

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP NHÀ NƯỚC KHCN-BĐKH/11-15

**BÁO CÁO TỔNG HỢP
KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ**

**ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG
MẠNG LƯỚI GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
VÀ ĐIỀU CHỈNH BỔ SUNG MẠNG LƯỚI QUAN TRẮC
KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN, HẢI VĂN GÓP PHẦN
NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO THIÊN TAI
TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

MÃ SỐ ĐỀ TÀI: BĐKH.04

**Cơ quan thực hiện đề tài: Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi
dưỡng nghiệp vụ khí tượng thủy văn và môi trường**

Chủ nhiệm đề tài: TS. Bùi Văn Đức

Hà Nội - 2014

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP NHÀ NƯỚC KHCN-BĐKH/11-15

**BÁO CÁO TỔNG HỢP
KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ**

**ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG
MẠNG LƯỚI GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
VÀ ĐIỀU CHỈNH BỔ SUNG MẠNG LƯỚI QUAN TRẮC
KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN, HẢI VĂN GÓP PHẦN
NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO THIÊN TAI
TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

MÃ SỐ ĐỀ TÀI: BĐKH.04

Chủ nhiệm đề tài

Cơ quan chủ trì đề tài

**TS. Bùi Văn Đức Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng
nghệ vụ khí tượng thủy văn và môi trường**

Ban Chủ nhiệm Chương trình

Bộ Tài nguyên và Môi trường

Hà Nội - 2014

MỤC LỤC

DANH MỤC KÍ HIỆU VIẾT TẮT	i
DANH MỤC BẢNG	v
DANH MỤC HÌNH.....	vii
MỞ ĐẦU	1
Chương 1.TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU	3
1.1 Những khái niệm cơ bản	3
1.1.1 Khái niệm về biến đổi khí hậu.....	3
1.1.2 Khái niệm về mạng lưới quan trắc.....	4
1.2 Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước	5
1.2.1 Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài	5
1.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước.....	28
1.2.3 Đánh giá chung	35
Chương 2.CƠ SỞ SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	37
2.1 Cơ sở số liệu.....	37
2.2 Phương pháp nghiên cứu.....	38
2.2.1 Phương pháp hàm xu thế.....	38
2.2.2 Phương pháp hàm cấu trúc D-S.....	41
2.2.3 Phương pháp thử nghiệm giả lập hệ thống quan trắc (Observation Simulation System Experiment - OSSE)	45
Chương 3.HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUAN TRẮC VÀ DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN VÀ HẢI VĂN.....	48
3.1 Hiện trạng mạng lưới quan trắc KTTV	48
3.1.1 Mạng lưới trạm khí tượng bề mặt (KTBM).....	48
3.1.2. Mạng lưới trạm đo mưa	53
3.1.3 Mạng lưới khí tượng cao không	56
3.1.4 Mạng lưới trạm thủy văn.....	58
3.1.5 Mạng lưới trạm hải văn	64
3.1.6 Phân tích, đánh giá hiện trạng mạng lưới quan trắc KTTV.....	65
3.2 Hiện trạng hệ thống dự báo KTTV	68
3.2.1 Hiện trạng hệ thống xử lý số liệu dự báo KTTV.....	68
3.2.2. Hiện trạng công nghệ dự báo KTTV.....	75
3.2.3 Đánh giá năng lực dự báo KTTV.....	87
Chương 4.CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG MẠNG LƯỚI TRẠM GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU - ĐỀ XUẤT KHUNG MẠNG LƯỚI GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU	90
4.1 Phân vùng khí hậu và những biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Việt Nam.....	90
4.1.1 Phân vùng khí hậu Việt Nam.....	90
4.1.2 Biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Việt Nam.....	Error! Bookmark not defined.

4.2 Cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH và giám sát mực nước biển dâng	99
4.2.1 <i>Đặt vấn đề</i>	101
4.2.2 <i>Điều kiện lựa chọn trạm giám sát BĐKH và mực nước biển dâng</i>	102
4.2.3 <i>Phương pháp lựa chọn</i>	103
4.3 Đề xuất khung mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH	104
4.3.1 <i>Lựa chọn mạng lưới trạm cơ sở</i>	104
4.3.2 <i>Kết quả đề xuất khung mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH</i>	104
4.4 Đề xuất khung mạng lưới trạm hải văn giám sát mực nước biển dâng	121
4.5 Đề xuất xây dựng mới trạm khí tượng giám sát biến đổi khí hậu	125
Chương 5.ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GÓP PHẦN NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN VÀ HẢI VĂN	128
5.1 Đặt vấn đề	128
5.2 Cơ sở khoa học phát triển mạng lưới trạm quan trắc khí tượng phục vụ dự báo	129
5.2.1. <i>Thiết kế các kịch bản tăng cường trạm quan trắc khí tượng thử nghiệm</i>	129
5.2.2 <i>Đánh giá tác động của các phương án phát triển mạng lưới quan trắc khí tượng tới kết quả dự báo của mô hình số trị</i>	135
5.2.3 <i>Đề xuất khung phát triển mạng lưới quan trắc khí tượng phục vụ dự báo</i>	144
5.3 Cơ sở khoa học phát triển mạng lưới trạm quan trắc thủy văn phục vụ dự báo .	145
5.3.1 <i>Đánh giá sự ảnh hưởng của mật độ trạm tới chất lượng dự báo thủy văn thông qua kết quả tính toán theo các kịch bản giả định</i>	145
5.3.2 <i>Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm thủy văn phục vụ dự báo</i>	156
5.4 Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm đo mưa phục vụ dự báo	164
5.4.1 <i>Mục tiêu phát triển mạng lưới trạm đo mưa độc lập</i>	164
5.4.2 <i>Quan điểm phát triển mạng lưới trạm đo mưa độc lập</i>	164
5.4.3 <i>Đề xuất khung phát triển mạng lưới đo mưa độc lập theo lưu vực sông</i>	164
5.5 Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm hải văn phục vụ dự báo	171
5.5.1 <i>Mục tiêu phát triển mạng lưới trạm hải văn</i>	171
5.5.2 <i>Quan điểm phát triển mạng lưới trạm quan trắc hải văn</i>	171
5.5.3 <i>Căn cứ đề xuất khung phát triển mạng lưới quan trắc hải văn</i>	171
5.5.4. <i>Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm hải văn</i>	183
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	188
TÀI LIỆU THAM KHẢO	190

DANH MỤC KÍ HIỆU VIẾT TẮT

Kí hiệu	Giải nghĩa
ACORN-SAT	The Australian Climate Observations Reference Network-Surface Air Temperature (ACORN-SAT)- Mạng lưới trạm tham chiếu khí hậu Úc - Nhiệt độ không khí bề mặt
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler-Máy đo lưu lượng nước Doppler
AFWA	Air Force Weather Agency-Cơ quan Thời tiết Không quân Hoa Kỳ
ANN	Artificial Neural Network-Mạng thần kinh nhân tạo
AR4	Fourth Assessment Report-Báo cáo đánh giá lần thứ tư
ATNĐ	Áp thấp nhiệt đới
BĐKH	Biến đổi khí hậu
BCHPCLBTƯ	Ban Chỉ huy Phòng chống lụt bão Trung ương
B-I	Vùng khí hậu Tây Bắc Bộ
B-II	Vùng khí hậu Đông Bắc Bộ
B-III	Vùng khí hậu Đồng bằng Bắc Bộ
B-IV	Vùng khí hậu Bắc Trung Bộ
CAMS	Cameras for All Sky Meteor Surveillance-Camera giám sát khí tượng
CAPS	Center for Analysis and Prediction of Storms-Trung tâm Phân tích và Dự báo bão
CCA	Canonical Correlation Analysis-Phân tích tương quan canon
CRN	Climate Reference Network-Mạng lưới tham chiếu khí hậu
Cs.	Cộng sự
DEM	Digital Elevation Model-Mô hình độ cao địa hình số hóa

DHI	Danish Hydraulics Institute-Viện thủy lực Đan Mạch
ECMWF	The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts-Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa châu Âu
ENSO	El Nino/Southern Oscillation-Dao động Nam-Elnino
GCOS	Global Climate Observing System-Hệ thống quan trắc khí hậu toàn cầu
GFS	Global Forecast System-Hệ thống dự báo toàn cầu
GIS	Geographic Information System-Hệ thống thông tin địa lí
GSN	Global Surface Network-Mạng lưới bề mặt toàn cầu
GTS	Global Telecommunication System-Hệ thống viễn thông toàn cầu
HCN	Historical Climatology Network-Mạng lưới khí hậu lịch sử
ICSU	International Council for Science-Hội đồng Khoa học Quốc tế
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission-Ủy ban liên chính phủ Hải dương học
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change-Ban liên chính phủ về Biến đổi khí hậu
ISCGM	International Steering Committee for Global Mapping-Ban chỉ đạo Quốc tế về bản đồ toàn cầu
JMA	Japan Meteorological Agency-Cơ quan Khí tượng Nhật Bản
KMA	Korea Meteorological Administration-Cơ quan Khí tượng Hàn Quốc
KTBM	Khí tượng bề mặt
KTNN	Khí tượng nông nghiệp
KTTV	Khí tượng thủy văn
KTTV&MT	Khí tượng thủy văn và môi trường

LAN	Local Area Network-Mạng máy tính cục bộ
MM5	The PSU/NCAR mesoscale model-Mô hình quy mô vừa của NCAR và Trường Đại học Pennsylvania - PSU
NCKH	Nghiên cứu khoa học
NCAR	The National Center for Atmospheric Research-Trung tâm Quốc gia nghiên cứu khí quyển Hoa Kỳ
NCAR/MMM	Phòng Nghiên cứu Khí tượng quy mô vừa và nhỏ của Trung tâm Quốc gia Nghiên cứu Khí quyển Hoa Kỳ
NMEFC	National Marine Environmental Forecasting Center-Trung tâm Dự báo Môi trường biển Trung Quốc
NOAA	National Ocean and Atmosphere Administration-Cơ quan Biển và Khí quyển Quốc gia Mỹ
NCEP	National Centers for Environmental Prediction-Trung tâm Quốc gia dự báo Môi trường Mỹ
N-S	North-South-Hướng bắc nam
NWP	Numerical Weather Prediction-Dự báo thời tiết bằng mô hình số trị
NW- SE	Hướng tây bắc - đông nam
N-I	Vùng khí hậu Nam Trung Bộ
N-II	Vùng khí hậu Tây Nguyên
N-III	Vùng khí hậu Nam Bộ
ODA	Official Development Assistance-Viện trợ phát triển chính thức
OSSE	Observing System Simulation Experiments-Thử nghiệm giả lập hệ thống quan trắc
PCLBTW	Phòng chống lụt bão trung ương

PCLB&TKCN	Phòng chống lụt bão và tìm kiếm cứu nạn
RCS	Reference Climate Station-Trạm khí hậu tham chiếu
SAR	Second Assesment Report-Báo cáo đánh giá lần thứ hai
SSMSCS	Storm Surge Modelling for South China Sea-Mô hình tính nước biển dâng do bão vùng biển phía nam Trung Quốc
SST	Sea Surface Temperature-Nhiệt độ mặt nước biển
TAR	Third Assesment Rerport-Báo cáo đánh giá lần thứ ba
TNMT	Tài nguyên môi trường
TKVT	Thám không vô tuyến
TTDBTU	Trung tâm dự báo Trung ương khí tượng thủy văn Trung ương
UNEP	United Nations Environmental Program-Chương trình môi trường của Liên hợp quốc
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-Tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hóa của Liên hiệp quốc
WMO	World Meteorological Organization-Tổ chức Khí tượng Thế giới
WRF	Weather Research and Forecast-Mô hình Nghiên cứu và Dự báo thời tiết
XTND	Xoáy thuận nhiệt đới

DANH MỤC BẢNG

Bảng 3.1. Phân loại các trạm KTBM theo công nghệ quan trắc.....	52
Bảng 3.2. Các trạm đo bức xạ và đo gió tự động trên toàn quốc.....	52
Bảng 3.3. Số lượng các trạm đo mưa (trạm độc lập (ĐL), khí tượng (KT), thủy văn (TV), đo tự động và theo phương pháp truyền thống) trên toàn quốc.....	56
Bảng 3.4. Các thiết bị quan trắc TKVT trong mạng lưới khí tượng cao không.....	58
Bảng 3.5. Các thiết bị quan trắc pilot trong mạng lưới khí tượng cao không.....	59
Bảng 3.6. Các thiết bị quan trắc ôzôn-bức xạ cực tím trong mạng lưới khí tượng cao không.....	59
Bảng 3.7. Thống kê số lượng các trạm đo mực nước (H) và lưu lượng (Q) tự động tại các trạm thủy văn.....	65
Bảng 3.8. Số lượng quan trắc viên có trình độ thạc sĩ (ThS); đại học (ĐH); cao đẳng (CĐ); trung cấp (TC) và sơ cấp (SC).....	67
Bảng 3.9. Dung lượng các loại số liệu lưu trữ từ năm 1998 đến 31/12/2007 tại TTDBTU (trên các vật mang tin học: ổ cứng, đĩa CD, băng từ).....	70
Bảng 3.10. Dung lượng các loại số liệu thời gian thực tính đến thời điểm hiện tại nhận hàng ngày TTDBTU.....	72
Bảng 3.11. Phương pháp dự báo thủy văn hạn ngắn đang sử dụng tại TTDBTU.....	81
Bảng 3.12. Phương pháp dự báo thủy văn hạn vừa.....	84
Bảng 3.13. Phương pháp dự báo thủy văn hạn dài.....	84
Bảng 3.14. Số lượng dự báo viên có trình độ tiến sĩ (TS); thạc sĩ (ThS); đại học (ĐH); cao đẳng (CĐ); trung cấp (TC).....	89
Bảng 4.1. Số lượng các trạm khí tượng cơ sở theo các tiêu vùng khí hậu.....	91
Bảng 4.2. Hệ số xu thế biến đổi về tổng lượng mưa năm (V_{bdt}) và nhiệt độ trung bình năm (V_{bdt}) của các trạm khí tượng cơ sở (những hệ số góc của tổng lượng mưa có giá trị dương được gạch chân).....	105
Bảng 4.3. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm được chọn theo tiêu chí 1.....	109
Bảng 4.4. Kết quả tính hệ số tương quan R tổng lượng mưa năm giữa các trạm với trung bình chung của từng khu vực (trạm có R lớn nhất được gạch chân).....	111
Bảng 4.5. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm được chọn theo tiêu chí 2.....	112
Bảng 4.6. Phân cấp hệ số góc đối với nhiệt độ trung bình tại các trạm cơ sở.....	113
Bảng 4.7. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình được chọn theo tiêu chí 1.....	116
Bảng 4.8. Kết quả tính hệ số tương quan R nhiệt độ trung bình năm giữa các trạm với trung bình chung của từng khu vực (trạm có R lớn nhất được gạch chân).....	117
Bảng 4.9. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình năm được chọn theo tiêu chí 2.....	118
Bảng 4.10. Danh sách trạm được chọn để giám sát BĐKH.....	119

Bảng 4.11. Phương trình hồi quy hàm cấu trúc tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm của mạng lưới trạm giám sát BĐKH gồm 39 trạm	122
Bảng 4.12. Tốc độ biến thiên của mực nước biển trung bình năm	122
Bảng 4.13. Hệ số tương quan mực nước biển giữa các cặp trạm	123
Như đã nói trong chương 1, việc xây dựng thêm những trạm khí tượng giám sát BĐKH là một việc làm cần thiết nên một số nước đã thực hiện, bởi vì sự phát triển KTXH đã, đang và sẽ làm thay đổi môi trường sống rất nhiều, làm ảnh hưởng số liệu của các trạm khí tượng gần kề; và ngay cả những trạm hiện chưa bị ảnh hưởng của sự thay đổi địa phương thì liệu trong tương lai, khi sự phát triển KTXH vẫn đang có xu thế ngày càng mạnh, môi trường xung quanh của trạm này có bị biến đổi.	125
Bảng 4.14. Danh sách trạm khí tượng hải văn giám sát nước biển dâng.....	125
Bảng 5.1. Tóm tắt thông tin về phương pháp thử nghiệm giả lập hệ thống quan trắc (OSSE)	130
Bảng 5.2. Thông tin tóm tắt về các kịch bản thử nghiệm tăng cường mật độ trạm.....	131
Bảng 5.3. Tọa độ các trạm cố định giả lập được bổ sung tại vùng biển quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa.....	135
Bảng 5.4. Thông tin thử nghiệm cơn bão Haiyan.....	136
Bảng 5.5. Thông tin thử nghiệm dự báo hai đợt mưa lớn.....	137
Bảng 5.6. Thông tin thử nghiệm dự báo yếu tố nhiệt độ tại 2m	142
Bảng 5.7. Số lượng trạm phát triển mới theo giai đoạn.....	144
Bảng 5.8. Kết quả tính toán mô phỏng đỉnh lũ bằng mô hình MIKE11 theo phương án 1 và số liệu thực đo	147
Bảng 5.9. Kết quả tính toán mô phỏng đỉnh lũ bằng mô hình MIKE11 theo phương án 2 và số liệu thực đo	147
Bảng 5.10. Bảng so sánh chỉ tiêu tính toán mực nước trạm Con Cuông.....	151
Bảng 5.11. Kết quả mô phỏng đỉnh lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 và thực đo trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại hai trạm Thành Mỹ, Nông Sơn.....	153
Bảng 5.12. Kết quả mô phỏng đỉnh lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 và thực đo trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại hai trạm Hội Khách và Giao Thủy	155
Bảng 5.13. Danh sách trạm thủy văn đề xuất nâng cấp hoặc di chuyển.....	157
Bảng 5.14. Số lượng các trạm thủy văn đề xuất phát triển mới đến năm 2020 theo lưu vực sông	163
Bảng 5.15. Số lượng các trạm đo mưa độc lập đề xuất mở mới đến năm 2020	165
Bảng 5.16. Hiện trạng công tác dự báo nước dâng do bão và nội dung đề xuất điều chỉnh.....	177
Bảng 5.17. Hiện trạng công tác dự báo sóng và nội dung đề xuất điều chỉnh.....	182
Bảng 5.18. Danh sách 21 trạm hải văn quy hoạch phát triển đến năm 2020.....	186
Bảng 5.19. Số lượng các trạm hải văn tính đến năm 2020	187

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Mạng lưới gồm 135 trạm giám sát BĐKH của Hoa Kỳ [58].....	8
Hình 1.2. Mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu của Úc (tính đến tháng 10/2007).....	9
Hình 1.3. Mạng lưới trạm giám sát BĐKH của Thụy Sĩ	10
Hình 1.4. Khu vực giả lập quan trắc DWL Mô phỏng 0600 UTC ((a) và (c)) và 1800 UTC ((b) và (d)) ngày 01/10/2005. (a),(b) và (c),(d) lấy mẫu quan sát mô phỏng cho đồng hóa dữ liệu EXP1 (không có ảnh hưởng của mây) và EXP2 (có ảnh hưởng của mây) một cách tương ứng.	12
Hình 1.5. Profile phân kì thẳng đứng trung bình toàn khu vực cách tâm bão 250km lúc 0600 UTC ngày 01/10/2005 (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường màu đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP2)	13
Hình 1.6. Quỹ đạo bão (a) và sai số quỹ đạo (b) trong 48 giờ cho các thử nghiệm khác nhau (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP2.....	13
Hình 1.7. Cấu trúc gió tại tâm bão mực 850hPa. a) NR; b) CR; c) EXP1 và d) EXP2 .	14
Hình 1.8. Trung bình cường độ mưa (mm/giờ) trung bình trong khu vực cách tâm bão 250km từ 1200UTC ngày 01 đến 0300UTC ngày 03/10/2005 (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường màu đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP .	14
Hình 2.1. Dao động ngẫu nhiên	39
Hình 2.2. Dao động tuần hoàn	39
Hình 2.3. Xu thế dài năm	39
Hình 2.4. Minh họa đơn giản 2 hệ thống đồng hóa số liệu và thử nghiệm hệ thống quan trắc giả lập.....	46
Hình 3.1. Mạng lưới trạm quan trắc KTBM	49
Hình 3.2. Biểu đồ mật độ trạm theo ô lưới	49
Hình 3.3. Mạng lưới trạm quan trắc KTBM tự động.....	51
Hình 3.4. Mạng lưới trạm đo gió tự động	53
Hình 3.5. Mạng lưới trạm đo mưa toàn quốc (truyền thống + tự động)	54
Hình 3.6. Mạng lưới trạm đo mưa tự động toàn quốc	55
Hình 3.7. Mạng lưới trạm thủy văn toàn quốc.....	61
Hình 3.8. Mạng lưới trạm thủy văn đo mực nước (H) tự động.....	63
Hình 3.9. Mạng lưới trạm thủy văn đo lưu lượng (Q) tự động.....	64
Hình 3.10. Mạng lưới trạm hải văn.....	66
Hình 3.11. Sơ đồ các mốc thời gian quan trọng trong hệ thống xử lí số liệu và dự báo tại TTDBTU'.....	69
Hình 3.12. Sơ đồ triển khai mạng vật lí của TTDBTU' và hệ thống MHDARS.....	71
Hình 3.13. Sơ đồ truy xuất số liệu của hệ thống MHDARS.....	74
Hình 3.14. Giao diện chính của phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV.	74
Hình 3.15. Bản đồ dự báo bão của TTDBTU' trên trang web http://www.nchmf.gov.vn lúc 14h30 ngày 21/07/2010 (Bão CHANTHU)	76

Hình 3.16. Bản đồ phân tích biến cao 5 ngày (trên) và bản đồ phân tích chuẩn sai 10 ngày (dưới) được chương trình tạo ra trong hệ NAWIPS.....	77
Hình 3.17. Hệ máy tính song song trong mạng thông tin máy tính tại TTBDTU' vào thời điểm năm 2002	78
Hình 3.18. So sánh hiệu năng giữa Hệ song song I và máy tính trạm IBM RS/6000(2 CPU).....	78
Hình 3.19. Sơ đồ dự báo sóng biển nghiệp vụ tại TTBDTU'	85
Hình 3.20. Giao diện của mô hình SSMSCS	86
Hình 4.1. Xu thế biến đổi nhiệt độ không khí trung bình năm tại 7 vùng khí hậu	93
Hình 4.2. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình tối cao năm tại 7 vùng khí hậu.....	94
Hình 3. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình tối thấp năm tại 7 vùng khí hậu	95
Hình 4.4. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa năm tại 7 vùng khí hậu.....	96
Hình 4.5. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa mưa tại 7 vùng khí hậu.....	97
Hình 4.6. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa khô tại 7 vùng khí hậu.....	99
Hình 4.7. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Hòn Dấu giai đoạn 1981-2010. 100	
Hình 4.8. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Sơn Trà giai đoạn 1981-2010 .. 100	
Hình 4.9. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Vũng Tàu giai đoạn 1981 - 2010	100
Hình 4.10. Mạng lưới trạm khí tượng cơ sở gồm 84 trạm trên 7 vùng khí hậu.....	105
Hình 4.11. Bản đồ các trạm cơ sở có xu thế tổng lượng mưa năm tăng (màu đỏ) và có xu thế tổng lượng mưa năm giảm (màu xanh).....	110
Hình 4.12. Mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH	120
Hình 4.13. Mạng lưới trạm hải văn giám sát MNBD	124
Hình 5.1. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 50km x 50km	132
Hình 5.2. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 30km x 30km	133
Hình 5.3. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 20km x 20km	134
Hình 5.4. Bản đồ dự báo quỹ đạo bão (a) và sai số khoảng cách dự báo (b) với thử nghiệm cơn bão Haiyan (1330). Thời điểm tích phân là 06UTC ngày 09/11/2013	136
Hình 5.5. Lượng mưa tích lũy 24 giờ mô phỏng theo NR (a), dự báo theo CR (b), EXP1 (c), EXP2 (d) và EXP3 (e). Thời điểm tích phân là 00UTC ngày 31/8/2012.....	138
Hình 5.6. Lượng mưa tích lũy 24 giờ dự báo theo: NR (a), CR (b), EXP1 (c), EXP2 (d) và EXP3 (e). Thời điểm tích phân tại 06UTC ngày 27/10/2012.	139
Hình 5.7. Các chỉ số thống kê (POD, FAR và ETS) cho lượng mưa tích lũy 24 giờ với ngưỡng mưa 30mm, NR, CR, EXP1, EXP2 và EXP3 trên khu vực Bắc Trung Bộ- Trung Trung Bộ (a) và Đông Bắc Bộ (b).....	141
Hình 5.8. Kết quả dự báo thử nghiệm đối với nhiệt độ T2m ngày 14/3/2014 theo các kịch bản: a) NR, b) CR, c) EXP1, d) EXP2 và e) EXP3	143
Hình 5.9. Các chỉ số thống kê (ME, RMSE) cho nhiệt độ dự báo 24 giờ. Thời điểm phân tích tại 00UTC ngày 13/3/2014.....	144

Hình 5.10. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đông Tâm từ 12-21/10/1984.....	147
Hình 5.11. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa không có Q trạm Đông Tâm từ 12-21/10/1984.....	147
Hình 5.12. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đông Tâm từ 14-21/10/1993.....	148
Hình 5.13. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đông Tâm từ 14-21/10/1993.....	148
Hình 5.14. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ 22- 25/10/2001 theo phương án 1	148
Hình 5.15. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ 22- 25/10/ 2001 theo phương án 2.....	148
Hình 5.16. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 2- 10/10/ 2010 theo phương án 1	148
Hình 5.17. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 2- 10/10/2010 theo phương án 2	148
Hình 5.18. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 30/9- 4/10/2011 theo phương án 1	149
Hình 5.19. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 30/9- 4/10/2011 theo phương án 2	149
Hình 5.20. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 2-10/10/2007 theo phương án 1	150
Hình 5.21. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 2-10/10/2007 theo phương án 2	150
Hình 5.22. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 22/9-1/10/2009 theo phương án 1	150
Hình 5.23. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 22/9-1/10/2009 theo phương án 2.....	150
Hình 5.24. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 14-24/10/2010 theo phương án 1	150
Hình 5.25. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 14-24/10/2010 theo phương án 2	150
Hình 5.26. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 23/6-1/7/2011 theo phương án 1	151
Hình 5.27. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 23/6-1/7/2011 theo phương án 2.....	151
Hình 5.28. Đường quá trình lưu lượng lũ thực đo trận lũ xảy ra từ ngày 10-22/10/2008 và mô phỏng bằng mô hình MIKE NAM tại trạm Thành Mỹ.....	153
Hình 5.29. Đường quá trình lưu lượng lũ thực đo trận lũ xảy ra từ ngày 10- 22/10/2008 và mô phỏng bằng mô hình MIKE NAM tại trạm Nông Sơn.....	154
Hình 5.30. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Thành Mỹ.....	154

Hình 5.31. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Nông Sơn	154
Hình 5.32. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Hội Khách	155
Hình 5.33. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Giao Thủy	155
Hình 5.34. Phân bố biên độ triều lớn nhất khu vực Biển Đông và ven biển Việt Nam	173
Hình 5.35. Tương quan mực nước giữa trạm Sơn Trà và khu vực Cù Lao Chàm	174
Hình 5.36. Tương quan mực nước giữa trạm Hòn Ngư và Sơn Trà	174
Hình 5.37. Tương quan mực nước giữa trạm Quy Nhơn và Vũng Tàu	175
Hình 5.38. Minh họa cơ chế tạo mực nước dị thường	176
Hình 5.39. Trường khí áp trong thời gian có triều cường tại thành phố Hồ Chí Minh tháng 12/2011	176
Hình 5.40. Minh họa nội dung bản tin dự báo nước dâng do bão	177
Hình 5.41. Cấu trúc lưới lồng của mô hình SuWAT (a) và sơ đồ lưới lồng dự kiến xây dựng (mô phỏng) cho mô hình dự báo, cảnh báo nước dâng do bão tại Việt Nam (b)	178
Hình 5.42. Mô phỏng phần mềm hỗ trợ tác nghiệp dự báo nước dâng do bão.....	180
Hình 5.43. Trường sóng có nghĩa dự báo (Hsig)	181
Hình 5.44. Trường sóng gió dự báo (Hwind)	181
Hình 5.45. Trường sóng lừng dự báo (Hswell).....	181
Hình 5.46. Mô phỏng dự báo điểm (sóng lừng, sóng có nghĩa và độ cao sóng cực đại)	181
Hình 5.47. Minh họa lưới tính sóng chi tiết cho vùng ven bờ	184
Hình 5.48. Mô phỏng hệ thống dự báo, cảnh báo sóng biển bằng công nghệ lưới lồng...	184
Hình 5.49. Mô phỏng tầm quét của radar biển (Tổng cục Biển và Hải đảo).....	184
Hình 5.50. So sánh giữa độ cao sóng phân tích từ radar và trạm phao.....	184
Hình 5.51. Bản đồ mạng lưới trạm hải văn đề xuất đến năm 2020	185

MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) và mực nước biển dâng với những tác động sâu rộng của nó đến mọi hoạt động kinh tế- xã hội không còn là vấn đề của khoa học mà đã trở thành một tác nhân của sự phát triển kinh tế xã hội. Vì vậy, không chỉ riêng các nhà khoa học mà BĐKH đã được toàn thể cộng đồng quốc tế quan tâm.

Đánh giá đúng mức độ BĐKH thông qua phân tích các yếu tố và hiện tượng KTTV trên chuỗi số liệu lịch sử là cơ sở để đưa ra các giải pháp phù hợp, ứng phó hiệu quả với BĐKH, hạn chế tới mức thấp nhất tác động tiêu cực của nó tới các hoạt động kinh tế xã hội. Để đánh giá đúng mức độ BĐKH, chúng ta phải lựa chọn được những chuỗi số liệu của các trạm phản ánh đúng diễn biến khách quan của trạng thái khí quyển của một vùng hay tiểu vùng khí hậu, những trạm không bị tác động mang tính địa phương hoạt động của con người.

Mặt khác, để phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai KTTV một cách hiệu quả trong bối cảnh BĐKH, cần phải nâng cao chất lượng dự báo, cảnh báo KTTV. Chất lượng dự báo, cảnh báo KTTV được nâng lên một khi cả ba thành phần của hệ thống dự báo KTTV: cơ sở dữ liệu (mật độ trạm, chất lượng quan trắc, hệ thống thông tin truyền nhận số liệu), công nghệ dự báo và con người-dự báo viên được tăng cường năng lực một cách đồng bộ. Nói một cách khác, muốn nâng cao chất lượng dự báo KTTV, cùng với việc hiện đại hóa công nghệ dự báo và đào tạo đội ngũ dự báo viên đủ năng lực làm chủ công nghệ mới cần nghiên cứu xây dựng mạng lưới trạm KTTV hiện đại, tự động với mật độ tối ưu đáp ứng đầy đủ số liệu đầu vào cho các công nghệ dự báo hiện đại.

Trước những nhu cầu cấp bách của thực tế, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã giao cho Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ khí tượng thủy văn và môi trường thực hiện đề tài **“Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát biến đổi khí hậu và điều chỉnh bổ sung mạng lưới quan trắc khí tượng, thủy văn, hải văn góp phần nâng cao chất lượng dự báo thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu”** với hai mục tiêu chính là: (1) Cung cấp được cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH trên cơ sở điều chỉnh, bổ sung mạng lưới quan trắc khí tượng, thủy văn, hải văn hiện có; (2) Đề xuất được một số cải tiến góp phần nâng cao chất lượng dự báo thiên tai trong điều kiện BĐKH.

Sau hai năm thực hiện, nhóm nghiên cứu do TS. Bùi Văn Đức làm Chủ nhiệm đã hoàn thành những nội dung nghiên cứu đề ra. Báo cáo kết quả nghiên cứu của đề tài, ngoài phần mở đầu, kết luận - kiến nghị và phụ lục, được phân thành 5 chương

như sau:

Chương 1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu

Chương 2. Cơ sở số liệu và phương pháp nghiên cứu

Chương 3. Hiện trạng công tác quan trắc và dự báo khí tượng, thủy văn và hải văn

Chương 4. Cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới trạm giám sát biến đổi khí hậu-Đề xuất khung mạng lưới giám sát biến đổi khí hậu

Chương 5. Đề xuất giải pháp góp phần nâng cao chất lượng dự báo khí tượng, thủy văn và hải văn.

Chương 1.

TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

1.1 Những khái niệm cơ bản

1.1.1 Khái niệm về biến đổi khí hậu

Thời tiết của địa phương nào đó trong thời đoạn nào đó là trạng thái tổng hợp của các hiện tượng vật lí xảy ra trong khí quyển (còn gọi là hiện tượng khí tượng) như: mây, giáng thủy, sương mù, dông... và các yếu tố khí tượng như: nhiệt độ, khí áp, độ ẩm... vào một thời đoạn đó tại địa phương đó.

Khí hậu là sự tổng hợp của thời tiết, được đặc trưng bởi các giá trị trung bình thống kê và các cực trị đo được hoặc quan trắc được của các yếu tố và hiện tượng thời tiết trong một khoảng thời gian đủ dài, thường là hàng chục năm. Một cách đơn giản, có thể hiểu khí hậu là trạng thái trung bình của thời tiết được xác định trên một khoảng thời gian đủ dài ở một nơi nào đó.

Theo IPCC (2007) [38], BĐKH là sự biến đổi trạng thái của hệ thống khí hậu, có thể được nhận biết qua sự biến đổi về giá trị trung bình và sự biến động của các thuộc tính của nó, được duy trì trong một thời gian đủ dài. Nói cách khác, nếu coi trạng thái cân bằng của hệ thống khí hậu là điều kiện thời tiết trung bình và những dao động của nó trong khoảng vài thập kỉ hoặc dài hơn, thì BĐKH là sự biến đổi từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác của hệ thống khí hậu.

BĐKH được nhận biết thông qua sự biến đổi rõ rệt (có ảnh hưởng quan trọng đối với kinh tế, xã hội và môi trường) về các giá trị trung bình của các yếu tố khí tượng. Trong những thập niên gần đây, biểu hiện rõ rệt nhất của BĐKH là sự gia tăng của nhiệt độ trung bình bề mặt Trái đất, dẫn đến sự nóng lên toàn cầu, và hệ quả của nó là mực nước biển dâng (MNBD). Hiện nay, BĐKH và hệ quả của nó là MNBD được nhìn nhận như là sự tiềm ẩn của nhiều nguy cơ đối với kinh tế, xã hội và môi trường. Nhiều bằng chứng đã chứng tỏ rằng, thiên tai và các hiện tượng cực đoan có nguồn gốc KTTV ngày càng gia tăng ở nhiều vùng trên Trái đất thể hiện sự biến đổi bất thường của điều kiện KTTV.

Nguyên nhân gây BĐKH có thể do các quá trình tự nhiên bên trong hệ thống khí hậu, hoặc do những tác động từ bên ngoài, hoặc do sự tác động thường xuyên của con người, làm thay đổi thành phần cấu tạo của khí quyển và bề mặt Trái đất. Hiểu rõ và định lượng được mức độ ảnh hưởng của các nguyên nhân gây BĐKH hoàn toàn không đơn giản. Trong báo cáo lần thứ nhất (FAR) của IPCC năm 1990 chỉ

nêu được rất ít bằng chứng về ảnh hưởng của con người đến khí hậu. Báo cáo lần thứ hai (SAR) năm 1995 đã đưa ra được những minh chứng cụ thể về vai trò của con người đối với khí hậu trong thế kỉ 20. Báo cáo lần thứ ba (TAR) năm 2001 đã kết luận rằng, sự ấm lên toàn cầu quan trắc được trong 50 năm cuối của thế kỉ 20 dường như chủ yếu do sự tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển.

Những tiến bộ đạt được về quan trắc cũng như kết quả tính toán của các mô hình gần đây cung cấp thêm nhiều hiểu biết vững chắc, cho phép kết luận rằng BĐKH có nguồn gốc từ hai nguyên nhân: nguyên nhân tự nhiên và nguyên nhân con người (báo cáo lần thứ tư-AR4) [69].

1.1.2 Khái niệm về mạng lưới quan trắc

Các yếu tố KTTV và hải văn phản ánh trạng thái của hệ thống khí hậu Trái đất được quan trắc, đo đạc tại các trạm KTTV và hải văn. Trải qua hàng trăm năm phát triển, ở mỗi nước đã hình thành mạng lưới trạm quan trắc khí tượng, thủy văn và hải văn quốc gia khá đồng bộ. Mạng lưới trạm KTTV và hải văn các quốc gia được tích hợp thành mạng lưới quan trắc toàn cầu do Tổ chức Khí tượng thế giới điều phối. Các trạm KTTV và hải văn trong mạng lưới quan trắc quốc gia hay toàn cầu được tổ chức quan trắc đồng bộ bằng những thiết bị có chỉ tiêu kĩ thuật thống nhất và theo một chế độ, quy trình, quy phạm nhất quán. Các vị trí được lựa chọn đặt trạm phải có điều kiện mặt đệm phù hợp với điều kiện địa hình, địa mạo và điều kiện mặt đệm chung của khu vực mà trạm phản ánh trạng thái của khí quyển. Phụ thuộc vào mức độ biến động theo không gian của các yếu tố KTTV và hải văn cũng như trình độ phát triển kinh tế-xã hội, yêu cầu dữ liệu đầu vào của công nghệ dự báo mà mỗi quốc gia quy định mật độ lưới trạm khác nhau. Hiện nay, ở các nước tiên tiến trên thế giới mật độ mạng lưới trạm KTTV và hải văn đạt tới mức độ dày đặc, với khoảng cách giữa hai trạm khí tượng trung bình từ 15-20km, giữa hai trạm thủy văn từ 30-60km, các trạm hải văn ven bờ từ 20-30km. Ở Việt Nam, mật độ trạm còn rất thưa, chưa đáp ứng yêu cầu của công tác dự báo, phục vụ phòng chống thiên tai.

Trong hệ thống mạng lưới quan trắc khí tượng, người ta còn phân biệt trạm khí hậu và trạm synop:

- Trạm khí hậu là trạm khí tượng mà số liệu quan trắc được dùng để nghiên cứu các đặc trưng khí hậu của vùng hay tiểu vùng khí hậu mà trạm đại diện.
- Trạm synop là trạm khí tượng mà số liệu được truyền tức thời ngay sau khi quan trắc về các cơ quan dự báo thời tiết để sử dụng trong phân tích synop và dự báo thời tiết.

Để tham gia nghiên cứu các đặc trưng khí hậu, các trạm khí hậu phải có chuỗi số liệu quan trắc liên tục kéo dài trên 20 năm, một số yếu tố khí hậu còn đòi hỏi chuỗi số liệu quan trắc liên tục kéo dài trên 30 năm. Hơn nữa, để thực hiện theo dõi mức độ dao động của khí hậu, đánh giá tác động các hoạt động của con người tới khí hậu địa phương và nhất là thực hiện giám sát BĐKH cần duy trì hoạt động của các trạm khí hậu vô thời hạn với các quy định nghiêm ngặt về các chỉ tiêu kỹ thuật của từng loại trạm.

Các trạm synop ngoài nhiệm vụ cung cấp dữ liệu để dự báo viên thực hiện dự báo thời tiết bằng phương pháp phân tích synop, số liệu quan trắc của trạm cũng được dùng để nghiên cứu các đặc trưng khí hậu, nếu chuỗi số liệu quan trắc liên tục của trạm đủ dài theo yêu cầu.

Hiện nay, do việc phát triển của công nghệ thông tin truyền dữ liệu đạt trình độ rất cao, có thể truyền nhận thông tin dữ liệu giữa hai điểm bất kỳ trên Trái đất, nên tất cả các trạm khí tượng đều có thể phát báo số liệu theo yêu cầu tăng số liệu đầu vào của các công nghệ dự báo hiện đại. Vì vậy, trên thực tế không còn phân biệt các trạm khí hậu và các trạm synop. Tuy nhiên, để lựa chọn các trạm khí hậu hiện có thực hiện nhiệm vụ giám sát BĐKH với các yêu cầu kỹ thuật nghiêm ngặt, hay phát triển mạng lưới quan trắc phục vụ dự báo KTTV với các yêu cầu mới cần thiết phải nghiên cứu đưa ra các cơ sở khoa học phù hợp với điều kiện tự nhiên của từng quốc gia, trong từng thời kỳ phát triển.

1.2 Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

1.2.1 Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài

1. Nghiên cứu về mạng lưới trạm

a) Nghiên cứu về mạng lưới trạm khí hậu giám sát BĐKH

Bài toán quy hoạch mạng lưới trạm quan trắc được hình thành từ rất lâu, nhưng phải đến những năm giữa thế kỷ 20 mới được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu để xác định một mạng lưới tối ưu nhất. Mục tiêu cơ bản của bài toán là làm sao có thể thiết kế được một mạng lưới trạm quan trắc đáp ứng một cách hợp lý về số lượng và chất lượng số liệu phục vụ công tác dự báo KTTV và điều tra tài nguyên khí hậu, tài nguyên nước, trên cơ sở đảm bảo tính hài hoà với các điều kiện phát triển khoa học công nghệ (KH-CN), kinh tế-xã hội (KT-XH), phù hợp với điều kiện địa lý tự nhiên của khu vực nghiên cứu. Như vậy, phương pháp tổng hợp nhất để giải bài toán này phải xuất phát trên cơ sở độ chênh lệch về lợi ích kinh tế thu được do thay đổi mật độ trạm đem lại. Trên thực tế, do việc xây dựng và giải bài toán theo phương thức

tổng hợp kinh tế gặp rất nhiều khó khăn, chính vì vậy cho đến nay, bài toán chỉ được thiết kế và giải trên cơ sở điều kiện KTTV thuần túy.

