượng (Power Dissipation Index-PDI):

Tác giả Emanuel (2005) [6] đã tham chiếu tới chỉ số ACE và cho rằng trong một cơn bão ổn định tốc độ sinh ra động năng cũng tương đương với tốc độ tiêu hao động năng và đưa ra biểu thức “Tiêu tán năng lượng-PD”. Phương trình về PD như sau:

$$PD = 2\pi \int_0^t \int_0^{r_0} \rho C_D |V|^3 r dr dt \quad (4)$$

Ở đây: C_D là hệ số ma sát (drag), ρ là mật độ không khí, r là bán kính, V là độ lớn tốc độ gió, r_0 là bán kính ngoài, t là thời gian hoạt động của bão. Đơn vị của PD là (Joules) và nó phản ánh tổng năng lượng tiêu tán trong cả thời gian hoạt động của nó.

Tác giả Emanuel (2005) cho rằng công thức (4) là khó khăn trong việc sử dụng dữ liệu lịch sử sẵn có, vì số liệu kích thước bão ít khi có trong bộ dữ liệu. Mặt khác, nghiên cứu chi tiết cho thấy profile của tốc độ gió xuyên tâm nói chung đồng dạng về phương diện hình học, trong khi mối tương quan giữa tốc độ gió cao và các kích thước của cơn bão ít khi được biểu diễn. Mật độ không khí bề mặt khác nhau khoảng 15%, trong khi hệ số ma sát được cho là tăng, nhưng chứng lại ở gió tốc độ gió vượt quá khoảng 30 ms^{-1} . Do đó, tác giả thiết rằng kích thước bão cố định và coi $C_D \rho$ là hằng số, dẫn đến định nghĩa chỉ số “tiêu tán năng lượng” (PDI) như sau:

$$PDI = \int_t V^3 \max dt \quad (5a)$$

$$PDI_i = \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} v_{\max}^3 \Delta t \quad (5b)$$

$$PDI_i = \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} (v_{\max}^3) t \quad (5c)$$

Ở đây: v_{\max} là tốc độ gió cực đại tại thời điểm t ; t là bước thời gian 6 giờ của số liệu quỹ đạo bão; i biểu thị cho một cơn bão, t_{oi} và t_{fi} là thời gian bắt đầu và kết thúc của hoạt động bão. Đơn vị của PDI sẽ là m^3/s^2 (công thức 5b).

Theo Alvaro Corral (2012) [10], trung bình các giá trị của bán kính gió tối đa cho bão ở Bắc Đại Tây Dương $\cong 35 \text{ km}$, khi đó, năng lượng tiêu tán PD = $4,9.10^6$ PDI. Điều này cho thấy, nếu tính trung bình bán kính gió cực đại của các cơn bão ở Bắc Đại Tây Dương, thì giá trị trung bình PDI sẽ khuyết thiếu $4,9.10^6$. Đơn vị của PD sẽ là

(Joules) khi PDI là m^3/s^2 . Đối với những cơn bão đơn ở Bắc Đại Tây Dương, PDI khoảng từ 5.10^8 đến $2.10^{11} \text{ m}^3/\text{s}^2$, ước tính năng lượng tiêu tán là khoảng từ 3.10^{15} đến 10^{18} J , tương đương từ 0,6 và 200 megaton (1 megaton = $4,18 \times 10^{15} \text{ J}$). Tuy nhiên, phạm vi thực sự của biến động sẽ lớn hơn, như sự thay đổi của bán kính đã bỏ qua, làm tăng tính biến động của năng lượng tiêu tán.

Mặc dù theo tác giả Emanuel, đơn vị của PDI là m^3/s^2 (công thức 5b), nhưng một số công trình nghiên cứu sử dụng đơn vị là m^3/s^3 (công thức 5c). Hai cách tính này chỉ khác nhau một hằng số; nếu tính PDI theo công thức 5b sẽ lớn hơn PDI tính theo công thức 5c với hằng số là 21.600. Điều này cho thấy hai cách tính tương đồng về mức độ phản ánh cho hoạt động của bão hàng năm, chỉ khác nhau về giá trị và đơn vị.

