

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Hoàng Thị Thủy

**THỬ NGHIỆM DỰ BÁO TỔ HỢP QUỸ ĐẠO VÀ CƯỜNG ĐỘ BÃO HẠN
5 NGÀY TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG BẰNG WRF SỬ DỤNG SẢN
 PHẨM TỔ HỢP TOÀN CẦU**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

Hà Nội – 2013

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Hoàng Thị Thủy

**THỬ NGHIỆM DỰ BÁO TỔ HỢP QUỸ ĐẠO VÀ CƯỜNG ĐỘ BÃO HẠN
5 NGÀY TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG BẰNG WRF SỬ DỤNG SẢN
 PHẨM TỔ HỢP TOÀN CẦU**

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 – 2013

LỜI CẢM ƠN

Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành nhất tới GS.TS. Trần Tân Tiến, là người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo và truyền đạt kinh nghiệm cho tôi trong quá trình học tập và hoàn thành luận văn này.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các Thầy cô và các cán bộ trong khoa Khí tượng–Thủy văn và Hải dương học đã cung cấp cho tôi những kiến thức chuyên môn, đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi về cơ sở vật chất trong suốt thời gian tôi học tập và làm việc tại Khoa.

Tôi cũng xin cảm ơn Phòng sau đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên đã tạo điều kiện cho tôi có thời gian hoàn thành luận văn này.

Cuối cùng, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến gia đình, người thân và bạn bè, những người luôn dành cho tôi sự quan tâm động viên, tình yêu thương và tạo mọi điều kiện tốt nhất để tôi có động lực học tập, phấn đấu trong suốt thời gian học tập tại trường.

Hoàng Thị Thủy

Mục lục

Chương 1 TỔNG QUAN VỀ DỰ BÁO TỔ HỢP BÃO	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Các nghiên cứu trong và ngoài nước	3
1.2.1. Nghiên cứu dự báo bão tại Việt Nam.....	3
1.2.2. Nghiên cứu dự báo bão trên thế giới.....	5
CHƯƠNG 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, SỐ LIỆU VÀ CẤU HÌNH MIỀN TÍNH.....	13
2.1. Phương pháp nghiên cứu	13
2.1.1. Mô hình WRF và các tham số hóa vật lí.....	13
2.1.2. Phương pháp tổ hợp	19
2.1.3. Các chỉ tiêu đánh giá kết quả dự báo bão.....	21
2.2. Điều kiện ban đầu, điều kiện biên và cấu hình miền tính	23
2.2.1. Lựa chọn miền tính.....	23
2.2.2. Điều kiện ban đầu, điều kiện biên cho mô hình	23
Chương 3 ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ DỰ BÁO QUỸ ĐẠO VÀ CƯỜNG ĐỘ BÃO BẰNG MÔ HÌNH WRF SỬ DỤNG SỐ LIỆU DỰ BÁO TỔ HỢP TOÀN CẦU	27
3.1. Danh sách các cơn bão	27
3.2. Khảo sát số thành phần dự báo	29
3.3 Xây dựng phương trình và kết quả dự báo tổ hợp quỹ đạo, cường độ bão trên toàn bộ tập mẫu	33

3.3.1. Tổ hợp kết quả bằng phương pháp trung bình đơn giản.....	34
3.3.2. Tổ hợp kết quả bằng phương pháp siêu tổ hợp	36
3.4. Đánh giá kết quả dự báo dựa trên bộ số liệu độc lập.....	41
3.4.1. Kết quả dự báo cơn bão UTOR	42
3.4.2. Đánh giá kết quả dự báo trên bộ số liệu độc lập.....	45
Kết Luận	47
Tài liệu tham khảo.....	49

Danh mục hình ảnh

Hình 1.1. Sai số vị trí trung bình năm của hạn dự báo 24, 48, và 72 h (Mannoji 2005).....	11
Hình 1.2. Sai số quỹ đạo trung bình của các thành phần tổ hợp và control	12
Hình 2.1. Sơ đồ mô tả sai số.....	22
Hình 2.2. Miền dự báo của mô hình WRF được dùng trong luận văn.....	23
Hình 3.1. Quỹ đạo cơn bão CONSON (quỹ đạo thực là đường gạch ngang, quỹ đạo dự báo các thành phần là đường trơn)	30
Hình 3.2. Sai số quỹ đạo (5mem-21mem) cơn bão CONSON.....	31
Hình 3.3. Sai số cường độ bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản.....	36
Hình 3.4. Sai số quỹ đạo bão của dự báo 120h khi thay đổi số lượng thành phần tổ hợp	38
Hình 3.5. Sai số quỹ đạo bão trường hợp tổ bằng phương pháp siêu tổ hợp.....	41
Hình 3.6. Quỹ đạo cơn bão UTOR (quỹ đạo thực là chấm tròn, màu đỏ; quỹ đạo dự báo là đường chấm sao màu đen)	43
Hình 3.7. Vận tốc gió cực đại cơn bão UTOR (vận tốc thực đường chấm tròn, màu xanh; vận tốc dự báo đường chấm vuông, màu đỏ).....	44
Hình 3.8. Áp suất mực biển cực tiểu cơn bão UTOR (áp suất thực đường chấm tròn, màu xanh; áp suất dự báo đường chấm vuông, màu đỏ).....	44
Hình 3.9. Sai số quỹ đạo bão bộ số liệu độc lập.....	45
Hình 3.10. Sai số cường độ bộ số liệu độc lập (cột thể hiện sai số áp suất mực biển cực tiểu, đường thể hiện sai số vận tốc gió cực đại).....	46

Danh mục bảng, biểu đồ

Bảng 1.1. Sai số dự báo trung bình (độ lệch chuẩn) của các mô hình cho các hạn dự báo 24, 48, và 72 h (Lee và Leung 2002).....	10
Bảng 2.1. Giá trị thông số các biến của số liệu tổ hợp NOAA	24
Bảng 3.1. Các trường hợp bão được lựa chọn để dự báo thử nghiệm.....	27
(Giá trị kinh độ, vĩ độ và áp suất nhỏ nhất được lấy tại trang web http:// http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/)	27
Bảng 3.2. Sai số quỹ đạo các thành phần tổ hợp cơn bão CONSON.....	31
Bảng 3.3. Sai số cường độ các thành phần tổ hợp cơn bão CONSON	32
Bảng 3.4. Chỉ số ký hiệu các thành phần của dự báo	34
Bảng 3.5 Sai số quỹ đạo bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản.....	35
Bảng 3.6. Sai số cường độ bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản	35
Bảng 3.7. Sai số quỹ đạo bão của các phương án tổ hợp ở dự báo 120h	37
Bảng 3.8. Sai số quỹ đạo bão phương pháp siêu tổ hợp	40
Bảng 3.9. Các trường hợp dự báo kiểm nghiệm.....	42
Bảng 3.10 Sai số quỹ đạo trên bộ số liệu độc lập.....	45

DANH MỤC KÍ HIỆU VIẾT TẮT

BT: quỹ đạo thực (best track)

ECMWF: Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (European Centre for Medium Range Weather Forecasts)

EW: tổ hợp theo trọng số (ensemble weighted)

HRM: Mô hình khu vực độ phân giải cao (The High-resolution Regional Model)

JMA: Cơ quan Thời tiết Nhật Bản (Japan Meteorological Agency)

MAE: sai số trung bình tuyệt đối (mean absolute error)

ME : sai số trung bình (mean error)

MSLP: áp suất trung bình mực biển (mean sea level pressure)

PBL: Lớp biên hành tinh (the planetary boundary layer)

RAMS : Hệ thống mô hình hóa khí quyển khu vực (Regional Atmospheric Modeling System)

TC : xoáy thuận nhiệt đới (tropical cyclone)

UKMO : Cơ quan Khí tượng Hoàng gia Anh (United Kingdom Meteorological Organization)

WRF: Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết (Weather Reseach and Forecast)

XTNĐ: xoáy thuận nhiệt đới

3DVAR: đồng hóa số liệu 3 chiều (3-Dimensional Variational)

Mở đầu

Bão là một trong những hiện tượng thời tiết nguy hiểm bao gồm nhiều quá trình mà con người luôn phải đối mặt. Đặc biệt ở vùng nhiệt đới, bão xảy ra với tần suất lớn và gây nhiều thiệt hại về người và của. Mặc dù, bão đã được quan tâm nghiên cứu từ nhiều thập kỉ, nhưng cho đến nay chưa có một lý thuyết đầy đủ về các cơ chế trong bão. Vì vậy, bão và dự báo bão vẫn còn là một bài toán lớn thu hút sự chú ý của nhiều nhà khoa học.

Do bão là một hiện tượng thời tiết mang tính thiên tai, và xuất hiện hàng năm với tần suất lớn nên dự báo bão đã được quan tâm từ rất lâu trên thế giới trong đó có Việt Nam. Hiện nay dự báo bão bằng phương pháp số được nghiên cứu và ứng dụng mạnh, bởi đó là phương pháp dự báo mang tính khách quan có thể mang lại những dự báo có chất lượng tốt.

Dự báo bão được quan tâm nhất ở hai khía cạnh là dự báo quỹ đạo và dự báo cường độ bão. Việc dự báo chính xác được quỹ đạo và cường độ của bão sẽ có ý nghĩa rất lớn đối với công tác phòng tránh bão. Để dự báo bão đạt kết quả tốt hiện nay trên thế giới sử dụng phương pháp dự báo tổ hợp. Có nhiều phương pháp tạo ra dự báo tổ hợp. Trong luận văn này dự báo tổ hợp được xây dựng bằng cách sử dụng số liệu dự báo tổ hợp toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho mô hình khu vực WRF. Với mục tiêu đánh giá khả năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão trên khu vực Biển Đông hạn 5 ngày, đề tài luận văn được chọn : *“Thử nghiệm dự báo tổ hợp quỹ đạo và cường độ bão hạn 5 ngày trên khu vực Biển Đông bằng WRF sử dụng sản phẩm tổ hợp toàn cầu”*.

Nội dung luận văn gồm các phần:

Chương I. Tổng quan về dự báo tổ hợp bão.

Chương II. Mô hình WRF và sử dụng trong dự báo quỹ đạo và cường độ bão trên khu vực Biển Đông.

Chương III. Đánh giá kết quả dự báo tổ hợp quỹ đạo và cường độ bão trên khu vực Biển Đông

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ DỰ BÁO TỔ HỢP BÃO

1.1. Đặt vấn đề

Mỗi năm với khoảng 10 cơn bão hoạt động hàng năm, Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi những cơn bão nhiệt đới. Với tốc độ gió lớn kết hợp với mưa cường độ cao, bão là hiện tượng thời tiết nguy hiểm luôn gây ra thiệt hại nghiêm trọng đến các hoạt động kinh tế, xã hội, thậm chí đe dọa tính mạng con người.

Các tác hại của bão đầu tiên có thể kể đến như gió mạnh phá hủy tàu thuyền, nhà cửa, hoa màu và các khu vực kinh tế ven biển như du lịch, nuôi trồng thủy sản. Tiếp theo đó, mưa lớn sau bão tiếp tục gây ra lũ lụt, sạt lở đất, gây ngập úng diện rộng. Những khu vực chịu tác động của bão thường bị cách ly trong một thời gian dài, thiếu nước sạch và những nhu cầu cơ bản, nghiêm trọng hơn phải đối mặt với những nguy cơ bệnh dịch lan rộng do lũ gây ra.

Theo thống kê những năm gần đây, bão có xu hướng gia tăng về cả số lượng và cường độ. Quỹ đạo bão ngày càng cho thấy có nhiều quỹ đạo phức tạp, khó dự báo. Vì vậy bài toán dự báo sớm và chính xác các hoạt động bão là nhu cầu hết sức thiết thực và quan trọng đối với mọi hoạt động kinh tế xã hội của Việt Nam. Do đó tôi thực hiện luận văn “*Thử nghiệm dự báo tổ hợp quỹ đạo và cường độ bão hạn 5 ngày trên khu vực Biển Đông bằng WRF sử dụng sản phẩm tổ hợp toàn cầu*” nhằm hướng tới mục đích đó.

Hiện nay, dự báo quỹ đạo bão gồm các phương pháp chính: Phương pháp synôp, phương pháp thống kê, phương pháp số trị. Ngoài ra, các sản phẩm thu được từ vệ tinh và radar cũng được sử dụng để dự báo quỹ đạo bão.

- Phương pháp dự báo synóp: chủ yếu dựa vào việc phân tích các bản đồ hình thể thời tiết, dựa trên khái niệm dòng dẫn đường với giả thiết xoáy bão được đặt vào trường môi trường (dòng nền) và di chuyển với dòng nền này. Phương pháp này cho kết quả dự báo tốt đối với hạn dự báo ngắn 12h-24h, song lại có nhược điểm là mang tính chủ quan, phụ thuộc hoàn toàn vào kinh nghiệm của các dự báo viên.

- Phương pháp dự báo thống kê: dựa trên mối quan hệ thống kê giữa tốc độ và hướng di chuyển của xoáy bão với các tham số khí tượng khác nhau, người ta đã xây dựng được các phương trình dự báo quỹ đạo bão. Hiện nay, phương pháp này cho kết quả có thể chấp nhận được đối với các cơn bão ở khu vực có tần suất bão tương đối cao.

- Phương pháp dự báo số trị: là phương pháp dựa trên việc giải các phương trình toán học mô tả trạng thái của khí quyển để đưa ra các yếu tố thời tiết trong khoảng thời gian cần dự báo. Phương pháp này có ưu điểm là cho phép tích phân các phương trình mô tả động lực học khí quyển một cách khách quan, tính được các biến khí tượng một cách định lượng. Các mô hình thủy động lực học được xây dựng từ đơn giản đến phức tạp dựa trên việc tích phân theo thời gian hệ các phương trình thủy động lực học trong môi trường khí quyển và lý thuyết về cấu trúc và chuyển động của bão. Đặc điểm của các mô hình loại này là mô tả đầy đủ các quá trình vật lý tác động đến chuyển động của bão trong quá trình tương tác và phát triển của chúng, song lại đòi hỏi về điều kiện số liệu và phương tiện tính toán.

