

ÁP DỤNG MÔ HÌNH SỐ KHU VỰC PHÂN GIẢI CAO VÀO DỰ BÁO HOẠT ĐỘNG CỦA BÃO Ở VIỆT NAM VÀ BIỂN ĐÔNG

PGS.TSKH. **Kiều Thị Xin**, ThS. **Lê Công Thành**, TS. **Phan Văn Tân**

Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học quốc gia, Hà Nội

1. Mở đầu

Trong thập kỷ qua, vấn đề dự báo thiên tai nói chung, dự báo các hiện tượng thời tiết khí hậu nguy hiểm như bão, áp thấp nhiệt đới (ATNĐ), mưa, lũ lụt hay dông lốc... nói riêng, đang đứng trước yêu cầu cấp bách ngày càng khắt khe hơn, nhằm góp phần giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra có hiệu quả hơn. Bài toán này đang thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học lớn trên thế giới và sự đầu tư lớn của nhiều quốc gia và nhiều tổ chức khác nhau. Ở nước ta những đòi hỏi mới trong lĩnh vực này đã được thể hiện trong nhiều văn bản của Nhà nước, nhất là sau thời kỳ xảy ra những thiên tai do bão, lũ, lụt của những năm 1996-2000 đã gây thiệt hại quá lớn về người và của cho nhiều vùng đất nước như bão số 5 (Linda) đổ bộ vào Cà Mau năm 1997, bão liên tiếp vào Nam Trung Bộ năm 1998, mưa lũ lớn trên lưu vực sông Hồng-Thái Bình năm 1996.

Với trình độ khoa học công nghệ trên thế giới hiện nay, khâu quan trọng và hiệu quả bậc nhất để tăng cường chất lượng dự báo bão, mưa bão và do đó lũ lụt là áp dụng những mô hình số công nghệ tiên tiến, bởi lẽ bằng phương pháp này sẽ đưa ra được dự báo hạn dài hơn, chính xác hơn, định lượng và thông tin kịp thời hơn về hoạt động của bão cả về đường đi cũng như cường độ. Trường Đại học Khoa học tự nhiên phối hợp với Trung tâm quốc gia dự báo Khí tượng Thủy văn (KTTV) đã nghiên cứu áp dụng thành công bộ mô hình số khu vực công nghệ cao, gọi tắt là HRM, vào dự báo chuyển động của XTNĐ-bão trên biển Đông....

Trong bài này sẽ giới thiệu khái quát về động lực học và vật lý của mô hình HRM được du nhập từ Tổng cục phục vụ thời tiết CHLB Đức (DWD). Phiên bản HRM được khu vực hoá từng phần và đang áp dụng tại trường Đại học Khoa học tự nhiên hiện nay được gọi là VNU/HRM. Tiếp theo là trình bày một số kết quả dự báo được bằng VNU/HRM-bão hoạt động trên khu vực hạn chế Việt Nam-biển Đông, năm 2001.

2. Cơ sở toán lý, điều kiện biên và ban đầu hoá trong HRM

a. Hệ phương trình mô hình

HRM là một mô hình số thủy tĩnh cho dự báo thời tiết khu vực hạn chế quy mô vừa $-\alpha$ và $-\beta$, có khả năng cung cấp dự báo các tham số thời tiết gần mặt đất chi tiết hơn, mô phỏng được cả mây và mưa. Nhờ vậy, sản phẩm dự báo bằng HRM có khả năng áp dụng vào các bài toán môi trường như mô hình hoá ô nhiễm khí hay mô phỏng trạng thái biển.... HRM còn là một công cụ nghiên cứu khoa học rất nhạy.