+ Chỉ số Năng lượng bão tích lũy sửa đổi (Revised Accumulated Cyclone Energy - RACE)

Do cấu trúc gió xuyên tâm của bão thay đổi đáng kể tùy thuộc vào cường độ bão, có thể dẫn đến ACE cho ước tính giả về hoạt động của bão. Để khắc phục vấn đề này, nhóm tác giả Jia-Yuh Yu (2009) [2] đã đề xuất sửa đổi ACE, gọi là chỉ số RACE. Chỉ số RACE được sửa đổi dựa trên cấu trúc xoáy Rankine.

$$RACE = k_{mrv} = \frac{v_{\max}^2}{r_c^2} \left[\frac{1}{2} + \frac{r_c^{(2-2\alpha)}}{1-\alpha} \right] \quad (6)$$

Ở đây r_c (không thứ nguyên) biểu thị bán kính giới hạn (cut-off radius) mà tại đó năng lượng gió được xác định. Hệ số α , được xác định từ dữ liệu quỹ đạo bão, là thước đo mức độ bảo toàn động lượng. Số hạng đầu và thứ hai trong ngoặc vuông của công thức (6) là phần đóng góp từ hoàn lưu bên trong và bên ngoài bán kính gió cực đại r_{\max} .

So sánh công thức (6) với công thức (1) có thể nhận thấy rằng chỉ số RACE có một tỉ lệ với chỉ số ACE. Chỉ số RACE thể hiện giá trị động năng trung bình, là động năng trên một đơn vị khối lượng (đơn vị sẽ là Joule/kg, hoặc knot^2 , hoặc m^2/s^2 giống như ACE).

Dựa trên cấu trúc xoáy Rankine, tác giả đưa ra biểu thức tính r_c như sau:

$$\tilde{r}_c = (v_{\max} / v_c)^{1/\alpha} \quad (7)$$

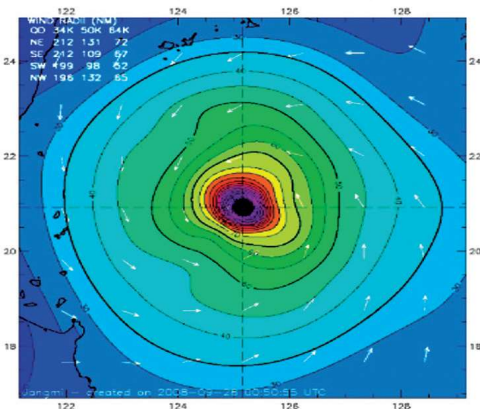
Ở đây: V_c là tốc độ gió giới hạn (cut-off), nếu xem xét diện tích hình tròn tại gió là 35 knot ($v_c = 35$ knot), r_c có thể tính toán theo biểu thức (7) với $\alpha \approx 0,51$ cho vùng Tây Bắc Thái Bình Dương. Từ biểu thức (6), ngoại trừ $\alpha = 1$, RACE mô tả mối quan hệ phi tuyến giữa r_c và v_{max} .

+ Chỉ số Tiêu tán năng lượng sửa đổi (Revised Power Dissipation Index - RPDI)

Cũng như chỉ số RACE, nhóm tác giả Jia-Yuh Yu (2012) [3] tiếp tục sửa đổi chỉ số PDI với lý do tương tự ACE. Sự sửa đổi PDI cũng dựa cấu trúc xoáy gió Rankine sửa đổi, dẫn đến biểu thức tương tự như RPDI như sau:

$$RPDI = k_{mv} = \frac{v_{max}^3}{r_c^2} \left[\frac{2}{5} + \frac{2r_c^{(2-3\alpha)}}{(2-3\alpha)} \right] \quad (8)$$

Ở đây: Các ký hiệu được sử dụng trong công thức (8) là giống với của phương trình (6) và tham chiếu giống như RACE cho chỉ số này là “chỉ số tiêu hao công suất được sửa đổi”, gọi là chỉ số RPDI. Đơn vị là m^3/s^2 nếu tính tổng PDI theo bước thời gian 6 giờ giống như công thức 5b, và đơn vị là m^3/s^3 nếu tính RPDI giống như công thức 5c.



a) Phân tích gió H*wind của NOAA

b) Nhóm chỉ số IKE, KE, TIKE và SHI

+ Chỉ số IKE/TIKE (Track Integrated Kinetic Energy)