Dự báo cường độ bão đang là bài toán khó hiện nay. Trên thế giới cũng như ở Việt Nam, đang nghiên cứu, thử nghiệm nhiều phương pháp để dự báo cường độ bão. Dự báo cường độ bão (gió cực đại trong bão) có ý nghĩa rất quan trọng đối với công tác phòng tránh thiên tai bão. Tuy nhiên việc dự báo cường độ

bão khó hơn nhiều so với dự báo đường đi của bão do sự phức tạp của hệ thống thời tiết khu vực nhiệt đới cũng như sự hạn chế về số liệu quan trắc.

Hiện nay, để dự báo cường độ bão chủ yếu dựa vào các mô hình thống kê mặc dù khả năng dự báo còn hạn chế. Ngoài ra, có thể sử dụng các sản phẩm thu được từ radar, phân tích số liệu vệ tinh cho kết quả rất khả quan.

Clifford Mass nhà khoa học khí quyển tại Đại học Washington, nghiên cứu các cơn bão trên mô hình số nhận định: “Một cơn bão về cơ bản nếu được theo dõi ban đầu thì việc đánh giá dòng dẫn đường và các lực tác động khác tương đối dễ dàng. Nhưng cái khó là chúng ta chưa dự báo tốt cường độ bão, lấy được thông tin trong bão... Vấn đề là thiếu các thông tin quan trắc, rất khó lấy được thông tin từ tâm bão”.

1.2. Các nghiên cứu trong và ngoài nước

1.2.1. Nghiên cứu dự báo bão tại Việt Nam

Bão và xoáy thuận nhiệt đới là vấn đề đã được nghiên cứu rất nhiều ở Việt Nam. Trong quá khứ, phương pháp synop được sử dụng là chủ yếu, tuy nhiên những năm gần đây, cùng với sự phát triển của hệ thống máy tính hiệu năng cao, các phương pháp số đã được đưa vào áp dụng. Các nghiên cứu hầu hết sử dụng phương pháp cài xoáy giả, đồng hóa số liệu trường ban đầu với số liệu vệ tinh và dự báo tổ hợp nhằm cải tiến chất lượng dự báo. Các nghiên cứu có thể kể đến như sau:

Võ Văn Hòa (2008)[2] với nghiên cứu “*Đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo bão của mô hình WRF*”. Trong nghiên cứu này Võ Văn Hòa đã sử dụng mô hình WRF để dự báo các cơn bão trên khu vực Biển Đông, kết quả cho thấy mô hình 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.

Lê Thị Hồng Vân (2009) [4]. Trong luận văn thạc sĩ này, tác giả Lê Thị Hồng Vân sử dụng phương pháp đồng hóa số liệu xoáy giả đối với mô hình WRF để nghiên cứu dự báo quỹ đạo và cường độ bão. Tác giả Lê Thị Hồng Vân đã tiến hành thử nghiệm dự báo 72 giờ với cơn bão Leekima bằng mô hình WRF trong các trường hợp:

- Không đồng hóa số liệu trường cài xoáy giả (Trường hợp 1)
- Đồng hóa số liệu khí áp bề mặt biển và gió các mực của trường cài xoáy giả (Trường hợp 2)
- Đồng hóa số liệu khí áp mặt biển, gió và ẩm các mực của trường cài xoáy giả (Trường hợp 3)
- Đồng hóa số liệu khí áp mặt biển, gió và nhiệt các mực của trường cài xoáy giả (Trường hợp 4)
- Đồng hóa số liệu khí áp mặt biển, gió, ẩm và nhiệt các mực của trường cài xoáy giả (Trường hợp 5)

Qua nghiên cứu này tác giả Lê Thị Hồng Vân thấy có thể sử dụng đồng hóa số liệu khí áp bề mặt biển và gió các mực của trường cài xoáy giả trong mô hình WRF để dự báo cường độ bão trên Biển Đông. Trong nghiên cứu của mình Lê Thị Hồng Vân đã đánh giá cường độ bão qua sai số giữa giá trị khí áp tại tâm quan trắc và giá trị khí áp tại tâm dự báo. Tác giả đã thu được kết quả sai số trung bình (ME) và sai số trung bình tuyệt đối (MAE) của giá trị độ lệch khí áp mặt biển tại tâm giữa quan trắc và mô hình với trường hợp không đồng hóa số liệu trường cài xoáy giả (No_bogus) và có đồng hóa số liệu trường cài xoáy giả (Bogus).

Tác giả Hoàng Đức Cường (2011)[1] với nghiên cứu “*Ứng dụng mô hình WRF dự báo bão đến hạn 72h*”, tác giả 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 quả nghiên cứu cho thấy, khi 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 khoảng trên 361km, lớn nhất khoảng 462km ở hạn dự báo 72h.

Ngoài ra một số phương pháp tổ hợp cũng đã được áp dụng vào trong dự báo quỹ đạo và cường độ bão. Cụ thể:

Phương pháp siêu tổ hợp đã được GS.TS Trần Tân Tiến và các cộng sự nghiên cứu[3] để dự báo cường độ bão. Để dự báo cường độ bão đã chọn các mô hình RAMS, WRF, HRM làm các mô hình thành phần. Trong đó các giá trị dự báo áp suất cực tiểu hoặc tốc độ gió cực đại của từng mô hình là nhân tố dự báo, và các yếu tố dự báo là giá trị áp suất cực tiểu hoặc tốc độ gió cực đại tương ứng. Phương pháp này được đánh giá khá tốt và có thể áp dụng phương pháp siêu tổ hợp để dự báo cường độ bão.

Nhìn chung, các nghiên cứu trong nước chỉ dừng lại ở dự báo quỹ đạo và cường độ bão hạn 3 ngày. Tuy các nghiên cứu này đã cải thiện được đáng kể sai số dự báo quỹ đạo bão so với trước đây, nhưng hạn dự báo và sai số dự báo vẫn còn nhiều hạn chế so với thế giới .

1.2.2. Nghiên cứu dự báo bão trên thế giới

Đã từ lâu các nhà khí tượng học đã nhận ra rằng có hai nguồn gốc chính

gây ra sai số dự báo trong các mô hình dự báo thời tiết bằng phương pháp số, đó là sự thiếu sót trong các mô hình số và sự không hiểu biết đầy đủ và chính xác trạng thái ban đầu của bầu khí quyển. Nguyên nhân thứ nhất bắt nguồn từ sự khác nhau giữa mô hình số và bầu khí quyển thực, đó là trong các mô hình phép xấp xỉ các quá trình nhiệt-động lực học và vật lý của khí quyển thực không đạt độ chính xác cần thiết. Nguyên nhân thứ hai là vì trạng thái ban đầu của khí quyển thực không được quan trắc đủ chính xác vì sai số của thiết bị đo cũng như độ phân giải thấp của hệ thống quan trắc khu vực cũng như toàn cầu. Trong các thập kỷ gần đây đã có rất nhiều nghiên cứu nhằm khắc phục nguyên nhân thứ nhất nhưng ngược lại không có nhiều sự chú ý giành cho nguyên nhân thứ hai. Lorenz (1963, 1965) đã có những nghiên cứu đầu tiên cho thấy rõ vai trò của trạng thái ban đầu đối với sai số dự báo.

Dự báo tổ hợp là một tập hợp các dự báo bất kì được xác định tại cùng một thời điểm. Vì vậy tập hợp các dự báo trễ, các dự báo từ trung tâm nghiệp vụ khác nhau hoặc các mô hình khác nhau đều có thể tạo ra được một dự báo tổ hợp. Từ đầu những năm 1990, kỹ thuật dự báo tổ hợp đã được sử dụng để dự báo thời tiết ở các trung tâm toàn cầu. Ý tưởng của dự báo tổ hợp dựa trên lý thuyết rối của Lorenz (1963)[11] với giả thuyết rằng: “các nghiệm số thu được trong quá trình tích phân mô hình theo các điều kiện ban đầu khác nhau (có chứa sai số) có thể phân kì theo thời gian”. Điều này được giải thích bằng hiệu ứng Butterfly: do bản chất phi tuyến của các phương trình mô tả khí quyển nên những sai số nhỏ không thể đo được trong trạng thái ban đầu của khí quyển sẽ trở thành những sai số đủ lớn sau một khoảng thời gian tích phân (10 – 14 ngày). Vì vậy, kết quả dự báo không sử dụng được cho dù mô hình là hoàn hảo.

Bằng cách tính trung bình tổ hợp các kết quả dự báo, những sai số dự báo xảy ra do điều kiện ban đầu được loại bỏ dẫn đến kết quả dự báo tốt hơn.

Đối với dự báo quỹ đạo bão (XTNĐ), phương pháp tổ hợp giữ vai trò quan trọng. Giữa thập niên 1990, kỹ thuật dự báo tổ hợp được nghiên cứu cho bài toán dự báo XTNĐ, đặc biệt là dự báo quỹ đạo. Việc ứng dụng này xuất phát từ thực tế là trường phân tích và trường dự báo từ các mô hình toàn cầu thường không mô tả đúng vị trí, cấu trúc và cường độ của xoáy thuận nhiệt đới do mạng lưới quan trắc tại các vùng biển nhiệt đới còn ít, chưa đủ theo yêu cầu, vì vậy mà những sai số trong các trường ban đầu này sẽ ảnh hưởng đến kết quả dự báo XTNĐ.

Một số trung tâm dự báo trên thế giới đã áp dụng mô hình số và phương pháp tổ hợp để đưa ra các bản tin dự báo.

a) Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF)

Các sản phẩm dự báo bão của Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu được thiết kế để cung cấp thông tin chính xác và dự báo về sự dịch chuyển cũng như cường độ của bão. Hệ thống hoàn toàn phụ thuộc vào các quan trắc từ các trung tâm bão trên thế giới. Nói theo cách khác, việc dự báo bão không được tính toán một cách chính xác. Việc dự báo này có thể bị dừng lại trong trường hợp các cơn bão dự báo không đủ mạnh.

Sau khi có thông tin quan trắc, sự di chuyển của bão sẽ được tự động theo dõi. Thuật toán theo dõi dựa trên phép ngoại suy của sự dịch chuyển trong quá khứ và dòng dẫn đường trong tầng đối lưu giữa để có một vị trí phỏng đoán đầu tiên. Vị trí thực tế được xác định bằng cách tìm kiếm MSLP và xoáy tại 850 hPa xung quanh vị trí đầu tiên, hoặc bằng cách xác định tốc độ gió.

b) Trung tâm dự báo môi trường quốc gia Mỹ (NCEP)

Việc theo dõi quỹ đạo bão trong các mô hình của NCEP/EMC

Mục đích của trang web này là để theo dõi khả năng của các mô hình dự báo thời tiết số khác nhau để phát triển bão trong vùng nhiệt đới và ngoại nhiệt đới. Ban đầu trang web chứa hình ảnh quỹ đạo bão từ các mô hình khác nhau, bao gồm NCEP GFS, NCEP Eta, tổ hợp toàn cầu NCEP, tổ hợp hạn ngắn NCEP (SREF), UKMET và mô hình NOGAPS. Cuối cùng là thực hiện thống kê số liệu.

Tất cả các quỹ đạo trong trang web này có nguồn gốc từ các file GRIB nghiệp vụ có sẵn trong NCEP và được xác định bằng cách sử dụng phần mềm theo dõi quỹ đạo nghiệp vụ NCEP.

Đối với xoáy thuận nhiệt đới, 7 tham số được theo dõi, bao gồm cực đại xoáy tương đối, độ cao địa thế vị cực tiểu và tốc độ gió cực tiểu tại mực 850 mb và 700 hPa. Các tham số này được lấy trung bình nhằm cung cấp một vị trí trung bình phù hợp với mỗi giờ dự báo.

Đối với xoáy thuận ngoại nhiệt đới chỉ xác định được thông qua biến MSLP. Để tránh việc tiếp tục theo dõi cơn bão khi suy yếu hoặc tồn tại các nhiễu động trong thời gian ngắn, việc theo dõi cơn bão phải dựa trên 2 tiêu chí sau: 1) cơn bão phải tồn tại ít nhất 24 giờ trong một dự báo, 2) phải duy trì một đường MSLP khép kín sử dụng đường 2 mb.

c) Trung tâm khí tượng Canada

Các dự báo tổ hợp toàn cầu được tạo ra hai lần một ngày sử dụng mô hình GEM để tạo ra các kịch bản thời tiết có thể lên tới 16 ngày. Trong đó có 20 dự báo thời tiết gây nhiễu được thực hiện tốt như dự báo control (không gây nhiễu) 16- ngày. 20 mô hình có các tham số hóa vật lý, chu kỳ đồng hóa số liệu và bộ số liệu quan trắc gây nhiễu khác nhau.

Các sản phẩm và thông tin:

- Dự thường nhiệt độ trung bình 10 ngày
- Bản đồ Spaghetti
- Xác suất hiệu chuẩn của lượng mưa tương đương
- Lượng mưa tích lũy
- Các trung tâm áp suất mặt biển
- Bản đồ GZ 500
- Độ mở rộng của các trường thực nghiệm
- Thông tin về hệ thống
- Truy cập dữ liệu kỹ thuật số

Aberson (2001) đã đánh giá định lượng sự cải tiến chất lượng dự báo quỹ đạo TC cho khu vực Bắc ĐTD từ 1976-2000. Trong đó các dự báo quỹ đạo được so sánh với “quỹ đạo thực” (BT- “best track”) của TC được xác định từ số liệu tái phân tích cho các thời đoạn 6 h một. Sai số tuyệt đối là khoảng cách trong vòng tròn giữa dự báo và vị trí BT tương ứng. Sai số tương đối, hay kỹ năng, được xác định là độ lệch phần trăm giữa sai số tuyệt đối của mô hình và sai số dự báo. Trong quá khứ, chỉ những TC có cường độ ban đầu đạt cường độ bão nhiệt đới trở lên (17 m/s) mới được xem xét. Tuy nhiên, để tính đánh giá khả năng dự báo của mô hình đối với mọi cấp của TC, các trường hợp gió cực đại duy trì nhỏ hơn cường độ gió bão (áp thấp nhiệt đới) cũng được Aberson (2001) đưa vào tập mẫu thống kê thời kỳ dài. Tuy nhiên số lượng này không nhiều, do vậy chúng không làm thay đổi đáng kể đến kết quả.