Hệ phương trình của HRM bao gồm 6 phương trình với 6 sáu biến dự báo tương ứng là p_s, u, v, T, q_v, q_c (P_s -áp suất bề mặt; u, v -các thành phần gió ngang; T -nhiệt độ; q_v -độ ẩm hơi nước; q_c - độ ẩm trong mây), viết trong hệ tọa độ lai (p trong tầng khí quyển mô hình phía trên có $p < 220\text{mb}$, và η trong tầng khí quyển mô hình dưới với $220\text{mb} < p < p_s$), với 9 phương trình cảnh báo xác định các biến: tốc độ

thẳng đứng trong toạ độ lai η , thể tích riêng α , năng lượng chuyển đổi giữa thế năng và động năng trên mực η_k là $\alpha\omega$, tốc độ thẳng đứng trong hệ toạ độ khí áp $\omega = \frac{dp}{dt}$, xoáy thế tuyệt đối, động năng, địa thế vị, quan hệ xác định nhiệt độ ảo và độ ẩm riêng bão hoà [11].

b. Điều kiện biên

1) Trong những mô hình phân giải không gian cao như kiểu HRM thì sóng trọng trường nội trở nên quan trọng hơn. Để khử loại sóng này trong HRM đã sử dụng **điều kiện biên trên bức xạ (RUBC)**, do KLEMP, DURRAN và BOUGEAUL phát triển (1983) (trong mô hình viết tắt là KDB-UBC), và được HERZOG (1994) chuyển sang hệ toạ độ ba chiều có trục đứng trong toạ độ lai và được áp dụng nghiệp vụ trong HRM.

2) Điều kiện biên xung quanh: Biên xung quanh của HRM lấy từ mô hình điều khiển GME, có làm tròn ít nhiều (theo DAVIES, 1976 và KALBERG, 1977) để cho các hệ thống quy mô nhỏ và sóng trọng trường có thể rời khu vực mô hình và không phản xạ nhiều trên biên xung quanh. HRM dùng phương pháp lồng dần biên của DAVIES (1976) có cải tiến bởi KALLBERG (1977).

c. Vật lý được tham số hoá trong HRM

HRM có khả năng ứng dụng với độ phân giải ngang cỡ 28 đến 7 km. Với độ phân giải này HRM không thể mô phỏng trực tiếp những quá trình vật lý quy mô dưới lưới như bức xạ, những ổ đối lưu, khuếch tán rối ngang và đứng hay vật lý đất. Tất cả những quá trình này giữ vai trò rất quan trọng đối với động lực học khí quyển và đối với dự báo các hiện tượng thời tiết như nhiệt độ mặt đất, gió, xoáy, mây, mưa... Nói cách khác, chúng có tác động hồi tiếp đến các biến mô hình. Bởi vậy, chúng được tham số hoá trong HRM [12].

d. Hệ toạ độ trong HRM

HRM được cấu trúc ngang hoặc theo lưới kinh-vĩ quay hoặc theo lưới điều hoà với độ phân giải ngang từ $0,25^\circ \div 0,05^\circ$, tương đương 28 km đến 7 km. Quy tắc biến đổi giữa hai hệ toạ độ hay quay toạ độ cũng như toạ độ thẳng đứng lai được trình bày trong HRM [12].

