

KẾT QUẢ SOẠN THẢO CÁC MÔ HÌNH THỐNG KÊ DỰ BÁO DI CHUYỂN CỦA XOÁY THUẬN NHIỆT ĐỚI (KẾT QUẢ ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC HỢP TÁC VIỆT XÔ)

TRINH VĂN THƯ, PHẠM NGỌC HIẾN
Cục Dự báo KTTV.

I - MỞ ĐẦU

Đề tài nghiên cứu khoa học N 2 của Tổng cục KTTV trong khuôn khổ hợp tác về nghiên cứu khí tượng nhiệt đới và bão giữa Liên Xô và Việt Nam đã được thực hiện từ năm 1981 đến nay với 2 nhiệm kỳ 5 năm. Mỗi nhiệm kỳ, đề tài N°2 mang một tên riêng phản ánh rõ nội dung và mục đích của nó. Nhiệm kỳ thứ nhất (1981 - 1985) mang tên « Soạn thảo các phương pháp thống kê vật lý phân tích và dự báo sự di chuyển và sự biến động của xoáy thuận nhiệt đới »; nhiệm kỳ thứ hai (1986 - 1990) đề tài N°2 mang tên « Soạn thảo các phương pháp thống kê vật lý dự báo quỹ đạo XTND trên cơ sở sử dụng tổ hợp các tư liệu lịch sử và tác nghiệp ». Đến nay, nhiệm kỳ này mới được gần 2 năm. Việc đổi tên đề tài như vậy là do qua nhiệm kỳ thứ nhất cả hai phía Việt Nam và Liên Xô đều nhất trí nhận định rằng cần tập trung ưu tiên cho việc hoàn thiện các phương pháp dự báo quỹ đạo XTND, các điều kiện số liệu để nghiên cứu về biến động của XTND còn chưa đảm bảo. Mặc dầu có nhiều hạn chế khách quan nhất là đối với phía Việt Nam như thiếu số liệu quan trắc thực tế, chưa có hệ thống lưu trữ, thiếu phương tiện tính toán, xử lý số liệu v.v., đề tài N°2 cũng đã đạt được một số kết quả có ý nghĩa khoa học và ứng dụng thực tế, chủ yếu là đã soạn thảo được một số mô hình thống kê vật lý (tương tự và hồi quy) để dự báo các vị trí tâm XTND cho thời hạn 1 - 2 ngày tới có khả năng ứng dụng vào thực hành tác nghiệp. Đồng thời, ngoài việc soạn thảo các mô hình dự báo đã tiến hành các thử nghiệm tác nghiệp, thu thập số liệu và tổ chức lưu trữ về XTND phục vụ trước mắt cho việc nghiên cứu đề tài N°2 và lâu dài cho việc nghiên cứu XTND nói chung.

II - KẾT QUẢ SOẠN THẢO CÁC MÔ HÌNH DỰ BÁO

1. Mô hình tương tự nhóm

Xuất phát từ khái niệm độ khác biệt (hoặc độ tương tự) tổng thể, cả phía Liên Xô và Việt Nam đều xây dựng mô hình dự báo theo tương tự nhóm. Độ khác biệt (hoặc độ tương tự) tổng thể đối với các nhân tố dự báo có f «phải» được biểu thị như sau [5]:

$$TD_i = \frac{\sum W F_i D_i^N (X_0, X_1)}{\sum W F_i} \quad (1)$$

trong đó:

TD_t — Độ khác biệt tổng thể của 2 trường hợp X_t và X_o

Df^N — Giá trị chuẩn hóa của độ khác biệt với phai chỉ số f

WF_f — Trọng lượng phai chỉ số f

Nhóm tương tự (A) được xác định bằng cách thỏa mãn bất đẳng thức:

$$TD_t(X_t, X_o) < DOA \quad (2)$$

Ở đây DOA là giá trị ngưỡng của độ khác biệt tổng thể được cho trước. Sau khi đã xác định được nhóm (A) các tương tự của X_o , yếu tố dự báo được tính theo biểu thức:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{t \in A} Y(X_t) \varphi[TD_t(X_t, X_o)]}{\sum_{t \in A} TD_t(X_t, X_o)} \quad (3)$$