Các công trình nghiên cứu từ trước đến nay chủ yếu đều xuất phát từ mục tiêu là tìm khoảng cách tối ưu giữa các trạm quan trắc để có thể tính toán nội suy được giá trị của chúng tại bất kỳ một điểm nào nằm giữa các trạm với sai số có thể chấp nhận được.

Công trình đầu tiên nghiên cứu quy hoạch tối ưu mạng trạm khí tượng bề mặt được Drozdop và Shepelepsy công bố vào cuối thập niên bốn mươi của thế kỉ 20. Trong công trình này các tác giả đã thiết lập bài toán dựa trên cơ sở hàm cấu trúc của trường các yếu tố khí tượng được chọn làm trường nền.

Tiếp theo, vào cuối thập kỉ 50 của thế kỉ 20, một tác giả khác là Gandin đã đề xuất phương pháp quy hoạch mạng lưới trạm quan trắc mang tính tổng quát hơn, dựa trên cơ sở phép nội suy tối ưu. Tương tự như phương pháp Drozdop-Shepelepsy, phương pháp của Gandin cũng được thiết lập trên cơ sở đặc điểm cấu trúc thống kê (hàm tương quan) của trường các yếu tố khí tượng được chọn để làm nền [54].

Các phương pháp quy hoạch mạng lưới trạm quan trắc khí tượng của Drozdop-Shepelepsy và Gandin đã được sử dụng trong nghiệp vụ quy hoạch mạng lưới trạm tại Liên Xô (cũ), sau đó được công bố rộng rãi trong tài liệu hướng dẫn của WMO để các nước thành viên tham khảo và giải bài toán quy hoạch mạng lưới trạm của nước mình [54].

Theo thống kê của WMO (Jones, & Bartlett Learning, LLC, Fredrick Semazzi) năm 2011, trên toàn thế giới có hơn 11.000 trạm quan trắc thời tiết thuộc Chương trình theo dõi thời tiết toàn cầu của WMO cung cấp số liệu cho tất cả các nước thành viên phục vụ dự báo thời tiết. Ngoài ra, còn có hàng ngàn trạm phao cũng như vệ tinh, tàu thủy và máy bay cũng thực hiện đo đạc các yếu tố khí tượng cung cấp cho các cơ quan dự báo thời tiết. Trong số 11.000 trạm quan trắc thời tiết, WMO chọn được 1040 trạm để tham gia Mạng lưới quan trắc khí hậu toàn cầu (**Global Climate Observing System-GCOS**) nhằm cung cấp dữ liệu khí hậu chất lượng cao để giám sát BĐKH với mục đích nhằm phát hiện sự thay đổi trạng thái cân bằng của khí hậu và quan trọng hơn là nhận biết được những thay đổi nào là tự nhiên, những thay đổi nào do tác động của con người.

GCOS là sự phối hợp của WMO, Ủy ban Hải dương học liên chính phủ (IOC) của tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hoá của Liên hiệp quốc (UNESCO), Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc (UNEP) và Hội đồng Khoa học Quốc tế (ICSU).

Mục tiêu của GCOS là cung cấp thông tin toàn diện trên toàn hệ thống khí hậu, trong phạm vi đa ngành vật lí, hóa học, sinh học, khí quyển, đại dương, thủy văn và các quá trình trên mặt đất (GCOS, 2007).

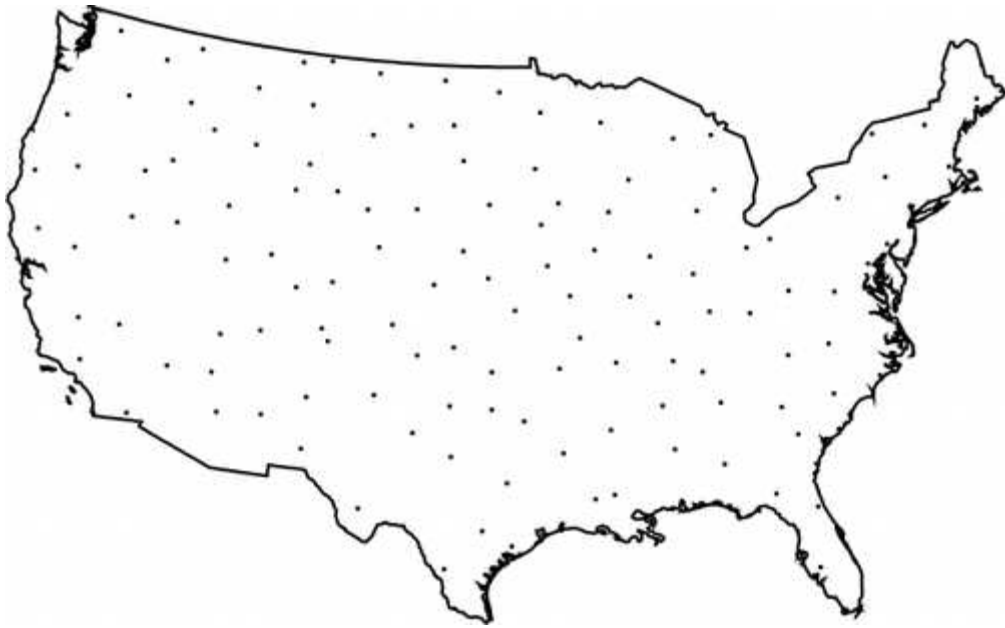
Do những tác động khó lường của BĐKH toàn cầu tới mọi hoạt động KTXH nên việc củng cố và xây dựng mạng lưới trạm giám sát BĐKH đang là một yêu cầu bức thiết của các quốc gia trên thế giới. Khái niệm trạm khí hậu tham chiếu xuất hiện, đó là trạm được lựa chọn để tiến hành các quan trắc khí hậu nhằm xác định những xu thế khí hậu một cách chính xác, loại bỏ được những biến đổi do điều kiện địa phương gây nên. Để có được các trạm khí hậu tham chiếu đòi hỏi phải tiến hành các quan trắc đồng nhất, dài hạn.

Theo Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia Hoa Kỳ, khả năng có thể giám sát được hệ thống khí hậu toàn cầu là cùng một lúc nhiều quốc gia đã đưa ra những chính sách quan trọng về BĐKH, trong đó, một số quốc gia đang thiết lập hệ thống quan trắc mới được thiết kế từ mạng lưới khí tượng sẵn có và những trạm xây mới để giám sát BĐKH [70].

Năm 2003, Michael J. Janis và cs. [48] đã xác định mật độ trạm khí hậu cho chiến lược giám sát BĐKH ở Hoa Kỳ. Các tác giả đã ước tính số lượng cũng như sự phân bố vị trí quan trắc của mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu (CRN). Việc nghiên cứu được thực hiện bằng cách hình thành một mạng lưới giả định trên tập mẫu con có chất lượng số liệu tốt nhất của mạng lưới trạm khí tượng hiện có của quốc gia. Mục tiêu của việc lập tập hợp con này là để xác định được sự BĐKH trên cơ sở các trạm của tập này nhưng sai số khi tính nhiệt độ và lượng mưa cho hai mạng trạm này phải nhỏ hơn một giá trị được xác định trước. Kết quả cho thấy, đối với những khu vực các yếu tố khí tượng có gradient theo phương nằm ngang lớn hơn thì mật độ trạm được chọn sẽ dày hơn. Mức trung bình theo kết quả tính toán của các tác giả, khoảng cách giữa các trạm giám sát BĐKH là 2,5° vĩ và 3,5° kinh là hợp lí. Theo các tác giả, vì hoàn lưu vĩ hướng chiếm ưu thế nên khoảng cách theo kinh tuyến lớn hơn khoảng cách theo vĩ tuyến [48].

Năm 2005, Vose và Russell S. [58] thử nghiệm xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH trên lãnh thổ Hoa Kỳ trên cơ sở xây dựng mạng khí hậu tham chiếu. Mạng lưới giám sát BĐKH mà các tác giả thiết lập cũng là một tập hợp con trong mạng lưới trạm lịch sử (HCN) hiện đang hoạt động trong mạng lưới trạm quốc gia. Kết quả tính toán đã chọn được 135 trạm phân bố tương đối đồng đều trên phạm vi cả nước (hình 1.1). Sau khi chọn được mạng lưới trạm giám sát BĐKH, các tác giả đã tính toán xu thế của nhiệt độ và lượng mưa trong giai đoạn 1911-2000 trên cả CRN

và HCN, kết quả cho thấy, xu thế của hai mạng trạm này là tương đương nhau. Do đó, mạng lưới trạm CRN sẽ có ích trong việc đánh giá BĐKH trong tương lai tại Hoa Kỳ. Tuy nhiên, các tác giả cũng thừa nhận rằng, cả hai mạng lưới trạm này còn tồn tại một hạn chế là sử dụng số liệu hiện trạng sử dụng đất thu thập được từ hơn một thập kỉ trước. Trong bối cảnh nền KTXH phát triển nhanh trong thời gian qua, điều kiện môi trường xung quanh một số trạm đã hoàn toàn thay đổi. Vì vậy các nhà khoa học kiến nghị các cuộc khảo sát định kì nên được tiến hành để đánh giá sự thay đổi của cảnh quan địa lí khu vực xung quanh trạm.



Hình 1.1. Mạng lưới gồm 135 trạm giám sát BĐKH của Hoa Kỳ [58]

Nghiên cứu của Divin P. Thomas [74] về xây dựng mạng lưới trạm giám sát BĐKH trên cơ sở mạng lưới trạm khí hậu quốc gia cũng đã chọn được 114 trạm trên toàn bộ lãnh thổ Hoa Kỳ làm mạng trạm khí hậu tham chiếu. Theo tác giả, để đảm bảo chất lượng thì hồ sơ kĩ thuật của mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu (USCRN) cần được cập nhật thường xuyên. Để có được mạng lưới giám sát BĐKH trung thực thì mạng lưới USCRN phải được giám sát một cách chặt chẽ, thực hiện bảo dưỡng định kì và đột xuất, đặc biệt lưu ý đến mọi thay đổi của môi trường xung quanh các trạm quan trắc; hình ảnh mạng lưới trạm phải được giám sát thường xuyên bởi Phòng Nhiễm động khí quyển và Phòng Tán xạ của NOAA. Sự đánh giá chất lượng trạm được nhà khoa học NOAA và cơ quan quản lí mạng lưới trạm tổ chức hàng quý. Những dữ liệu và hình ảnh của mạng lưới trạm sau đó được xử lí và lưu trữ tại Trung tâm Dữ liệu khí hậu quốc gia (NCDC).

Ernest Rudel và cs. [47] thuộc Viện Khí tượng và Địa động lực học của Áo

(ZAMG) xây dựng phương án đổi mới hoạt động của mạng lưới trạm khí tượng hiện nay gồm 150 trạm khí tượng tự động và 100 trạm truyền thống vào năm 2005. Ý tưởng thực hiện là tăng số lượng trạm quan trắc tự động để phòng chống và giảm nhẹ thiên tai có hiệu quả hơn thông qua các cảnh báo và đánh giá tổn thương sớm. Bên cạnh đó, các tác giả cũng đề cập đến việc phải hình thành một cơ sở dữ liệu chất lượng cao để phân tích và giám sát BĐKH. Vì vậy, một mạng lưới trạm giám sát BĐKH được lựa chọn trong số 100 trạm truyền thống, đó là những trạm có chất lượng số liệu tốt và không chịu ảnh hưởng trực tiếp mang tính địa phương của những hoạt động của con người.

Cũng với mục đích giám sát khí hậu dài hạn, đặc biệt nhằm mục tiêu phân tích biến đổi khí hậu, ở Úc đã thành lập mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu [44]. Có khoảng 100 trạm khí hậu tham chiếu được lựa chọn từ mạng lưới trạm quan trắc hiện có, theo tiêu chuẩn: những trạm có chất lượng số liệu cao, chuỗi số liệu quan trắc liên tục dài, ở xa khu vực trung tâm đô thị lớn, có khả năng hoạt động ổn định lâu dài trong tương lai (hình 1.2).



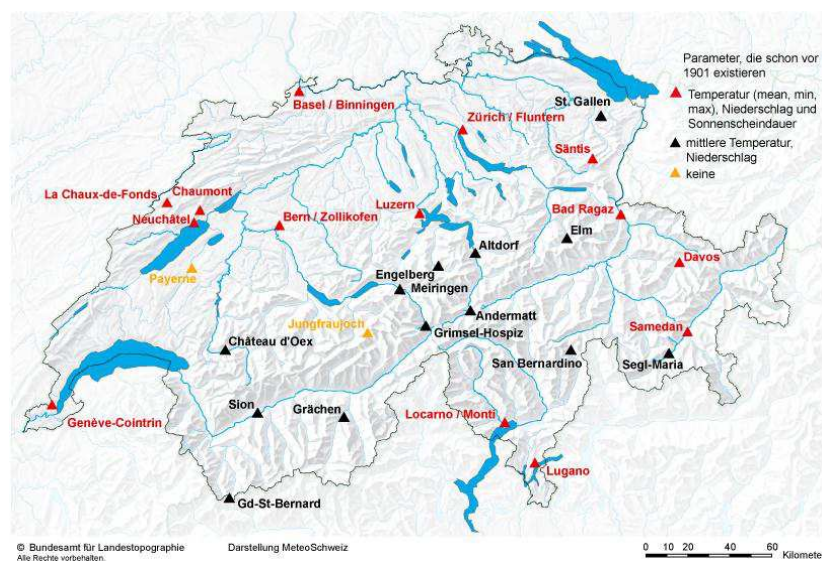
Hình 1.2. Mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu của Úc (tính đến tháng 10/2007)

Khi xác định được mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu, một đội ngũ chuyên gia khí tượng sẽ kiểm tra thường xuyên để đảm bảo mạng lưới trạm duy trì hoạt động tốt. Những báo cáo chi tiết về mọi sự thay đổi của môi trường xung quanh được cập nhật liên tục nhằm đảm bảo chất lượng số liệu.

Việc thiết lập cơ sở dữ liệu với những chuỗi số liệu quan trắc liên tục dài hạn có chất lượng cao là cực kỳ quan trọng trong hệ thống giám sát dao động và BĐKH.

Trong đó, khâu đồng nhất dữ liệu, để đảm bảo rằng việc thay đổi của một yếu tố nào đó sẽ đại diện cho sự thay đổi khí hậu ở một khu vực rộng lớn là quan trọng nhất. Vì vậy, năm 2012, Blair Trewin [44], Cơ quan Khí tượng Úc, đã thiết lập cơ sở dữ liệu về nhiệt độ không khí bề mặt (ACORN-SAT) từ số liệu thu được từ mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu. Dữ liệu của mạng lưới trạm khí hậu tham chiếu về nhiệt độ không khí bề mặt là cơ sở dữ liệu mới, bao gồm dữ liệu ngày từ năm 1910 đến nay, sẽ thay thế cơ sở dữ liệu tính trên chuỗi số liệu của toàn bộ mạng lưới trạm khí tượng bề mặt trước đó.

Mạng lưới giám sát BĐKH của Thụy Sĩ được Cơ quan Khí tượng nước này xác định là 29 trạm (hình 1.3). Chuỗi thời gian quan trắc từ đầu thế kỉ 20 đến nay của nhiệt độ và lượng mưa của các trạm giám sát BĐKH đã được đồng nhất và số hóa hoàn toàn. Mạng lưới trạm giám sát BĐKH của Thụy Sĩ đã được lựa chọn theo các tiêu chí như: chuỗi số liệu có thời gian quan trắc dài, đại diện cho sự phân bố địa lí và đặc biệt là không chịu ảnh hưởng trực tiếp mang tính địa phương hoạt động sống của con người.



Hình 1.3. Mạng lưới trạm giám sát BĐKH của Thụy Sĩ

Bằng phân tích những nhu cầu sử dụng trong tương lai và có sự cân nhắc đến ngân sách quốc gia, Thomas Frei [56] đã xây dựng cấu trúc mạng lưới trạm giám sát BĐKH được phân thành 3 loại như:

- Trạm B: Là loại trạm có bộ cảm biến đầy đủ, chất lượng cao đo được tất cả các yếu tố khí tượng, đáp ứng yêu cầu xây dựng bộ dữ liệu toàn diện. Vị trí của các trạm loại B phải phù hợp với quy hoạch phát triển kinh tế-xã hội dài hạn của đất nước và phải có kế hoạch dài hạn bảo vệ an toàn hành lang kĩ thuật của trạm;

- Trạm S1: Là những trạm giống với trạm B nhưng số lượng bộ cảm biến ít hơn, đáp ứng nhu cầu ở mức độ thấp hơn;
- Trạm S2: Là những trạm chỉ có số bộ cảm biến tối thiểu, thí dụ như bộ cảm biến đo mưa và nhiệt độ không khí.

b) *Nghiên cứu về phát triển mạng lưới quan trắc khí tượng nhằm nâng cao chất lượng dự báo*

Một trong những giải pháp nâng cao chất lượng các sản phẩm dự báo của mô hình số trị dự báo thời tiết là nghiên cứu phát triển cây dày mật độ lưới trạm và hiện đại hóa thiết bị quan trắc khí tượng.

OSSEs (**O**bservation **S**imulation **S**ystem **E**xperiments) là một công cụ quan trọng được các nhà khoa học sử dụng để đánh giá các tác động của số liệu quan trắc tới kết quả dự báo; thiết kế, xây dựng những hệ thống quan trắc mới; nghiên cứu phát triển và cải tiến phương pháp đồng hóa số liệu các quan trắc [61].

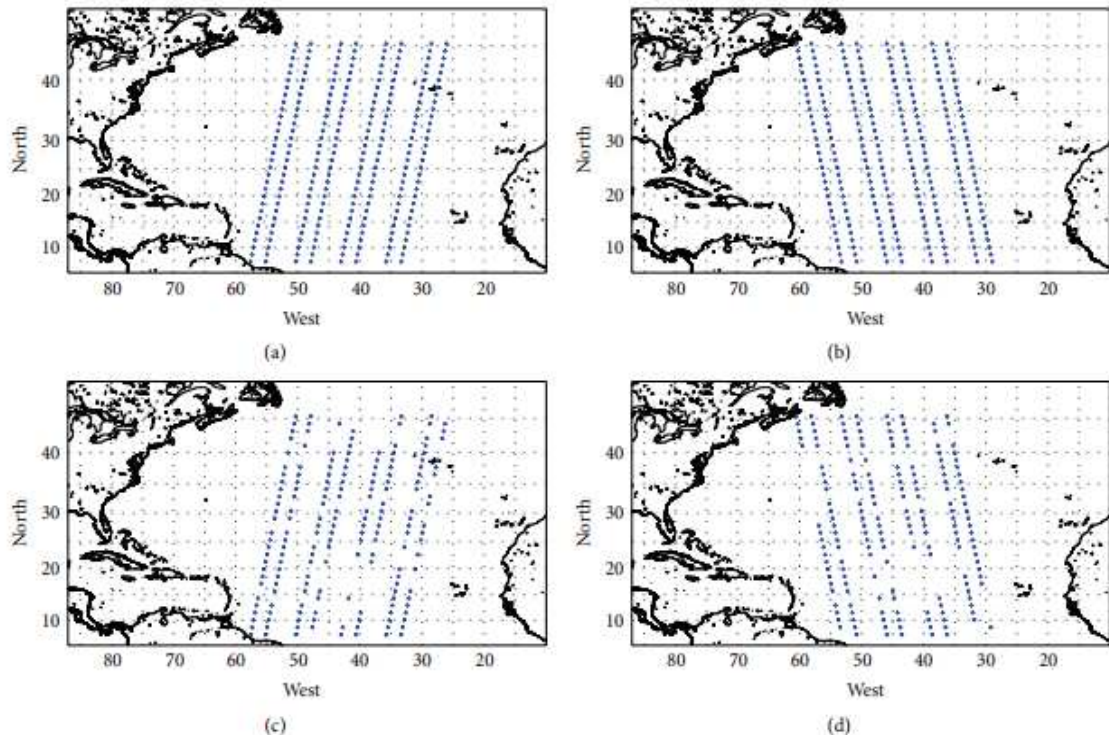
Phương pháp OSSE tương tự như hệ thống đồng hóa số liệu. Nếu như hệ thống đồng hóa số liệu sử dụng số liệu quan trắc có được từ khí quyển thực thì OSSE lại sử dụng số liệu quan trắc giả lập từ khí quyển mô phỏng.

OSSE cho phép ước lượng được những tác động của hệ thống quan trắc mới trong tương lai hay loại số liệu quan trắc mới tới kết quả dự báo của hệ thống mô hình số trị hiện đại bằng phương pháp giả lập. Một hệ thống OSSE bao gồm hai phần chính sau:

- ✓ “Nature Run-NR”: là quá trình chạy mô hình số trị mô phỏng khí quyển không có sự tham gia của quá trình đồng hóa số liệu. Từ kết quả mô phỏng khí quyển, các quan trắc mới được giả lập và được đánh giá thông qua quá trình đồng hóa số liệu của OSSE. Vì vậy quá trình NR càng chính xác thì việc đánh giá các tác động của quan trắc cần thử nghiệm càng chính xác.
- ✓ “Control Run-CR”: nếu như NR cung cấp khí quyển mô phỏng thì CR sẽ cung cấp các dự báo khi chưa có sự đồng hóa của các loại số liệu giả lập, hay nói một cách khác CR là chạy mô hình dự báo khi chưa có sự đồng hóa các số liệu giả lập với số liệu đầu vào.

Trong nghiên cứu về tác động của số liệu radar Doppler tới quá trình mô phỏng bão nhiệt đới, Lei Zhang và Zhaoxia Pu đã tiến hành thử nghiệm bằng phương pháp OSSE dựa trên mô hình WRF và đồng hóa số liệu 3DVar. Với giả thiết có thêm số liệu gió radar Doppler trên khu vực Đại Tây Dương, các nhà khoa học muốn đánh giá khả năng dự báo bão theo hai thử nghiệm: đồng hóa số liệu gió trong điều kiện không có mây (EXP1) và có mây che phủ (EXP2) (hình 1.4). Hai tác giả đã chỉ ra

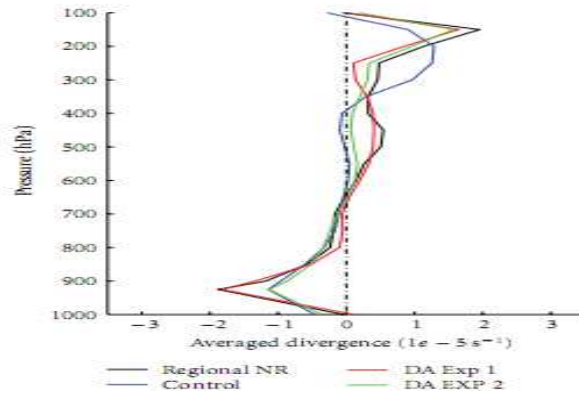
các trường hợp có sử dụng đồng hóa gió radar Doppler đã cải thiện đáng kể về cấu trúc trường gió. Các mô phỏng về quỹ đạo và cường độ bão cũng được nâng cao sau khi sử dụng gió radar Doppler.



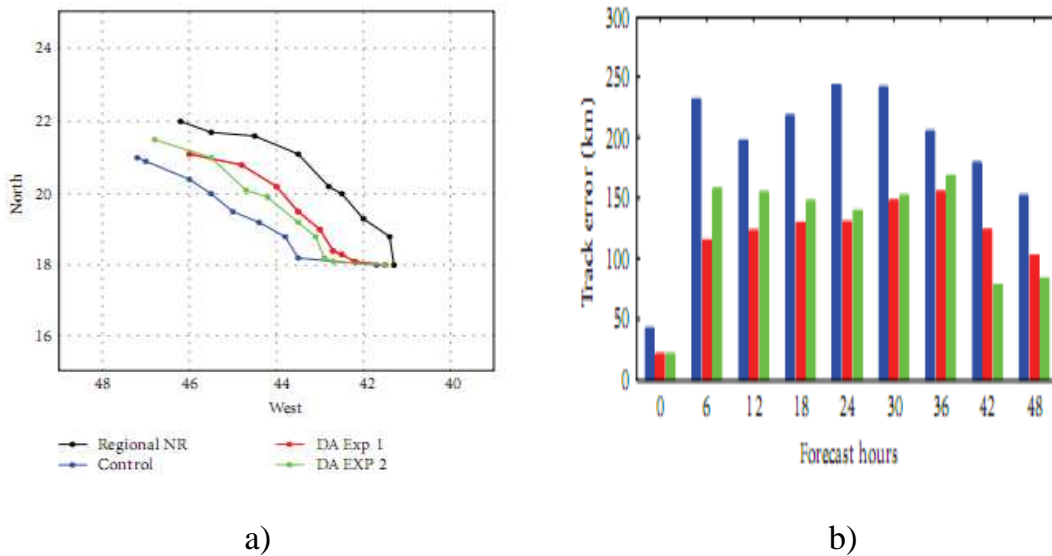
Hình 1.4. Khu vực giả lập quan trắc DWL Mô phỏng 0600 UTC ((a) và (c)) và 1800 UTC ((b) và (d)) ngày 01/10/2005. (a),(b) và (c),(d) lấy mẫu quan sát mô phỏng cho đồng hóa dữ liệu EXP1 (không có ảnh hưởng của mây) và EXP2 (có ảnh hưởng của mây) một cách tương ứng.

Trong thí nghiệm đồng hóa số liệu EXP1, từ bề mặt tới mực 400hPa, đường phân kỳ rất gần với phân kỳ NR; nhưng từ mực 400hPa trở lên, profile phân kỳ của EXP1 đã có sự khác biệt, tuy vẫn giữ được xu hướng tương tự. EXP2 không đạt được kết quả tốt như EXP1, nhưng kết quả của EXP2 vẫn tốt hơn so với CR (hình 1.5).

Trong hình 1.6a, quỹ đạo của cơn bão theo dự báo của CR có xu hướng đi nhanh hơn và dịch chuyển về phía tây nhiều hơn so với quỹ đạo bão của NR. Tuy nhiên, sau khi đồng hóa số liệu gió radar Doppler, chất lượng dự báo quỹ đạo bão đã được cải thiện. Hình 1.6b cho thấy sai số quỹ đạo đã giảm đáng kể so với quỹ đạo bão của CR. So với kết quả EXP2, quỹ đạo bão EXP1 là gần sát với quỹ đạo bão của NR. Việc sử dụng gió Radar Doppler cũng nâng cao hơn khả năng mô phỏng cấu trúc gió ngang và mưa do bão.



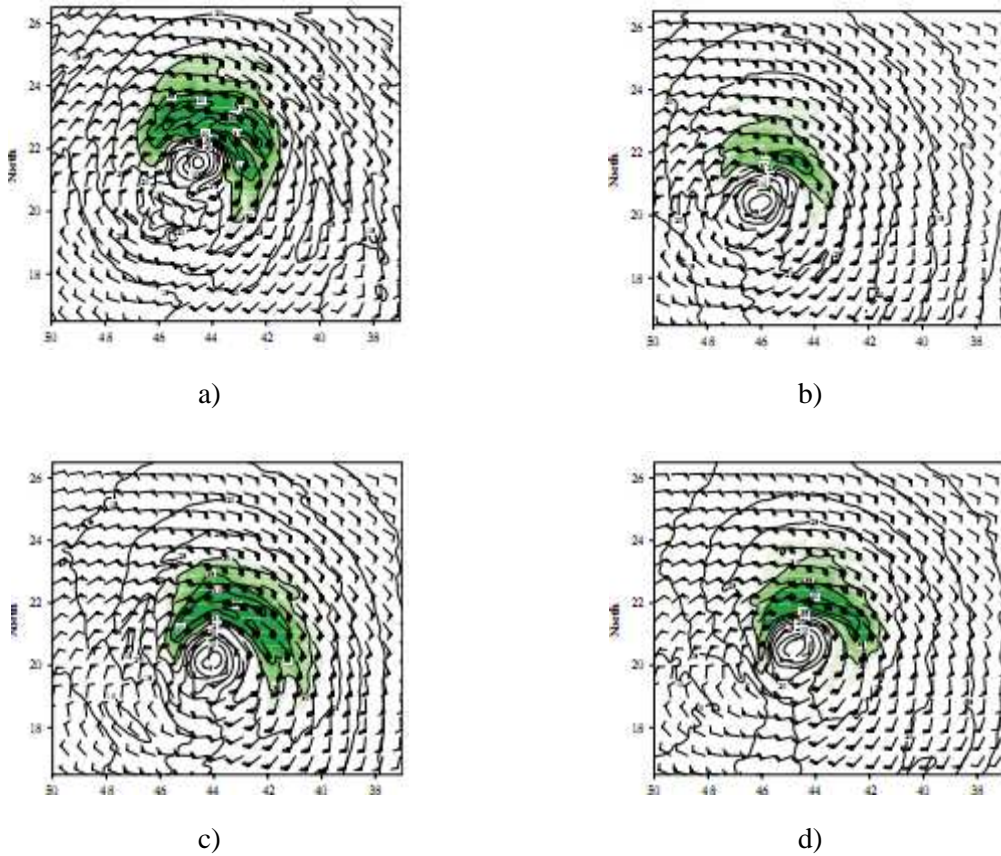
Hình 1.5. Profile phân kỳ thẳng đứng trung bình toàn khu vực cách tâm bão 250km lúc 0600 UTC ngày 01/10/2005 (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường màu đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP2)



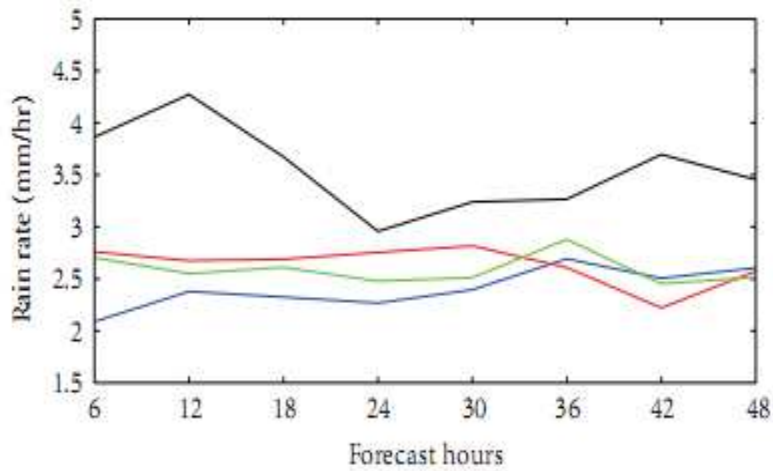
Hình 1.6. Quỹ đạo bão (a) và sai số quỹ đạo (b) trong 48 giờ cho các thử nghiệm khác nhau (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP2)

Hình 1.7 mô tả cấu trúc gió ngang tâm bão tại mực 850mb theo NR, CR và hai thử nghiệm đồng hóa số liệu gió radar Lidar. Khu vực có tốc độ gió lớn hơn 20m/s được thể hiện bằng màu. Các kết quả mô phỏng trường gió (khu vực gió mạnh hơn 20m/s) cho thấy khi có đồng hóa số liệu gió radar Doppler, trường gió giống trường gió mô phỏng NR hơn trường gió của CR. Kết quả EXP2 không tốt được bằng EXP1. Nguyên nhân là do trong EXP1 không bị hiệu ứng che phủ của mây như trong EXP2. Kết quả mô phỏng cường độ mưa do bão (hình 1.8) cũng cho thấy có sự cải thiện đáng kể khi đồng hóa số liệu gió. Các kết quả dự báo khá tốt trong 36

giờ đầu, tuy nhiên 12 giờ cuối kết quả dự báo trong trường hợp có đồng hóa số liệu gió đã không còn tốt hơn CR.



Hình 1.7. Cấu trúc gió tại tâm bão mực 850hPa. a) NR; b) CR; c) EXP1 và d) EXP2



Hình 1.8. Trung bình cường độ mưa (mm/giờ) trung bình trong khu vực cách tâm bão 250km từ 1200UTC ngày 01 đến 0300UTC ngày 03/10/2005 (đường màu đen là NR; đường màu xanh đậm là CR, đường màu đỏ là EXP1; đường màu xanh nhạt là EXP2)

c) *Nghiên cứu về xây dựng mạng lưới trạm thủy văn*

Cũng như đối với mạng lưới trạm khí tượng, công tác quy hoạch mạng lưới trạm thủy văn cho từng lưu vực sông, tìm vị trí đặt trạm đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật thu thập số liệu chính xác là nhiệm vụ quan trọng luôn luôn được cơ quan thủy văn của các quốc gia quan tâm. Nhiều phương pháp được sử dụng để thiết kế và xây dựng mạng lưới trạm thủy văn. Ngay từ cuối những năm 1930, phương pháp phân tích thống kê đã được sử dụng trong thiết kế mạng. Wilm và cs. đã đề xuất rằng, các số liệu về điều kiện địa lý tự nhiên của lưu vực và sai số trong tính toán lượng mưa có thể được sử dụng như một cơ sở dữ liệu để tính toán lựa chọn mật độ trạm thủy văn tối ưu. Một trong những nỗ lực đầu tiên thiết kế mạng lưới đo lưu lượng dòng chảy được Langbein (1954) thực hiện. Tác giả đã xác nhận rằng, trên một mạng lưới đo lưu lượng dòng chảy nên thiết kế hai loại trạm: nhóm trạm cơ bản được đặt tại các vị trí quan trọng của dòng sông, duy trì quan trắc, đo đạc liên tục dài hạn, cùng với một nhóm trạm thứ cấp chỉ hoạt động trong một thời gian tương đối ngắn trên các sông nhánh. Số lượng trạm thứ cấp nhiều hay ít phụ thuộc vào số sông nhánh và hoàn cảnh địa lý của lưu vực sông [50].

Kohler (1958) đã phát triển ý tưởng của Langbein và cho rằng cần thiết phải xây dựng các mốc thủy chuẩn hay còn gọi là mốc độ cao (bench-mark) tại các trạm thủy văn trong mạng lưới (ít nhất mỗi trạm có một mốc) để đưa số liệu thủy văn đo đạc được về cùng một mặt độ cao chuẩn, tạo cơ sở so sánh tương quan giữa số liệu của trạm phụ với trạm cơ bản. Trên mạng lưới, các trạm cơ bản thường được bố trí xen kẽ giữa các lưu vực của sông nhánh. Các trạm phụ trên sông nhánh chỉ cần hoạt động trong một thời gian giới hạn khoảng 5-10 năm và ngừng ngay khi chuỗi số liệu đạt được sự tương quan chặt chẽ với chuỗi số liệu thu thập được của trạm cơ bản trong cùng thời gian quan trắc. Đối với số liệu lưu lượng dòng chảy chỉ nên ngừng hoạt động các trạm phụ một khi sự tương quan chặt chẽ đạt được giữa hai chuỗi số liệu trên một phạm vi khá rộng của các giá trị lưu lượng dòng chảy đo được [50].

Từ cuối năm 1950, WMO đã bắt đầu thực hiện chương trình về thủy văn và đến năm 1965 công bố tiêu chuẩn quy hoạch mạng lưới trạm thủy văn, trong đó nhấn mạnh tầm quan trọng của việc thiết lập được một mạng lưới tối ưu, sao cho nội suy giá trị các yếu tố thủy văn giữa hai trạm liền kề có sai số nhỏ nhất, tạo cơ sở có thể xác định các đặc tính của các yếu tố thủy văn cơ bản tại bất kỳ điểm nào trên dòng sông. Để đạt được mục tiêu này, WMO cho rằng các trạm thủy văn nên được chia

thành ba loại: trạm chính, trạm thứ cấp và trạm đặc biệt [50].

Trạm chính cung cấp cơ sở dữ liệu cho các nghiên cứu thống kê nên tổ chức hoạt động liên tục và vô thời hạn. Trạm thứ cấp chỉ cần hoạt động trong một số năm đủ cơ sở dữ liệu để thiết lập tương quan với cơ sở dữ liệu của các trạm chính. Sau khi phương trình tương quan đạt yêu cầu được thiết lập có thể di chuyển trạm thứ cấp đến một vị trí khác, cứ như vậy lặp lại có thể tạo lên mạng lưới trạm dày đặc dựa trên sự hoạt động liên tục các trạm chính. Trạm đặc biệt được thành lập cho mục đích cụ thể, và hoạt động trong một thời gian hạn chế.

WMO đã khuyến cáo, một mạng lưới tối ưu không được hình thành cho đến khi một số trạm tối thiểu được thành lập. Mạng lưới tối thiểu này là bước đầu tiên để thiết lập mạng lưới quan trắc tối ưu theo quan điểm quản lý tài nguyên nước. Vì mật độ của mạng lưới trạm tối thiểu quá thưa nên cần tổ chức quan trắc thu thập số liệu có chất lượng tốt ở tất cả trạm. Sau khi mạng lưới trạm tối thiểu hoạt động ổn định, sẽ lần lượt thành lập bổ sung các trạm quan trắc mới. Các trạm quan trắc mới hoạt động ít nhất 10 năm sẽ tiến hành tính toán thống kê và lập phương trình tương quan giữa trạm cũ và trạm mới. Phân tích các chuỗi số liệu quan trắc và hệ số tương quan giữa các trạm, nếu thấy trạm nào không phù hợp có thể được loại bỏ để tiến tới mạng lưới trạm tối ưu theo tiêu chuẩn quy định.

2. Nghiên cứu dự báo KTTV

a) Dự báo khí tượng

Con người sống phụ thuộc vào thiên nhiên, đặc biệt thời tiết, khí hậu chi phối mọi hoạt động sản xuất và sinh hoạt xã hội, vì vậy vấn đề dự báo thời tiết đã được các nhà khoa học quan tâm từ xa xưa. Những nghiên cứu có giá trị về khí tượng nói chung, về dự báo thời tiết nói riêng đã được nhà bác học vĩ đại người Nga Nô-mô-nô-sôv (1711-1765) và các nhà bác học cùng thời của nhiều nước thực hiện từ giữa thế kỷ thứ 18. Là một bộ môn của khoa học dự đoán, dự báo thời tiết chỉ thực hiện được khi khoa học đã nhận thức được quy luật phát sinh, phát triển của các quá trình khí quyển và hiện tượng thời tiết cần dự báo. Các nhà khoa học cũng sớm nhận thấy rằng vì thời tiết thay đổi theo thời gian và không gian phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố nên dự báo thời tiết được xếp vào nhóm khó khăn nhất, phức tạp nhất của khoa học dự đoán. Trải qua nhiều giai đoạn nghiên cứu phát triển, đến nay đã hình thành 3 phương pháp cơ bản dự báo thời tiết, đó là:

- Phương pháp synop là phương pháp dựa trên cơ sở phân tích bản đồ thời tiết (bản đồ synop) rút ra các nhận định lí tính và tính toán định lượng các yếu tố thời tiết

cần dự báo;

- Phương pháp thống kê vật lí là phương pháp dựa trên cơ sở thống kê các quy luật thay đổi của thời tiết và tính toán xác suất của đặc trưng này hay đặc trưng khác của thời tiết;
- Phương pháp số trị (hay phương pháp thủy động) là phương pháp giải hệ phương trình thủy động lực và nhiệt động lực với sự trợ giúp của siêu máy tính.

Trên thực tế, ba phương pháp trên được sử dụng kết hợp với nhau, bổ trợ cho nhau trên cơ sở đánh giá đúng mặt mạnh và mặt hạn chế của từng phương pháp.

(i) *Phương pháp synop* được thực hiện từ giữa thế kỉ 19. Bản chất của phương pháp là thực hiện các bước công việc sau để đưa ra các thông tin dự báo thời tiết:

- Từ số liệu thời gian thực hoặc gần thực thu được từ mạng lưới quan trắc synop toàn cầu lập bản đồ thời tiết;
- Trên bản đồ thời tiết phân tích trường áp, trường gió, trường nhiệt ở bề mặt và các tầng cao; xác định vị trí địa lí vùng áp thấp và áp cao, vùng không khí nóng và không khí lạnh, mặt phân cách giữa hai khối không khí nóng-lạnh.
- Phân tích các bản đồ thời tiết kế tiếp nhau để thấy được xu thế phát triển của các thành phần synop và dựa vào các quy luật đã nhận thức được để dự đoán sự di chuyển của chúng;
- Dựa vào các quy luật phát triển của các quá trình khí quyển và xu thế của chúng đã được xác định khi so sánh bản đồ thời tiết hiện tại với bản đồ của các kỳ quan trắc trước, dự đoán giai đoạn phát triển của các thành phần synop, đồng thời nhận định sự hình thành các vùng áp thấp, áp cao mới;
- Xác định thành phần synop nào khống chế khu vực dự báo trong thời gian tới với những đặc điểm thời tiết gì;
- Xem xét ảnh hưởng của những điều kiện địa phương tới các thành phần synop và điều kiện thời tiết.

(ii) *Phương pháp thống kê* được sử dụng rất rộng rãi trong nghiên cứu khí tượng, khí hậu nói chung và nghiên cứu dự báo thời tiết nói riêng. Hiện có rất nhiều phương pháp được sử dụng để xây dựng phương trình dự báo xác suất xuất hiện các hiện tượng khí tượng. Các phương trình dự báo được phát triển từ những phương pháp đơn giản như biểu đồ tụ điểm, hồi quy đơn giản cho đến các phương pháp thống kê hiện đại như áp dụng nguyên lí tương tự, xích Markov, hồi quy nhiều chiều, phân tích phân biệt, thống kê trên các sản phẩm của mô hình số trị,...