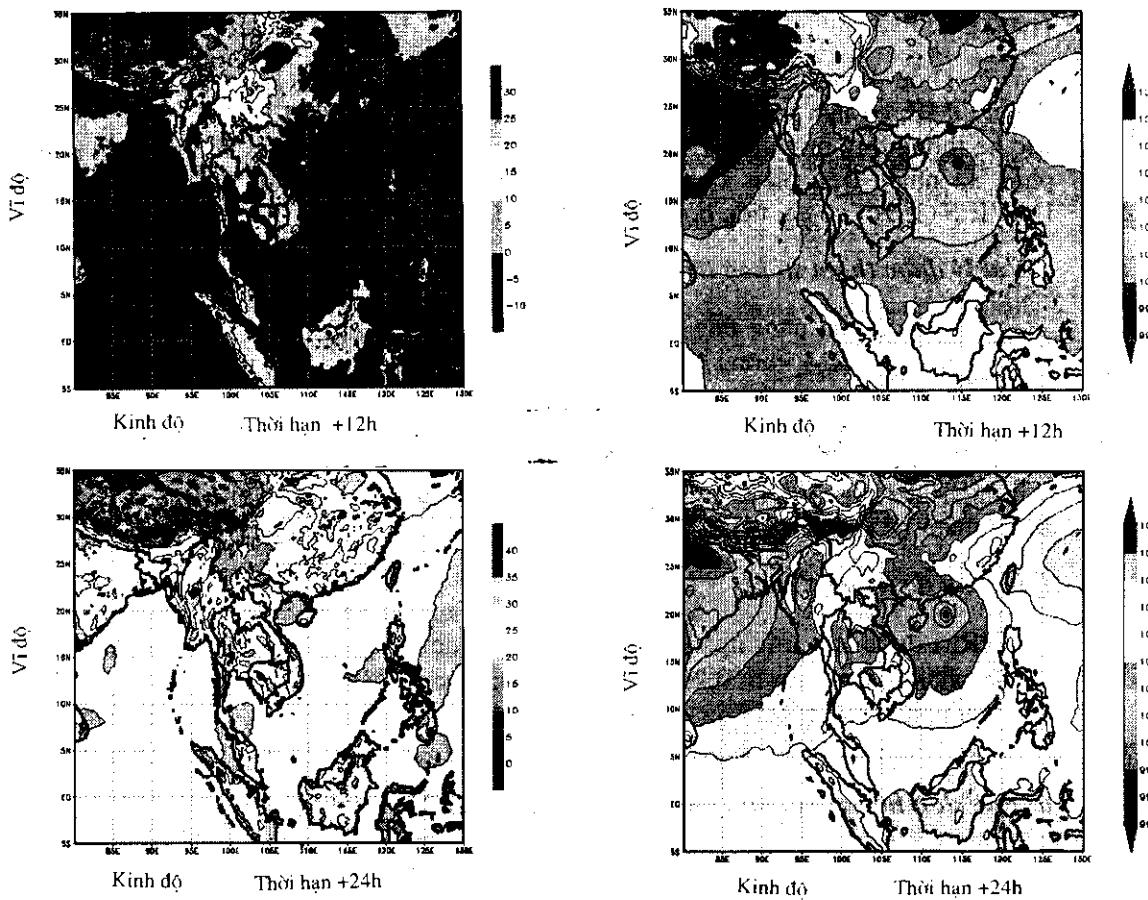
d. Ban đầu hoá mod chuẩn ẩn (INMI) trong HRM

Khả năng dự báo của một mô hình còn phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện ban đầu được sử dụng để tích phân mô hình. Số liệu thám sát phải được biến đổi bằng một kiểu thích hợp động lực học để nhận được một tập hợp số liệu thích hợp cho ban đầu hoá. Quá trình này được gọi là đồng hoá số liệu, bao gồm phân tích khách quan và ban đầu hoá. Phân tích khách quan trong HRM là phân tích của mô hình toàn cầu GME. Ban đầu hoá số liệu đã được phân tích trong một mô hình nhằm tối thiểu hoá sóng trọng trường trở nên có giá trị lớn khi độ phân giải mô hình trở nên cao, và trong HRM được thực hiện bằng phương pháp *ban đầu hoá mod chuẩn ẩn*. Phương pháp này làm giảm biên độ của những dao động cao tần trong trường phân tích và do đó cho trường dự báo [12].

3. Kết quả dự báo hoạt động của ATNĐ-bão trên biển Đông bằng VNU/HRM

Khu vực dự báo được chọn $5^{\circ}S - 35^{\circ}N \times 80^{\circ}E - 130^{\circ}E$; độ phân giải ngang $\Delta x = \Delta y = 0,25''$ tương đương 28 km; độ phân giải đứng: cả bề dày khí quyển từ mặt đất đến độ cao 25 mb được chia không đồng đều thành 20 mực thẳng đứng, với 8 mực trong độ dày lớp biên khí quyển trong lúc tầng bình lưu chỉ bao gồm 4 mực. Kết cục lưới không gian mô hình bao gồm: $161 \times 201 \times 20 = 647220$ nút.

Để có thể áp dụng một mô hình có nguồn gốc từ châu Âu như HRM vào khu vực nhiệt đới Việt Nam-biển Đông, HRM đã được khu vực hoá về một số cấu trúc động lực - vật lý cũng như điều kiện ổn định toán học [12].



