

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

LÃ THỊ TUYẾT

**THỬ NGHIỆM DỰ BÁO VỊ TRÍ VÀ THỜI GIAN ĐỔ BỘ
CỦA BÃO VÀO BỜ BIỂN VIỆT NAM TRƯỚC 3 ĐẾN 5 NGÀY
BẰNG MÔ HÌNH WRF**

Chuyên ngành: Khí tượng và Khí hậu học
Mã số: 60 44 87

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
GS.TS Trần Tân Tiến**

Hà Nội - 2011

LỜI CẢM ƠN

Người đầu tiên tôi muốn gửi lời cảm ơn chân thành, sâu sắc, đó là GS.TS Trần Tân Tiến. Người Thầy đã từng dạy tôi trong suốt những năm học đại học và sau gần 10 năm Thầy vẫn là người tận tình giúp đỡ và hướng dẫn khoa học để tôi có thể hoàn thành luận văn Thạc sỹ.

Xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các Thầy, Cô ở Khoa khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, những người luôn tạo điều kiện và cho tôi kiến thức để tôi có thể học hỏi vươn lên trong sự nghiệp.

Xin gửi lời cảm ơn tới Phòng Sau đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, đã tạo điều kiện cho tôi trong quá trình tôi học tập tại trường.

Xin cảm ơn những bạn bè đồng nghiệp tại Trung tâm Nghiên cứu Khí tượng Khí hậu, các bạn đồng nghiệp tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy Văn Trung ương đã giúp đỡ tôi trong quá trình tôi thực hiện luận văn.

Xin gửi lời cảm ơn đến lãnh đạo Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, lãnh đạo Trung tâm Nghiên cứu Khí tượng Khí hậu, đã tạo điều kiện thời gian và cơ sở vật chất cho tôi được học tập trong quá trình công tác.

Cuối cùng là lời cảm ơn dành cho gia đình tôi.

Lã Thị Tuyết

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT	1
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	2
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	3
MỞ ĐẦU.....	4
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ DỰ BÁO QUỸ ĐẠO BÃO.....	5
1.1. Dự báo quỹ đạo bão bằng mô hình số trị.....	5
1.2. Sai số dự báo quỹ đạo hạn từ 3 đến 5 ngày	8
1.3. Dự báo bão đổ bộ vào bờ.....	10
1.3.1. Các nghiên cứu về dự báo bão đổ bộ vào bờ	10
1.3.2. Đánh giá về sai số bão đổ bộ.....	12
1.3.3. Dự báo bão đổ bộ vào bờ ở Việt Nam.....	13
CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH WRF VÀ ÁP DỤNG ĐỂ DỰ BÁO VỊ TRÍ VÀ THỜI GIAN ĐỔ BỘ CỦA BÃO	15
2.1. Giới thiệu mô hình.....	15
2.2. Ban đầu hóa xoáy bão trong mô hình WRF.	17
2.3. Cấu hình, miền tính và số liệu.....	18
2.4. Phương pháp xác định vị trí và thời gian đổ bộ của bão.....	19
2.5. Các chỉ tiêu đánh giá	22
CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ DỰ BÁO VỊ TRÍ VÀ THỜI GIAN ĐỔ BỘ CỦA BÃO VÀO BỜ BIÊN VIỆT NAM TRƯỚC 3 ĐẾN 5 NGÀY.....	24
3.1. Các trường hợp thử nghiệm dự báo.....	24
3.2. Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ đối với bão Xangsane.....	30
3.2.1. Diễn biến hoạt động	31
3.2.2. Đánh giá kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ hạn 4 ngày	31
3.2.3. Đánh giá kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ hạn 5 ngày	34
3.3. Đánh giá kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão trên tập mẫu	38
3.3.1. Đánh giá sai số vị trí đổ bộ.....	41
3.3.2. Đánh giá thời gian đổ bộ	44
3.3.3. Đánh giá sự sai lệch vị trí đổ bộ	47
KẾT LUẬN.....	49
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	51

DANH MỤC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

AVN	Mô hình toàn cầu của Mỹ (AViation Global Model)
BMJ	Sơ đồ đối lưu BMJ (Betts-Miller-Janjic)
DPE	Sai số khoảng cách tâm bão (direct Positional error)
ETA	Mô hình dự báo thời tiết bất thủy tĩnh (sử dụng hệ tọa độ “eta η ”)
GFS	Hệ thống dự báo toàn cầu của Mỹ (Global Forecasting System)
HRM	Mô hình dự báo thời tiết khu vực phân giải cao HRM (High resolution Regional Model)
KF	Sơ đồ đối lưu KF (Kain-Fritsch)
KFMX	Sơ đồ đối lưu KFMX (Kain-Fritsch scheme with Momentum flux)
JMA	Cơ quan khí tượng Nhật Bản (Japan Meteorological Agency)
MAE	Sai số tuyệt đối trung bình (Mean Absolute error)
ME	Sai số trung bình (Mean error)
MM5	Mô hình quy mô vừa của Trung tâm Nghiên cứu khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ và Đại học bang Pennsylvania thế hệ thứ 5 (The NCAR/PSU 5 th Generation mesoscale Model)
NHC	Trung tâm dự báo bão Hoa Kỳ (National Hurricane Center)
SANBAR	Mô hình chính áp SANBAR (Sanders Barotropic Hurricane Track Forecast Model)
VICBAR	Mô hình phổ chính áp VICBAR (Vic Ooyama Barotropic Model)
WBAR	Mô hình chính áp của Weber (Weber’s Barotropic Model)
WRF	Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết WRF (Weather Research and Forecasting)

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Sai số dự báo quỹ đạo đối với các hạn dự báo	12
Bảng 3.1: Danh sách các trường hợp bão được chọn thử nghiệm	24
Bảng 3.2: Danh sách các trường hợp có kết quả dự báo hạn 3 ngày	28
Bảng 3.3: Danh sách các trường hợp có kết quả dự báo hạn 4 ngày	29
Bảng 3.4: Danh sách các trường hợp có kết quả dự báo hạn 5 ngày	30
Bảng 3.5: Sai số vị trí bão Xangsane, hạn 4 ngày.....	33
Bảng 3.6: Sai số vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 4 ngày.....	34
Bảng 3.7: Sai số vị trí bão Xangsane, hạn 5 ngày.....	36
Bảng 3.8: Sai số vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 5 ngày.....	37
Bảng 3.9: Thời gian, vị trí đổ bộ của bão, hạn 3 ngày	38
Bảng 3.10: Thời gian, vị trí đổ bộ của bão, hạn 4 ngày	39
Bảng 3.11: Thời gian, vị trí đổ bộ của bão, hạn 5 ngày	40
Bảng 3.12: Trung bình thời gian sai số đổ bộ của các cơn bão	42
Bảng 3.13: Trung bình sai số vị trí đổ bộ của các cơn bão	47
Bảng 3.14: Số trường hợp bão đổ bộ lệch Nam, Bắc so với vị trí đổ bộ thực	47

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 2.1: Cấu trúc mô hình WRF	16
Hình 2.2: Miền tính mô hình.....	19
Hình 2.3: Minh họa file địa hình.....	20
Hình 2.4: Mô tả về sai số vị trí, sai số dọc, sai số ngang	22
Hình 3.1: Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 4 ngày	32
Hình 3.2: Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 4 ngày	33
Hình 3.3: Đồ thị biểu diễn sai số vị trí bão Xangsane, hạn 4 ngày.....	34
Hình 3.4: Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 5 ngày	35
Hình 3.5: Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 5 ngày	35
Hình 3.6: Đồ thị biểu diễn sai số vị trí bão Xangsane, hạn 5 ngày.....	36
Hình 3.7: Đồ thị biểu diễn sai số vị trí của các cơn bão, hạn 3 ngày.....	41
Hình 3.8: Đồ thị biểu diễn sai số vị trí của các cơn bão, hạn 4 ngày.....	41
Hình 3.9: Đồ thị biểu diễn sai số vị trí của các cơn bão, hạn 5 ngày.....	42
Hình 3.10: Đồ thị biểu diễn trung bình sai số vị trí của các cơn bão.....	43
Hình 3.11: Đồ thị biểu diễn sai số thời gian của các cơn bão, hạn 3 ngày	44
Hình 3.12: Đồ thị biểu diễn sai số thời gian của các cơn bão, hạn 4 ngày	45
Hình 3.13: Đồ thị biểu diễn sai số thời gian của các cơn bão, hạn 5 ngày	46

MỞ ĐẦU

Dự báo bão đã được quan tâm từ rất lâu trên thế giới trong đó có Việt Nam, bởi bão là một hiện tượng thời tiết mang tính thiên tai, xuất hiện hàng năm với tần suất lớn và mang lại những hậu quả không nhỏ. Hiện nay dự báo bão bằng phương pháp số đang được chú trọng, đó là phương pháp mang tính khách quan có thể mang lại những dự báo có chất lượng tốt.

Dự báo bão đã được quan tâm dự báo ở các khía cạnh như dự báo quỹ đạo, dự báo cường độ, dự báo bão đổ bộ. Phần lớn các dự báo mới chỉ được thực hiện cho các hạn dự báo đến 72h.

Dự báo được chính xác vị trí và thời gian đổ bộ của bão sẽ có ý nghĩa rất lớn đối với công tác phòng tránh bão. Ở Việt Nam đã có các nghiên cứu thử nghiệm dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn dự báo từ 1 đến 3 ngày.

Với mục tiêu đánh giá khả năng dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam trước 3 đến 5 ngày của mô hình WRF, tác giả đã xây dựng luận văn với tên đề tài “Thử nghiệm dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam trước 3 đến 5 ngày bằng mô hình WRF”

Mô hình WRF là một trong những mô hình có nhiều điểm tối ưu, đã được áp dụng cho Việt Nam trong dự báo thời tiết, dự báo bão nói chung.

Nội dung của luận văn gồm có:

Mở đầu

Chương I. Tổng quan về dự báo quỹ đạo bão

Chương II. Mô hình WRF và áp dụng để dự báo vị trí, thời gian đổ bộ của bão

Chương III. Đánh giá dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam trước 3 đến 5 ngày.

Kết luận, kiến nghị và tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN VỀ DỰ BÁO QUỶ ĐẠO BÃO

1.1. Dự báo quỳ đạo bão bằng mô hình số trị *Trên thế giới*

Trong khoảng hơn 10 năm trở lại đây trước những thay đổi về mặt công nghệ trong hiện đại hóa khoa học thì công nghệ dự báo thời tiết và bão cũng được hiện đại hóa bằng việc dự báo bão bằng các mô hình số trị, không chỉ riêng cho toàn cầu, khu vực mà cũng đã được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam. Có thể kể đến một số mô hình như MM5, WRF, ETA,...

MM5 là một trong những mô hình thuộc thế hệ mới nhất được phát triển từ năm 1970. Đây là mô hình khí tượng động lực quy mô vừa thế hệ thứ 5 của Trung tâm Quốc gia nghiên cứu khí quyển Hoa Kỳ có sử dụng hệ thống lưới lồng trong việc mô phỏng các quá trình vật lý khí quyển. Ban đầu MM5 được xây dựng với chức năng nghiệp vụ là dự báo thời tiết và mưa lớn. Sau này nó đã được nghiên cứu áp dụng cho mục đích dự báo bão. Bão DIANA 1984 là một trong những cơn bão được đưa vào thử nghiệm dự báo bằng MM5 do Christopher A. Davis nghiên cứu [15]. Thử nghiệm cho thấy kết quả dự báo phụ thuộc khá nhiều và sự lựa chọn các sơ đồ tham số hóa đối lưu, tham số hóa hành tinh, độ tinh của lưới, nhất là đối với các kết quả dự báo cường độ và đường đi.

MM5 còn được sử dụng nghiên cứu dự báo quỳ đạo bão với các phương thức như sử dụng sơ đồ cài xoáy đối xứng (Lownam, 2001) [24]; đồng hóa số liệu (Xiao và nnk, 2000; 2006) [25]

Theo [19], tại Hàn Quốc, MM5 được đưa vào dự báo nghiệp vụ thời tiết, mưa lớn và dự báo bão kết hợp với đồng hóa số liệu 3 chiều. Tại đây các nhà khoa học cũng đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển với độ phân giải cao đến kết quả dự báo bão của mô hình. Ngoài ra MM5 còn được nghiên cứu với mục đích dự báo bão ở các nước khác như Đài Loan, Miami [18],...

Hiện nay, có nhiều mô hình số trị được xây dựng với mục đích dự báo chung cho thời tiết và bão. Tuy nhiên trong thực tế hiện nay người ta đã tiến hành xây dựng những mô hình riêng cho dự báo bão hoặc dựa trên cơ sở mô hình dự báo thời tiết và bão nói chung người ta xây dựng những phiên bản riêng cho mục đích dự báo bão. Có thể kể đến một số mô hình như SANBA, VICBAR,...

SANBAR là mô hình với độ phân giải tương đối thô (154km) được phát triển bởi Sanders và Burpee (1968) và được đưa vào nghiệp vụ dự báo quỹ đạo bão vào cuối những năm 60 với những kết quả dự báo được đánh giá là rất tốt dù số liệu thưa thớt [28]. Cơ sở vật lý dự báo bão trong mô hình này là coi sự di chuyển của bão là thụ động so với dòng dẫn đường, đó là trường trung bình lớp sâu (deep layer mean), được xác định bởi trung bình có trọng lượng theo bề dày khí quyển. Hàm dòng trung bình $\bar{\psi}$ này sẽ được tích phân cùng với phương trình xoáy chính áp trong quá trình mô hình thực hiện dự báo. Các cơn bão khi đó được biểu diễn bởi các xoáy đối xứng nhân tạo.

Mô hình chính áp khác được xây dựng cho mục đích dự báo bão khác là mô hình VICBAR (DeMaria và nnk, 1992) [16]. Đây là mô hình được chạy thành công với phổ bốn lưới lồng liên tiếp với độ phân giải lần lượt là 4,8; 2,4; 1,2 và 0,6 độ kinh vĩ. Trung bình lớp cho điều kiện biên và điều kiện ban đầu của mô hình được sử dụng từ số liệu phân tích các mực 800-200hPa. Nguồn số liệu ban đầu hóa cho mô hình được sử dụng từ các tập số liệu quan trắc máy bay, ảnh mây vệ tinh, bóng thám không. Theo đó xoáy đối xứng nhân tạo được xây dựng dựa trên các thông tin chỉ thị bão. Từ 1996 VICBAR đã có một phiên bản chạy nghiệp vụ dự báo quỹ đạo bão bằng cách thay vì sử dụng biểu diễn spline B cho tất cả các biến thì mô hình được biểu diễn bằng dạng chuỗi hàm sin. Đây cũng là mô hình được đánh giá rất thành công trong nghiệp vụ dự báo quỹ đạo bão.