Xuất phát từ thực tế, nhóm các tác giả Powell (2007) [5], đặt vấn đề là tại sao bão Katrina ở Đại Tây Dương có cường độ yếu hơn Camille khi đổ bộ, nhưng lại có sức tàn phá lớn. Do đó, nhóm tác giả đã xây dựng chỉ số “động năng tích hợp” (Integrated Kinetic Energy, “IKE”). IKE được tính toán từ trường gió bề mặt bằng cách tích hợp các động năng ở mực 10 m/đơn vị thể tích qua các phần của khối lượng miền bão (v) có chứa tốc độ gió (U), dV được lấy từ phân tích khách quan trường gió miền bão, đơn vị là Joule.

$$IKE = \int_V 1/2 \rho U^2 dV \quad (9)$$

Để tính toán IKE cần số liệu từ phân tích gió bão H*Wind của NOAA, đối với mỗi ảnh gồm 3 bán kính (1 nm = 1.852 km) tại các tốc độ gió 34 knot, 50 knot, 64 knot theo 4 hướng chính NW, NE, SE và SW (Hình 1a), bán kính gió cực đại (R_{max}) và tốc độ gió cực đại (v_{max}). Một phần mềm tính toán IKE cũng đã được xây dựng và tích hợp trên website, do đó thuận lợi cho việc tính toán IKE (Hình 1b).

b) Phần mềm tính toán IKE

Hình 1. Ví dụ minh họa cho phương pháp tính IKE [13]

Để tạo một thước đo cho hoạt động và nghiên cứu biến động mùa của bão ở Đại Tây Dương, Misra và các nhà khoa học từ Đại học bang Florida (2013) [11] đã tham chiếu tính toán tương tự ACE, và gọi chỉ số là “chỉ số động năng tích hợp quỹ đạo” (TIKE - Track Integrated Kinetic Energy).

$$TIKE = \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} (IKE_i) t \quad (10)$$

Ở đây, i biểu thị cho một cơn bão; t_{oi} và t_{fi}

là thời gian bắt đầu và kết thúc hoạt động bão. TIKE cũng có thể được tính tùy vào độ phân giải thời gian hoặc dựa trên số liệu quỹ đạo với bước thời gian 6 giờ như ACE.

+ Các chỉ số KE (Kinetic Energy)

Với mục đích đưa ra phân loại bổ sung cho phân cấp SS và thể hiện sự tàn phá của bão, nhóm tác giả Katherine Maclay và cộng sự (2008) [9] đã đề xuất chỉ số KE. Các thông số chênh lệch

KE theo thời gian 6 tiếng là liên quan chặt chẽ với cường độ. Độ lệch KE theo bước thời gian sẽ tiết lộ sự thay đổi cấu trúc quan trọng; KE nhiều hơn (ít hơn) được cho là cường độ lớn (nhỏ) theo thời gian của bão.

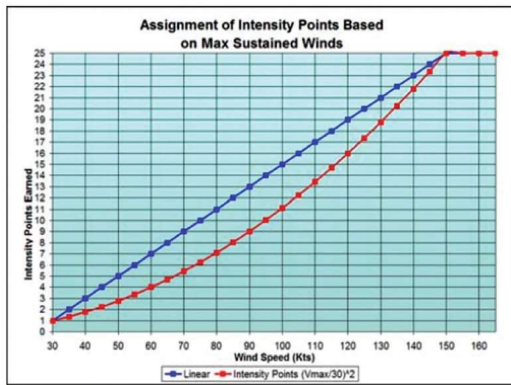
Để ước tính KE từ một mực đơn, tác giả xem xét trong một vòng tròn. Tổng KE được tìm thấy bằng cách tích phân động năng cho một phần tử không khí đơn so với khối lượng của đĩa mỏng. Việc tính KE khá tương tự như IKE của tác giả Powell, chỉ khác ở chỗ IKE được tính toán trên một diện tích lớn hơn (lưới 8°x8°) sử dụng phân tích H*Wind, trong khi trường gió phân tích của KE là sử dụng số liệu từ thám sát máy bay (từ tâm bão đến 200 km):

$$KE = \frac{\rho_0 \Delta z}{2} \int_{z_1}^{z_2} \int_0^{2\pi} \int_0^R \rho (u^2 + v^2) r dr d\theta dz \quad (11)$$