Hình 3. 1. Các trường nhiệt độ bề mặt (bên trái), áp mặt đất (bên phải), dự báo bằng HRM: +12h, +24h, bắt đầu 12Z 29062001 của bão DURIAN

a. Kết quả dự báo bão bằng VNU/HRM đối với bão DURIAN hoạt động trên biển Đông từ 29-VI ÷ 02-VII-2001

DURIAN là cơn bão số hai năm 2001 đổ bộ vào vùng biên giới giữa Trung Quốc và Bắc Việt Nam, hoạt động từ 29-06-2001 đến 02-07-2001. Đây là cơn bão

không mạnh nhưng các Trung tâm dự báo của các nước xung quanh và cả Trung tâm quốc gia dự báo KTTV Việt Nam đều không nắm bắt tốt sự đổ bộ vào đất liền của nó.



Hình 3.2. Các trường dự báo bằng HRM: +12h, +24h, +48h của nhiệt độ bề mặt (bên trái), áp mặt đất (bên phải), bắt đầu 12Z 30062001 bão DURIAN

Bão DURIAN đi từ Bắc Philipin vào phía bắc biển Đông từ 29-VI-2001. Nếu bão chuyển động đúng theo dòng dẫn thì DURIAN đã hoàn toàn phải đổ bộ vào Trung Quốc như nhiều trung tâm nêu trên đã dự báo. Tuy nhiên, như nhìn thấy trên hình 3.1 biểu diễn trường nhiệt độ bề mặt dự báo được bằng HRM, tại thời điểm này nhiệt độ mặt biển T_s trên vịnh Bắc Bộ rất cao, $>30^{\circ}\text{C}$. Vùng biển nóng này trên lưới thám sát quy mô synop, lưới mô hình quy mô toàn cầu hay lưới quy mô khu vực thô thường không phát hiện được hoặc biểu hiện rất mờ; trong khi đó hiện tượng nóng này lại được mô phỏng khá rõ nét bởi HRM. Vùng nóng này đã có khả năng “lôi cuốn” bão DURIAN về phía mình, nên đã làm cho DURIAN không chuyển động theo hướng của dòng dẫn thông thường mà lệch về phía tây nhiều hơn. Như vậy, HRM đã dự báo được sự uốn của quỹ đạo bão DURIAN khi tiến dần vào đất liền tốt hơn so với các trung tâm dự báo đã nói trên. Đây chính là điểm mạnh của khả năng mô phỏng các quá trình địa phương quy mô vừa α và β của HRM.

Biểu diễn trên hình 3.2. được trích ra tại các kỳ dự báo : +12h, +24h, +48h của nhiệt độ bề mặt (bên trái) và áp mặt đất (bên phải) tương ứng, dự báo bằng HRM. Diễn biến của các trường này cho thấy tâm bão DURIAN gần cập vào bán đảo Lôi Châu ở dự báo +24h (giờ địa phương là 07 giờ tối ngày 01-VII-2001, hình giữa bên phải). Trong lúc đó nhiệt độ bề mặt trên vịnh Bắc Bộ vẫn duy trì trong khoảng 30°C - 35°C (hình giữa bên trái), và do đó bão càng mở rộng hơn về phía tây tây nam.