Ưu điểm của phương pháp thống kê là mang tính chất khách quan, đơn giản, dễ xây

dựng mô hình và dễ sử dụng trong nghiệp vụ. Tuy nhiên, phương pháp thống kê mặc nhiên coi những quá trình xảy ra ở hiện tại và tương lai đều tuân theo các quy luật ẩn chứa trong tập số liệu quá khứ, dẫn tới kết quả của mô hình dự báo phụ thuộc nhiều vào độ dài tập mẫu. Độ chính xác của mô hình dự báo phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn nhân tố dự báo và quá trình xử lý số liệu. Chuỗi số liệu quá dài sẽ chứa trong nó những quy luật mà hiện tại không có, chuỗi số liệu quá ngắn sẽ gây mất ổn định thống kê.

Barnston và Ropelewski (1992) [43] là những tác giả đầu tiên đã áp dụng kỹ thuật phân tích tương quan canon (CCA) để dự báo hiện tượng El Nino. Yếu tố dự báo là các giá trị nhiệt độ mặt nước biển (SST) tại 8 khu vực vùng xích đạo và cận xích đạo nam Thái Bình Dương. Nhân tố dự báo là các giá trị SST của mùa hiện tại và sử dụng thêm yếu tố áp suất mực biển PMSL. CCA là một kỹ thuật thống kê tuyến tính cực đại hóa tương quan giữa hình mẫu biến đổi của nhân tố dự báo và yếu tố dự báo. Trong lớp các kỹ thuật tuyến tính, ngoài CCA còn có một số phương pháp cũng khá phổ biến như: phương pháp hồi quy tuyến tính, phương pháp tách giá trị kỳ dị SVD.

Kỹ thuật thống kê phi tuyến phức tạp nhất áp dụng trong dự báo mùa là sử dụng mạng thần kinh nhân tạo ANN. Tengan và cs. [55] đã áp dụng ANN trong dự báo hiện tượng El Nino. Yếu tố dự báo là SST, nhân tố dự báo gồm 28 hệ số mô tả biến đổi của khí áp mực nước biển trên khu vực Thái Bình Dương từ năm trước. Bên cạnh đó có một số phương pháp khá phổ biến như kỹ thuật tương tự với ý tưởng rất đơn giản là chọn một năm trong quá khứ có trạng thái diễn biến tương tự như hiện tại, từ đó đưa ra những dự báo cho tương lai. Van den Dool [57] đã sử dụng kỹ thuật tương tự trên tập số liệu SST toàn cầu và thu được kết quả dự báo tương đương với các kỹ thuật thống kê phức tạp khác.

Trong những thập niên gần đây, việc ứng dụng các mô hình thống kê trong dự báo mùa về sự hoạt động của XTNĐ được quan tâm phát triển mạnh mẽ nhất. Các tác giả Christopher W. Landsea và cs. [51, 52]; William M. Gray và cs. [59]; Neville Nicholls và cs. [53]; James B. Elsner và cs. [46]; Johnny C. L. Chan và cs. [49] đã tập trung xây dựng phương pháp dự báo hạn mùa về số lượng và số ngày hoạt động của XTNĐ trên các vùng khác nhau, chủ yếu ở Đại Tây Dương và Tây Thái Bình Dương.

(iii) *Dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị* thực chất là sử dụng hệ phương trình thủy động lực và nhiệt động lực để tính toán sự biến đổi theo thời gian của các đại lượng khí tượng từ những trường giá trị ban đầu.

Trong những năm gần đây, phương pháp số trị được phát triển và ứng dụng mạnh mẽ trong dự báo thời tiết và khí hậu, nhiều mô hình toàn cầu và mô hình khu vực đã được các nhà khoa học, các trung tâm nghiên cứu khí tượng trên thế giới nghiên cứu hoàn thiện và áp dụng trong dự báo nghiệp vụ, một số mô hình tiêu biểu đó là:

- Mô hình GFS do Trung tâm Dự báo Môi trường Hoa Kỳ (NCEP) phát triển. GFS được đưa vào sử dụng dự báo nghiệp vụ tại Trung tâm Khí tượng quốc gia (NMC) (tiền thân của NCEP), từ năm 1988. Mô hình liên tục được cải tiến và nâng cấp, cho đến nay mô hình có hai cấu hình: 1) Độ phân giải ngang là 35km, số mực theo phương thẳng đứng là 64, thời hạn dự báo 180 giờ; 2) Độ phân giải ngang là 70km, số mực theo chiều thẳng đứng là 64 và thời hạn dự báo 360 giờ [75].
- Mô hình GME là mô hình tích hợp công cụ tổng hợp chương trình để tạo các mô hình miền cụ thể của hệ thống quy mô lớn. GME đã được phát triển tại Viện Phần mềm tích hợp hệ thống (ISIS) thuộc Trường Đại học Vanderbilt. GME dựa trên kiến trúc MultiGraph, là phần cốt lõi của mô hình tích hợp máy tính [63].
- Mô hình MM5 là mô hình dự báo quy mô vừa, được NCAR/PSU phát triển bởi Anthes vào đầu những năm 70 của thế kỉ 20 và sau đó đã được Anthes và Warner công bố. Kể từ đó mô hình MM5 đã trải qua nhiều lần thay đổi, cải tiến, từ động lực học, tham số hóa vật lý đến cấu trúc chương trình. Những phát triển chính của MM5 bao gồm: 1) Khả năng lồng nhiều lưới; 2) Động lực học phi thủy tĩnh; 3) Khả năng đồng hóa số liệu bốn chiều (theo phương pháp điều chỉnh liên tiếp Newton- Newtonian nudging); 4) Tăng số tham số hóa vật lý tùy ý; 5) Khả năng chạy được trên nhiều hệ thống máy tính khác nhau, như OpenMP và MPI.

Theo thời gian, kể từ khi được công bố, MM5 đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, cả trong dự báo nghiệp vụ lẫn nghiên cứu khoa học. Sau đó mô hình MM5 tiếp tục được phát triển, cải tiến trên hai hướng: lựa chọn sơ đồ tham số hóa vật lý và cải tiến phương pháp tiền xử lý điều kiện biên [72].

- Mô hình WRF là một hệ thống gồm nhiều mô-đun khác nhau, các nỗ lực phát triển WRF bắt đầu từ nửa sau của năm 1990 do các cơ quan: NCAR, NCEP, Cơ quan Thời tiết Không quân (AFWA), Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Hải quân, Trường Đại học Oklahoma và Cục Hàng không liên bang (FAA) hợp tác thực hiện. Phiên bản mới của mô hình WRF ra đời tháng 7/2010 bao gồm các chức năng chính sau: hệ phương trình động lực học bất thủy tĩnh đầy đủ được nén; các sơ đồ vật lý được tích hợp cho những ứng dụng ở quy mô từ vài mét đến hàng nghìn km và có mã nguồn mở để người sử dụng cũng như các nhà nghiên

cứ có thể đưa thêm các sơ đồ vật lí vào mô hình; điều kiện biên di động; hệ thống đồng hoá số liệu 3DVAR; kĩ thuật lồng ghép miền tính một chiều và đa chiều.

Hiện tại, mô hình WRF có hai phiên bản: (1) Phiên bản nghiên cứu nâng cao ARW (Advanced Research WRF) và (2) Phiên bản phi thủy tĩnh quy mô vừa NMM (Nonhydrostatic Meso Model). Mô hình WRF đã được sử dụng khá phổ biến trên thế giới từ năm 2004 và được đánh giá là có kĩ năng dự báo quỹ đạo bão, đặc biệt là những cơn bão có quỹ đạo phức tạp [78].

- Mô hình HRM ban đầu được phát triển bởi Deutcher WetterDienst (DWD) cho một máy tính dùng chung bộ nhớ dựa trên các tiêu chuẩn OpenMP đã được cài đặt trên máy trạm IBM RS/6000 với 2 CPU vào năm 2000. Sau đó, mã nguồn của mô hình được cài đặt trên các hệ thống máy tính phân phối bộ nhớ như các cụm máy tính Linux. Số liệu ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc cho mô hình HRM được lấy từ trường phân tích và sản phẩm dự báo của mô hình GME của DWD [73].
- Mô hình khu vực hạn chế ETA do trường Đại học Belgrade và Viện Khí tượng Thủy văn Federal-Belgrade (thuộc Nam Tư) cùng với Cơ quan thời tiết Mỹ xây dựng. Mô hình liên tục được cải tiến bởi các chuyên gia về mô hình và được sử dụng dự báo nghiệp vụ tại nhiều nước trên thế giới. Bên cạnh ứng dụng trong dự báo thời tiết hạn ngắn, mô hình còn được sử dụng giải các bài toán về môi trường, hàng không và nông nghiệp. Mô hình sử dụng hệ phương trình nguyên thủy bất thủy tĩnh viết trên hệ tọa độ cầu với đầy đủ các tham số hóa vật lí như đối lưu, lớp biên, vi vật lí mây, bức xạ và mô hình đất [64].
- Mô hình BoLAM do Viện Nghiên cứu Khoa học Khí quyển và Khí hậu Bologna (ISAC) của Italia xây dựng và phát triển từ những năm 1990. Mô hình BoLAM được sử dụng dự báo thời tiết tại Đài Khí tượng quốc gia Athens (NOA) từ năm 1999. BoLAM là một trong những mô hình khí tượng hiện đại và chính xác hiện nay, đã được các nước châu Âu sử dụng rất nhiều để dự báo thời tiết. Mô hình BoLAM sử dụng lưới Arakawa C và tọa độ thẳng đứng σ . Giống như mô hình MM5 của Hoa Kỳ, mô hình BoLAM chạy trên máy vi tính tốc độ cao như siêu máy tính Cray hoặc máy chạy Unix. Gần đây, ISAC cũng đã thành công trong việc cài đặt BoLAM trên máy Intel/AMD PC chạy trên môi trường Linux. Trường Đại học Thủy lợi thông qua hợp tác nghiên cứu với Trường Đại học Brescia, Đại học Bách khoa Milan và ISAC đã tiếp nhận chương trình nguồn của mô hình BoLAM và cùng với TDBTU chạy thử nghiệm [65].

b) Dự báo thủy văn

Lũ, lụt là những thủy tai gây nhiều tổn thất cho cộng đồng dân cư sống ven sông. Vì vậy, dự báo lũ, lụt đã được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu từ rất sớm. Trong hơn chục năm gần đây, công tác cảnh báo và dự báo lũ, lụt đã có những bước tiến cả về nội dung và chất lượng.

Phương pháp tiếp cận khi nghiên cứu xây dựng và phát triển công nghệ dự báo thủy văn nói chung, dự báo lũ, lụt nói riêng thường là bắt đầu từ nghiên cứu các hình thể thời tiết điển hình gây mưa sinh lũ; nghiên cứu quan hệ phân bố, đặc điểm lượng mưa đã qua kết hợp với lượng mưa dự báo với đặc điểm và tính chất của lũ và ngập lụt, có xem xét ảnh hưởng của các yếu tố KTTV khác; nghiên cứu, tổng kết đặc điểm truyền lũ trên sông, quan hệ trạm trên, trạm dưới trên một triền sông.

Hiện nay, trên thế giới có hai xu hướng trong xây dựng các hệ thống cảnh báo lũ và ngập lụt: dự báo tất định và dự báo xác suất. Về phương pháp dự báo có thể phân thành: phương pháp dự báo truyền thống (dựa trên phân tích tổng hợp và thống kê) và phương pháp dự báo số trị.

(i) Các phương pháp dự báo truyền thống được sử dụng trong dự báo hạn ngắn với thời gian dự kiến 1-2 ngày, khi cảnh báo đỉnh lũ trên sông, các cơ quan dự báo thủy văn sử dụng phương pháp lựa chọn hình thể thời tiết gây mưa sinh lũ tương tự để phân tích, đánh giá khả năng gây mưa trên từng phần của lưu vực sông, từ đó nhận định độ lớn và thời gian xảy ra đỉnh lũ trên từng nhánh sông và từng đoạn sông của hệ thống sông. Phương pháp tương tự cho phép kéo dài thời gian dự kiến trong nhận định chung và cảnh báo sớm tình hình lũ có khả năng diễn ra trên từng phần lưu vực sông, điều này có ý nghĩa rất quan trọng đối với công tác chủ động triển khai các biện pháp phòng tránh giảm thiệt hại cũng như chỉ đạo phòng chống.

Khi cảnh báo mực nước đỉnh lũ tại các vị trí cụ thể trên các sông chính, các cơ quan dự báo sử dụng phương trình tương quan giữa tổng lượng mưa trung bình lưu vực và mực nước đỉnh lũ hoặc biên độ lũ tại vị trí cảnh báo có xét tới các nhân tố ảnh hưởng như thời gian mưa, cường độ mưa, mực nước chân lũ, gia nhập khu giữa, vùng tâm mưa,...; hoặc lập quan hệ đồ giải mối quan hệ giữa mực nước đỉnh lũ trạm dưới với đỉnh lũ trạm trên có tính tới thời gian truyền lũ, lượng gia nhập khu giữa và lượng trữ nước trong sông. Thời gian dự kiến của dự báo chính bằng thời gian truyền sóng lũ. Để hỗ trợ quan hệ dự báo đỉnh lũ có thể lập quan hệ giữa thời gian truyền đỉnh lũ và mực nước đỉnh lũ để dự báo được thời gian xuất hiện đỉnh ở trạm dưới. Ở những trạm đặc biệt, cần tính đến cả ảnh hưởng của nước vật hoặc triều.

Khi dự báo quá trình lũ, các nhà chuyên môn dựa vào khả năng tập trung nước và quá trình truyền lũ trên các lưu vực sông để xây dựng một số phương pháp đơn giản dự báo quá trình lũ như:

- Xây dựng quan hệ mực nước (lưu lượng) tương ứng của hai trạm kế tiếp nhau trên triển sông. Trong điều kiện công nghệ tin học như hiện nay, các biểu đồ mực nước tương ứng được tin học hoá để xử lý nhanh và cập nhật dễ dàng, từ đó nâng độ chính xác của dự báo.
- Phương pháp đường đẳng thời là phương pháp kinh điển, được sử dụng để tổng hợp dòng chảy từ mưa. Dòng chảy từ các phần khác nhau của lưu vực chảy tới mặt cắt cửa ra (trạm khống chế) sau các thời khoảng khác nhau. Người ta dùng số liệu thực đo của các trận lũ đơn, xác định thời gian trung bình tập trung dòng chảy trên lưu vực, từ đó phân chia lưu vực theo các khoảng thời gian tập trung dòng chảy lưu vực và trong sông bằng các đường đẳng thời. Các đường chảy đẳng thời này được lấy ổn định đối với tất cả các trận lũ. Lượng dòng chảy ở mặt cắt cửa ra được tính theo nguyên tắc cộng dồn các phần dòng chảy đến tuyến đo từ các phần diện tích đẳng thời.
- Phương pháp tương quan, hồi quy: Quan hệ dưới dạng hồi quy giữa yếu tố và nhân tố dự báo được ứng dụng khá rộng rãi để dự báo một số đặc trưng lũ (mực nước và lưu lượng lũ) hạn vừa và hạn dài, đôi khi cả cho hạn ngắn và đang sử dụng trong phục vụ điều hành hồ chứa.

Vấn đề dự báo thủy văn hạn dài nói chung, dự báo hạn dài đỉnh lũ năm và mực nước kiệt năm đã được nhiều nước quan tâm. Đây là bài toán rất phức tạp và khó khăn. Phương pháp thường sử dụng để dự báo đỉnh lũ (kiệt) năm, dòng chảy tháng, mùa, năm tại các trạm chủ chốt là:

- Xây dựng quan hệ mực nước đỉnh lũ với biến đổi của các dạng hoàn lưu khí quyển;
- Phương pháp thống kê khách quan;
- Diễn biến lịch sử của Dương Giám Sơ;
- Phương pháp Vine-Hop, khai triển chuỗi đỉnh lũ năm dưới dạng tổng của các hàm điều hoà; phương pháp động lực thống kê của M. Aliôkhin; phương pháp phân tích phân lớp;
- Phương pháp tương tự; phương pháp phân tích tổng hợp,...

(ii) Phương pháp dự báo số trị

- Mô hình thủy văn:
 - + Mô hình TANK do M. Sugawara (người Nhật) thiết lập năm 1956, là dạng mô hình bể chứa, có thể ứng dụng để khôi phục dòng chảy từ tài liệu mưa thực đo trên lưu vực, cũng như dự báo dòng chảy lũ phục vụ cho công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý tài nguyên nước. Mô hình TANK có 2 dạng cấu trúc: cấu trúc đơn và cấu trúc kép, mô tả lưu vực sông tương tự như các bể chứa âm trong các tầng đất, bao gồm 41 thông số. Mô hình TANK dạng đơn dùng cho các lưu vực vùng ẩm ướt, gồm một số bể chứa bố trí theo chiều thẳng đứng. Mỗi bể chứa có một cửa ra ở đáy và một hoặc hai cửa ra thành bên. Nước mưa vào bể trên cùng, sau đó chuyển một phần theo chiều thẳng đứng xuống bể dưới, một phần qua cửa ra thành bên. Dòng chảy tổng cộng các cửa ra thành bên được diễn toán qua một bể cuối cùng, phản ánh khả năng điều tiết của lưu vực và trở thành lượng nhập lưu cho hệ thống lòng dẫn. Số lượng các bể chứa, kích thước cũng như vị trí cửa ra là các thông số của mô hình [68].
 - + Mô hình NAM là mô hình được cải tiến từ mô hình TANK, được xây dựng năm 1982 tại Đại học Kỹ thuật Đan Mạch và ngày càng được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Mô hình NAM được xây dựng dựa trên nguyên tắc các bể chứa xếp theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính. Trong mô hình NAM, mỗi lưu vực được xem là một đơn vị xử lý, do đó các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực. Mô hình tính quá trình mưa-dòng chảy theo cách tính liên tục hàm lượng ẩm trong năm bể chứa riêng biệt có tương tác lẫn nhau. Mưa đi vào bể chứa mặt, lượng nước U trong bể chứa mặt liên tục cung cấp cho bốc hơi và thấm ngang thành dòng chảy sát mặt. Khi U đạt đến U_{\max} , lượng nước thừa sẽ là dòng chảy tràn trực tiếp ra sông và một phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa ngầm. Nước trong bể chứa tầng dưới liên tục cung cấp cho bốc thoát hơi và thấm xuống bể chứa ngầm. Lượng cấp nước ngầm được phân chia thành hai bể chứa ở tầng trên và tầng dưới. Hai bể chứa này chảy ra sông tạo thành dòng chảy gốc. Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt được diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất, sau đó các thành phần dòng chảy được cộng lại và diễn toán qua hồ chứa tuyến tính thứ hai, cuối cùng thu được dòng chảy tổng cộng tại cửa ra [13].
- Mô hình thủy lực:
 - + Mô hình SSARR do Rockwood D. xây dựng từ năm 1957. Mục đích chính

của mô hình là tính toán phân tích điều hòa các bể chứa, dự báo dòng chảy cho những sông có diện tích lưu vực tương đối lớn, xác định các đặc tính vật lý của lưu vực, nghiên cứu điều hành hệ thống sông, dự báo dòng chảy lũ. Mô hình gồm 3 thành phần: (1) Mô hình lưu vực mô phỏng quá trình biến đổi mưa trên bề mặt thành quá trình dòng chảy tại cửa ra của lưu vực. Lưu vực toàn hệ thống sông trước hết phải được phân chia thành các lưu vực bộ phận tương đối đồng nhất về mặt hình thành dòng chảy. Với đặc điểm này, mô hình SSARR có thể tính toán lượng dòng chảy gia nhập khu giữa trên những đoạn sông thiếu tài liệu đo đạc; (2) Mô hình hệ thống sông mô phỏng quá trình chuyển động nước trong lòng dẫn trên từng đoạn sông, từ tuyến trên xuống tuyến dưới; và (3) Mô hình điều tiết hồ chứa mô phỏng quá trình điều tiết qua hồ chứa của hệ thống có các hồ chứa. Đầu vào là quá trình dòng chảy đến hồ, đầu ra là quá trình xả từ hồ chứa và thay đổi mực nước hồ. Mô hình SSARR có 24 tham số, phương thức xác định thông số của mô hình là thử sai do đó đòi hỏi kinh nghiệm của người sử dụng. Cấu trúc mô hình SSARR gồm khá nhiều quan hệ thực nghiệm đã cho phép tăng tính mềm dẻo của mô hình. Mô hình SSARR đã qua nhiều lần cải tiến, hay còn gọi là mô hình SSARR8, BIGSSARR [76].

- + Mô hình USDAHL được công bố vào năm 1970. Đây là một mô hình thông số phân phối theo các tiểu vùng thủy văn. Mô hình chia bề mặt lưu vực thành các tiểu vùng thủy văn với các đặc trưng như loại đất, sử dụng đất,... ở mỗi vùng, quá trình như mưa, bốc thoát hơi, thấm, điện trở, dòng chảy được tính toán xử lý trong mối liên kết giữa vùng này với vùng khác [66].
- + Mô hình WENDY là mô hình toán-thủy lực do Viện Thủy lực Hà Lan xây dựng. Đây là loại mô hình thủy động lực theo sơ đồ sai phân ẩn, cho phép tính thủy lực dòng chảy hờ, xói lan truyền, chuyển tải phù sa lơ lửng và xâm nhập mặn. Mô hình sử dụng thuận tiện, truy nhập số liệu dễ dàng, cho phép thay đổi mạng lưới sông và công trình thủy lợi trên mạng. Mô hình có tính chất quản lý lưu vực, cho phép tính toán các phương án quy hoạch như thay đổi hình thái lòng dẫn, công trình trên hệ thống, giả định các tình huống khai thác nguồn nước. Mô hình WENDY có mặt hạn chế như chỉ tính dòng chảy trong sông, không xét đến lượng mưa gia nhập dòng chảy, không xét đến sự điều tiết của các khu chứa và đồng ruộng, không có sự liên kết giữa các ô chứa và sông.
- + Mô hình HEC-ResSim thuộc họ mô hình HEC cũng được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Mô hình này được xây dựng để đánh giá vai trò của hồ chứa trong hệ thống nhằm trợ giúp nghiên cứu quy hoạch nguồn nước, đặc biệt

trong vai trò kiểm soát lũ và xác định dung tích hiệu dụng trong bài toán đa mục tiêu của hệ thống (cấp nước, phát điện). Mô hình thực sự hữu hiệu trong việc lựa chọn các phương án xả qua hệ thống khi có lũ “khẩn cấp” để giảm nhỏ độ lớn và duy trì cân bằng dung tích kiểm soát lũ trong hệ thống hồ chứa. Đảm bảo ở cuối thời đoạn lũ xuất hiện dung tích phòng lũ phải được tháo hết. Các phương án điều hành hồ chứa cơ bản dựa vào trạng thái của hồ trong mỗi thời đoạn với mục đích duy trì được mực nước dòng bình thường. Khi có lũ khẩn cấp xuất hiện phương án điều hành kiểm soát lũ không để dòng chảy vượt quá khả năng thoát nước của lòng dẫn, đặc biệt là phải theo tiêu chuẩn phòng lũ hạ du [71].

- + Mô hình MIKE11 do DHI Water and Environment phát triển. Đây là một gói phần mềm dùng để mô phỏng dòng chảy/lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở các cửa sông, sông, kênh tưới và các vật thể nước khác. MIKE11 là mô hình động lực một chiều, thân thiện với người sử dụng trong thiết kế, quản lý, vận hành và phân tích chi tiết các thông tin về sông chính cùng với hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Với môi trường đặc biệt thân thiện với người sử dụng, linh hoạt và tốc độ cao, MIKE11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch. Modul thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống lập mô hình MIKE11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô-đun bao gồm: Dự báo lũ; Tải khuyếch tán; Chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn lắng không có cố kết. Modul MIKE11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và động lượng (phương trình Saint-Venant). MIKE11 là chương trình tính thủy lực trên mạng lưới sông kênh có thể áp dụng với chế độ sóng động lực hoàn toàn ở cấp độ cao [37].

Hệ thống mô hình MIKE luôn luôn được phát triển, trong đó MIKE BASIN là một trong những mô hình thành phần phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước, hay nói đúng hơn MIKE BASIN là một công cụ tính toán cân bằng giữa nhu cầu về nước và nước có sẵn theo cách tối ưu nhất, nó hỗ trợ các nhà quản lý trong việc lựa chọn các kịch bản phát triển, khai thác và bảo vệ nguồn nước phù hợp trong tương lai. Mô hình cũng tính đến yếu tố tài nguyên nước ngầm và quá trình diễn biến nước ngầm, bên cạnh đó mô-đun Mike Basin WQ bổ sung thêm chức năng mô phỏng chất lượng nước. MIKE BASIN được xây dựng theo kiểu mô hình mạng lưới, trong đó hệ thống sông và các nhánh hợp lưu chính của nó được biểu diễn bằng một mạng lưới

bao gồm các nhánh và các nút. Các nhánh thể hiện các đoạn sông riêng biệt, còn các nút thể hiện các tiểu hợp lưu hoặc các vị trí mà tại đó các hoạt động liên quan đến phát triển nguồn nước có thể diễn ra như điểm của dòng chảy hồi quy từ các khu tưới, điểm chuyển dòng hoặc là điểm hợp lưu giữa hai hoặc nhiều sông hoặc tại các vị trí quan trọng cần có kết quả của mô hình.

Trong hệ thống dự báo nghiệp vụ, các mô hình thủy văn có thể được tích hợp theo hai cách:

- Tích hợp truyền thống: Trong cách tiếp cận này, hệ thống dự báo sử dụng mô hình đã được tối ưu, thực hiện dự báo nghiệp vụ với các yêu cầu tối thiểu. Hệ thống dự báo kiểu này có nhiều hạn chế trong đó quan trọng nhất là sự cứng nhắc đối với sự thích nghi hoặc thay đổi khái niệm của mô hình.
- Tích hợp kiểu mở: Trong cách tiếp cận này, việc sử dụng mô hình không bị ràng buộc bởi sự kết hợp kỹ thuật thực tế của mô hình. Hệ thống dự báo cung cấp hệ thống xử lý các dữ liệu và cho phép các mô hình được tích hợp khi cần. Với sự phát triển các phần mềm với các kỹ thuật tính toán hiện đại, rất nhiều hệ thống dự báo mở đã được xây dựng như hệ thống dự báo DELFT-FEWS, hệ thống dự báo MIKE FLOOD WATCH hoặc FloodWorks. Hệ thống cảnh báo lũ sớm Delft-FEWS được sử dụng tại lưu vực sông Rhine và Po. Delft-FEWS cho phép liên kết nhiều dạng số liệu dự báo thời tiết và nhiều mô hình thủy văn, thủy lực. Hệ thống MIKE FLOODWATCH (DHI, 2005) là khung dự báo tích hợp quản lý dữ liệu, các mô hình dự báo. FloodWorks là một phần mềm dùng trong mô phỏng và dự báo các hiện tượng thủy văn nguy hiểm. Phần mềm được thiết kế như một khung tích hợp các mô hình dự báo thời gian thực.

3. Nghiên cứu về biến đổi khí hậu

Kết quả quan trắc cho thấy [42], nhiệt độ tăng trên toàn cầu và tăng nhiều hơn ở các vĩ độ cực Bắc. Sự gia tăng nhiệt độ trong 100 năm, từ năm 1906-2005, là $0,74^{\circ}\text{C}$; xu thế tăng nhiệt độ trong 50 năm gần đây là $0,13^{\circ}\text{C}/1$ thập kỉ, gấp 2 lần xu thế tăng của 50 năm trước đó. Tuy nhiên, sự nóng lên xảy ra không đồng đều trong các khoảng thời gian khác nhau và giữa các khu vực khác nhau. Các kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, giai đoạn từ năm 1850-1915 không có nhiều thay đổi về nhiệt độ. Giai đoạn từ năm 1910-1940 nhiệt độ trung bình toàn cầu tăng lên khoảng $0,35^{\circ}\text{C}$, sau đó có một thời kì ngắn nhiệt độ trung bình giảm xuống $0,1^{\circ}\text{C}$, và ngay sau đó, từ năm 1970 nó lại tiếp tục tăng lên nhanh chóng ($0,55^{\circ}\text{C}$) cho đến năm 2006. Bên cạnh đó, sự nóng lên ở trên đất liền nhìn chung lớn hơn ở trên đại dương, đặc biệt là từ năm 1970 đến nay (trong giai đoạn 1979-2005, nhiệt độ đất liền tăng $0,27^{\circ}\text{C}/\text{thập}$

ki, còn trên đại dương là $0,13^{\circ}\text{C}$ /thập kỉ). Theo mùa, thì sự nóng lên thể hiện lớn hơn một chút ở bán cầu mùa đông.

Theo công bố của NOAA [54], năm 2010 với nhiệt độ trung bình toàn cầu vượt mức trung bình của thế kỉ 20 khoảng $0,62^{\circ}\text{C}$ (trong đó, nhiệt độ bề mặt lớn hơn $0,96^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ mặt biển lớn hơn $0,49^{\circ}\text{C}$), được cho là một trong những năm nóng nhất trong lịch sử quan trắc, kể từ năm 1880 (mức độ tương tự năm 1998 và 2005). Đồng thời, năm 2010 là năm thứ 34 liên tiếp trong chuỗi các năm có nhiệt độ toàn cầu vượt mức trung bình của thế kỉ 20. Cũng theo đó, tháng 6 năm 2010 được ghi nhận là tháng nóng nhất trên toàn thế giới kể từ những năm 1880, khi các quan trắc khí tượng được thực hiện một cách tương đối hệ thống.

Ngoài ra, trong mười năm qua kể từ năm 2001-2010, nhiệt độ trung bình toàn cầu đã cao hơn khoảng $0,47^{\circ}\text{C}$ so với giai đoạn 1961-1990, và khoảng $0,21^{\circ}\text{C}$ so với giai đoạn 1991-2000, mức cao nhất từng được ghi nhận đối với bất kì một giai đoạn 10 năm nào kể từ khi bắt đầu quan trắc khí hậu bằng thiết bị đo đạc. Trong giai đoạn này, hầu hết các khu vực trên thế giới đều quan trắc được nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trung bình của thế kỉ 20 (ở đây lấy nhiệt độ trung bình là khoảng 14°C , là nhiệt độ trung bình toàn cầu trong giai đoạn cơ sở 1961-1990), điều này được thể hiện rõ ràng nhất trên các vĩ độ cao ở bán cầu Bắc. Ở Green Land, các nhà khoa học thấy rằng nhiệt độ trong cả giai đoạn này vượt mức trung bình $1,71^{\circ}\text{C}$, còn đối với năm 2010, nhiệt độ vượt mức trung bình $3,2^{\circ}\text{C}$. Ở Châu Phi, người ta quan sát thấy nhiệt độ trong tất cả các năm của thập kỉ đều cao hơn mức trung bình.

Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, nhiệt độ trung bình tại đỉnh các lớp băng vĩnh cửu ở bán cầu Bắc đã tăng 3°C kể từ năm 1980. Kết quả phân tích chuỗi số liệu từ năm 1850-2006 đã chỉ ra rằng, trong thời kì này có 12 năm nóng nhất, trong đó 11 năm xảy ra vào thời kì từ năm 1995-2006 (chỉ trừ năm 1996). Trong giai đoạn 1961-1990, nhiệt độ tối cao tăng $0,14^{\circ}\text{C}$ /thập kỉ, nhiệt độ tối thấp tăng $0,2^{\circ}\text{C}$ /thập kỉ.

Giáng thủy cũng là một yếu tố hết sức quan trọng trong việc quan trắc và dự báo BĐKH, bởi vì sự biến đổi của những hình thể thời tiết gây giáng thủy có thể dẫn đến lũ lụt hoặc hạn hán ở những vùng khác nhau. Do đó, thông tin về sự biến đổi giáng thủy theo không gian cũng như thời gian là rất cần thiết, nó không chỉ mang ý nghĩa khoa học mà còn có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Trên phạm vi toàn cầu lượng mưa tăng lên ở các đới phía bắc vĩ độ 30°N thời kì 1901-2005 và giảm đi ở các vĩ độ nhiệt đới, kể từ giữa những năm 1990. Ở khu vực nhiệt đới, mưa giảm đi ở Nam Á và Tây Phi với trị số xu thế là 7,5% cho cả thời kì 1901-2005. Ở đới vĩ độ trung bình và vĩ độ cao, lượng mưa tăng lên rõ rệt ở miền Trung Bắc Mỹ, Đông Bắc Mỹ,

Bắc Âu, Bắc Á và Trung Á. Nhìn chung, xu thế biến đổi hiện tượng mưa lớn là không đồng nhất trên toàn cầu mà nó mang tính chất khu vực rõ ràng hơn. Các sự kiện mưa lớn tăng lên ở nhiều vùng lục địa từ khoảng sau 1950, thậm chí ở cả những nơi có tổng lượng mưa có xu thế giảm đi.

Hiện tượng hạn được quan sát trong thời gian dài, nên có thể đánh giá một cách khá chi tiết. Có rất nhiều chỉ số cũng để đánh giá mức độ hạn hán, tuy nhiên trong một số nghiên cứu người ta kết hợp tổng lượng mưa tháng và nhiệt độ trung bình thành một chỉ số gọi là chỉ số mức độ hạn hán Palmer (PDSI). Theo tính toán chỉ số PDSI và thống kê từ giữa thế kỉ 20, người ta thấy xu thế hạn hán tăng lên từ giữa những năm 1950, ở bán cầu Bắc, cụ thể là ở những khu vực như phía nam lục địa Á-Âu, Bắc Phi, Canada, Alaska còn ở phía đông bắc và Nam Mỹ lại có xu hướng giảm hiện tượng hạn hán. Ở bán cầu nam, bề mặt có độ ẩm cao vào những năm 1970, và tương đối khô hạn vào những năm 1960 và 1990, đã có một thời kì hạn hán vào năm 1974-1998. Xu hướng giảm lượng mưa từ năm 1950 có thể là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng khô hạn, mặc dù nhiệt độ bề mặt tăng lên trong 2-3 thập kỉ qua cũng có thể là nguyên nhân làm hiện tượng hạn tăng lên. Một nghiên cứu đã cho rằng diện tích đất khô trên toàn cầu (được định nghĩa là có chỉ số PDSI dưới -0,3) đã tăng gấp đôi kể từ năm 1970 trở lại đây, liên quan tới sự giảm lượng mưa trên đất liền do hoạt động của hiện tượng ENSO và do sự nóng lên của nhiệt độ bề mặt.

Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, mực nước biển trung bình toàn cầu đã tăng lên 197 mm trong giai đoạn từ năm 1870-2004. Trong thế kỉ 20 tốc độ tăng mực nước biển trung bình tính toán được là $1,7 \pm 0,3$ mm/năm.

1.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước

1. Nghiên cứu thiết lập mạng lưới trạm KTTV

Trải qua hơn 100 năm hình thành và phát triển, đến đầu những năm 60 của thế kỉ trước, mạng lưới trạm KTTV Việt Nam đã được hình thành khá đồng bộ. Tuy nhiên, vấn đề xây dựng mạng lưới trạm khí hậu tối ưu mới được quan tâm nghiên cứu trong những thập kỉ gần đây. Năm 1986, trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tổng cục, Nguyễn Trọng Hiệu và cs. đã áp dụng phương pháp Drodop - Shepelepsy giải bài toán quy hoạch mạng lưới trạm quan trắc khí tượng bề mặt. Tác giả chọn đặc trưng nhiệt độ và lượng mưa làm tham số tính trị số hàm cấu trúc. Căn cứ vào chế độ khí hậu của từng vùng, miền, tác giả đã chọn nhiệt độ trung bình tháng 1, tháng 7 và lượng mưa tháng 7 (đối với các vùng khí hậu Bắc Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ), lượng mưa tháng 10 (đối với Bắc Trung Bộ), lượng

mưa tháng 11 (đối với Nam Trung Bộ) để lập và tính giá trị hàm cấu trúc.

Theo phương pháp Drozdop-Shepelepsy, chỉ tiêu mật độ lưới trạm khí tượng được phản ánh bằng khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai trạm liền kề phụ thuộc vào phân bố trị số hàm cấu trúc (được quyết định bởi các hệ số hồi quy). Trị số hàm cấu trúc phụ thuộc vào mức độ biến thiên theo không gian của các yếu tố khí tượng và sai số cho phép của phép nội suy tuyến tính giá trị điểm giữa của hai trạm liền kề. Trên phạm vi Đồng bằng Bắc Bộ, tác giả đã đưa ra kết luận:

- Về nhiệt độ: với yêu cầu sai số của phép nội suy tuyến tính không vượt quá sai số quan trắc tiêu chuẩn, khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai trạm kế cận là 46km.
- Về lượng mưa: với yêu cầu sai số tương đối của phép nội suy tuyến tính không vượt quá 20% đối với lượng mưa tháng lớn nhất, 7% đối với lượng mưa năm, khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai trạm liền kề là 12km.

Đối với mạng lưới trạm thủy văn, từ năm 1960 Cục Thủy văn đã “Quy định các lưới trạm thủy văn cơ bản miền Bắc Việt Nam” trên nguyên tắc cao nhất là chọn trạm tiêu biểu trên cơ sở phân khu thủy văn, đồng thời lập các trạm dùng riêng (đo từ 3-5 năm) bổ trợ cho trạm đại biểu. Công tác quy hoạch mạng lưới trạm đã thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của ngành thủy văn nước ta. Kết quả đã thành lập 79 trạm đo lưu lượng nước cơ bản trên toàn miền Bắc với mật độ 2009km²/1 trạm. Sau đó, vào những năm 1970 nhóm quy hoạch lưới trạm của Cục Thủy văn đã sử dụng bài toán tương quan hồi quy để xem xét sự phân bố dòng chảy nhằm mục đích phân vùng thủy văn. Kết quả đã đưa ra 3 vùng đồng nhất dòng chảy lũ của miền Bắc và 2 vùng không đồng nhất. Tuy nhiên, vào thời kì đó, chuỗi số liệu dùng để nghiên cứu còn ngắn nên kết quả nghiên cứu còn rất hạn chế.

2. Nghiên cứu dự báo KTTV

Nhận thức được tác hại nghiêm trọng của các loại thiên tai có nguồn gốc KTTV đối với sản xuất và đời sống, trong những năm gần đây, cùng với việc Nhà nước đầu tư nâng cấp cơ sở hạ tầng cho mạng lưới quan trắc, hệ thống truyền số liệu và hệ thống dự báo, nhiều đề tài Khoa học về dự báo KTTV cũng được các nhà khoa học tập trung nghiên cứu triển khai.

Theo hướng xây dựng quy trình, quy phạm dự báo cho một số hiện tượng KTTV nguy hiểm, các tác giả như: Lê Thanh Hải và cs. (2001) [10], Lương Tuấn Minh và cs. (2006) [17], Nguyễn Văn Bảy [6],... đã hoàn thành xây dựng và áp dụng trong hoạt động nghiệp vụ các quy trình dự báo bão, áp thấp nhiệt đới, không khí lạnh,

mưa lớn,...

Theo hướng nghiên cứu dự báo thời tiết bằng thống kê vật lí, trong khuôn khổ đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu phân tích và dự báo mưa nhỏ, mưa phùn cho khu vực Bắc Trung Bộ trong các tháng mùa đông" Nguyễn Viết Lành đã sử dụng hàm hồi quy nhiều biến để dự báo mưa nhỏ, mưa phùn cho 10 trạm khí tượng trên khu vực Bắc Trung Bộ, kết quả thử nghiệm đã cho thấy độ chính xác của các phương trình dự báo đạt từ 75 đến 88% [14].

Các phương pháp thống kê sau mô hình cũng được nhiều nhà khí tượng như Bùi Minh Tăng và cs. [22], Đỗ Lệ Thủy và cs. [26] tiến hành nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu đã góp phần nâng cao chất lượng dự báo điểm của một số yếu tố khí tượng bề mặt.

Nghiên cứu ứng dụng các mô hình dự báo thời tiết số trị khu vực được nhiều nhà khoa học thực hiện, như: Kiều Thị Xin và cs. [34,35,36], Trần Tân Tiến [31], Hoàng Đức Cường và cs. [7],... Đóng góp của tác giả đã làm phong phú thêm công nghệ dự báo được ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ.

Việc nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp để nâng cao chất lượng dự báo tất định và triển khai ứng dụng dự báo xác suất trong dự báo thời tiết nghiệp vụ cũng được một số tác giả thực hiện như Nguyễn Chi Mai và cs. [16], Võ Văn Hòa và cs. [12], Trần Tân Tiến và cs. [31],... Kết quả nghiên cứu đã xác định hướng đi đúng trong nghiên cứu phát triển phương pháp dự báo thời tiết.