Dữ liệu thu nhận từ thám sát máy bay được giả định là đại diện cho cấu trúc qua độ sâu 1 km và thường có sẵn cho khoảng cách bán kính từ tâm đến 200 km. Giả định mật độ không khí trong khối lượng này là nhỏ (ρ). Do đó, phương trình (11) trở thành:

$$KE = \frac{\rho_0 \Delta z}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^R (u^2 + v^2) r dr d\theta \quad (12)$$

Ở đây: KE là động năng (đơn vị của KE là Joule) u là gió xuyên tâm, v là gió tiếp tuyến, ρ là mật độ không khí, r là bán kính, θ là góc phương vị, và z là chiều cao. Gió được giả thuyết là đại diện của cấu trúc bão độ dày 1 km, vì vậy Δz là



a) Điểm cường độ

Hình 2. Minh họa về phương pháp tính chỉ số HSI [12]

2.2.2. Tính toán hoạt động của bão theo mùa dựa trên chỉ số năng lượng bão

Để tính toán theo tháng hoặc mùa, năm, công thức sẽ là:

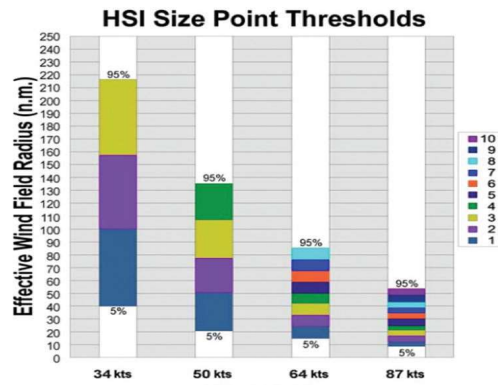
1.000 m. Khoảng cách xuyên tâm của các dữ liệu phân tích của do thám bằng máy bay (Mueller, 2006) là 4 km, và góc phương vị là 22,5°. Tên miền xuyên tâm là từ tâm bão ra đến 200 km.

+ Chỉ số HSI (Hurricane Severity Index):

Nhằm mục đích sử dụng kích thước trường gió để bổ sung thêm vào phân cấp SS phục vụ dự báo bão đổ bộ, nhóm tác giả Hebert và cộng sự (2010) [12] đã đề xuất “chỉ số bão nghiêm trọng” (Hurricane Severity Index, “HSI”). Chỉ số HSI được xác định dựa trên xếp xếp 50 điểm, một nửa dựa trên cường độ và một nửa dựa trên kích thước trường gió. Chỉ số HIS là không có thứ nguyên, HSI lớn hơn thể hiện mức độ nguy hiểm cao hơn, cụ thể tính toán là:

- Điểm cường độ bão (HIS intensity points) được xác định: Nếu $V_{max} < 30$ knot, điểm cường độ HSI = 0, Nếu $30 \text{ knot} \leq V_{max} \leq 150$ knot, điểm cường độ HSI = $(V_{max}/30)^2$ và nếu $V_{max} > 150$ knot, điểm cường độ HSI = 25 điểm (Hình 2a);

- Bán kính ảnh hưởng được xác định: $Re = 0,5 \times SQRT(RNE^2 + RSE^2 + RSW^2 + RNW^2)$ theo các tốc độ gió 34, 50, 65 và 87 knot (trong đó RNE, RSE, RSW, RNW là bán kính ở các góc phần tư hình tròn phía Đông Bắc, Đông Nam, Tây Nam và Tây Bắc), sau đó gán mức độ từ 1-10 tương ứng với tốc độ gió theo các góc phần tư của hình tròn dựa trên phân tích gió H*wind [13] (Hình 2b). Tổng số có 25 điểm/theo 4 tốc độ gió được gọi là điểm kích thước (HIS size points).



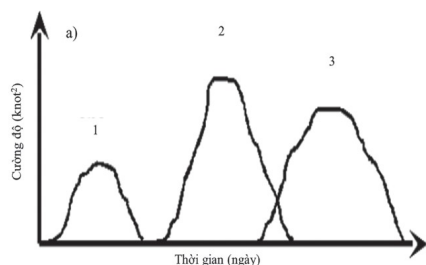
b) Ảnh hưởng của bán kính trường gió

$$ACE = \sum_1^N ACE_i \quad (14)$$

Ở đây: i là mỗi cơn bão, N là số cơn bão trong tháng/mùa/năm được xem xét. Các chỉ số khác công tính toán hoàn toàn tương tự như chỉ số ACE.