Một mô hình khác đã khẳng định được chất lượng dự báo quỹ đạo bão tương đối tốt qua thử nghiệm cho 167 trường hợp bão trên vùng Đại Tây Dương. Đó là mô hình chính áp WBAR. WBAR được phát triển bởi Weber (2001) [32] với cách thức dự báo được chia làm 2 giai đoạn. Giai đoạn đầu, thực hiện ban đầu hóa xoáy nhằm

loại bỏ xoáy yếu, thiếu chính xác đối với trường phân tích toàn cầu. Sau đó thực hiện quá trình xây dựng xoáy nhân tạo để làm đầu vào cho mô hình dự báo. Ở giai đoạn sau mô hình sẽ thực hiện việc tích phân hệ phương trình nước nông trên hệ tọa độ địa lý có sử dụng các biên trung bình lớp.

Ở Việt Nam

Ở Việt Nam, thử nghiệm dự báo bão mới được bắt đầu từ những năm 1970. Mở đầu cho chuỗi những nghiên cứu thử nghiệm đó là nghiên cứu của Trịnh Văn Thư với nghiên cứu áp dụng mô hình bốn tầng dự báo đường đi của xoáy thuận nhiệt đới dựa trên nguyên tắc dòng dẫn đường [9]. Một nghiên cứu khác của Trịnh Văn Thư và Kinsnamurti (1992) tại trường Đại học Tổng hợp California, Mỹ đã nghiên cứu ban đầu hóa xoáy bão cho mô hình nước nông một mực để dự báo quỹ đạo bão [13]. Hai cơn bão được đưa vào thử nghiệm là bão Betty (1987) và Dan (1989). Trong nghiên cứu này một mô hình chính áp dựa trên hệ phương trình thủy động đầy đủ có sử dụng sơ đồ ban đầu hóa xoáy tạo ra xoáy giả có dạng xoáy đối xứng theo công thức của Rankin. Tuy nhiên ứng dụng này chưa được áp dụng ở Việt Nam do chưa đáp ứng được các yêu cầu về số liệu và công cụ tính toán tại thời điểm đó.

Mô hình WBAR được Phan Văn Tân và nnk (2002) [7] nghiên cứu thử nghiệm khả năng dự báo quỹ đạo bão cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông. Các tác giả đã nghiên cứu các phương án ban đầu hóa xoáy, cách tính trung bình lớp sâu, tham số hóa tối ưu cho mục đích dự báo bão.

HRM là mô hình khu vực độ phân giải cao đã được áp dụng chạy nghiệp vụ ở Việt Nam. Đây là mô hình ba chiều đầy đủ với kỹ năng dự báo cao hơn các mô hình khác (như WBAR), có thể dự báo được những cơn bão đổi hướng liên tục, có đường đi phức tạp mà các mô hình chính áp khác không nắm bắt được (Lê Công Thành, 2004) [8].

Hoàng Đức Cường (2004), trong nghiên cứu về khả năng áp dụng của MM5 đã nhấn mạnh về sơ đồ ban đầu hóa xoáy ứng dụng trong dự báo quỹ đạo và nhất thiết phải sử dụng chức năng cài xoáy của mô hình cho mục đích này [1].

Ở Việt Nam, nghiên cứu về MM5 được thực hiện ở trường Đại học Khoa học Tự nhiên với đề tài nghiên cứu áp dụng sơ đồ phân tích xoáy 3 chiều cân bằng nhằm mục đích tạo trường ban đầu cho MM5 trong dự báo bão [6]. Bên cạnh đó, tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, mô hình MM5 cũng được đưa vào dự báo nghiệp vụ với các đối tượng dự báo như thời tiết, mưa lớn, quỹ đạo và cường độ bão.

Dự báo quỹ đạo bão cũng được nghiên cứu thử nghiệm với mô hình ETA. Đây là mô hình không thủy tĩnh, trước đó được áp dụng cho dự báo thời tiết ở Việt Nam, sau đó được một số tác giả nghiên cứu thử nghiệm áp dụng cho mục đích dự báo bão (Trần Tân Tiến và nnk, 2004) [10].

WRF được Võ Văn Hòa nghiên cứu với mục đích dự báo quỹ đạo đã kết luận WRF dự báo quỹ đạo bão khá tốt, kể cả đối với những cơn bão có đường đi phức tạp với sai số khá nhỏ [4,5].

Tác giả Hoàng Đức Cường (2011) [2] ứng dụng mô hình WRF dự báo bão đến hạn 72h với việc sử dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3DVAR cập nhật số liệu cao không, số liệu synop cho trường ban đầu; và ứng dụng sơ đồ phân tích xoáy giả tích hợp với đồng hóa số liệu. Kết luận, sử dụng sơ đồ 3DVAR cho kết quả dự báo vượt trội so với trường hợp không sử dụng sơ đồ, đặc biệt là ở các hạn từ 42h-72h; đối với trường hợp sử dụng sơ đồ phân tích xoáy giả cho sai số biến động khá mạnh và tăng dần theo các hạn dự báo, trung bình không trên 361km, lớn nhất khoảng 462km ở hạn dự báo 72h.

1.2. Sai số dự báo quỹ đạo bão hạn từ 3 đến 5 ngày

Tại trung tâm Dự báo bão Hoa Kỳ (NHC-National Hurricane Center) dự báo bão hạn 5 ngày đã được thử nghiệm từ năm 1964 và được đưa vào chạy nghiệp vụ từ năm 2003. Sai số dự báo quỹ đạo được định nghĩa là khoảng cách giữa tâm dự

báo và vị trí quỹ đạo thực tại thời điểm đánh giá dự báo. Sai số cường độ là hiệu giữa cường độ dự báo và cường độ theo quỹ đạo thực tại thời điểm đánh giá dự báo [35].

Với hạn dự báo 3 ngày NHC đã liên tục xây dựng kỹ năng để có thể giảm dần sai số. Trung tâm đã tiến hành nghiên cứu cho tập số liệu bão ở Đại Tây Dương từ 1970-2008, chia làm 4 thập kỷ tính toán. Ở thập kỷ 1970 -1979 sai số quỹ đạo trung bình hạn dự báo 3 ngày ở khoảng 370nmi, (nmi_nauticle mile; 1nmi \approx 1,852km). Sang thập kỷ 1980-1989 sai số giảm xuống còn khoảng 340nmi. Tiếp theo tính toán trung bình cho thập kỷ 1990 -1999 sai số quỹ đạo trung bình giảm thêm được 100nmi. Và thập kỷ 2000-2008 giá trị sai số quỹ đạo trung bình của hạn dự báo 3 ngày còn ở khoảng 150nmi. Như vậy qua thời gian thì sai số dự báo vị trí giảm gần một nửa. Có thể nhận thấy kỹ năng dự báo đã tăng đáng kể.

Tính toán cho tập số liệu những cơn bão nhiệt đới và bão mạnh từ 2000-2008 trên khu vực Đại Tây Dương cho thấy sai số quỹ đạo trung bình với hạn dự báo 5 ngày khoảng 265nmi.

Tại cơ quan khí tượng Nhật Bản JMA, qua đánh giá hệ thống dự báo số cho thấy sai số vị trí trung bình trượt ba năm cho năm 2007 với hạn dự báo 5 ngày là 451km (trung bình 3 năm 2005 -2007). Cũng phương pháp này trước đó đã được áp dụng cho năm 1997 với hạn dự báo 3 ngày thì sai số là 472km [36].

Một nghiên cứu khác của cơ quan khí tượng Nhật Bản JMA về dự báo quỹ đạo trung bình tổ hợp với đối tượng là các xoáy thuận nhiệt đới có cường độ bão nhiệt đới trở lên. Theo đó, quỹ đạo trung bình tổ hợp được lấy bằng trung bình tất cả các quỹ đạo dự báo. Và sai số vị trí của trung bình tổ hợp đối với hạn dự báo 5 ngày khoảng 350km.

JMA cũng phát triển kỹ năng dự báo với phương pháp nuôi nhiễu. Các thành phần nhiễu được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp vật lý, bao gồm ban đầu hóa, khuếch tán rối, khuếch tán ngang, kết hợp với các yếu tố như ứng suất sóng trọng trường, bức xạ sóng dài, đối lưu cumulus,... Tuy nhiên với hạn dự báo 3

ngày thì sai số vị trí của dự báo tổ hợp tương đương với sai số vị trí của phương pháp dự báo không nhiễu. Và với hạn 5 ngày thì sai số giảm 40km.

1.3. Dự báo bão đổ bộ vào bờ

1.3.1 Các nghiên cứu về dự báo bão đổ bộ vào bờ trên thế giới

Công tác dự báo bão đã vốn là một quá trình phức tạp, đầy khó khăn. Dự báo được chính xác vị trí và thời gian bão đổ bộ còn khó khăn gấp nhiều lần.

Có thể dẫn ra đây các công trình nghiên cứu về bão đổ bộ như chương trình bão đổ bộ quốc tế (ITCLP), chương trình thử nghiệm bão đổ bộ của Trung Quốc (CLAYTEX),... và những nghiên cứu khác về sự đổ bộ của bão bằng các số liệu quan trắc của Hoa Kỳ,...

Nghiên cứu ở Hồng Kong, tác giả Cheng (2000) bằng việc sử dụng ảnh vệ tinh và rada đã đánh giá các đặc trưng của các cơn bão đổ bộ. Trong nghiên cứu này tác giả đã thử nghiệm đối với trường hợp cơn bão đổ bộ Nam Trung Quốc, đó là cơn Kompas [29]. Kết luận mới chỉ đưa ra ở khía cạnh cấu trúc bão chứ không đánh giá về mức độ sai số. Kết luận cho rằng sự phân bố của vùng đối lưu xung quanh tâm bão trở nên bất đối xứng sau khi đổ bộ, rằng sự bất đối xứng này có liên quan đến độ đứt gió giữa các mực 850mb và 200mb với vùng đối lưu chính ở vùng cuốn xuống của vectơ độ đứt.

Dự báo bão bằng mô hình số trị đã được ứng dụng đa dạng với nhiều loại mô hình nhưng dự báo riêng cho những cơn bão đổ bộ thì vẫn ở một mức nhất định. Theo [14], khi nghiên cứu dự báo đối với bão đổ bộ bằng mô hình số trị thì những yếu tố cần quan tâm nhất đó là những yếu tố đặc trưng cho địa hình đồi núi (độ phân giải ngang); tác động của độ ẩm bề mặt và điều kiện biên.

Ngoài ra, để mô tả sự về sự đổ bộ của các cơn bão nhiệt đới tác giả Tuleya (1983) [26] đã sử dụng mô hình lưới tinh. Kết luận của nghiên cứu này tập trung vào những thay đổi của quỹ đạo, cường độ và mưa bão khi đổ bộ. Theo đó, quỹ đạo của bão thay đổi đáng kể trong quá trình bão đổ bộ, bão mô hình di chuyển chậm hơn và có sự giảm đáng kể trong dải mưa bão sau một vài giờ bão đổ bộ.

Ngoài ra đối với sự tan rã của bão sau khi đổ bộ, nghiên cứu năm 1994 của Tuleya cho thấy rằng có một số yếu tố có ảnh hưởng nhất định, đó là sự giảm nhiệt độ bề mặt đất gần lõi bão nên dẫn đến giảm lượng bốc hơi, và vì thế năng lượng cung cấp cho bão không còn nên bão không thể phát triển mạnh thêm.

Nghiên cứu về lượng mưa trong bão đổ bộ, tác giả Jone (1987) đã sử dụng mô hình bão 3D tinh nghiên cứu, và kết luận rằng, lượng mưa bên trong lõi bão của bão đổ bộ lớn hơn so với bão không đổ bộ. Tác giả cho rằng nguyên nhân của hiện tượng này là do những thay đổi trong quá trình lớp biên và nó phụ thuộc vào dòng đi vào theo phương pháp tuyến của bão đổ bộ.

Các tác giả Brand và Brelloch (1974) và Chang (1982) đã nghiên cứu về sự đổ bộ của bão vào những vùng có địa hình núi phức tạp. Các trường hợp thử nghiệm được tiến hành đối với những cơn bão gần Taiwan, địa hình núi là những vùng có quy mô ngang từ 300km và độ cao cực đại trên 2000m. Kết luận, khi bão di chuyển vào gần vùng bờ thì có những biến đổi nhất định về quỹ đạo và cường độ. Khi còn xa vùng đổ bộ hơn thì bão đã có những biến đổi suy giảm về cường độ, có độ lệch nhất định về quỹ đạo và sự thay đổi của gia tốc chuyển động tịnh tiến.

Cũng vẫn là những nghiên cứu về sự tiếp cận của bão khi vào bờ, tác giả Bender (1987) nghiên cứu về sự ảnh hưởng của địa hình đảo (khu vực bờ biển Taiwan) đối với bão. Kết luận cho thấy, về quỹ đạo, có sự sai lệch theo hướng bắc đối với xoáy bão khi tiếp cận vào bờ. Cường độ bão thay đổi có liên quan rất lớn đến trữ năng lượng ẩn nhiệt.

Dastoor và Krishnamurti (1991) nghiên cứu về tác động của độ ẩm đất đến cấu trúc và chuyển động của bão đổ bộ. Theo các tác giả thì đối với mô hình quy mô vừa, các tham số độ ẩm đất có tác dụng đáng kể trong việc cải thiện cấu trúc và chuyển động của các cơn bão đổ bộ [14]

Về sự tan rã của các cơn bão khi đổ bộ, Tuleya (1995) nghiên cứu về sự liên quan này đối với độ gồ ghề của mặt đất cũng như độ ẩm của đất. Bão sẽ tan rã nhanh hơn khi độ gồ ghề của đất lớn và độ ẩm của đất giảm.

Nghiên cứu của Shen (2002) về bão đổ bộ chú trọng đến các ảnh hưởng của nước và nhiệt bề mặt đối với bão. Theo đó, lượng nhiệt bề mặt hay đốt nóng bề mặt có những ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc và cường độ của những cơn bão đổ bộ.

Kimball (2008) cũng với những nghiên cứu về bão đổ bộ đã kết luận rằng, bão tan rã khi đổ bộ ngoài nguyên nhân do sự suy giảm lượng bốc hơi bề mặt còn do sự tăng ma sát khi bão tiếp cận với bờ. Bên cạnh đó tác giả nghiên cứu về tác động của các đặc trưng bề mặt đất đối với phân bố mưa bão trước, trong và sau khi bão đổ bộ. Các thông lượng bề mặt cũng có những quan hệ nhất định đối với lượng mưa có liên quan đến bão đổ bộ.

