

## DỰ BÁO NGHIỆP VỤ QUỶ ĐẠO BÃO KAI-TAK (SỐ 8VN, 0521) BẰNG MỘT MÔ HÌNH SỐ TRỊ CHÍNH ÁP VỚI SƠ ĐỒ BAN ĐẦU HOÁ XOÁY CẢI TIẾN

TS. Nguyễn Thị Minh Phương  
Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương

Cuối tháng 10 năm 2005 bão KAI-TAK (08VN, 0521) hình thành và phát triển trên vùng Biển Đông. Đây là một cơn bão mạnh, có đường đi khá phức tạp, nhiều lần chuyển hướng, di chuyển dọc theo ven biển 8 tỉnh miền Trung nước ta với chiều dài hơn 1000km, gây thiệt hại nghiêm trọng rồi suy yếu thành vùng thấp ở ngoài khơi Nam Định.

Bài báo này trình bày các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK bằng mô hình số trị chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy cải tiến (ký hiệu là mô hình BARO\_PH) trong điều kiện nghiệp vụ, có so sánh kết quả dự báo với các dự báo của các Trung tâm Dự báo khác trong khu vực.

### 1. Mở đầu

Năm 2005 có 6 cơn bão và 1 áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta. Đây không chỉ là một năm có nhiều bão hơn trung bình nhiều năm mà còn là một năm có nhiều bão mạnh, có đường đi phức tạp như bão số 7 (tên quốc tế là DAMREY) - là cơn bão mạnh nhất trong vòng 10 năm trở lại đây đổ bộ vào vùng nam đồng bằng Bắc Bộ - Thanh Hóa, bão số 8 (tên quốc tế là KAI-TAK) mạnh cấp 11, 12 di chuyển dọc theo ven biển 8 tỉnh miền Trung gây thiệt hại nghiêm trọng trước khi suy yếu thành vùng áp thấp ở ngoài khơi Nam Định.

Bão là loại hình thời tiết đặc biệt nguy hiểm, có diễn biến rất phức tạp về đường đi cũng như về cường độ, với sức gió mạnh và mưa lớn, có thể kèm theo nước biển dâng cao luôn gây rất nhiều thiệt hại về người và tài sản vật chất. Vì vậy, dự báo chính xác đường đi và điểm đổ bộ của bão luôn là nhiệm vụ rất quan trọng song cũng rất khó khăn trong công tác

dự báo khí tượng thuỷ văn nhằm giúp cho công tác phòng chống được kịp thời và hiệu quả, góp phần hạn chế các thiệt hại về người và của cải.

Trong bài báo này tác giả trình bày các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK (0521, số 8 VN) có đường đi khá phức tạp như đã nêu ở trên bằng mô hình số trị chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy cải tiến (ký hiệu là mô hình BARO\_PH) trong điều kiện nghiệp vụ, sử dụng số liệu phân tích khách quan của Cơ quan Khí tượng Nhật bản, thu được tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thuỷ văn Trung ương.

### 2. Mô tả mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão với sơ đồ ban đầu hoá xoáy cải tiến

Các phương trình nguyên thuỷ của mô hình dự báo thuỷ động chính áp trong hệ toạ độ kinh vĩ độ có dạng như sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \eta v - \frac{1}{a \cos(\phi)} \frac{\partial E}{\partial \lambda} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \eta v - \frac{1}{a \cos(\phi)} \frac{\partial E}{\partial \lambda} \quad (2)$$

Người phản biện: ThS. Đỗ Lệ Thuỷ

$$\frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{1}{a \cos(\phi)} \left[ \frac{\partial}{\partial \lambda} (hu) + \cos(\phi) \frac{\partial}{\partial \phi} (hv) - hv \sin(\phi) \right] \quad (3)$$

Trong đó

$$\eta = \frac{1}{a \cos(\phi)} \left[ \frac{\partial v}{\partial \lambda} - \cos(\phi) \frac{\partial u}{\partial \phi} + u \sin(\phi) \right] + 2\Omega \sin(\phi) \quad (4)$$