Nghiên cứu ứng dụng mô hình thủy - động lực trong nghiên cứu mô phỏng chế độ nước trên các hệ thống sông và dự báo thủy văn ở Việt Nam được các nhà khoa học triển khai thực hiện từ rất sớm. Điển hình là các công trình:

- Mô hình VRSAP là mô hình thủy động lực học dòng chảy một chiều trong kênh hở, bãi ven sông, vùng ngập lũ do Nguyễn Như Khuê xây dựng nhằm tính toán nguồn nước, tính toán lũ, kiệt,... trong thiết kế quy hoạch thủy lợi [67, 77]. VRSAP là mô hình thủy động lực học tiêu biểu của Việt Nam đã được ứng dụng rộng rãi và thành công trong nước và quốc tế. VRSAP liên tục được cập nhật nhiều chức năng mới đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của người sử dụng (chạy trong môi trường Windows, kết nối với GIS,...).
- Nguyễn Tất Đắc phát triển trên nền tảng mô hình VRSAP, xây dựng thành công mô hình SAL và VRSAP-SAL. Mô hình được xây dựng chặt chẽ hơn về mặt toán học, dựa trên sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm của Preissman, nhưng lấy trọng số bằng 2/3 để giảm thiểu sai số trong phép sai phân. Cách giải chia làm hai bước

(sau khi tuyến tính hóa hệ phương trình đại số) như sau: (1) Thiết lập các công thức truy đuổi để tính mực nước và lưu lượng tại các mặt cắt. Dùng các công thức này để thiết lập hệ phương trình (gọi là hệ phương trình nút) mà ẩn số chỉ còn là mực nước tại các hợp lưu. Hệ phương trình này có số ẩn nhỏ hơn rất nhiều so với hệ có ẩn là mực nước tại các mặt cắt, nên giải nhanh và tốn ít bộ nhớ. (2) Sau khi giải hệ phương trình nút sẽ được mực nước tại hai đầu mỗi nhánh, khi đó có thể giải cho mỗi nhánh riêng rẽ khi sử dụng lại công thức truy đuổi ban đầu. Thực tế việc tính nhanh hay chậm là ở độ phức tạp của hệ kênh sông được mô phỏng, nếu số lượng các hợp lưu càng nhiều thì thời gian tính càng nhiều hơn. Hơn nữa, nếu dùng thuật toán lặp thì thời gian tính tăng theo số lần lặp. Mặc dù là sơ đồ ẩn, nhưng bước thời gian lớn cũng ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả. Thông thường, bước thời gian 30 phút là đủ bảo đảm cho cả tính dòng chảy và mặn. Nếu chỉ tính dòng chảy thì bước thời gian 1 giờ cũng đủ bảo đảm chính xác. Có thể nói cách chia ra hai bước tính là một sáng tạo và phát triển học thuật đáng kể của mô hình SAL, mà việc chia lớp ô chứa trong sơ đồ tính MEK01 của OGREAH mới chỉ là một thủ thuật sơ khởi. Việc tính lan truyền chất trong SAL dựa trên thuật toán phân rã. Khi giải phương trình tải thuần túy dùng phương pháp đường đặc trưng ẩn với cách nội suy spline bậc 3 bảo đảm giảm tối đa khuếch tán số và do mặn lan tới đâu tính tới đó nên tốc độ tính của SAL rất nhanh. VRSAP-SAL là sơ đồ cải tiến nhằm phối hợp một số ưu điểm của VRSAP với SAL. Về mặt thuật toán, cấu trúc số liệu và phần tính truyền chất giữ nguyên như SAL [67, 77].

- Trên cơ sở nghiên cứu các đặc điểm hệ thống sông của Việt Nam, Nguyễn Ân Niên đã xây dựng thành công mô hình KOD1. Mô hình được nghiên cứu trên cơ sở thấy rằng sơ đồ Lax (tam giác thuận) chỉ thích hợp cho việc giải phương trình liên tục mà không thích hợp với những phương trình chuyển động-phương trình quyết định tính truyền sóng, Tác giả chỉ dùng sơ đồ này cho phương trình sai phân tìm mực nước các ô chứa (sông và đồng ruộng) Z' của lớp thời gian sau. Còn phương trình chuyển động giải theo kiểu ẩn, tức là sơ đồ tam giác ngược và chính cách giải này đã làm triệt tiêu sai số của sơ đồ Lax nếu bước thời gian Δt nhỏ hơn bước thời gian giới hạn (Δt_{gh} theo tiêu chuẩn Levy Friedrich-Courant) cỡ 6-10 phút cho bài toán lũ. Sơ đồ tính đơn giản và không phải mô hình hóa mạng lưới kênh, sông, ô đồng, công trình mà thực hiện tính toán trên sơ đồ mạng lưới sông ngòi, kênh rạch, ô đồng thực. Nhược điểm chính của sơ đồ là hạn chế bước thời gian, nhưng do không phải khử đuổi, tính lặp nên khối lượng tính toán nhỏ và hoàn toàn có thể so sánh với tốc độ giải theo sơ

đồ án. Mặt khác sơ đồ hiện chỉ bảo đảm tính bảo toàn cục bộ địa phương và đôi khi gặp khó khăn trong bảo toàn cục. Ngoài ra, để các kênh, ô ruộng nhỏ không làm hạn chế bước thời gian tính chung có thể tính chúng với bước thời gian lẻ $\Delta t/n$ để bước lẻ này phù hợp với Δt_{gh} của các ô sau này; sau n bước tính lại hòa nhập với mạng lưới tính chung [77].

- Một mô hình đang được nghiên cứu phát triển và sử dụng trong dự báo nghiệp vụ tại Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ cũng như tại Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương là mô hình HYDROGIS của Nguyễn Hữu Nhân được phát triển và áp dụng thành công ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Đây là phần mềm có phần giao diện khá thân thiện so với các sơ đồ khác của các tác giả trong nước và đã sử dụng công cụ GIS trong trình diễn kết quả.

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây cùng với sự phát triển của dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị, dự báo hải văn cũng đã được quan tâm nghiên cứu.

Thực hiện đề tài “Xây dựng mô hình dự báo các trường khí tượng thủy văn Biển Đông Việt Nam”, Trần Tân Tiến đã sử dụng mô hình ROMS phiên bản 2.1 để dự báo ngắn hạn trường dòng chảy và nhiệt độ cho Biển Đông. Đồng thời, công nghệ dự báo sóng cho khu vực biển ven bờ đã được xây dựng, tuy nhiên chưa đáp ứng được yêu cầu của công tác dự báo nghiệp vụ [30].

Thực hiện đề tài “Xây dựng công nghệ dự báo liên hoàn, nước dâng và sóng ở Việt Nam bằng mô hình số với thời gian dự báo trước 3 ngày”, Trần Tân Tiến đã xây dựng chương trình dự báo tổ hợp cho quỹ đạo và cường độ bão, sóng biển, nước dâng trên vùng biển Việt Nam bằng các mô hình số. Quá trình thử nghiệm cho thấy, mô hình này có một số hạn chế nhất định như: hệ mô hình dự báo sóng cho 5 vùng biển ven bờ nhưng tham số đầu vào (tham số vật lý) đều giống nhau. Do mỗi vùng đều có những đặc trưng riêng, nhất là yếu tố địa hình, đặc biệt là địa hình đáy biển, vì vậy, phải có những tham số khác nhau cho từng khu vực (tham số nhám, hệ số ma sát đáy,...). Bên cạnh đó, hệ thống mô hình do đề tài xây dựng có nhiều công đoạn thủ công nên rất khó để đưa vào nghiệp vụ. Phải mất nhiều thời gian để xử lý kết quả dự báo, chưa tính đến nhiều công đoạn chạy mô hình [31].

Khi thực hiện đề tài “Nghiên cứu phát triển và ứng dụng công nghệ dự báo hạn ngắn trường các yếu tố thủy văn biển khu vực Biển Đông”, Nguyễn Minh Huân đã sử dụng mô hình thủy động 3 chiều (ROM 3.0, MDEC3D) dự báo hạn ngắn trường các yếu tố hải văn bao gồm: dòng chảy, mực nước, nhiệt độ và độ muối; nghiên cứu áp dụng và phát triển các mô hình dự báo hạn ngắn các yếu tố sóng nước sâu và nước nông (WAM, WAVEWATCH III, SWAN, STWAVE, WABED). Số liệu đầu

vào cho các mô hình này là sản phẩm dự báo của các mô hình dự báo khí tượng. Tuy vậy, đề tài do nhiều nguyên nhân chưa chuyển giao để thử nghiệm dự báo nghiệp vụ nên không có được đánh giá chi tiết mang tính độc lập [21].

Trong khuôn khổ hợp tác Việt Trung “Nghiên cứu dự báo sóng biển và nước dâng do bão bằng phương pháp số”, Trung tâm KTTV Biển (Trung tâm Hải văn) đã xây dựng quy trình dự báo sóng biển dựa trên mô hình WAM và SWAN, sử dụng trường khí tượng dự báo từ mô hình MM5. Tuy nhiên, việc thử nghiệm nghiệp vụ vẫn chưa được thực hiện một cách thường xuyên [29].

Thực hiện đề tài “Xây dựng công nghệ liên hoàn dự báo sóng, dòng chảy và nước dâng do bão”, Lê Trọng Đào đã nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo biển dựa trên mô hình MM5, WAM, SWAN, Delft3D-FLOW. Trường gió và khí áp làm đầu vào cho các mô hình hải văn dựa vào mô hình MM5. Theo đánh giá khách quan, độ phân giải ngang của mô hình MM5 quá thô. Bên cạnh đó, lưới tính của mô hình Delft3D-FLOW mà đề tài triển khai là lưới vuông, điều đó ảnh hưởng không nhỏ đến kết quả tính toán dự báo thủy triều và nước dâng do bão. Tính ưu việt của mô hình Delft3D-FLOW ở chỗ: dự báo mực nước (thủy triều và nước dâng do bão) trên lưới cong trực giao và có tính đến sự tương tác giữa thủy triều và nước dâng do bão. Lưới tính này có tính đến độ cong của trái đất, điều đó sẽ phản ánh đúng kết quả dự báo thủy triều [28].

3. Nghiên cứu về biến đổi khí hậu

Việt Nam là quốc gia nằm ở khu vực nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á, với bờ biển trải dài, những khu vực đồng bằng châu thổ ven sông thấp, nền kinh tế phụ thuộc chủ yếu vào nguồn tài nguyên thiên nhiên nên là một trong những nước bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi BĐKH. Thêm vào đó, do quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng sẽ góp phần làm gia tăng sự ảnh hưởng của BĐKH đến các nhóm dễ bị tổn thương vì sự tập trung đông ở các khu vực có nguy cơ rủi ro cao. Do đó, việc nghiên cứu và tìm hiểu xu thế BĐKH đang là vấn đề đang được các nhà khoa học quan tâm.

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng [18, 19, 24, 25], nhiệt độ trung bình trong 50 năm qua (1958-2008) đã tăng lên từ 0,5-0,7⁰C. Nhiệt độ trung bình một số tháng mùa hè tăng khoảng 0,1-0,3⁰C/thập kỉ. Về mùa đông, nhiệt độ giảm đi trong các tháng đầu mùa và tăng lên trong các tháng cuối mùa, nhiệt độ trong mùa đông có xu thế tăng nhanh hơn trong mùa hè. Nhiệt độ mùa đông trên các vùng khí hậu phía Bắc có sự biến đổi vượt trội hơn so với các vùng khí hậu phía Nam.

Lượng mưa không có một xu thế biến đổi đồng nhất trên phạm vi cả nước như nhiệt độ, có nơi xu thế tăng nhưng cũng có nơi xu thế giảm, trong đó ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh có xu thế giảm trong 2 thập kỉ gần đây, trong khi ở Đà Nẵng lại tăng. Ở các tỉnh Nam Trung Bộ, lượng mưa có xu thế giảm, tình trạng khô hạn tăng lên. Lượng mưa lớn nhất trong 24 giờ cũng tăng lên trong những thập kỉ gần đây, số ngày mưa lớn cũng tăng lên tương ứng (số ngày mưa lớn có xu thế giảm ở các vùng khí hậu phía Bắc và có xu thế tăng mạnh ở các vùng khí hậu phía Nam, nhiều biến động mạnh xảy ra ở khu vực miền Trung. Phần lớn các trạm có xu thế giảm lượng mưa, nhưng tốc độ giảm không lớn, trung bình khoảng 5-10mm/thập kỉ. Xu thế này hợp với xu thế tăng của nhiệt độ lượng bốc hơi bề mặt do hiện tượng nóng lên toàn cầu. Ngược lại xu thế tăng chủ yếu diễn ra trên khu vực ven biển Bắc và Trung Trung Bộ và một số khu vực khác chịu ảnh hưởng của mưa bão tốc độ tăng trung bình là khoảng 10-20mm/thập kỉ. Bên cạnh lượng mưa, tần suất hạn tháng ở các vùng khí hậu phía Nam cũng lớn hơn so với các vùng khí hậu phía Bắc nhưng tính cục bộ ở các vùng khí hậu phía bắc lại lớn hơn.

Về mực nước biển, theo Nguyễn Văn Thắng [25], nhìn chung mực nước biển có xu thế tăng trong các vùng trên cả nước, trung bình là khoảng 2,84 mm/50 năm, tuy nhiên tốc độ tăng không đồng đều, tùy từng khu vực và tùy thời kì. Chỉ có một trạm trong tổng số 12 trạm cho xu thế mực nước biển giảm, đó là trạm Quy Nhơn. Xu thế tăng của mực nước biển trên hầu hết các dải ven biển nước ta, cho thấy sự phù hợp với sự tăng nhiệt độ, cũng như xu thế tăng của mực nước biển toàn cầu.

Khi nghiên cứu về cực trị nhiệt độ, Phan Văn Tân [23] cho thấy, nhiệt độ cao nhất năm (T_x) và thấp nhất năm (T_m) trong giai đoạn 1961-2007 có xu hướng tăng. Trong đó, T_x và T_m có xu hướng tăng khá nhanh vào mùa đông và nhìn chung ít biến đổi vào mùa hè (cụ thể, vào tháng 1, T_x tăng khoảng 0,5⁰C/thập kỉ, T_m tăng khoảng 0,8⁰C/thập kỉ; còn vào tháng 7, T_x giảm khoảng 0,1⁰C/thập kỉ, T_m tăng khoảng 0,1⁰C/thập kỉ). Vào tháng 1, tốc độ xu thế của T_x trên khu vực Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ tăng nhanh gấp 4 lần so với các vùng khí hậu Nam Trung Bộ và Nam Bộ, vào tháng 7 tình hình này trái ngược lại. Còn đối với tốc độ xu thế của T_m , trên các vùng khí hậu Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ nhanh gấp hai lần so với các vùng khí hậu Nam Trung Bộ và Nam Bộ trong tháng 1 và tương đương nhau trong tháng 7.

Phù hợp với xu thế tăng của cực trị nhiệt độ, số ngày nắng nóng cũng có xu hướng tăng lên và số ngày rét đậm có xu thế giảm đi. Đặc biệt là ở các vùng khí hậu Đông Bắc Bộ, Đồng Bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ xu thế nắng nóng tăng một cách đáng kể trên hầu hết các trạm. Các trạm Láng và Nam Định mặc dù có số ngày nắng nóng

không nhiều nhưng xu thế tăng mạnh nhất. Xu thế tăng giảm không nhất quán giữa các trạm trên vùng Tây Bắc Bộ và các vùng khí hậu phía nam. Hiện tượng hạn ở nước ta cũng có xu hướng tăng lên cả về hạn tháng và hạn mùa, tuy nhiên xu thế tăng không đều giữa các vùng và các trạm trong một vùng khí hậu. Xu thế tăng của hạn hán lớn nhất ở các vùng khí hậu phía Nam, và thấp ở các vùng khí hậu phía Bắc.

Đối với bão và áp thấp nhiệt đới, theo Nguyễn Đức Ngữ [19], hoạt động của bão trên Biển Đông có xu thế giảm trong 4 thập kỉ qua (1961-2000). Bão ảnh hưởng đến Việt Nam giảm rõ rệt trong thập kỉ 1991-2000. Năm 2007, có 4 cơn bão đổ bộ, ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta, ít hơn trung bình nhiều năm 3 cơn. Tuy nhiên, số cơn bão mạnh có chiều hướng gia tăng. Mùa hoạt động của bão kéo dài hơn về cuối năm và số bão ảnh hưởng đến các tỉnh phía Nam nhiều hơn.

Như đã trình bày ở trên, hiện nay quá trình BĐKH đang diễn ra với những cơ chế hết sức phức tạp, nó xảy ra không chỉ trên quy mô địa phương mà trên quy mô toàn cầu, do đó việc dự báo được những biểu hiện của nó trong tương lai đang rất cấp thiết. Bên cạnh đó nguồn số liệu quan trắc hiện tượng này ở nước ta còn quá hạn chế, vì những lí do đó, trong đề tài này chúng tôi đưa ra phương án xây dựng mạng lưới trạm quan trắc, giám sát BĐKH với hi vọng phục vụ tốt hơn cho quá trình thu thập số liệu để nghiên cứu, phân tích cũng như dự báo BĐKH trong tương lai, nhằm tạo cơ sở khoa học cho việc xây dựng các biện pháp ứng phó với BĐKH trong các giai đoạn tới.

1.2.3 Đánh giá chung

Từ những tổng quan nghiên cứu trong và ngoài nước về những nội dung mà đề tài đề nghiên cứu, chúng ta có thể rút ra một số nhận xét như sau:

- 1) Đối với mạng lưới trạm giám sát/tham chiếu BĐKH, người ta chọn những trạm từ những trạm sẵn có trong mạng lưới thỏa mãn các điều kiện sau:
 - + Có thời gian quan trắc liên tục đủ dài;
 - + Ở xa khu vực trung tâm đô thị lớn, nơi ít chịu tác động trực tiếp từ các hoạt động sống mang tính địa phương;
 - + Trong suốt thời gian hoạt động, trạm sử dụng các chủng loại máy và thiết bị đo các yếu tố khí tượng cơ bản có cùng tiêu chuẩn về độ chính xác.

Ngoài ra, một số nước cũng đề xuất xây dựng thêm một số trạm giám sát BĐKH mới ở những nơi hẻo lánh để đánh giá BĐKH về sau.

- 2) Đối với xây dựng mạng lưới khí tượng phục vụ dự báo, các nhà khoa học đã đưa ra các cơ sở khoa học để xây dựng mạng lưới trạm KTTV tối ưu của họ để đáp ứng yêu cầu phục vụ dự báo thiên tai có nguồn gốc KTTV.
- 3) Đối với công tác phát triển công nghệ dự báo KTTV, các nhà khoa học đặc biệt quan tâm nghiên cứu nên công nghệ dự báo KTTV luôn luôn phát triển và hoàn thiện, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH.

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu xây dựng mạng lưới trạm KTTV tối ưu đáp ứng yêu cầu điều tra cơ bản và dự báo KTTV đã thực hiện từ những năm 80 của thế kỉ 20, nhưng nghiên cứu xác định mạng lưới trạm khí tượng, hải văn đảm bảo số liệu đầu vào cho các công nghệ dự báo KTTV hiện đại và giám sát BĐKH đang là một bài toán bỏ ngỏ, ít được thực hiện. Rõ ràng để tham gia chương trình giám sát BĐKH toàn cầu và đáp ứng số liệu đầu vào cho các công nghệ dự báo hiện đại, cần phải nghiên cứu đề xuất cơ sở khoa học để lựa chọn, xác định mạng lưới giám sát BĐKH và đề xuất được khung phát triển mạng lưới KTTV phục vụ dự báo phù hợp với điều kiện tự nhiên và KTXH, KHCCN của đất nước.

Chương 2.

CƠ SỞ SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Cơ sở số liệu

Cơ sở dữ liệu giữ vai trò quyết định trong nghiên cứu khoa học. Khi nghiên cứu về khí hậu và BĐKH chúng ta cần phải tính toán các đặc trưng thống kê, xác suất xuất hiện của các yếu tố khí hậu và hiện tượng khí hậu đồng thời trên một chuỗi thời gian của các trạm trong mạng lưới được lựa chọn. Vì vậy chúng ta cần phải có được một chuỗi số liệu đồng bộ, liên tục và đủ dài. Khi nghiên cứu về dự báo KTTV và hải văn, nhất là đối với dự báo bằng mô hình số, thì thông tin đầu vào càng nhiều càng tốt. Thông tin đầu vào bao gồm số liệu truyền thống và phi truyền thống (số liệu radar, vệ tinh khí tượng,...). Đối với số liệu truyền thống, mật độ trạm càng mau càng tốt và phải phản ánh được điều kiện thực tế của khí quyển. Tuy nhiên, như đã nói ở trên, cần phải tính đến hiệu quả kinh tế trong việc xây dựng trạm.

Để thực hiện đề tài, chúng tôi sử dụng nguồn số liệu sau:

i) Số liệu khí tượng:

- Số trạm khai thác: 120 trạm, phân bố đều trên cả nước;
- Yếu tố khai thác: nhiệt độ trung bình, tối cao, tối thấp ngày; lượng mưa ngày; hướng và tốc độ gió mạnh nhất ngày; độ ẩm trung bình, tối cao và tối thấp ngày;
- Thời gian khai thác: kéo dài trên 30 năm liên tục, từ năm 1981 đến năm 2010.

ii) Số liệu thủy văn:

- Số trạm khai thác: 60 trạm, phân bố tương đối đều trên các lưu vực sông chính;
- Yếu tố khai thác: mực nước trung bình ngày, lưu lượng trung bình ngày;
- Thời gian: 30 năm liên tục, từ năm 1981 đến năm 2010.

iii) Số liệu hải văn:

- Số trạm khai thác: toàn bộ 17 trạm hiện có trên mạng lưới;
- Yếu tố khai thác: mực nước trung bình ngày và độ cao sóng lớn nhất ngày;
- Thời gian khai thác: 30 năm liên tục, từ năm 1981 đến năm 2010.

iv) Dữ liệu chạy mô hình: khai thác nguồn số liệu của Trung tâm Dự báo hạn vừa châu Âu (ECMWF) và Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia Mỹ (NCEP).

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương pháp hàm xu thế

Chuỗi thời gian của một yếu tố nào đó là chuỗi số liệu của yếu tố đó được sắp xếp theo trình tự thời gian. Phân tích chuỗi thời gian là nghiên cứu cấu trúc bên trong của chuỗi với mục đích tìm kiếm và phát hiện những quy luật biến đổi theo thời gian. Nói chung, các chuỗi thời gian thường ẩn chứa nhiều thành phần khác nhau. Đối với các quá trình khí tượng, khí hậu chuỗi thời gian thường chứa đựng các thành phần sau đây:

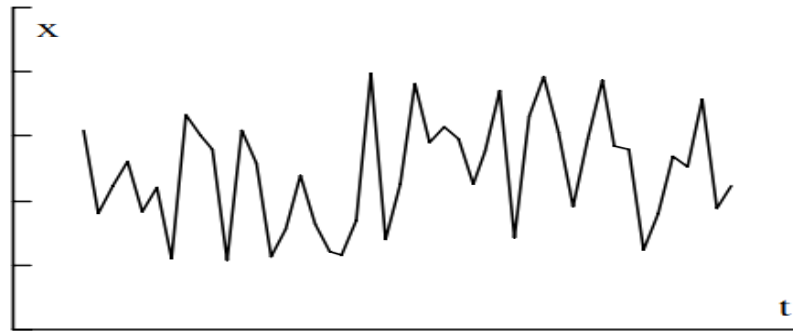
- Dao động ngẫu nhiên: là những biến đổi không phụ thuộc vào thời gian của các thành phần trong chuỗi;
- Nhiễu động: là những biến đổi bất thường mang tính ngẫu nhiên, tuy vậy giữa chúng vẫn tồn tại những mối quan hệ và chúng có thể xuất hiện sau những khoảng thời gian nhất định;
- Dao động tuần hoàn: là những dao động có tính lặp lại tương đối thường xuyên sau những khoảng thời gian khá nhất định;
- Xu thế biến đổi: biểu hiện xu hướng tăng hoặc giảm theo thời gian của các thành phần trong chuỗi.

Có sự phân biệt đáng kể giữa khái niệm chuỗi thời gian trong khí tượng và chuỗi thời gian trong khí hậu. Theo quan điểm khí tượng, hai trị số kế cận trong chuỗi thời gian có thể cách nhau một giờ, một kì quan trắc, một ngày, một tháng và thậm chí dưới một giờ, nhưng không nhất thiết phải là một năm. Vì vậy, có thể xem chuỗi thời gian trong khí tượng bao gồm các thành phần: Dao động ngẫu nhiên; Nhiễu động; Dao động tuần hoàn ngày; Dao động tuần hoàn năm và Xu thế biến đổi. Còn chuỗi thời gian trong khí hậu chỉ chứa 3 thành phần cơ bản: Dao động ngẫu nhiên; Dao động tuần hoàn; và Xu thế dài năm.

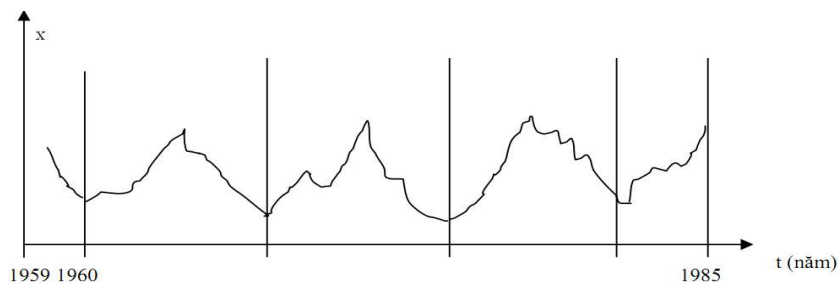
- Dao động ngẫu nhiên: là những biến đổi thường xuyên không ổn định. Dấu chuẩn sai của một vài thành phần kế cận thường khác nhau. Biên độ động thường không quá lớn và nói chung xoay quanh giá trị trung bình. Bởi vậy giá trị trung bình được coi là chuẩn mực thăng bằng của các dao động ngẫu nhiên (hình 2.1).
- Dao động tuần hoàn: là những biến đổi của chuỗi mang tính chất lặp lại giá trị sau những khoảng thời gian nhất định nào đó. Mối tương quan giữa các thành phần trong chuỗi thường đạt trị số lớn nhất khi xét tới hai thành phần

cách nhau một số năm xấp xỉ với độ dài chu kỳ (hình 2.2).

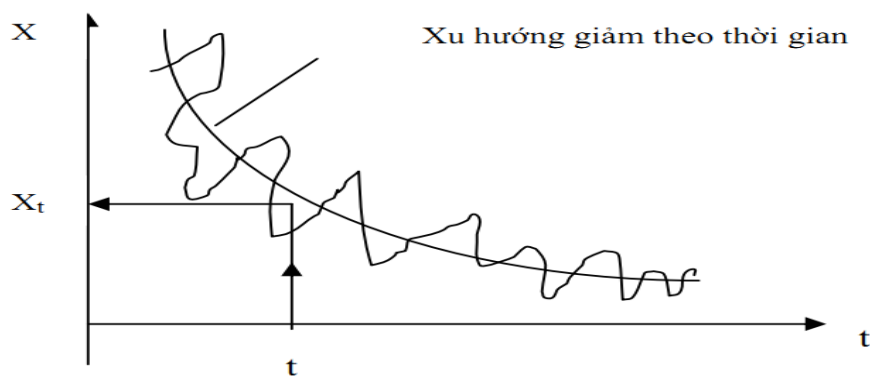
- Xu thế dài năm: là những biến đổi của chuỗi số liệu có tính chất đơn điệu và tương đối thường xuyên. Tốc độ biến đổi của chuỗi gần như đồng đều. Các trị số của chuỗi có xu thế tăng dần hoặc giảm dần đến giá trị lớn nhất hoặc nhỏ nhất. Tuy vậy không nhất thiết đó là xu thế tuyến tính (hình 2.3).



Hình 2.1. Dao động ngẫu nhiên



Hình 2.2. Dao động tuần hoàn



Hình 2.3. Xu thế dài năm

Nội dung bài toán phân tích chuỗi thời gian bao gồm hai vấn đề chính là phân tích xu thế và phân tích chu kỳ. Đó cũng là những nội dung cơ bản của bài toán nghiên cứu BDKH.

Việc phân tích chuỗi thời gian bằng công cụ thống kê buộc phải chấp nhận một giả thiết hết sức cơ bản là tính dừng của các quá trình khí quyển. Tính dừng ở đây có

nghĩa là mọi tính chất thống kê của quá trình trong quá khứ vẫn được bảo toàn cho cả trong tương lai. Khái niệm này được ứng dụng khá phổ biến trong các mô hình thống kê dự báo thời tiết, khí hậu. Đương nhiên không nên tin tưởng tuyệt đối vào những trị số dự báo được trong tương lai thông qua chuỗi số liệu quan trắc hiện có của quá trình đang xét.

Có hai phương pháp tiếp cận cơ bản khi phân tích chuỗi thời gian, là phân tích chuỗi trên miền thời gian và phân tích chuỗi trên miền tần số. Về bản chất, xuất phát điểm của các phương pháp này rất khác nhau, nhưng chúng không hoàn toàn độc lập với nhau mà bù trừ cho nhau về mặt biểu diễn toán học.

Phương pháp phân tích trên miền thời gian là để tìm các đặc trưng của chuỗi số liệu dựa vào công cụ cơ bản là hàm tự tương quan (autocorrelation function). Phương pháp phân tích trên miền tần số biểu diễn sự biến đổi của chuỗi số liệu như là hàm của những tần số dao động, qua đó làm xuất hiện sự đóng góp hay tích lũy năng lượng của quá trình tại những quy mô thời gian hoặc những tần số đặc trưng khác nhau.

Với bộ số liệu về lượng mưa và nhiệt độ của các trạm khí tượng giai đoạn từ năm 1971-2010, đề tài sẽ tiến hành tính toán lựa chọn trạm khí tượng giám sát BĐKH như sau:

- Tính toán các đặc trưng thống kê:
 - + Đối với mưa: tổng lượng mưa năm;
 - + Đối với nhiệt độ: nhiệt độ trung bình năm.
- Xây dựng hàm xu thế theo thời gian của hai chuỗi số liệu tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm tại các trạm khí tượng;
- Phân tích hệ số góc của hàm xu thế theo thời gian (sau đây gọi là hệ số góc);
- Phân nhóm/phân cấp hệ số góc theo vùng/khu vực;
- Xây dựng tương quan cặp trạm trong nhóm trạm có cùng xu thế của vùng/khu vực;
- Phân tích, lựa chọn trạm giám sát BĐKH.

Để xây dựng được lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH, cần đưa ra các tiêu chí để làm cơ sở thiết lập hệ thống lưới trạm. Trên cơ sở phân tích chuẩn sai của các yếu tố, nhóm nghiên cứu đưa ra 2 tiêu chí như sau:

- + Tiêu chí 1: Tính khác biệt về xu thế. Trong các vùng/khu vực nghiên cứu, những

trạm có xu thế ngược với xu thế chung của các trạm khác (có hệ số góc khác dấu với hệ số góc của tổng lượng mưa năm và giá trị theo cấp đối với hệ số góc của nhiệt độ); Các trạm lựa chọn theo tiêu chí này được sử dụng để giám sát BĐKH có xu thế ngược lại với xu thế chung của vùng/khu vực.

- + Tiêu chí 2: Tính đại biểu cho vùng/khu vực. Đối với những trạm có cùng xu thế trong vùng/khu vực, chúng tôi lựa chọn trạm có giá trị trung bình nhiều năm tương đồng với giá trị trung bình nhiều năm của vùng/khu vực (trạm có hệ số tương quan với trung bình nhiều năm của vùng/khu vực lớn nhất). Các trạm lựa chọn theo tiêu chí này được sử dụng để giám sát BĐKH có xu thế theo xu thế chung của vùng/khu vực.

2.2.2 Phương pháp hàm cấu trúc D-S

1. Lí thuyết hàm cấu trúc

Phương pháp hàm cấu trúc D-S được lựa chọn để nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng lưới trạm giám sát BĐKH. Khái quát lí thuyết của phương pháp như sau:

Tập hợp các đại lượng ngẫu nhiên phụ thuộc vào một hay một số đối số chạy trên những tập bất kì ta gọi là hàm ngẫu nhiên. Kí hiệu hàm ngẫu nhiên là X và đối số của chúng là t, s, \dots

Giả sử, giá trị của đối số t bao gồm: t_1, t_2, \dots, t_n

Khi đó, giá trị của hàm ngẫu nhiên tương ứng là: $X(t_1), X(t_2), \dots, X(t_n)$

Khi đối số t là thời gian, lấy các giá trị liên tục, hàm ngẫu nhiên được gọi là quá trình ngẫu nhiên. Với tham số là tọa độ không gian và thời gian, hàm ngẫu nhiên được gọi là trường ngẫu nhiên.

Trường ngẫu nhiên được viết dưới dạng $U(x, y, z, t)$, trong đó x, y, z là tọa độ không gian và t là thời gian. Có thể quan niệm x, y, z, t là tọa độ của vector 4 chiều $\rho(x, y, z, t)$, khi đó, trường ngẫu nhiên được viết là $U(\rho)$.

Các đặc trưng chủ yếu của trường ngẫu nhiên là:

- Kỳ vọng toán học $m_u(\rho)$: $m_u(\rho) = M\{U(\rho)\}$
- Phương sai $D_u(\rho) = M\{\dot{U}(\rho)^2\}$, trong đó $\dot{U}(\rho) = U(\rho) - m_u(\rho)$ gọi là trường ngẫu nhiên trung tâm hóa.
- Hàm tương quan $R_u(\rho_1, \rho_2) = M\{\dot{U}(\rho_1) \cdot \dot{U}(\rho_2)\}$
- Hàm tương quan tiêu chuẩn $r_u(\rho_1, \rho_2)$

$$ru(\rho_1, \rho_2) = \frac{R_u(\rho_1, \rho_2)}{\sqrt{D_u(\rho_1) \cdot D_u(\rho_2)}}$$

Khi trường đồng nhất và đẳng hướng, kì vọng toán học và phương sai là hằng số, hàm tương quan là hàm của khoảng cách giữa hai giá trị của đối số:

$$m_u(\rho) = C_1$$

$$U_u(\rho) = C_2$$

$$R_u(\rho_1, \rho_2) = R_u(l)(1)$$

trong đó $l = |\rho_1 - \rho_2| = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$

Một trong những đặc trưng quan trọng của trường ngẫu nhiên đồng nhất và đẳng hướng là hàm cấu trúc $B_u(l)$. Đó là kì vọng toán học của bình phương hiệu sai giữa hai giá trị của trường ngẫu nhiên tại hai giá trị tương ứng của đối số:

$$B_u(l) = M \{[U(\rho + l) - U(\rho)]^2\}$$

Hàm cấu trúc triệt tiêu khi khoảng cách giữa hai đối số bằng 0:

$$B_u(l) = 0; l = 0$$

Quan hệ giữa hàm cấu trúc và hàm tương quan được biểu thị như sau:

$$B_u(l) = B_u(\rho + l) - 2R_u(l)$$

Khi trường ngẫu nhiên đồng nhất và đẳng hướng thì hàm cấu trúc thỏa mãn:

$$B_u(\rho_1, \rho_2) = B_u(l)$$

Trường ngẫu nhiên của đại lượng gần mặt đất là hàm ngẫu nhiên với 3 đối số: x là vĩ độ, y là kinh độ và t là thời gian.

$$F = F(x, y, t)$$

Đối với trường mặt đất $l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

Người ta phân biệt hai loại hàm cấu trúc:

- Hàm cấu trúc thời gian:

$$B_f(t_1, t_2) = M\{[F(t_1) - F(t_2)]^2\}$$

- Hàm cấu trúc không gian:

$$B_f[(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = M\{[F(x_1, y_1) - F(x_2, y_2)]\}$$

Khi trường mặt đất là đồng nhất và đẳng hướng, thì cấu trúc không gian thỏa mãn:

$$B_f[(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = B_f(l)$$

2. Các bước tính

Một trong những ứng dụng quan trọng của hàm cấu trúc là quy hoạch lưới trạm khí hậu theo phương pháp D-S.

Phương pháp D-S xuất phát từ yêu cầu cần quy hoạch mạng lưới trạm khí hậu với mật độ tối thiểu nhưng bảo đảm thu thập đủ thông tin để đánh giá đúng sự phân bố theo không gian của thời tiết, khí hậu trên một vùng lãnh thổ. Hay nói một cách khác, thông tin thu thập được từ mạng lưới quan trắc phải mang lại sự hiểu biết chính xác về trường các yếu tố khí hậu. Độ chính xác đó được đánh giá theo những tiêu chuẩn khác nhau, tùy thuộc quan điểm của người nghiên cứu quy hoạch lưới trạm. Theo phương pháp D-S, tiêu chuẩn của độ chính xác nói trên là sai số thống kê của việc nội suy tuyến tính giá trị của các yếu tố khí hậu tại điểm giữa hai trạm liền kề không vượt quá một trị số có ý nghĩa cho trước. Như vậy khi xác định được sai số cho phép (kí hiệu là \sqrt{F}) có thể xác định được mật độ trạm. Mặt khác, ta biết rằng mật độ trạm thực chất là khoảng cách giữa các trạm liền kề, nên việc xác định mật độ trạm có thể được thay thế bằng việc ước lượng khoảng cách cho phép (kí hiệu là d_p) giữa hai trạm liền kề.

Khi áp dụng phương pháp D-S xây dựng quy hoạch mạng lưới trạm khí tượng, hải văn thực hiện giám sát BĐKH thực chất là đi tìm hàm tương quan không gian giữa chuẩn sai của các yếu tố với khoảng cách giữa các trạm cần xét. Phương trình toán mô tả phương pháp D-S như sau:

$$\bar{b}'_f = a_0 + b_0 l \quad (2.1)$$

trong đó \bar{b}'_f là trị số hàm cấu trúc giữa trạm I và trạm J; l là khoảng cách giữa 2 trạm I và J, a_0 và b_0 là hệ số của phương trình hồi quy.

Để tính toán giá trị hàm cấu trúc phục vụ quy hoạch mạng lưới trạm khí tượng, người ta thực hiện các bước tính toán sau đây:

(i) Bước 1. Tính toán trị số hàm cấu trúc và các đặc trưng liên quan:

- Trung bình số học của yếu tố f tại trạm I:

$$\bar{f}^I = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n f_t^I \quad (2.2)$$

trong đó f_t^I là trị số của yếu tố f tại trạm I vào năm t

- Chuẩn sai của f tại trạm I vào năm t:

$$\Delta f_t^I = f_t^I - \bar{f}^I \quad (2.3)$$

- Độ lệch tiêu chuẩn của f tại trạm I:

$$s^I = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (f_t^I - \bar{f}^I)^2} \quad (2.4)$$

- Trị số hàm cấu trúc giữa trạm I và trạm J:

$$b_f' = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [(f_t^I - \bar{f}^I) - (f_t^J - \bar{f}^J)]^2 \quad (2.5)$$

- Trị số hàm cấu trúc tiêu chuẩn giữa trạm I và trạm J:

$$f' = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{f_t^I}{s^I} - \frac{f_t^J}{s^J} \right)^2 \quad (2.6)$$

- Trị số hàm tương quan tiêu chuẩn giữa trạm I và trạm J:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \Delta f_t^I \cdot \Delta f_t^J}{s^I \cdot s^J} \quad (2.7)$$

(ii) Bước 2. Lập hàm hồi quy tuyến tính giữa b_f' và l:

$$\bar{b}_f' = a_0 + b_0 l \quad (2.8)$$

trong đó:

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N (b_f'^j - \bar{b}_f') (l_j - \bar{l})}{\sum_{j=1}^N (l_j - \bar{l})^2} \quad (2.9)$$

Ở đây $b_f'^j$ là trị số hàm cấu trúc của cặp trạm thứ j (j = 1, N); l_j là khoảng cách giữa cặp trạm thứ j.

$$\bar{b}_f' = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N b_f'^j \quad (2.10)$$

$$\bar{l} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N l_j \quad (2.11)$$

$$a_0 = \bar{b}_f' - b_0 \bar{l} \quad (2.12)$$

(iii) Bước 3. Kiểm nghiệm mức độ rõ rệt của hệ số tương quan tuyến tính và hiệu quả của phương trình hồi quy tuyến tính giữa b_f' và l.

Kiểm nghiệm mức độ rõ rệt của hệ số tương quan tuyến tính r giữa b_f' và l

$$r = \frac{\sum_{j=1}^N (b_f'^j - \bar{b}_f') (l_j - \bar{l})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (b_f'^j - \bar{b}_f')^2 \cdot \sum_{j=1}^N (l_j - \bar{l})^2}} \quad (2.13)$$

Hệ số tương quan r được thừa nhận là rõ rệt khi r không bé hơn trị số r_α tiêu chuẩn với mức tin cậy α .

Kiểm nghiệm hiệu quả của phương trình hồi quy tuyến tính giữa b_f' và l

Lập tỉ số F:

$$F = \frac{U}{Q/n-2} \quad (2.14)$$

trong đó: U là tổng bình phương hồi quy: $U = \sum_{j=1}^N (b_f'^j - \bar{b}_f')^2$

Q là tổng bình phương thặng dư: $Q = \sum_{j=1}^N (b_f'^j - \bar{f}')^2$

F có phân phối F với độ tự do là $(1; n-2)$. Vì vậy, hiệu quả của phương trình hồi quy được chấp nhận khi F không bé hơn trị số $F_\alpha (1; n-2)$ tiêu chuẩn với mức tin cậy α .