Cơ quan thời tiết Hồng Kong (HongKong Observatory- HKO) sử dụng kết

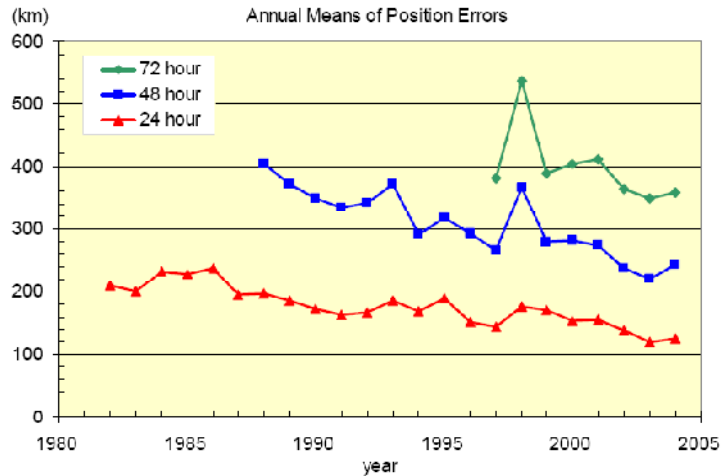
quả của một số mô hình để thực hiện trung bình tổ hợp với cùng trọng số dự báo quỹ đạo của TC cho khu vực tây bắc Thái Bình Dương, qua đó Lee và Leung (2002)[10] đã đánh giá sai số dự báo cho 3 năm 1999-2001 với kết quả thể hiện trong Bảng 1.1. Như vậy mô hình UKMO (Cơ quan Khí tượng Hoàng gia Anh) và JMA cho chất lượng dự báo tương đương, trong khi đó ECMWF cho sai số dự báo lớn hơn, điều này có thể do độ phân giải của ECMWF ($2,5^0$) lớn gấp đôi của mô hình JMA ($1,25^0$), nhất là cho hạn dự báo 24 h. Nếu lấy trung bình tổ hợp với cùng trọng số từ 3 mô hình này (EW), thì sai số dự báo và độ lệch chuẩn đều giảm đi đáng kể.

Bảng 1.1. Sai số dự báo trung bình (độ lệch chuẩn) của các mô hình cho các hạn dự báo 24, 48, và 72 h (Lee và Leung 2002).

Hạn dự báo (h)	Sai số dự báo trung bình (độ lệch chuẩn) tính bằng km của các mô hình			
	ECMWF	UKMO	JMA	EW
24	214 (161)	140 (94)	147 (95)	130 (86)
48	309 (245)	256 (168)	256 (173)	213 (153)
72	417 (302)	390 (247)	379 (270)	308 (204)

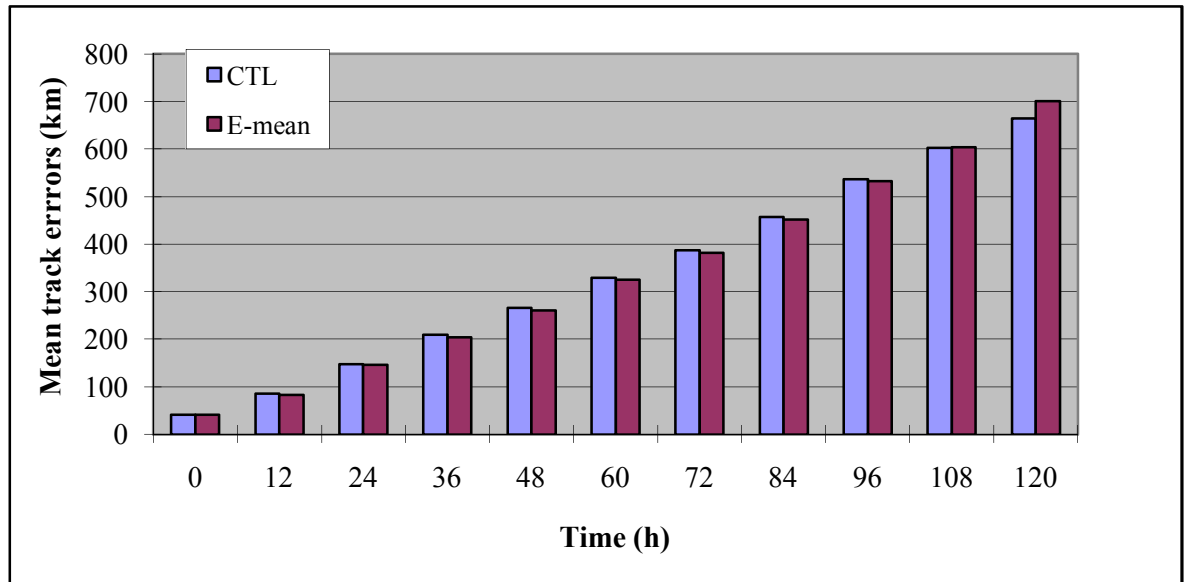
Mannoji (2005)[9] thực hiện đánh giá sai số tuyệt đối trung bình năm theo các hạn dự báo vị trí của TC khu vực tây bắc Thái Bình Dương của Trung tâm Quốc gia dự báo bão Nhật Bản (thuộc Cơ quan Thời tiết Nhật Bản - JMA) cho thời kỳ 1982-2004 (Hình 1.1). Mặc dù tập mẫu không đồng nhất và khu vực dự báo là khác nhau nhưng nhìn chung sai số dự báo hạn 48 h có độ lớn và khuynh hướng tương đồng với chất lượng dự báo khu vực ĐTD của Hoa Kỳ (Hình 1.1), ví dụ cho hạn 48 h. Đặc biệt là cũng giống như kết quả của Hoa Kỳ, sai số dự

báo lớn vào năm 1998 cũng được phát hiện thấy trong kết quả tổng kết của Nhật Bản.



Hình 1.1. Sai số vị trí trung bình năm của hạn dự báo 24, 48, và 72 h (Mannoji 2005)

Trung tâm dự báo bão Thượng Hải phát triển dự báo tổ hợp quỹ đạo bão từ năm 2006 dựa trên nhiều động trường nền và chương trình khởi tạo xoáy và đã được đưa vào hoạt động từ năm 2007. Nhiều động trường nền được lấy từ hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa toàn cầu. Chương trình xoáy giả cũng được thêm vào nhiều động trường nền sau khi các xoáy nông được loại bỏ. Hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão gồm 14 thành phần nhiều và một thành phần control chạy giống như hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa. Hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão chạy hai lần một ngày (00UTC và 12UTC) cung cấp các quỹ đạo bão tổ hợp. Sai số quỹ đạo trung bình của tất cả các thành phần tổ hợp nhỏ hơn so với sai số của thành phần control trước dự báo 72h, giá trị sai số dự báo quỹ đạo bão được thể hiện ở Hình 1.2 sau:



Hình 1.2. Sai số quỹ đạo trung bình của các thành phần tổ hợp và control

Dự báo tổ hợp quỹ đạo và cường độ bão bằng cách sử dụng các dự báo thành phần của dự báo tổ hợp toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên với thời hạn dự báo tăng lên 5 ngày đã được dùng ở một số nước trên thế giới còn ở Việt Nam thì chưa ai nghiên cứu, đây là nghiên cứu đầu tiên về vấn đề này.

CHƯƠNG 2

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, SỐ LIỆU VÀ CẤU HÌNH MIỀN TÍNH

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Trong luận văn này, số liệu tổ hợp của NCAR/NCEP được sử dụng làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho mô hình WRF để tích phân dự báo. Kết quả đầu ra của mô hình được tổ hợp tổ lại dựa trên phương pháp siêu tổ hợp để tính ra kết quả dự báo cuối cùng.

2.1.1. Mô hình WRF và các tham số hóa vật lý

a) Mô hình WRF

Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết WRF (Weather Research and Forecast) là mô hình khí tượng tân tiến và chính xác hiện nay. Mô hình WRF cho phép sử dụng các tùy chọn khác nhau đối với tham số hóa các quá trình vật lý, như tham số hóa bức xạ, tham số hóa lớp biên hành tinh, tham số hóa đối lưu mây tích, khuếch tán xoáy rối quy mô dưới lưới hay các quá trình vi vật lý khác. Mô hình có thể sử dụng số liệu thực hoặc mô phỏng lý tưởng với điều kiện biên xung quanh là biên tuần hoàn, mở, đối xứng.

Trong những năm gần đây, mô hình WRF đã được sử dụng khá phổ biến trên thế giới trong đó có Việt Nam. Cụ thể, tại Mỹ mô hình WRF đang được chạy nghiệp vụ tại Trung tâm dự báo môi trường Quốc Gia NCEP (từ năm 2004) và Cơ quan Khí tượng Không lực Hoa Kỳ AFWA (từ tháng 07/2006). Ngoài ra, mô hình WRF cũng đang được chạy nghiệp vụ tại Ấn Độ, Đài Loan, Israel... Hơn nữa, mô hình WRF là một trong số ít mô hình dự báo số trị trên thế giới hỗ trợ cả hệ thống đồng hóa số liệu cũng như các công cụ hiển thị và đánh giá kết quả. Bên cạnh đó, 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). WRF 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. Chính vì tính ưu việt trên của mô hình WRF, tác giả đã lựa chọn mô hình WRF là công cụ để giải quyết bài toán nghiên cứu dự báo bão của mình.

Hiện tại WRF có hai phiên bản là phiên bản nghiên cứu nâng cao ARW (Advanced Research WRF) và phiên bản quy mô vừa phi thủy tĩnh NMM (Nonhydrostatic Meso Model). Trong khóa luận này, tôi sử dụng phiên bản ARW làm công cụ nghiên cứu. Mô hình WRF này bao gồm 2 phần chính, bao gồm bộ phận xử lý và bộ phận mô phỏng

b) Tham số hóa vật lý

Mô hình WRF là một hệ thống mô hình hết sức hiện đại, linh hoạt và tối ưu cho cả mục đích nghiên cứu cũng như chạy nghiệp vụ. Các lựa chọn vật lý cho mô hình này rơi vào một số loại, mỗi loại bao gồm vài lựa chọn. Các phân loại vật lý gồm:

Vi vật lý

Quá trình vật lý quy mô nhỏ liên quan đến các quá trình giáng thủy, mây, hơi nước. Mô hình đủ để chứa bất kỳ số lượng các biến hỗn hợp. Hiện tại trong phiên bản của ARW, các quá trình vi vật lý được thực hiện ở phần cuối của bước thời gian như là một quá trình điều chỉnh do đó không cung cấp các xu hướng. Nó được thực hiện ở phần cuối của bước thời gian để đảm bảo sự cân bằng bảo hòa cuối cùng là chính xác cho sự cập nhật nhiệt độ và độ ẩm. Tuy nhiên, nó cũng quan trọng để thúc đẩy quá trình giải phóng ẩn nhiệt cho nhiệt độ thế vị

trong các bước con động lực, và điều này được thực hiện bởi việc lưu trữ nhiệt quy mô nhỏ như là một ước lượng cho bước tiếp theo.

Hiện nay, quá trình ngưng tụ được đưa vào tính toán cho các module vật lý riêng, và để ngăn ngừa sự bất ổn định trong tính toán thông lượng thẳng đứng của giáng thủy một bước thời gian nhỏ hơn được cho phép. Việc điều chỉnh bão hòa cũng được đưa vào bên trong các quá trình vật lý quy mô nhỏ này, trong tương lai nó có thể được tách ra thành một chương trình con riêng. Trong bảng dưới đây chỉ ra một tóm tắt các lựa chọn vật lý của các biến độ ẩm, cả quá trình pha-băng và pha-hỗn hợp đều được bao gồm. Quá trình pha-hỗn hợp là những kết quả của sự tương tác giữa các hạt nước và băng, như là quá trình riming nó tạo ra mưa đá và băng xóp. Như là một quy luật chung, kích cỡ ô lưới nhỏ hơn 10 km, các dòng thẳng có thể được giải quyết, sơ đồ pha-hỗn hợp nên được sử dụng, đặc biệt là trong quá trình đối lưu hoặc quá trình băng. Đối với các ô lưới thô hơn tăng thêm chi phí các sơ đồ không phải là nhỏ vì quá trình riming không có khả năng giải quyết được tốt.

ARW cho phép lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vi vật lý sau: Sơ đồ Kessler, sơ đồ Purdue Lin, sơ đồ WSM3, sơ đồ WSM5, sơ đồ WSM6, sơ đồ EtaFerrier và sơ đồ Thompson.

Tham số hóa đối lưu

Những tham số này giải quyết về các tác động quy mô dưới lưới như là quá trình đối lưu/các đám mây nông. Các sơ đồ này được dùng để biểu diễn thông lượng thẳng đứng do không giải quyết được vận chuyển của các dòng thẳng và dòng giáng, và sự bù lại bên ngoài các đám mây. Chúng chỉ có tác dụng trong các cột riêng ở đó sơ đồ được khởi động và cung cấp nhiệt thẳng đứng và cấu trúc ẩm. Một vài sơ đồ bổ sung cung cấp xu hướng mây và trường giáng

thủy trong các cột, và tương lai các sơ đồ cũng có thể cung cấp xu hướng động lượng do vận chuyển đối lưu. Các sơ đồ cung cấp thành phần đối lưu của mưa bề mặt.

Các tham số hóa mây đối lưu về lý thuyết chỉ có giá trị cho các lưới thô, (ví dụ., lớn hơn 10 km), ở đó chúng cần để giải phóng ẩn nhiệt trên quy mô thời gian thực trong các cột đối lưu. Đôi khi các sơ đồ này được tìm thấy có ích trong việc gây ra sự đối lưu trong các lưới 5 -10 km. Nói chung, chúng không nên được sử dụng khi mô hình có thể giải quyết các xoáy đối lưu. Dưới đây sẽ là một số lựa chọn trong mô hình WRF.

