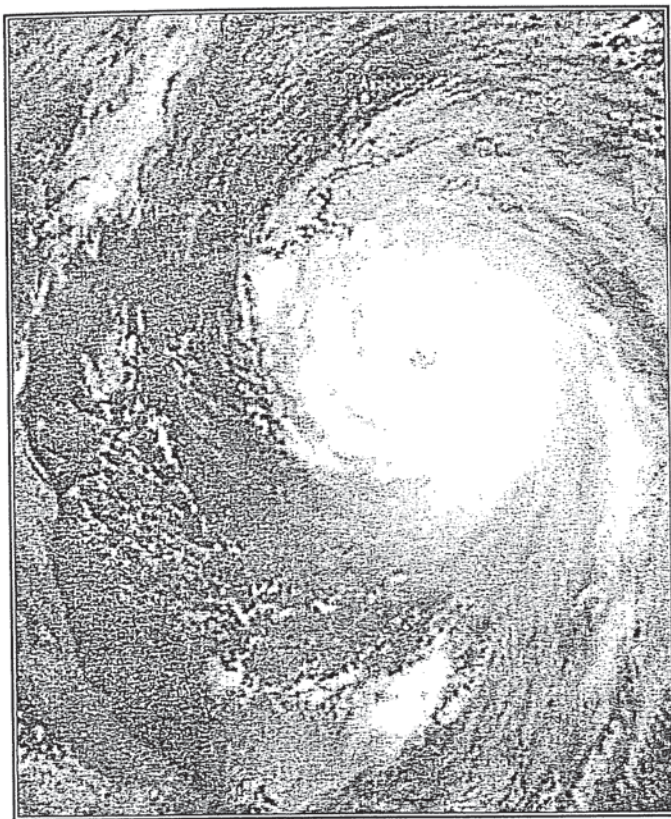




Ảnh minh họa: Bão Katrina

DỰ BÁO QUỸ ĐẠO XOÁY THUẬN NHIỆT ĐỐI DỰA TRÊN DỰ BÁO TỔ HỢP HÀNG NGHÌN THÀNH PHẦN

ThS. Võ Văn Hòa

Trung tâm Dự báo Khí
tượng Thủy văn Trung ương

Bài báo này nằm trong chuỗi các bài báo nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp trong bài toán dự báo quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ). Những kết quả nghiên cứu của các bài báo trước [3], [4] đã cho thấy tính hiệu quả và khả thi của dự báo tổ hợp cho điều kiện Việt Nam.

Bài báo này sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu tổ hợp quỹ đạo XTNĐ dựa trên 1152 dự báo thành phần cho 84 trường hợp của 12 cơn bão từ năm 2003-2005 cho vùng Tây Bắc Thái Bình Dương. Các kết quả đánh giá cho thấy dự báo tổ hợp hàng nghìn thành phần không những cải thiện đáng kể chất lượng dự báo so với phiên bản dự báo nghiệp vụ (Control Forecast) và dự báo tổ hợp tốt nhất dựa trên 32 phương án mực dòng dẫn, mà còn có khả năng tạo ra những bản đồ dự báo xác suất đường đi của XTNĐ. (Bài báo này được hỗ trợ bởi đề tài nghiên cứu cơ bản mã số 732904 và đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp cho một số trường khí tượng dự báo bão").

1. Mở đầu

Kỹ năng dự báo quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) đã được cải thiện đáng kể trong vài thập kỷ gần đây khi

mà những hiểu biết về cấu trúc nhiệt động lực học của bão, mạng lưới thông tin quan trắc và các sản phẩm dự báo số trị ngày càng được tăng cường và chính

xác. Bên cạnh đó, sự phát triển mạnh mẽ của khoa học máy tính cùng với sự hoàn thiện trong các phương pháp giải số đã tăng cường khả năng dự báo và cảnh báo trước nhiều ngày của các mô hình thủy động. Tuy nhiên, điều này không có nghĩa là tất cả các dự báo quỹ đạo XTND đều chính xác mà luôn luôn có một sai số nào đó ẩn chứa bên trong các sản phẩm dự báo. Sai số trong các mô hình dự báo XTND có thể bắt nguồn từ sự chưa hoàn chỉnh trong khi biểu diễn các quá trình động lực và vật lý, từ sai số cắt xén trong giải tích số và đặc biệt là sai số trong các trường phân tích. Hơn 10 năm trở lại đây, các mô hình hệ phương trình nguyên thủy đầy đủ vật lý với độ phân giải cao đã khắc phục được những sai số hệ thống gây ra bởi sự chưa hoàn chỉnh trong động lực, vật lý và phương pháp tính của mô hình. Nguồn sai số chủ yếu còn lại là do những sai số trong các trường phân tích (được gây ra bởi sai số quan trắc, sai số nội suy...) kết hợp với bản chất rối vốn có của khí quyển (do cơ chế bất ổn định và sự tương tác phi tuyến giữa các quá trình có quy mô khác nhau). Chính nguồn sai số này đã dẫn đến những hạn chế trong khả năng dự báo của các mô hình đối với một hiện tượng cụ thể.

Bản chất rối của khí quyển ngụ ý rằng những sai số nhỏ trong trường ban đầu có thể gây ra những sai số lớn trong quá trình dự báo (hiệu ứng này được gọi là *hiệu ứng con bướm*). Do đó, các mô hình số trị không thể dự báo chính xác một hiện tượng nào đó khi trường phân tích chỉ là một xấp xỉ gần đúng với trạng thái thực của khí quyển. Để loại bỏ những sai số trong trường ban