Dưới đây là bảng sai số dự báo được tổng hợp từ nguồn JMA với chuỗi số liệu tính toán bão từ 2000-2004

Bảng 1.1. Sai số dự báo đối với các hạn dự báo (đơn vị: hải lý)

Khu vực	Hạn 72h	Hạn 96h	Hạn 120h
Bắc Đại Tây Dương	186,5	235,7	310,2
Đông Bắc Thái Bình Dương	154,4	210,8	273,7
Tây Bắc Thái Bình Dương	182	241	226

(Nguồn: JMA)

1.3.2 Đánh giá về sai số đổ bộ

Trong nghiên cứu về sự đổ bộ của những cơn bão ở vùng biển Đại Tây Dương, Mark D.Powell và Sim D.Aberson [22] cho rằng, các cơn bão được coi là đổ bộ nếu vị trí tâm nội suy của mô hình đi qua đường bờ biển hoặc trong phạm vi bờ biển 75km. Nếu có nhiều vị trí có khoảng cách với bờ nhỏ nhất như nhau thì vị trí được chọn là vị trí có thời gian sớm nhất. Nếu bão chỉ đi song song với khoảng cách đủ gần đối với bờ (bằng một lần bán kính gió cực đại bên trái hoặc hai lần bán kính gió cực đại bên phải so với tâm bão) thì vẫn được xem là bão đổ bộ (và cũng thỏa mãn điều kiện của NHC)

Để đánh giá vị trí và thời điểm đổ bộ của các cơn bão vào bờ biển Hoa Kỳ các tác giả đã phân loại bão với các dạng quỹ đạo như quỹ đạo di chuyển so với đường bờ biển góc từ 45-90 độ, nhỏ hơn 45 độ, bão di chuyển chậm, bão di chuyển nhanh (với mốc là tốc độ quan trắc trung bình tại thời điểm đổ bộ là 5,2m/s), bão có cường độ yếu, bão có cường độ mạnh và bão có cường độ trung bình, phân chia đường bờ biển có bão đổ bộ thành các vùng nhỏ khoảng 5 độ vĩ [22].

1.3.3. Dự báo bão đổ bộ vào bờ ở Việt Nam

Dự báo bão ở Việt Nam đã được quan tâm từ rất lâu, tuy nhiên ban đầu các nhà dự báo chỉ theo dõi bão bằng các bản đồ thời tiết dựa trên các nguồn số liệu thu được từ mạng lưới các trạm quan trắc ven bờ biển, trên các con tàu và các vùng hải đảo. Sau này bão được theo dõi và dự báo bằng 3 phương pháp chính là phương pháp synop, phương pháp thống kê và phương pháp số trị

Phương pháp truyền thống synop là phương pháp tốt đối với các hạn dự báo ngắn trên cơ sở phân tích những bản đồ hình thể thời tiết với nguyên tắc bão di chuyển theo dòng dẫn đường. Phương pháp này cho kết quả dự báo khá tốt nhưng lại phụ thuộc hoàn toàn vào chủ quan dự báo viên.

Phương pháp thống kê: Dự báo dựa trên những phương trình được xây dựng từ mối quan hệ thống kê giữa tốc độ và hướng di chuyển của bão với các tham số khí tượng khác nhau.

Phương pháp số trị là phương pháp dự báo được xây dựng dựa trên nguyên lý mô tả các trạng thái khí quyển bằng các phương trình toán học. Mô hình sẽ thực hiện tính toán và tích phân các hệ phương trình một cách khách quan. Ưu điểm của phương pháp này là ngoài mô tả cấu trúc bão, mô hình còn tính đến cả các quá trình vật lý có tác động và ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của bão. Phương pháp số trị bắt đầu được áp dụng ở nước ta từ những năm của thập kỷ 70.

Trần Ngọc Vân (2009) [12] đã sử dụng số liệu địa hình ứng dụng mô hình ETA để dự báo vị trí và thời điểm đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn 3 ngày. Tác giả đã thử nghiệm với 3 sơ đồ đối lưu trong mô hình là KF, BMJ và

KFMX. Tại 3 hạn dự báo là 1 ngày, 2 ngày và 3 ngày thì sơ đồ KFMX đều cho sai số vị trí nhỏ nhất so với hai sơ đồ còn lại. Đối với thời điểm đổ bộ, ở hạn 24h hai sơ đồ KF và KFMX cho bão đổ bộ sớm, sơ đồ BMJ cho bão đổ bộ muộn hơn so với thực tế. Ở hạn dự báo 24h thì sơ đồ KF cho bão đổ bộ muộn, hai sơ đồ còn lại cho bão đổ bộ sớm hơn so với thực tế.

Lê Hồng Vân (2009) [11] đã sử dụng mô hình WRF với đồng hóa số liệu xoáy giả 3DVAR để dự báo vị trí và thời điểm đổ bộ của bão đối với hạn từ 1 đến 3 ngày. Kết quả cho thấy đối với hạn dự báo 1 ngày, 2 ngày thì trường hợp có đồng hóa số liệu cho sai số vị trí nhỏ hơn, tuy nhiên đối với hạn dự báo 3 ngày thì trường hợp không đồng hóa số liệu cho sai số vị trí nhỏ hơn.

Đề tài luận văn sử dụng mô hình WRF với modul cài xoáy giả để dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão với hạn dự báo trước khi bão đổ bộ từ 3 đến 5 ngày.

CHƯƠNG 2.

MÔ HÌNH WRF VÀ ÁP DỤNG

ĐỀ DỰ BÁO VỊ TRÍ VÀ THỜI GIAN ĐỔ BỘ CỦA BÃO

2.1. Giới thiệu mô hình WRF

WRF (Weather Research and Forecasting) là mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết được phát triển từ mô hình MM5 được cộng tác phát triển từ những cơ quan sau [17, 20, 34]:

- Phòng nghiên cứu Khí tượng qui mô nhỏ và qui mô vừa của trung tâm quốc gia nghiên cứu Khí quyển Hoa Kỳ (NCAR/MMM)
- Trung tâm quốc gia dự báo môi trường (NOAA/NCEP)
- Phòng thí nghiệm phương pháp dự báo (NOAA/FSL)
- Trung tâm phân tích và dự báo bão của trường đại học Oklahoma (CAPS)
- Cơ quan thời tiết hàng không Hoa kỳ (AFWA)
- Học viện khoa học khí tượng của Trung Quốc CAMS
- Cơ quan khí tượng Hàn Quốc KMA

WRF đã và đang được sử dụng ở nhiều nơi trên thế giới với chức năng dự báo thời tiết nghiệp vụ. Như ở Mỹ, mà cụ thể là tại NCEP, mô hình WRF đã được sử dụng để chạy nghiệp vụ từ năm 2004. Tại một số nước khác như Hàn Quốc (từ 2006), Đài Loan (từ 2007).

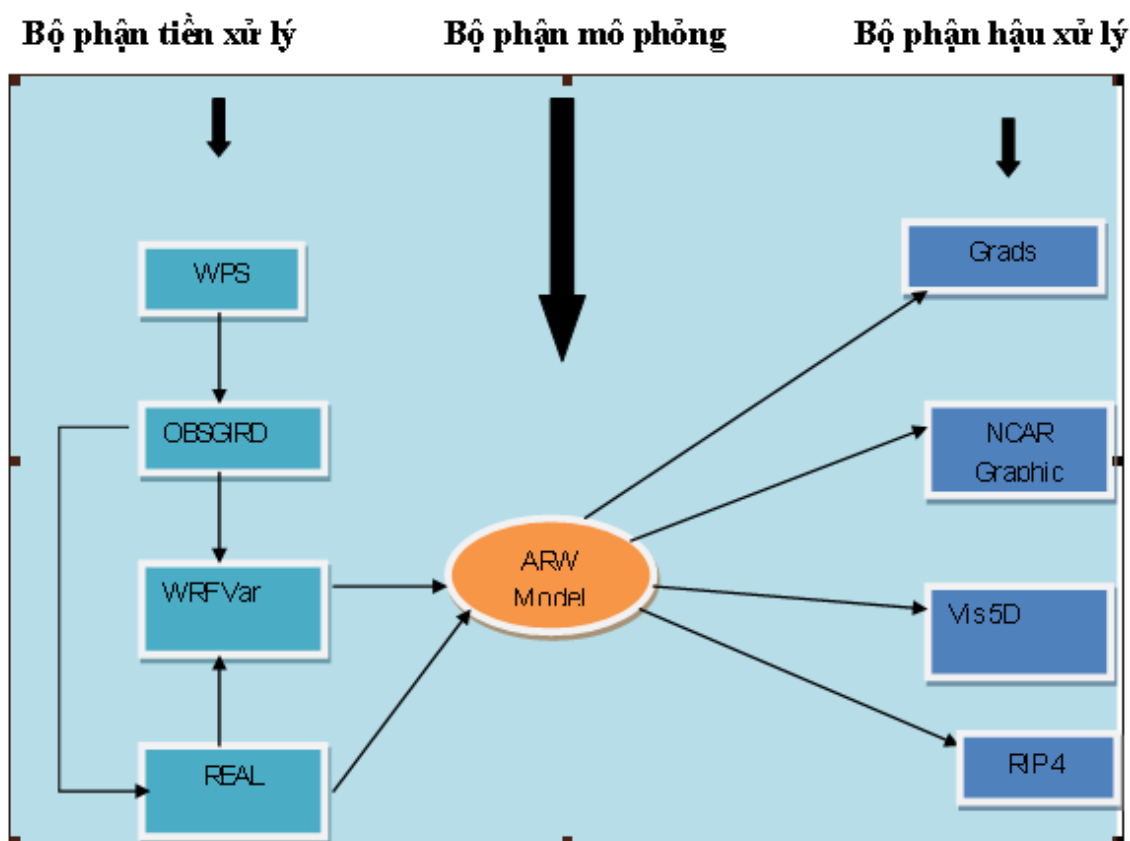
Không chỉ được áp dụng cho chạy nghiệp vụ mà WRF còn được ứng dụng trong nghiên cứu bởi đây là mô hình với hệ thống các modul linh hoạt, tối ưu. Các quá trình tham số hóa trong mô hình như tham số hóa vật lý, bức xạ, lớp biên hành tinh,... cũng có nhiều tùy chọn khác nhau nên có thể phù hợp với nhiều đối tượng khu vực khác nhau. Ngoài ra mô hình còn có những ưu việt khác và ngày càng có nhiều ứng dụng tối ưu trong các phiên bản mới. Phiên bản ARW là một trong những phiên bản nghiên cứu nâng cao.

Trong khuôn khổ luận văn nghiên cứu này sẽ sử dụng phiên bản ARW.

Trong các phiên bản nâng cao, mô hình đã được cập nhật thêm một số chức năng như các sơ đồ vật lý được tích hợp đầy đủ để có thể áp dụng với biên độ quy mô rất lớn (từ hàng mét đến hàng nghìn mét). Cũng là mô hình có mã nguồn mở, dễ dàng để người sử dụng có thể đưa thêm các yếu tố phù hợp với mục đích nghiên cứu của mình.

Cấu trúc mô hình được chia làm 2 bộ phận lớn là bộ phận xử lý và bộ phận mô phỏng. Trong đó bộ phận mô phỏng là bộ phận chính của mô hình. Bộ phận xử lý có hai bộ phận con là tiền xử lý (gồm chương trình mô phỏng dữ liệu ban đầu WPS và bộ chương trình đồng hóa số liệu WRF_Var) và hậu xử lý (công cụ đồ họa xử lý sản phẩm của mô hình).

Sơ đồ cấu trúc mô hình được mô tả trong hình 2.1



Hình 2.1. Cấu trúc mô hình WRF

2.2. Ban đầu hóa xoáy bão trong mô hình WRF

Weber và Smith (1994) [33] đã cho thấy rằng bão là loại hình thời tiết hình thành và hoạt động trên các đại dương miền đông nên những thông tin nắm bắt được về những cơn bão rất ít, do mạng lưới quan trắc trên các đại dương rất thưa thớt. Trong khi đó, để dự báo được tốt thì các mô hình số trị lại cần có nhiều thông tin. Vì vậy khi biểu diễn bão để đưa vào mô hình thì thường là những biểu diễn không rõ, bão bị sai lệch không chỉ về vị trí mà còn sai lệch về cấu trúc. Điều này sẽ dẫn đến những hệ quả xấu, như nó làm tăng sai số ở các bước thời gian tích phân tiếp theo, thời gian tích phân càng dài thì sai số càng tăng, có khi mang tính dây chuyền. Vì vậy, cách duy nhất để chất lượng dự báo của mô hình có thể tốt hơn là hãy đưa vào mô hình một trường ban đầu có chất lượng, đó là một trường biểu diễn đúng không chỉ về vị trí, cấu trúc mà cả cường độ của bão. Đó chính là phương pháp ban đầu hóa xoáy bão, có thể gọi tắt là ban đầu hóa xoáy.

Ngày nay, qua nhiều nghiên cứu người ta đã tìm ra nhiều phương pháp để ban đầu hóa xoáy. Nguyên tắc chung của ban đầu hóa xoáy là từ một xoáy rất ít thông tin xây dựng thành một xoáy có đủ thông tin và cài vào trường môi trường. Trường môi trường sau khi cài xoáy giả sẽ là trường ban đầu hóa. Có thể chi tiết thành 2 bước:

1. Bước 1 (Xây dựng xoáy nhân tạo): Từ một xoáy bão rất ít thông tin hoặc thông tin không chính xác về vị trí tâm, tốc độ gió cực đại trong bão, kích thước bão, chúng ta xây dựng một xoáy bão có đầy đủ thông tin hơn và thông tin chính xác hơn. Theo đó, chúng ta cho xoáy nhân tạo đó một vị trí tâm, một giá trị tốc độ gió cực đại, các thông tin về kích thước sao cho xoáy bão này trở nên là một xoáy bão có cấu trúc, có cường độ gần hơn hay phù hợp với xoáy bão thực. Xoáy bão này được gọi là xoáy bão giả hay xoáy nhân tạo.
2. Bước 2 (Cài xoáy): Xoáy nhân tạo được kết hợp với trường môi trường thành trường ban đầu hóa.

Để thực hiện bước 1 có 2 phương pháp:

Phương pháp kinh nghiệm: từ kinh nghiệm dự báo hoặc nghiên cứu kết hợp với các hiểu biết về lý thuyết cũng như thực nghiệm ta tiến hành xây dựng một xoáy nhân tạo có cường độ và cấu trúc xác định.

Phương pháp động lực: thực hiện xây dựng xoáy nhân tạo bằng cách sử dụng một phiên bản xoáy đối xứng trục của mô hình dự báo để tích phân được kết quả là một xoáy nhân tạo đối xứng trục và các trường cân bằng động lực với nhau.

Để thực hiện bước 2 có 2 phương pháp:

Phương pháp cài xoáy: Xoáy nhân tạo được cài trực tiếp vào trường môi trường sao cho không có sự bất liên tục giữa trường xoáy và trường môi trường [31]. Kết quả này sẽ có được nếu xoáy nhân tạo có cân bằng động lực tốt

Phương pháp đồng hóa số liệu: Thực hiện cài xoáy bằng cách đưa một hoặc một số thành phần của xoáy nhân tạo vào sơ đồ đồng hóa số liệu dưới dạng quan trắc giả [3, 25]

2.3. Cấu hình, miền tính và số liệu

Với mục đích thử nghiệm khả năng dự báo bão đổ bộ của mô hình WRF với hạn dự báo trước 3 đến 5 ngày nên miền tính của mô hình được chọn từ -5°S - 35°N và 90°E - 150°E để có thể nắm bắt được hoạt động của những cơn bão từ trước khi đổ bộ vào bờ biển Việt Nam từ 3-5 ngày. Tâm miền lưới được đặt ở 15°N và 120°E . Với miền lưới được chọn như vậy sẽ bao phủ toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và một phần lãnh thổ Trung Quốc. Từ phía biên phía Bắc có thể mô tả được ảnh hưởng của hoàn lưu gió mùa Đông Bắc từ cao áp Siberi vào mùa đông, từ biên phía Nam có thể mô tả được ảnh hưởng của hoàn lưu gió mùa Tây Nam vào mùa hè.