Sơ đồ Kain-Fritsch

Sơ đồ Kain-Fritsch được sử dụng trong nghiên cứu này là phiên bản cải tiến của sơ đồ KFS gốc trong mô hình ETA dựa trên nghiên cứu của Kain và Fritsch (1990, 1993). Giống như KFS phiên bản gốc, phiên bản hiện tại vẫn dựa trên một mô hình mây đơn giản có tính đến các dòng thăng và giáng ẩm và có đưa vào tính toán các hiệu ứng cuốn vào, cuốn ra và vi vật lý mây. Sự khác biệt so với phiên bản gốc gồm:

- Tốc độ cuốn vào cực tiểu được giả thiết xảy ra trong đối lưu diện rộng trong môi trường tương đối khô và bất ổn định tại biên.
- Đối lưu nông (không gây mưa) cho phép có dòng thăng nhưng không đạt tới độ dày mây tối thiểu gây mưa và độ dày này là một hàm của nhiệt độ chân mây.
 - Tốc độ cuốn vào là một hàm của hội tụ mực thấp.
 - Một số thay đổi trong tính toán dòng giáng
 - Như bắt đầu dòng giáng là toàn bộ lớp từ 150-200 mb phía trên chân mây.
 - Thông lượng khối là của thông lượng khối của dòng thăng tại đỉnh mây,...

Sơ đồ Betts-Miller-Janjic

Đây là sơ đồ dựa trên sơ đồ điều chỉnh đối lưu Betts-Miller dựa trên nghiên cứu của Betts (1986), Betts và Miller (1986). Một số thay đổi đã được thực hiện trong nghiên cứu của Janjic (1990, 1994, 2000) bao gồm việc đưa vào khái niệm “hiệu suất mây” để cung cấp thêm bậc tự do trong việc xác định các profile lượng ẩm và nhiệt độ. Điều chỉnh đối lưu nông cũng có vai trò quan trọng trong sơ đồ tham số hóa này. Gần đây, các nỗ lực đã được thực hiện để cải tiến các sơ đồ cho độ phân giải ngang cao hơn, chủ yếu thông qua các sửa đổi trong cơ chế hoạt động. Cụ thể:

- Một giá trị cho entropy thay đổi trong mây được thiết lập thấp mà đối với đối lưu sâu thì không được kích hoạt;
- Nghiên cứu đỉnh mây, hạt tăng dần khi chuyển động trong môi trường; và
- Tác động của lực nổi trong việc hạt tăng dần được yêu cầu để vượt quá một ngưỡng dương quy định.

Sơ đồ Grell-Devenyi tổ hợp (GDS)

Đây là sơ đồ dạng thông lượng khối được phát triển bởi Grell và Devenyi (2002) đã khép kín, đa tham số và sử dụng phương pháp tổ hợp với thành phần quy mô dưới lưới. Sơ đồ này khác với sơ đồ thông lượng khối khác ở tham số liên quan đến dòng thẳng và dòng giáng, hiệu ứng cuốn vào và cuốn ra. Cụ thể, là sự khác biệt trong phương pháp xác định thông lượng khối trong mây. Các giả thiết khép kín động lực được dựa trên năng lượng đối lưu tiềm ẩn (CAPE), tốc độ thẳng đứng mực thấp hoặc hội tụ ẩm. Giả thiết khép kín dựa trên CAPE sẽ cân bằng tốc độ thay đổi CAPE hoặc điều chỉnh CAPE tới một giá trị khí hậu cho trước. Trong khi giả thiết khép kín dựa trên hội tụ ẩm sẽ cân bằng lượng mưa trong mây tới bình lưu thẳng đứng tổng cộng của lượng ẩm. Về mặt tính

toán, GDS thực chất là tổ hợp của nhiều sơ đồ đối lưu hiệu quả được chạy trong từng hộp lưới, sau đó lấy trung bình để tính toán hiệu ứng hồi tiếp tới mô hình.

c) Lớp biên hành tinh

Lớp biên hành tinh (PBL) chịu trách nhiệm về thông lượng thẳng đứng quy mô lưới con do vận chuyển xoáy vào trong toàn bộ cột không khí, không chỉ là lớp biên. Vì vậy, khi sơ đồ PBL được kích hoạt, rõ ràng khuếch tán thẳng đứng cũng được kích hoạt với giả thiết rằng sơ đồ PBL sẽ xử lý quá trình này.

Trong ARW cho phép lựa chọn các sơ đồ lớp biên hành tinh: Sơ đồ Yonsei University (YSU), sơ đồ Mellor-Yamada-Janjic (MYJ).

d) Mô hình bề mặt đất

Mô hình bề mặt đất (Land-Surface Model, LSM) sử dụng các thông tin khí quyển từ sơ đồ lớp sát đất, giáng thủy từ các sơ đồ vi vật lý và tham số hóa đối lưu, cùng với các biến trạng thái đất và đặc tính bề mặt đất để tính toán các thông lượng ẩm và nhiệt từ bề mặt. Các mô hình đất xử lý thông lượng ẩm, nhiệt trong các lớp đất, các hiệu ứng liên quan đến thực vật, rẫy, tán cây và độ phủ tuyết. Các mô hình bề mặt đất là một chiều và không có tương tác giữa các ô lưới kề nhau. Các mô hình đất trong ARW bao gồm: Mô hình khuếch tán nhiệt 5 lớp, mô hình Noah 4 lớp, mô hình chu trình cập nhật nhanh.

e) Bức xạ

Tham số hóa bức xạ khí quyển nhằm cung cấp đốt nóng bức xạ do các quá trình hấp thụ, phản xạ và tán xạ bức xạ sóng ngắn từ mặt trời và bức xạ sóng dài từ bề mặt trái đất. Các sơ đồ tham số hóa bức xạ trong ARW bao gồm: Sơ đồ sóng dài RRTM, sơ đồ sóng ngắn và sóng dài Eta GFDL, sơ đồ sóng ngắn MM5 (Dudhia), sơ đồ sóng ngắn Goddard.

2.1.2. Phương pháp tổ hợp

Sau khi có được kết quả dự báo của các thành phần tham gia tổ hợp, sử dụng các đặc trưng thống kê để đưa ra kết quả dự báo tổ hợp.

Công thức tổng quát:

$$F_{th} = \sum_{i=1}^N w_i F_i \quad (2.1)$$

Trong đó: F_{th} : kết quả dự báo tổ hợp

F_i : kết quả dự báo thành phần

w_i : trọng số tương ứng với từng dự báo thành phần

N : số thành phần tham gia tổ hợp

a) Phương pháp trung bình đơn giản

Phương pháp lấy *trung bình đơn giản* của các dự báo được đề xuất bởi Carr và Elsebery [6] đang được sử dụng tại Trung tâm Dự báo bão của Mỹ ở Guam.

Công thức tính trọng số:

$$w = w_i = \frac{1}{N} \quad (2.2)$$

Mọi thành phần dự báo được coi là quan trọng như nhau. Không cần phải có số liệu lịch sử, không cần quan tâm đến tính chất hay đặc điểm của các nguồn số liệu. Chất lượng của dự báo tổ hợp sẽ giảm sút đáng kể trong trường hợp có một vài dự báo thành phần không tốt, tách hẳn so với chùm các dự báo thành phần khác. Để có kết quả tổ hợp tốt ta phải lựa chọn các dự báo trước khi đưa vào tổ hợp. Điều này đòi hỏi các dự báo viên phải giàu kinh nghiệm, nắm chắc các kiến thức Synop ảnh hưởng đến đường đi của bão và đặc điểm dự báo của

từng nguồn số liệu. Tuy nhiên việc lựa chọn không phải lúc nào cũng cải thiện được chất lượng dự báo tổ hợp, mà có thể lại lược bỏ những nguồn thông tin tốt.

b) Phương pháp siêu tổ hợp

Phương pháp “*siêu tổ hợp*” xác định cho mỗi thành phần (thành phần tham gia tổ hợp) một trọng số dựa trên tập số liệu về quỹ đạo bão thực và dự báo của các thành phần. Trọng số của các thành phần xác định bằng phương pháp hồi quy có lọc. Kết quả dự báo quỹ đạo bão của các thành phần (kinh vĩ độ tâm bão dự báo) là các nhân tố dự báo và vị trí tâm bão (kinh vĩ độ tâm bão) là yếu tố dự báo. Qua đó làm giảm vai trò của các thành phần dự báo không tốt, đồng thời làm tăng vai trò các thành phần có dự báo tốt trong quá khứ.

Phương pháp “*siêu tổ hợp*” được thực hiện qua hai giai đoạn:

Giai đoạn chuẩn bị

Sử dụng chuỗi số liệu của các dự báo quỹ đạo bão đã qua và các thành phần quỹ đạo quan trắc thực tế của những cơn bão đó (có thể là từ mùa bão trước hoặc từ hai mùa bão trước) xây dựng phương trình hồi qui dự báo vị trí tâm bão (kinh độ, vĩ độ). Ở đây, phương pháp hồi qui tuyến tính nhiều biến có lọc được sử dụng để tìm các trọng số cho các thành phần ở thời điểm (00h, 6h., . . , 120h) . Ngoài ra, cần lưu ý đến độ ổn định của các dự báo thành phần giữa các mùa bão khác nhau. Độ ổn định của các dự báo thành phần càng giảm, dẫn đến kết quả dự báo không tốt. Sau khi tính được các hệ số hồi qui (trọng số), các hệ số này được sử dụng trong giai đoạn dự báo.

Giai đoạn dự báo

Trong giai đoạn này, các dự báo được thực hiện nhờ kết quả dự báo của mô hình thành phần và những hiệu chỉnh thống kê được xây dựng trong giai đoạn chuẩn bị.

Phương trình (1.4) sẽ có dạng :

$$S(t) = \bar{O} + \sum_{i=1}^N a_i (F_i(t) - \bar{F}_i) \quad (2.3)$$

Trong đó: \bar{O} là giá trị trung bình đã quan trắc ở giai đoạn chuẩn bị

N là số các mô hình thành phần

a_i là trọng số hồi quy của mô hình i

$F_i(t)$ là giá trị dự báo của mô hình i

\bar{F}_i là giá trị trung bình của các dự báo của mô hình i trong giai đoạn chuẩn bị.

2.1.3. Các chỉ tiêu đánh giá kết quả dự báo bão

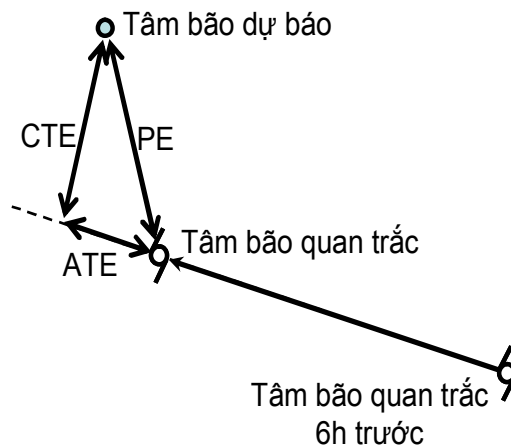
Để đánh giá kết quả dự báo tôi đã sử dụng công thức tính khoảng cách giữa tâm bão thực tế và tâm bão dự báo như sau:

$$PE = R_e \cdot \text{Arc cos}[\sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) \cos(\alpha_2) \cos(\beta_1 - \beta_2)] \quad (2.4)$$

Với R_e là bán kính Trái đất $R_e = 6378.16$ km. α_1 và α_2 là vĩ độ của tâm bão thực tế và tâm bão do mô hình dự báo sau khi đã đổi sang đơn vị radian. β_1 và β_2 là kinh độ của tâm bão thực tế và tâm bão do mô hình dự báo sau khi đã đổi sang đơn vị radian.

Và giá trị trung bình của sai số khoảng cách PE được tính như sau:

$$MPE_j = \frac{\sum_{i=1}^n PE_{i,j}}{n} \quad (2.5)$$



Hình 2.1. Sơ đồ mô tả sai số

Ngoài ra, để tính toán tốc độ di chuyển dọc theo quỹ đạo của bão dự báo nhanh hơn hay chậm hơn so với vận tốc di chuyển thực của bão, quá trình dự báo lệch trái hay lệch phải hơn, người ta còn dùng thêm sai số dọc ATE (Along Track Error) và sai số ngang CTE (Cross Track Error) theo hướng di chuyển của cơn bão. ATE nhận dấu dương nếu tâm bão dự báo nằm phía trước tâm bão quan trắc và nhận dấu âm khi tâm bão dự báo nằm phía sau tâm bão quan trắc. CTE nhận dấu dương khi tâm bão nằm phía phải so với tâm bão quan trắc và nhận dấu âm khi nằm về trái. Với qui ước này, nếu sai số ATE trung bình (MATE) nhận giá trị dương có nghĩa tâm bão dự báo có xu thế di chuyển dọc theo quỹ đạo nhanh hơn so với thực và ngược lại, MATE nhận giá trị âm thì tâm bão dự báo cho xu thế di chuyển dọc theo quỹ đạo chậm hơn. Sai số CTE trung bình (MCTE) dương cho thấy quỹ đạo bão có xu thế lệch phải còn MCTE âm cho thấy xu thế lệch trái so với quỹ đạo thực. Hình 2.4 mô phỏng các chỉ tiêu sai số được tính.