đầu, người ta thường sử dụng *dự báo tổ hợp* (ensemble forecast) thay vì dự báo tiền định (deterministic forecast). Có nhiều cách để tạo ra dự báo tổ hợp từ các trường đầu vào và các mô hình số khác nhau. Tuy nhiên, trong dự báo nghiệp vụ quỹ đạo, dự báo tổ hợp thường được tạo ra bằng cách chạy một mô hình nhiều lần với các điều kiện ban đầu hơi khác nhau (mỗi một dự báo được tạo ra từ một lần tích phân được gọi là một dự báo thành phần của dự báo tổ hợp). Nói chung, tùy thuộc vào đối tượng cần dự báo, phương pháp gây nhiễu động trường ban đầu và khả năng tính toán mà số lượng các dự báo thành phần có thể ít hoặc nhiều. Dự báo tổ hợp có thể là trung bình cộng, trung bình có trọng số hay trung bình theo nhóm của tập hợp các dự báo được tạo ra từ các điều kiện ban đầu hơi khác nhau nói trên. Các điều kiện ban đầu hơi khác nhau cho biết rằng nếu đem chúng so sánh với quan trắc thì rất khó có thể nói điều kiện ban đầu nào tốt hơn điều kiện nào. Hay nói cách khác, các điều kiện ban đầu này khá giống nhau, nhưng khi tích phân mô hình theo thời gian thì lại cho các kết quả dự báo rất khác nhau. Sự khác nhau nhiều hay ít của tập hợp các dự báo thành phần ám chỉ mức độ tin cậy (confidence) của dự báo tổ hợp. Nếu sau vài ngày dự báo mà các dự báo thành phần khá giống nhau thì dự báo tổ hợp là đáng tin cậy, ngược lại, dự báo tổ hợp sẽ không đáng tin cậy khi các dự báo thành phần phân kỳ mạnh theo thời gian.

Như đã biết, tất cả các bản tin dự báo được phát ra từ các nhà dự báo hoặc các mô hình số trị đều bao hàm

một tính bất định (uncertainty - tính không chắc chắn hoặc không rõ ràng). Tính bất định của dự báo thể hiện qua sự thay đổi liên tục mức độ tin cậy của thông tin dự báo và rất khó có thể ước lượng.

Trong dự báo quỹ đạo bão, tính bất định phụ thuộc vào bản chất của mô hình, đặc trưng của cơn bão, mùa bão, các hình thức cơn bão chi phối... Chính tính bất định này làm cho chất lượng dự báo của một mô hình số trị thay đổi theo từng mùa, từng cơn bão và gây những khó khăn nhất định cho các nhà dự báo khi quyết định nên tham khảo sản phẩm dự báo từ mô hình số trị nào. Để ước lượng tính bất định một cách phù hợp và có thể đánh giá được, phương pháp dự báo xác suất (Probability Forecast) được sử dụng. Dự báo xác suất cho ta biết một hiện tượng được quan tâm sẽ xuất hiện như thế nào dưới dạng tỷ lệ phần trăm và giúp cho các dự báo viên và những người sử dụng đánh giá mức độ rủi ro. Có nhiều cách để tạo ra một dự báo xác suất, nhưng hai cách thông thường hay được sử dụng là phương pháp thống kê và phương pháp dự báo tổ hợp.

Các dự báo tổ hợp được thiết kế để ước lượng các giá trị thống kê dựa trên tập mẫu là số lượng các dự báo thành phần có thể có. Xác suất xuất hiện của một hiện tượng nào đó được tính dựa trên tỷ số giữa số dự báo thành phần dự báo có xuất hiện so với tổng số dự báo thành phần. Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả thử nghiệm dự báo tổ hợp dựa quỹ đạo XTND dựa trên 1152 dự báo thành phần. Trên cơ sở đó, tính toán và tạo ra các bản đồ dự báo xác

suất đường đi của bão (Strike Probabilities Map). Phương pháp gây nhiễu động để tạo ra 1152 dự báo thành phần, tính toán bản đồ xác suất và kết quả thử nghiệm cho 84 trường hợp của 12 cơn bão Tây Bắc Thái Bình Dương trong các mùa bão từ 2003-2005 sẽ được trình bày trong các mục tiếp theo của bài báo.

2. Phương pháp gây nhiễu động hàng nghìn thành phần

Để tạo ra dự báo tổ hợp dựa trên hàng nghìn dự báo thành phần (Kilomember ensemble, từ nay viết tắt là Kilo-EF), phương pháp gây nhiễu động trường ban đầu thường được sử dụng. Vigh (2002) [7] đã nghiên cứu thử nghiệm dự báo quỹ đạo Kilo-EF cho các cơn bão Đại Tây Dương năm 2001 trên nền mô hình đa lưới tích hợp MBAR (hoặc MUDBAR, Fulton (2001) [5]). MBAR là một mô hình chính áp dựa trên phương trình xoáy không phân kỳ với các đặc tính gần tương tự như phiên bản nghiệp vụ LBAR nhưng có kỹ năng dự báo tương tự và đặc biệt là tính toán nhanh (chỉ mất 2 giây cho một lần dự báo quỹ đạo 120h với một máy tính PC có tốc độ xử lý 1GHz, tức là chỉ bằng 1/40 thời gian tính toán của mô hình LBAR).

Do đó, chỉ mất khoảng 1 giờ để tạo ra một dự báo tổ hợp gồm 1485 dự báo thành phần. Trong nghiên cứu của Vigh, các phương án gây nhiễu ban đầu được sử dụng lồng ghép với nhau bao gồm gây nhiễu trường quy mô lớn, tốc độ pha, cường độ hoặc kích thước xoáy nhân tạo và vectơ chuyển động của xoáy. Trong phương án gây nhiễu động dòng quy mô lớn, năm chu trình cấy các

mode đang phát triển nhanh của mô hình MRF được sử dụng để tạo ra 11 trường ban đầu đã được gây nhiễu động (thông qua phân tích vectơ Lyapunov, Toth và Kalnay 1997 [6]). Ngoài ra, 3 phương án trung bình lớp dày (DLM-Deep Layer Mean) bao gồm trung bình lớp sâu 850-200mb, lớp vừa 850-350mb và lớp nông 850-500mb cũng được đưa ra. Mặt khác, trong các mô hình chính áp không phân kỳ vấn đề phản hồi giả tạo của các sóng dài Rossby là rất quan trọng.

Do đó số hạng điều chỉnh Helmholtz $\gamma = f / c_{eqv}$ (f là một hàm của vĩ độ và $c_{eqv} = \sqrt{gh_{eqv}}$ là tốc độ pha) được sử dụng trong phương trình dự báo để giảm thiểu những sự phản hồi giả tạo này. Trong nghiên cứu này, 3 giá trị khác nhau của c_{eqv} được lựa chọn.