Trong đó:

$\hat{Y}$ — Giá trị dự báo của yếu tố dự báo $Y(X_t)$

φ — Hàm trọng lượng theo độ khác biệt tổng thể

Trong công trình của các tác giả Liên Xô [5] được chọn dưới dạng hàm mũ thực nghiệm (với $\alpha = 1$) dưới đây:

$$\varphi = \exp(-\alpha TD_t^2) \quad (4)$$

Ngoài công thức (3) trên đây, các tác giả Liên Xô còn tính dự báo xác suất xuất hiện các pha của yếu tố dự báo theo tình huống tương tự bởi công thức sau:

$$P(\Phi_j/X_o) = \frac{\sum_{t \in A} n_t^j \varphi[TD_t(X_t, X_o)]}{\sum_j \sum_{t \in A} n_t^j \varphi[TD_t(X_t, X_o)]} \quad (5)$$

Trong đó: $n_t^j = 1$ khi xuất hiện pha j của yếu tố dự báo Φ_j ;

$n_t^j = 0$ khi xuất hiện bất kỳ pha nào khác j

A — Nhóm các tương tự

Với thực tế lưu trữ 6419 trường hợp quỹ đạo XTND Đại Tây Dương từ năm 1933 đến năm 1977, các tác giả Liên Xô đã chọn nhân tố dự báo gồm 8 phai và đã tiến hành thí nghiệm dự báo theo công thức (3) với 11 phương án khác nhau theo trọng số phai thực nghiệm [5].

Tham khảo kết quả thực nghiệm của các tác giả Liên Xô, các tác giả Việt Nam đưa vào sử dụng trong mô hình dự báo di chuyển của XTND trên khu vực biển Đông Việt Nam 3 phai nhân tố dự báo của phương án trên, trừ phai gió cực đại do không có số liệu lưu trữ. Trên cơ sở tập quỹ đạo 200 cơn bão

trên khu vực biển Đông các tác giả Việt Nam đã tiến hành thực nghiệm để lựa chọn các ngưỡng tương tự và đã nhận được kết quả như sau [2]:

$$\rho_1(NrD) = |NrDt - NrD_o| \leq 30 \text{ ngày}$$

$$\rho_2(\varphi, \lambda) = [(\varphi_t - \varphi_o)^2 + (\lambda_t - \lambda_o)^2]^{1/2} \leq 2,5 \text{ độ kinh vĩ}$$

$$\rho_3(\alpha) = |\alpha_t - \alpha_o| \leq 22 \text{ độ góc phương vị}$$

$$\rho_4(v) = |v_t - v_o| \leq 0,4 v_o$$

Trong đó α, v — hướng và tốc độ di chuyển của tâm bão trong 12 giờ trước. Các yếu tố dự báo (khoảng cách di chuyển của tâm bão đối với thời hạn dự báo 12 — 48h qua từng 12h một) được xác định bằng cách lấy trung bình số học của nhóm các yếu tố tương tự thỏa mãn các ngưỡng tương tự trên đây. Với các giá trị ngưỡng nêu trên mô hình dự báo trên số liệu phụ thuộc đạt kết quả dự báo vị trí tâm bão 24h tới với sai số trung bình là 172km, cho 48h là 347km [2], còn trên số liệu thử nghiệm tác nghiệp trong các mùa bão 1983—1985 là 176km và 442km tương ứng (bảng 1).

Bảng 1. — Sai số dự báo 24h và 48h vị trí tâm bão của các phương pháp khác nhau, có cùng số trường hợp dự báo như nhau (ở đây PC: phương pháp PC; HQ: phương pháp hồi qui; TT: phương pháp tương tự; TSE, QT: phương pháp quán tính; HQS: phương pháp hồi quy nhiều tham số synóp [3,4]).