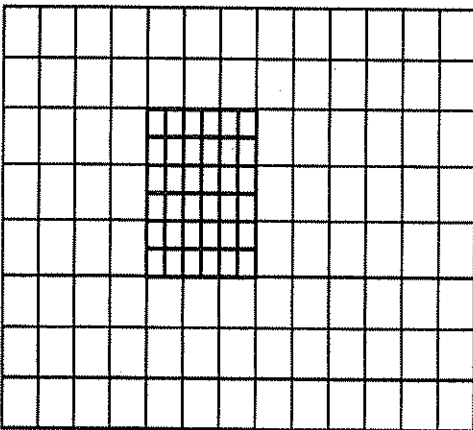
$$E = gh + \frac{1}{2} (u^2 + v^2) \quad (5)$$

Và  $h$  là độ cao địa thế vị (m),  $u, v$  là các thành phần vĩ hướng và kinh hướng của trường gió (m/s),  $\eta$  là xoáy tuyệt đối (1/s),  $E$  là năng lượng toàn phần,  $g$  là gia tốc trọng trường (m/s<sup>2</sup>),  $a$  là bán kính của trái đất (m),  $\phi$ , và  $\lambda$  là vĩ độ và kinh độ địa lý,  $\Omega$  là vận tốc góc của trái đất.

Các phương trình vi phân (1), (2), (3) của mô hình dự báo được xấp xỉ theo sơ đồ sai phân không gian trung tâm có độ chính xác bậc bốn. Sơ đồ tích phân theo thời gian Adams - Bathforth có độ chính xác bậc bốn được áp dụng để tích phân hệ phương trình dự báo. Bước tích phân theo thời gian  $\Delta t$ (s) được tính theo công thức CFL (Courant-Friedrichs-

Levy).

Mô hình dự báo được sử dụng trong bài báo này là mô hình dự báo lưới lồng gồm hai lưới có độ phân giải ngang khác nhau. Lưới có độ phân giải ngang thô nhất  $\Delta s$  (độ vĩ) 1,25 x 1,25 độ là lưới cố định hình chữ nhật gồm 97 x 65 điểm phủ một vùng từ 60°E đến 180°E, 20°S đến 60°N. Lưới vuông nhỏ hơn với kích thước 20 x 20 điểm chuyển động theo bão với tâm bão là tâm của lưới, có độ phân giải ngang  $\Delta s$  là 0,25x0,25 độ. Việc sử dụng lưới lồng như vậy tạo ra độ phân giải cao cần thiết đồng thời vẫn giữ được tính tiết kiệm thời gian tính toán là điều rất quan trọng trong dự báo nghiệp vụ. Hình 1 là ví dụ của lưới lồng này.



Hình 1. Sơ đồ lưới lồng gồm hai lưới

Các trường số liệu ban đầu gồm độ cao địa thế vị  $H$  (m), các thành phần gió vĩ hướng  $U$ (m/s), và gió kinh hướng  $V$ (m/s) cho các mực đẳng áp 850, 700, 500 và 300hPa trên miền dự báo được lấy từ số liệu phân tích khách quan toàn cầu của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản có độ phân giải 1,25x1,25 độ. Từ các số liệu này

số liệu cho mực trung bình (Deep Layer Mean (DLM)) được tính bằng cách lấy trung bình có trọng lượng theo bề dày của khí quyển. Sau đó số liệu các trường khí tượng  $H, U, V$  cho mực trung bình nêu trên được đưa vào sơ đồ ban đầu hoá xoáy.

Bản chất của ban đầu hoá xoáy là sử dụng các lý thuyết về chuyển động và cấu trúc của bão để xây dựng một xoáy nhân tạo (bogus vortex) đưa vào tập số liệu ban đầu thay cho xoáy thực rất nghèo số liệu. Các sơ đồ ban đầu hoá xoáy này đã đóng vai trò rất lớn trong việc khắc phục tình trạng thiếu số liệu ở vùng xung quanh tâm bão dẫn đến việc nâng cao độ chính xác của các dự báo quỹ đạo bão một cách rất đáng kể.