Để gây nhiễu cường độ hoặc kích thước xoáy nhân tạo, 3 phương án gây nhiễu dựa trên các tham số trong sơ đồ cài xoáy như vận tốc gió cực đại V_m , bán kính gió mạnh r_m và hệ số b được sử dụng. Năm phương án gây nhiễu vectơ chuyển động của xoáy được thực hiện bằng cách di chuyển vectơ này đi một đại lượng nào đó dọc theo, hoặc cắt ngang, hoặc kết hợp cả hai theo hướng quỹ đạo. Tóm lại, bằng cách tích hợp 11 phương án gây nhiễu trường quy mô lớn, 3 dạng mực DLM, 3 phương án gây nhiễu tốc độ pha, 3 phương án gây nhiễu kích thước hoặc cường độ xoáy nhân tạo và 5 phương án gây nhiễu vectơ chuyển động, một tập hợp 1485 trường ban đầu gây nhiễu được tạo ra.

Gần đây, Vigh (2004) [8] đã tăng số lượng dự báo thành phần lên 1980

bằng cách thêm một phương án cho mực dòng dẫn dạng DLM. Các kết quả nghiên cứu dự báo Kilo-EF cho 293 trường hợp bão vùng Đại Tây Dương từ năm 2001-2003 và 159 trường hợp bão vùng Đông Bắc Thái Bình Dương từ năm 2002-2003 đã cho thấy những kết quả khả quan.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng mô hình chính áp WBAR để tiến hành thử nghiệm dự báo Kilo-EF. Cụ thể, Kilo-EF sẽ bao gồm 1152 dự báo thành phần được tạo ra bằng cách tích hợp 32 phương án mực dòng dẫn [2], 4 tùy chọn profile gió tiếp tuyến đối xứng giả và 9 tùy chọn sơ đồ cài xoáy nhân tạo [1]. Dự báo quỹ đạo Kilo-EF sẽ là trung bình cộng của 1152 dự báo thành phần. Để tạo ra các bản đồ xác suất, đầu tiên tác giả chọn một lưới điều hòa bao phủ miền quan tâm (mỗi chiều khoảng 40 độ kinh vĩ) với tâm bão gần trùng tâm lưới và độ phân giải 2 độ kinh vĩ.

Giá trị xác suất tại một nút lưới được coi là giá trị đại diện cho hộp lưới vuông kích thước 2×2 độ với tâm chính là nút lưới đó. Tại một hạn dự báo, xác suất dự báo tại một điểm nút lưới sẽ bằng tỷ số giữa số lần dự báo có tâm nằm trong hộp lưới mà nút lưới đó đại diện với tổng số dự báo thành phần (tính bằng phần trăm).

Như vậy, đối với những cơn bão mà các dự báo thành phần khá gần nhau (khoảng cách bình phương trung bình giữa các dự báo thành phần nhỏ) thì giá trị xác suất sẽ cao, ngược lại, khi các dự báo thành phần phân kỳ mạnh, thì giá trị xác suất sẽ nhỏ, tức là độ tin cậy không cao.

Ngoài ra, theo thời gian mức độ tập trung của các dự báo thành phần sẽ giảm do hiệu ứng con bướm. Do đó mức độ tin cậy cũng sẽ giảm theo hạn dự báo.

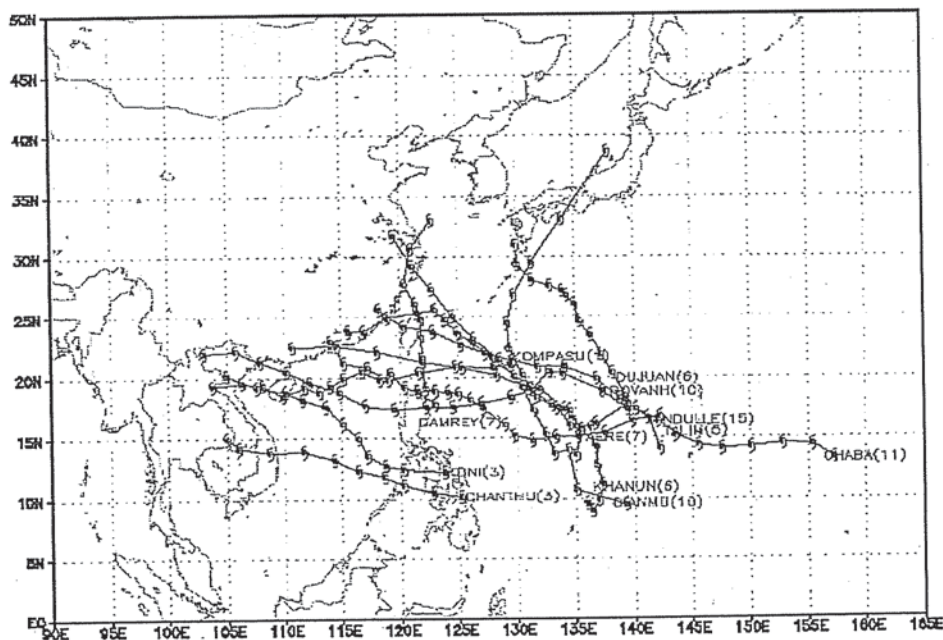
3. Một số kết quả nghiên cứu dự báo quỹ đạo XTND dựa trên dự báo Kilo-EF

Tập số liệu bao gồm các trường gió U, V và độ cao địa thế vị H phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu GSM, các thông tin chỉ thị bão (tọa độ tâm bão, vận tốc gió cực đại, bán kính gió mạnh, bán kính ảnh hưởng) của 12 cơn bão ở Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD) từ năm 2003-2005 được sử dụng trong nghiên cứu này hoàn toàn tương tự như trong nghiên cứu trước [4].

Tuy nhiên, do hạn chế về mặt tính

toán và với mục đích đánh giá hiệu quả dự báo Kilo-EF so với phiên bản dự báo nghiệp vụ và phương án dự báo tổ hợp tốt nhất (phương án SteerFlow-dựa trên 32 nhiễu động trường dòng dẫn, [2]), nên chỉ có 84 trường hợp của 12 cơn bão nói trên được lựa chọn.