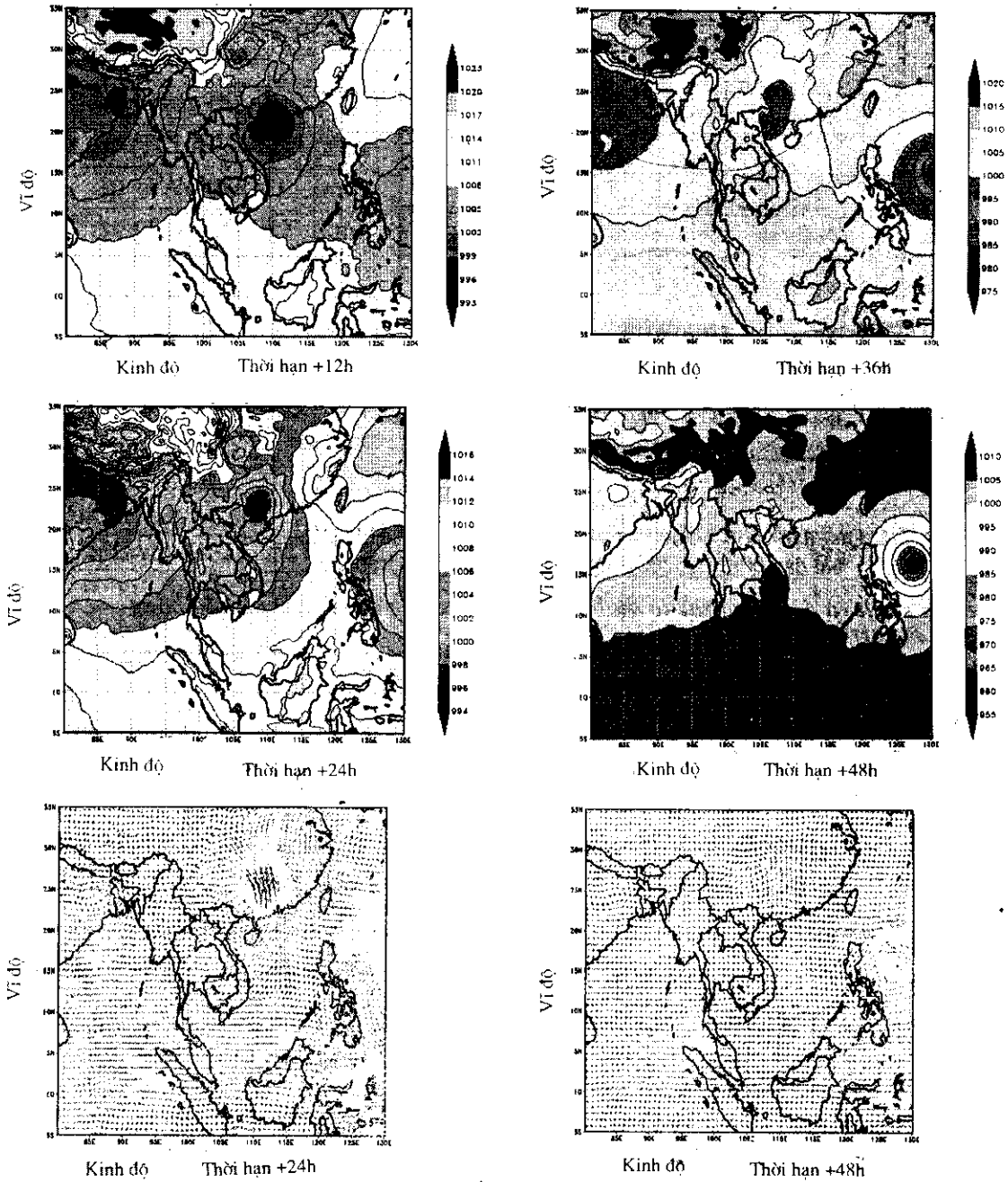
b. Diễn biến bão DURIAN trên đất liền & xuất hiện bão số 3/2001

Trên hình 3.3, bốn hình trên cùng là trường áp mặt đất của dự báo mô hình HRM: +12h, +24h, +36h và +48h, bắt đầu 12Z01072001, hai hình dưới cùng là trường gió dự báo +24h, +48h ở độ cao 700mb, cũng bắt đầu từ 12Z0107. Bão DURIAN đã tan trên biên giới sau dự báo +36h, giờ địa phương là 07h sáng 03-VII-2001 (hình thứ nhất bên phải của hình 3.3); song do kết hợp với vùng nóng vịnh Bắc Bộ nên vẫn lưu lại một vùng áp tương đối thấp ở đông bắc Việt Nam với giá trị $995\text{mb} \approx 1000\text{mb}$. Các Trung tâm dự báo xung quanh gần nước ta cũng như mô hình TCLAPS của Úc đều không nắm bắt được sự diễn biến này.