Sơ đồ ban đầu hoá xoáy áp dụng trong bài báo này được xây dựng dựa trên lý thuyết phân tích của Smith và Ulrich [6,7], Smith [4], Smith và Weber [5], Weber và Smith [8], Davidson và Weber [3]. Nội dung của sơ đồ này là: một trường khí tượng  $F$  bất kỳ có thể phân tích được thành các thành phần trường môi trường  $F^E$  và thành phần trường xoáy  $F^V$ , đến lượt mình, thành phần trường môi trường  $F^E$  lại được phân tích thành các thành phần trường môi trường qui mô lớn  $F^{EL}$  và thành phần trường qui mô nhỏ  $F^{ES}$ , còn thành phần trường xoáy  $F^V$  được phân tích thành các thành phần xoáy đối xứng  $F^{VS}$  và xoáy bất đối xứng  $F^{VA}$ . Vec tor chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới  $\overline{V^{TC}}$  trong mô hình chính áp được xấp xỉ bằng tổng của hai thành phần: (1) vec tor vận tốc của trường qui mô lớn xung quanh bão  $\overline{V^{TC}}$  và (2) vec tor vận tốc của thành phần bất đối xứng của bão  $\overline{V^{VA}}$ :

$$\overline{V^{TC}} = \overline{V^{EL}} + \overline{V^{VA}} \quad (6)$$

Cơ sở lý thuyết của mô hình phân tích và ban đầu hoá xoáy này được trình bày chi tiết trong các công trình của Smith và Ulrich [6],[7], Smith [4], Smith và Weber [5], Weber và Smith [8], Davidson và Weber [3]. Các bước phân tích và ban đầu hoá xoáy của mô hình này cũng đã được giới thiệu trong [1],[2].

Trong khi áp dụng sơ đồ ban đầu hoá này đối với các cơn bão hoạt động trên Biển Đông, tác giả đã nghiên cứu các đặc trưng hoàn lưu khí quyển qui mô lớn trong khu vực cũng như cấu trúc bão Biển Đông, thông qua các thử

nghiệm tính toán đã tiến hành một số cải tiến khiến cho sơ đồ này thể hiện tốt hơn sự tương tác giữa thành phần hoàn lưu khí quyển qui mô lớn và cơn bão cũng như hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng nhằm khắc phục thiên hướng lệch Bắc trong các dự báo quỹ đạo bão.

### Một số các cải tiến cụ thể:

1) Lựa chọn "bán kính hiệu chỉnh lớn nhất" RNMAX bằng bốn lần bán kính của vùng gió 30kts (tức 15m/s) (hoặc bán kính của đường đẳng áp đóng kín ngoài cùng) của cơn bão tại thời điểm xuất phát dự báo thay cho đặt tham số này cố định bằng 2000km tại bước 4 trong quá trình phân tích và ban đầu hoá xoáy nêu trên. Cải tiến này có một ý nghĩa lớn) đã biểu diễn đúng đắn thành phần dòng môi trường và thành phần bất đối xứng của bão Biển Đông, thể hiện đúng sự tương tác giữa hai thành phần này dẫn đến việc chất lượng dự báo quỹ đạo bão được nâng cao rõ rệt, kể cả đối với các điểm bão chuyển hướng [1].