Đây là những trường hợp mà cả phiên bản dự báo nghiệp vụ và phương án SteerFlow cho sai số dự báo khoảng cách lớn. Hình 1 đưa ra dạng quỹ đạo quan trắc của 12 cơn bão được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm cơn bão Koni (0308), Krovanh (0312), Dujan (0313), Chanthu (0405), Dianmu (0406), Mindulle (0407), Kompas (0409), Chaba (0416), Aere (0417), Talim (0513), Khanun (0515) và Damrey (0518).



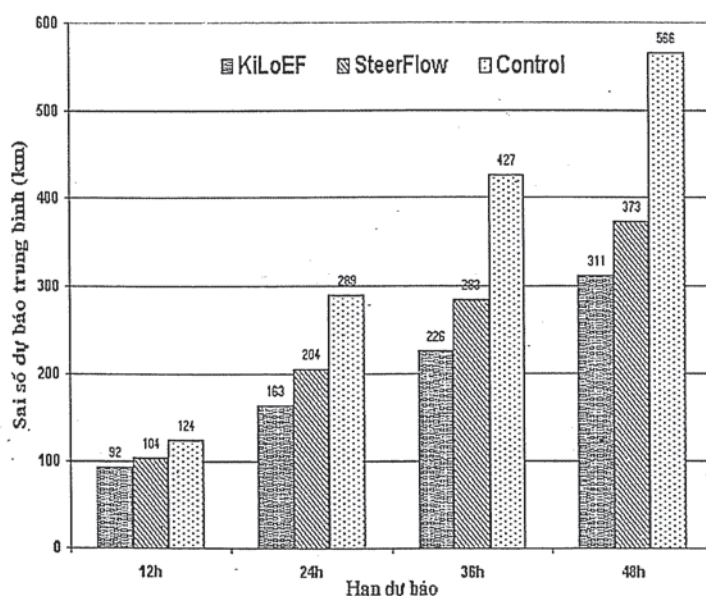
Hình 1. Quỹ đạo quan trắc của 12 cơn bão TB TBD được sử dụng trong nghiên cứu. Con số bên cạnh tên mỗi cơn bão chỉ số trường hợp được nghiên cứu.

Để nghiên cứu các đặc trưng thống kê của dự báo tổ hợp, các đại lượng thống kê bao gồm sai số dự báo trung bình E , sai số bình phương trung bình e^2 (mean-square error) và biến thiên sai số bình phương trung bình của dự báo tổ hợp Δ^2 (error variance), khoảng cách bình phương trung bình δ^2 (mean-square distance) giữa các dự báo thành phần được sử dụng.

Để đánh giá kỹ năng dự báo của phương pháp Kilo-EF trong dự báo quỹ đạo XTND so với kỹ năng của phiên bản dự báo nghiệp vụ và các phương pháp dự báo tổ hợp khác đối với mô hình chính áp WBAR, ở đây tôi sử dụng chỉ số kỹ năng dự báo tương đối RSS (Relative Skill Score) với giả thiết mô hình là hoàn hảo (tức là sai số chỉ do điều kiện ban đầu gây ra). Giá trị dương của RSS cho biết dự báo Kilo-EF cải thiện được chất lượng dự báo, ngược lại chất lượng dự báo bị giảm đi. Phương pháp tính toán các đại lượng thống kê nói trên đã được trình bày kỹ trong [4], do đó trong bài báo này tác giả sẽ không đề cập đến.

Kết quả đánh giá sai số dự báo quỹ đạo trung bình của phương án Kilo-EF (ký hiệu là KiLoEF), nhiều động trường dòng dẫn (SteerFlow) và phiên bản nghiệp vụ (Control) cho 84 trường hợp nghiên cứu được chỉ ra trong hình 2. Có thể thấy, sai số dự báo trung bình của phương án Kilo-EF trong tất cả các hạn dự báo đều nhỏ hơn so với hai phương án còn lại. So với phiên bản nghiệp vụ, dự báo quỹ đạo với Kilo-EF cho thấy sự cải thiện đáng kể trong chất lượng dự báo, đặc biệt là các hạn dự báo 36h và 48h (giảm 32, 126, 201 và 255km tương ứng cho hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h).

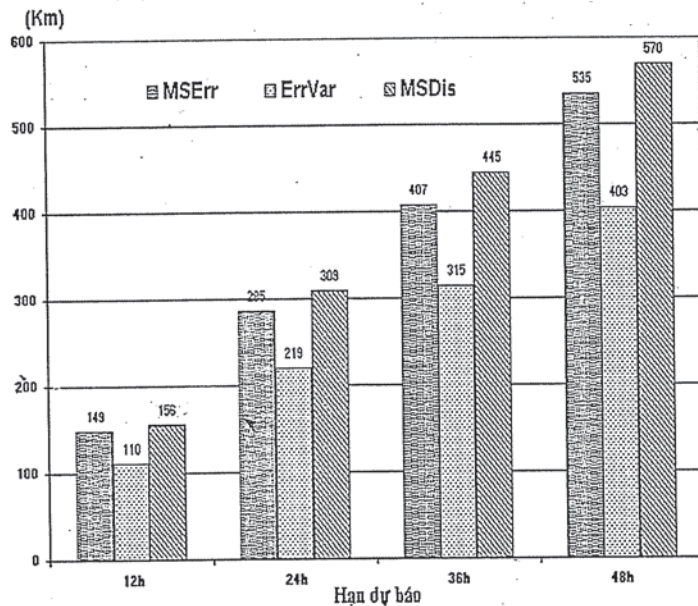
Nếu lấy dự báo Control làm tiêu chí để đánh giá, thì sự cải thiện chất lượng dự báo của phương án Kilo-EF là lớn hơn rất nhiều so với sự cải thiện của SteerFlow. Tuy nhiên, nếu đem so sánh sai số dự báo trung bình của Kilo-EF với SteerFlow, thì mức độ cải thiện là không nhiều (giảm 12, 41, 57 và 62km tương ứng cho hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h).