Tên bão	ΔR 24h (km)							ΔR 48h (km)				
	n	PC	HQ	TT	TSE	HQS	QT	n	HQ	TT	HQS	QT
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GEORGLA (8311)	3	136	90	91	212	160	120	1	294	365	249	140
JOE (8314)	3	200	228	204	248	195	238	1	232	461	417	652
LEX (8316)	2	166	231	172	251	235	172					
WYNNE (8402)	2	168	103	143	610	249	78					
BETTY (8404)	2	209	145	182	547	236	279					
GERALD (8409)	6	180	183	168	162	165	183	5	317	502	804	552
JUNE (8412)	3	203	198	275	263	233	179	3	420	629	434	409
IKE (8411)	2	220	152	255	321	227	119					
WARREN (8423)	3	147	158	140	195	107	270	1	605	599	358	397
AGNES (8424)	1	172	210	222	174	194	81					
NONAME (8501)	4	203	163	245		185	202					
HAL (8505)	4	157	118	132		142	185	2	91	238	147	296
TESS (8516)	4	140	166	143		135	203					
WINONA (8518)	5	123	154	167		177	136	3	335	398	243	261
ANDY (8519)	5	89	100	83		94	97	2	228	179	117	132
CECIL (8521)	5	242	184	123		193	180	3	415	486	422	468
DOT (8522)	4	294	216	253		223	256	2	446	564	395	504
ΔR Trung bình		179	165	176	209	178	182		338	442	311	399
Độ lệch chuẩn S		49	44	58	157	47	70		142	149	106	188

2. Mô hình hồi qui từng bước

Các tác giả Liên Xô đã ứng dụng phân tích hồi quy từng bước qua bộ chương trình mẫu SSP (Scientific subroutine package) với chỉ tiêu kết thúc quá trình lựa chọn nhân tố mới là độ giảm tương đối của phương sai yếu tố dự báo nhỏ hơn 0,5%. Tập số liệu lưu trữ bao gồm 3312 trường hợp (phương án I) và 2871 trường hợp (phương án II) của 512 (phương án I) và 473 (phương án II) XTND trên khu vực dự báo phía nam tây bắc Thái Bình Dương từ 5°N đến 25°N và 100°E đến 150°E (bao gồm biển Đông Việt Nam) trong thời kỳ 1945 – 1974. 13 nhân tố dự báo đã được lựa chọn để khảo sát phân tích hồi quy từng bước. Phương án I bao gồm 8 nhân tố:

$N_r D; \varphi; \lambda; W_0; \Delta W(0, -12); i; V_y(0, -12); V_x(0, -12)$

Phương án II bao gồm 11 nhân tố:

$N_r D; \varphi; \lambda; W_0; \Delta W(0, -12); i; \Delta Y(0, -24); \Delta V(0, -24); W(-24);$
 $\Delta W(-12, -24); Med(0, -24).$

Ở đây: ΔW – sự biến đổi của gió cực đại; V_y, V_x – các thành phần tốc độ di chuyển của tâm XTND, còn $\Delta Y, \Delta X$ – khoảng cách di chuyển theo kinh hướng và vĩ hướng; i – số thứ tự quan trắc kể từ khi hình thành XTND. Đặc điểm của phương án I là chỉ sử dụng các quan trắc tại thời điểm ban đầu và 12h trước; còn phương án II có thêm các quan trắc tại thời điểm 24h trước, không sử dụng tốc độ di chuyển 12h trước. Kết quả của phương án I tốt hơn phương án II, có nghĩa là việc sử dụng thêm các quan trắc tại thời điểm 24h trước không mang lại hiệu quả. Các phương trình dự báo theo phương án I chỉ chứa 4 – 5 nhân tố. Tuy các sai số dự báo chỉ nêu riêng theo các thành phần ΔY và ΔX , nhưng có thể từ các sai số thành phần này ước lượng sai số trung bình dự báo vị trí tâm XTND (khoảng cách từ vị trí tâm dự báo tới vị trí tâm thực tế đối với thời hạn dự báo tương ứng). ΔR khoảng 200 km đối với dự báo 24h và trên 450 km đối với dự báo 48h. Các đại lượng sai số này còn tương đối lớn có thể vì khu vực dự báo quá rộng cần chia nhỏ hơn.