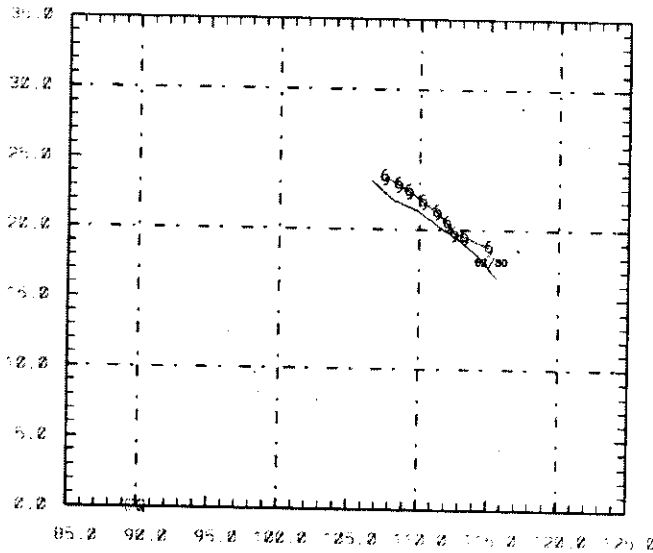
Đồng thời với sự tan bão DURIAN dọc biên giới Việt-Trung, mô hình HRM còn mô phỏng được cơn bão phát triển tiếp theo ngay sau bão DURIAN - là cơn bão số ba năm 2001, đi từ phía Đông Philipin tới. Bão này rất mạnh, đạt đến giá trị khí áp cực tiểu ở tâm $< 955\text{mb}$ của dự báo +48h (giờ địa phương là 07 giờ tối ngày 03-VII-2001) ở Đông Bắc Philipin (hình thứ hai bên phải của hình 3.3), và sẽ đổ bộ vào Trung Quốc nên không được phân tích chi tiết hơn ở đây. Trên hình dưới cùng bên phải của hình 3.3 (dự báo +48h) là trường gió dự báo trên mực 700mb vào thời điểm này.

Quỹ đạo bão được xác định bằng phương pháp tìm cực trị của DOWNHILL trên trường dự báo được bằng VNU/HRM. Trên hình 3.4. là một ví dụ biểu diễn quỹ đạo dự báo +48h của bão DURIAN, bắt đầu 00Z30062001, tìm được bằng phương pháp này trên trường dự báo khí áp mặt đất bằng VNU/HRM. Đường liền mảnh phía dưới là quỹ đạo tốt nhất (Best track) theo Unisys. Đường xoắn phía trên là đường nối liền vị trí tâm bão tìm được bằng phương pháp tìm cực trị này. Đây là một dự báo mô

hình tốt của mùa bão năm 2001.



Hình 3.3. Bốn hình bên trên cùng biểu diễn trường áp mặt đất: +12h, +24h, +36h, +48h, hai hình dưới là trường gió trên mực 700mb: +24h và +48h, dự báo bằng HRM, bắt đầu 12Z 01 07 2001, bão DURIAN



Hình 3.4. Quỹ đạo bão DURIAN dự báo +48h bằng VNUH/HRM, bắt đầu 00Z30062001, đồ hoạ bằng NCAR-Graphics

c. So sánh và đánh giá sai số dự báo vị trí và cường độ ATNĐ và bão bằng VNU/HRM

Bảng 3.1. cho sự diễn biến theo thời gian của sai số dự báo cường độ bão và vị trí tâm bão bằng VNU/HRM và bằng hệ thống mô hình dự báo nghiệp vụ của Úc được gọi là TCLAPS. Mô hình dự báo thời tiết khu vực hạn chế LAPS đang ứng dụng nghiệp vụ ở Úc, có độ phân giải tương đối thô hơn so với HRM. Trên trường dự báo khu vực hạn chế của mô hình LAPS được cài mô hình xoáy thuận nhiệt đới nhân tạo (TC) có độ phân giải kinh-vĩ là $0,15^\circ$ với 19 mực thẳng đứng. Cả hệ thống này được gọi là TCLAPS. Dự báo tâm bão bằng TCLAPS là dự báo sự di chuyển của tâm xoáy nhân tạo này trên trường dự báo của LAPS. Chỉ trên dự báo đơn +48h (bảng 3.1) này cho thấy, về dự báo quỹ đạo thì chất lượng dự báo bằng VNU/HRM tương đương với chất lượng dự báo bằng hệ thống TCLAPS đối với bão DURIAN; nhưng để dự báo cường độ thì HRM cho sản phẩm có xu hướng tốt hơn. Đương nhiên, nếu như trên VNU/HRM lại cài một xoáy nhân tạo TC kiểu như trên LAPS nêu trên, thì chắc chắn hệ thống mới này sẽ cho sản phẩm dự báo tốt hơn. Đó là một trong những vấn đề cần được nghiên cứu trong tương lai.