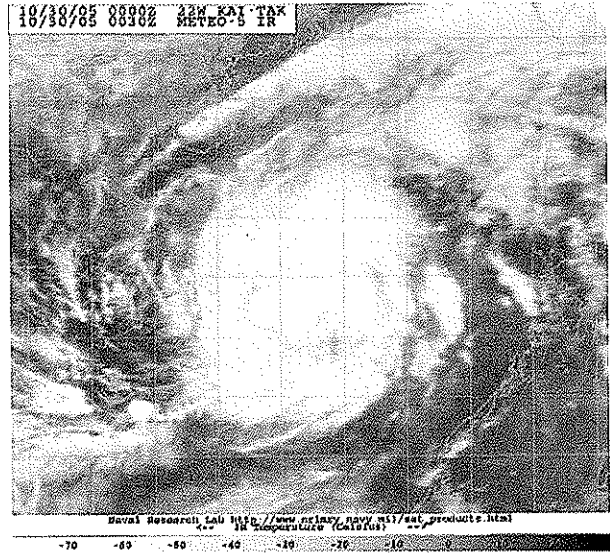
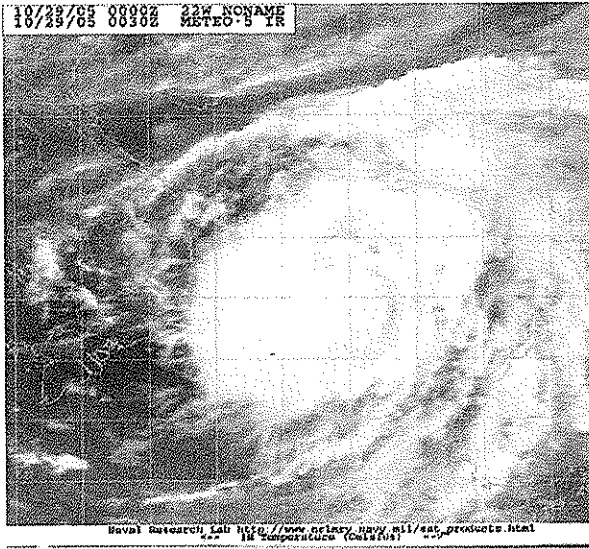
2) Hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng nhằm khắc phục thiên hướng lệch Bắc trong các dự báo quỹ đạo bão. Cải tiến thứ hai này đã mang lại hiệu quả tốt: làm giảm một cách rõ rệt khuynh hướng lệch Bắc trong các dự báo quỹ đạo bão Biển Đông dẫn đến tăng độ chính xác của các dự báo này [2].

### 3. Các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK (08VN, 0521)

Bão KAI-TAK (08VN, 0521) mạnh lên từ một áp thấp nhiệt đới trên vùng biển phía bắc quần đảo Trường Sa, đạt cường độ bão (tropical storm) vào lúc 00 UTC ngày 29/10/2005 với sức gió mạnh nhất gần tâm đạt 35kts (17m/s, cấp 8), có vị trí tâm tại 12,5° N, 113,9° E. Hình 2 là ảnh mây vệ tinh IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 8 tại 00 UTC ngày 29/10/2005. KAI-TAK mạnh lên rất nhanh, đạt cường độ cấp 10 (sức gió mạnh nhất gần tâm đạt 50kts, 25m/s) vào lúc 06 UTC cùng ngày 29/10/2005

rồi đạt cấp 12 (65kts, 33m/s) vào lúc 00 UTC 30/10/2005. Hình 3 là ảnh mây vệ tinh hồng

ngoại IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 12 tại thời điểm 00 UTC ngày 30/10/2005.

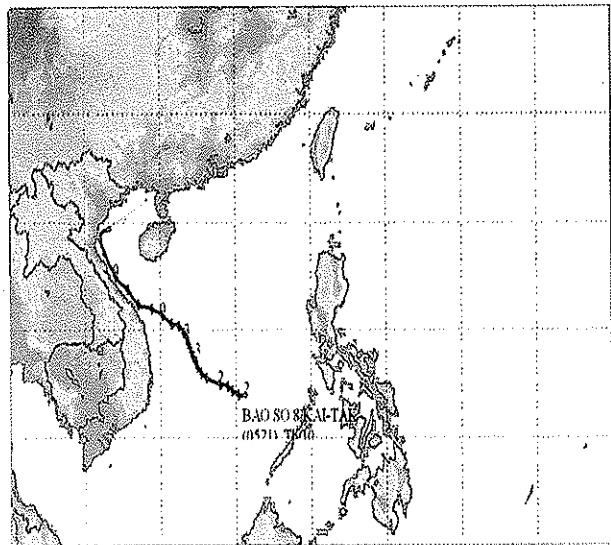


**Hình 2. Ảnh mây vệ tinh hồng ngoại IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 8 tại 00 UTC ngày 29/10/2005**