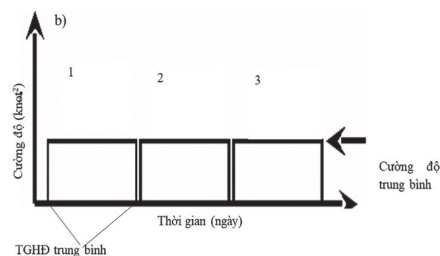
Theo tác giả Carl Drews(2007) [4], nếu chúng ta thừa nhận rằng chỉ số ACE là biểu thức phù hợp để sử dụng cho đánh giá hoạt động mùa bão, thì nó có thể được thể hiện:

$$\text{Hoạt động mùa bão} = \text{Số cơn bão} \times \text{cường độ}$$



\times thời gian hoạt động của bão (15)

Một ví dụ đơn giản về chỉ số ACE (mùa/năm) là tổng diện tích theo ba cơn bão (Hình 3a), sự chùng chéo nhỏ giữa cơn bão số hai và ba là đều được tính.



Hình 3. Mùa bão đơn giản với 3 cơn bão trung bình [4]

Trong Hình 3b, ba "cơn bão trung bình" giống hệt nhau, có cùng thời gian và cường độ, nhưng diện tích kết hợp của chúng cũng giống như trong Hình 3a. Chúng ta có thể sử dụng Hình 3 để đặc trưng cho mỗi mùa bão. Từ định nghĩa của tác giả Carl Drews (2007) [4], ta có thể biểu diễn các thành phần của chỉ số ACE dưới dạng biểu thức toán học như sau:

$$D_i = \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} \Delta t; D = \frac{1}{N} \sum_1^N D_i; I = \frac{\sum_1^N \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} v_{\max}^2 \Delta t}{\sum_1^N D_i} \quad (16)$$

Ở đây: i là mỗi cơn bão; Δt là bước thời gian 6 giờ; D_i là thời gian hoạt động cơn bão thứ i ($D_i/24$ sẽ tính là ngày bão); t_{oi} và t_{fi} là thời gian bắt đầu và kết thúc hoạt động cơn bão thứ i ; D là thời gian hoạt động trung bình cho mùa bão/năm đối với N cơn bão; I là cường độ trung bình cho mùa bão/năm.

ACE được tính từ biểu thức 3 tương đương với:
 $ACE \text{ (knot}^2\text{-ngày)} = N \times D \text{ (ngày)} \times I \text{ (knot}^2\text{)}.$

Một cách tương tự cho ba thành phần là N , D và I của PDI cũng đã được tác giả Emanuel (2007) [7] tách thành công thức toán học như công thức 16. Các chỉ số khác cũng tách tương tự như chỉ số ACE và PDI.

4. Kết luận

Trên cơ sở phân tích và nhận xét của các tác giả Camargo (2004), Jia-Yuh Yu (2009, 2012), Carl Drews (2007), Katherine (2007) và Misra (2013) cho thấy:

+ Mục đích của các chỉ số năng lượng bão là

bổ sung thêm về thước đo phản ánh cho hoạt động mùa bão, lý do các tác giả thường sử dụng các chỉ số này, vì nó là biến liên tục, thuận lợi trong việc sử dụng chuỗi thời gian và hữu ích cho việc tính toán tương quan và hồi quy với các biến khí hậu như các chỉ số khí hậu đại dương, các trường khí áp, độ cao địa thế vị,... vì nó là biến liên tục. Thêm nữa, nó được tính từ tổng các cường độ bão của mỗi cơn bão theo bước thời gian 6 tiếng, cũng như tất cả các cơn bão, do đó nó thích hợp cho đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí quyển - đại dương đến hoạt động của bão nhiệt đới;

+ Phương pháp tính toán ACE, RACE, PDI, RPDJ đơn giản và đang được sử dụng khá phổ biến trong nghiên cứu hoạt động của bão ở trên thế giới, nguồn số liệu quỹ đạo bão (best track) để tính toán các chỉ số này là sẵn có cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, do đó có thể sử dụng thuận lợi cho nghiên cứu hoạt động của bão trên Biển Đông;