Bảng 3.1. So sánh sự diễn biến theo thời gian của sai số dự báo tâm bão ΔS (km) và cường độ bão Δp (mb) giữa TCLAPS và VNU/HRM, bắt đầu 12Z300601, đối với bão DURIAN

Kỳ dự báo (h)	+12	+24	+36	+48
Δp (TCLAPS-Aus.) (mb)	10	16	7	4
Δp (VNU/HRM) (mb)	12	3	1	1
Δs (TCLAPS-Uc) (km)	61	49	148	281
Δs (VNU/HRM) (km)	14	101	149	238

Bảng 3.2. Sai số vị trí trung bình (km) đối với bão Emily (1995), dự báo bằng các mô hình khác nhau của Mỹ

Kỳ dự báo (h)	+12	+24	+36	+48	+72
Số trường hợp	(14)	(14)	(14)	(14)	(12)
1. Hệ GFDL	56	78	109	142	304
4. NHC 90 (NHC)	80	167	261	341	438
5. BAM-MEDIUM (NHC)	72	132	186	228	297
6. VICBAR (HRD)	70	139	224	319	406
7. AVN (NMC)	91	144	215	335	427
Số trường hợp	(13)	(13)	(13)	(12)	(6)
8. QLM (NMC)	102	166	222	273	358
Số trường hợp	(10)	(10)	(10)	(10)	(8)

Để có hiểu biết sơ bộ về sai số dự báo tâm bão ở nước ngoài, chúng tôi giới thiệu trích dẫn trên bảng 3.2 về sai số trung bình của dự báo tâm bão (km) bằng các mô hình khác nhau của Mỹ đối với bão Emily (1995). Trong bảng này sáu mô hình đầu có cùng số trường hợp là 14 đối với các kỳ dự báo +12h, +24h, +36 h, +48h, và 12 trường hợp đối với kỳ dự báo +72h. Hai mô hình cuối có số trường hợp dự báo ít hơn.

Từ kết quả đánh giá nghiệp vụ tóm lược trên bảng 3.3 và đối chiếu với kết quả trích dẫn của Mỹ trên bảng 3.2 có thể sơ bộ suy ra rằng, dự báo vị trí tâm bão bằng VNU/HRM kém hơn so với dự báo của một hệ thống dự báo hiện đại của Mỹ được gọi là GFDL-System, so sánh được với dự báo số bằng các mô hình khác của Mỹ như BAM-MEDIUM hay QLM ..., và Úc (TCLAPS), còn có phần tốt hơn so với sản phẩm dự báo bằng các mô hình có phân giải thô hơn của Mỹ như NHC 90 (NHC) hay VICBAR (HRD)... So sánh này còn cho thấy, sai số dự báo trong 24 giờ đầu (+12h - +24h) bằng VNU/HRM nói chung kém hơn so với dự báo bằng các mô hình khác. Kết quả này có thể là do trường phân tích của GME trên vùng nghiên cứu không tốt do thám sát ở đây nghèo nàn. Trường phân tích này làm trường ban đầu cho HRM nên trong thời gian tích phân đầu sai số dự báo bằng HRM lại lớn. Cũng từ bảng 3.3 thấy rằng sau 24 giờ tích phân sai số dự báo bằng VNU/HRM tăng rất chậm theo thời gian và thấp hơn so với sai số của nhiều mô hình khác nêu trên.

Bảng 3.3. Đánh giá nghiệp vụ sai số vị trí trung bình (*km*) dự báo bằng các mô hình khác nhau của Mỹ (KBR scheme và New scheme), Úc (TCLAPS) và Việt Nam (VNU/HRM)

Kỳ dự báo (h)	+12	+24	+36	+48
KBR scheme (1992) (số trường hợp)	96 (23)	184 (23)	263 (20)	321 (20)
New scheme (1995) (số trường hợp)	85 (23)	158 (23)	244 (20)	311 (20)
TCLAPS (2001) (số trường hợp)		143 (48)		236 (35)
VNU/HRM (2001) (số trường hợp)	180 (17)	173 (15)	205 (13)	197 (10)

Kết quả này thể hiện HRM có cấu trúc động lực và vật lý quy mô vừa - α và - β khá tốt nên đã mô phỏng tốt các quá trình thời tiết khu vực nghiên cứu khi vai trò tương đối giữa các quá trình quy mô vừa và quá trình quy mô lớn tăng lên rõ rệt trên khu vực biển Đông.