Tham khảo các kết quả trên của các tác giả Liên Xô đồng thời tham khảo thêm các kết quả khác của các tác giả nước ngoài về cấu trúc hệ nhân tố dự báo theo mô hình khí hậu quán tính, chẳng hạn của tác giả T. Aoki [3, 7], các tác giả Việt Nam đã đưa vào phân tích hồi quy hệ nhân tố dự báo gồm các nhân tố có tính chất khí hậu, quán tính và một số nhân tố synopt phản ảnh tác động của trường khí áp trên mực trung bình của khí quyển. Việc cấu trúc hệ nhân tố dự báo được xuất phát từ các đặc điểm sau:

a) Trong tập lưu trữ số liệu về quỹ đạo XTND của Việt Nam không có đầy đủ các tham số khí hậu quán tính như của nước ngoài, chẳng hạn không có số liệu về gió cực đại hoặc khí áp thấp nhất của XTND. Vì vậy, nếu chỉ đơn thuần sử dụng các tham số khí hậu quán tính thì mô hình dự báo sẽ ít hiệu quả.

b) Đối với các tác giả Việt Nam khu vực dự báo được quan tâm trước hết là biển Đông. Với khu vực dự báo cố định này có quy mô không lớn (từ 5°N đến 25°N và từ 105°E đến 120°E) theo kết quả khảo sát của [1], có thể sử

dùng trực tiếp các số liệu tại các trạm quan trắc cao không cố định làm nhân tố dự báo sự di chuyển của XTND, để tránh sai số nội dung về mạng điểm nút tương đối với vị trí tâm XTND, vì trên khu vực dự báo này quá thừa các số liệu quan trắc thực tế. Điều này còn dẫn đến đơn giản hóa quá trình chuẩn bị số liệu ban đầu, rất thuận lợi cho việc ứng dụng thực hành.

Theo phương hướng trên đây chúng tôi đã đưa vào phân tích hồi quy bằng chương trình mẫu 2R trong bộ chương trình mẫu BMDP hệ nhân tố dự báo sau đây: NrD ; $\Delta Y(0, -24)$; $\Delta X(0, -24)$; H_0 ; H_1 ; H_2 ; φ ; λ ;

Ở đây NrD — số ngày trong năm với gốc tính là ngày 1/X;

ΔY , ΔX — di chuyển kinh hướng và vĩ hướng của tâm XTND trong đơn vị độ kinh vĩ;

H_0 , H_1 , H_2 — các tham số thực nghiệm của mực đẳng áp 500 hpa, trong đó H_0 , H_1 — biểu thị chênh lệch độ cao của mực đẳng áp theo hướng tây bắc — đông nam và đông bắc — tây nam so với khu vực dự báo biển Đông, còn H_2 biểu thị cường độ của rãnh khí áp trên duyên hải phía đông Trung Quốc. Kết quả phân tích hồi quy từng bước là nhận được hệ phương trình dự báo 24h và 48h di chuyển của XTND với một nhân tố synopt (H_2) và 3 nhân tố khí hậu quán tính NrD , $\Delta X(0, -24)$, $\Delta Y(0, -24)$:

$$\Delta X_{24} = 0,601 \Delta X(0, -24) - 0,0109 H_1 - 0,4597$$

$$\Delta X_{48} = 0,808 \Delta X(0, -24) - 0,0115 NrD - 0,0237 H_1 - 1,2996$$

$$\Delta Y_{24} = 0,703 \Delta Y(0, -24) - 0,0053 NrD + 0,7195$$

$$\Delta Y_{48} = 0,703 \Delta Y(0, -24) - 0,0124 NrD + 1,795$$

Trong các phương trình trên đây H_1 là $\frac{1}{2}$ hiệu số của độ cao mực 500 hpa