Hình 2. Sai số dự báo trung bình của 3 phương án thử nghiệm (KiloEnsem, SteerFlow và Control) cho 84 trường hợp của 12 cơn bão TB TBD từ năm 2003-2005

Hình 3 đưa ra các đặc trưng thống kê như sai số bình phương trung bình (ký hiệu là MS_{Err}), biến thiên sai số trung bình ($ErrVar$) và khoảng cách bình phương trung bình ($MSDis$) giữa các dự

báo thành phần của phương án Kilo-EF. Từ sự biến đổi mạnh theo thời gian dự báo của đại lượng $MSDis$, nhận thấy có sự phân kỳ lớn của các dự báo thành phần trong dự báo Kilo-EF.

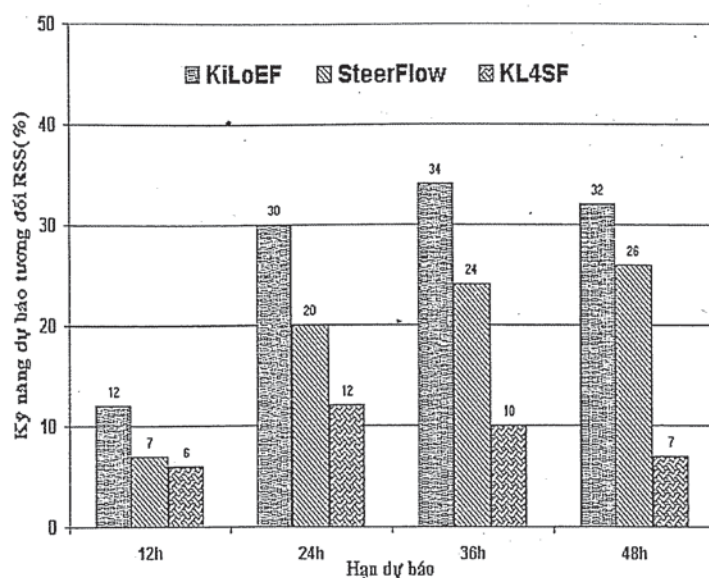


Hình 3. Các đặc trưng thống kê của dự báo Kilo-EF

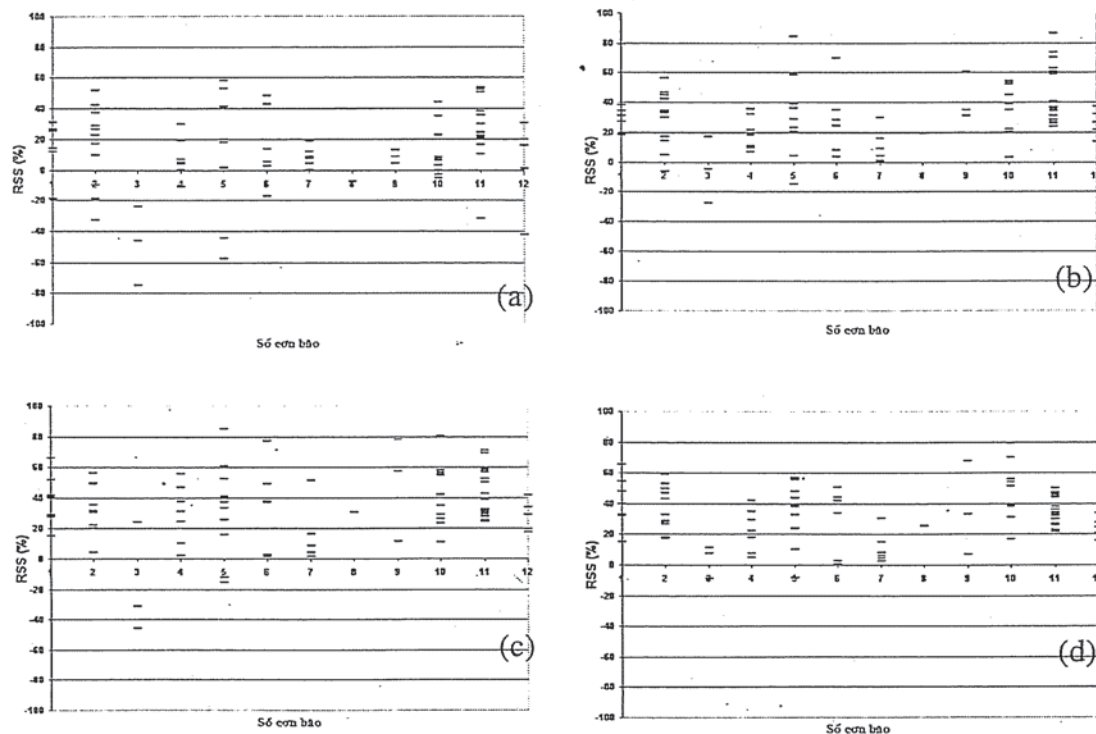
Sự cải thiện trong chất lượng dự báo quỹ đạo XTND của dự báo Kilo-EF so với dự báo Control và SteerFlow còn có thể được thấy thông qua giá trị của chỉ số RSS như được thấy trong hình 4. Trong hình 4, hai cột đầu tiên tại tất cả các hạn dự báo chỉ ra giá trị RSS trung bình (bao gồm cả chỉ số RSS dương và âm) của dự báo Kilo-EF và SteerFlow so với dự báo Control.

Tại tất cả các hạn dự báo, giá trị RSS của Kilo-EF đều dương và lớn hơn so với RSS của SteerFlow. Cụ thể, giá trị RSS trung bình của phương án Kilo-EF tại các hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h là 12, 30, 34 và 32% so với 7, 20, 24,

26% của dự báo SteerFlow. Mặt khác, khi so sánh kỹ năng dự báo của Kilo-EF so với SteerFlow, chỉ số RSS đều dương tại tất cả các hạn dự báo (cột 3, ký hiệu KL4SF). Như vậy, xét trung bình, dự báo Kilo-EF không những cải thiện đáng kể chất lượng dự báo so với phiên bản nghiệp vụ hiện tại mà còn tiếp tục cải thiện so với phiên bản dự báo tổ hợp tốt nhất (phương án Steer Flow). Giá trị RSS của dự báo Kilo-EF cho 84 trường hợp nghiên cứu của 12 cơn bão TB TBD được đưa ra trong hình 5.