4. Kết luận

Kết quả dự báo thử nghiệm nói trên đã khẳng định được khả năng áp dụng HRM không chỉ vào dự báo chuyển động của bão, mà còn cả vào dự báo thời tiết nghiệp vụ ở vùng nhiệt đới nói chung, khu vực Việt Nam - biển Đông nói riêng. Trung tâm quốc gia dự báo KTTV đang triển khai ứng dụng HRM vào dự báo thời tiết nghiệp vụ ở Việt Nam đã khẳng định điều đó. Đây là thành công đầu tiên ở Việt Nam trong lãnh vực dự báo thời tiết bằng một mô hình số phân giải cao. Tuy nhiên, từ nghiên cứu còn cho thấy rằng, để nâng cao chất lượng dự báo thời tiết bằng HRM nói riêng, dự báo số trị nói chung, trước hết cần tăng cường và nâng cao chất lượng mạng lưới thám sát, đặc biệt trên vùng biển, đồng thời cần chuyển nhiều và tốt hơn những thám sát địa phương đến các Trung tâm dự báo thời tiết toàn cầu có quan hệ cung cấp số liệu cho dự báo số khu vực của nước ta. Tất cả điều đó nhằm tạo ra trường ban đầu tốt hơn cho HRM, và do đó làm giảm sai số dự báo, nhất là trong hạn dự báo 24 giờ đầu tiên. Nếu có thêm nhiều thám sát địa phương hiện đại thì việc cập nhật những thám sát này vào một mô hình khu vực phân giải cao là một bài toán rất phức tạp nhưng vô cùng quan trọng đối với việc nâng cao chất lượng dự báo khu vực./.

Tài liệu tham khảo

1. Davies H.C. (1976). A lateral boundary formulation for multi-level prediction models. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 102. 405-418 p.
2. Dickinson R.E. (1984). Modelling evapotranspiration for the three-dimensional global climate models. Climate processes sensitivity. Vol. 29 of Geophys. Monogr. Amer. Geophys. Union, Hansons, J.E. and Takahashi, T., 58-73 p.
3. Herzog, H. J.,(1996). Die Formulierung von Energiebilanzgleichung fuer das Europa- und Deutschlandmodel des DWD, Arbeitsergebnisse, Nr. 37, 34 p.

4. Louis J.F., (1979). A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere. *Boundary-layer Meteor.* 17, 187-202 p.
5. Majewski D., (1990). On the influence of the lateral boundary values on limited area forecasts. *LAM Newsletter, European Working Group on limited area modelling*, Nr. 19, Dec. 1990, 200-206 p.
6. Majewski D., (1991). The Europa-model of the Deutscher Wetterdienst, ECMWF, Seminar Proceeding: Numerical methods in atmospheric models. Vol. II, 9-13 Sept. 1991, 147-191 p.
7. Majewski D. and R. Schrodin (1994). Short description of the Europa-model (EM) and Deutschland-model (DM) of the Deutscher Wetterdienst (DWD)
8. Temperton, C., (1988). Implicit normal mode initialisation. *Month. Wea. Rew.* 116, 1013-1031p.
9. Tiedtke M. (1989). A comprehensive Mass Flux Scheme for cumulus parameterization in large scale models. *Month. Wea. Rew.* 117, 1799-1801 p.
10. EM/DM (1995). Documentation des EM/DM-Systems. DWD, Abt. Forschung, Juni 1995.
11. Kiều Thị Xin, Lê Công Thành, Phan Văn Tân, Đỗ Lệ Thủy, Nguyễn Văn Sáng (2001). Mô hình khu vực phân giải cao HRM và áp dụng nó vào dự báo thời tiết trên khu vực Đông Nam Á -Việt Nam.- *Tạp chí KTTV*, 8/2001.
12. Kiều Thị Xin và CS. Nghiên cứu áp dụng bộ mô hình số trị khu vực cho dự báo chuyển động của bão ở Việt Nam, 3/2002, 184 tr. Báo cáo kết quả thực hiện đề tài KH-CN độc lập cấp NN đã được nghiệm thu ở Hội đồng KH cấp Nhà nước, ngày 22-III-2002.