Độ phân giải của mô hình là 30km

Số chiều theo mực thẳng đứng là: 23

Bước thời gian tích phân là 120, 90.

Điều kiện biên và điều kiện ban đầu là số liệu phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu AVN được nhật 6h một lần

Sơ đồ tham số hóa vi vật lý: Thompson

Sơ đồ bức xạ sóng dài: RRTM

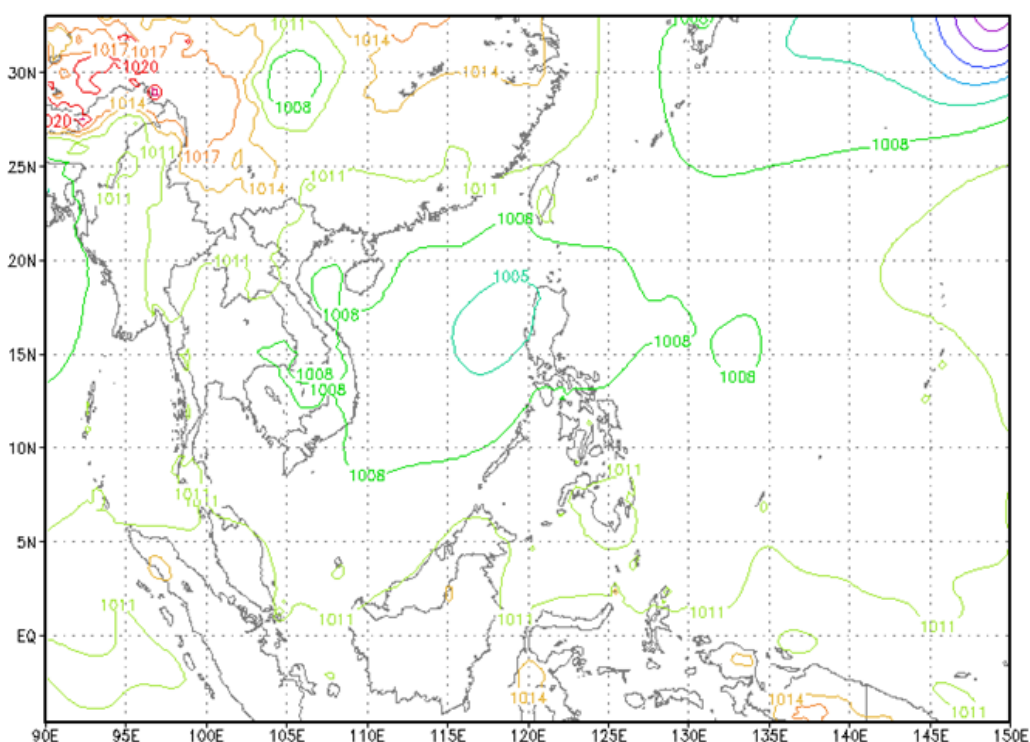
Sơ đồ đất bề mặt: Noah Land-Surface Model

Sơ đồ lớp biên hành tinh: MRF

Sơ đồ tham số hóa đối lưu: Betts-Miller-Janjic

Thông tin chỉ thị bão được lấy từ trang web <http://weather.unyis.com>, bao gồm kinh vĩ độ tâm bão, bán kính gió cực đại.

Việc lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý nêu trên được tiếp thu từ đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ về ứng dụng mô hình WRF trong dự báo thời tiết và bão ở Việt Nam [2].



Hình 2.2. Miền tính mô hình

2.4. Phương pháp xác định vị trí và thời gian đổ bộ của bão

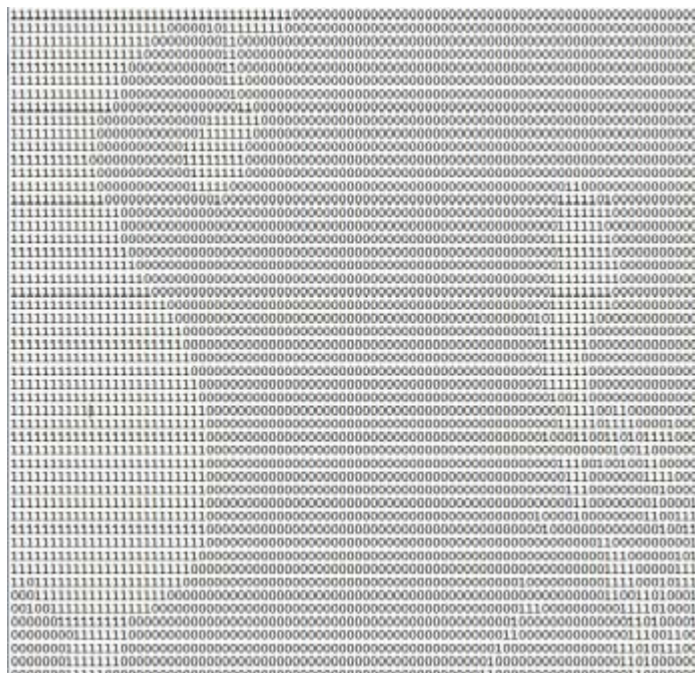
Với mục tiêu xác định vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam nên nội dung luận văn sẽ chỉ đánh giá cho những trường hợp bão đổ bộ và mô hình cũng dự báo được bão đổ bộ vào bờ biển Việt Nam.

Phương pháp xác định vị trí và thời gian đổ bộ của bão là kết hợp sử dụng quy chế báo bão lũ của Việt Nam và file địa hình của Hội địa chất Mỹ. Theo file địa

hình này, tất cả các điểm trên biển có độ cao địa hình nhỏ hơn hoặc bằng 0, tất cả các điểm trên đất liền có độ cao địa hình > 0 .

File địa hình có tên là GTOPO30_2MIN.DAT được tải từ trang web <http://users.ictp.it/~pubregcm/RegCM3/globedat.htm#part5> có kích thước vùng từ -180 - $180^{\circ}E$, -90 - $90^{\circ}N$ gồm 10801 điểm theo phương ngang và 5400 điểm theo phương dọc với độ phân giải là 0.03×0.03 .

Hình 2.3 là hình minh họa file GTOPO30_2MIN.DAT dưới dạng text khi độ cao địa hình giá trị âm được gán bằng 0 và độ cao địa hình giá trị dương được gán bằng 1. Trong luận văn cũng sẽ sử dụng lệnh gán này.



Hình 2.3. Minh họa file địa hình sử dụng trong phương pháp xác định vị trí đổ bộ của bão.

Có thể mô tả cụ thể phương pháp như sau:

Gọi A là vị trí tâm bão trên biển trước khi bão đổ bộ vào đất liền.

A có tọa độ kinh vĩ là (x_1, y_1) và có độ cao địa hình < 0

Gọi B là vị trí tâm bão đầu tiên xác định được trên đất liền khi bão đổ bộ

B có tọa độ kinh vĩ là (x_2, y_2) và có độ cao địa hình > 0

Vị trí A và vị trí B cách nhau khoảng thời gian 6h

Khi đó thực hiện tính quãng đường di chuyển của bão từ A đến B.

Xét

Độ lệch theo phương ngang giữa A và B (Δx):

$$\Delta x = |x_2 - x_1| * 110 \text{ (km)}$$

Độ lệch theo phương dọc giữa A và B (Δy):

$$\Delta y = |y_2 - y_1| * 110 \text{ (km)}$$

Vận tốc trung bình theo phương ngang của bão khi di chuyển từ A đến B là:

$$v_x = \frac{\Delta x}{6} \text{ (km/h)}$$

Vận tốc trung bình theo phương dọc của bão khi di chuyển từ A đến B là:

$$v_y = \frac{\Delta y}{6} \text{ (km/h)}$$

Xét quãng đường di chuyển của bão sau một khoảng thời gian $\Delta t = 15$ phút:
(tương đương với 0,25h)

Quãng đường di chuyển theo phương ngang là:

$$S_x = v_x * \Delta t \text{ (km)} = v_x * 0.25 \text{ (km)} = v_x * 0.25 / 110 \text{ (độ kinh vĩ)}$$

Quãng đường di chuyển theo phương dọc là:

$$S_y = v_y * \Delta t \text{ (km)} = v_y * 0.25 \text{ (km)} = v_y * 0.25 / 110 \text{ (độ kinh vĩ)}$$

Sau khi di chuyển qua quãng đường S_x , S_y thì điểm A sẽ đến một vị trí mới, gọi là điểm A_1 . Gọi tọa độ của A_1 là $A_1(x_3, y_3)$

$$x_3 = x_1 \pm s_x$$

$$y_3 = y_1 \pm s_y$$

(Dấu \pm được xác định tùy theo vị trí A_1 ở phía bên phải hay trái, ở phía bên trên hay phía bên dưới so với vị trí A)

Sau khi xác định được tọa độ của A_1 :

Xét độ cao địa hình của điểm A_1 . Gọi độ cao địa hình đó là h .

Nếu $h < 0$ thì coi như điểm A_1 vẫn chưa ở trên đất liền, tức là tâm bão chưa vào đất liền, \Rightarrow tiếp tục quá trình lặp thời gian $t = t + \Delta t$

Nếu $h > 0$ thì điểm A_1 đã ở trên đất liền. Lúc này $A_1 \equiv B$ và đây chính là vị trí đổ bộ của bão.

Thời điểm đổ bộ của bão sẽ được xác định dựa vào khoảng thời gian t và thời điểm xác định được tọa độ vị trí A.

2.5 Các chỉ tiêu đánh giá kết quả

2.5.1. Sai số vị trí (sai số khoảng cách giữa tâm bão thực tế và tâm bão dự báo):

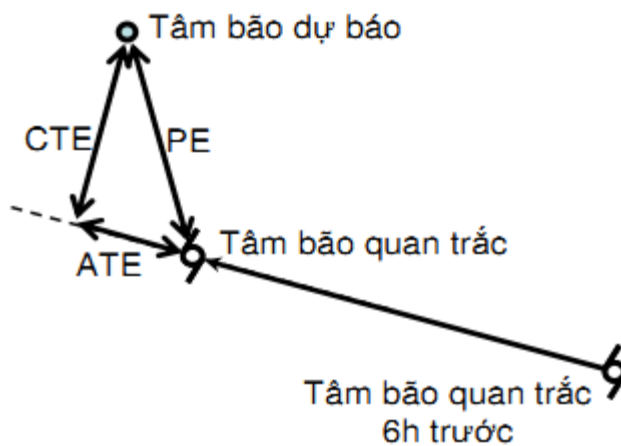
$$PE = R_e \cdot \text{Arc cos} [\sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\beta_1 - \beta_2)]$$

Trong đó:

R_e là bán kính Trái đất

α_1 và β_1 là vĩ độ và kinh độ của tâm bão thực tế (radian)

α_2 và β_2 là vĩ độ và kinh độ của tâm bão dự báo (radian)



Hình 2.4. Mô tả về sai số vị trí, sai số dọc, sai số ngang

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_{ij}}{n}$$

Trong đó: i là dung lượng mẫu ($i = 1, \dots, n$)

j : hạn dự báo ($j = 0, 6, 12, \dots, 120$)

2.5.2. Sai số trung bình ME (đánh giá xu thế đúng (vượt quá hay thấp hơn) của mô hình so với quan trắc)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x^0 - x^f)$$

Trong đó: x^0 và x^f lần lượt là các giá trị quan trắc và dự báo

n là dung lượng mẫu

Sai số này sẽ đánh giá xu thế đúng (vượt quá hay thấp hơn) của mô hình so với quan trắc.

2.5.3. Sai số thời gian đổ bộ:

$$\Delta \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t^f - t^0)$$

Trong đó:

n là chiều dài tập số liệu

t^f là thời điểm dự báo bão đổ bộ

t^0 là thời điểm quan trắc bão đổ bộ.

Theo đó, nếu $\Delta \bar{t} > 0$ thì mô hình dự báo bão đổ bộ muộn, ngược lại nếu $\Delta \bar{t} < 0$ thì mô hình dự báo bão đổ bộ sớm.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ DỰ BÁO VỊ TRÍ VÀ THỜI GIAN ĐỔ BỘ CỦA BÃO VÀO BỜ BIỂN VIỆT NAM TRƯỚC 3 ĐẾN 5 NGÀY.

3.1. Các trường hợp dự báo thử nghiệm

Với mục tiêu dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn dự báo trước khi bão đổ bộ từ 3 đến 5 ngày nên những trường hợp được chọn là những cơn bão đã từng đổ bộ vào bờ biển Việt Nam và có thời gian hoạt động từ 3 ngày trở lên. Và danh sách thử nghiệm trong luận văn gồm 7 cơn bão thỏa mãn yêu cầu nêu trên, đổ bộ vào Việt Nam vào các năm 2005, 2006, 2007, 2010. Tùy theo thời gian tồn tại của từng cơn bão mà số trường hợp được lựa chọn thử nghiệm đối với từng cơn bão sẽ khác nhau. Chi tiết các trường hợp thử nghiệm được đưa trong bảng 3.1

Bảng 3.1. Danh sách các trường hợp bão đổ bộ được chọn thử nghiệm

Tên bão	Số TT	Thời điểm dự báo	Hạn 5 ngày	Hạn 4 ngày	Hạn 3 ngày
CONSON , hoạt động từ 12/7 đến 18/7/2010, đổ bộ vào Hải Phòng - Thái Bình ngày 17/7	1	06Z ngày 12/07/2007	x		
	2	12Z ngày 12/07/2007	x		
	3	18Z ngày 12/07/2007	x		
	4	00Z ngày 13/07/2007		x	
	5	06Z ngày 13/07/2007		x	
	6	12Z ngày 13/07/2007		x	
	7	18Z ngày 13/07/2007		x	
	8	00Z ngày 14/07/2007			x
	9	06Z ngày 14/07/2007			x
	10	12Z ngày 14/07/2007			x
	11	18Z ngày 14/07/2007			x
DAMREY , hoạt	12	00Z ngày 22/09/2005	x		

động từ 19/9 đến 28/9/2005, đổ bộ vào Thanh Hóa ngày 27/9	13	06Z ngày 22/09/2005	x		
	14	12Z ngày 22/09/2005	x		
	15	18Z ngày 22/09/2005	x		
	16	00Z ngày 23/09/2005		x	
	17	06Z ngày 23/09/2005		x	
	18	12Z ngày 23/09/2005		x	
	19	18Z ngày 23/09/2005		x	
	20	00Z ngày 24/09/2005			x
	21	06Z ngày 24/09/2005			x
	22	12Z ngày 24/09/2005			x
	23	18Z ngày 24/09/2005			x
DURIAN , hoạt động từ 26/11 đến 5/12/2006, đổ bộ vào Bến Tre-Trà Vinh ngày 5/12	24	00Z ngày 02/12/2005			x
	25	06Z ngày 02/12/2005			x
	26	12Z ngày 02/12/2005			x
	27	18Z ngày 02/12/2005			x
FRANCISCO , hoạt động từ 22/9 đến 26/9/2007, đổ bộ vào Thái Bình ngày 26/9	28	00Z ngày 22/09/2007		x	
	29	06Z ngày 22/09/2007		x	
	30	12Z ngày 22/09/2007		x	
	31	18Z ngày 22/09/2007		x	
	32	00Z ngày 23/09/2007			x
	33	06Z ngày 23/09/2007			x

	34	12Z ngày 23/09/2007			X
	35	18Z ngày 23/09/2007			X
VICENTE , hoạt động từ 15/9 đến 18/9/2005, đổ bộ vào Nghệ An ngày 18/9	36	00Z ngày 15/09/2005			X
	37	06Z ngày 15/09/2005			X
	38	12Z ngày 15/09/2005			X
	39	18Z ngày 15/09/2005			X
WASHI , hoạt động từ 28/7 đến 31/7/2005, đổ bộ vào Thái Bình-Nam Định ngày 31/7.	40	00Z ngày 28/07/2005			X
	41	06Z ngày 28/07/2005			X
	42	12Z ngày 28/07/2005			X
	43	18Z ngày 28/07/2005			X
XANGSANE , hoạt động từ 26/9 đến 1/10/2006, đổ bộ vào Đà Nẵng ngày 1/10.	44	00Z ngày 26/09/2006	X		
	45	00Z ngày 27/09/2006		X	
	46	18Z ngày 27/09/2006		X	
	47	00Z ngày 28/09/2006			X
	48	06Z ngày 28/09/2006			X
	49	12Z ngày 28/09/2006			X
	50	18Z ngày 28/09/2006			X

Với danh sách thử nghiệm trên, khuôn khổ luận văn đã tiến hành dự báo với hai phương án:

- Dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn dự báo từ 3-5 ngày bằng mô hình WRF.

- Dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn dự báo từ 3-5 ngày bằng mô hình WRF có sử dụng modul cài xoáy giả

Tuy nhiên trong quá trình chạy dự báo thử nghiệm có một số trường mô hình dự báo bão không đổ bộ hoặc tan trước khi vào đất liền nên số trường hợp được đánh giá kết quả không hoàn toàn được đầy đủ như số trường hợp trong danh sách được đưa ra ở bảng 3.1.

Những trường hợp dự báo không có được kết quả phù hợp với tiêu chí đánh giá của luận văn sẽ không đưa ra kết quả dự báo và cũng không được đưa vào để đánh giá.

Với hạn dự báo 3 ngày, dự báo với hai phương án có cài xoáy và không cài xoáy đã nhận được kết quả là 8 trường hợp cho phương án không cài xoáy và 6 trường hợp cho phương án cài xoáy. (Bảng 3.2)

Với hạn dự báo 4 ngày, kết quả nhận được là 4 trường hợp không cài xoáy và 7 trường hợp có cài xoáy. (bảng 3.3)

Với hạn dự báo 5 ngày, kết quả nhận được là 5 trường hợp không cài xoáy và 5 trường hợp có cài xoáy. (bảng 3.4)

Bảng 3.2. Danh sách các trường hợp mô hình dự báo cho kết quả có thể đánh giá được theo mục tiêu của luận văn, hạn thời gian trước khi bão đổ bộ 3 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Phương án thử nghiệm
Francisco	12Z ngày 23/09/2007	Không cài xoáy	
Damrey	06Z ngày 24/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
	12Z ngày 24/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Durian	00Z ngày 02/12/2006		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
	12Z ngày 02/12/2006		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Conson	00Z ngày 17/7/2010	Không cài xoáy	
Vicente	18Z ngày 15/09/2005	Không cài xoáy	
			Cài xoáy
	12Z ngày 15/09/2005	Không cài xoáy	
			Cài xoáy
Tổng		8	6

Bảng 3.3. Danh sách các trường hợp mô hình dự báo cho kết quả có thể đánh giá được theo mục tiêu của luận văn, hạn thời gian trước khi bão đổ bộ 4 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Phương án thử nghiệm
Xangsane	00Z ngày 27/09/2007	Không cài xoáy	
			Cài xoáy
Damrey	06Z ngày 23/09/2005		Cài xoáy
	12Z ngày 23/09/2005		Cài xoáy
	18Z ngày 23/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Conson	00Z ngày 13/07/2010		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
	12Z ngày 13/07/2010		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
18Z ngày 13/07/2010		Cài xoáy	
Tổng		4	7

Bảng 3.4. Danh sách các trường hợp mô hình dự báo cho kết quả có thể đánh giá được theo mục tiêu của luận văn, hạn thời gian trước khi bão đổ bộ 5 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Phương án thử nghiệm
Xangsane	00Z ngày 26/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Damrey	00Z ngày 22/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
	12Z ngày 22/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
	18Z ngày 22/09/2005		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Conson	06Z ngày 12/07/2010		Cài xoáy
		Không cài xoáy	
Tổng		5	5

Như vậy tổng số trường hợp được thử nghiệm trong luận văn cho cả ba hạn dự báo trước khi bão đổ bộ 3 ngày, trước khi bão đổ bộ 4 ngày và trước khi bão đổ bộ 5 ngày là 17 trường hợp đối với phương án không cài xoáy và 18 trường hợp đối với phương án cài xoáy.

Để có một đánh giá vừa mang tính chi tiết vừa mang tính tổng hợp tác giả đã thực hiện lựa chọn đánh giá cho một cơn bão cụ thể và sau đó thực hiện đánh giá chung cho cả tập mẫu.

Cơn bão được thực hiện đánh giá chi tiết hơn là cơn bão Xangsane, với thời gian hoạt động 7 ngày, từ 25/9/2006 đến 2/10/2006.

3.2 Kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ đối với bão Xangsane

Trong chuỗi số liệu thống kê của Việt Nam thì bão Xangsane là một cơn bão mạnh hiếm gặp trong 10 năm trở lại đây. Với thời gian hoạt động tuy không dài so với một số cơn bão khác nhưng đây là một cơn bão mạnh, hình thành ở phía Đông

Philippin, sau đó di chuyển vượt qua quần đảo Philippin đi vào Biển Đông với hướng di chuyển khá ổn định.

Xangsane vừa là cơn bão mạnh, hướng di chuyển ổn định, đổ bộ vào đất liền trong khi cường độ bão vẫn còn rất mạnh. Vì vậy tác giả đã lựa chọn cơn bão này để đánh giá chi tiết về sai số vị trí và thời gian đổ bộ trước khi đánh giá trên toàn tập mẫu.

3.2.1. Diễn biến hoạt động

Bão hình thành ở phía Đông Philippin. Trong quá trình di chuyển bão tăng cường độ rất nhanh, lên tới cấp 15 chỉ sau một ngày hình thành. Trong khoảng thời gian từ đến 27/9 đến sang 28/9 thì bão đi vào quần đảo Philippin đã suy yếu đi một chút nhưng cường độ sau khi suy yếu vẫn còn ở cấp 12. Vượt qua quần đảo Philippin bão lại được tăng cường độ trở lại lên cấp 13. Bão đổ bộ vào Đà Nẵng sang 1/10 với sức gió mạnh cấp 10, 11, giật trên cấp 12.

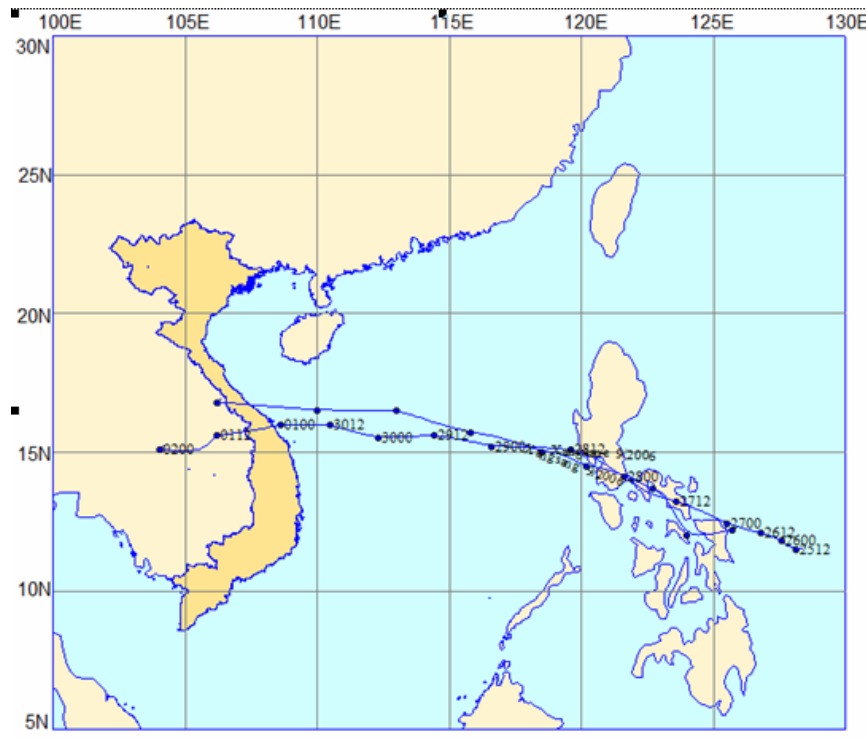
Trong thời kỳ hoạt động trên biển bão có cường độ rất mạnh nên phạm vi ảnh hưởng rộng, vùng gió mạnh bao trùm cả một khu vực rộng lớn. Bán kính gió cấp 7 trở lên trên 400km, bán kính gió cấp 10 trở lên lên tới 150km, tốc độ gió cực đại lên tới 80kts. Khi vào vùng biển gần bờ các tỉnh Trung Trung Bộ cường độ bão vẫn còn rất mạnh, vùng bán kính gió mạnh đã thu hẹp một chút nhưng lại mở rộng lên phía Bắc do có vùng không khí lạnh tăng cường từ phía Bắc.

Xangsane được đưa vào thử nghiệm với cả 3 hạn trước khi bão đổ bộ 3 ngày, 4 ngày, 5 ngày với 2 phương án có cài xoáy và không cài xoáy. Tuy nhiên kết quả dự báo bão Xangsane với hạn 3 ngày đã không cho bão đổ bộ vào bờ trong khi tiêu chí đánh giá chỉ dành cho những trường hợp bão đổ bộ. Nên kết quả đánh giá về vị trí và thời gian đổ bộ của cơn bão Xangsane chỉ được thực hiện với hai hạn dự báo là trước khi bão đổ bộ 4 ngày và trước khi bão đổ bộ 5 ngày.

3.2.2 Đánh giá kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của Xangsane hạn 4 ngày trước khi bão đổ bộ

Ở phương án dự báo không cài xoáy, thời điểm thực hiện dự báo là 00Z ngày 27 tháng 09 năm 2006. Toàn bộ quá trình dự báo quỹ đạo cho thấy bão Xangsane di

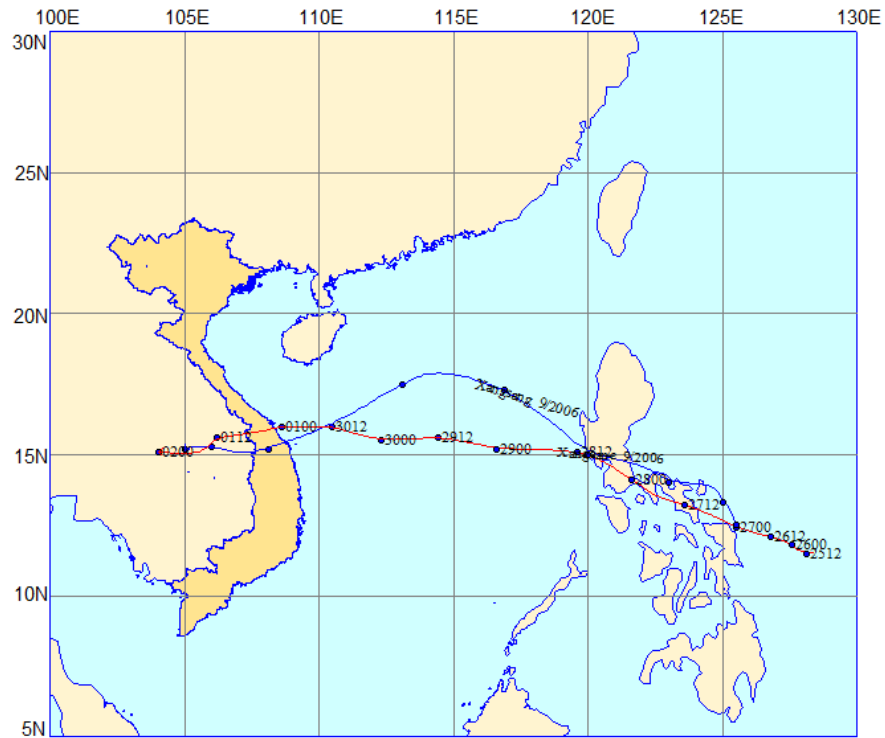
chuyển rất chậm ở giai đoạn đầu (giai đoạn bão đang đi qua quần đảo Phirliplin). Sau đó bão di chuyển với tốc độ rất nhanh và đổ bộ sớm hơn so với thời điểm quan trắc. (Hình 3.1)



Hình 3.1. Kết quả dự báo bão Xangsane, hạn 4 ngày, không cài xoáy
 Đường besttrack: ghi đầy đủ các ớp quan trắc
 Đường dự báo là đường còn lại

Kết quả từ hình 3.1 cho thấy bão Xangsane đã đổ bộ sớm hơn dự báo. Thời điểm cuối cùng của hạn dự báo là 00Z ngày 1/10/2006 vị trí tâm bão đã vượt qua biên giới Việt Nam sang phía tây trong khi theo quan trắc thì lúc này tâm bão vẫn đang còn trên biển, chuẩn bị đi vào Đà Nẵng.

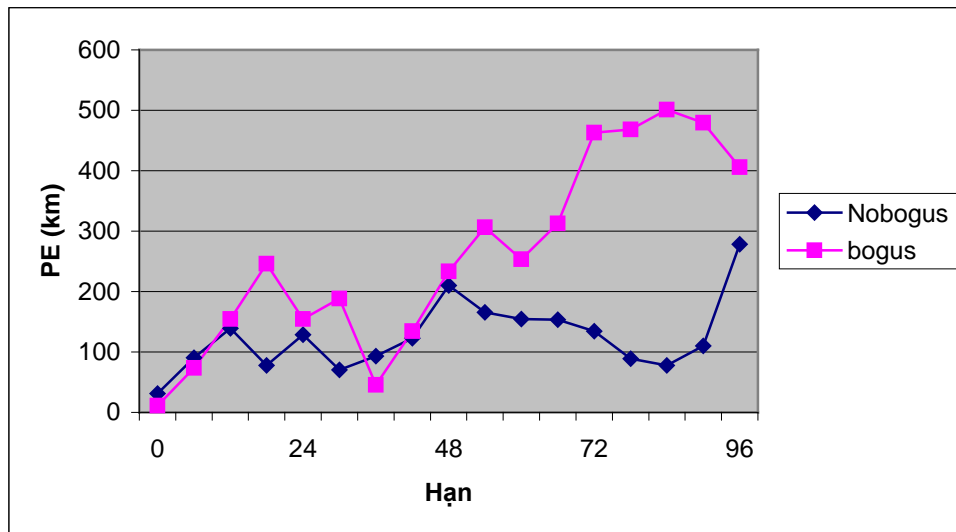
Ở phương án có cài xoáy dự báo cho thấy bão di chuyển nhanh hơn và cũng đổ bộ sớm hơn so với quan trắc.