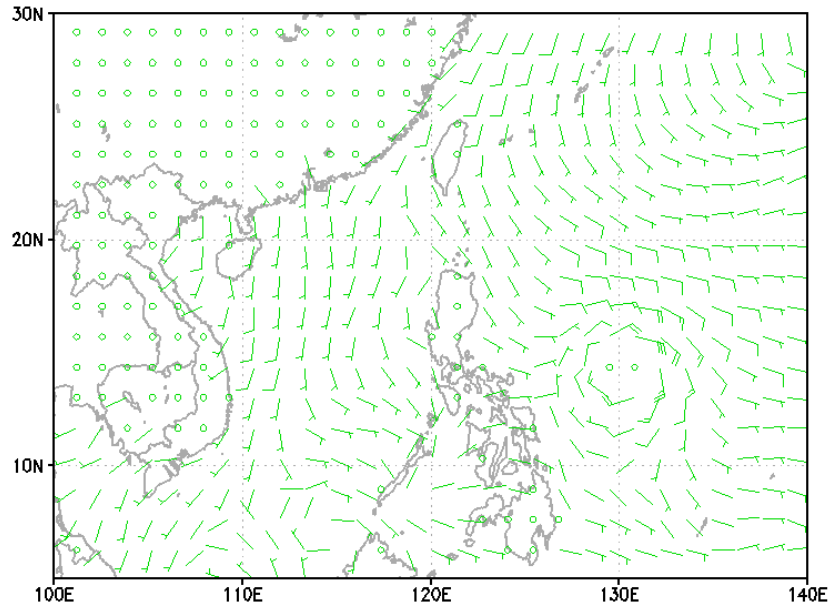
$$MATE_j = \frac{\sum_{i=1}^n ATE_{i,j}}{n} \quad (2.6); \quad MCTE_j = \frac{\sum_{i=1}^n CTE_{i,j}}{n} \quad (2.7)$$

trong đó n là dung lượng mẫu (i=1, n), j là hạn dự báo (j =0, 6, 12...120).

2.2. Điều kiện ban đầu, điều kiện biên và cấu hình miền tính

2.2.1. Lựa chọn miền tính

Miền tính của mô hình bao gồm 151x151 điểm lưới theo phương ngang, 31 mực theo phương thẳng đứng, độ phân giải của mô hình là 27 km, tâm miền tính là tâm cơn bão được lấy trên trang web <http://weather.unisys.com>.



Hình 2.2. Miền dự báo của mô hình WRF được dùng trong luận văn

2.2.2. Điều kiện ban đầu, điều kiện biên cho mô hình

Số liệu được sử dụng để làm điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình là số liệu dự báo tổ hợp toàn cầu của NOAA được download từ trang web: <http://nomads.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/ncdc-ui/>. Số liệu trên miền toàn cầu

gồm 360 x 181 điểm, được cho trên độ phân giải 1°. Số liệu gồm 27 mục thẳng đứng và 29 biến. Danh sách các biến được cho như sau:

Bảng 2.1. Giá trị thông số các biến của số liệu tổ hợp NOAA

Biến	Đơn vị	Mô tả
nlat = 51		Start_lat = -10, end_lat = 40
nlon = 66		Start_lon = 80, end_lon = 145
nlev_soil = 4	cm	00, 10, 40, 100
nlev_o3 = 6	hPa	100, 70, 50, 30, 20, 10
nlev = 26	hPa	1000 , 975, 950, 925 , 900, 850 , 800, 750, 700 , 650, 600, 550, 500 , 450, 400, 350, 300, 250 , 200 , 150, 100 , 70, 50 , 30, 20, 10 10, 50, 100, 200, 250, 500, 700, 850, 925, 1000
ntime = 25	hour	0, 6, 12, ..., 144
Terrain (nlat, nlon)	m	Độ cao địa hình
Landsea_mask (nlat, nlon)	Fraction	Mặt nạ biển – đất liền (0 – biển, 1 – đất liền)
Rain (ntime, nlat, nlon)	Mm	Mưa
Cloud (ntime, nlat, nlon)	Fraction	Lượng mây
T2m (ntime, nlat, nlon)	K	Nhiệt độ không khí 2m
Q2m(ntime, nlat, nlon)	g/kg	Độ ẩm riêng 2m

U10m(ntime, nlat, nlon)	m/s	Gió vĩ hướng mực 10m
V10m(ntime, nlat, nlon)	m/s	Gió kinh hướng mực 10m
Ps(ntime, nlat, nlon)	hPa	Áp suất bề mặt
Pmsl(ntime, nlat, nlon)	hPa	Áp suất mực biển
Ts(ntime, nlat, nlon)	K	Nhiệt độ bề mặt
Wsnow(ntime, nlat, nlon)	fraction	
W850(ntime, nlat, nlon)	Pa/s	
W700(ntime, nlat, nlon)	Pa/s	
Tsoil(nlev_soil, ntime, nlat, nlon)	K	Nhiệt độ đất
Wsoil(nlev_soil, ntime, nlat, nlon)	fraction	
O3(ntime, nlev_o3, nlat, nlon)	g/kg	Ozone
H(ntime, nlev, nlat, nlon)	m	Độ cao địa thế vị
U(ntime, nlev, nlat, nlon)	m/s	Gió vĩ hướng
V(ntime, nlev, nlat, nlon)	m/s	Gió kinh hướng
T(ntime, nlev, nlat, nlon)	K	Nhiệt độ không khí

Q(ntime, nlev, nlat, nlon)	g/kg	Độ ẩm riêng không khí
Qc(ntime, nlev, nlat, nlon)	g/kg	Độ ẩm riêng trong mây

Chương 3

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ DỰ BÁO QUỪ ĐẠO VÀ CƯỜNG ĐỘ BÃO BẰNG MÔ HÌNH WRF SỬ DỤNG SỐ LIỆU DỰ BÁO TỔ HỢP TOÀN CẦU

3.1. Danh sách các cơn bão

Trong luận văn này, tác giả tiến hành thử nghiệm dự báo hạn 5 ngày cho 11 cơn bão hoạt động trong khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương giai đoạn từ năm 2009 đến 2011, tương ứng với 30 trường hợp thử nghiệm dự báo. Các cơn bão được chọn đều có thời gian hoạt động lớn hơn hoặc bằng 5 ngày. Danh sách các cơn bão được thể hiện chi tiết trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Các trường hợp bão được lựa chọn để dự báo thử nghiệm.

*(Giá trị kinh độ, vĩ độ và áp suất nhỏ nhất được lấy tại trang web [http://
http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/](http://http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/))*

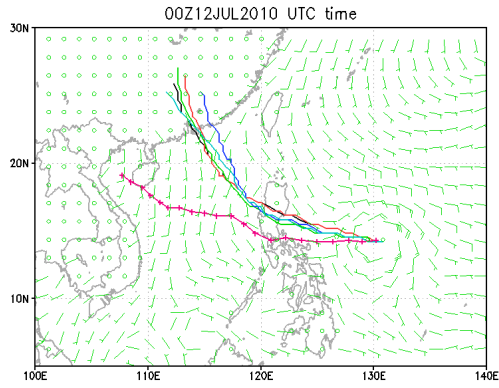
Tên bão	Stt	Thời điểm dự báo	Vĩ độ(độ)	Kinh độ(độ)	Pmin(Mb)
LUPIT	1	00z- 16/10/2009	13.2	137.3	978
	2	00z- 17/10/2009	15.0	132.8	959
	3	00z- 18/10/2009	17.0	132.9	933
	4	00z- 19/10/2009	18.5	134.1	918
	5	00z- 20/10/2009	20.2	130.5	948
	6	00z- 21/10/2009	20.2	127.2	959
	7	00z- 22/10/2009	19.0	124.8	967
LIONROCK	8	00z- 28/08/2010	17.3	117.8	1000

FANAPI	9	00z- 15/09/2010	20.0	128.5	996
MEGI	10	00z- 15/10/2010	14.0	137.1	956
	11	00z- 16/10/2010	17.4	132.9	956
	12	00z- 17/10/2010	18.7	127.5	918
	13	00z- 18/10/2010	17.5	123.3	911
CHABA	14	00z- 24/10/2010	15.4	132.9	1004
	15	00z- 25/10/2010	16.9	130.8	989
SONGDA	16	00z- 22/05/2011	9.5	137.1	994
	17	00z- 23/05/2011	11.0	133.9	985
	18	00z- 24/05/2011	11.9	131.1	980
HAIMA	19	00z- 17/06/2011	10.0	129.1	1008
	20	00z- 18/06/2011	13.4	126.7	1006
	21	00z- 19/06/2011	16.7	124.2	1002
MEARI	22	00z- 22/06/2011	13.2	129.9	1004
NOCK-TEN	23	00z- 25/07/2011	13.1	127.1	1002
	24	00z- 29/07/2011	13.1	133.9	985
	25	00z- 30/07/2011	15.8	133.9	974

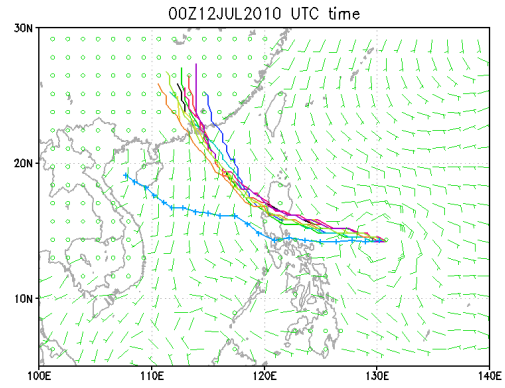
MUIFA	26	00z- 31/07/2011	16.9	132.7	922
	27	00z- 01/08/2011	19.0	133.7	937
	28	00z- 02/08/2011	22.1	134.2	944
	29	00z- 03/08/2011	24.1	132.7	944
WASHI	30	00z- 14/12/2011	5.8	140.6	1006

3.2. Khảo sát số thành phần dự báo

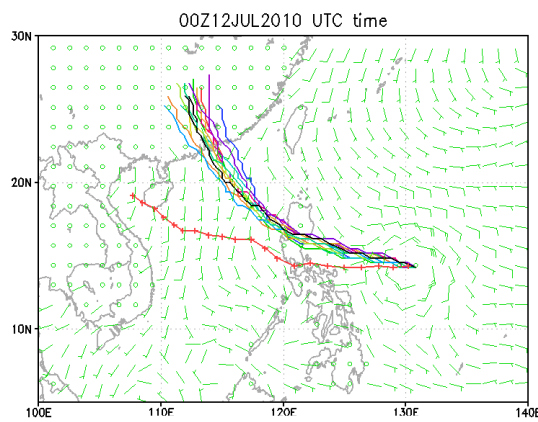
Đối với mỗi thời điểm dự báo, trung tâm NCEP/NCAR cung cấp 21 dự báo thành phần. Tuy nhiên, để dự báo với toàn bộ 21 thành phần này đòi hỏi một khối lượng và thời gian tính toán rất lớn. Do đó luận văn tiến hành khảo sát nhằm tìm ra số lượng thành phần dự báo tối ưu phù hợp với khả năng xử lý của hệ thống nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết. Con bão được lựa chọn chạy khảo sát là cơn bão CONSON ứng với các trường hợp chạy dự báo thử nghiệm lần lượt gồm 5 dự báo thành phần, 10 dự báo thành phần, 15 dự báo thành phần và 21 dự báo thành phần. Trong thử nghiệm sử dụng sơ đồ tham số hóa đối lưu mây tích Kain-Fritsch. Kết quả dự báo cơn bão này nhằm tìm ra số lượng dự báo thành phần cần thiết cho dự báo tổ hợp bão ở Việt Nam. Kết quả dự báo cường độ và quỹ đạo của từng cơn được biểu diễn trong Hình 3.1



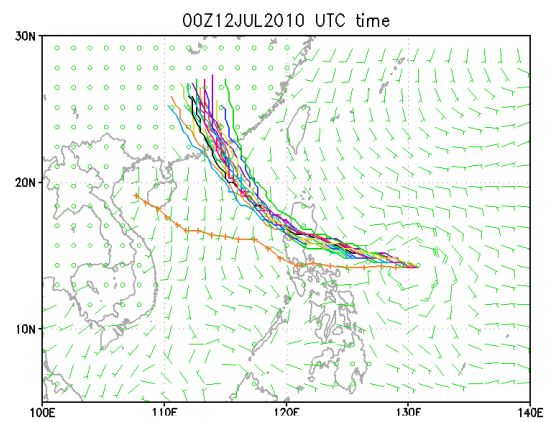
5 thành phần dự báo



10 thành phần dự báo



15 thành phần dự báo



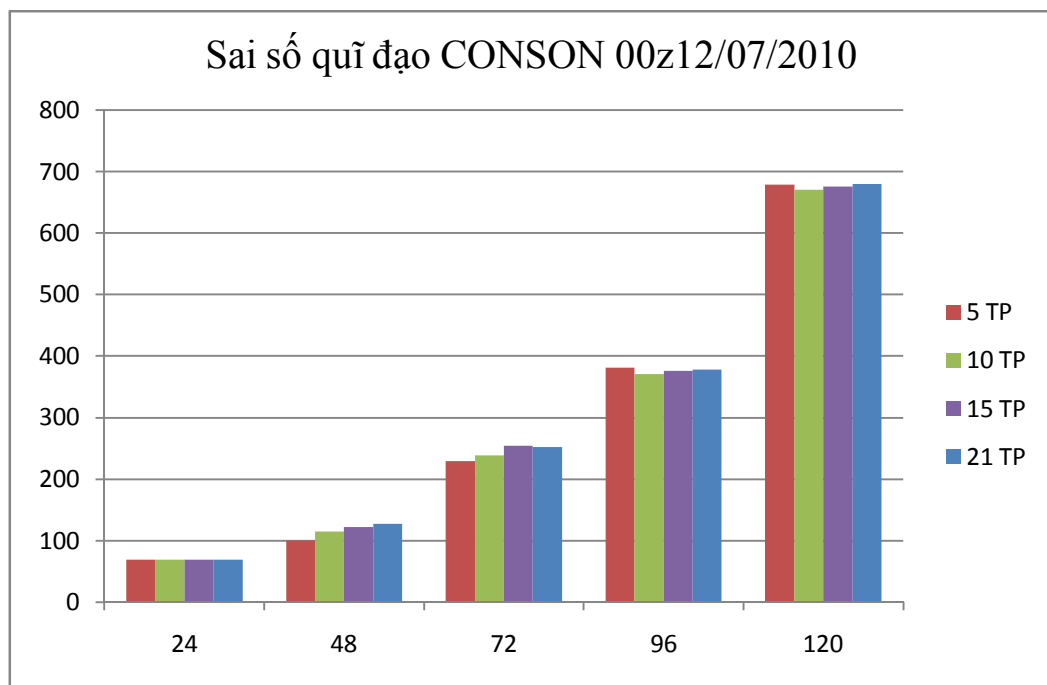
21 thành phần dự báo

Hình 3.1. Quỹ đạo cơn bão CONSON (quỹ đạo thực là đường gạch ngang, quỹ đạo dự báo các thành phần là đường tròn)

Hình 3.1 cho thấy trong trường hợp dự báo cơn bão CONSON với sơ đồ đối lưu Kain-Fritsch, các kết quả dự báo với số lượng thành phần dự báo khác nhau đều cho quỹ đạo lệch lên phía bắc so với quỹ đạo thực. Mặc dù khi số lượng thành phần dự báo tăng lên, độ tán của quỹ đạo dự báo cũng tăng, tuy nhiên độ tăng này không thực sự đáng kể, và độ tán này cũng không bao phủ được quỹ đạo thực như kì vọng. Do đó về trực quan có thể thấy sự tăng số lượng các thành phần dự báo lên 10 hoặc 21 thành phần không làm tăng đáng kể khả năng dự báo độ bất ổn định của quỹ đạo bão.