Hình 4. Chỉ số RSS (%) của phương án KiLo_EF và SteerFlow so với Control và của KiLo_EF so với SteerFlow (KL4SF).



Hình 5. Chỉ số RSS của dự báo Kilo-EF tại các hạn dự báo 12h (hình a), 24h (b), 36h (c) và 48h (d) tương ứng cho 84 trường hợp nghiên cứu của 12 cơn bão Aere (số 1), Chaba (2), Chanthu (3), Damrey (4), Dianmu (5), Dujan (6), Khanun (7), Kompas (8), Koni (9), Krovanh (10), Mindulle (11) và Talim (12). Mỗi ký hiệu - ám chỉ một trường hợp nghiên cứu.

Từ hình 5 có thể thấy, ngoại trừ một vài trường hợp có giá trị RSS âm khá lớn tại hạn dự báo 12h đối với các cơn

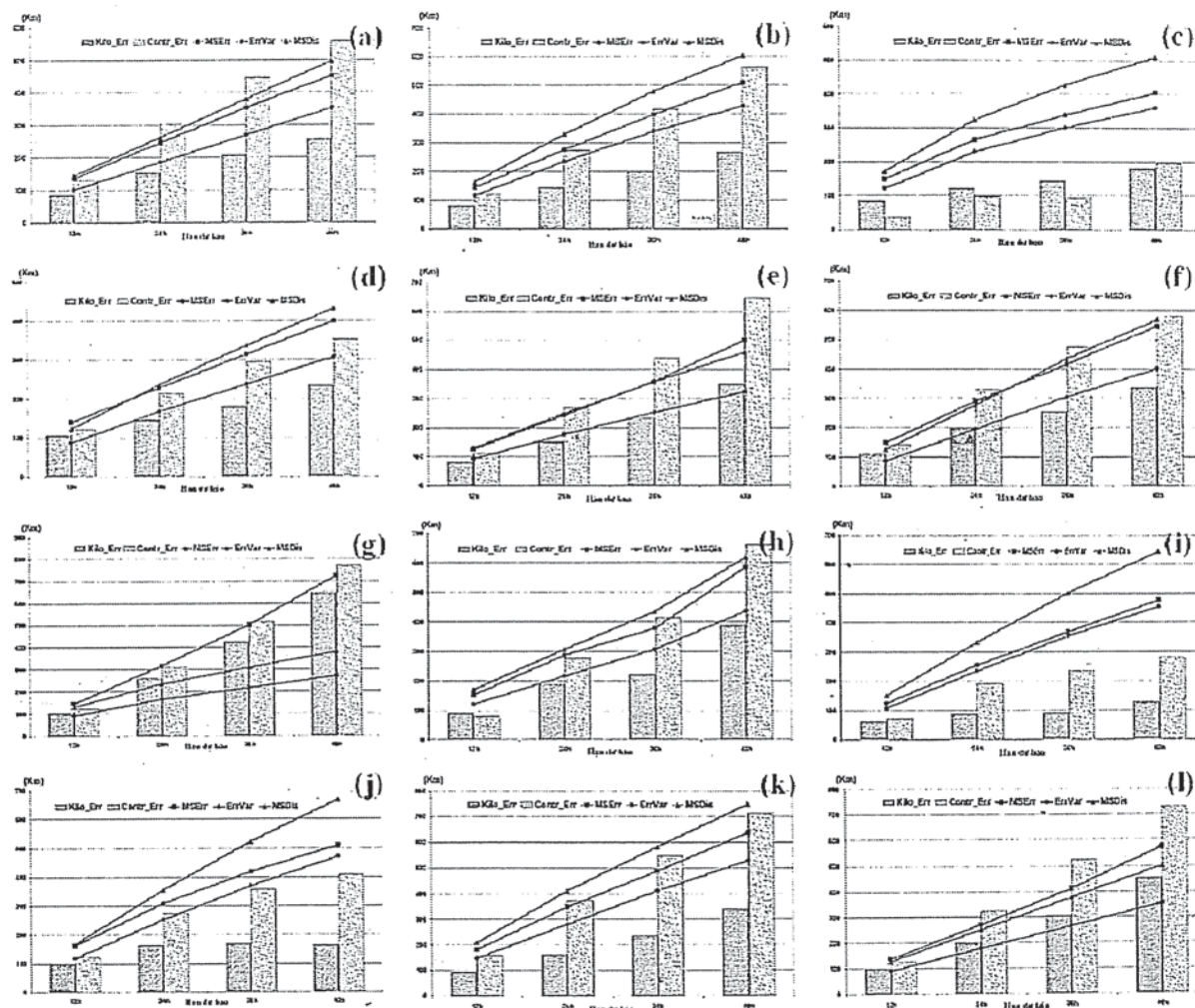
bão Chanthu và Damrey, còn lại hầu hết các trường hợp cho chỉ số RSS dương. Các kết quả thống kê cho thấy,

tại các hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h có tới 87, 95, 95 và 97% số trường hợp cho chỉ số RSS dương.

Nếu lấy ngưỡng 30% làm giá trị thống kê cho chỉ số RSS, thì có đến 24, 48, 58 và 61% số trường hợp có giá trị $RSS \geq 30\%$ tương ứng tại các hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h. Đặc biệt, có vài trường hợp chỉ số RSS đạt tới các ngưỡng 60-80%. Trong nghiên cứu này, các giá trị RSS lớn thường thấy trong các hạn dự báo 36 và 48h. Các cơn bão mà dự báo Kilo - EF đã cải thiện đáng

kể chất lượng dự báo quỹ đạo XTND phải kể đến là Krovanh, Koni, Krovanh và Chaba. Hình 6 đưa ra 4 đặt trưng thống kê bao gồm sai số dự báo trung bình (Kilo_Err), MSErr, ErrVar và MSDis của phương án dự báo Kilo-EF và sai số dự báo trung bình của phiên bản nghiệp vụ (Contr_Err) cho 12 cơn bão được nghiên cứu.