Hình 3.2. Kết quả dự báo bão Xangsane, hạn 4 ngày, có cài xoáy
Đường besttrack: ghi đầy đủ các óp quan trắc
Đường dự báo là đường còn lại

Bảng 3.5 Sai số vị trí (PE_km) bão Xangsane, hạn 4 ngày

Ngày	Hạn dự báo	Cài xoáy	không cài xoáy
27/9	0	11	15.2
28/9	24	154.39	128.75
29/9	48	233.35	210.15
30/9	72	463.18	134.27
1/10	96	405.66	278.28



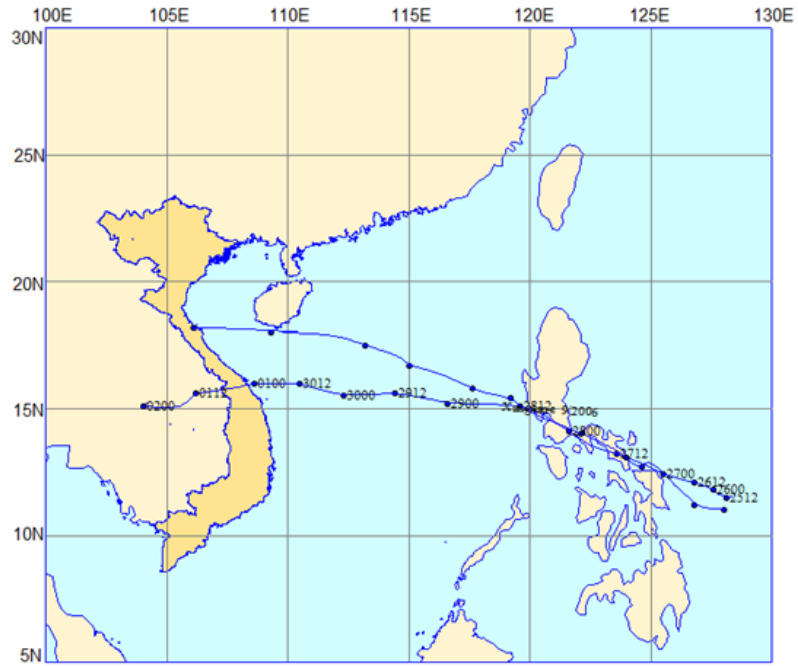
Hình 3.3 Biểu diễn sai số vị trí dự báo bão Xangsane hạn 4 ngày

Như vậy qua hai phương án dự báo có cài xoáy và không cài xoáy thì mô hình đều cho bão đổ bộ vào bờ biển Việt Nam như thực tế nhưng cả hai phương án đều dự báo bão đổ bộ sớm hơn. Sai số thời gian đổ bộ trong hai phương án chỉ hơn kém nhau 1 giờ, sai số vị trí cũng tương đương nhau, khoảng 90km.

Bảng 3.6. Sai số vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 4 ngày

Phương án thử nghiệm	Kinh vĩ độ đổ bộ	Thời điểm đổ bộ	Sai số vị trí (km)	Sai số thời gian (giờ)
Quan trắc	16,0 ⁰ N-108,3 ⁰ E	1,30Z _20061001		
Không cài xoáy	16,5 ⁰ N-107,6 ⁰ E	21,15Z _20060930	94,6	- 4
Có cài xoáy	15,3 ⁰ N-108,7 ⁰ E	22,5Z _ 20060930	88,7	-3

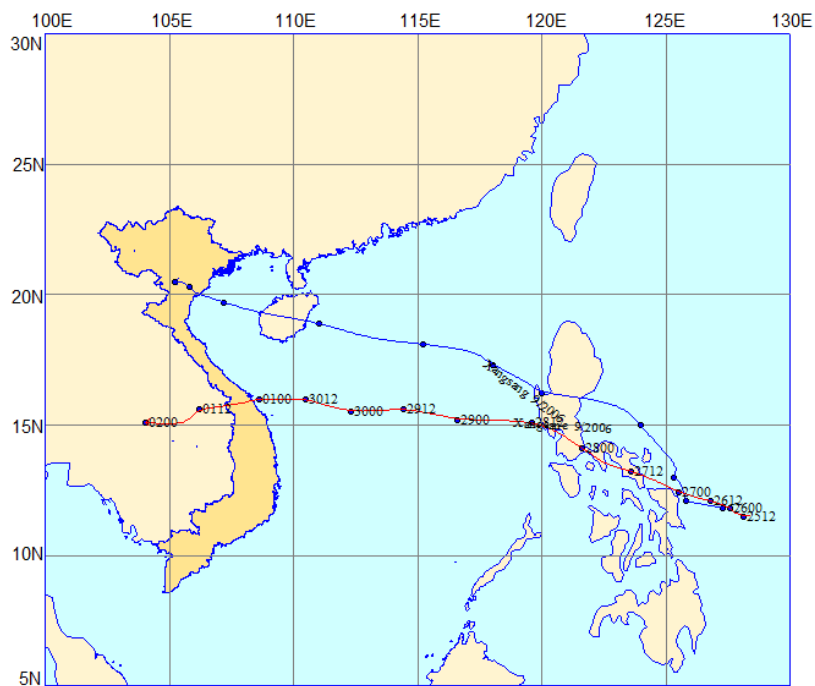
3.2.3 Đánh giá kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của Xangsang hạn 5 ngày trước khi bão đổ bộ



Hình 3.4. Kết quả dự báo bão Xangsane, hạn 5 ngày, không cài xoáy

Đường besttrack: ghi đầy đủ các ốp quan trắc

Đường dự báo là đường còn lại



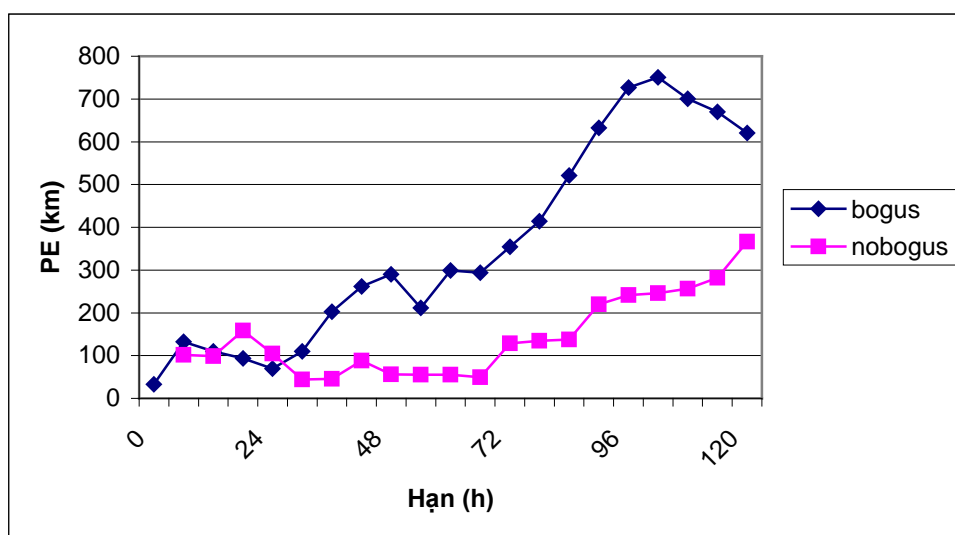
Hình 3.5. Kết quả dự báo bão Xangsane, hạn 5 ngày, có cài xoáy,

Đường besttrack: ghi đầy đủ các ốp quan trắc.

Đường còn lại là đường dự báo.

Bảng 3.7. Sai số vị trí (PE_{km}) bão Xangsane, hạn 5 ngày

Ngày	Hạn dự báo	cài xoáy	không cài xoáy
26/9	0	33.0	38.1
27/9	24	69.6	104.4
28/9	48	290.4	56.1
29/9	72	354.2	128.3
30/9	96	726.8	241.3
1/10	120	620.4	366.3



Hình 3.6. Biểu diễn sai số vị trí bão Xangsane, hạn 5 ngày.

Kết quả đối với hạn dự báo 5 ngày trước khi bão đổ bộ đối với cơn Xangsane cho thấy, từ các hạn 72h đến 120h sai số vị trí tâm bão tăng rất nhanh. Với phương án có cài xoáy sai số vị trí lên tới trên 700km ở hạn 94 h, sau đó lại giảm dần xuống khoảng 600km đối với hạn 120h. Với phương án không cài xoáy thì sai số vị trí lớn nhất ở hạn 120h, với giá trị là 366km. (hình 3.6, bảng 3.7)

Bảng 3.8 . Sai số vị trí và thời gian đổ bộ bão Xangsane, hạn 5 ngày

Bão Xangsane	Kinh vĩ độ đổ bộ	Thời điểm đổ bộ	Sai số vị trí (km)	Sai số thời gian (giờ)
Quan trắc	16,0 ⁰ N-108,3 ⁰ E	1,30Z_ 20061001		
Không cài xoáy	20,1 ⁰ N-109,2 ⁰ E	9,25Z_20060930	483,3	- 16
Có cài xoáy	19,7 ⁰ N-105,7 ⁰ E	14,25Z_ 20060930	497,4	-11

Ở hạn dự báo 5 ngày cả hai phương án đều cho bão đổ bộ sớm hơn quan trắc, sai số vị trí trong hai phương án không sai khác nhau nhiều, lần lượt là 483km cho phương án không cài xoáy và 497km cho phương án cài xoáy. Sai số thời gian tương ứng cho hai phương án là 16h và 11h

3.3. Đánh giá vị trí và thời gian đổ bộ của bão trên toàn tập mẫu

Các bảng 3.9, 3.10, 3.11 dưới đây lần lượt là kết quả dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam với hạn dự báo từ 3-5 ngày trước khi bão đổ bộ

Bảng 3.9. Kết quả dự báo các cơn bão, hạn 3 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Thời điểm đổ bộ	Kinh độ đổ bộ	Vĩ độ đổ bộ	Sai số vị trí (km)	Sai số thời gian (giờ)
Francisco	2007092312	Quan trắc	16,25Z_20070925	105,9	19,6		
		Không cài xoáy	21,15Z_20070925	105,9	18,6	110,0	+ 5
Damrey	2005092406	Quan trắc	2,15Z_20050927	105,9	19,6		
		Cài xoáy	16,30Z_20050927	105,8	18,8	88,7	+ 14
	2005092412	Không cài xoáy	10,15Z_20050927	105,9	18,4	132,0	+ 8
		Cài xoáy	7,30Z_20050927	106,5	17,7	219,2	+ 6
	2006120200	Không cài xoáy	21,25Z_20050927	106,5	17,8	208,7	+ 18
		Quan trắc	1Z_20061205	106,8	9,9		
Durian	2006120200	Cài xoáy	18,15Z_20051204	109,1	11,4	302,1	- 11
		Không cài xoáy	16Z_20061205	109,1	11,4	302,1	+ 15
	2006120212	Cài xoáy	22,15Z_20061204	106,8	10,2	33,0	- 3
		Không cài xoáy	3,15Z_20061205	108,5	11,0	222,7	+3
Conson	2010071400	Quan trắc	12Z_20100717	107,4	20,2		
		Không cài xoáy	18,30Z_20100717	110,6	18,7	388,0	+ 6
Vicente	2005091518	Quan trắc	7,15Z_20050918	106,4	18,3		
		Không cài xoáy	20,25Z_20050917	106,3	18,0	34,8	- 11
	2005091512	Cài xoáy	10,15Z_20050917	108,5	15,7	367,6	- 21
		Không cài xoáy	14,25Z_20050917	106,5	17,5	88,7	- 17
		Cài xoáy	15,30Z_20050917	105,9	19,3	123,0	- 16

Bảng 3.10. Kết quả dự báo các cơn bão, hạn 4 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Thời điểm đổ bộ	Kinh độ đổ bộ	Vĩ độ đổ bộ	Sai số vị trí (km)	Sai số thời gian (giờ)	
Xangsane	2007092706	Quan trắc	1,30Z_20061001	108,3	16,0			
		Cài xoáy	22,30Z_20070930	108,7	15,3	88,7	- 3	
		Không cài xoáy	21,15Z_20070930	107,6	16,5	94,6	- 4	
Damrey		Quan trắc	2,15Z_20050927	105,9	19,6			
		2005092306	Cài xoáy	20,30Z_20050925	105,8	19,2	45,5	- 30
		2005092312	Cài xoáy	22,15Z_20050925	105,7	18,9	80,8	- 28
		2005092318	Cài xoáy	3,25Z_20050926	105,8	18,8	88,5	- 22
			Không cài xoáy	14,25Z_20050926	105,7 ⁰	19,1	59,2	- 12
Conson		Quan trắc	12Z_20100717	107,4	20,2			
		2010071300	Cài xoáy	6Z_20100717	110,4	20,0	330,7	- 6
			Không cài xoáy	00Z_20100717	113,9	24,9	882,3	-12
		2010071312	Cài xoáy	2,25Z_20100717	110,8	19,7	378	- 10
			Không cài xoáy	21,15Z_20100717	108,1	16,3	435,9	+ 9
		2010071318	Cài xoáy	3Z_20100717	111,1	19,6	412,3	- 9

Ghi chú: Sai số thời gian được làm tròn

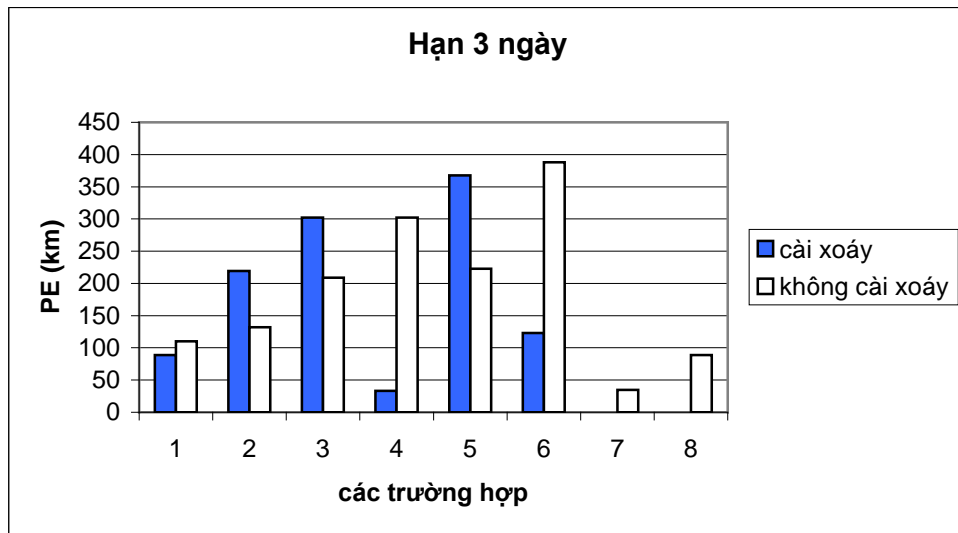
Bảng 3.11. Kết quả dự báo các cơn bão, hạn 5 ngày