Bảng 3.2. Sai số quỹ đạo các thành phần tổ hợp cơn bão CONSON

Hạn DB	5 TP	10 TP	15 TP	21 TP
24h	68.3	68.3	68.3	68.3
48h	100.4	114.6	122	126.9
72h	229.6	238.9	254.4	251.8
96h	380.9	371.1	376.3	378.3
120h	679.2	671.1	676.3	680.6



Hình 3.2. Sai số quỹ đạo (5mem-21mem) cơn bão CONSON

Sai số quỹ đạo được tổ hợp bởi kết quả dự báo với 5 thành phần, 10 thành phần, 15 thành phần và 21 thành phần được biểu diễn trong Hình 3.2. Kết quả cho thấy dự báo quỹ đạo với 10 thành phần cho sai số nhỏ nhất, khoảng 671 km sau 5 ngày và kết quả dự báo với 5 thành phần cho sai số lớn nhất, khoảng 681 km sau 5 ngày. Kết quả dự báo với 15 thành phần và 21 thành phần cho sai số gần bằng nhau, khoảng 680 km sau 5 ngày. Tuy nhiên trong cả 6 thời điểm khảo

sát, sai số quỹ đạo cho bởi số lượng thành phần khác nhau không thực sự chênh lệch đáng kể. Sau 5 ngày dự báo, độ chênh lệch giữa kết quả dự báo tốt nhất và kém nhất chỉ vào khoảng 10 km. Do đó có thể khẳng định việc tăng số lượng thành phần dự báo không làm tăng đáng kể khả năng dự báo quỹ đạo bão.

Bảng 3.3. Sai số cường độ các thành phần tổ hợp cơn bão CONSON

CONSON	Hạn dự báo	5TP	10TP	15TP	21TP
Pmin (mb)	24h	0.72	1.25	1.70	1.52
	48h	-3.12	-2.71	-2.12	-2.41
	72h	14.74	15.07	15.76	15.37
	96h	-3.98	-5.41	-4.91	-4.86
	120h	-9.71	-11.25	-11.33	-11.27
Vmax (m/s)	24h	-11.84	-11.86	-12.33	-12.04
	48h	-3.64	-4.216	-4.71	-4.16
	72h	-15.36	-15.51	-15.68	-15.45
	96h	-2.86	-2.28	-2.262	-2.12
	120h	5.48	5.19	5.46	5.958

Sai số về cường độ bão bao gồm áp suất nhỏ nhất (Pmin) và tốc độ gió lớn nhất (Vmax) được dự báo bởi số lượng các thành phần khác nhau được biểu diễn trong Bảng 3.3. Tương tự như kết quả nhận được về sai số quỹ đạo, sai số cường độ bão dự báo nhận được bởi số lượng dự báo thành phần khác nhau không thực sự khác biệt đáng kể. Sai số nhỏ nhất khoảng 1mb đối với áp suất cực tiểu tại

thời điểm 24h và khoảng 2m/s đối với vận tốc gió cực đại tại thời điểm 96h, sai số lớn nhất khoảng 16mb đối với áp suất cực tiểu tại thời điểm 72h và khoảng 15km đối với vận tốc gió cực đại tại thời điểm 72h. Sự chênh lệch sau 5 ngày giữa dao động khoảng 2mb đối với áp suất mặt biển cực tiểu và khoảng 1m/s đối với vận tốc gió cực đại.

Mặc dù sai số quỹ đạo trung bình 5 thành phần so với quỹ đạo thực không phải là tối ưu nhất trong số các trường hợp thử nghiệm song để tiết kiệm chi phí tính toán về mặt máy móc cũng như thời gian tính toán, lựa chọn 5 thành phần là hợp lý nhất. Chính vì vậy, trong luận văn này, tác giả chỉ tính toán dự báo thử nghiệm với 5 dự báo thành phần. Do vai trò của sơ đồ đối lưu ảnh hưởng lớn đến kết quả dự báo quỹ đạo cũng như cường độ bão nên mỗi thành phần được chạy dự báo với 3 sơ đồ đối lưu khác nhau : Kain-Fritsch, Betts-Miller-Janjic và Grell_Devenyi. Vì vậy mỗi dự báo sẽ gồm 15 thành phần dự báo.

3.3 Xây dựng phương trình và kết quả dự báo tổ hợp quỹ đạo, cường độ bão trên toàn bộ tập mẫu

Sau khi chạy thử nghiệm 11 cơn bão (30 trường hợp thử nghiệm) lần lượt với 3 sơ đồ đối lưu mây tích, 5 thành phần của dự báo tổ hợp (gồm 4 thành phần của dự báo tổ hợp và dự báo kiểm tra) đã tạo ra bộ số liệu phụ thuộc. Số thành phần tham gia tổ hợp ở đây là 15 (5 thành phần với 3 sơ đồ đối lưu). Để thuận tiện các dự báo thành phần được ký hiệu bằng các chỉ số 1,2,...,15 trong Bảng 3.4 sau.

Bảng 3.4. Chỉ số ký hiệu các thành phần của dự báo

Các thành phần của dự báo tổ hợp toàn cầu (NCEP)	Thành phần 1	Thành phần 2	Thành phần 3	Thành phần 4	Thành phần 5
Kain-Fritsch	1	2	3	4	5
Betts-Miller-Janjic	6	7	8	9	10
Grell_Devenyi	11	12	13	14	15

Trong luận văn này tác giả sử dụng hai phương pháp tổ hợp là phương pháp trung bình đơn giản, và siêu tổ hợp. Từ đó có thể tìm được phương trình tổ hợp tốt nhất sử dụng để dự báo quỹ đạo bão. Để xây dựng phương trình dự báo tổ hợp quỹ đạo bão ở các hạn dự báo 24,48,...120 giờ trong luận văn đã sử dụng kết quả dự báo ở các hạn này và ở thời điểm trước và sau nó 3 giờ làm bộ số liệu phụ thuộc. Ở đây giả thiết hệ số các phương trình hồi quy trong khoảng 6 giờ không thay đổi và như vậy số lượng mẫu sẽ là 90.

3.3.1. Tổ hợp kết quả bằng phương pháp trung bình đơn giản

a) Sai số quỹ đạo dự báo

Cách đơn giản nhất để tổ hợp các kết quả dự báo là sử dụng phương pháp trung bình đơn giản. Với phương pháp này, kết quả dự báo của 15 thành phần sẽ được cộng trung bình để đưa ra kết quả dự báo cuối cùng. Sai số dự báo quỹ đạo bão bằng phương pháp này được thể hiện trong Bảng 3.5.

Bảng 3.5 Sai số quỹ đạo bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản

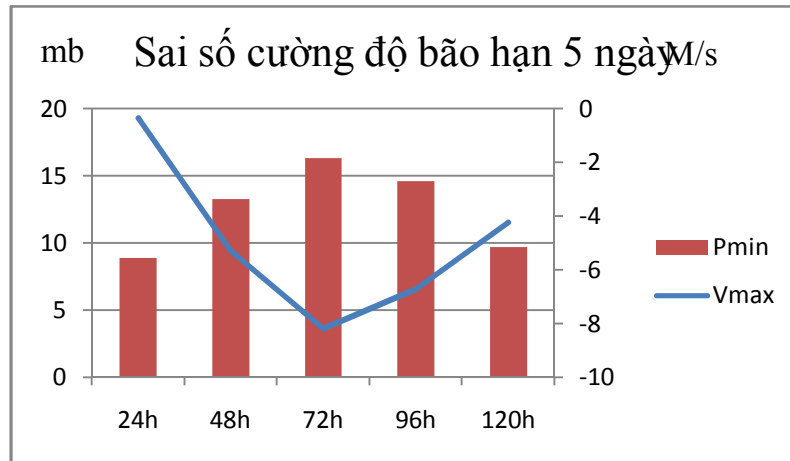
Hạn dự báo	Sai số(Km)
24h	100.89
48h	150.32
72h	262.21
96h	400.24
120h	508.19

Bảng 3.5 cho thấy, kết quả dự báo của toàn tập mẫu sau 3 ngày giảm xuống còn 262 km và sau 5 ngày giảm xuống còn khoảng 508 km. So với các kết quả dự báo bão trước đây ví dụ như kết quả nghiên cứu của GS.TS Trần Tân Tiến với đề tài dự báo bão 3 ngày sai số dự báo tổ hợp trung bình khoảng 322km, sau khi cài xoáy đồng thời sử dụng số liệu tổ hợp làm đầu vào cho mô hình WRF kết quả sai số dự báo quỹ đạo bão tổ hợp trung bình đơn giản sau 3 ngày còn khoảng 262 km đã giảm được gần 100 km.

a) Sai số cường độ dự báo

Bảng 3.6. Sai số cường độ bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản

Hạn DB	Pmin	Vmax
24h	8.85	-0.36
48h	13.26	-5.29
72h	16.30	-8.19
96h	14.59	-6.71
120h	9.69	-4.23



Hình 3.3. Sai số cường độ bão phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản

Từ Hình 3.3 cho thấy, Sai số cường độ bão trung bình của áp suất cực tiểu và vận tốc gió cực đại có dạng Parabol. Sai số dự báo áp suất cực tiểu trung bình khoảng từ 8mb tới 16mb, trong khi sai số dự báo vận tốc gió cực đại trung bình khoảng từ -8m/s tới 0m/s. Kết quả dự báo áp suất cực tiểu trung bình lớn hơn so với thực tế. Thời điểm dự báo áp suất cực tiểu cho sai số ít nhất so với thực tế là dự báo hạn 24h và dự báo hạn 120h. Trong khi kết quả dự báo vận tốc gió cực đại trung bình nhỏ hơn so với thực tế. Thời điểm dự báo vận tốc gió cực đại cho sai số ít nhất so với thực tế là dự báo hạn 24h và dự báo hạn 120h. Qua đây tác giả nhận thấy rằng, dự báo vận tốc gió cực đại thường nhỏ hơn so với vận tốc gió cực đại thực và dự báo áp suất cực tiểu thường lớn hơn so với áp suất cực tiểu thực. Trong luận văn này tác giả chỉ sử dụng phương pháp trung bình đơn giản để tính sai số cường độ bão dự báo.

3.3.2. Tổ hợp kết quả bằng phương pháp siêu tổ hợp

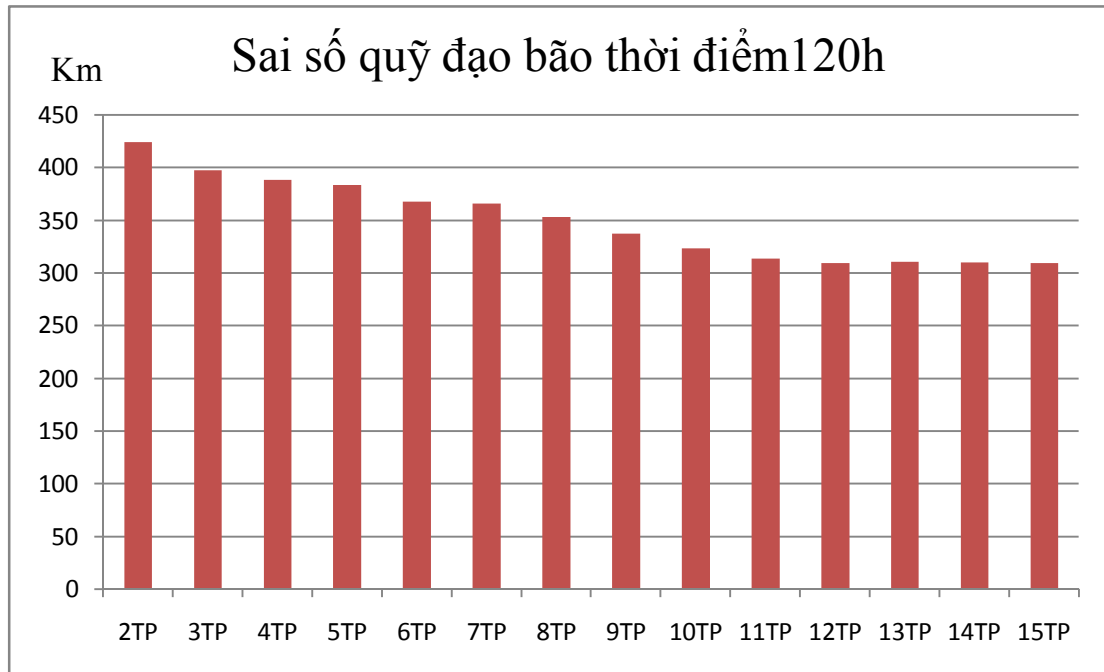
a/ Chọn số thành phần cho phương trình siêu tổ hợp

Dự báo quỹ đạo bão hạn 5 ngày là vấn đề quan tâm nhất nên ở đây đã tiến hành khảo sát sự phụ thuộc của sai số dự báo quỹ đạo bão 5 ngày vào số dự báo

thành phần. Đã tiến hành tổ hợp các thành phần dự báo bằng phương pháp hồi quy có lọc và đánh giá sai số trên tập số liệu phụ thuộc. Sai số quỹ đạo bão với các phương án tổ hợp của dự báo 120 giờ được trình bày trên bảng 3.7 và hình 3.3.