(trong đơn vị mét) của 2 trạm biểu số 47918 và 47945 trừ đi độ cao của 2 trạm 48455 và 48900 có thể nhận được một cách dễ dàng. Tuy mô hình hết sức đơn giản nhưng qua thử nghiệm tác nghiệp trong các mùa bão 1983 — 1985 đã tỏ ra có hiệu quả, không kém một số phương pháp khác (bảng 1). Điều đó chứng tỏ phương hướng tìm kiếm các nhân tố synopt đơn giản để bổ sung thêm vào hệ nhân tố khí hậu quán tính bị khiếm khuyết trên khu vực biển Đông là đúng đắn. Hệ các phương trình dự báo nêu trên đã được thiết lập trên cơ sở lập số liệu gồm 292 trường hợp dự báo 24h và 203 trường hợp dự báo 48h từ năm 1960 đến năm 1974.

Phát triển kết quả nêu trên, các tác giả [4] đã thiết lập các phương trình dự báo với nhiều nhân tố synopt hơn. Quá trình phân tích hồi quy từng bước được thực hiện bởi chương trình STPRG của bộ chương trình mẫu SSP với chỉ tiêu ngừng việc lựa thêm nhân tố mới là độ giảm tương đối của phương sai yếu tố dự báo nhỏ hơn 1%. Tập số liệu phụ thuộc bao gồm 100 quỹ đạo bão từ năm 1960 đến 1982 trên khu vực dự báo như đối với mô hình dự báo một tham số synopt nêu trên, có 208 trường hợp chung cho tất cả thời hạn dự báo từ 12 đến 48h qua 12h một. Hệ nhân tố phân tích hồi quy từng bước gồm 5 nhân tố khí hậu quán tính và 8 nhân tố synopt. Kết quả nhận được là hệ phương trình dự báo các tọa độ tâm XTND theo kinh độ (Y) và vĩ độ (X) (trong đơn vị độ kinh vĩ) với 5 nhân tố khí hậu quán tính và 5 nhân tố synopt

(được trình bày chi tiết ở bảng 2). Trong bảng này ngoài các hệ số hồi quy còn được nêu sai số trung bình (ΔR) và độ lệch chuẩn (S) của các dự báo thí nghiệm trên tập số liệu phụ thuộc 208 trường hợp (phương án chung cho toàn bộ mùa bão). Các tác giả còn xây dựng phương án dự báo riêng cho các tháng chính của mùa bão từ tháng VII đến tháng X và đã nhận được kết quả tốt hơn đôi chút so với sử dụng phương án chung cho toàn bộ mùa bão [4]. Mô hình này đã kiểm nghiệm qua số liệu độc lập (40 trường hợp) với kết quả tương đối ổn định, sau đó được tính thử với các số liệu tác nghiệp tích lũy được qua thử nghiệm tác nghiệp trong mùa bão 1983 - 1985 để có cơ sở so sánh cùng một số phương pháp khác được miêu tả cụ thể dưới đây:

Bảng 2 - Các hệ số hồi quy và sai số trung bình ΔR (km) theo số liệu thuộc (208 trường hợp), và độ chuẩn S của nó [4] (phương án dự báo chung cho toàn bộ bão).

Nhân tố	Yếu tố							
	Y ₁₂	X ₁₂	Y ₂₄	X ₂₄	Y ₃₆	X ₃₆	Y ₄₈	X ₄₈
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔY (0, - 12)	0,4713		0,5373		0,6147		0,7834	0,7819
ΔX (0, - 12)		0,6469		1,1023		1,4904		1,7969
φ			0,3441		0,7893		0,6724	
λ	0,9279	0,9638		0,9693		0,8431		0,7814
NrD			- 0,0024		- 0,0670		- 0,0660	
D ₉		- 0,0492		- 0,1345		- 0,2105		- 0,3168
D ₁₂	0,0429		0,0828		0,1586		0,2109	
D ₁₃	0,0811		0,1195	0,1762		0,3496	0,3472	0,5242
D ₁₆								- 0,1944
D ₁₉		- 0,0683		- 0,1154		- 0,1435		
const	- 32,362	32,930	- 51,250	40,896	- 36,999	45,234	- 143,59	66,431
ΔR (km)	71		145		227		305	
S	51		93		144		183	

$D_9 = \frac{1}{3}$ tổng độ cao mực 500 hpa (đơn vị dam) của 3 trạm biểu số 43316; 47918; 47945

$D_{12} = \frac{1}{2}$ tổng độ cao tương đối của mực 500/700 hpa của 2 trạm biểu số 56291 và 57672 (đơn vị dam).