Tên bão	Thời điểm dự báo	Phương án thử nghiệm	Thời điểm đổ bộ	Kinh độ đổ bộ	Vĩ độ đổ bộ	Sai số vị trí PE	Sai số thời gian
Xangsane	2007092600	Quan trắc	1,30Z _20061001	108,3	15,98		
		Cài xoáy	9,25Z _20060930	109,2	20,1	483,3	- 16
		Không cài xoáy	14,25Z _20060930	105,7	19,7	497,4	- 11
Damrey	2005092200	Quan trắc	2,15Z _20050927	105,9	19,6		
		Cài xoáy	22,15Z_20050926	109,0	14,8	628,5	- 4
		Không cài xoáy	14,30Z_20050927	105,8	19,1	56,9	+ 12
	2005092212	Cài xoáy	13Z_20050927	107,0	20,9	187	+ 11
		Không cài xoáy	5Z_20050927	106,5	18,0	188	+ 3
	2005092218	Cài xoáy	14,15Z_20050926	106,1	20,3	108,9	+ 12
		Không cài xoáy	14,25Z _20050926	105,7	19,1	59,2	+ 12
Conson	2010071206	Quan trắc	12Z _20100717	107,4	20,2		
		Cài xoáy	6,30Z _20100717	110,8	20,0	374	- 6
		Không cài xoáy	11Z -20100717	110,5	18,5	388,9	- 1

Ghi chú: Sai số thời gian được làm tròn

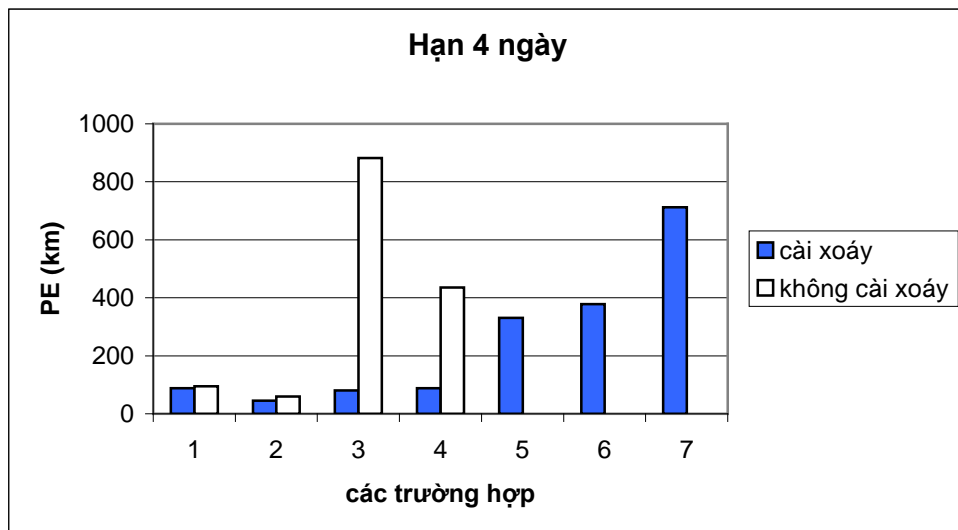
3.3.1 Đánh giá sai số vị trí đổ bộ

Hạn 3 ngày: Đối với hạn dự báo 3 ngày trước khi bão đổ bộ, kết quả sai số vị trí cho thấy không có phương án nào ưu thế hơn phương án nào. Đối với phương án dự báo không cài xoáy sai số trong các trường hợp tính dao động từ 34km đến 388km. Phương án cài xoáy cho kết quả sai số vị trí từ 33km đến 370km (hình 3.7)



Hình 3.7 Biểu diễn sai số vị trí đổ bộ của các cơn bão, hạn 3 ngày

Hạn 4 ngày



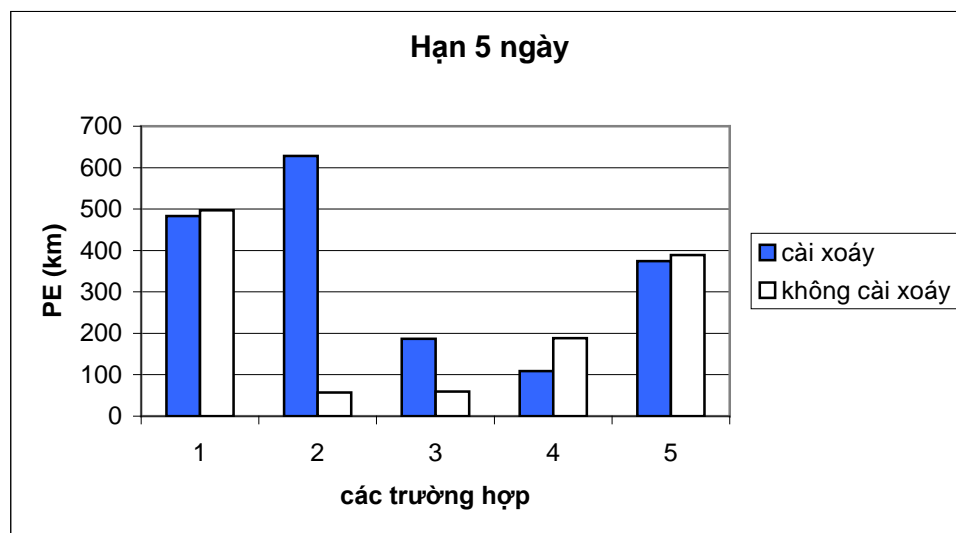
Hình 3.8 Biểu diễn sai số vị trí đổ bộ của các cơn bão, hạn 4 ngày

Hình 3.8 biểu diễn kết quả dự báo đối với hạn 4 ngày trước khi bão đổ bộ. Phương án có cài xoáy cho sai số nhỏ hơn hẳn so với phương án không cài xoáy.

Sai số vị trí đổ bộ trong phương án không cài xoáy lên tới trên 800km trong khi phương án cài xoáy cho sai số lớn nhất khoảng 400km, bằng 1/2 so với phương án không cài xoáy.

Hạn 5 ngày: Sai số vị trí đổ bộ của bão đối với 5 ngày cho thấy giá trị sai số lớn nhất trong phương án có cài xoáy lớn hơn khoảng 100km so với phương án không cài xoáy (Hình 3.9).

Sai số vị trí đổ bộ trong các trường hợp được dự báo với phương án không cài xoáy cho sai số phần lớn các trường hợp từ 200km đến 500km. Phương án cài xoáy cho kết quả sai số vị trí nói chung là tương đương với phương án không cài xoáy song sai số vị trí lớn nhất ở phương án này lên tới trên 600km.

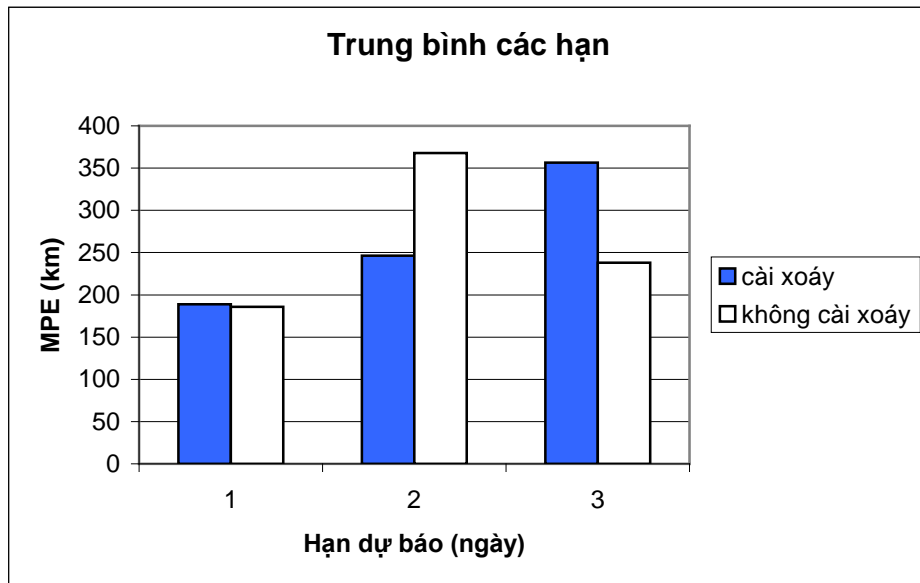


Hình 3.9 Biểu diễn sai số vị trí đổ bộ của các cơn bão, hạn 5 ngày

Đánh giá trung bình cả 3 hạn dự báo

Bảng 3.12. Trung bình sai số vị trí đổ bộ của bão

Phương án	Không cài xoáy	Cài xoáy
Hạn 3 ngày	185.9	188.9
Hạn 4 ngày	368.0	246.3
Hạn 5 ngày	238.1	356.4



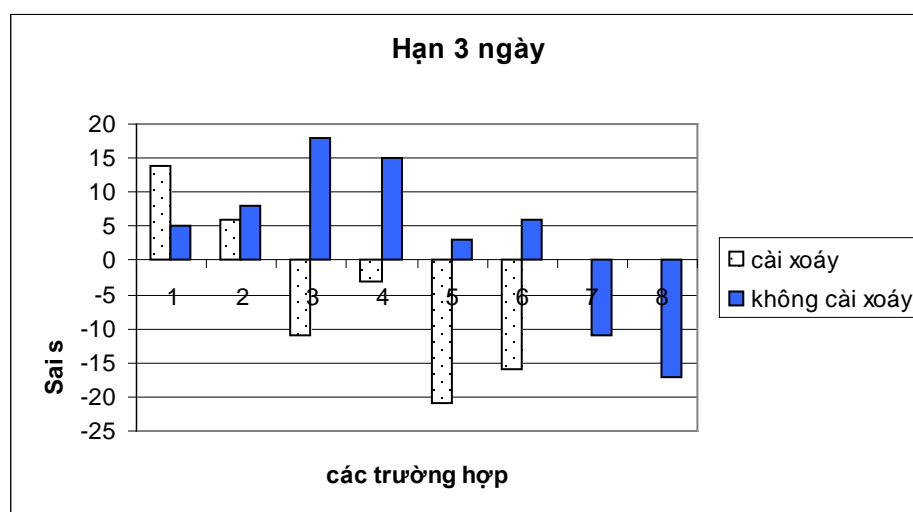
Hình 3.10 Biểu diễn trung bình sai số vị trí đổ bộ của bão đối với hạn dự báo

Bảng 3.12 và hình 3.10 biểu diễn trung bình sai số vị trí đổ bộ của bão đối với cả 3 hạn dự báo 3 ngày, 4 ngày, 5 ngày.

Đối với hạn dự báo 3 ngày, sai số vị trí đổ bộ tương đương nhau, khoảng 190km. Đối với hạn dự báo 4 ngày, sai số vị trí đổ bộ trong phương án có cài xoáy nhỏ hơn so với sai số vị trí đổ bộ trong phương án không cài xoáy khoảng 120km. Tuy nhiên, đối với hạn dự báo 5 ngày thì phương án có cài xoáy lại dự báo với sai số vị trí đổ bộ lớn hơn so với phương án không cài xoáy. Khoảng cách giữa hai giá trị sai số trong hai phương án này là 100km.

3.3.2 Đánh giá thời gian đổ bộ của bão

Hạn 3 ngày:



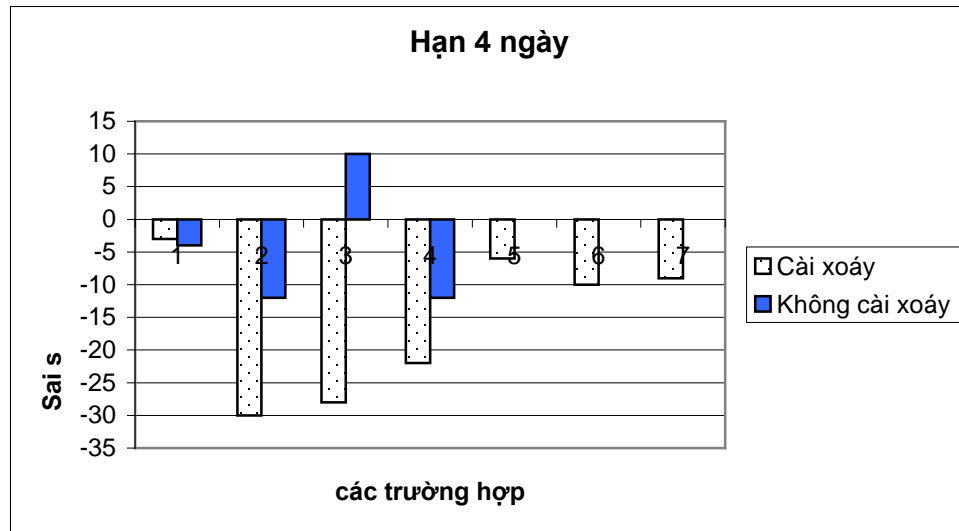
Hình 3.11. Biểu diễn sai số thời gian đổ bộ của các cơn bão, hạn 3 ngày

Các kết quả dự báo thời gian đổ bộ của bão hạn 3 ngày cho thấy sai số thời gian đổ bộ lên tới gần một ngày (24h) trong cả hai phương án dự báo có cài xoáy và không cài xoáy. (Hình 3.11)

Phương án không cài xoáy làm lớn dự báo bão đổ bộ muộn (6/8 trường hợp). Sai số thời gian dao động từ -17h tới +18h tức là mô hình dự báo bão có thể đổ bộ sớm tới 17h và đổ bộ muộn tới 18h.

Phương án không cài xoáy dự báo tới 4/5 trường hợp bão đổ bộ sớm. Sai số thời gian đổ bộ cũng dao động tương đối lớn, từ -3 đến -21h. Sai số thời gian trong trường hợp bão đổ bộ muộn là 6h.

Hạn 4 ngày



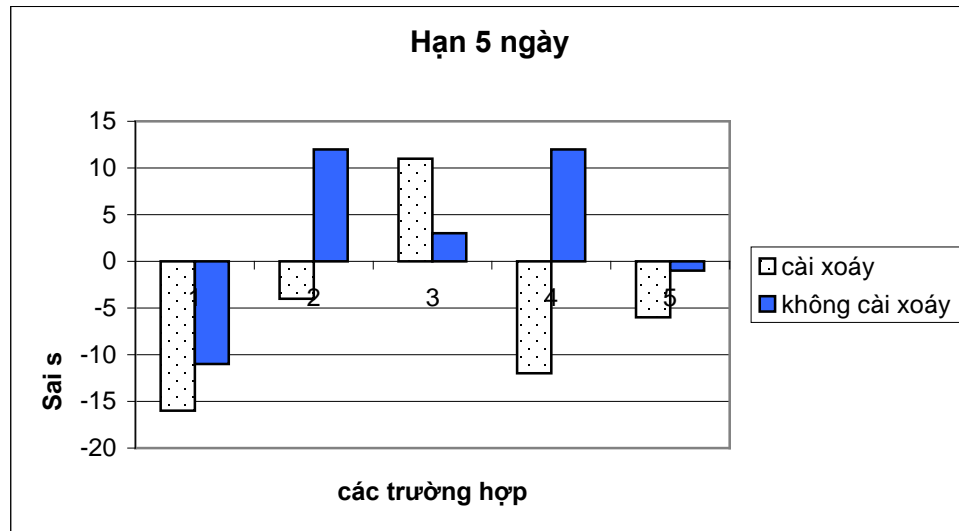
Hình 3.12. Biểu diễn sai số thời gian đổ bộ của các cơn bão, hạn 4 ngày

Đối với hạn dự báo 4 ngày, sai số dự báo tăng hơn so với hạn 3 ngày. Sai số thời gian tối đa ở hạn dự báo này lên tới 30h. Phần lớn ở các trường hợp dự báo, bão đều đổ sớm so với quan trắc. (hình 3.12)

Tất cả các trường hợp được dự báo bằng phương án có cài xoáy đều cho bão đổ bộ sớm. Trong đó có một nửa số trường hợp bão đổ bộ sớm với sai số thời gian trên 20 giờ. Các trường hợp còn lại dao động trong khoảng dưới 10 giờ.