Bảng 3.7. Sai số quỹ đạo bão của các phương án tổ hợp ở dự báo 120h

TP_tổ hợp	Sai số quỹ đạo (km)
2TP	423.84
3TP	397.26
4TP	388.09
5TP	383.58
6TP	367.59
7TP	365.99
8TP	353.01
9TP	337.15
10TP	323.33
11TP	313.26
12TP	309.18
13TP	310.57
14TP	309.69
15TP	309.57



Hình 3.4. Sai số quỹ đạo bão của dự báo 120h khi thay đổi số lượng thành phần tổ hợp

Qua Hình 3.4 thấy rằng nếu so sánh với sai số dự báo quỹ đạo bão trong khu vực hiện nay, đối với các trung tâm dự báo có nguồn lực máy tính vừa phải chỉ cần xây dựng phương trình dự báo tổ hợp với 4 thành phần tổ hợp thì bản tin dự báo quỹ đạo bão hoàn toàn có thể sử dụng được bởi sai số dự báo quỹ đạo bão tại thời điểm 120h khoảng 400km. Việc chỉ đưa vào 4 thành phần tổ hợp sẽ giúp tiết kiệm được thời gian xử lý đồng thời phù hợp với nguồn lực máy tính.

Đối với các trung tâm dự báo có hệ thống máy tính cao, siêu máy tính dự báo quỹ đạo bão có thể cải thiện được sai số dự báo khi tăng số thành phần tổ hợp vào phương trình hồi quy. Qua bảng khảo sát sai số dự báo quỹ đạo bão tại thời điểm 120h cho thấy khi đưa vào phương trình hồi quy 12 thành phần tổ hợp thì sai số dự báo quỹ đạo bão sẽ cho kết quả nhỏ nhất. Vì vậy trong luận văn đã chọn 12 thành phần dự báo để xây dựng phương trình dự báo quỹ đạo bão.

b) Xây dựng phương trình dự báo quỹ đạo bão

Dự báo quỹ đạo bão là dự báo vĩ độ φ và kinh độ λ tâm bão tại các thời điểm dự báo. Phương trình dự báo quỹ đạo tổng quát có dạng:

$$\varphi_{db} = \sum a_i \varphi_i + C_1 \quad (3.1)$$

$$\lambda_{db} = \sum b_j \lambda_j + C_2 \quad (3.2)$$

Trong đó: φ_i là các vĩ độ dự báo thành phần i , λ_j là các kinh độ dự báo thành phần j , a_i và b_j là các hệ số hồi quy, C_1 và C_2 là các hệ số tự do.

Phương trình dự báo quỹ đạo bão cho hạn 24h

$$\varphi_{db24} = 0.21284\varphi_1 + 0.8627\varphi_2 - 0.50584\varphi_3 - 0.03588\varphi_4 - 0.21819\varphi_5 + 0.65564\varphi_6 - 0.17652\varphi_8 - 0.33935\varphi_{11} - 1.01937\varphi_{12} + 0.91394\varphi_{13} + 0.14332\varphi_{14} + 0.46113\varphi_{15} + 0.81955$$

$$\lambda_{db24} = 0.4958\lambda_1 - 0.43667\lambda_2 + 0.12959\lambda_3 - 0.7017\lambda_5 + 0.06097\lambda_6 + 0.70669\lambda_7 + 0.37543\lambda_9 - 0.61121\lambda_{10} + 1.83323\lambda_{11} - 1.17941\lambda_{12} - 0.56432\lambda_{14} + 0.91365\lambda_{15} - 3.12719$$

Phương trình dự báo quỹ đạo bão cho hạn 48h

$$\varphi_{db48} = 0.42776\varphi_1 + 0.42637\varphi_2 - 0.3701\varphi_3 - 0.41334\varphi_4 - 0.1774\varphi_5 - 0.29061\varphi_6 + 0.7626\varphi_8 + 0.52872\varphi_{11} - 0.97619\varphi_{12} + 0.32591\varphi_{13} + 0.44788\varphi_{14} + 0.24594\varphi_{15} + 0.62338$$

$$\lambda_{db48} = -0.5614\lambda_1 - 0.62558\lambda_2 + 0.52362\lambda_3 - 0.14957\lambda_5 + 0.07458\lambda_6 + 0.43038\lambda_7 - 0.18621\lambda_9 + 0.0431\lambda_{10} + 0.65331\lambda_{11} + 0.019\lambda_{12} + 0.26364\lambda_{14} + 0.45273\lambda_{15} + 7.74886$$

Phương trình dự báo quỹ đạo bão cho hạn 72h

$$\varphi_{db72} = -0.43845\varphi_1 + 0.26796\varphi_2 + 0.57926\varphi_3 - 0.19034\varphi_4 - 0.50165\varphi_5 + 0.07801\varphi_6 + 0.32863\varphi_8 + 1.40228\varphi_{11} - 1.19792\varphi_{12} + 0.18562\varphi_{13} - 0.12369\varphi_{14} + 0.41193\varphi_{15} + 2.66917$$

$$\lambda_{db72} = -0.51841\lambda_1 - 0.42453\lambda_2 + 0.14302\lambda_3 - 0.08005\lambda_5 - 0.00874\lambda_6 - 0.15872\lambda_7 + 1.37199\lambda_9 - 0.55074\lambda_{10} + 1.14763\lambda_{11} + 0.35171\lambda_{12} - 1.13829\lambda_{14} + 0.78433\lambda_{15} + 9.7048$$

Phương trình dự báo quỹ đạo bão cho hạn 96h

$$\varphi_{db96} = -0.17103\varphi_1 - 0.22156\varphi_2 - 0.04233\varphi_3 - 0.22758\varphi_4 - 0.11872\varphi_5 - 0.12302\varphi_6 + 0.83041\varphi_8 \\ + 1.51366\varphi_{11} - 0.32641\varphi_{12} - 0.21031\varphi_{13} - 0.27647\varphi_{14} + 0.18696\varphi_{15} + 1.82027$$

$$\lambda_{db96} = -0.49736\lambda_1 - 0.20655\lambda_2 + 0.26496\lambda_3 + 0.29795\lambda_5 - 0.33901\lambda_6 + 0.15106\lambda_7 - 0.09831\lambda_9 \\ + 0.05241\lambda_{10} + 0.60742\lambda_{11} + 0.38054\lambda_{12} + 0.41041\lambda_{14} - 0.03411\lambda_{15} + 0.14061$$

Phương trình dự báo quỹ đạo bão cho hạn 120h

$$\varphi_{db120} = 0.78338\varphi_1 - 0.32303\varphi_2 - 0.49911\varphi_3 + 0.85249\varphi_4 - 0.81871\varphi_5 - 0.43216\varphi_6 + 0.36008\varphi_8 \\ + 0.59951\varphi_{11} - 0.52676\varphi_{12} + 0.68458\varphi_{13} - 0.36015\varphi_{14} + 0.61989\varphi_{15} - 1.27337$$

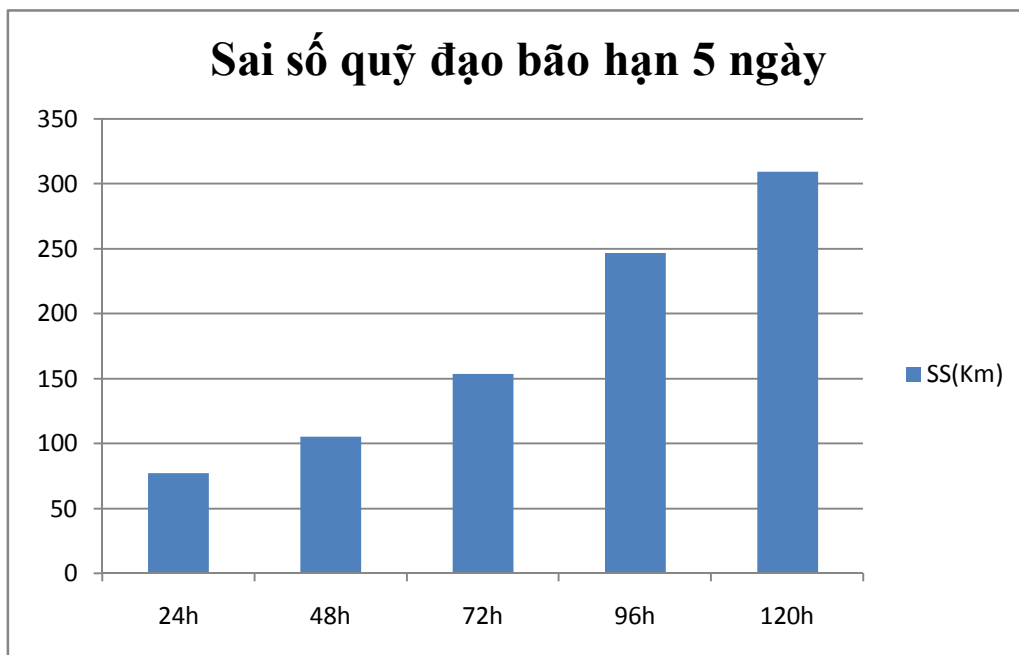
$$\lambda_{db120} = 0.31406\lambda_1 + 0.54678\lambda_2 - 0.27971\lambda_3 - 0.81985\lambda_5 + 1.26767\lambda_6 + 0.15791\lambda_7 - 0.87919\lambda_9 \\ + 0.33502\lambda_{10} + 0.44661\lambda_{11} - 0.72838\lambda_{12} + 0.46507\lambda_{14} + 0.54714\lambda_{15} - 47.85128$$

c/ Kết quả sai số quỹ đạo dự báo trên toàn tập mẫu

Sử dụng các phương trình hồi quy đã xây dựng ở trên cho bộ số liệu phụ thuộc tính tác giả tính được sai số quỹ đạo bão dự báo cho tập số liệu phụ thuộc (Bảng 3.8) sau:

Bảng 3.8. Sai số quỹ đạo bão phương pháp siêu tổ hợp

Hạn DB	SS(Km)
24h	76.84
48h	105.21
72h	153.38
96h	246.38
120h	309.18



Hình 3.5. Sai số quỹ đạo bão trường hợp tổ bằng phương pháp siêu tổ hợp

Qua Hình 3.5, thấy rằng sai số dự báo quỹ đạo bão tăng theo hạn dự báo (hạn dự báo càng dài, sai số càng lớn). Sai số dự báo hạn 24h khoảng 75km, sai số hạn dự báo 72h khoảng 150km, đến 120h sai số dự báo quỹ đạo lên tới khoảng 300km. So sánh sai số dự báo quỹ đạo bão bằng phương pháp siêu tổ hợp với sai số dự báo quỹ đạo bằng phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản thấy rằng: phương pháp siêu tổ hợp cho sai số dự báo hạn 5 ngày thấp hơn khoảng 200km so với phương pháp dự báo tổ hợp trung bình đơn giản.

3.4. Đánh giá kết quả dự báo dựa trên bộ số liệu độc lập

Để đánh giá kết quả dự báo tổ hợp quỹ đạo và cường độ bão, luận văn xây dựng số liệu độc lập gồm một số cơn bão (từ năm 2011 đến 2013) cho ở Bảng 3.7 dưới đây:

Bảng 3.9. Các trường hợp dự báo kiểm nghiệm

Mùa bão	Tên cơn bão	Thời điểm dự báo
2011	NALGAE	2011093000
2012	JELAWAT	2012092300
		2012092400
		2012092500
2013	UTOR	2013081000

Để có được đánh giá vừa mang tính chi tiết, vừa mang tính tổng hợp tác giả đã lựa chọn một cơn bão cụ thể để phân tích và sau đó thực hiện đánh giá cho cả bộ số liệu độc lập. Cơn bão được lựa chọn đánh giá chi tiết là cơn bão UTOR, với thời gian hoạt động là 9 ngày (từ ngày 09/08/2013 đến ngày 18/08/2013).

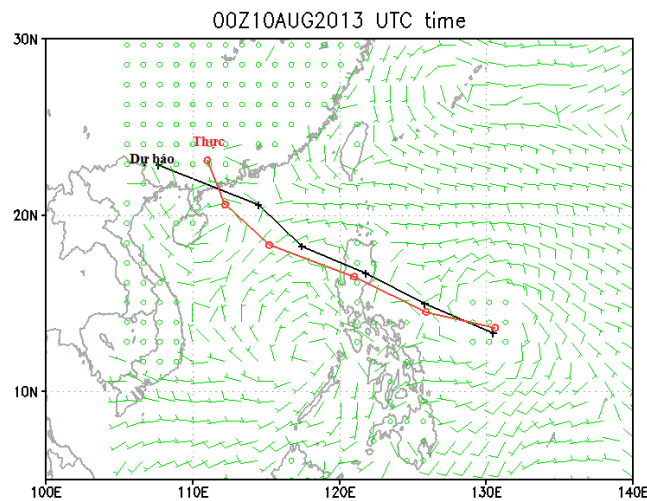
3.4.1. Kết quả dự báo cơn bão UTOR

Trong số các cơn bão đầu năm 2013, cơn bão UTOR được đánh giá là một trong các siêu bão hoạt động trên khu vực biển Đông. Với thời gian hoạt động khá dài so với các cơn bão khác, cơn bão hình thành phía đông đảo Lu-Dông (Philippin), sau đó vượt qua quần đảo Lu-Dông đi vào biển Đông với hướng di chuyển khá ổn định. Cơn bão này đổ bộ vào đất liền khi còn rất mạnh. Tuy cơn bão được dự báo đổ bộ vào Trung Quốc nhưng nó cũng gây ảnh hưởng không nhỏ đối với miền Bắc của Việt Nam. Vì vậy đã lựa chọn cơn bão này để đánh giá chi tiết về sai số dự báo quỹ đạo và cường độ bão trước khi đánh giá trên cả bộ số liệu độc lập.