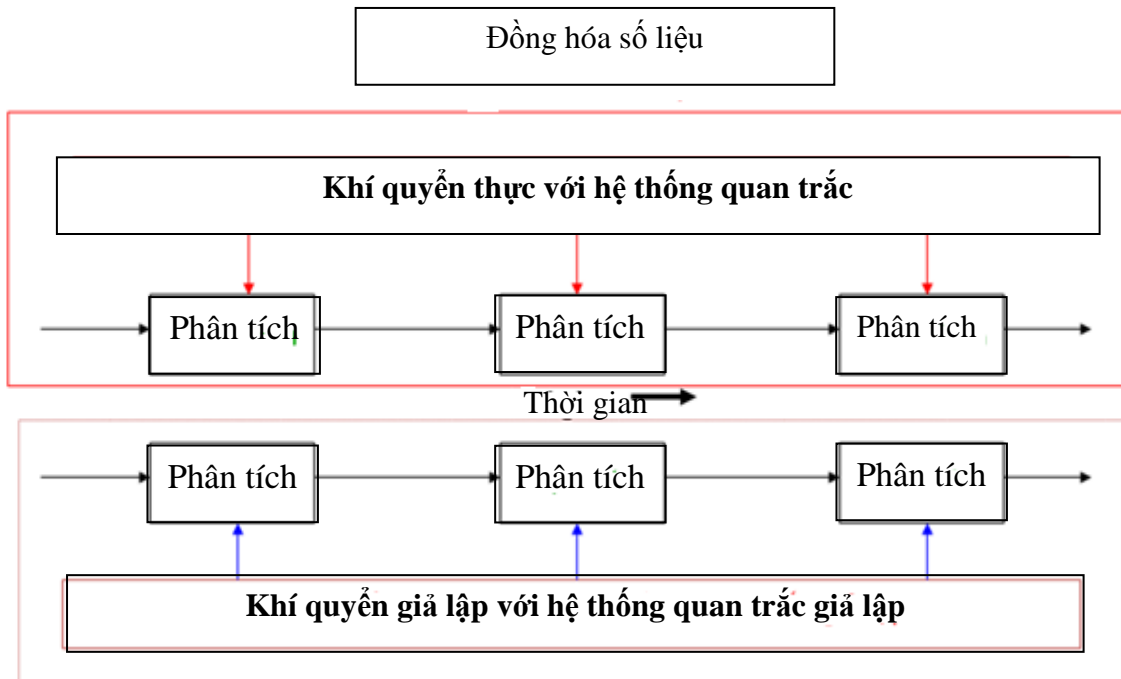
2.2.3 Phương pháp thử nghiệm giả lập hệ thống quan trắc (Observation Simulation System Experiment - OSSE)

Phương pháp OSSE tương tự như hệ thống đồng hóa số liệu. Nếu như hệ thống đồng hóa số liệu sử dụng số liệu quan trắc có được từ khí quyển thực thì OSSE lại sử dụng số liệu quan trắc giả lập từ khí quyển giả lập. Hình 2.4 minh họa cho 2 hệ thống đồng hóa số liệu và OSSE.

OSSE cho phép ước lượng được những tác động của hệ thống quan trắc mới trong tương lai, hay loại số liệu quan trắc mới tới kết quả dự báo của hệ thống mô hình số trị bằng phương pháp giả lập. Một hệ thống OSSE bao gồm các phần chính như sau:

1) “Nature Run-NR”: Để có thể đánh giá được tác động của các hệ thống hay loại số liệu quan trắc mới tới kết quả dự báo của hệ thống mô hình số trị, thì việc mô phỏng chính xác trạng thái khí quyển là rất quan trọng. Khí quyển được mô phỏng phải có cùng các đặc trưng thống kê với khí quyển thực. Việc mô phỏng khí quyển này được gọi tên là NR. Bản chất của NR là quá trình chạy mô hình dự báo số trị, phân tích khách quan số liệu thực đo đầu vào, không có sự tham gia của quá trình đồng hóa số liệu để mô phỏng trạng thái khí quyển. Từ kết quả mô phỏng khí quyển, các quan trắc mới được giả lập và được đánh giá thông qua quá trình đồng

hóa số liệu của OSSE. Vì vậy quá trình NR càng chính xác thì việc đánh giá các tác động của quan trắc cần thử nghiệm càng chính xác.



Hình 2.4. Minh họa đơn giản 2 hệ thống đồng hóa số liệu và thử nghiệm hệ thống quan trắc giả lập

Hiện nay, nhằm phục vụ cho việc sử dụng rộng rãi OSSE trong nghiên cứu, ECMWF cung cấp 2 kết quả NR với độ phân giải khác nhau.

- + T511 với độ phân giải ngang 40km, 91 mực thẳng đứng
- + T799 với độ phân giải ngang 25km, 91 mực thẳng đứng.

Kết quả mô phỏng khí quyển do ECMWF cung cấp có độ phân giải thấp, nếu dùng trong nghiên cứu các hiện tượng quy mô nhỏ như bão, mưa lớn,... sẽ khó phản ánh được chính xác các quá trình vật lý diễn ra bên trong các hiện tượng. Chính vì vậy, các mô hình khu vực (WRF, MM5,...) có thể được sử dụng để tạo ra những NR quy mô địa phương với độ phân giải cao hơn để giải quyết những khó khăn nói trên.

2) “Control Run-CR”: Nếu như NR cung cấp khí quyển mô phỏng, thì CR sẽ cung cấp các dự báo khi chưa có sự đồng hóa của các loại số liệu giả lập, hay nói một cách khác CR sẽ cung cấp các dự báo bằng số liệu hiện có. Về bản chất, CR là chạy mô hình dự báo khi chưa có sự đồng hóa các số liệu giả lập với số liệu đầu vào. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu đều được lấy từ kết quả NR.

3) Thử nghiệm các kịch bản đồng hóa số liệu quan trắc giả lập khác nhau để đánh giá các tác động của hệ thống hay loại số liệu quan trắc mới: Các quan trắc mới được giả lập trích ra từ khí quyển mô phỏng có được từ NR. Các “quan trắc mới” này sẽ được đồng hóa với trường số liệu thực ban đầu trong quá trình dự báo số trị. Các kết quả dự báo thu được sẽ được đánh giá và xem xét so sánh với các kết quả mô phỏng của NR và dự báo của CR. Từ đó, ta có thể đưa ra được các kết luận về ảnh hưởng của mật độ số liệu quan trắc mới tới kết quả dự báo.

Chương 3.

HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUAN TRẮC VÀ DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN VÀ HẢI VĂN

3.1 Hiện trạng mạng lưới quan trắc KTTV

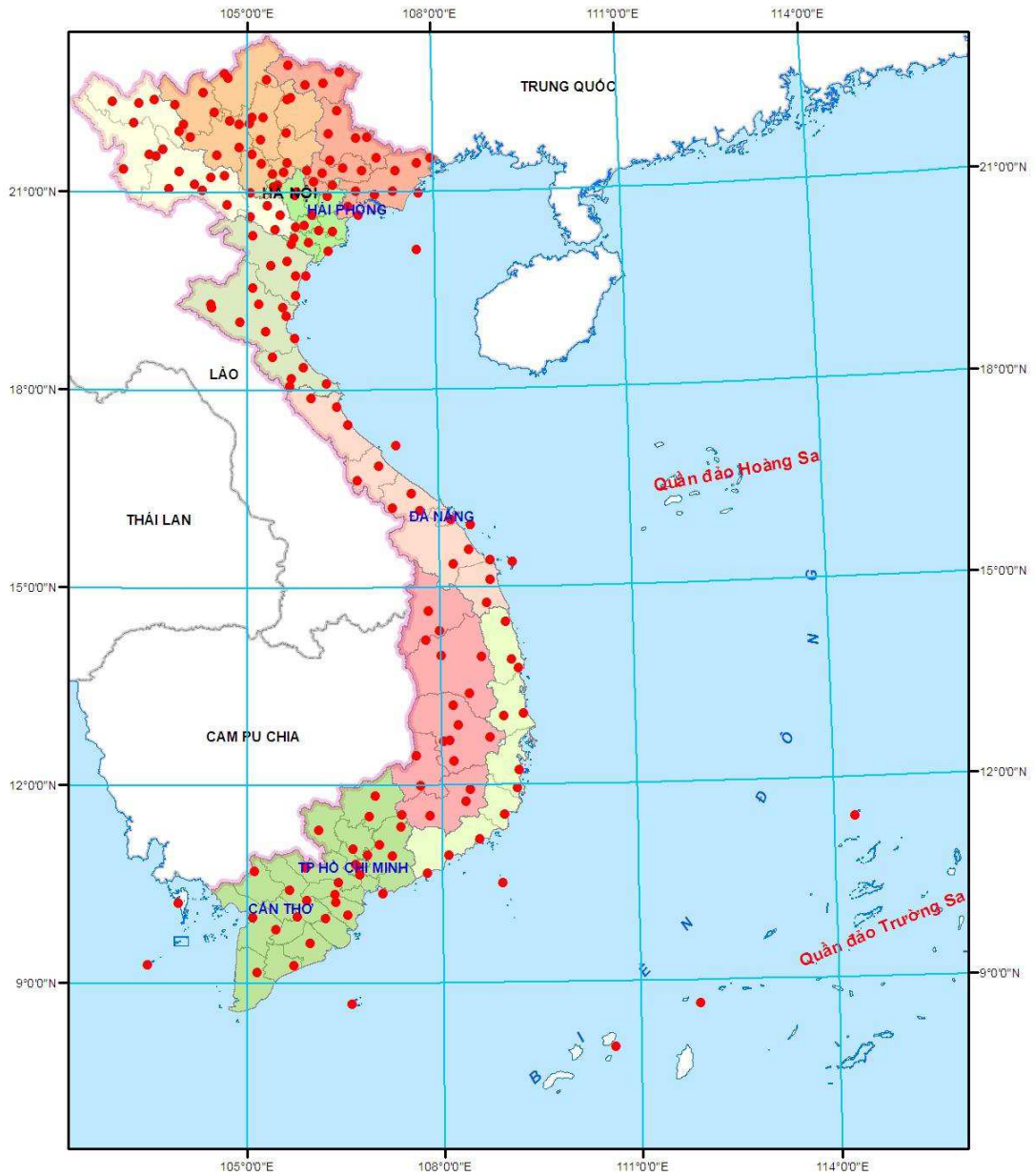
3.1.1 Mạng lưới trạm khí tượng bề mặt (KTBM)

1. Về mật độ trạm

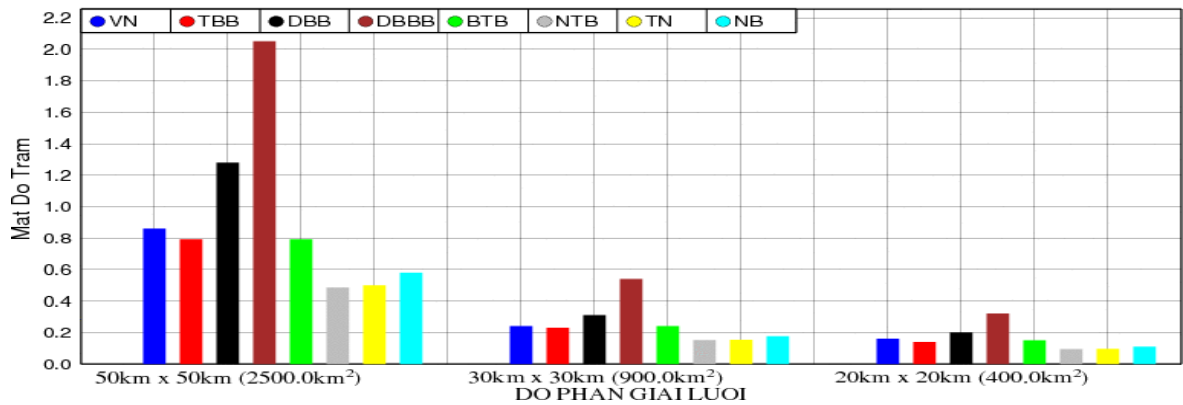
Mạng lưới trạm KTTV quốc gia hiện có 186 trạm khí tượng bề mặt (53 trạm hạng I, 79 trạm hạng II và 54 trạm hạng III), trong đó có 14 trạm quan trắc bức xạ Mặt trời, 29 trạm quan trắc khí tượng nông nghiệp (KTNN), mật độ trung bình khoảng 1.930 km²/trạm. Mật độ trạm phân bố không đều, khu vực phía bắc, từ đèo Hải Vân trở ra, có mật độ khoảng 1.540km²/trạm, phía nam khoảng 2.600 km²/trạm. Khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có mật độ trạm khí tượng bề mặt dày nhất, có những vùng, các trạm chỉ cách nhau khoảng 20 km, trong khi ở miền núi, nhất là vùng núi cao như Tây Nguyên mật độ trạm lên tới khoảng 3.200km²/trạm. Dọc theo bờ biển dài 3.260km chỉ có 30 trạm khí tượng bề mặt, tính trung bình khoảng cách giữa 2 trạm khoảng 110 km, có nơi khoảng cách giữa hai trạm tới 400 km (hình 3.1). So với các nước phát triển trên thế giới, như Nhật Bản, Hàn Quốc,... thì mật độ quan trắc còn quá thưa chưa đáp ứng được các yêu cầu của công tác dự báo KTTV và nghiên cứu, quy hoạch của các ngành kinh tế quốc dân.

Mật độ trạm quan trắc KTBM không chỉ thấp mà còn phân bố không đều giữa các vùng. Hình 3.2 là biểu đồ mật độ trạm khí tượng trung bình trên một ô lưới cho toàn lãnh thổ Việt Nam và của từng vùng khí hậu. Từ hình vẽ này ta có thể thấy rằng, mật độ trạm khí tượng tương đối cao hơn tại vùng Đồng bằng Bắc Bộ và Đông Bắc Bộ, trong khi suốt dải miền Trung, Tây Nguyên và Nam Bộ mật độ trạm quá thưa thớt. Thật vậy, trên ô lưới 50km x 50km, trung bình cho cả nước có 0,85 trạm, thì tại vùng Đồng bằng Bắc Bộ có 2,1 trạm; Đông Bắc Bộ có 1,2 trạm; nhưng đến Nam Trung Bộ và Tây Nguyên chỉ có 0,5 trạm; và đến Nam Bộ cũng chỉ xấp xỉ 0,6 trạm. Với kích thước ô lưới giảm xuống mức 30km x 30km hoặc 20km x 20km thì số trạm trung bình trên một ô lưới giảm xuống rất thấp. Đặc biệt các vùng Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ trung bình có chưa tới 0,2 trạm/1 ô lưới.

Với 14 trạm quan trắc bức xạ Mặt trời (mật độ trung bình 23.571 km²/trạm) thì chưa thể đáp ứng được yêu cầu đánh giá tiềm năng năng lượng Mặt trời trên toàn bộ lãnh thổ phục vụ nghiên cứu, quy hoạch, đặc biệt cho ngành khai thác năng lượng tái tạo.



Hình 3.1. Mạng lưới trạm quan trắc KTBM



Hình 3.2. Biểu đồ mật độ trạm theo ô lưới

Một mạng lưới gồm 29 trạm KTNN (15 trạm cơ bản, 12 trạm quan trắc phổ thông và 2 trạm nghiên cứu thực nghiệm) được phân bố theo địa hình và theo các vùng cây trồng của cả nước với quy phạm quan trắc chậm được đổi mới nên kết quả quan trắc vật hậu ít có tác dụng phục vụ sản xuất nông nghiệp.

2. Về thiết bị đo

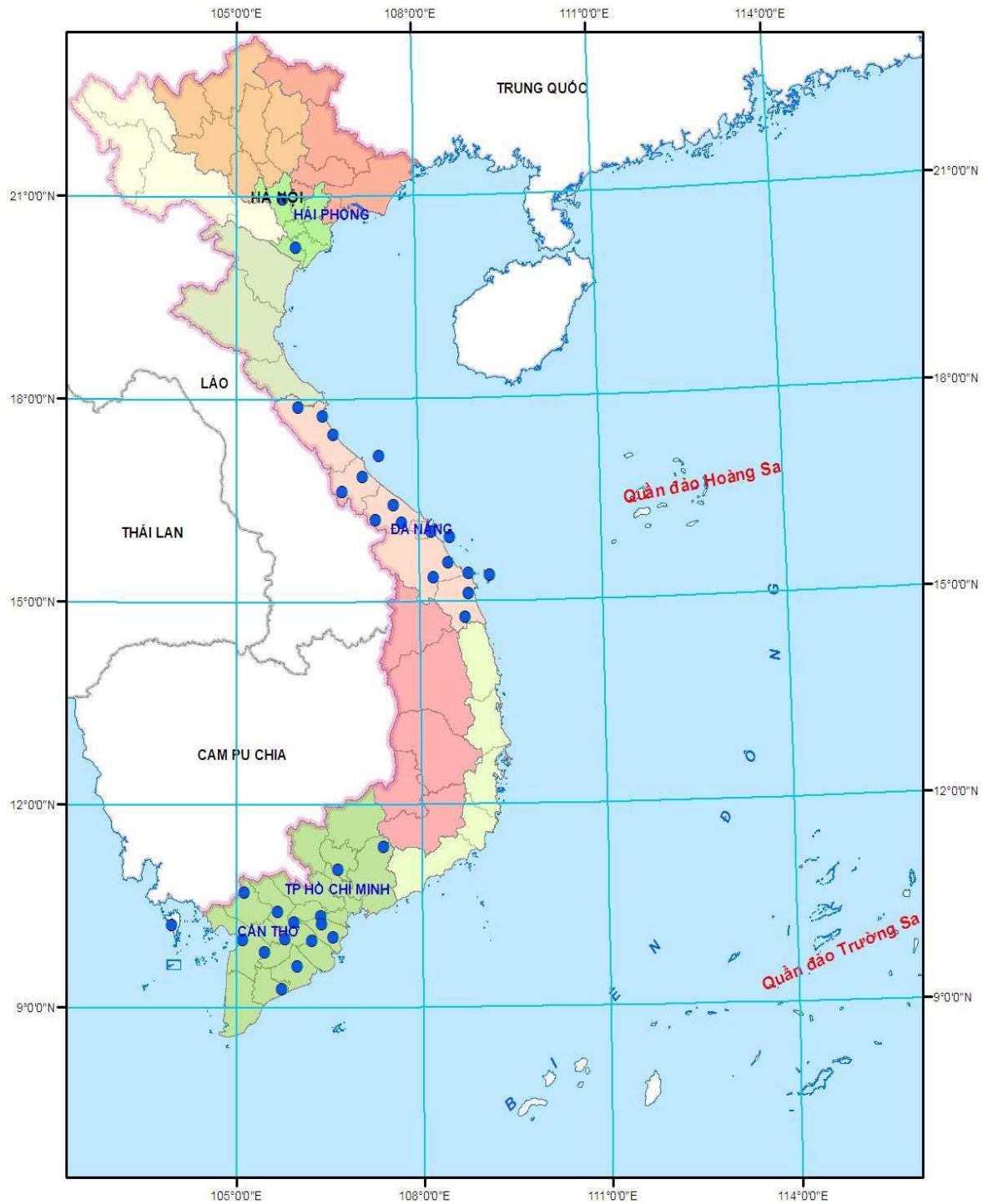
Thiết bị đo được trang bị chủ yếu là theo công nghệ đo truyền thống như thiết bị đo nhiệt độ bằng nhiệt kế thủy ngân, chất lỏng và nhiệt kế tự ghi; thiết bị đo độ ẩm bằng ẩm kế tự ghi và bộ ẩm kế; thiết bị đo khí áp bằng khí áp kế thủy ngân và một số rất ít khí áp kế hiện số; thiết bị đo gió bằng máy đo gió Vild (cơ học) và máy gió tự báo; thiết bị đo mưa bằng vũ lượng kế chao lật, xi phong và vũ lượng kế; thiết bị đo nắng bằng nhật quang kế phổ thông.

Thực hiện chương trình hiện đại hóa, tự động hóa theo Chiến lược phát triển Ngành, mạng lưới quan trắc KTTV đã được đầu tư một số trang thiết bị tự động, bán tự động, cụ thể:

- Theo Đề án “Đầu tư cấp bách tăng cường năng lực dự báo KTTV phục vụ phòng chống thiên tai trọng tâm là công tác dự báo bão” thực hiện trong giai đoạn 2007-2008, 61 thiết bị đo gió Young 26700 đã được lắp đặt tại các trạm ven biển. Đây là thiết bị đo gió tự động, có Datalogger thực hiện chức năng lưu giữ, hiển thị số liệu tại trạm, nhưng chưa kết nối hệ thống truyền tin tự động để có thể truyền số liệu thời gian thực về các trung tâm dự báo; 13 máy đo khí áp hiện số là thiết bị bán tự động được lắp đặt cho các trạm khí tượng trên đảo.
- Dự án ODA Ý đầu tư 16 trạm khí tượng tự động tại Đài KTTV khu vực Trung Trung Bộ, dự án WB4 sử dụng nguồn vốn vay của Ngân hàng Thế giới đầu tư 12 trạm khí tượng tự động tại Đài KTTV khu vực Nam Bộ, một số dự án độc lập lắp đặt 7 trạm khí tượng tự động, nâng tổng số trạm tự động trên mạng lưới lên 35 trạm. Các trạm khí tượng tự động đều truyền số liệu thời gian thực về Đài KTTV tỉnh, Đài KTTV khu vực và Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương. Đây là những hệ thống tự động hóa đồng bộ đầu tiên của ngành sau hệ thống cảnh báo lũ quét Nậm La - Nậm Pàn.

Như vậy, trên mạng lưới mới có 35 trạm khí tượng tự động bắt đầu hoạt động thu thập số liệu (hình 3.3), còn lại công nghệ quan trắc khí tượng bề mặt nhìn chung còn lạc hậu, quan trắc thủ công là chủ yếu. Phương thức truyền tin quan trắc vẫn là điện thoại hoặc điện báo bằng thiết bị vô tuyến sóng ngắn (ICOM), chưa giải quyết được vấn đề đảm bảo thông tin thời gian thực cho công tác dự báo khi sử

dụng các mô hình toán, nhất là mô hình dự báo cực ngắn.



Hình 3.3. Mạng lưới trạm quan trắc KTBM tự động

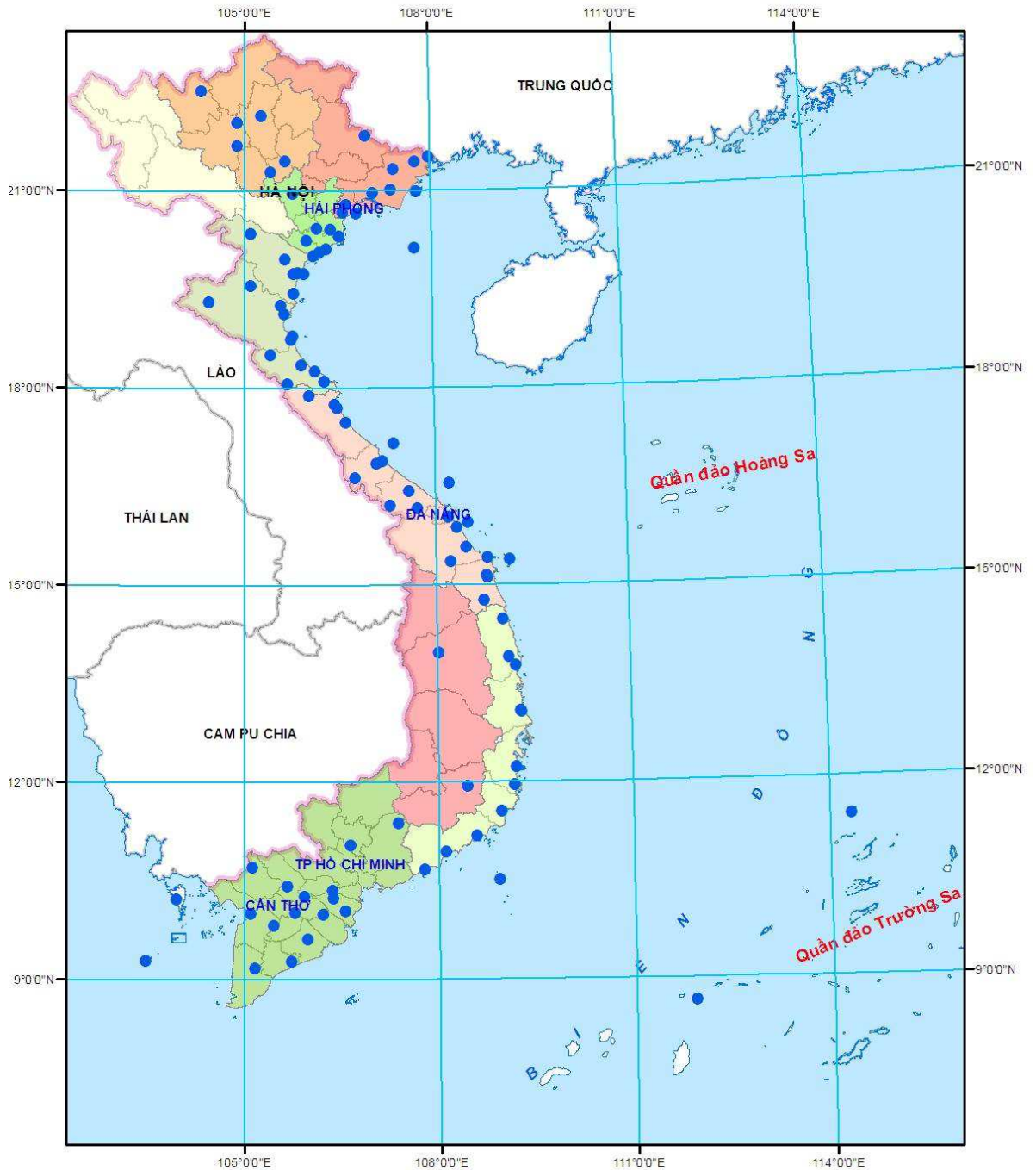
Số lượng các trạm KTBM trên toàn quốc được phân loại theo công nghệ quan trắc truyền thống và tự động được dẫn ra trong bảng 3.1. Số lượng trạm quan trắc bức xạ Mặt trời và trạm đo gió tự động trên mạng lưới được dẫn ra trong bảng 3.2. Còn mạng quan trắc gió tự động được dẫn ra trong hình 3.4.

Bảng 3.1. Phân loại các trạm KTBM theo công nghệ quan trắc

TT	Đài KTTV khu vực	Tổng số	Quan trắc		Ghi chú
			Tự động	Truyền thống	
1	Tây Bắc	21		21	
2	Việt Bắc	25		25	
3	Đông Bắc	25		25	
4	Đồng bằng Bắc Bộ	14	2	12	
5	Bắc Trung Bộ	20		20	
6	Trung Trung Bộ	17	17		Nâng cấp từ trạm truyền thống
7	Nam Trung Bộ	14		14	
8	Tây Nguyên	18		18	
9	Nam Bộ	32	16	16	Nâng cấp từ trạm truyền thống
Tổng cộng		186	35	151	

Bảng 3.2. Các trạm đo bức xạ và đo gió tự động trên toàn quốc

TT	Đài KTTV khu vực	Số trạm		Ghi chú
		Đo bức xạ	Đo gió	
1	Tây Bắc	2		
2	Việt Bắc	1	6	
3	Đông Bắc	3	11	
4	Đồng bằng Bắc Bộ	1	8	3 trạm khí tượng, 5 trạm thủy văn (đo gió)
5	Bắc Trung Bộ	2	17	
6	Trung Trung Bộ	1	22	17 trạm khí tượng, 5 trạm thủy văn (đo gió)
7	Nam Trung Bộ	0	14	
8	Tây Nguyên	2	2	
9	Nam Bộ	2	18	
Tổng số		14	98	



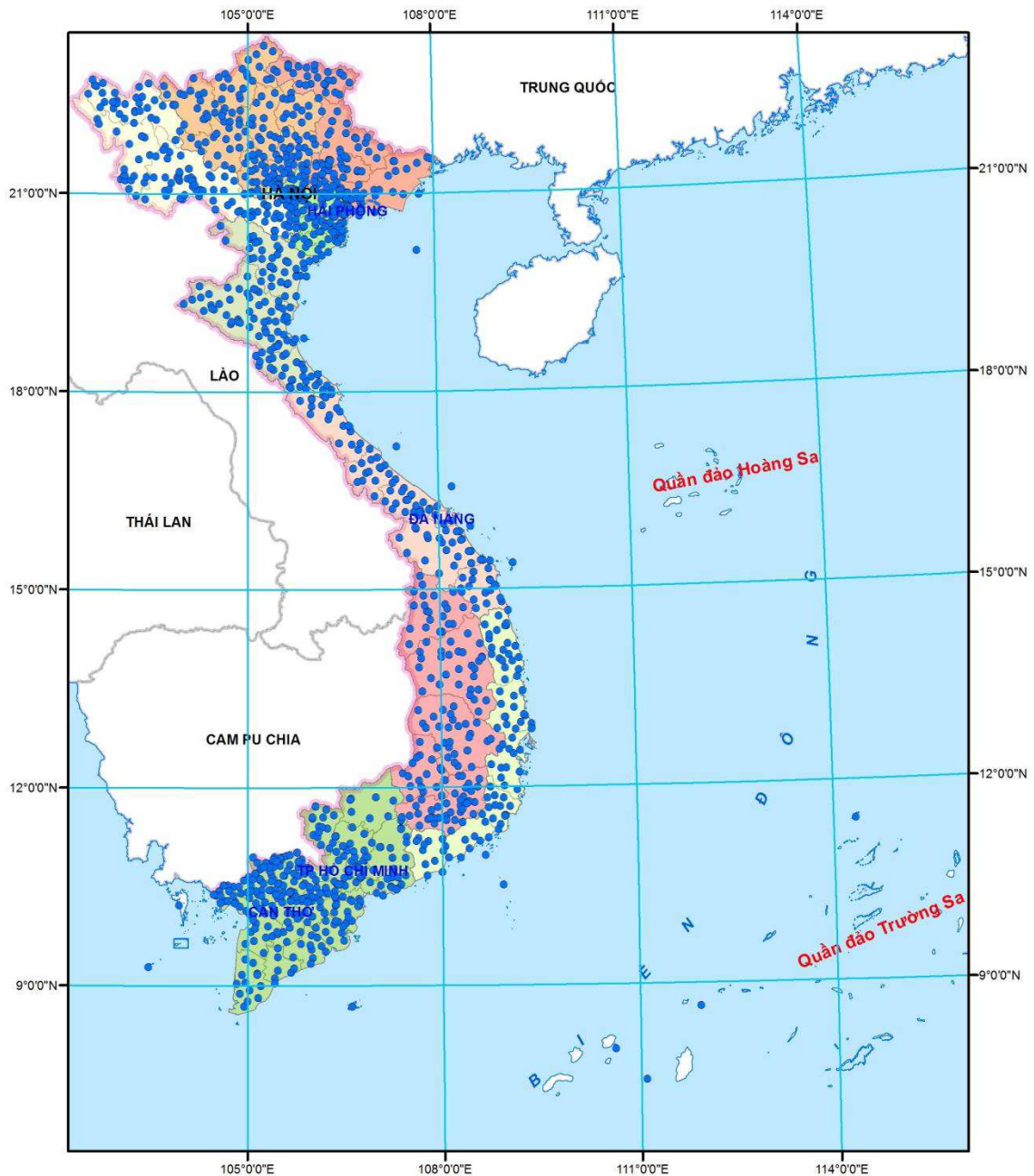
Hình 3.4. Mạng lưới trạm đo gió tự động

3.1.2. Mạng lưới trạm đo mưa

1. Về mật độ trạm

Hệ thống đo mưa trên toàn quốc gồm 1322 điểm, trong đó có 531 điểm nằm ngay trong các trạm KTTV và 791 điểm nằm ngoài các trạm KTTV (điểm độc lập, thường gọi là điểm đo mưa nhân dân). Mật độ trung bình của các điểm đo mưa vào khoảng 280 km²/điểm, phân bố không đều giữa các vùng trong cả nước. Ở Đồng

bằng Bắc Bộ khoảng 120 km²/điểm, miền núi cao phía bắc và Tây Nguyên khoảng 800 km²/điểm (hình 3.5).



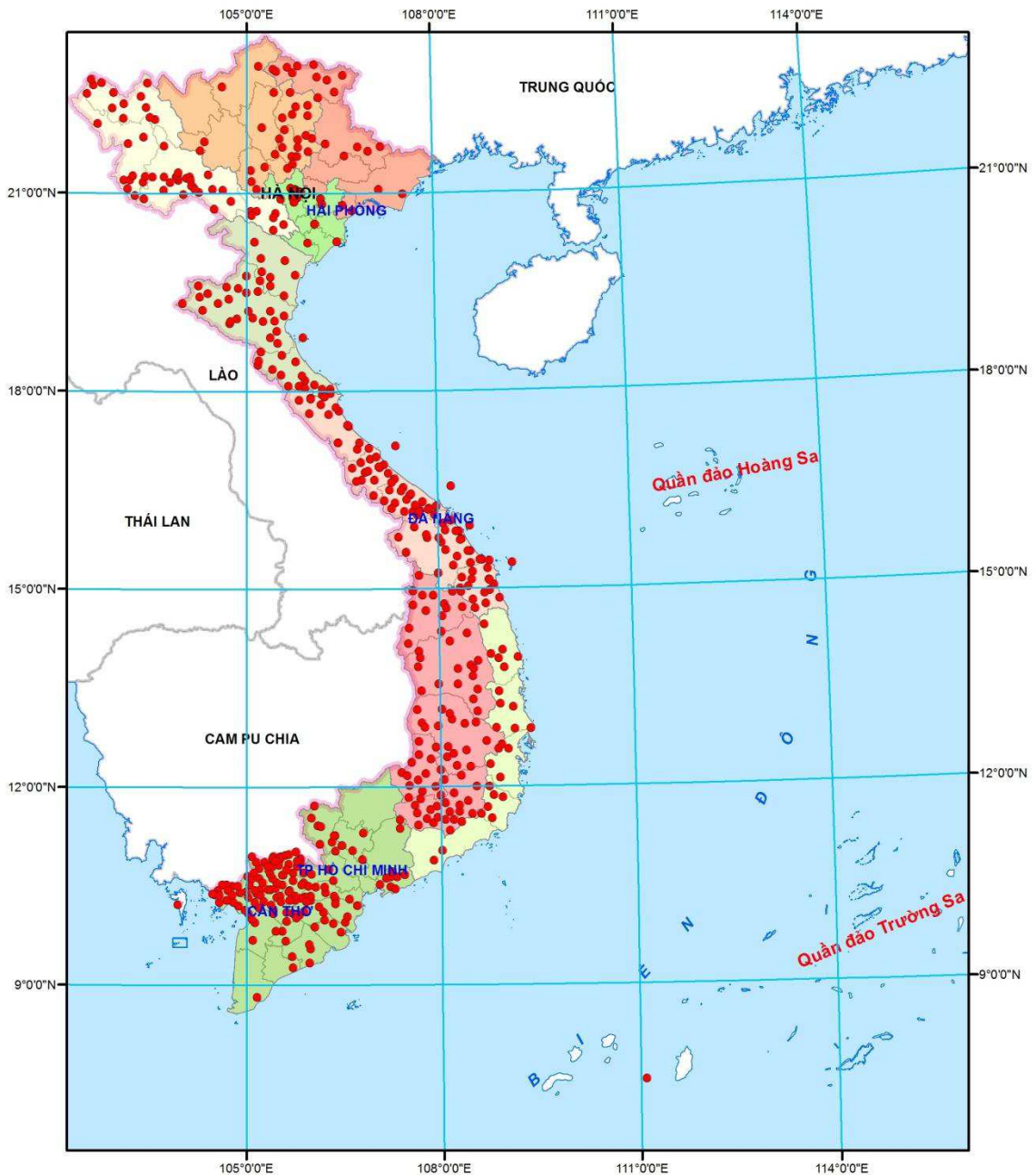
Hình 3.5. Mạng lưới trạm đo mưa toàn quốc (truyền thống + tự động)

Mưa thay đổi rất mạnh theo không gian nên mật độ điểm đo mưa như hiện tại là quá thưa so với yêu cầu. Mặt khác, có sự khác biệt khá lớn về mật độ phân bố các điểm đo mưa giữa các vùng trong cả nước, khá dày ở đồng bằng ven biển, khá thưa ở vùng núi cao và Tây Nguyên. Đối với vùng núi cao, nơi có địa hình biến đổi mạnh mẽ, nơi đầu nguồn các hệ thống sông suối, mạng lưới điểm đo mưa chưa đủ dày để đáp ứng nhu cầu phục vụ công tác dự báo, nhất là cho công tác cảnh báo lũ quét,

cho ứng dụng các mô hình tính toán thủy văn, ứng phó với biến đổi khí hậu cũng như cho công tác quy hoạch phát triển của các địa phương trong khu vực.

2. Về thiết bị đo

Trên toàn mạng lưới có 556 trạm đo mưa tự động trên tổng số 1322 trạm. Trong số các trạm tự động có: 372 trạm đo mưa độc lập, 35 trạm khí tượng và 149 trạm thủy văn (hình 3.6).



Hình 3.6. Mạng lưới trạm đo mưa tự động toàn quốc

Danh sách các loại trạm đo mưa theo phương pháp truyền thống và tự động được trình bày trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Số lượng các trạm đo mưa (trạm độc lập (ĐL), khí tượng (KT), thủy văn (TV), đo tự động và theo phương pháp truyền thống) trên toàn quốc

TT	Đài KTTV khu vực	Phương pháp đo							
		Truyền thống + Tự động				Tự động			
		Tổng	ĐL	KT	TV	Tổng	ĐL	KT	TV
1	Tây Bắc	132	92	21	19	56	49		7
2	Việt Bắc	153	98	25	30	28	28		
3	Đông Bắc	133	83	25	25	20	20		
4	Đồng bằng Bắc Bộ	121	80	14	27	29	27	2	
5	Bắc Trung Bộ	130	77	20	33	49	49		
6	Trung Trung Bộ	115	56	17	42	102	43	17	42
7	Nam Trung Bộ	91	63	14	14	26	26		
8	Tây Nguyên	137	103	18	16	85	81		4
9	Nam Bộ	310	139	32	139	161	49	16	96
Tổng		1322	791	186	345	556	372	35	149

3.1.3 Mạng lưới khí tượng cao không

1. Mạng lưới trạm radar thời tiết

Mạng lưới radar thời tiết của Việt Nam bao gồm 7 trạm, trong đó có 6 trạm được bố trí nằm dọc theo ven biển nhằm mục đích theo dõi hoạt động của bão và các hiện tượng thời tiết nguy hiểm. Hầu hết các radar đều bị che khuất do hoạt động ở những vùng đồi núi cao hoặc do mức độ đô thị hóa nhanh chóng. Mạng lưới radar hiện tại có bán kính hiệu dụng là 200 km.

Cụm radar phía bắc hiện tại có 4 trạm: Phù Liễn, Việt Trì, Vinh, Đông Hà, khoảng cách trung bình giữa hai trạm liền kề là 300 km, phạm vi hoạt động hiệu dụng chưa phủ trùm toàn bộ lãnh thổ. Mật độ mạng lưới radar ở phía nam còn thưa hơn với cụm radar gồm 3 trạm: Tam Kỳ, Nha Trang và Nhà Bè, khoảng cách giữa các trạm xấp xỉ 400 km, do đó các radar chưa thể hỗ trợ thông tin cho nhau do chưa giao sóng ở bán kính hoạt động hiệu dụng. Hiện trạng hoạt động của các thiết bị radar như sau:

+ 02 radar MRL-5 do Liên Xô chế tạo, được trang bị cho trạm Phù Liễn năm 1989 và trạm Vinh 1993. Do thời gian sử dụng đã lâu, công nghệ cũ, hay xảy ra sự

cố hỏng hóc, gián đoạn thời gian quan trắc số liệu hoặc phải ngừng hoạt động trong thời gian dài để khắc phục sửa chữa. Tuy radar thời tiết MRL-5 Phù Liễn đã được nâng cấp, số hóa, nhưng hệ thống thu phát không được nâng cấp, nên chất lượng dữ liệu thu được không đáp ứng yêu cầu; radar MRL-5 Vinh đã xuống cấp hoàn toàn, không thể khôi phục.

+ 03 radar TRS-2730 Pháp lắp đặt tại Phù Liễn (năm 1998), Việt Trì (năm 2000) và Vinh (năm 2000) thuộc thế hệ đã lạc hậu, chất lượng số liệu không còn được bảo đảm, linh kiện vật tư thay thế không có nguồn cung cấp do hãng sản xuất loại radar này không còn hoạt động, nên việc duy trì hoạt động rất khó khăn.

+ 01 radar DWSR-93C Tam Kỳ được đầu tư lắp đặt năm 1996, được nâng cấp năm 2010 trong Đề án cấp bách, đang chạy thử nghiệm trước khi đưa vào sử dụng chính thức.

+ 02 radar Mỹ, loại DWSR-2500C trang bị cho Nhà Bè và Nha Trang đang hoạt động tốt. Tuy nhiên, do radar Nha Trang nằm tại vị trí bị núi cao và các công trình kiến trúc mới xây dựng che khuất, làm giảm đáng kể chất lượng số liệu quan trắc.

+ Radar Đông Hà mới được đầu tư năm 2009 trong Dự án “Đầu tư cấp bách trạm radar thời tiết Đông Hà phục vụ dự báo bão và mưa” thuộc Đề án cấp bách, trạm cũng đang chạy thử nghiệm trước khi đưa vào sử dụng chính thức.