Đại lượng thống kê sai số dự báo trung bình được vẽ dưới dạng biểu đồ cột trong khi ba đại lượng còn lại được vẽ dưới dạng đường.

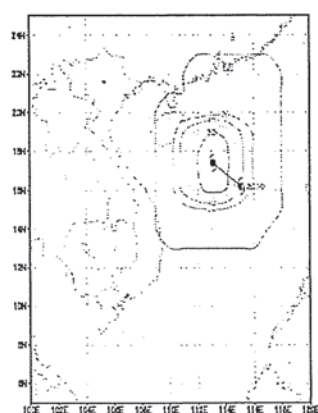


Hình 6. Các đặt trưng thống kê Kilo_Err, MSErr, ErrVar và MSDis của dự báo Kilo-EF và Contr_Err của dự báo Control cho 12 cơn bão nghiên cứu: Aere (hình a), Chaba (b), Chanthu (c), Damrey (d), Dianmu (e), Dujan (f), Khanun (g), Kompas (h), Koni (i), Krovanh (j), Mindulle (k) và Talim (l)).

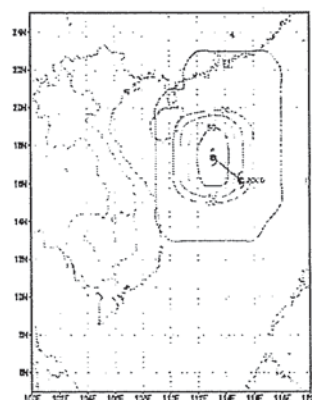
Trong 12 cơn bão được nghiên cứu, ngoại trừ cơn bão Chanthu, tất cả các trường hợp còn lại dự báo Kilo-EF đều cho sai số dự báo trung bình nhỏ hơn so với dự báo Control tại tất cả các hạn dự báo. Sự cải thiện đáng kể chất lượng dự báo có thể thấy trong trường hợp cơn bão Aere (sai số dự báo trung bình tương ứng giảm 152 và 299km tại hạn dự báo 24h và 48h), Chaba (132 và 296km), Dianmu (118 và 293km), Dujan (134 và 240km), Kompas (90 và 273km), Krovanh (111 và 245km), Mindulle (212 và 370km). Đặc biệt, trong trường hợp cơn bão Koni, dự báo

Control cho sai số dự báo trung bình khá nhỏ (72, 190, 237 và 279km tương ứng tại hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h), nhưng dự báo Kilo-EF vẫn còn cho thấy sự cải thiện (61, 86, 89 và 130km tương ứng tại hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h).

Quỹ đạo quan trắc và dự báo của phương án Kilo-EF trong 2 trường hợp nghiên cứu (12Z 19/07/2003 và 00Z 20/07/2003) của cơn bão Koni được minh họa trong hình 7. Hình 8 và hình 9 minh họa các bản đồ dự báo xác suất tại các hạn dự báo 12, 24, 36 và 48h tương ứng cho hai thời điểm nói trên.

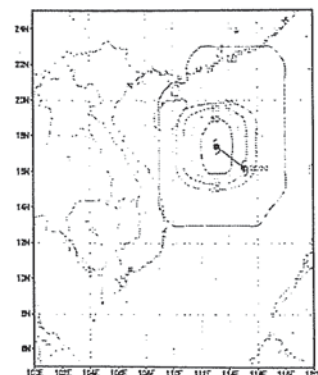


(a)

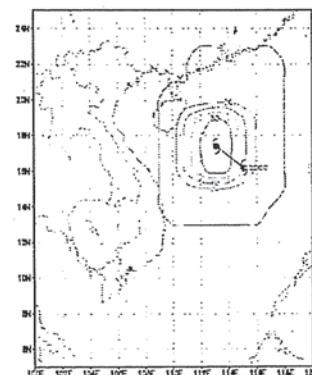


(b)

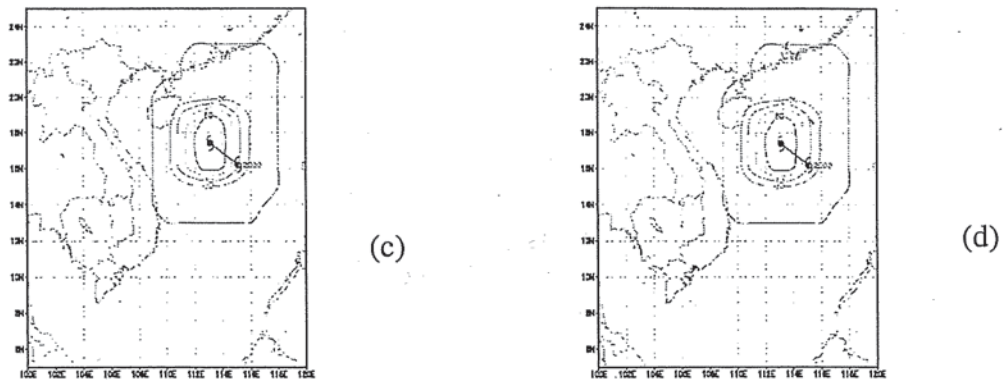
Hình 7. Quỹ đạo quan trắc (đường liền nét) và dự báo Kilo-EF của cơn bão Koni (0308) tại thời điểm 12Z 19/07/2003 (hình a) và 00Z 20/07/2003 (hình b)