Phương án không cài xoáy cũng cho 3/4 số trường hợp bão đổ bộ sớm. Tuy nhiên sai số thời gian ở phương án dự báo này nhỏ hơn đáng kể so với phương án dự báo có cài xoáy, dao động từ -12 (bão đổ bộ sớm 12 giờ) đến +10 (bão đổ bộ muộn 10h)

Hạn 5 ngày



Hình 3.13. Biểu diễn sai số thời gian đổ bộ của các cơn bão, hạn 5 ngày

Đối với hạn dự báo 5 ngày, các trường hợp bão dự báo đổ bộ sớm cũng chiếm phần lớn các trường hợp thử nghiệm tuy sai số lớn nhất về thời gian đổ bộ có nhỏ hơn so với hạn 4 ngày (Hình 3.13).

Phương án dự báo không cài xoáy dự báo số trường hợp bão đổ bộ muộn chiếm nhiều hơn (3/5) trường hợp. Sai số thời gian trong trường hợp bão đổ bộ sớm ở phương án này là -11 (sớm 11h) và trong trường hợp bão đổ bộ muộn thì sai số thời gian có tăng hơn một chút (muộn 12h).

4/5 trường hợp được thử nghiệm với phương án có cài xoáy đều cho kết quả bão đổ bộ sớm. Sai số thời gian trong các trường hợp này lớn nhất là -16 giờ và nhỏ nhất là -4h. Trường hợp duy nhất được báo đổ bộ muộn có sai số thời gian là +11 giờ.

Đánh giá trung bình cho cả ba hạn dự báo

Bảng 3.13. Trung bình sai số thời gian đổ bộ của bão

Hạn	Cài xoáy		Không cài xoáy	
	Thời điểm đổ bộ	TB tuyệt đối sai số thời gian	Thời điểm đổ bộ	TB tuyệt đối sai số thời gian
3 ngày	Thiên sớm	12	Thiên muộn	9
4 ngày	Thiên sớm	15	Thiên sớm	9
5 ngày	Thiên sớm	10	Thiên muộn	8

Bảng 3.13 là kết quả tính trung bình sai số thời gian đổ bộ đối với cả 3 hạn dự báo. Từ kết quả này có thể nhận thấy rằng, ở cả 3 hạn dự báo thì phương án cài xoáy đều dự báo bão đổ bộ sớm hơn so với quan trắc. Trung bình tuyệt đối sai số thời gian ở cả hai phương án dự báo, đối với các hạn dự báo dao động từ 8 đến 15h

Phương án không cài xoáy cho sai số thời gian nhỏ hơn phương án cài xoáy ở cả ba hạn dự báo. Tuy nhiên trung bình sai số thời gian hạn 4 ngày cũng lớn hơn so với hai hạn còn lại và cũng là hạn duy nhất bão được dự báo bão đổ bộ sớm hơn so với quan trắc. Hai hạn dự báo còn lại là 3 ngày và 5 ngày, nghĩa là bão được dự báo đổ bộ muộn hơn so với quan trắc.

3.3.3. Đánh giá về sự sai lệch vị trí đổ bộ

Bảng 3.12 Số trường hợp dự báo bão đổ bộ lệch Nam và lệch Bắc so với vị trí đổ bộ thực

Phương án và hạn dự báo	Không cài xoáy		Cài xoáy	
	Lệch Nam	Lệch Bắc	Lệch Nam	Lệch Bắc
3 ngày	5	2	3	3
4 ngày	2	2	7	0
5 ngày	4	1	3	2

Bảng kết quả 3.12 cho thấy,

Đối với hạn dự báo 3 ngày phương án không cài xoáy phần lớn dự báo bão lệch Nam, phương án có cài xoáy ở các trường hợp bão đổ bộ lệch Nam, Bắc tương đương với nhau.

Đối với hạn dự báo 4 ngày, tất cả các trường hợp được dự báo bởi phương án cài xoáy đều đổ bộ lệch Nam so với vị trí đổ bộ thực. Phương án không cài xoáy dự báo tỷ lệ đổ bộ lệch Nam, Bắc so với vị trí thực tương đương với nhau.

Đối với hạn dự báo 5 ngày, cả hai phương án cài xoáy và không cài xoáy phần lớn đều dự báo bão đổ bộ lệch Nam so với vị trí đổ bộ thực.

KẾT LUẬN

Các kết quả chính mà luận văn đạt được:

1. Tổng quan dự báo bão trên thế giới và Việt Nam về dự báo quỹ đạo, dự báo bão đổ bộ. Giới thiệu về mô hình WRF và ứng dụng trong dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam.
2. Kết quả thử nghiệm dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của 7 cơn bão đã từng đổ bộ vào bờ biển Việt Nam trong các năm 2005, 2006, 2007, 2010 với 35 trường hợp dự báo bằng hai phương án: mô hình WRF cài xoáy và không cài xoáy. Và có những kết luận đánh giá sau:
 - Dự báo trước khi bão đổ bộ 3 ngày, trung bình sai số vị trí trong hai phương án tương đương nhau (khoảng 190km). Về thời gian đổ bộ, phương án có cài xoáy dự báo bão đổ bộ sớm, phương án không cài xoáy dự báo bão đổ bộ muộn. Trung bình tuyệt đối sai số thời gian tương ứng cho hai phương án là 12h và 9h. Về sự lệch phải, trái của vị trí đổ bộ, phương án không cài xoáy phần lớn dự báo bão đổ bộ lệch Nam (5/7 trường hợp). Phương án cài xoáy thì tỷ lệ bão đổ bộ lệch Nam, Bắc là tương đương.
 - Dự báo trước khi bão đổ bộ 4 ngày, phương án cài xoáy cho sai số nhỏ hơn so với phương án không cài xoáy (tương ứng là 250km và 368km). Về thời gian đổ bộ, cả hai phương án đều dự báo bão đổ bộ sớm. Trung bình tuyệt đối sai số thời gian tương ứng là 15h và 10h. Phương án cài xoáy dự báo toàn bộ các cơn bão đều đổ bộ lệch Nam (7/7 trường hợp). Phương án không cài xoáy thì tỷ lệ bão đổ bộ Nam, Bắc là tương đương nhau.
 - Dự báo trước khi bão đổ bộ 5 ngày, phương án không cài xoáy cho sai số nhỏ hơn phương án cài xoáy (tương ứng là 238km và 356km). Về thời gian đổ bộ, phương án cài xoáy dự báo bão đổ bộ sớm, phương án không cài xoáy cho bão đổ bộ muộn. Trung bình tuyệt đối sai số thời gian tương ứng là 10h và 8h. Cả hai phương án phần lớn đều dự báo bão đổ bộ lệch Nam so với vị trí bão đổ bộ thực (tương ứng là 4/5 và 3/5 trường hợp)

Kiến nghị

Dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão vào bờ biển Việt Nam bằng mô hình WRF tương đối tốt với một số cơn bão. Nhưng có một số trường hợp mô hình dự báo không tốt. Để có thể có những kết luận khách quan hơn về khả năng dự báo vị trí và thời gian đổ bộ của bão của mô hình WRF cần có những nghiên cứu với tập số liệu dài hơn. Ngoài ra cũng cần có khái niệm rõ ràng hơn về bão đổ bộ (bão ảnh hưởng trực tiếp) và bão ảnh hưởng gián tiếp khi áp dụng để đánh giá kết quả mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Đức Cường (2004), *Nghiên cứu thử nghiệm mô hình quy mô vừa MM5 và dự báo hạn ngắn ở Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ.
2. Hoàng Đức Cường (2011), *Nghiên cứu ứng dụng mô hình WRF phục vụ dự báo thời tiết và bão ở Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Bộ.
3. Bùi Hoàng Hải (2007), *Nghiên cứu phát triển và ứng dụng sơ đồ phân tích xoáy cho mục đích dự báo chuyển động bão ở Việt Nam*, Luận án Tiến sỹ Khí tượng.
4. Võ Văn Hòa (2007), *Nghiên cứu thử nghiệm mô hình WRF dự báo quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông*. Tạp chí KTTV số 5761-2007, tr.13-20
5. Võ Văn Hòa (2008), *Đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo bão của mô hình WRF*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 3(567), tr.37-46
6. Phan Văn Tân, Bùi Hoàng Hải (2004), *Ban đầu hóa xoáy ba chiều cho mô hình MM5 và ứng dụng trong dự báo quỹ đạo bão*. Tạp chí khí tượng thủy văn. Số 10 – 2004, tr 14 – 25.
7. Phan Văn Tân, Kều Thị Xin, Nguyễn Văn Sáng (2002), *Mô hình chính áp WBAR và khả năng ứng dụng vào dự báo quỹ đạo bão khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông*. Tạp chí KTTV, số 6, tr.27-33
8. Lê Công Thành (2004), *Ứng dụng các loại mô hình số dự báo bão ở Việt Nam*. Tạp chí KTTV số 5-2004, tr 10-22.
9. Trịnh Văn Thư (1976), *Dự báo nghiệp vụ các quỹ đạo của tâm bão theo phương pháp dòng dẫn thủy động lực*. Khí tượng vật lý địa cầu, Tổng cục Khí tượng thủy văn, tr.52
10. Trần Tân Tiến (2004), *Xây dựng mô hình dự báo các trường khí tượng thủy văn Biển Đông Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước KC 08-04

11. Lê Hồng Vân, (2009), *Dự báo bão đổ bộ vào bờ biển Việt Nam bằng mô hình WRF sử dụng đồng hóa số liệu xoáy giả*. Luận văn Thạc sỹ Khí tượng
12. Trần Ngọc Vân, (2009), *Đánh giá khả năng dự báo vị trí bão đổ bộ vào bờ biển Việt Nam bằng mô hình ETA*. Luận văn Thạc sỹ Khí tượng.
13. Trinh, Van Thu and T. N. Krishnamurti (1992), *Vortex initialisation for typhoon track prediction*. Meteorol.Atmos.Phys., 47, 117-126
14. Ashu Dastoor and T.N.Krishnamurti, (1991), *The Landfall and Structure of A Tropical Cyclone: The Sensitivity of Model Predictions to Soil Moisture Parameterizations*. Boundary-Layer Meteorology, 55, 345-380.
15. Christopher A. Davis, Jordan G.Powwers. *Track an intensity prediction of tropical cyclone DIANA 1984: seninivity to MM5 physical parameterization*. National Center for atmospheric research, Boulder, Colorado.
16. DeMaria M., Aberson S. D., and Ooyama K. V. (1992), *A nest spectral model for hurricane track forecasting*. Mon. Wea. Rev., 120, 1628-1643.
17. Hiroyuki Kusaka et al, (2009), *Perfomance of the WRF model as high resolution regional climate model: Model intercomparison study*. The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan,
18. Joseph E. Tenerelli, Shuyi S. Chen. *Vortex-following mesh refinement for simulating hurricanes with MM5*. RSMAS, University of Miami, Miami, FL
19. Jun-Tae Choi, Yong-Hee, Yong Sang Kim, Jar-Ho Oh, (2000), *A capability of storm scale prediction based on PC-cluster*. Meteorological Research Institute, KMA, Korea
20. Joseph B. Klemp, *Convection-resolving forecasting with the WRF model*, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.
21. Kurihara Y, M.A.Bender, K.E.Tuleya and R.J.Ross (1995), *Improvements in the GFDL hurricane prediction system*. Mon. Wea. Rev., 123, 2791-2801.
22. Mark D. Powell and Sim D. Aberson, (2001), *Accuracy of United States Tropical Cyclone Landfall Forecasts in the Atlantic Basin (1976-2000)*. Bulletin of American Meteorological Society, Vol 82, No. 12, 2749-2767.

23. Ming-Jen Yang. *Microphysics and Boundary-Layer parameterizations in a simulated oceanic convective system*. Dept. of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University, Taipei, Taiwan.
24. Low-Nam, S and C.Davis (2001), *Development of a tropical cyclone bogussing scheme for the MM5 system*. Preprint, the Bleventh PSU/NCAR mesoscale Model users' worksop, June 25-27, 2001. Boulder, Colorado.
25. Qingnong Xiao, Xiaolei Zou and Bin Wang, (1999), *Initialization and Simulation of a Landfalling Hurricane Using a Variational Bogus Data Assimilation Scheme*. Monthly Weather Review, Vol 128, pp 2252- 2269.
26. Robert E.Tuleya, Morris A.Bender and Yoshio Kurihara (1983), *A similation study of the landfall of tropical cyclone using a movable nested-Mesh model*. Monthly weather Review, volume 112, page 14-136.
27. Simon Low-Nam and Christopher Davis, *Development of a Tropical Cyclone Bogussing Scheme for the MM5 System..* National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado
28. Sanders, F., and R. W. Burpee (1968), *Experiments in Barotropic hurricane track forecasting*. J. Appl. Meteor., 7, 313-323.
29. T.W. Hui and K.Y. Shum, (2005), *Changes in the Structure of Tropical Storm Kompasu (0409) Before and After over Hong Kong in July 2004*. WMO International Workshop on Tropical Cyclone Landfall. Processes, Macao, China
30. Yong Hee Lee, Jun-Tae Choi, Yong-Sang Kim, Jai- Ho Oh. *The effect of hi-resolution SST on storm scale prediction in point of operational prediction system*. Meteorological Research Institute, Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.
31. Wang Guomin, Wang Shiwen and Li Jianjun, (1996), "A Bogus Typhoon Scheme and Its Application to a Movable Nested Mesh Model", *Advances in Atmospheric Sciences*, 13, 103-114.

32. Weber, H. C. (2001), *Hurricane track prediction with a new barotropic model*. Mon. Wea. Rev., 129, 1834-1858.
33. Weber, H. C., and R. K. Smith (1994), *Data sparsity and the tropical cyclone analysis and prediction problem: some simulation experiments with a barotropic model*. Quart. J. Roy. Met. Soc., 121, 631-654
34. <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/>
35. <http://www.nhc.noaa.gov/verification/verify5.shtml>
36. <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/nwp-top.htm>