Các radar thời tiết được trang bị trong những thời gian khác nhau với nhiều chủng loại khác nhau, một số radar quá cũ, công nghệ lạc hậu. Chưa đầu tư đồng bộ công nghệ xử lý thông tin thu được từ radar thời tiết nên sản phẩm radar thời tiết chưa được sử dụng có hiệu quả.

2. Mạng lưới trạm thám không vô tuyến (TKVT)

Hiện nay, mạng lưới trạm TKVT gồm 6 trạm (5 trạm trên đất liền (Điện Biên, Hà Nội, Vinh, Đà Nẵng, Tân Sơn Hòa) và 1 trạm trên đảo (Bạch Long Vỹ). Bảng 3.4 thống kê các chủng loại thiết bị quan trắc TKVT trong mạng lưới quan trắc khí tượng cao không.

Các trạm thám không vô tuyến đều được trang bị thiết bị đo đạc tự động, hiện đại do Phần Lan sản xuất. Tuy nhiên, toàn bộ số liệu quan trắc vẫn phải truyền về Trung ương bằng mã điện truyền thống theo các phương pháp thông thường.

Với 6 trạm hiện có, mạng lưới trạm thám không vô tuyến ở phía bắc đạt mức trung bình của các nước trong khu vực. Ở phía nam còn thừa so với yêu cầu.

Bảng 3.4. Các thiết bị quan trắc TKVT trong mạng lưới khí tượng cao không

TT	Trạm	Chủng loại/năm đưa vào sử dụng			Ghi chú
		AVK-MRZ-3A	Malakhit	DigiCORA MW RS	
1	Điện Biên			DigiCORA MW31-RS92/2008	
2	Bạch Long Vỹ			DigiCORA MW31-RS92/2010	
3	Hà Nội		1990	DigiCORA MW31-RS80/1996	Nâng cấp lên DigiCORA MW31-RS92/2006
4	Vinh			DigiCORA MW31-RS92/2008	
5	Đà Nẵng	1990		DigiCORA MW31-RS80/1995	Nâng cấp lên DigiCORA MW31-RS92/2006
6	Tân Sơn Hòa		1990	DigiCORA MW31-RS80/1994	
Tổng	6			6	

3. Mạng lưới đo gió trên cao bằng máy kinh vĩ quang học (đo gió Pilot)

Mạng lưới đo gió trên cao bằng máy kinh vĩ quang học hiện nay gồm 8 trạm: Lạng Sơn, Hà Nội, Quy Nhơn, Nha Trang, Phan Thiết, Pleiku, Buôn Ma Thuột và Cà Mau. Như vậy, các trạm đo gió pilot chủ yếu được phân bố chủ yếu ở khu vực Nam Trung Bộ và Tây Nguyên với khoảng cách trung bình giữa 2 trạm gần nhau là 200 km, còn ở phía bắc rất thưa thớt, chỉ có 2 trạm; khu vực Nam Bộ hiện có một trạm duy nhất là Cà Mau. Các chủng loại thiết bị quan trắc pilot được trình bày trong bảng 3.5.

4. Mạng lưới quan trắc ôzôn-bức xạ cực tím

Mạng lưới quan trắc ôzôn và bức xạ cực tím hiện gồm có 3 trạm: Sa Pa, Hà Nội, Tân Sơn Hòa. Bảng 3.6 thống kê các thiết bị quan trắc trong mạng lưới trạm ôzôn-bức xạ cực tím.

3.1.4 Mạng lưới trạm thủy văn

1. Khái quát mạng lưới sông suối Việt Nam

Với 3/4 diện tích lãnh thổ là đồi núi, địa hình bị chia cắt, lại chịu sự chi phối của

chế độ khí hậu nhiệt đới gió mùa, nắng, nóng, mưa nhiều, nên mạng lưới sông suối trên lãnh thổ nước ta khá phát triển. Nếu chỉ tính sông, suối có chiều dài trên 10km và có nước chảy thường xuyên, thì trên lãnh thổ nước ta có khoảng 2360 sông, suối với mật độ trung bình khoảng 0,6km/km². Tuy nhiên, mạng lưới sông suối phát triển không đều trên lãnh thổ. Ở những vùng khí hậu ít mưa, khô hạn nhất, mật độ sông suối chỉ khoảng 0,3km/km², trong khi ở vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng-sông Thái Bình và sông Cửu Long mật độ sông ngòi lên tới 4km/km².

Bảng 3.5. Các thiết bị quan trắc pilot trong mạng lưới khí tượng cao không

TT	Trạm	Chủng loại/năm đưa vào sử dụng		Ghi chú
		2AIIIT (Nga)	TD-4 (Nhật)	
1	Lạng Sơn	1968-1977		Phương pháp quy toán số liệu gió tự động bằng chương trình máy tính chuyên dụng
2	Hà Nội	2005		
3	Quy Nhơn	1968-1977		
4	Nha Trang			
5	Phan Thiết			
6	Pleiku			
7	Buôn Mê Thuột		TD4/2010	
8	Cà Mau		TD4/2010	
Tổng	8	6	2	

Bảng 3.6. Các thiết bị quan trắc ôzôn-bức xạ cực tím trong mạng lưới khí tượng cao không

TT	Trạm	Chủng loại/năm đưa vào sử dụng		Ghi chú
		M-124 (Nga)	Brewer	
1	SaPa	1992-1994	2011	Thay thế phổ kế M-124 bằng Brewer cho cả 3 trạm vào 2011
2	Hà Nội	1992-1994	2011	
3	Tân Sơn Hòa	1992-1994	2011	
Tổng		3	3	

Trong số 2360 sông, suối các loại có 106 sông chính, 583 sông nhánh cấp I (chiếm 24,7%), 808 sông nhánh cấp II (chiếm 34,2%), 583 sông nhánh cấp III (chiếm 24,7%), 224 sông nhánh cấp IV (chiếm 9,5%), 51 sông nhánh cấp V (chiếm 2,2%)

và 5 sông nhánh cấp VI (chiếm 0,2%).

Nếu phân theo độ dài dòng sông (L), thì số lượng sông, suối trong từng cấp độ dài như sau:

-L từ 10 đến 50km: 2156 sông, suối (chiếm 91,3%);

-L từ 51 đến 100km: 149 sông, suối (chiếm 6,3%);

-L trên 100km: 55 sông, suối (chiếm 2,4%).

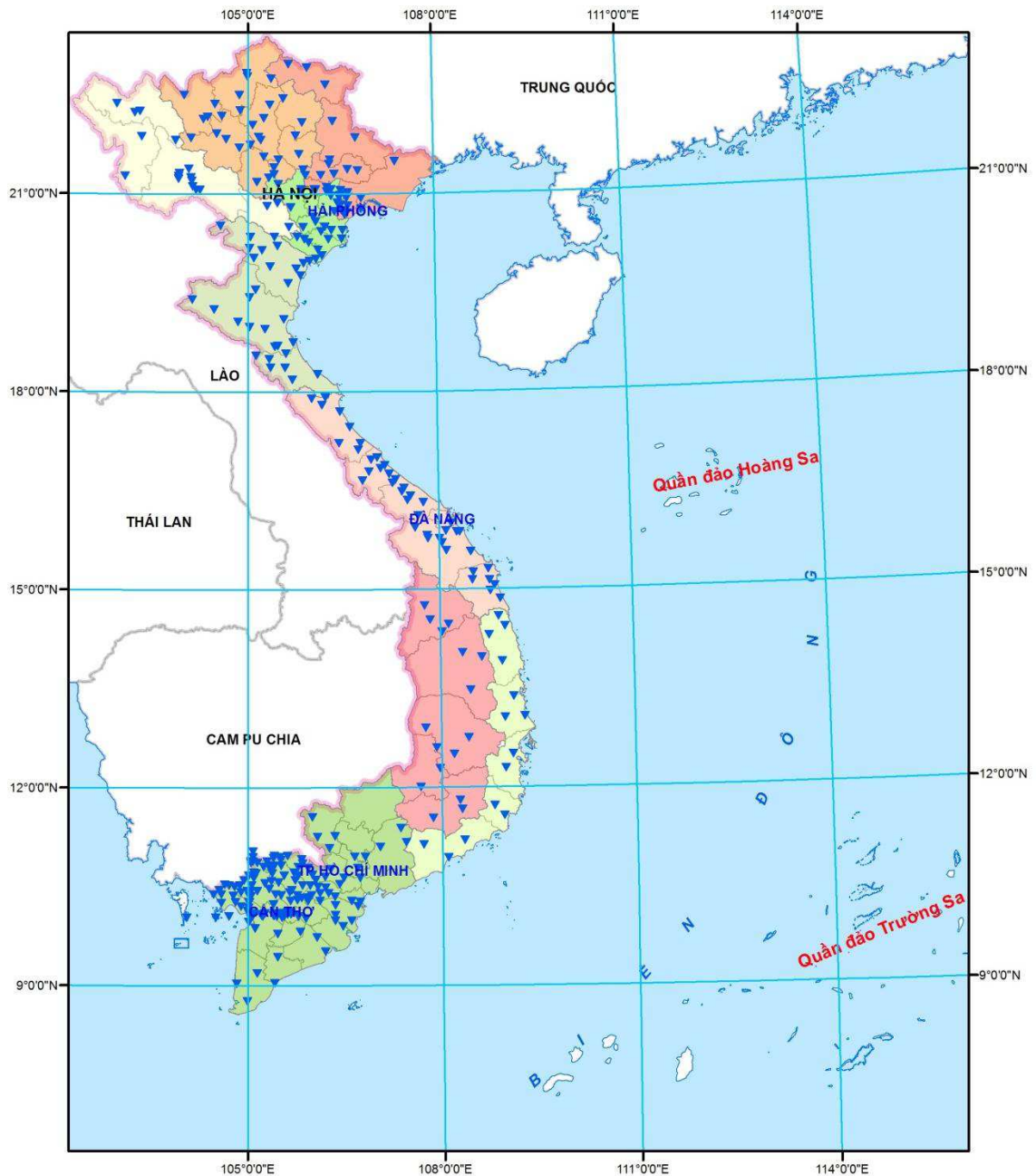
Nếu phân theo diện tích lưu vực (F), thì trong số 2345 sông, suối đã đo diện tích lưu vực, có 1556 sông, suối có F nhỏ hơn 100km², 614 sông, suối có F từ 100 đến 500km², 81 sông suối có F từ 501 đến 1000km² và 94 sông có F trên 1000km². Đặc biệt trong mạng lưới sông suối chỉ có 23 sông có F trên 5000km², trong đó có 8 sông có F trên 20000km².

Tất cả các sông suối nước ta tập hợp trong 9 hệ thống sông chính và 97 sông độc lập chảy trực tiếp ra biển. 9 hệ thống sông chính gồm: Kỳ Cùng-Bằng, Thái Bình, Hồng, Mã, Cả, Vu Gia-Thu Bồn, Ba, Đồng Nai và Mê Kông. Trong số các sông độc lập, có 17 sông khá lớn, có F khoảng từ 1000 đến 5000km², gồm các sông: Tiên Yên (F=1070km²), Yên (F=1850km²), Gianh (F=4680km²), Kiến Giang (F=2647km²), Quảng Trị (F=2660km²), Hương (F=2690km²), Tam Kỳ (F=1040km²), Trà Khúc (F=3190km²), Vệ (F=1260km²), An Lão (F=1466km²), Kôn (F=2980km²), Kỳ Lộ (F=1920km²), Cái Nha Trang (F=1900km²), cái Phan Rang (F=3000km²), Lũy (F=1910km²), Cái Phan Thiết (F=1050km²) và Ray (F=1480km²).

Mạng lưới sông suối nước ta có tính quốc tế rất cao. Tổng diện tích lưu vực của toàn bộ sông suối nước ta có khoảng 1.168.420km², trong đó khoảng 837.430km² (chiếm 71,7%) thuộc lãnh thổ nước ngoài, chỉ có khoảng 330.990km² (28,3%) nằm trong lãnh thổ nước ta, trong đó 264.960km² thuộc 9 hệ thống sông chính. 6 trong số 9 hệ thống sông chính bắt nguồn hoặc có một phần chảy trên lãnh thổ nước ngoài với 513km³ tổng lượng dòng chảy năm (chiếm 61,4%) được hình thành trên phần lưu vực thuộc lãnh thổ nước ngoài. Trên thực tế, dự báo lũ, lụt trên các dòng sông chính bắt nguồn từ nước ngoài gặp rất nhiều trở ngại.

2. Về mật độ trạm

Mạng lưới trạm thủy văn có 338 trạm, trong đó: 64 trạm hạng I (13 trạm vùng ảnh hưởng triều), 19 trạm hạng II và 255 trạm hạng III (89 trạm được đầu tư từ dự án WB4, 16 trạm từ ODA Ý) (hình 3.7).



Hình 3.7. Mạng lưới trạm thủy văn toàn quốc

Mật độ trung bình của các trạm đo lưu lượng trên 9 hệ thống sông chính là $4.140\text{km}^2/\text{trạm}$, trên các sông nhỏ là $4.090\text{km}^2/\text{trạm}$. Về phân bố, các trạm chủ yếu nằm trên sông chính và nhánh cấp I; các trạm đầu nguồn, các nhánh cấp II và nhỏ hơn đang thiếu, đặc biệt là trong vùng có khả năng xảy ra lũ lớn, lũ quét. Với mạng lưới sông ngòi dày đặc, mật độ trạm còn thưa, đặc biệt trên các sông nhánh cấp 3, cấp 4 có lưu lượng nước lớn, ảnh hưởng nhiều đến dòng chảy các sông chính, đã gây khó khăn rất lớn tới công tác dự báo và cảnh báo sớm lũ trên các hệ thống sông.

So với chỉ tiêu tối thiểu về mật độ trạm đo dòng chảy của WMO, mật độ trạm ở Việt Nam chỉ đạt 26%. Trong đó, khu vực Tây Bắc đạt 8-25%, khu vực Việt Bắc

đạt 11-33%, vùng núi Đông Bắc đạt 4-14%, vùng còn lại của Đông Bắc đạt 20-60%, khu vực Đồng bằng Bắc Bộ đạt xấp xỉ 100%, khu vực Bắc Trung Bộ đạt 8-25%, khu vực Trung Trung Bộ đạt 5-16%, khu vực Nam Trung Bộ đạt 7-25%, khu vực Tây Nguyên đạt 7-25% và khu vực Nam Bộ đạt 12-33%.

Xét theo diện tích lưu vực sông, thường các nước trên thế giới bố trí trạm đo dòng chảy tại các lưu vực có diện tích từ 100km² trở lên, nhưng ở nước ta vẫn còn tới 178 phụ lưu có diện tích trên 200 km², 45 phụ lưu có diện tích trên 500 km², 17 phụ lưu có diện tích trên 1.000 km² chưa có trạm.

3. Về thiết bị đo

a) Thiết bị đo mực nước

Tổng số trạm thủy văn đo yếu tố mực nước (H) trên mạng lưới là 347 trạm, trong đó khoảng 28% tổng số trạm đang đo bằng phương pháp thủ công trên tuyến bậc cọc hay thủy chí, 29% số trạm đo bằng máy tự ghi. Thông qua các dự án, đến nay đã có 150 trạm (43% tổng số trạm) được đầu tư thiết bị đo và truyền mực nước tự động (hình 3.8), cụ thể như sau:

- Hệ thống cảnh báo lũ quyết Nậm La- Nậm Pàn đầu tư 7 trạm;
- Dự án ODA Ý đầu tư 43 trạm tại Đài KTTV khu vực Trung Trung Bộ;
- Dự án WB4 đầu tư 89 trạm tại Đài KTTV khu vực Nam Bộ;
- Ủy hội sông Mê Kông (MRC) trang bị 6 trạm tại Đài KTTV khu vực Nam Bộ và 4 trạm tại Đài KTTV khu vực Tây Nguyên và Đài KTTV khu vực Nam Bộ đầu tư một trạm bằng vốn nhà nước.

b) Thiết bị đo lưu lượng

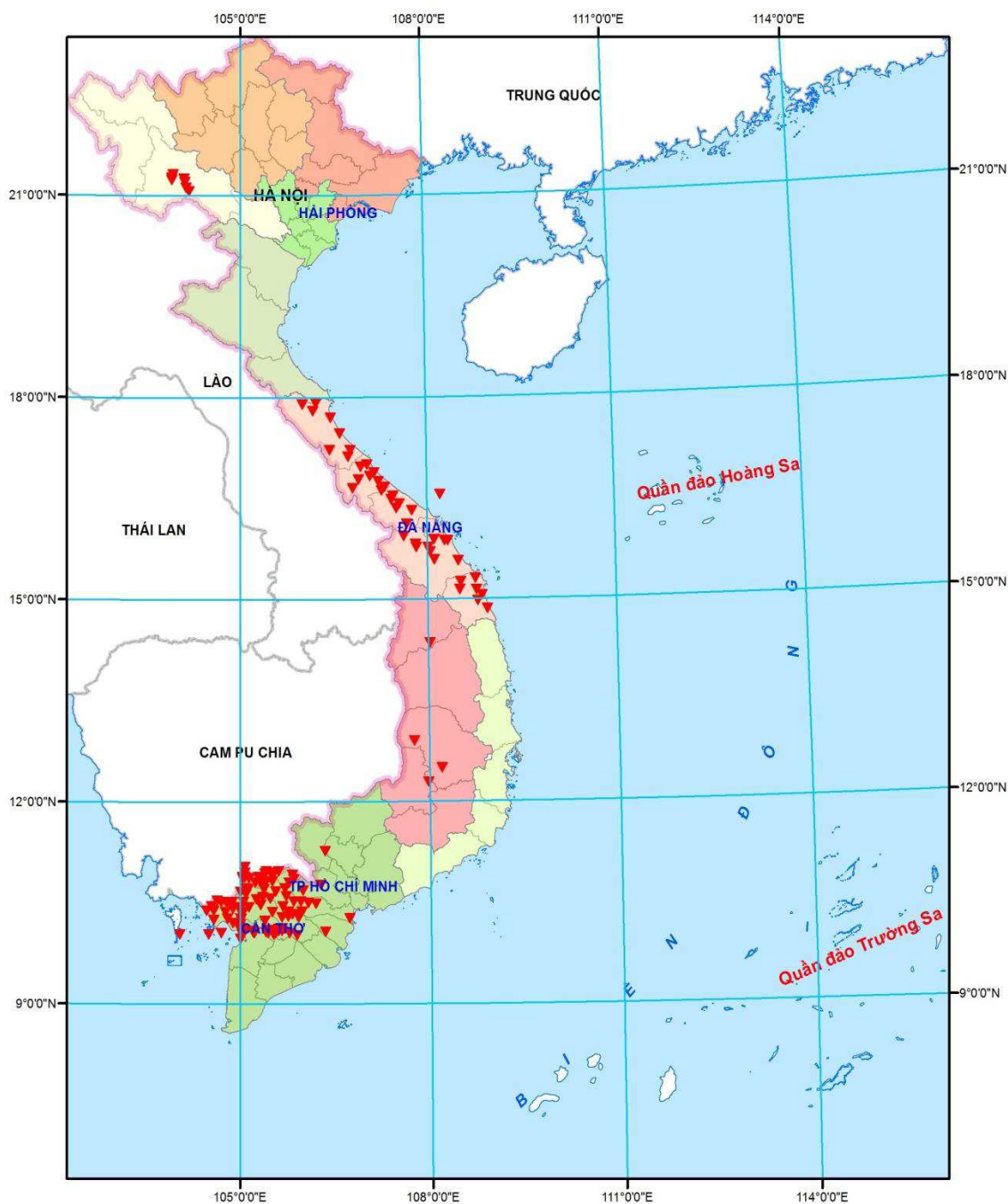
Hiện tại trên mạng lưới có tổng số 83 trạm thủy văn cấp I và cấp II đo lưu lượng (Q), trong đó có 26 trạm sử dụng thiết bị ADCP đặt trên ca nô tự động đo lưu lượng mặt ngang, còn lại sử dụng thiết bị đo theo nguyên lý cơ điện, điện tử, bán tự động như lưu tốc kế LS25-1, LS25-1A, LS68,... kèm theo bộ chỉ thị ZLS-3 hoặc XHW-1 đặt trên thuyền đo theo phương pháp truyền thống (hình 3.9).

Trên mạng lưới hiện nay duy nhất có trạm thủy văn Lạng Sơn sử dụng hệ thống cấp tự hành của Trung Quốc đo lưu lượng. Đây là hệ thống tự động điều khiển sự hoạt động của máy đo và tự động đo đặc, tính toán trực tiếp ra vận tốc, quan trắc viên không phải ra sông đo nên rất thuận tiện và an toàn.

c) Thiết bị lấy mẫu phù sa

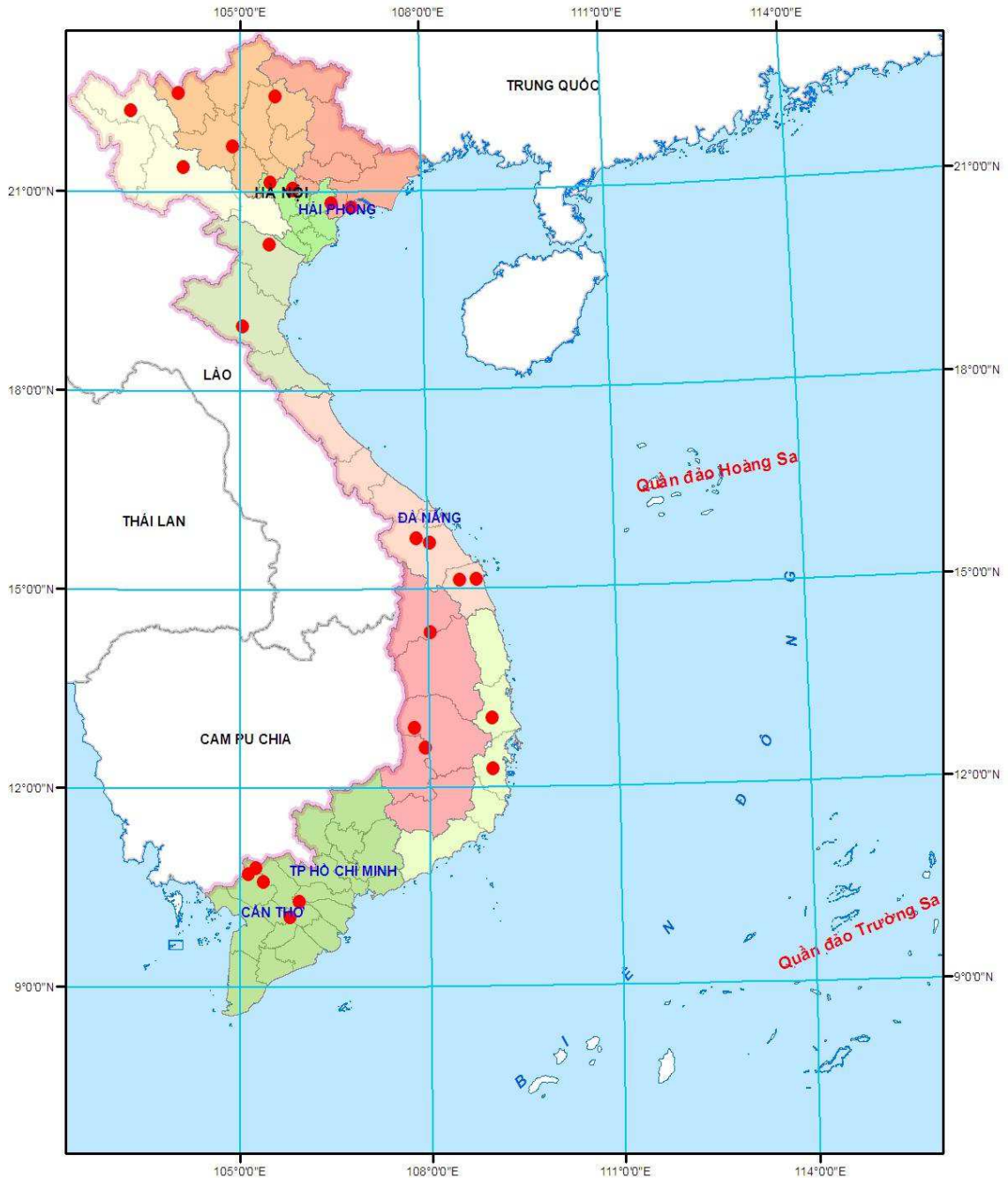
Hiện nay việc lấy mẫu phù sa vẫn làm theo phương pháp lấy mẫu và lọc thủ công.

Mẫu phù sa sau khi được lọc thì gửi về Trung tâm Mạng lưới KTTV và môi trường sậy và cân để xác định hàm lượng



Hình 3.8. Mạng lưới trạm thủy văn đo mực nước (H) tự động

. Bảng 3.7 thống kê số lượng các trạm có thiết bị đo mực nước và lưu lượng tự động trên tổng số trạm thủy văn trong toàn mạng lưới. Số lượng trạm đo H tự động là 152, chiếm gần 42% tổng số trạm, trong khi, chỉ có 26 trạm (7%) là đo Q tự động.



Hình 3.9. Mạng lưới trạm thủy văn đo lưu lượng (Q) tự động

3.1.5 Mạng lưới trạm hải văn

1. Về mật độ trạm

Đến nay, nước ta có 20 trạm khí tượng hải văn, gồm 11 trạm trên đảo, 7 trạm ven bờ và 2 trạm trên giàn khoan. Với bờ biển dài, chế độ thủy triều phức tạp, thường xuyên bị ảnh hưởng của bão và áp thấp nhiệt đới thì mạng lưới trạm hải văn hiện nay còn ít, phân bố không đều; chưa phản ánh được những biến đổi khá phức tạp

của mực nước và thủy triều dọc bờ biển Việt Nam; chưa đủ để phục vụ cho việc xác định đúng vị trí và đường bao của nước dâng do bão, nhất là với vùng biển từ Hải Phòng tới Quảng Bình (hình 3.10).

Bảng 3.7. Thống kê số lượng các trạm đo mực nước (H) và lưu lượng (Q) tự động tại các trạm thủy văn

TT	Đài KTTV khu vực	Tổng số	Quan trắc		Ghi chú
			Đo H tự động	Đo Q tự động	
1	Tây Bắc	21	7	2	
2	Việt Bắc	32	0	3	
3	Đông Bắc	25	0	2	
4	Đồng bằng Bắc Bộ	27	0	3	
5	Bắc Trung Bộ	33	0	2	
6	Trung Trung Bộ	43	43	4	Dự án ODA Ý
7	Nam Trung Bộ	11	0	2	
8	Tây Nguyên	16	4	3	
9	Nam Bộ	139	96	5	Dự án WB4
	Tổng số	347	150	26	

2. Về thiết bị đo

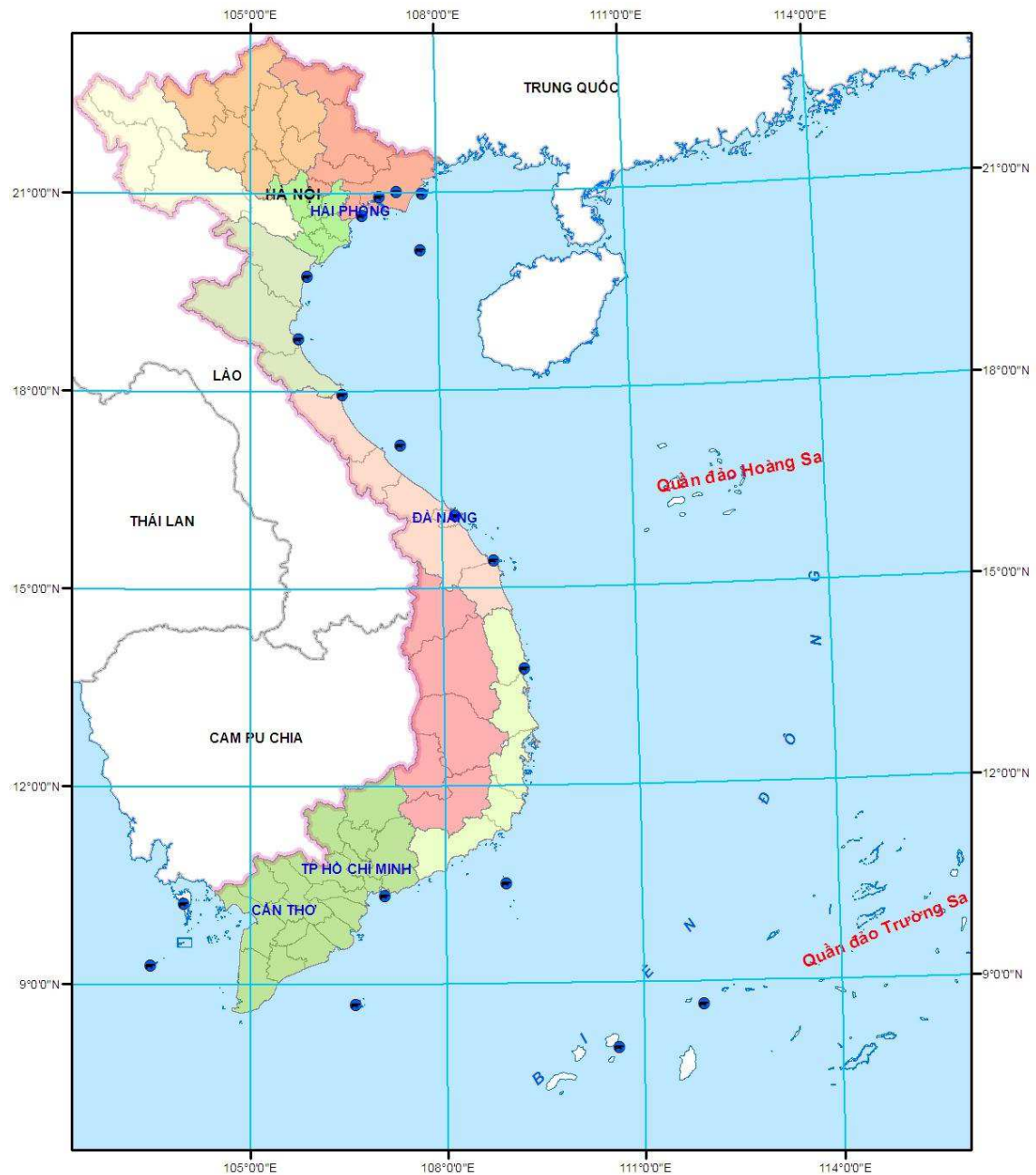
Máy và thiết bị sử dụng trong mạng lưới trạm hải văn nhìn chung đều là công nghệ cũ (đo thủ công) bao gồm: Các loại máy triều kí đo mực nước biển, máy đo sóng biển, máy đo nhiệt độ và độ mặn nước biển. Trong hệ thống 20 trạm đang khai thác hiện nay chỉ có 6 trạm có máy triều kí tự ghi mực nước và 6 trạm có máy đo sóng dạng đọc số. Các loại máy đang sử dụng cho mạng lưới trạm hải văn đều đơn chiếc, không có dự trữ, không được kiểm định, được sản xuất từ những năm 1960-1970 kém chính xác. Trong số 20 trạm, chỉ có 2 trạm có thiết bị đo tự động là: Dung Quất (Quảng Ngãi) và DK1-14.

3.1.6 Phân tích, đánh giá hiện trạng mạng lưới quan trắc KTTV

1. Về mật độ trạm

Nhìn chung, mật độ các trạm quan trắc KTBM, thủy văn và hải văn trong những năm gần đây có được đầu tư nâng cấp và tăng về số lượng. Tuy nhiên, so với một

số nước trong khu vực như Trung Quốc, Hàn Quốc thì mật độ trạm vẫn còn thưa, đặc biệt ở những vùng xa xôi, hẻo lánh. Trong tương lai gần, để phục vụ tốt cho bài toán dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm và các mô hình dự báo số cần bổ sung thêm nhiều trạm quan trắc, đặc biệt là mạng lưới các trạm quan trắc tự động.



Hình 3.10. Mạng lưới trạm hải văn

2. Về thiết bị quan trắc

Phần lớn các thiết bị đo đạc tại các trạm đều là thiết bị cũ, đo đạc chủ yếu bằng

phương pháp thủ công. Mạng lưới trạm quan trắc KTTV hiện nay chủ yếu là các trạm có quan trắc viên, thực hiện việc quan trắc khí tượng theo công nghệ quan trắc thủ công truyền thống. Công nghệ tự động đo và truyền số liệu về các trung tâm còn hạn chế. Cụ thể, trong số 186 trạm khí tượng, chỉ có 35 trạm là quan trắc tự động (chiếm gần 19%), trong số 338 trạm thủy văn, có 151 là các trạm tự động (chiếm 42%), riêng mạng lưới trạm hải văn, số trạm quan trắc tự động chỉ có 2 trạm chiếm 10% tổng số trạm hiện đang hoạt động.

3. Về nguồn nhân lực

Trình độ đội ngũ cán bộ làm công tác quan trắc KTTV chưa đáp ứng yêu cầu. Chính sách đãi ngộ đối với đội ngũ làm công tác quan trắc đã được cải thiện một bước, đặc biệt là đối với các quan trắc viên làm việc ở vùng sâu, vùng xa, vùng biên giới và hải đảo. Bảng 3.8 dưới đây thống kê số lượng và trình độ quan trắc viên tại các trạm KTTV và hải văn trên toàn quốc.

Bảng 3.8. Số lượng quan trắc viên có trình độ thạc sĩ (ThS); đại học (ĐH); cao đẳng (CD); trung cấp (TC) và sơ cấp (SC)

TT	Đài KTTV khu vực	Tổng Số	Trong đó						
			ThS	ĐH	CD	TC	Sơ cấp	Chuyên ngành KTTV	Các ngành khác
1	Tây Bắc	132		4	33	95		131	1
2	Việt Bắc	204		10	27	167		201	3
3	Đông Bắc	207		38	26	143		205	2
4	Đồng bằng Bắc Bộ	204		46	43	115		199	5
5	Bắc Trung Bộ	217		27	24	166		213	4
6	Trung Trung Bộ	141		8	11	122		138	3
7	Nam Trung Bộ	107		8	16	83		102	5
8	Tây Nguyên	133		12	24	97		130	3
9	Nam Bộ	232	1	28	12	191		228	4
	Tổng số	1577	1	181	216	1179		1547	30

4. Năng lực kiểm định thiết bị quan trắc, đo đạc KTTV

Hiện tại Trung tâm KTTV quốc gia đang quản lý 3 cơ sở kiểm định máy và thiết bị đo:

- Cơ sở kiểm định thiết bị đo trực thuộc Trung tâm Mạng lưới KTTV và môi trường có năng lực kiểm định các thiết bị đo: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất khí quyển, gió, lưu tốc.
- Cơ sở kiểm định thiết bị đo trực thuộc Đài KTTV khu vực Trung Trung Bộ có năng lực kiểm định các thiết bị đo: nhiệt độ, độ ẩm, khí áp.
- Cơ sở kiểm định thiết bị đo trực thuộc Đài KTTV khu vực Nam Bộ có năng lực kiểm định các thiết bị đo: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất khí quyển.

Thiết bị kiểm định của 3 cơ sở là những thiết bị hiện đại, tuy nhiên chỉ thích hợp kiểm định các thiết bị đo KTTV truyền thống.

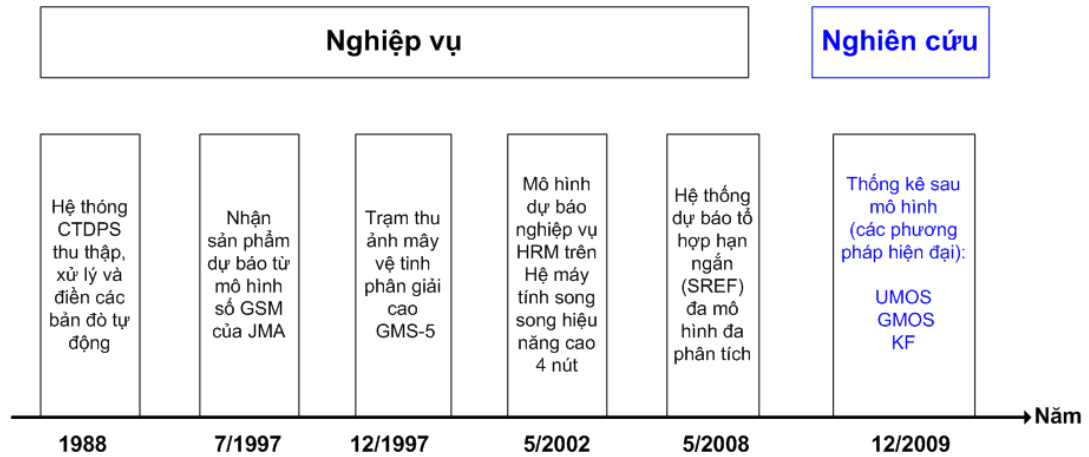
3.2 Hiện trạng hệ thống dự báo KTTV

3.2.1 Hiện trạng hệ thống xử lý số liệu dự báo KTTV

1. Khái quát quá trình phát triển của hệ thống xử lý số liệu dự báo KTTV

Hệ thống dự báo KTTV là một tổng thể phức tạp, bao gồm hầu hết các lĩnh vực của ngành KTTV. Cùng với Trung tâm KTTV Quốc gia trong hơn 50 năm qua, TTDBTU đã trải qua nhiều giai đoạn thay đổi cả về tên gọi cũng như chức năng nhiệm vụ: Từ Phòng Thời tiết, Nha Khí tượng (1955-1977); Cục Dự báo KTTV (1977-1995), Trung tâm Quốc gia Dự báo KTTV (1995-2003) (trực thuộc Tổng cục KTTV) đến TTDBTU (trực thuộc Trung tâm KTTV quốc gia) từ năm 2003 đến nay. Trong khoảng thời gian này, bên cạnh sự thay đổi về tên gọi thì phương thức thu thập, xử lý các loại số liệu, điền các bản đồ thời tiết, truyền tin, số lượng và chủng loại số liệu, đặc biệt là công nghệ dự báo và các sản phẩm dự báo của TTDBTU đã có những tiến bộ vượt bậc. Các mốc quan trọng trong toàn bộ quá trình của hệ thống xử lý số liệu dự báo KTTV được dẫn ra trong hình 3.11.

- Năm 1988 hệ thống thông tin chuyển mạch và điền đồ tự động (CTDPS- Computerized Telecommunication and Data Processing System) được lắp đặt (dự án VIE/80/051 do Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) tài trợ) thay thế hoàn toàn việc thu thập thủ công các loại số liệu qua các máy thu vô tuyến sóng ngắn tốc độ thấp, in số liệu trên giấy bằng nhiều máy teletype và điền các bản đồ thời tiết bằng tay.
- Năm 1997 trạm thu ảnh mây phân giải cao được lắp đặt.



Hình 3.11. Sơ đồ các mốc thời gian quan trọng trong hệ thống xử lý số liệu và dự báo tại TTDBTU

- Tháng 12/1997, lần đầu tiên Cơ quan dự báo của Việt Nam nhận sản phẩm dự báo từ mô hình số (GSM-Global Spectral Model) của Cơ quan khí tượng Nhật (JMA) để tham khảo trong dự báo nghiệp vụ.
- Tháng 5/2002, Cơ quan dự báo của Việt Nam bắt đầu chạy nghiệp vụ mô hình HRM với độ phân giải ngang 28 km, 31 mực thẳng đứng; đến tháng 5/2008, chạy nghiệp vụ Hệ thống dự báo thời tiết tổ hợp SREPS (Short Range Ensemble Prediction System, đa mô hình, đa phân tích, 15 thành phần) cho ra các sản phẩm là các trường khí tượng (nhiệt, áp, mưa) và các trị số dự báo điểm với thời hạn dự báo 60 giờ. Tuy nhiên, từ hệ thống này, các dự báo cho các điểm cụ thể mới chỉ được chiết xuất trực tiếp từ các mô hình, chưa qua hậu xử lý.
- Cuối năm 2009 đưa hệ thống dự báo nghiệp vụ các yếu tố khí tượng (nhiệt độ, gió, mây, mưa) cho các điểm cụ thể và các lưu vực sông bằng các phương pháp thống kê hiện đại (thống kê sau mô hình có khả năng tự cập nhật-UMOS, thống kê sau mô hình trên lưới-GMOS, lọc Kalman - KF) đã bước đầu nâng cao chất lượng dự báo điểm từ các sản phẩm của các mô hình số.