$D_{13} = \frac{1}{3}$ tổng độ cao tương đối mực 500/700 hpa của 3 trạm biểu số 43279; 48855 và 59981 (đơn vị dam).

$D_{16} =$ Biến động 24h đã qua của độ cao mực 500 hpa của trạm 48820 (đơn vị dam).

$D_{19} =$ Biến động 24h đã qua của $\frac{1}{2}$ tổng độ cao mực 500 hpa của 2 trạm 56291 và 57672 trừ $\frac{1}{2}$ tổng độ cao mực 500 hpa của 2 trạm 48455 và 48900 (đơn vị dam).

Nr - Số thứ tự của ngày trong năm, tính từ ngày 1/1

3. Kết quả thử nghiệm tác nghiệp

Để kiểm nghiệm dưới điều kiện tác nghiệp nhằm rút ra các nhận xét đánh giá vai trò của các nhân tố và khả năng ứng dụng thực hành dưới điều kiện tác nghiệp cụ thể trên khu vực biển Đông, 4 phương pháp thống kê vật lý sau đây đã được lựa chọn để thử nghiệm tại Cục Dự báo KTTV trong các mùa bão 1983 – 1985, [3]

— Phương pháp hồi quy chỉ theo các nhân tố khí hậu quán tính của T. Aoki (phương pháp PC), không sử dụng các tham số về trường [7].

— Phương pháp hồi quy chỉ theo các tham số về trường độ cao mực 700 hpa kèm phân loại hình thể synopt của S.Y.B.Tse, không sử dụng các di chuyển quán tính [8], (p.p. TSE)

— Phương pháp hồi quy sử dụng các tham số khí hậu quán tính và một tham số synopt của Trịnh Văn Thư đã được nêu trên (p.p. HQ)

— Phương pháp tương tự nhóm của Trịnh Văn Thư và Phạm Ngọc Hiện đã được miêu tả trên đây (p.p. TT).

— Ngoài 4 phương pháp nêu trên được tiến hành thử nghiệm theo tiến trình tác nghiệp khi có bão xuất hiện trên khu vực biển Đông, còn được sử dụng các số liệu tác nghiệp này để tính thêm đối với phương pháp hồi quy nhiều tham số synopt (p.p.HQS) và phương pháp quán tính thuần túy (p.p.QT).

Kết quả thử nghiệm tác nghiệp của các phương pháp trên đây được đúc kết trong bảng 1 với cùng số trường hợp dự báo như nhau, trừ p.p. TSE do kết quả xấu nên đã ngừng thử nghiệm trong năm 1985. Nội dung các phương pháp và quá trình thử nghiệm, đánh giá được nêu chi tiết trong công trình [3]. Phân tích các kết quả thử nghiệm này có thể rút ra nhận xét:

a) Đối với thời hạn dự báo 24h p.p.TSE có kết quả kém nhất, điều này có thể giải thích do p.p. TSE sử dụng quá chi tiết giá trị nội suy của trường độ cao mực 700 hpa mà trên khu vực biển Đông và các vùng đại dương lân cận của nó rất thưa thớt số liệu dẫn đến sự bất định của phép nội suy và sai số lớn; còn chưa có điều kiện để ứng dụng tác nghiệp phương pháp này.

b) đối với thời hạn dự báo 24h các phương pháp HQ, HQS, TT và PC có đại lượng sai số xấp xỉ nhau mặc dù phương pháp HQ tỏ ra có ưu việt chút ít, còn đối với thời hạn dự báo 48h phương pháp HQS có kết quả tốt nhất. Điều đó nói lên đối với thời hạn dự báo trên 24h các nhân tố synopt có vai trò quan trọng. Các nhân tố khí hậu quán tính chỉ có ý nghĩa đối với thời hạn dự báo dưới 24h.