+ ACE (PDI) là năng lượng gió bão được đánh giá ở bán kính gió cực đại (nơi Entropy tăng chủ yếu ở lớp biên), nhưng chưa xem xét đến kích thước của bão. Chỉ số RACE/RPDI có xem xét đến kích thước bão nhưng cũng chưa xem xét đến thành phần bất đối xứng của cấu trúc bão theo chiều ngang. IKE (TIKE), HSI đã xem xét đến kích thước và sự bất đối xứng của bão theo chiều ngang, nhưng nguồn số liệu phân tích về bán kính bão cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương là chưa sẵn có.

Tài liệu tham khảo

1. Bell, G. D., and Coauthors (2000), "Climate assessment for 1999", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, S1-S50.
2. Jia-Yuh Yu, C. Chou, và P-G. Chiu (2009), "A revised accumulated cyclone energy index", *Geophys. Res. Lett.*, 36, L14710, doi: 10.1029/2009GL039254.
3. Jia-Yuh Yu and Ping-Gin Chiu (2012), "Contrasting Various Metrics for Measuring Tropical Cyclone Activity", *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol. 23, No. 3, 303-316, doi: 10.3319/TAO.2011.11.23.01(A).
4. Carl Drews (2007), *Separating the ACE Hurricane Index into Number, Intensity, and Duration*, Atmospheric Chemistry Division NCAR Earth System Laboratory National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado USA.
5. Powell, M.D., and T.A. Reinhold (2007), "Tropical Cyclone Destructive Potential by Integrated Kinetic Energy", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 88, 513-526.
6. Emanuel, K. A. (2005), "Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years", *Nature*, 436, 686-688. doi:10.1038/nature03906.
7. Emanuel, K. (2007), "Environmental factors affecting tropical cyclone power dissipation", *J. Climate*, 20, 5497-5509, doi: 10.1175/2007JCLI1571.1.
8. Katherine S. Maclay and Mark DeMaria Thomas H. Vonder Haar (2007), "Tropical Cyclone Inner-Core Kinetic Energy Evolution", *J. Climate*, 336, 4882-4898. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2268.1>.
9. Alvaro Corral, Antonio Turiel (2012), *Variability of North Atlantic hurricanes: seasonal versus individual-event features*, Chapter: *Extreme Events and Natural Hazards: The Complexity Perspective*, edited by A. S. Sharma, A. Bunde, V. P. Dimri y D. N. Baker (eds.), AGU, *Geophysical Monograph Series*, 196 (2012), tr 111-125.
10. V, Misra., DiNapoli S., and M Powell (2013), "The Track Integrated Kinetic Energy of Atlantic Tropical Cyclones", *Mon. Wea. Rev.*, 141, 2383-2389. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-12-00349.1>.
11. Hebert, C., Weinzapfel, B. & Chambers, M (2010), *Hurricane Severity Index: A New Way of Estimating a Tropical Cyclone's Destructive Potential*, Paper presented at the 29th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology.
12. Suzana J. Camargo (2004), "Western North Pacific Tropical Cyclone Intensity and ENSO", *Journal of Climate*. Volume 18.
13. <http://storm.aoml.noaa.gov/hwind/aboutwind.html>
14. IPCC (2007), *Climate Change 2007: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
15. IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

ASSESSMENT METHOD FOR STORM ENERGY BASED ON ENERGY INDICATORS

Trinh Hoang Duong⁽¹⁾, Hoang Duc Cuong⁽²⁾, Duong Van Kham⁽¹⁾

⁽¹⁾Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

⁽²⁾The National Center for Hydro-Meteorological Forecasting

Received: 04 May 2018; Accepted: 16 June 2018

Abstract: Cyclone energy indexes are used by the cyclone research community, such as cyclone energy

assessments, additional studies on cyclone classification, prediction seasonal cyclone activity, impact of cyclone and global warming on storm activity. The purpose of seasonal cyclone energy assessment, looking for the relationship of climate characteristics to seasonal cyclone activity and prediction of seasonal cyclone activity base on cyclone energy indexes. This paper presents the assessment methods of cyclone energy base on energy indexes and some comments on the applicability for East Sea.

Keywords: *Assessing cyclone energy, cyclone energy index.*