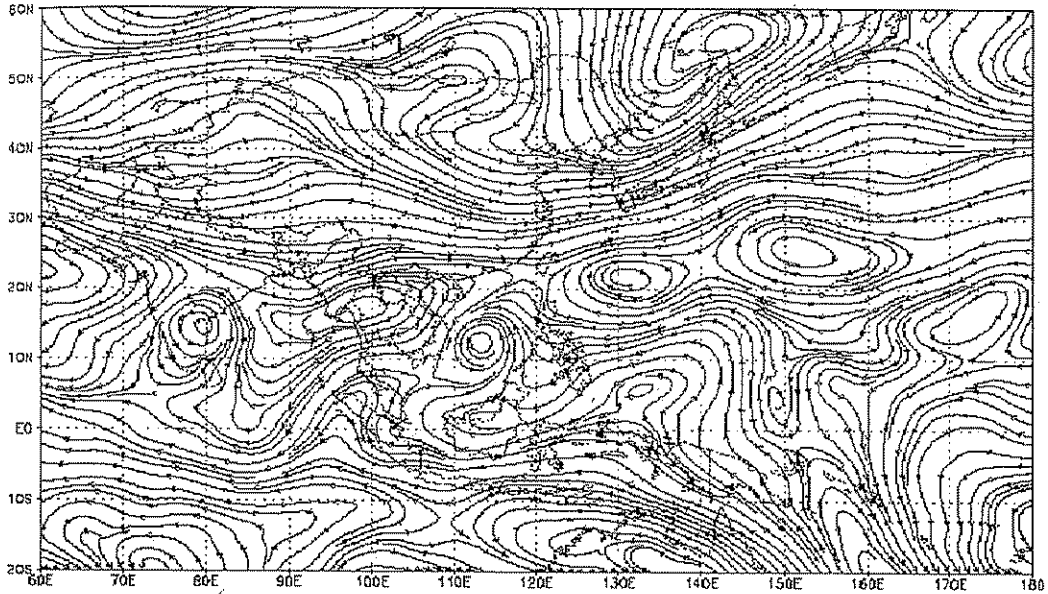
**Hình 3. Ảnh mây vệ tinh IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 12 tại thời điểm 00 UTC ngày 30/10/2005.**

Bão KAI-TAK có đường đi rất phức tạp, chuyển hướng nhiều lần. Hình 4 là quỹ đạo bão KAI-TAK theo số liệu của Phòng Dự báo Ngắn hạn, TTDBKTTVTU. Từ hình 4 ta thấy khi mới mạnh lên thành bão nó di chuyển theo hướng tây tây bắc, rồi chuyển động rất chậm theo hướng tây bắc - bắc tây bắc trong dòng hoàn lưu khí quyển yếu giữa hai trung tâm của áp cao cận nhiệt đới, sau lại di chuyển theo hướng tây tây bắc. Hình 5 là trường đường dòng tại 00 UTC ngày 29/10/2005. Đến sát bờ biển Đà Nẵng vào chiều tối 1/11/2005, cường độ bão giảm xuống còn cấp 11, cấp 10. Hình 6 là ảnh mây vệ tinh IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 11 tại thời điểm 11:30 UTC ngày 1/11/2005 khi tâm bão ở sát bờ biển Đà Nẵng. Song bão không đổ bộ vào đất liền mà chuyển hướng tây bắc đi dọc theo bờ biển các tỉnh từ Đà Nẵng đến Nghệ An trong hình thể synopt là cao áp cận nhiệt đới ở phía đông bắc cơn bão mạnh lên, ổn định. Cường độ bão tiếp tục giảm xuống cấp 8. Bão KAI-TAK tiếp tục di

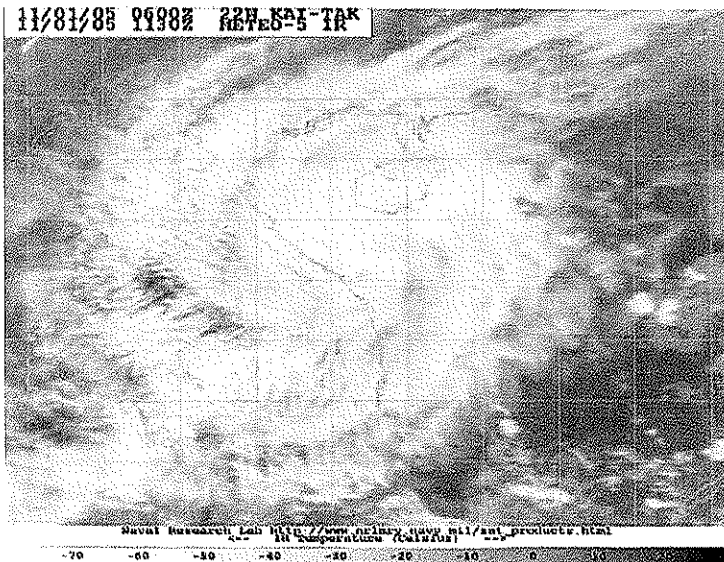
chuyển men theo bờ biển theo hướng tây bắc rồi suy yếu thành vùng thấp ngoài khơi Nam Định vào tối ngày 2/11/2005.