III – KẾT LUẬN

✕ Qua thực hiện đề tài N^o 2 hợp tác nghiên cứu khoa học Việt – Xô, phía Liên Xô đã soạn thảo được các mô hình thống kê trên nguyên lý tương tự nhóm và hồi quy từng bước để dự báo 1 – 3 ngày các XTND di chuyển trên Đại Tây Dương và tây bắc Thái Bình Dương. Các kết quả lý thuyết cũng như phân tích khoa học và thực nghiệm của các tác giả Liên Xô là cơ sở quan trọng để các tác giả Việt Nam tham khảo, vận dụng trong việc cấu trúc hệ nhân tố dự

báo thích ứng với điều kiện số liệu thừa thớt và thiếu thốn trên khu vực biển Đông Việt Nam và các vùng đại dương lân cận. Dựa vào đặc thù khu vực dự báo cố định có quy mô không lớn, các tác giả Việt Nam đã tìm được một số tham số synốp đơn giản nhưng có hiệu quả để bổ sung vào hệ nhân tố dự báo khí hậu quán tính. Các tác giả Việt Nam đã soạn thảo được mô hình dự báo theo nguyên lý tương tự nhóm và hồi quy từng bước để dự báo 1-2 ngày di chuyển của các XTNĐ (bão) trên khu vực biển Đông với kết quả có khả năng ứng dụng được trong thực hành tác nghiệp. Các kết quả thực nghiệm khoa học và tác nghiệp trong các mùa bão vừa qua đã khẳng định phương hướng nghiên cứu khoa học đúng đắn và giá trị thực tế của các kết quả đạt được.

Các tác giả chân thành cảm ơn các nhà lãnh đạo 2 ngành KTTV của Liên Xô và Việt Nam, các tác giả Liên Xô, các cán bộ Cục Dự báo KTTV Việt Nam đã tạo những điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện đề tài hợp tác nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Trịnh Văn Thư. Tương quan của các hệ số khai triển trực giao tự nhiên của trường khí áp và trường nhiệt độ không khí đối với sự di chuyển của bão trên biển Đông. Tập công trình nghiên cứu số 3, 1981-1982, TCKTTV, 1983.
2. Trịnh Văn Thư, Phạm Ngọc Hiện. Dự báo sự di chuyển của bão bằng phương pháp tương tự. Tuyển tập phân tích và dự báo bão, tập I, Chương trình tăng cường cơ sở khoa học và kỹ thuật cho công tác dự báo bão. TCKTTV, 1985.
3. Trịnh Văn Thư, Phạm Ngọc Hiện. Kết quả thử nghiệm một số phương pháp VLTK dự báo di chuyển của bão, KTTV, số 4 (304), 1986.
4. Trịnh Văn Thư, Phạm Ngọc Hiện, Đào Kim Nhung. Dự báo di chuyển của bão theo mô hình thống kê sử dụng các nhân tố synốp. Một số kết quả nghiên cứu khoa học chương trình 42A, TCKTTV, 1987.
5. G.V.GRUDA, P.D.GRESCO. Thử nghiệm và sử dụng sơ đồ tương tự nhóm để dự báo di chuyển của XTNĐ Đại Tây Dương, opnhinsk. 1983 (tiếng Nga).
6. G.V.GRUDA, P.D.GRESCO. Tổng kết nghiên cứu khoa học 1984 - Thử nghiệm phân tích thống kê vật lý và dự báo di chuyển và biến đổi của XTNĐ Opnhinsk. 1984 (tiếng Nga).
7. T.AOKI. A statistical prediction of the tropical cyclone position basen on persistence and climatological factors in the Western North Pacific (The PC method). Geophys. Mag. 1979.
8. S.Y.W.TSE. A new method for the prediction of typhoon movement using the 700mb chart. Quart. J.R.Met. Soc. Vol. 92, No. 392.