2. Đánh giá hiện trạng Hệ thống xử lý số liệu dự báo KTTV

Trước năm 2004, tất cả các loại số liệu thu nhận tại TTDBTU được lưu trữ trên đĩa CD, DVD và ổ cứng. Các loại dữ liệu được lưu trữ thường là dữ liệu thô và chưa qua bất kỳ bước xử lý hay chuyển đổi định dạng nào. Do đó, việc truy xuất và khai thác các nguồn số liệu này mất rất nhiều thời gian và công sức. Đặc biệt, xác suất hỏng và mất dữ liệu do hỏng hóc các thiết bị lưu trữ là rất lớn. Để khắc phục những nhược điểm này, tăng tính an toàn cho dữ liệu và khả năng quản lý số liệu tập trung

hơn, đầu năm 2004, TTDBTU được trang bị một máy chủ để lưu trữ các loại số liệu theo phương thức lưu trữ NAS (Network Attached Storage) - Công nghệ gắn kết vào mạng sẵn có của đơn vị. Số liệu được lưu trữ tạm thời trên máy chủ NAS và sau đó sao lưu lên ổ băng từ bên ngoài HP LTO-2 sử dụng phần mềm sao lưu Veritas Backup. Với hệ thống lưu trữ NAS, dữ liệu đã được thu thập và quản lý tập trung hơn, độ an toàn dữ liệu cao hơn. Tuy nhiên, giải pháp lưu trữ này vẫn chỉ mang tính chất lưu trữ số liệu và chưa đáp ứng được nhu cầu khai thác và các tiêu chí của một hệ thống quản lý số liệu tập trung. Ngoài ra, do dung lượng số liệu ngày càng tăng theo thời gian (bảng 3.9), nên hệ thống NAS luôn nằm trong tình trạng thiếu hụt dung lượng đĩa cứng. Mặt khác, công nghệ lưu trữ dựa trên NAS và các thiết bị lưu trữ đã trở nên lạc hậu, rất khó để nâng cấp và thay thế mỗi khi có hỏng hóc xảy ra.

Bảng 3.9. Dung lượng các loại số liệu lưu trữ từ năm 1998 đến 31/12/2007 tại TTDBTU (trên các vật mang tin học: ổ cứng, đĩa CD, băng từ)

A. Các số liệu đã được lưu trữ từ 1998 đến 31/7/2006		
TT	Loại số liệu	Dung lượng (Mbytes)
1	Các loại số liệu quan trắc	160×10^3
2	Các loại sản phẩm mô hình dự báo	1400×10^3
3	Các loại ảnh mây vệ tinh	250×10^3
B. Các số liệu đã được lưu trữ từ 1/8/2006 đến 31/12/2007		
1	Các loại số liệu quan trắc	20×10^3
2	Các loại sản phẩm mô hình dự báo	1600×10^3
3	Các loại ảnh mây vệ tinh	720×10^3
	Tổng số (A+B)	$4150 \times 10^3 \sim \mathbf{4 \text{ Terabytes (TB)}}$

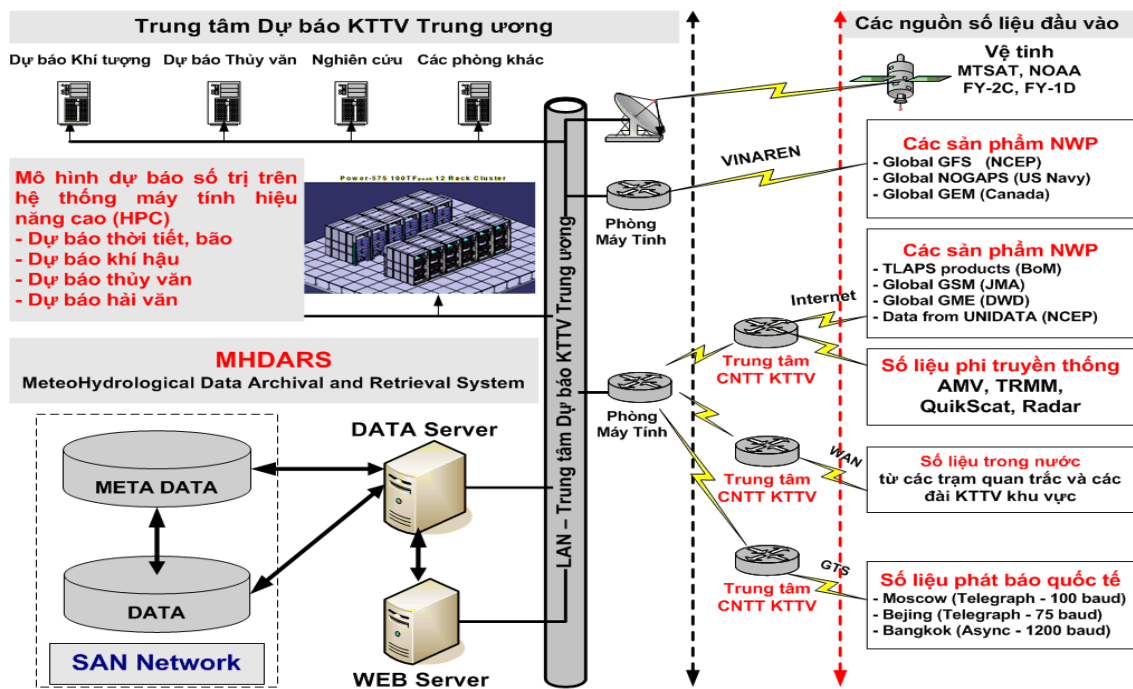
Bên cạnh đó, tất cả các loại số liệu hiện lưu trữ trên hệ thống NAS vẫn chỉ ở dạng thô, nên rất khó khăn khi truy cập hoặc chiết xuất bất kỳ loại số liệu nào. Thực chất, cho tới năm 2008, tại TTDBTU chưa xây dựng cơ sở dữ liệu theo đúng nghĩa, mà mới chỉ thành lập kho lưu trữ tạm thời các loại số liệu thu được.

Cuối năm 2009, để đảm bảo các hoạt động nghiệp vụ và nghiên cứu khoa học, thông qua Dự án chuyên môn “Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu KTTV phục vụ tác nghiệp và nghiên cứu khoa học tại TTDBTU”, TTDBTU đã được trang bị “Hệ thống thu thập và lưu trữ số liệu KTTV-MHDARS (Meteo-Hydrological Data Archival and Retrieval System)”. Đây là hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu hiện đại bao

gồm 2 thành phần chính:

- Hệ thống lưu trữ số liệu dựa trên giải pháp SAN (Storage Area Network) với tổng dung lượng tối đa có thể sử dụng được là 40TB, và
- Hệ thống phần mềm quản trị hệ thống cơ sở dữ liệu (CSDL), thu thập và khai thác các nguồn số liệu KTTV.

Hình 3.12 đưa ra bức tranh tổng thể về mạng triển khai vật lý của TTDBTU trong đó, hệ thống MHDARS là hợp phần quan trọng.



Hình 3.12. Sơ đồ triển khai mạng vật lý của TTDBTU và hệ thống MHDARS

Từ hình 3.12 ta có thể thấy hầu hết các nguồn số liệu về TTDBTU phải đi qua Trung tâm Công nghệ thông tin KTTV, từ đó vào mạng LAN của TTDBTU, sau đó đi vào hệ thống MHDARS. Trước khi đi vào SAN, các luồng dữ liệu sẽ được xử lý tại máy chủ Data và người sử dụng có thể khai thác số liệu qua máy chủ Web thông qua mạng LAN. Mỗi máy chủ dữ liệu Data và máy chủ Web đều có máy chủ dự phòng và hai hệ thống máy chủ này được chạy chế độ active/passive. Điều này có nghĩa là khi máy chủ chính (active) có sự cố, thì máy chủ dự phòng (passive) sẽ được kích hoạt để đảm bảo hệ thống MHDARS được vận hành bình thường. Các loại số liệu, thông tin được thu thập theo các phương thức khác nhau đã và đang phục vụ rất tốt cho công tác nghiệp vụ và nghiên cứu khoa học tại Trung tâm KTTV quốc gia, đó là các mạng viễn thông toàn cầu GTS, mạng Internet, mạng LAN, mạng WAN, mạng VNAREN, các trạm thu ảnh mây vệ tinh phân giải cao.

Khối lượng số liệu KTTV thời gian thực hàng ngày thu thập được, cũng như số liệu đã được lưu trữ tại TTDBTU là rất lớn. Bảng 3.10 thống kê dung lượng các loại số liệu nhận về hàng ngày và tổng dung lượng cần phải lưu trữ hàng năm cho tất cả các loại số liệu thời gian thực tại TTDBTU (chưa tính đến các nguồn số liệu thời gian phi thực như số liệu tái phân tích, số liệu dự báo khí hậu,...).

Bảng 3.10. Dung lượng các loại số liệu thời gian thực tính đến thời điểm hiện tại nhận hàng ngày TTDBTU

TT	Loại số liệu		Dung lượng (Mbytes)	
			Ngày	Năm
1	Các loại số liệu quan trắc, các loại bản tin		1	365
2	Các loại ảnh mây vệ tinh: MTSAT, FY-1C, NOAA, FY-2D, FY-2D, FY-2E		5×10^3	1825×10^3
3	Các loại sản phẩm mô hình dự báo			
	Các mô hình toàn cầu và khu vực nhận về TTDB	GEM (Canada)	160	58.4×10^3
		GFS (Mỹ)	3110	1135.15×10^3
		GME (Đức)	580	211.7×10^3
		GSM (Nhật)	20	7.3×10^3
		NOGAPS (Hải quân Mỹ)	23	8.4×10^3
		IFS (ECMWF)	40×10^3	14600×10^3
		TXLAPS (Úc)	2	0.73×10^3
	Các mô hình khu vực chạy nghiệp vụ và nghiên cứu tại TTDBTU (tổ hợp hạn ngắn)	BoLAM (Italia)	400	146×10^3
		ETA (Mỹ)	400	146×10^3
		HRM (Đức)	400	146×10^3
		WRF (Mỹ)	400	146×10^3
		JMANHM (Nhật)	400	146×10^3
	Mô hình khu vực (tổ hợp hạn vừa)	BoLAM	4×10^3	1460×10^3
	Tổng số (1+2+3)		15×10^3	19600×10^3 ~ 19 TB

Có thể nhận thấy rất rõ là dung lượng số liệu nhận được và cần phải lưu trữ là rất lớn, đặc biệt là sản phẩm phân tích và dự báo từ các mô hình dự báo số toàn cầu và các mô hình khu vực đang chạy nghiệp vụ tại TTDBTU cũng như ảnh mây vệ tinh từ hai loại vệ tinh địa tĩnh và quỹ đạo cực. Những con số thống kê này trên thực tế là thay đổi theo từng năm và tăng lên theo cấp số nhân. Do đó, việc liên tục phải nâng cấp và mở rộng hệ thống lưu trữ SAN là hết sức cần thiết. Tính đến thời điểm hiện tại, hơn 10TB dữ liệu đã được lưu trữ trong hệ thống SAN của TTDBTU.

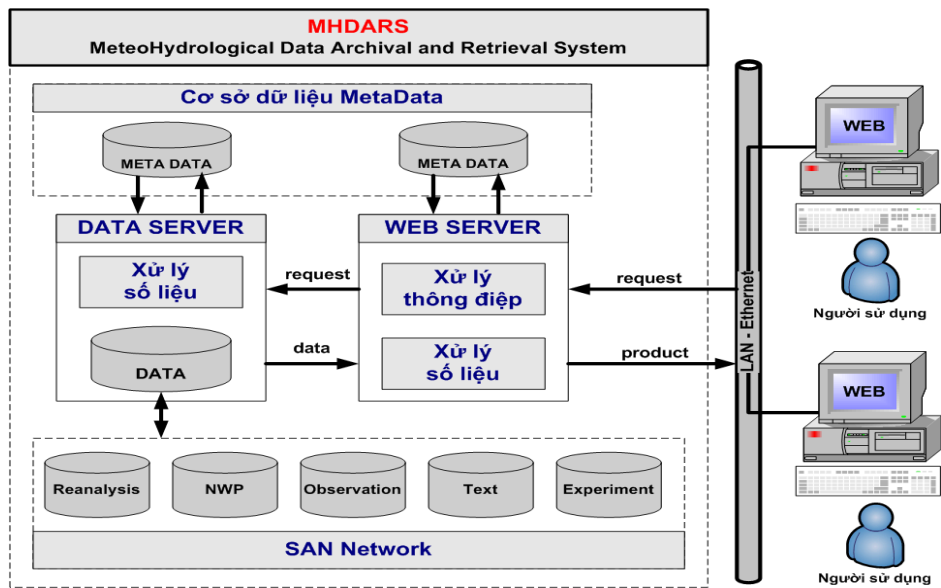
Để có thể quản lý và khai thác có hiệu quả các nguồn số liệu đang được lưu trữ nói trên, một phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV đã được phát triển và triển khai nghiệp vụ. Phần mềm này được phát triển dựa trên công nghệ Web cho phép người quản trị hệ thống và người sử dụng quản lý, khai thác và lấy các nguồn số liệu KTTV theo ý muốn. Công nghệ được sử dụng để phát triển phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV có một số đặc tính nổi bật như sau:

- Hệ điều hành: Linux với phiên bản SuSe Enterprise 11.0 64 bits;
- Giao diện: dạng Web động với chuẩn đồ họa 1024×768 (áp dụng cho FireFox 3.0 hoặc IE 8.0 hoặc Google Chrome 4.0 trở lên);
- Hệ quản trị CSDL: PostgreSQL cho siêu dữ liệu (meta-data) và các loại quan trắc truyền thống.

Hình 3.13 đưa ra sơ đồ truy xuất số liệu trong hệ thống MHDARS dựa trên phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV nói trên và giao diện chính của phần mềm này được mô tả trong hình 3.14. Về cơ bản, hệ thống cơ sở dữ liệu của phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV sẽ bao gồm 2 phần: phần siêu dữ liệu và phần dữ liệu. Phần siêu dữ liệu có chứa các thông tin mô tả về dữ liệu được lưu trong cơ sở dữ liệu hoặc hệ thống SAN. Phần dữ liệu sẽ được quản lý dưới 2 dạng: lưu trong cơ sở dữ liệu (đối với các loại quan trắc truyền thống) và lưu theo cấu trúc cây thư mục trong đó dữ liệu đã được chuẩn hóa về các định dạng thích hợp (như NetCDF, BURF hoặc Grib). Thông qua phần mềm này, người sử dụng có thể khai thác các số liệu mong muốn dưới dạng đồ họa hoặc tải về dưới dạng số.

Hiện tại, hệ thống MHDARS đang thu thập, xử lý, và cho phép người sử dụng khai thác rất nhiều các loại số liệu KTTV khác nhau như:

- Số liệu quan trắc tại trạm KTBM, tàu biển, thám không, số liệu thủy văn, khí hậu,... trong nước và quốc tế;
- Số liệu radar (TRS2730) từ ba trạm Phú Liễn, Việt Trì, Vinh và một số radar DWSR của Mỹ;



Hình 3.13. Sơ đồ truy xuất số liệu của hệ thống MHDARS

TRUNG TÂM DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN TRUNG ƯƠNG

HỆ THỐNG THU THẬP VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

KTVN

Quản trị hệ thống | Sản phẩm nghiệp vụ

Quan trắc |
 Dự báo tất định |
 Dự báo tổ hợp |
 Dự báo bão và ATNĐ |
 Dự báo điểm |
 Dự báo sóng

★ Mưa tích lũy
 ★ Nhiệt độ bề mặt
 ★ Thời tiết hiện tại
 ★ Vệ tinh MTSAT
 ★ Vệ tinh FY2d
 ★ Radar
 ★ QMORPH
 ★ SCAT

Chọn thời điểm bắt đầu:
 Chọn thời điểm kết thúc:

© 2010 Copyright by Phòng Nghiên cứu ứng dụng, Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

Địa chỉ: Số 4 – Đặng Thái Thân, Hoàn Kiếm, Hà Nội
 Điện thoại: (04) 39330942; (04) 39333130
 Email: nwp@nchmf.gov.vn; mhdars@nchmf.gov.vn

Hình 3.14. Giao diện chính của phần mềm quản trị và khai thác cơ sở dữ liệu KTTV

- Ảnh mây vệ tinh phân giải cao từ vệ tinh địa tĩnh MTSAT, FY-2C, FY-2D, FY-2E, vệ tinh quỹ đạo cực NOAA và FY-1D;
- Sản phẩm phân tích và dự báo từ 6 mô hình toàn cầu: GME (Đức), GFS (Mỹ), GSM (Nhật): các thời điểm 00, 06, 12, 18Z; GEM (Canada), NOGAPS (Hải

quân Mỹ), IFS (Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu) các thời điểm 00, 12Z;

- Sản phẩm phân tích và dự báo từ 2 hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu của NCEP (Mỹ) và CMC (Canada);
- Sản phẩm dự báo từ các hệ thống mô hình hóa khu vực hiện đang chạy nghiệp vụ như các mô hình HRM, ETA và thử nghiệm như BOLAM, WRF, ...;
- Sản phẩm dự báo từ các hệ thống dự báo tổ hợp khu vực hiện đang chạy nghiệp vụ như hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn SREPS và hệ thống dự báo tổ hợp hạn 3-5 ngày LEPS;
- Các bản tin dự báo KTTV hạn ngắn, hạn vừa và hạn dài, các bản tin cảnh báo và dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm;
- Các tài liệu văn bản nói chung như đề tài, dự án, quy trình, quy phạm,...

Nhu cầu cần nâng cấp và mở rộng hệ MHDARS để phục vụ công tác dự báo cực ngắn, dự báo KTTV hàng ngày và nghiên cứu khoa học là vô cùng cần thiết và cấp bách.

3.2.2. Hiện trạng công nghệ dự báo KTTV

1. Dự báo khí tượng

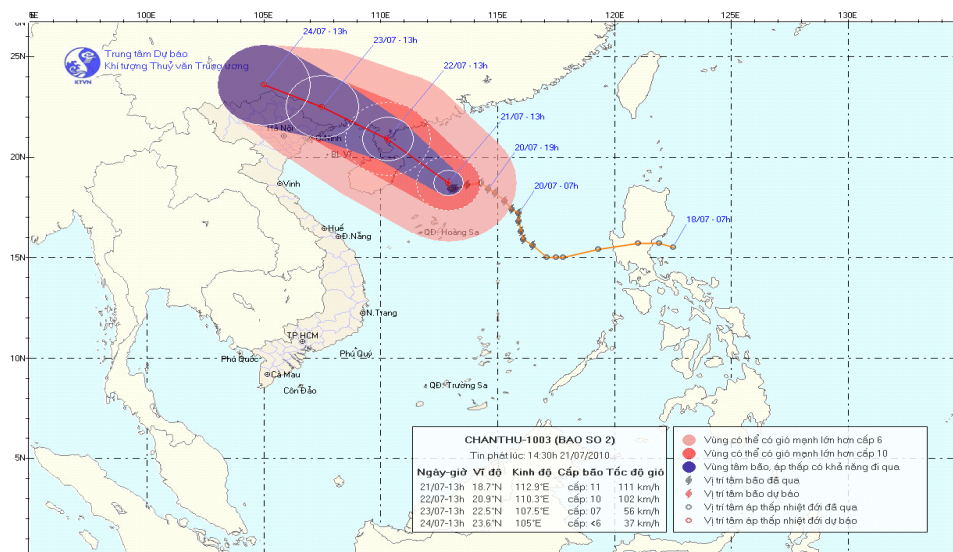
a) Dự báo hạn ngắn

Để phục vụ công tác dự báo, TTDBTU sử dụng tất cả các loại số liệu và thông tin: từ mạng lưới quan trắc nội địa và quốc tế, hệ thống thu ảnh mây vệ tinh, các trạm radar thời tiết, các sản phẩm dự báo của các mô hình số từ các Trung tâm khí tượng trên thế giới và từ các mô hình chạy nghiệp vụ tại TTDBTU, các bản tin cảnh báo và dự báo của nước ngoài.

- Trong điều kiện thời tiết bình thường: TTDBTU phát các bản tin dự báo 2 lần/ngày vào 9 giờ và 14 giờ. Sau đó, các dự báo viên tại các Đài KTTV khu vực thực hiện thảo luận dự báo qua hệ thống viễn thông với các Trung tâm KTTV tỉnh vào 14 giờ 30. Các Đài KTTV khu vực và Trung tâm KTTV tỉnh phát bản tin dự báo hàng ngày của chính họ tới các cơ quan quản lý và phương tiện truyền thông đại chúng (Đài Truyền hình, Đài Phát thanh, các báo,...) vào lúc 15 giờ.
- Trong điều kiện thời tiết nguy hiểm như dự báo bão, ATNĐ, TTDBTU dựa trên các loại số liệu sau:
 - + Ảnh mây vệ tinh địa tĩnh (MTSAT, FY-2C, FY-2D và FY-2E), quỹ đạo cực (NOAA, FY-1D, FY-1C, FY-1E) và ảnh radar nhận được tại Trung tâm.

- + Sản phẩm dự báo quỹ đạo và cường độ bão của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản, Cơ quan Khí tượng Hồng Kông, Trung tâm phối hợp cảnh báo bão Mỹ, Cơ quan Khí tượng Trung Quốc và Cơ quan Khí tượng Hàn Quốc;
- + Sản phẩm về quỹ đạo và cường độ bão chiết xuất trực tiếp từ các mô hình toàn cầu (GEM, GFS, GME, GSM và NOGAPS) và từ hệ thống dự báo tổ hợp hạn ngắn SREPS chạy nghiệp vụ tại TTDBTU. Đây là các mô hình dự báo thời tiết, không phải là mô hình dự báo bão;
- + Sản phẩm dự báo về quỹ đạo bão (tới 48 giờ) từ mô hình chính áp có cài xoáy nhân tạo chạy nghiệp vụ tại TTDBTU. Tuy nhiên, vì đây là mô hình chính áp nên sai số dự báo quỹ đạo tương đối lớn, nhất là đối với các cơn bão có đường đi phức tạp.

Trên cơ sở các số liệu và sản phẩm dự báo có được, các dự báo viên phân tích đưa ra các bản tin dự báo về đường đi và cường độ của cơn bão (theo Quy chế báo áp thấp nhiệt đới, bão, lũ ban hành năm 2011 theo Quyết định số 17/2011/QĐ-TTg ngày 14/3/2011 của Thủ tướng Chính phủ). Các bản tin được phát 4 lần/ngày, tăng lên 8 lần/ngày trong trường hợp khẩn cấp. Các bản tin dự báo này được phát trên Đài Phát thanh tiếng nói Việt Nam, Đài Truyền hình Việt Nam, Đài Phát thanh và Truyền hình Hà Nội, các báo ra hàng ngày và gửi tới các cơ quan theo quy định, Ban Chỉ huy Phòng chống lụt bão Trung ương, Ủy ban quốc gia tìm kiếm cứu nạn. Đồng thời, bản tin này (cùng với bản đồ dự báo, hình 3.15) cũng được đưa lên được trang Web của Trung tâm tại địa chỉ: <http://www.nchmf.gov.vn>.

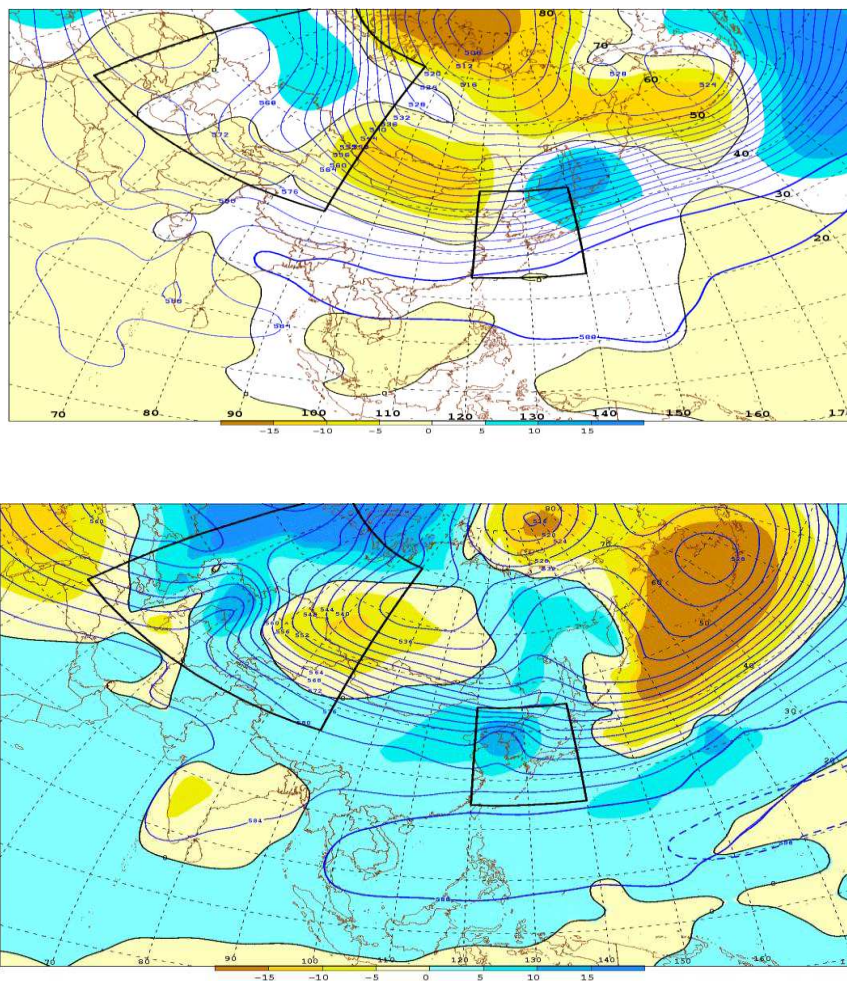


Hình 3.15. Bản đồ dự báo bão của TTDBTU trên trang web

<http://www.nchmf.gov.vn> lúc 14h30 ngày 21/07/2010 (Bão CHANTHU)

b) Dự báo hạn vừa, hạn dài

TTDBTU phát các bản tin dự báo hạn vừa (3-10 ngày), hàng tháng và dự báo mùa dựa trên phân tích các bản đồ biến cao 5 ngày và chuẩn sai 10 ngày (bao gồm hơn 150 trạm quan trắc có độ dài chuỗi số liệu hơn 50 năm), trên các mực 500 và 300mb. Những bản đồ này được phân tích bằng tay bởi các dự báo viên hoặc được tạo ra trên hệ NAWIPS (hình 3.16). Đối với công tác dự báo hạn vừa, các dự báo viên thường tham khảo các sản phẩm dự báo NWP toàn cầu từ mô hình GFS (dự báo cho đến 16 ngày), từ mô hình IFS (dự báo cho tới 10 ngày) và các sản phẩm dự báo tổ hợp tương ứng của một số trung tâm dự báo lớn trên thế giới. Hiện tại, công tác dự báo hạn vừa hạn dài tại TTDBTU chủ yếu dựa trên phương pháp synop và thống kê cổ điển như hồi quy tuyến tính đa biến, trung bình trượt và hạ quy mô động lực từ các dự báo toàn cầu. Hiện tại chưa có hệ thống mô hình hóa phục vụ công tác dự báo hạn vừa, hạn dài tại TTDBTU.



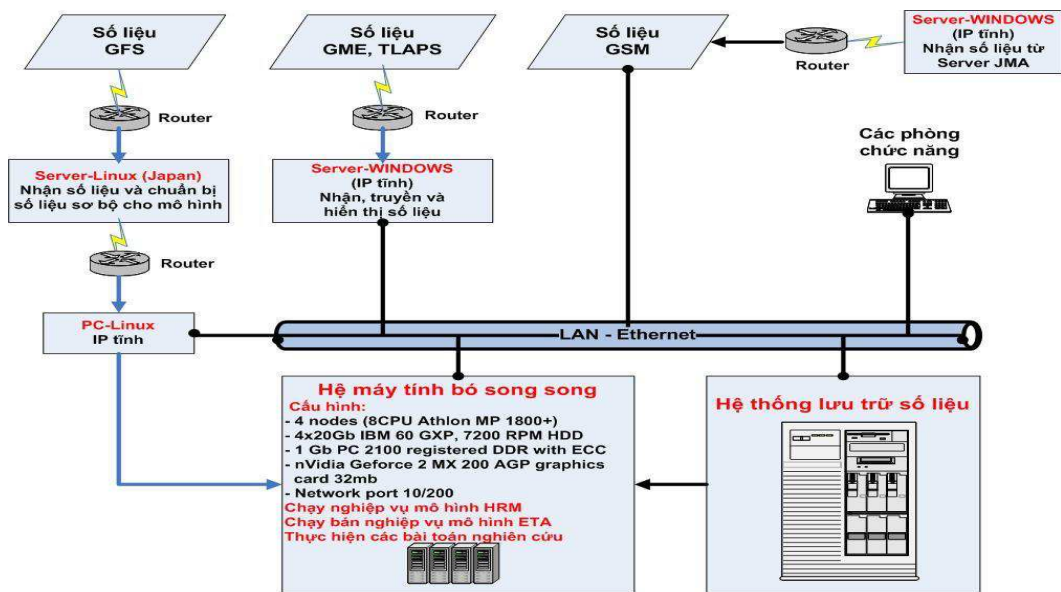
Hình 3.16. Bản đồ phân tích biến cao 5 ngày (trên) và bản đồ phân tích chuẩn sai 10 ngày (dưới) được chương trình tạo ra trong hệ NAWIPS

c) Dự báo bằng phương pháp số

Để thực hiện dự báo thời tiết bằng mô hình số trong dự báo nghiệp vụ, năm 2002 tại TTDBTU đã được đầu tư hệ máy tính song song (hệ song song I) (hình 3.17).

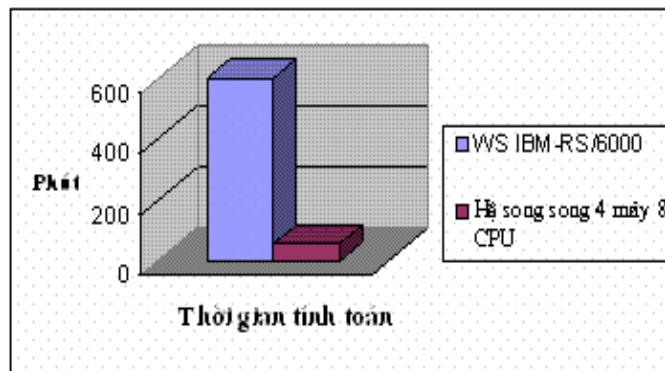
Hệ song song I có cấu hình như sau: 8 CPU Athlon 1.800+; 4x 20 Gb IBM 60 GXP, 7200 RPM HDD; 1 Gb PC 2100 Registered DDR with ECC; nVidia GeForce2 MX200 AGP Graphics card 32mb và Network port 10/200.

Với cấu hình này, hệ thống có tốc độ tính là 1.27 Gflops (hơn 1 tỉ phép tính/giây).



Hình 3.17. Hệ máy tính song song trong mạng thông tin máy tính tại TTDBTU vào thời điểm năm 2002

Hình 3.18 so sánh hiệu năng giữa hệ song song I và máy tính trạm RS/6000 (2 CPU).



Hình 3.18. So sánh hiệu năng giữa Hệ song song I và máy tính trạm IBM RS/6000(2 CPU)

Đến nay TTDBTU có 3 hệ thống máy tính bó song song PC-Cluster: Hệ I (4 nút, 2002), Hệ II (8 nút, 2006) và Hệ III (16 nút, 2008) cũng như một số máy chủ đa chip xử lý (WorkStation -WS) để phục vụ công tác thu thập dữ liệu NWP toàn cầu, chạy các mô hình NWP tất định khu vực và các hệ thống dự báo tổ hợp. Trong số này, Hệ I đã bị trục trặc, không sử dụng được từ cuối năm 2006. Tổng hiệu năng tính toán của những hệ thống máy tính là vào khoảng 300Gflops. Tuy nhiên, tất cả các hệ thống tính toán được chạy tách biệt với nhau nên không phát huy hết hiệu suất tính toán của từng hệ thống. Với tổng hiệu năng tính toán như hiện nay TTDBTU chỉ có thể chạy các mô hình thủy tĩnh với độ phân giải ngang ≥ 10 km, số mực thẳng đứng tối đa là ≤ 50 mực, chỉ chạy lồng ghép một chiều, không có khả năng lồng ghép hai chiều. Chính vì vậy, nếu muốn thực hiện bài toán dự báo cực ngắn (phải chạy mô hình phi thủy tĩnh, độ phân giải ngang từ 2-5 km, số mực thẳng đứng 90 mực, có hệ thống đồng hóa số liệu theo phương pháp biến phân ba chiều/bốn chiều (3D-Var/4D-Var)) thì bắt buộc phải trang bị hệ thống tính toán Hiệu năng cao (HPC-High Performance Computer).

Hiện nay, các hệ thống dự báo thời tiết bằng mô hình số là một thành phần quan trọng trong việc trợ giúp các dự báo viên phân tích đưa ra bản tin dự báo thời tiết.

Từ mô hình số HRM đầu tiên chạy nghiệp vụ tại TTDBTU vào tháng 5/2002 với dữ liệu đầu vào là trường phân tích và dự báo là sản phẩm của mô hình toàn cầu duy nhất GME (DWD), trải qua 10 năm phát triển, đến nay, tại TTDBTU đã hình thành Hệ thống dự báo số nghiệp vụ, gồm sản phẩm của các mô hình:

- 5 mô hình toàn cầu (GEM, GFS, GME, GSM (ba độ phân giải 1,25°; 0,50° và 0,25°) và NOGAPS), một mô hình khu vực TXLAPS, thời hạn dự báo 3 ngày (72 giờ)- Các sản phẩm dự báo tất định: DETF;
- Mô hình toàn cầu IFS với hạn dự báo 10 ngày;
- Hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu Bắc Mỹ thời hạn dự báo 16 ngày- hệ NAEPS;
- Hệ thống dự báo tổ hợp hạn ngắn (đa mô hình, đa phân tích) với 15 thành phần: ba mô hình khu vực thủy tĩnh quy mô vừa là HRM, WRFARW, WRFNMM chạy với đầu vào là các trường phân tích và dự báo của 5 mô hình toàn cầu trên hệ máy tính song song PC-Cluster 16 nút (hệ III), thời hạn dự báo 2,5 ngày- hệ SREPS;
- Hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa: mô hình HRM được sử dụng để tạo ra dự báo tổ hợp 5 ngày (120 giờ) với điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ 21 thành phần dự báo của hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu GFS của Mỹ - trên hệ máy tính song

song PC-Cluster 8 nút (hệ II) - hệ LEPS (Limited EPS);

2. Dự báo thủy văn

a) Dự báo hạn ngắn (từ 1 đến 2 ngày)

(i) Nội dung dự báo, cảnh báo:

- Cảnh báo mực nước đỉnh lũ trên các sông chính theo khu vực;
- Cảnh báo mực nước đỉnh lũ tại những vị trí trọng yếu trên các sông chính khi xảy ra lũ lớn từ báo động II trở lên;
- Dự báo quá trình lũ;
- Dự báo đỉnh lũ.

(ii) Phương pháp dự báo

Để thực hiện các nội dung dự báo được giao, hiện tại các cơ quan làm nhiệm vụ dự báo KTTV thuộc Trung tâm KTTV quốc gia đang sử dụng các phương pháp và mô hình dự báo được trình bày trong bảng 3.11.

-Phương pháp nhận dạng: Trên cơ sở phân tích mối quan hệ giữa hoạt động của hình thể thời tiết gây mưa sinh lũ và phân bố mực nước đỉnh lũ trên lưu vực, xây dựng phương pháp tương tự cảnh báo mực nước đỉnh lũ trên từng khu vực của lưu vực. Bản chất của phương pháp là lựa chọn trong quá khứ hình thể thời tiết có đặc điểm hoạt động tương tự với hình thể thời tiết gây mưa sinh lũ hiện tại, từ đó ngoại suy mực nước đỉnh lũ sẽ xảy ra trên từng khu vực của lưu vực từ trận lũ do hình thể thời tiết tương tự gây ra trong quá khứ. Phương pháp này được dùng để cảnh báo lũ trên các lưu vực sông. Kết quả đánh giá theo mức độ phù hợp của hiện tượng và theo cấp đỉnh lũ được cảnh báo cho thấy mức đảm bảo đạt từ 75-80%.

-Phương pháp tương quan mưa - lũ: Sử dụng quan hệ giữa tổng lượng mưa trung bình lưu vực với đỉnh lũ hoặc biên độ lũ tại các vị trí cần cảnh báo, xây dựng đồ thị hoặc phương trình tương quan giữa hai đại lượng. Khi sử dụng đồ thị hoặc phương trình tương quan đã xây dựng trong dự báo nghiệp vụ cần xét tới các nhân tố ảnh hưởng tới mực nước đỉnh lũ như thời gian mưa, cường độ mưa, mực nước chân lũ, gia nhập khu giữa, vùng tâm mưa,... Các phương án cảnh báo đỉnh lũ theo phương pháp này có mức bảo đảm đạt yêu cầu khoảng 80%.

Nhược điểm của phương pháp là thời gian dự kiến ngắn, thường chỉ từ 6-12 giờ đối với lưu vực nhỏ, từ 12-24 giờ đối với lưu vực lớn. Mức đảm bảo còn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm xử lý các tình huống mưa, lũ và các nhân tố ảnh hưởng khác của dự báo viên.

Bảng 3.11. Phương pháp dự báo thủy văn hạn ngắn đang sử dụng tại TTDBTU

Phương pháp		Yếu tố dự báo	Lưu vực sông	Mức độ sử dụng
Loại phương pháp	Tên mô hình			
Nhận dạng		Mức nước đỉnh lũ theo từng khu vực	Tất cả các sông	Sử dụng nghiệp vụ
Mức nước tương ứng	Biểu đồ	Mức nước lũ	Tất cả các sông	Sử dụng nghiệp vụ
	Hồi quy	Mức nước lũ		
Diễn toán	Muskingum, SH2	Quá trình lũ, mực nước lũ	Hồng, Cả, Mã, Thu Bồn, Ba	Sử dụng nghiệp vụ
	Hồi quy	Mức nước lũ	Tất cả các sông	
Mô hình thủy văn thông số tập trung	TANK, NAM	Quá trình lũ, mực nước lũ	Thượng lưu sông Thái Bình, sông Cả, Mã, Thu Bồn, Ba	Sử dụng nghiệp vụ
Mô hình thủy văn thông số phân bố	MARINE	Quá trình lũ, mực nước lũ	Lưu vực sông Đà, sông Hương	Sử dụng nghiệp vụ
	WETSPA		Sông Vu Gia-Thu Bồn	
Mô hình thủy lực	MIKE-11	Quá trình lũ, mực nước lũ	Hạ du sông Hồng, Thái Bình, Vu Gia-Thu Bồn, Trà Khúc	Đang thử nghiệm
	HEC-RAS	Quá trình lũ, mực nước lũ	Hạ du sông Thu Bồn	Đang thử nghiệm
Cân bằng nước	Mô hình điều tiết hồ	Mức nước hồ	Các hồ trên sông Đà, Ba, Thu Bồn	Sử dụng nghiệp vụ
Mô hình thủy lực	HYDROGIS	Quá trình lũ, mực nước lũ	Hạ lưu sông Mê Kông	Đang thử nghiệm
Mô hình thủy văn-thủy lực	URBS-FEWS	Quá trình lũ, mực nước lũ, mức ngập nội đồng	Hệ thống sông Mê Kông	Sử dụng nghiệp vụ

-Phương pháp tương quan trạm trên- trạm dưới: Dựa vào đặc điểm tập trung nước và quá trình truyền lũ trên các triền sông, đối với các sông vừa và lớn, một phương

pháp thường dùng để dự báo đỉnh lũ trạm dưới là lập quan hệ đồ giải mối quan hệ giữa mực nước đỉnh lũ trạm dưới với đỉnh lũ trạm trên có tính tới thời gian truyền lũ, lượng gia nhập khu giữa và lượng trữ nước trong sông. Thời gian dự kiến của dự báo chính bằng thời gian truyền sóng lũ. Để hỗ trợ quan hệ dự báo đỉnh lũ có thể lập quan hệ giữa thời gian truyền đỉnh lũ và mực nước đỉnh lũ để dự báo được thời gian xuất hiện đỉnh lũ ở trạm dưới. Ở những trạm đặc biệt, cần tính đến cả ảnh hưởng của nước vật hoặc triều.

Trong điều kiện cơ sở hạ tầng công nghệ tin học phát triển như hiện nay, các biểu đồ mực nước tương ứng được tin học hoá giúp xử lý nhanh và cập nhật số liệu dễ dàng, nên đã từng bước nâng cao độ chính xác của bản tin dự báo.

-Phương pháp đường đẳng thời: là phương pháp kinh điển, được sử dụng để tổng hợp dòng chảy từ mưa. Dòng chảy từ các phần khác nhau của lưu vực chảy tới mặt cắt cửa ra (trạm không chế) sau các thời khoảng khác nhau. Người ta dùng số liệu thực đo của các trạm lũ đơn, xác định thời gian trung bình tập trung dòng chảy trên lưu vực, từ đó phân chia lưu vực theo các khoảng thời gian tập trung dòng chảy lưu vực và trong sông bằng các đường đẳng thời. Các đường chảy đẳng thời này được lấy ổn định (không thay đổi) đối với tất cả các trận lũ. Lượng dòng chảy ở mặt cắt cửa ra được tính theo nguyên tắc cộng dồn các phần dòng chảy đến tuyến đo từ các phần diện tích đẳng thời.

-Phương pháp tương quan, hồi quy: Quan hệ dưới dạng hồi quy giữa yếu tố và nhân tố dự báo được ứng dụng khá rộng rãi để dự báo một số đặc trưng lũ (mực nước và lưu lượng lũ) hạn vừa và hạn dài, đôi khi cho cả hạn ngắn và đang sử dụng trong phục vụ điều hành hồ.

Đối với các sông nhỏ, đỉnh lũ thường được dự báo theo biên độ lũ. Bằng cách xây dựng mối quan hệ dưới dạng biểu đồ, hoặc hồi quy nhiều biến giữa biên độ lũ với lượng mưa, thời đoạn mưa, tâm mưa và lượng trữ nước trong sông.