**Hình 4. Quỹ đạo bão KAI-TAK theo số liệu của Phòng Dự báo Ngắn hạn, Trung Tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương**



Hình 5. Trường đường dòng tại 00 UTC ngày 29/10/2005.

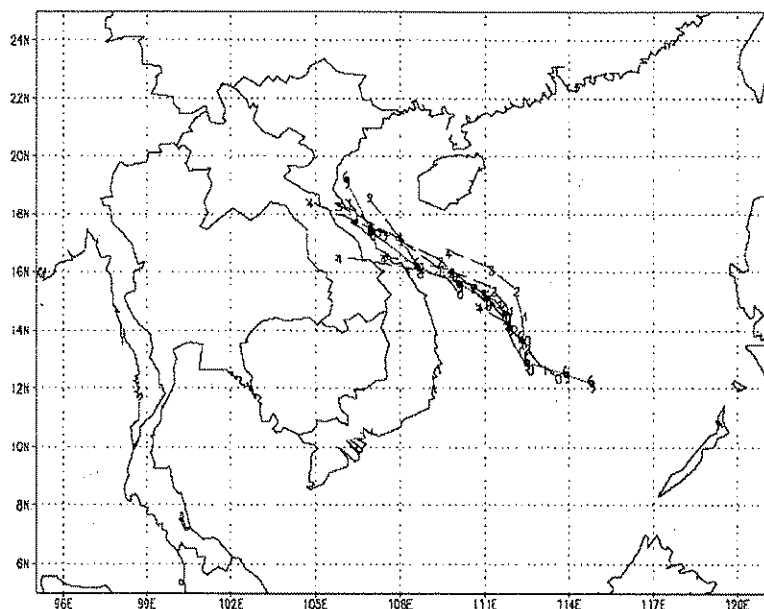


Hình 6. Ảnh mây vệ tinh IR của bão KAI-TAK có cường độ cấp 11 tại thời điểm 11:30 UTC ngày 01/11/2005 khi tâm bão ở sát bờ biển Đà Nẵng

Có 9 dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK cho các hạn dự báo +12, +24, +36 và +48 h theo mô hình BARO\_PH được thực hiện trong điều kiện nghiệp vụ tại các thời điểm 00 UTC và 12 UTC hàng ngày, bắt đầu từ 00 UTC ngày 29/10/2005 là thời điểm KAI-TAK đạt cường độ bão (tropical storm). Hình 7 là các dự báo của mô hình

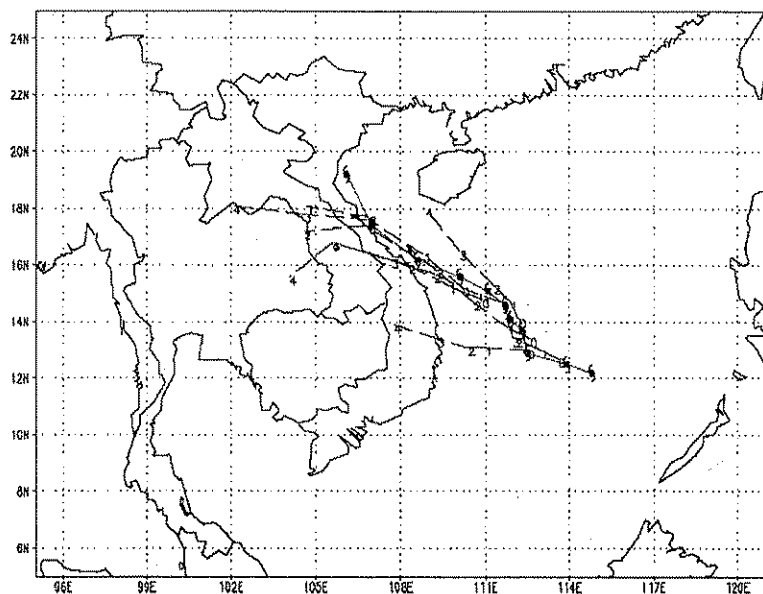
BARO\_PH và quỹ đạo thực của bão KAI-TAK theo số liệu của Phòng Dự báo Ngắn hạn, Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn. Hình 8 là các dự báo tương ứng cùng thời điểm của mô hình TCLAPS (Cơ quan Khí tượng Australia).