Bão hình thành ở phía Đông Philippin. Trong quá trình di chuyển bão tăng cường về cường độ rất nhanh, lên tới cấp (14, 15) chỉ sau một ngày hình thành. Đến ngày 12/08/2013 thì bão đi vào quần đảo Philippin đã suy yếu đi một chút nhưng vẫn ở cấp 12. Sau khi vượt qua quần đảo Philippin bão UTOR lại được tăng cường cường độ bão tăng lên cấp 13 và tiếp tục di chuyển lên phía bắc Việt Nam.

Trong thời kỳ hoạt động trên biển, cơn bão UTOR có cường độ rất mạnh nên phạm vi ảnh hưởng rất 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 105kts. Khi vào vùng biển gần bờ các tỉnh Trung Trung Bộ cường độ bão vẫn còn rất mạnh, chính vì vậy nên ảnh hưởng không nhỏ tới các tỉnh miền Bắc Việt Nam.

a) Quỹ đạo cơn bão UTOR

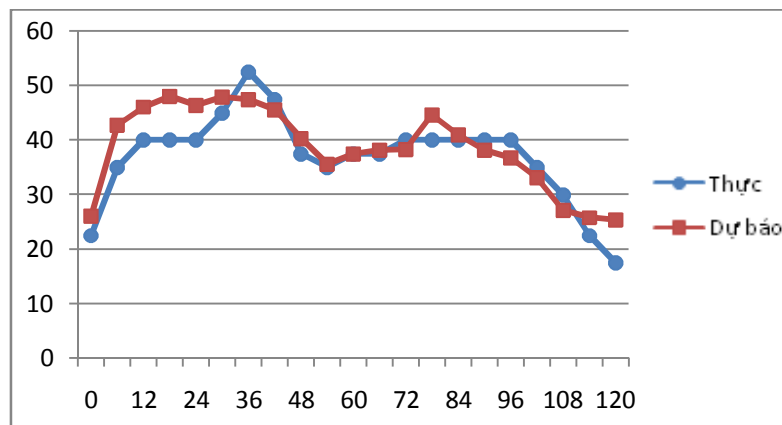


Hình 3.6. Quỹ đạo cơn bão UTOR (quỹ đạo thực là chấm tròn, màu đỏ; quỹ đạo dự báo là đường chấm sao màu đen)

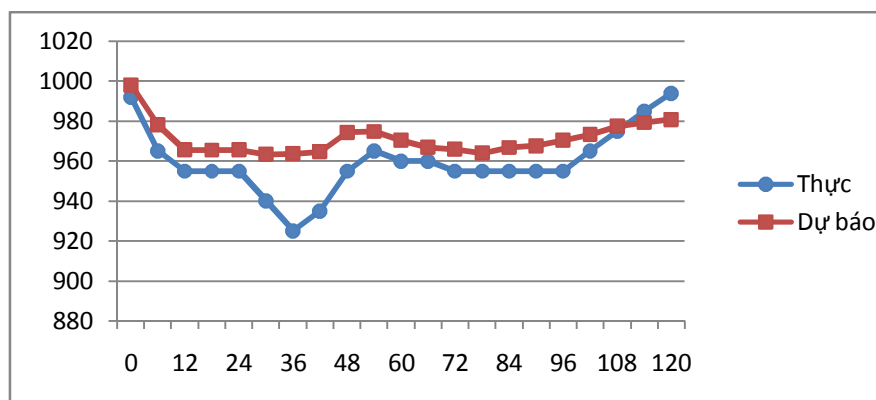
Thời điểm bắt đầu thực hiện sự báo là 00Z ngày 10/08/2013. Toàn bộ quá trình dự báo cho thấy cơn bão UTOR di chuyển chậm hơn dự báo thực ở giai

đoạn đầu (khi vượt qua quần đảo Lu-Dông của Philippin). Khi tới gần bờ cơn bão di chuyển nhanh hơn so với dự báo thực. Nhìn chung mô hình dự báo khá chính xác quỹ đạo di chuyển cũng như vị trí đổ bộ vào đất liền của cơn bão UTOR.

b) Cường độ cơn bão UTOR



Hình 3.7. Vận tốc gió cực đại cơn bão UTOR (vận tốc thực đường chấm tròn, màu xanh; vận tốc dự báo đường chấm vuông, màu đỏ)



Hình 3.8. Áp suất mực biển cực tiểu cơn bão UTOR (áp suất thực đường chấm tròn, màu xanh; áp suất dự báo đường chấm vuông, màu đỏ)

Mô hình dự báo cường độ cơn bão UTOR không chênh lệch nhiều so với cường độ của cơn bão UTOR thực. Nhìn chung mô hình dự báo vận tốc gió cực

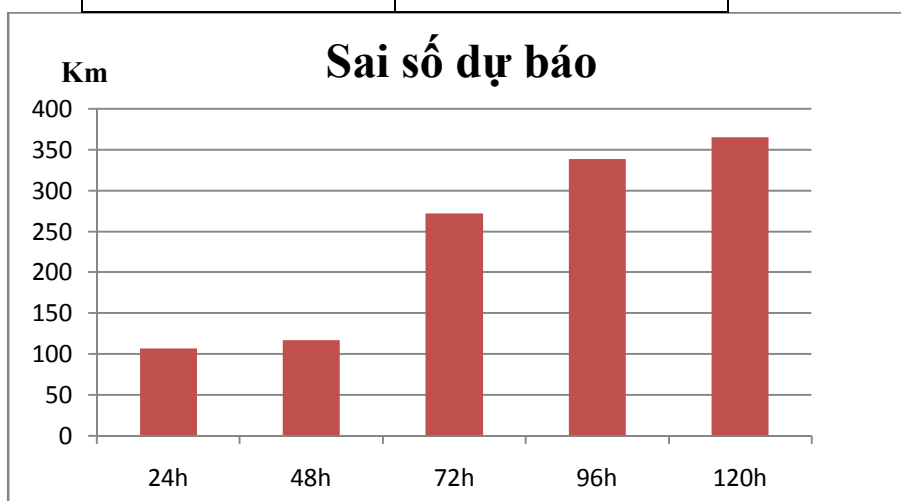
đại có xu hướng thấp hơn so với vận tốc gió thực, chênh lệch lớn nhất khoảng 5m/s tại thời điểm 24h, trong khi mô hình dự báo áp suất cực tiểu có xu hướng cao hơn so với áp suất thực.

3.4.2. Đánh giá kết quả dự báo trên bộ số liệu độc lập

a) Quỹ đạo bão

Bảng 3.10 Sai số quỹ đạo trên bộ số liệu độc lập

Hạn dự báo	Sai số dự báo
24h	107.15
48h	117.30
72h	272.72
96h	339.23
120h	365.90

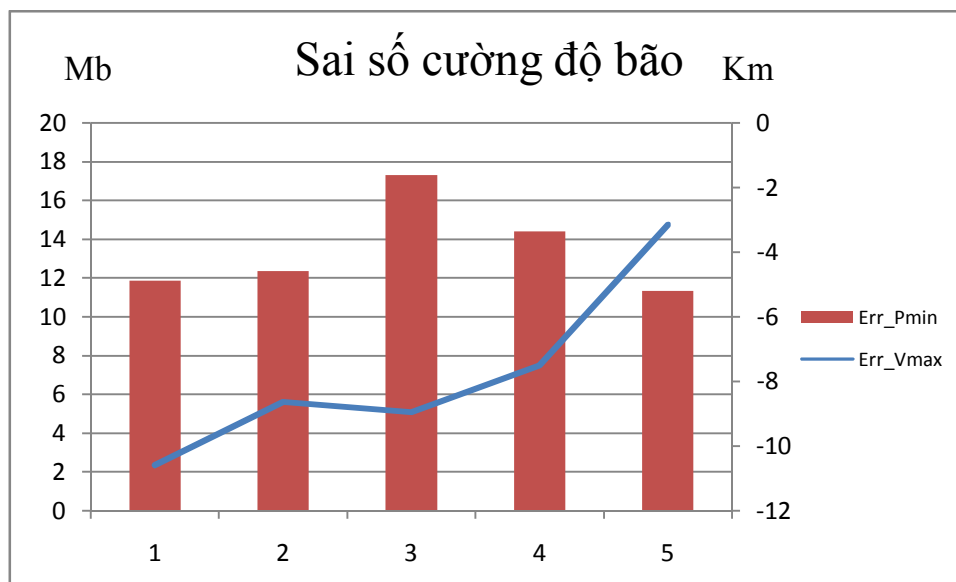


Hình 3.9. Sai số quỹ đạo bão bộ số liệu độc lập

Qua Hình 3.9 thấy rằng, sai số dự báo quỹ đạo bão với số liệu độc lập tương đương với sai số khi sử dụng số liệu phụ thuộc, sai số dự báo quỹ đạo bão tăng theo hạn dự báo. Sai số quỹ đạo bão trên bộ số liệu độc lập sử dụng phương

pháp siêu tổ hợp cho sai số dự báo khá tốt. Sai số dự báo hạn 72h khoảng 270km, và sai số dự báo hạn 120h khoảng 360km. Với sai số dự báo như trên, việc ứng dụng phương pháp này vào dự báo nghiệp vụ là hoàn toàn khả quan, và có thể dễ dàng thực hiện tại các trung tâm dự báo của Việt Nam.

b) Cường độ bão



Hình 3.10. Sai số cường độ bộ số liệu độc lập (cột thể hiện sai số áp suất cực tiểu, đường thể hiện sai số vận tốc gió cực đại)

Cường độ bão ở đây tổ hợp bằng phương pháp lấy trung bình nên không phải kiểm nghiệm trên chuỗi số liệu độc lập. Để đánh giá khả năng dự báo cường độ tác giả đưa ra đánh giá sai số dự báo cường độ trên bộ số liệu này. Qua biểu đồ biểu diễn sai số cường độ bão tác giả thấy rằng áp suất cực tiểu mô hình dự báo có dạng parabol và thường cao hơn so với áp suất cực tiểu thực, sai số lớn nhất khoảng 17mb ở hạn dự báo 72h, nhỏ nhất khoảng 11mb hạn dự báo 120h. Trong khi đó vận tốc gió cực đại dự báo thường thấp hơn so với vận tốc gió cực đại thực. Tuy có sự chênh lệch về giá trị dự báo cường độ và giá trị thực, nhưng nhìn chung sai số dự báo cường độ không chênh lệch nhiều so với giá trị thực.

Kết Luận

Một số kết quả chính luận văn đạt được như sau:

1/ Đã tổng quan về dự báo tổ hợp bão trên thế giới và ở Việt Nam. Giới thiệu mô hình WRF, khái thác và ứng dụng chương trình cài xoáy giả trong mô hình WRF.

2/ Đã lựa chọn được số thành phần dự báo tổ hợp toàn cầu làm số liệu đầu vào cho mô hình WRF để dự báo bão trên khu vực Biển Đông.

3/ Đã xây dựng phương trình tổ hợp dự báo quỹ đạo bão hạn 5 ngày trên khu vực Biển Đông. Kết quả thử nghiệm dự báo quỹ đạo và cường độ bão hạn 5 ngày cho những cơn bão trên khu vực Biển Đông trong các năm 2009, 2010, 2011, 2012 và 2013 bằng mô hình WRF sử dụng số liệu tổ hợp toàn cầu cho thấy:

- dự báo quỹ đạo bão bằng phương pháp siêu tổ hợp với bộ trọng số đã xây dựng hiệu quả hơn so với dự báo bằng phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản. Cụ thể, sau 5 ngày dự báo phương pháp siêu tổ hợp cho sai số dự báo quỹ đạo bão khoảng 350km, trong khi đó phương pháp tổ hợp trung bình đơn giản cho sai số khoảng 500km.
- Sai số dự báo cường độ bão: khoảng 16mb đối với áp suất mực biển cực tiểu và 17km đối với vận tốc gió cực đại.
- Việc dự báo quỹ đạo và cường độ bão bằng phương pháp tổ hợp bằng mô hình WRF sử dụng số liệu dự báo tổ hợp toàn cầu dễ dàng có thể thử nghiệm trong điều kiện nghiệp vụ ở Việt Nam.

Kiến nghị:

Dự báo quỹ đạo và cường độ bão bằng phương pháp tổ hợp sử dụng sản phẩm tổ hợp toàn cầu bằng mô hình WRF tương đối tốt với một số cơn bão. Để có thể sử dụng trong nghiệp vụ phương pháp này cần thử nghiệm với tập số liệu dài hơn

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt

1. 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*.
2. 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
3. Trần Tân Tiến và nnc (2009), “ Dự báo quỹ đạo bão trên Biển Đông bằng phương pháp siêu tổ hợp”. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 25, Số 3S (2009) , tr. 517-522
4. Lê Thị Hồng Vân (2009), “Áp dụng phương pháp đồng hóa số liệu xoáy giả đối với mô hình WRF để dự báo bão”. Luận văn thạc sĩ Khí tượng

Tiếng Anh

5. Brian R. Jarvinen and Charles J. Neumann, 1979, “Statistical forecasts of tropical cyclone intensity for the north atlantic basin”. *National Hurricane Center, NOAA, Miami, Florida*
6. Carr, L.E.III, R.L.Elsebery, “Systematic and integrated approach to tropical cyclone track forecasting”. *Part I. Approach overview and description of meteorological bais. Tech. Rep. NPS-94-002, Naval Postgraduate school, Monterey, CA 93943-5114, 273 pp,1994.*
7. DeMaria, M., and J. Kaplan, 1994, “A statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic basin”. *Wea. Forecasting*, **9**, 209- 220 .

8. DeMaria, M., and J. Kaplan, 1999, "An updated statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic and eastern north Pacific basins". *Wea. Forecasting*, 14, 326-337.
9. Mannoji, N., 2005, "Reduction of the radius of probability circle in typhoon track forecast". *National Typhoon Center-JMA*.
10. Lee, T. C., and W. M. Leung, 2002, "Performance of multiple-model ensemble techniques in tropical cyclone track prediction". *The 35th session of the Typhoon Committee, Chiang Mai, Thailand*, 19-25 November 2002.
11. Lorenz, E. N., 1963, "Deterministic nonperiodic flow". *J. Atmos. Sci.*, 20, 130-141.