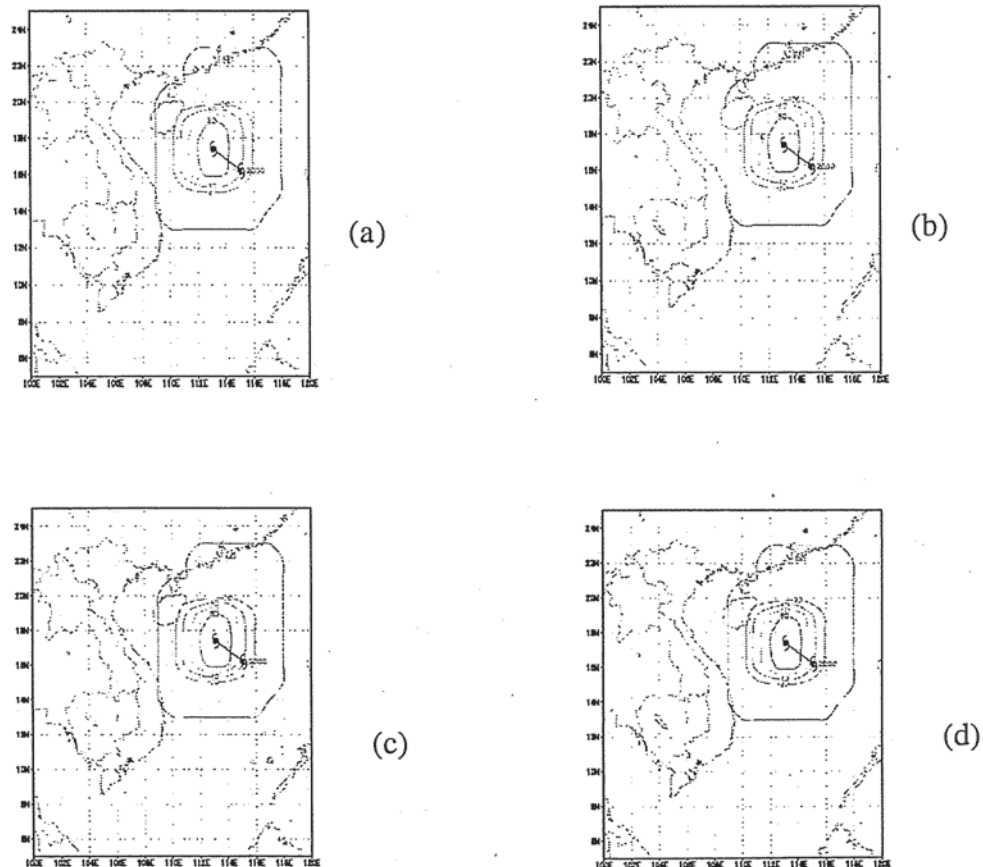
(a)



(b)



Hình 8. Bản đồ xác suất và quỹ đạo dự báo Kilo-EF cho các hạn dự báo 12h (a), 24h (b), 36h (c) và 48h (d) của cơn bão Koni (0307) tại 12Z 19/07/2003



Hình 9. Bản đồ xác suất và quỹ đạo dự báo Kilo-EF cho các hạn dự báo 12h (a), 24h (b), 36h (c) và 48h (d) của cơn bão Koni (0307) tại 00Z 20/07/2003

4. Kết luận

Bài báo này đã trình bày một khía cạnh mới trong việc ứng dụng phương pháp gây nhiễu động trường ban đầu cho dự báo tổ hợp quỹ đạo của XTNĐ và tạo ra các bản đồ dự báo xác suất dựa trên dự báo tổ hợp hàng nghìn thành phần (Kilo-EF).

Các kết quả nghiên cứu thử nghiệm dự báo Kilo-EF cho 84 trường hợp của 12 cơn bão Tây Bắc Thái Bình Dương từ năm 2003-2005 đã cho thấy sự cải thiện đáng kể trong chất lượng dự báo quỹ đạo XTNĐ của mô hình chính áp WBAR. Sự giảm sai số dự báo là khá lớn trong hầu hết các hạn dự báo và trường hợp nghiên cứu. Dự báo Kilo-EF còn cho sai số dự báo nhỏ hơn nhiều so với phương án dự báo tổ hợp tốt nhất

(phương án SteerFlow như đã được trình bày trong [4]). Dựa trên chỉ số thống kê RSS, kỹ năng dự báo của WBAR được cải thiện 30 và 32% tại các hạn dự báo 24 và 48h khi áp dụng phương pháp dự báo Kilo-EF. Ngoài ra, các kết quả thống kê cũng cho thấy có mối tương quan giữa sai số dự báo với khoảng cách bình phương trung bình giữa các dự báo thành phần của dự báo Kilo-EF.

Kết quả nghiên cứu mối tương quan này sẽ được trình bày trong bài báo tiếp theo. Xuất phát từ những thành công nói trên, nhóm nghiên cứu mạnh dạn đề xuất đưa phương án dự báo Kilo-EF vào trong dự báo nghiệp vụ bão và tiếp tục nghiên cứu hướng dự báo xác suất một cách logic và thống kê hơn.

Tài liệu tham khảo

1. Võ Văn Hòa. "Lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR". *Tạp chí KTTV số 535*, tr 28-35, 7/2005.
2. Võ Văn Hòa. "Lựa chọn mực dòng dẫn tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR". *Tạp chí KTTV số 536*, tr 6-19, 8/2005.
3. Võ Văn Hòa, Đỗ Lệ Thủy, Nguyễn Chi Mai. "Các phương pháp tạo nhiễu động trong dự báo tổ hợp quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới. Phần I: Giới thiệu phương pháp và hướng áp dụng cho điều kiện ở Việt Nam". *Tạp chí KTTV số 541*, tr 23-32, 1/2006.
4. Võ Văn Hòa, Đỗ Lệ Thủy, Nguyễn Chi Mai. "Các phương pháp tạo nhiễu động trong dự báo tổ hợp quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới. Phần II: Một số kết quả nghiên cứu". *Tạp chí KTTV số 543*, tr 21-31, 3/2006.
5. Fulton S. R., 2001. "An Adaptive multigrid barotropic tropical cyclone track model". *Mon. Wea. Rev.*, 129, 138-151.
6. Toth Z. and Eugenia Kalnay. "Ensemble Forecasting at NCEP and the Breeding Method". *Mon. Wea. Rev.* 125, 3297-3319, 1997.
7. Vigh, J. "Track forecasting of 2001 Atlantic tropical cyclones using a Kilo members ensemble". 2002, Preprints, 25th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology, San Diego, CA, Amer. Meteor. Soc., 212-213.
8. Vigh, J. "Evaluation of a Kilo-member ensemble for track forecasting". 2004, Preprints, 26th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology, San Diego, CA, Amer. Meteor. Soc., 5C7.