TRACK AND FORECASTS FOR TC KAITAK ISSUED BY BARO\_PH



Hình 7. Quỹ đạo thực của bão KAI-TAK và các dự báo của mô hình BARO\_PH. Đường có các ký hiệu tâm bão là quỹ đạo thực của bão, được vẽ cách nhau 12 giờ một theo số liệu của Phòng Dự báo Ngăn hạn, còn các đường có các ký hiệu số 1, 2, 3, 4 là các đường dự báo cho các hạn +12, +24, +36, +48h

TRACK AND FORECASTS FOR TC KAITAK ISSUED BY TCLAPS



Hình 8. Quỹ đạo thực của bão KAI-TAK và các dự báo của mô hình TCLAPS Các ký hiệu tương tự như đối với hình 7

Sai số trung bình của các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK theo mô hình BARO\_PH và của các dự báo chính thức từ các Trung tâm Dự báo Khu vực Tokyo (Nhật bản) (được ký hiệu theo tên bản tin là RJTD), Trung tâm Dự báo Bắc kinh (Trung quốc) (BABJ), Đài Khí

tượng Hồng Kông (Trung quốc) (VHHH), Trung tâm Dự báo Bão của Hải quân Mỹ (Guam) (JTWC), và của mô hình TCLAPS (Cơ quan Khí tượng Australia) (TCLAPS) được trình bày trong bảng 1.

Trung tâm Dự báo	F+12h			F+24h			F+36h			F+48h		
	$\Delta R$ mean km	n	m	$\Delta R$ mean km	n	m	$\Delta R$ mean km	n	m	$\Delta R$ mean km	n	m
RJTD	-	-		86,1	8	2	-	-	-	121,4	6	1
BABJ	-	-		115,1	8	6	-	-	-	171,6	6	4
VHHH	-	-		102,5	8	3	-	-	-	154,8	6	3
JTWC	61,1	8	2	103,7	8	5	151,2	7	2	190,0	6	5
TCLAPS	68,1	9	3	102,6	8	4	166,2	7	3	245,5	6	6
BARO_PH	56,1	9	1	68,4	8	1	71,0	7	1	153,3	6	2

**Bảng 1. Sai số trung bình  $\Delta R_{mean}$  (km) của các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK theo mô hình BARO\_PH và của các Trung tâm Dự báo khác trong khu vực (n là số các dự báo, m là thứ tự từ nhỏ đến lớn của các sai số trung bình)**

Phân tích các dự báo quỹ đạo theo mô hình BARO\_PH trên hình 7 và so sánh với các dự báo tương ứng của mô hình TCLAPS trên hình 8 cho thấy các dự báo theo mô hình BARO\_PH khá phù hợp với quỹ đạo thực phức tạp của bão KAI-TAK.

Các sai số trung bình trong bảng 1 cũng cho thấy các dự báo của mô hình BARO\_PH trong điều kiện nghiệp vụ có độ chính xác khá tốt so với các dự báo khác: sai số trung bình của các dự báo +12h, +24h và +36h của mô hình BARO\_PH có các giá trị tương ứng là 56,1, 68,4 và 71,0 km, nhỏ nhất so với các giá trị tương ứng của các Trung tâm Dự báo khác, còn sai số trung bình của các dự báo +48h của mô hình BARO\_PH là 153,3 km, đứng thứ hai sau giá trị này của Trung tâm Dự báo Khu vực Tokyo (Nhật bản) (RJTD).

#### 4. Một số nhận xét

Bài báo này trình bày các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK (0521, 08VN) bằng mô hình chính áp lưới lồng với sơ đồ ban đầu hoá xoáy cải tiến (BARO\_PH) trong điều kiện nghiệp vụ.

Như đã mô tả ở trên, KAI-TAK là một cơn bão mạnh có đường đi khá phức tạp với nhiều lần chuyển hướng và thay đổi vận tốc. Ở giai đoạn đầu, khi KAI-TAK mới mạnh lên thành bão, dải áp cao cận nhiệt đới Tây Bắc Thái Bình dương gồm nhiều trung tâm cao áp hoạt động bao trùm toàn bộ phần Bắc Biển Đông và trên đất liền, trong những ngày tiếp theo phần phía Tây trên đất liền của dải áp cao này suy yếu trong khi phần phía Đông lại ổn định và mạnh lên là đặc điểm hoàn lưu qui mô lớn ảnh hưởng tới chuyển động của bão KAI-TAK. Muốn dự báo chính xác chuyển động của bão KAI-TAK tập số liệu ban đầu, sơ đồ ban đầu hoá và mô hình số trị dự báo cần phải thể hiện được tốt các nhân tố đó là những nhân tố động lực quan trọng nhất ảnh hưởng tới sự chuyển động của bão, trong đó sơ đồ ban đầu hoá xoáy có một vai trò rất lớn.

Các dự báo quỹ đạo bão KAI-TAK trong điều kiện nghiệp vụ bằng mô hình chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy cải tiến cho thấy tính ưu việt rõ rệt: sơ đồ ban đầu hoá xoáy được cải tiến cho phù hợp với chuyển động

của bão Biển Đông đã mô tả khá chính xác các nhân tố quan trọng quyết định chuyển động của bão dẫn đến độ chính xác đáng tin cậy của các dự báo này, làm cho các dự báo này trở thành các thông tin tham khảo rất có ích cho các dự báo viên khi quyết định các dự báo bão chính thức, góp phần tích cực vào công tác phòng chống, hạn chế các thiệt hại về người và vật chất do bão gây ra.

Hiện nay, nhờ các thành tựu to lớn trong

các lĩnh vực viễn thông và công nghệ tính toán rất nhiều mô hình dự báo số trị của các nước tiên tiến được thử nghiệm và áp dụng rộng rãi ở nước ta. Các kết quả được nêu trong bài báo này một lần nữa khẳng định sự cần thiết của những công trình nghiên cứu nghiêm túc nhằm cải tiến những mô hình này cho phù hợp với các đặc trưng hoàn lưu khí quyển khu vực để có được các dự báo thời tiết chính xác.

### Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Minh Phương, 2003: Lựa chọn một tham số cho sơ đồ ban đầu hoá xoáy trong mô hình số trị chính áp dự báo đường đi của bão trên Biển Đông. *Tạp chí KTTV*, No12(516), 2003, Tổng cục KTTV, tr. 13-22.
2. Nguyễn Thị Minh Phương, 2005: Hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng trong sơ đồ ban đầu hoá xoáy. *Tạp chí KTTV*, No1(529), 2005, tr. 35-45.
3. Davidson, N. E., and H. C. Weber, 2000: The BMRC high resolution tropical cyclone prediction system: TC-LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1245 – 1265.
4. Smith, R. K., 1991: An analytic theory of tropical cyclone motion in a barotropic shear flow. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 117, 685-714.
5. Smith, R. K., and H. C. Weber, 1993: An extended analytic theory of tropical-cyclone motion in a barotropic shear flow. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 1149-1166.
6. Smith, R. K., and W. Ulrich, 1990: An analytical theory of tropical cyclone motion using a barotropic model. *J. Atmos. Sci.*, 47, 1973-1986.
7. Smith, R. K., and W. Ulrich, 1993: Vortex motion in relation to the absolute vorticity gradient of the vortex environment. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 207-215.
8. Weber, H. C. and R. K. Smith, 1995: Data sparsity and the tropical cyclone analysis and prediction problem: Some simulation experiments with a barotropic numerical model. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 121, 631-654.