-Ứng dụng công nghệ, mô hình dự báo lũ, lụt: Hiện nay đã ứng dụng nhiều mô hình dự báo thủy văn trên các lưu vực sông từ thượng lưu về hạ lưu. Sử dụng GIS và lưu trữ cơ sở dữ liệu trong môi trường thống nhất, mô hình hoá thủy văn, thủy lực thành 1 hệ phần mềm thống nhất, như phần mềm MIKE11. Để dự báo lũ, trong MIKE11 đã bao gồm các mô hình mưa rào - dòng chảy để lựa chọn sử dụng như NAM, đường đơn vị, SMAP, URBAN,... với nhiều tiện ích thiết lập thông số của mô hình, gắn kết quả đầu ra với đầu vào của mô hình thủy lực, mô hình vận hành, điều khiển các công trình, hồ chứa, kích bản vỡ đập, lập bản đồ ngập lụt...; modul dự báo, cập

nhật sai số,... Phần mềm này, đã được áp dụng đang được thử nghiệm dự báo hạn ngắn dòng chảy lũ hệ thống sông Vu Gia–Thu Bồn, sông Trà Khúc ở TTDBTU. Phần mềm này được đánh giá là có đầy đủ các modul đáp ứng được nhiều bài toán khác nhau trong lĩnh vực thủy văn.

Ngoài các mô hình thủy văn thông số tập trung như TANK, NAM, TTDBTU đã bước đầu ứng dụng mô hình thủy văn thông số phân bố MARINE dự báo lũ trên sông Hương, WETSPA dự báo lũ trên hệ thống sông Vu Gia- Thu Bồn,...

Mô hình điều tiết hồ: Vấn đề điều hành tối ưu các hồ chứa đã trở thành một nhiệm vụ cấp bách. TTDBTU đang thử nghiệm các mô hình HEC-5, HEC- RESIM, MIKE11 dự báo lũ phục vụ điều tiết các hồ chứa theo quy trình vận hành liên hồ chứa được chính phủ phê duyệt.

b) Dự báo hạn vừa, hạn dài

(i) Thời hạn dự báo:

- Hạn vừa: từ 5-10 ngày;

- Hạn dài: tháng, mùa (từ 3-6 tháng), năm.

(ii) Nội dung dự báo: Quá trình lũ (thời gian xảy ra và mực nước đỉnh lũ), mực nước đỉnh lũ năm, mực nước kiệt nhất năm, dòng chảy tháng, mùa, năm tại các vị trí trọng yếu.

(iii) Phương pháp dự báo

Các phương pháp, mô hình dự báo hạn vừa, hạn dài đang sử dụng ở các cơ quan dự báo KTTV thuộc Trung tâm KTTV quốc gia được trình bày trong bảng 3.12 và 3.13.

- Dự báo hạn vừa: Hiện nay ở Việt Nam, dự báo hạn vừa với thời gian dự kiến trước 5 ngày vào mùa lũ và 10 ngày vào mùa cạn được thực hiện chủ yếu bằng phương pháp phân tích thống kê. Cơ sở của phương pháp là phân tích dự báo hai thành phần chính của dòng chảy tạo thành từ lượng trữ nước trong sông và từ lượng mưa trong thời gian dự báo.

Hạn chế của các phương pháp đang sử dụng hiện nay là lượng mưa dự báo được lấy trung bình cho toàn lưu vực lớn trong thời hạn 5 ngày hoặc 1 ngày. Chất lượng dự báo chưa cao, mức đảm bảo dự báo đặc trưng dòng chảy đạt khoảng 70%, mức đảm bảo dự báo quá trình dòng chảy đạt khoảng 65-70%, chưa đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của nền kinh tế quốc dân, nhất là công tác điều hành hệ thống hồ

chứa hiện nay.

Bảng 3.12. Phương pháp dự báo thủy văn hạn vừa

Yếu tố dự báo	Diện dự báo	Phương pháp dự báo
Hmax, Hmin H trung bình	Các sông chính	Các biểu đồ và hồi quy: $H_{t+5} = f(H_t, X)$ $H_{t+5} = f(\text{hình thể thời tiết})$

Bảng 3.13. Phương pháp dự báo thủy văn hạn dài

Yếu tố dự báo	Phương pháp dự báo	Nhân tố dự báo
Quá trình lũ, dòng chảy lũ	Diễn biến lịch sử của Duong Giám Sơ	Chuỗi dòng chảy đỉnh lũ trong quá khứ
Mực nước đỉnh lũ	Thống kê khách quan	Các yếu tố khí hậu
Quá trình lũ, mực nước đỉnh lũ	Nhận dạng	Các yếu tố khí hậu
Các sông chính	Phân tích điều hòa	Chuỗi dòng chảy đỉnh lũ trong quá khứ
Các sông chính	Thống kê khách quan	
Các sông chính	Thống kê khách quan Nhận dạng Hồi quy Điều hòa	Các yếu tố khí hậu Các yếu tố thủy văn Vị trí áp cao TBD trên bản đồ AT500mb ENSO tại 4 vùng A, B, C, D

- Dự báo hạn dài: Vấn đề dự báo thủy văn hạn dài nói chung và dự báo hạn dài mực nước đỉnh lũ năm hoặc mực nước kiệt năm đã được nhiều nước quan tâm. Đây là bài toán rất phức tạp và khó khăn. Hiện nay tại Trung tâm dự báo Trung ương đang sử dụng phương pháp được xây dựng trên cơ sở mối quan hệ giữa mực nước đỉnh lũ với diễn biến của hệ thống hoàn lưu khí quyển không chế thời tiết trên lưu vực, kết hợp với các phương pháp khác như thống kê khách quan, phương pháp diễn biến

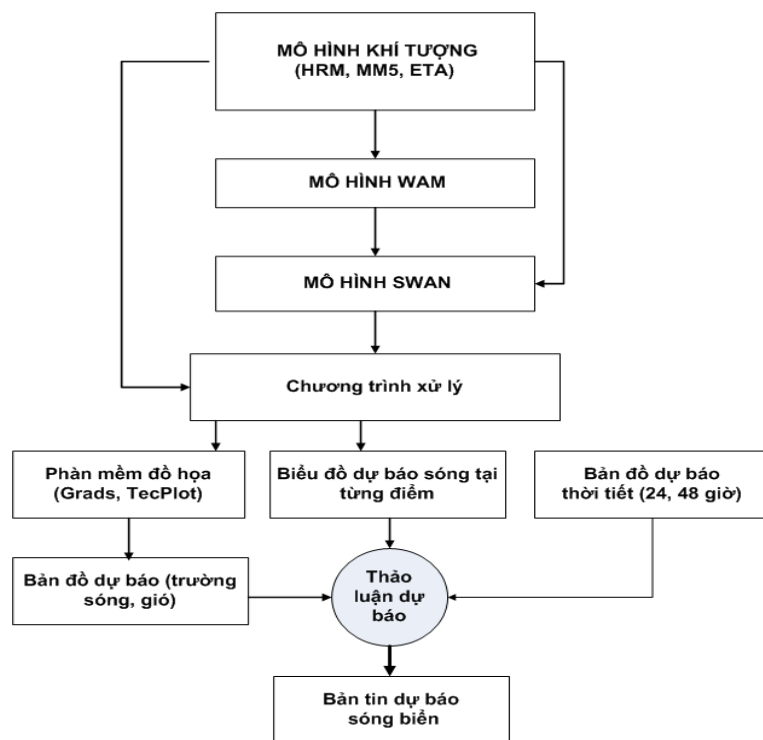
lịch sử của Dương Giám Sơ, phương pháp Vine-Hop, khai triển chuỗi đỉnh lũ năm dưới dạng tổng của các hàm điều hoà, phương pháp động lực thống kê của M. Aliôkhin, phương pháp phân tích phân lớp, phương pháp tương tự, phương pháp phân tích tổng hợp,... để dự báo đỉnh lũ (kiệt) năm, dòng chảy tháng, mùa, năm tại các mặt cắt trọng yếu.

3. Dự báo hải văn

Tháng 10/2008, Tổ Dự báo KTTV biển, tiền thân của Phòng Dự báo KTTV biển, trực thuộc TTDBTU' được thành lập với chức năng nhiệm vụ chính là dự báo nghiệp vụ các yếu tố thủy văn biển. Cho tới thời điểm này, Phòng Dự báo KTTV biển mới chỉ thực hiện dự báo nghiệp vụ sóng biển và nước dâng do bão theo Quy chế thông tin cảnh báo dự báo thiên tai trên biển cũng như Quy chế báo áp thấp nhiệt đới (ATNĐ), bão, lũ. Dự báo nghiệp vụ các yếu tố thủy văn biển khác vẫn chưa được tiến hành do chưa đủ nguồn nhân lực cũng như chưa có công nghệ dự báo.

a) Dự báo sóng biển

Dự báo sóng biển chủ yếu dựa vào kết quả của hai mô hình số WAM, SWAN (hai mô hình phổ biến mà hầu hết các nước có dự báo sóng nghiệp vụ sử dụng) kết hợp với kinh nghiệm của các dự báo viên (quy trình dự báo được mô tả trên hình 3.19).



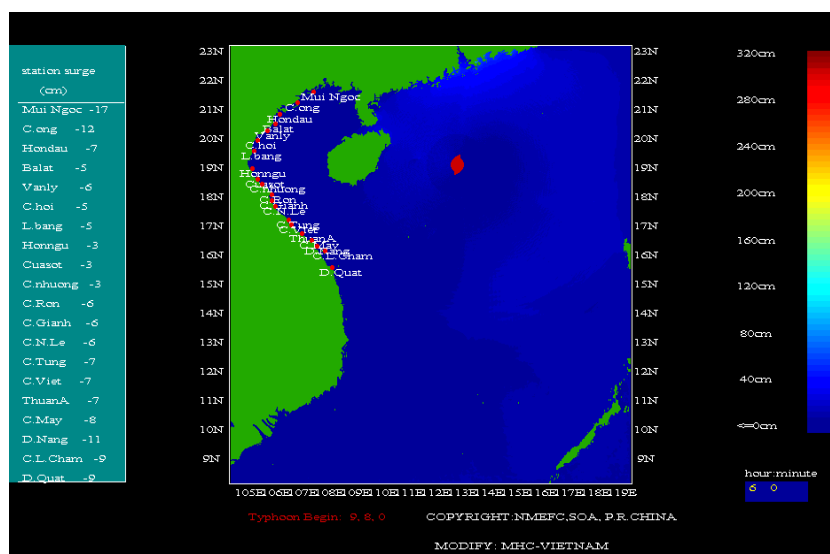
Hình 3.19. Sơ đồ dự báo sóng biển nghiệp vụ tại TTDBTU'

Hiện tại, bản tin dự báo sóng biển được cung cấp 02 lần/ngày cho 10 vùng dự báo, với các yếu tố là độ cao, hướng truyền sóng cùng thông tin cảnh báo. Tuy nhiên, công tác dự báo sóng nghiệp vụ tại TTDBTU hiện nay chưa đáp ứng được đòi hỏi mới về chất lượng, số lượng cũng như thời gian phát tin. Sự hạn chế này là do các nguyên nhân sau:

- Các mô hình WAM và SWAN chưa có sự đánh giá và hiệu chỉnh, lưới tính chưa được cập nhật địa hình chính thống nên việc dự báo sóng cho vùng ven bờ thường có sai số lớn, đặc biệt khi có thời tiết nguy hiểm.
- Quy trình tính toán, chiết xuất số liệu theo yêu cầu, xây dựng các bản tin dự báo và cảnh báo chưa được tự động hoàn toàn, vì vậy, hiện tại mới chỉ có thể ra 02 bản tin/ngày.

b) Dự báo nước dâng do bão

TTDBTU đang sở hữu mô hình tính toán và dự báo nước dâng do bão SSMSCS (Storm Surge Modelling for South China Sea), do Trung tâm Dự báo Môi trường biển quốc gia Trung Quốc (NMEFC) phát triển và cung cấp cho Việt Nam năm 2006. Mô hình có giao diện như trên hình 3.20.



Hình 3.20. Giao diện của mô hình SSMSCS

Hiện tại, khi bão xuất hiện trên Biển Đông và có nguy cơ đổ bộ vào vùng biển Việt Nam, Phòng Dự báo KTTV Biển thực hiện dự báo nước dâng do bão (các yếu tố: mực nước triều, mực nước dâng cực đại). Do một số kết quả tính toán kiểm nghiệm cho thấy, mô hình SSMSCS chạy không ổn định, sai số lớn trong một số trường hợp do ảnh hưởng của nhiều hiệu ứng tới nước dâng trong bão không được xem xét trong mô hình cũng như độ ổn định của lý thuyết giải bài toán nước dâng do bão

chưa cao, vì vậy, các bản tin dự báo và cảnh báo nước dâng do bão không chỉ dựa vào kết quả tính toán của mô hình SSMSCS, mà được các dự báo viên kinh nghiệm biên tập trên cơ sở kết hợp với kết quả của một số mô hình khác do các dự báo viên trong phòng tự nghiên cứu, khai thác. Do sự hạn chế về công nghệ nên các bản tin dự báo nước dâng do bão còn rất hạn chế, nội dung bản tin dự báo và cảnh báo còn chung chung về độ cao nước dâng và thời điểm xảy ra; chưa chi tiết hóa đến từng vùng ven biển cấp huyện, tỉnh như Quy chế dự báo bão và áp thấp nhiệt đới yêu cầu, độ chính xác chưa cao.

3.2.3 Đánh giá năng lực dự báo KTTV

1. Những hạn chế của công nghệ dự báo KTTV

Cho đến thời điểm hiện nay, nguồn số liệu và thông tin được sử dụng để làm ra các bản tin dự báo rất đa dạng và phong phú, nhưng công tác dự báo nghiệp vụ vẫn chủ yếu dựa vào phân tích trên các bản đồ thời tiết (bản đồ trên giấy) do các dự báo viên vẽ bằng tay. Vì vậy, quá trình phân tích mang tính chủ quan cao và mất rất nhiều thời gian khi tác nghiệp. Từ năm 2008, các chức năng phân tích khách quan đã được nghiên cứu thử nghiệm dựa trên hệ thống tương tác hỗ trợ dự báo viên N-AWIPS, song vẫn còn nhiều hạn chế do mật độ trạm quan trắc còn thưa, chưa tính đến được các ảnh hưởng mang tính địa phương. Các bản đồ phân tích này sau đó được fax hoặc chuyển qua mạng Internet từ TTDBTU tới địa phương. Tuy nhiên, các bản đồ này cũng ít phát huy được tác dụng do có kích thước nhỏ và số lượng các trạm được hiển thị bên trong bị hạn chế.

Mặc dù các sản phẩm dự báo khách quan từ các mô hình dự báo nhận được của các Trung tâm khí tượng trên thế giới (DETF) cũng như từ các hệ thống dự báo tổ hợp (SREPS, LEPS, NAEPS) thực hiện tại TTDBTU đã tăng lên đáng kể cả về số lượng và chất lượng trong vòng ba năm trở lại đây nhưng việc sử dụng các sản phẩm này trong dự báo nghiệp vụ vẫn còn rất khiêm tốn, hiệu quả chưa cao do thiếu đồng bộ. Sự “chưa đồng bộ” được thể hiện qua những điểm sau:

- Chưa có một hệ thống phân tích dữ liệu phân giải cao nên dẫn đến những hạn chế về độ chính xác của các hệ thống NWP cũng như các hệ thống diễn giải dự báo;
- Các mô hình NWP nghiệp vụ tại TTDBTU đều là các mô hình tà áp, thủy tĩnh nên không thể chạy với độ phân giải dưới 7 km;
- Không có mô hình tà áp dự báo quỹ đạo và cường độ bão phân giải cao;
- Không có hệ thống dự báo sóng và nước dâng khách quan được chạy tích hợp

với mô hình dự báo bão và dự báo thời tiết trên biển. Nhược điểm này ảnh hưởng đến công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai;

- Năng lực tính toán hiện có chỉ đáp ứng chạy các mô hình hiện hữu, không có khả năng nâng cấp hoặc mở rộng mô hình;
- Khả năng tiếp cận các sản phẩm NWP của các dự báo viên còn nhiều hạn chế;
- Chưa có công nghệ tính toán và dự tính mực nước triều, đặc biệt là triều cường tại các tỉnh Nam Bộ.
- Chưa có phần mềm tính toán và dự báo nước dâng do bão có độ tin cậy cao, do vậy chưa xây dựng được công nghệ dự báo nước dâng do bão một cách đáng tin cậy, chi tiết đến từng huyện, tỉnh ven bờ.
- Mô hình tính toán dự báo sóng chưa được kiểm nghiệm và đánh giá nhiều, lưới tính sử dụng hiện tại có độ phân giải thô do vậy các sai số gặp phải trong một số trường hợp còn cao, đặc biệt là sai số lớn tại vùng ven bờ.
- Chưa có hệ thống đồng hóa dữ liệu bởi hệ thống quan trắc số liệu biển còn thiếu, thưa, công nghệ truyền thô sơ, chậm, chưa đạt mức tức thời (thời gian thực).
- Chưa có các phần mềm hỗ trợ dự báo viên làm nghiệp vụ nên đôi lúc chưa đáp ứng được thời gian phát bản tin và đa dạng hóa các loại bản tin.

2. *Đội ngũ cán bộ dự báo viên*

a) *Tại TTDBTU*

TTDBTU có một đội ngũ cán bộ có trình độ, được đào tạo từ Trường Đại học Thủy lợi, Đại học quốc gia Hà Nội, một số từ Úc, Nhật. Số người có trình độ từ đại học trở lên chiếm trên 80% tổng số người của đơn vị, trong đó có 8 tiến sĩ, 15 thạc sĩ (bảng 3.14).

Đây là lực lượng nòng cốt trong NCKH, áp dụng công nghệ mới vào công tác dự báo KTTV, nâng cao chất lượng và hiệu quả công tác dự báo phục vụ của đơn vị.

Tuy nhiên, bên cạnh những thuận lợi nêu trên, do đang diễn ra sự chuyển giao thế hệ dự báo viên tại TTDBTU. Thay thế đội ngũ dự báo viên giàu kinh nghiệm nghỉ hưu là thế hệ dự báo viên phần lớn dưới 35 tuổi. Các dự báo viên trẻ tuy có kiến thức cơ bản, trình độ ngoại ngữ và tin học khá nhưng thiếu kinh nghiệm dự báo và phục vụ KTTV. Thêm vào đó, do nhu cầu phát triển của xã hội, sự đòi hỏi của cộng đồng và yêu cầu phục vụ công tác phòng tránh thiên tai ngày càng cao đã đặt các dự báo viên trẻ trước những thách thức to lớn.

Bảng 3.14. Số lượng dự báo viên có trình độ tiến sĩ (TS); thạc sĩ (ThS); đại học (ĐH); cao đẳng (CĐ); trung cấp (TC)

TT	Đơn vị	Tổng số	Trong đó						
			TS	ThS, ĐH	CĐ, TC	Chuyên ngành KTTV	Chuyên ngành khác	Nam	Nữ
1	TTDBTU	101	8	93		97	4	51	50
2	Đài KTTV khu vực Tây Bắc	22		18	4	22		12	10
3	Đài KTTV khu vực Việt Bắc	45		35	10	45		24	21
4	Đài KTTV khu vực Đông Bắc	38		32	6	37	1	20	18
5	Đài KTTV khu vực Đồng bằng Bắc Bộ	57		41	16	56	1	26	31
6	Đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ	26		23	3	25	1	10	16
7	Đài KTTV khu vực Trung Trung Bộ	42		33	9	39	3	29	13
8	Đài KTTV khu vực Nam Trung Bộ	35		25	10	35		25	10
9	Đài KTTV khu vực Tây Nguyên	31		23	8	29	2	21	10
10	Đài KTTV khu vực Nam Bộ	109		63	46	108	1	61	48
	Tổng số	506	8	386	112	493	13	279	227

b) Tại các Đài KTTV khu vực

Tại các Đài KTTV khu vực, số lượng cán bộ làm công tác dự báo có trình độ cao đẳng và trung cấp vẫn còn phổ biến, đặc biệt tại Đài KTTV khu vực Nam Bộ, số lượng này chiếm tới 42% (bảng 3.14). Đây chính là sự hạn chế trong việc nâng cao chất lượng của các thông tin dự báo tại cấp khu vực và cấp tỉnh.

Chương 4.

CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG MẠNG LƯỚI TRẠM GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU - ĐỀ XUẤT KHUNG MẠNG LƯỚI GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

4.1 Phân vùng khí hậu và những biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Việt Nam

4.1.1 Phân vùng khí hậu Việt Nam

Theo Nguyễn Đức Ngữ [19], về cơ bản, sơ đồ phân vị của sơ đồ phân vùng khí hậu Việt Nam đặc trưng cho hai nhóm phân hóa khí hậu chủ yếu: (1) Phân hóa về tài nguyên nhiệt, chủ yếu là sự hạ thấp các trị số đặc trưng cho tài nguyên nhiệt mùa đông của miền Bắc bắt nguồn từ sự khác biệt quan trọng về cơ chế hoàn lưu, trước hết là tác động của hoàn lưu mùa đông đối với các vĩ độ phía Bắc; (2) Phân hóa về tài nguyên ẩm, chủ yếu là sự khác biệt sâu sắc về mùa mưa, mùa ẩm giữa các khu vực duyên hải Trung Bộ với Bắc Bộ và Nam Bộ do ảnh hưởng của dãy Trường Sơn, sự lệch pha về mùa mưa giữa phía Tây Bắc Bộ với phía Đông Bắc Bộ do tác động của dãy Hoàng Liên Sơn, giữa vùng núi, trung du Việt Bắc với Đồng bằng Bắc Bộ và giữa Tây Nguyên với Nam Bộ,... do các điều kiện địa lí, trước hết là địa hình. Vì vậy, hệ thống phân vị trong sơ đồ phân vùng khí hậu Việt Nam có hai cấp: Miền khí hậu và Vùng khí hậu.

- Miền khí hậu: Phân định miền khí hậu nhằm tách biệt các bộ phận lãnh thổ khác nhau về tài nguyên nhiệt. Miền khí hậu liên kết các vùng có sự đồng nhất tương đối về tài nguyên nhiệt theo ba yếu tố:
 - Biên độ năm của nhiệt độ;
 - Lượng bức xạ tổng cộng trung bình năm;
 - Số giờ nắng trung bình năm.
- Vùng khí hậu: Phân định vùng khí hậu nhằm tách biệt các địa phương trên cùng miền khí hậu có sự đồng nhất tương đối về chế độ mưa, ẩm theo một hoặc cả hai trong hai chỉ tiêu sau đây:
 - Thời gian xảy ra mùa mưa;
 - Ba tháng mưa nhiều nhất.

Ranh giới giữa hai miền khí hậu trên lãnh thổ Việt Nam được xác định bằng BA chỉ tiêu sau đây:

- Biên độ năm của nhiệt độ bằng 9°C ;
- Lượng bức xạ tổng cộng trung bình năm bằng 140kcal/cm^2 ;
- Số giờ nắng trung bình năm bằng 2000 giờ;

Ranh giới giữa các vùng khí hậu được xác định bằng dải phân cách giữa các địa phương có mùa mưa hoặc thời kì cao điểm của mùa mưa khác nhau.

Kết quả phân vùng khí hậu được thể hiện trên sơ đồ phân vùng khí hậu được dẫn ra trong bảng 4.1.

Bảng 4.1. Số lượng các trạm khí tượng cơ sở theo các tiểu vùng khí hậu

Miền khí hậu	Bắc (B)				Nam (N)		
Biên độ năm của nhiệt độ trung bình (°C)	$\geq 9^{\circ}\text{C}$				$< 9^{\circ}\text{C}$		
Lượng bức xạ tổng cộng trung bình năm (kcal/cm ² /năm)	≤ 140				> 140		
Số giờ nắng trung bình năm	≤ 2000				> 2000		
Vùng khí hậu	BI	BII	BIII	BIV	NI	NII	NIII
Tháng mùa mưa	4-9	4-10	5-10	8-12	8-12	5-10	5-10
Ba tháng mưa nhiều nhất	6-8	6-8	7-9	8-10	9-11	7-9	8-10

Từ bảng 4.1 ta thấy, cả lãnh thổ Việt Nam được phân thành 2 miền và 7 vùng khí hậu.

4.1.2 Xu thế biến đổi của một số hiện tượng và yếu tố khí hậu cơ bản ở Việt Nam

Từ việc phân vùng khí hậu nói trên, trên cơ sở sử dụng số liệu thực tế kết hợp với các tài liệu nghiên cứu chúng tôi đưa ra một số biểu hiện của BĐKH ở nước ta trong những năm gần đây như sau.

1. Xu thế biến đổi của một số hiện tượng khí tượng nguy hiểm

BĐKH ở Việt Nam được đánh giá bằng sự biểu hiện của một số hiện tượng khí tượng nguy hiểm cơ bản sau [19]:

a) Tần số front lạnh qua Bắc Bộ

Trong thập kỉ 1961-1970 có 268 đợt front lạnh qua Bắc Bộ. Sang thập kỷ 1971-1980, giá trị này lên đến 288 và giữ nguyên trong thập kỉ 1981-1990. Đến thập kỉ gần đây, số front lạnh qua Bắc Bộ chỉ còn 249, thấp hơn cả thập kỉ 1961-1970.

Vì vậy, phương trình xu thế của tần số front lạnh qua Bắc Bộ thời kì 1961-2000 có dạng:

$$Y = 28,3 - 0,049x$$

Như vậy, hệ số góc của xu thế biến đổi của tần số front lạnh qua Bắc Bộ trong 40 năm nói trên có giá trị âm với hệ số góc là -0,049.

b) *Tần số xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) hoạt động trên Biển Đông*

Trong thập kỉ 1961-1970 có 114 đợt XTNĐ hoạt động trên Biển Đông. Giá trị này chỉ còn 113 trong thập kỉ 1971-1980 và 109 trong thập kỉ 1981-1990. Đến thập kỉ 1991-2000, số XTNĐ hoạt động trên Biển Đông chỉ còn 103.

Vì vậy, phương trình xu thế của tần số XTNĐ hoạt động trên Biển Đông có dạng:

$$Y = 12,1 - 0,0548x$$

Như vậy, hệ số góc của xu thế biến đổi của tần số XTNĐ hoạt động trên Biển Đông trong 40 năm nói trên có giá trị âm với hệ số góc là -0,0548. Trong đó thời kì sau giảm nhanh hơn thời kì trước.

c) *Tần số XTNĐ ảnh hưởng đến Việt Nam*

Số XTNĐ ảnh hưởng đến Việt Nam là 74 trong thập kỉ 1961-1970, tăng lên đến 76-77 trong hai thập kỉ tiếp theo, 1971-1980 và 1981-1990. Đến thập kỉ 1991-2000, số XTNĐ giảm đi đáng kể, chỉ còn 68.

Vì vậy, phương trình xu thế của tần số XTNĐ ảnh hưởng đến Việt Nam trong 40 năm nói trên có dạng:

$$Y = 8,0 - 0,0303x$$

Như vậy, hệ số góc của xu thế biến đổi của tần số XTNĐ ảnh hưởng đến Việt Nam trong 40 năm nói trên có giá trị âm với hệ số góc là -0,0303.

2. Xu thế biến đổi của một số yếu tố khí hậu cơ bản

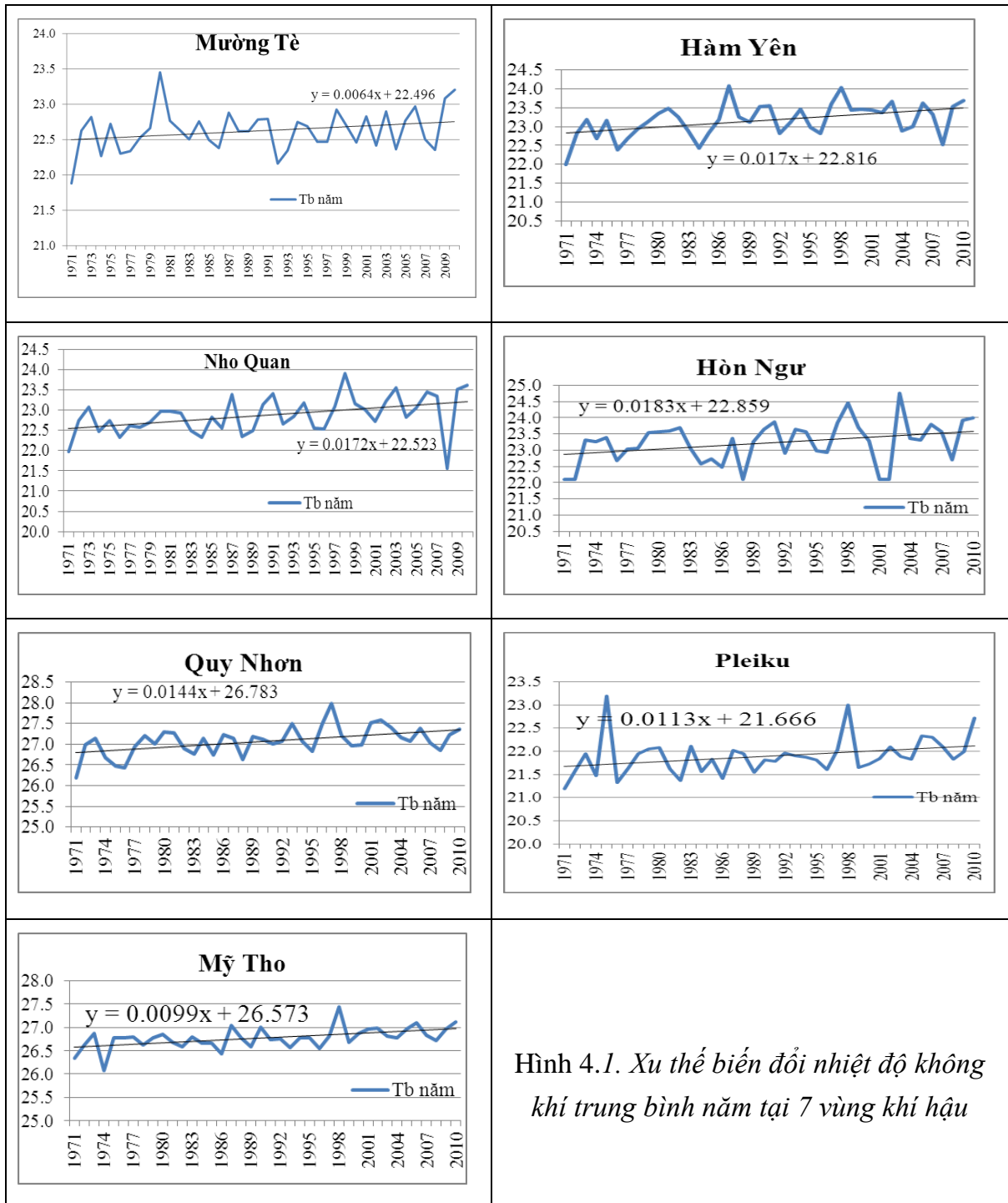
a) *Xu thế biến đổi của nhiệt độ không khí*

Nhiệt độ không khí của 7 trạm khí tượng (Mường Tè, Hàm Yên, Nho Quan, Hòn Ngur, Quy Nhơn, Pleiku và Mỹ Tho) những trạm ít chịu ảnh hưởng của sự vi phạm hành lang an toàn kĩ thuật và ít chịu ảnh hưởng của sự biến đổi của môi trường xung quanh, đại diện cho 7 vùng khí hậu trên lãnh thổ cả nước được chúng tôi sử dụng để tính toán xu thế biến đổi của nhiệt độ không khí trung bình năm, nhiệt độ tối cao trung bình năm và nhiệt độ không khí tối thấp trung bình năm.

o *Nhiệt độ không khí trung bình năm*

Kết quả tính toán nhiệt độ không khí trung bình năm được dẫn ra trong hình 4.1. Từ hình 4.1 ta thấy, nhiệt độ trung bình năm tại 7 trạm khí tượng này đều tăng, trong

suốt 40 năm qua (từ năm 1971 đến năm 2010), với hệ số góc có giá trị nhỏ nhất là 0,0064 (tại trạm Mùòng Tề) và lớn nhất là 0,0183 (tại trạm Hòn Ngư).

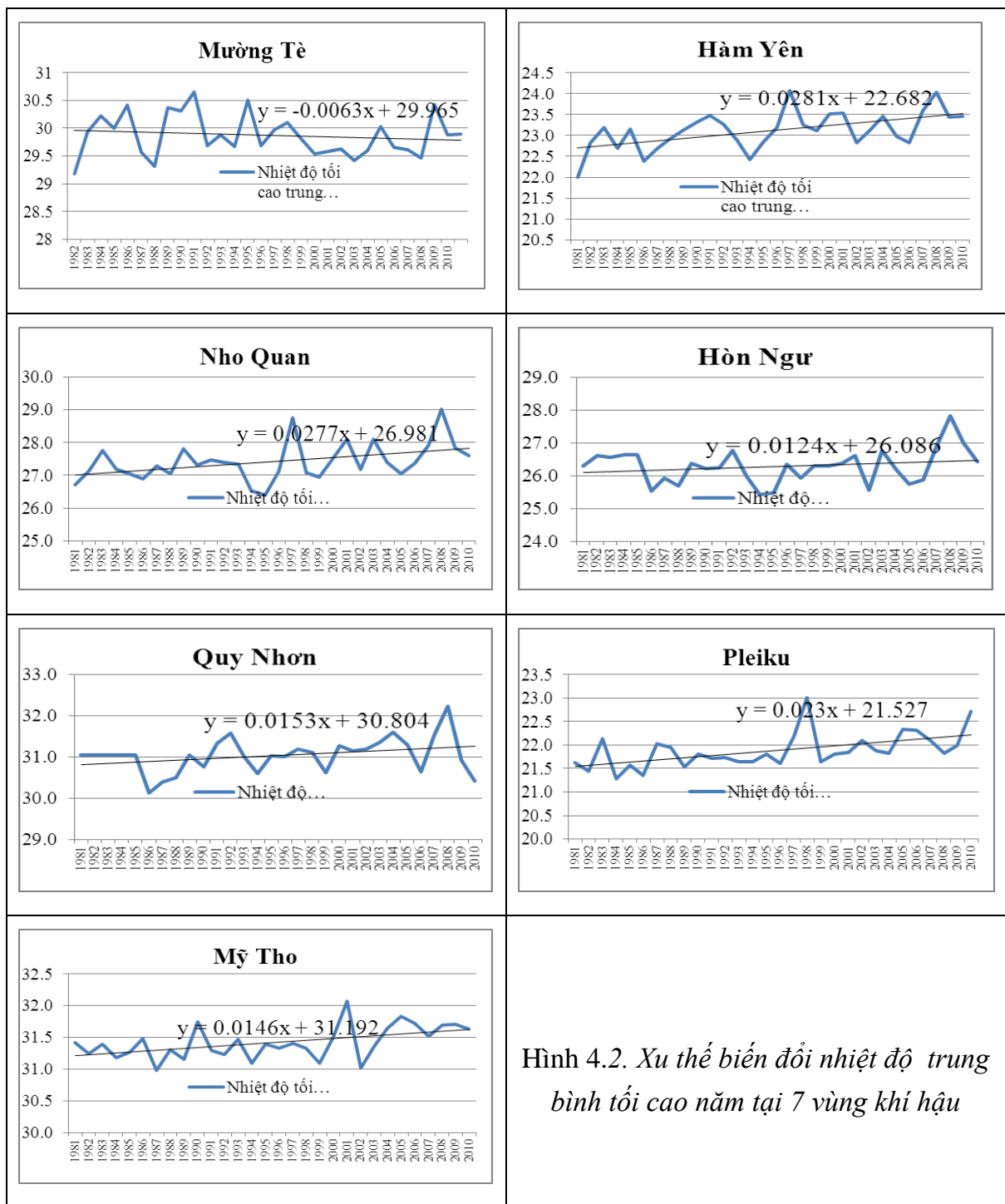


Hình 4.1. Xu thế biến đổi nhiệt độ không khí trung bình năm tại 7 vùng khí hậu

○ *Nhiệt độ trung bình tối cao năm*

Kết quả tính toán nhiệt độ tối cao trung bình năm được dẫn ra trong hình 4.2. Từ hình 4.2 ta thấy, nhiệt độ tối cao trung bình năm tại 6 trạm khí tượng tăng trong suốt 40 năm qua, với hệ số góc có giá trị nhỏ nhất là 0,0124 (tại trạm Hòn Ngư) và lớn nhất là 0,0281 (tại trạm Hàm Yên). Riêng tại trạm Mùòng Tề nhiệt độ trung bình tối

cao lại giảm nhẹ với hệ số góc là $-0,0063$.



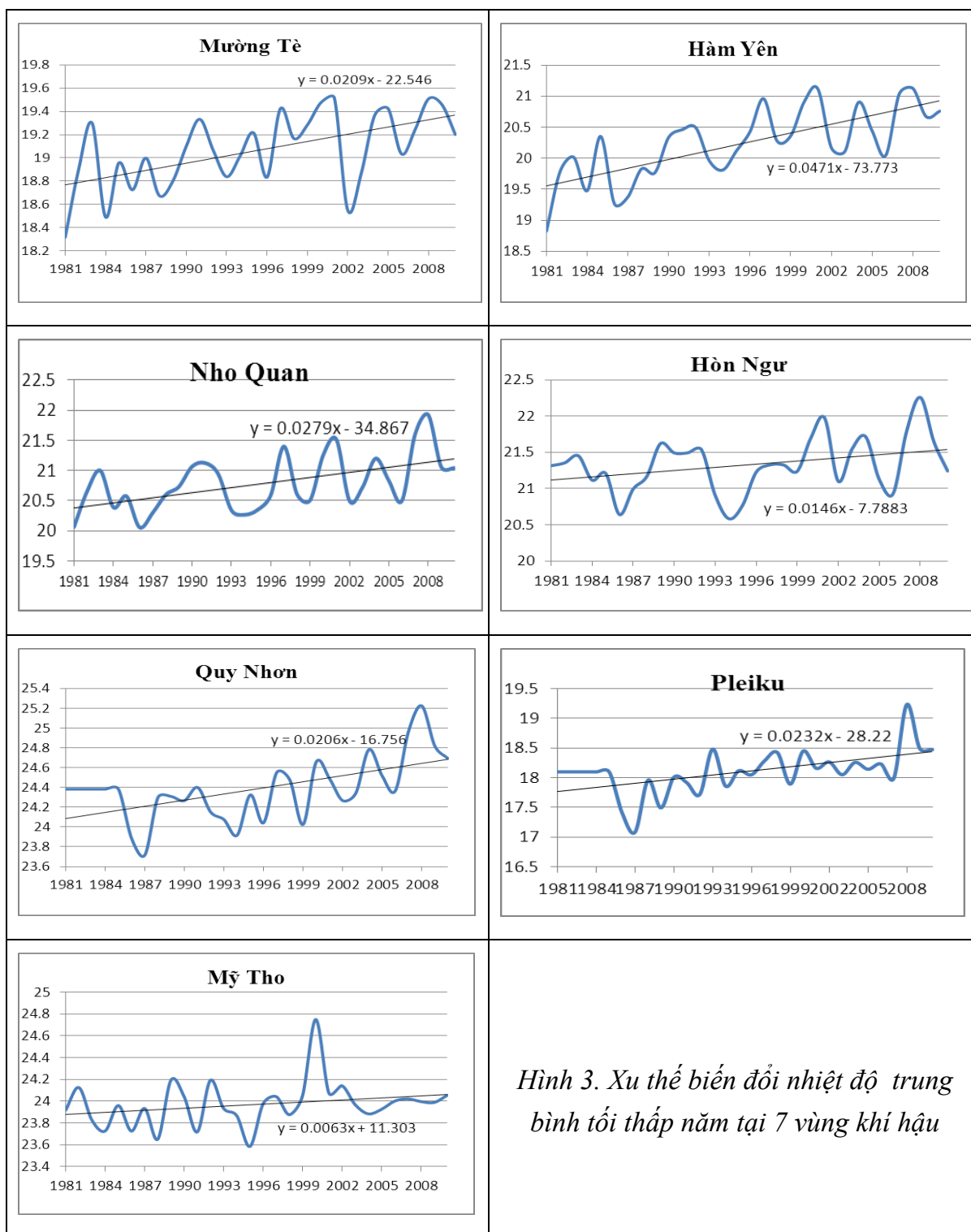
Hình 4.2. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình tối cao năm tại 7 vùng khí hậu

○ *Nhiệt độ trung bình tối thấp năm*

Kết quả tính toán nhiệt độ tối thấp trung bình năm được dẫn ra trong hình 4.3. Từ hình 4.3 ta thấy, nhiệt độ tối thấp trung bình năm tại cả 7 trạm khí tượng đều tăng trong 40 năm qua, với hệ số góc có giá trị nhỏ nhất là $0,0063$ (tại trạm Mỹ Tho) và lớn nhất là $0,0471$ (tại trạm Hàm Yên).

Như vậy, với số liệu từ năm 1971-2010, ta có thể nhận thấy rằng, hệ số góc cao nhất

của nhiệt độ không khí trung bình năm xảy ra tại trạm Hòn Ngu; hệ số góc cao nhất của nhiệt độ trung bình tối cao năm xảy ra tại trạm Hàm Yên và hệ số góc cao nhất của nhiệt độ trung bình tối thấp cũng xảy ra tại trạm Hàm Yên. Từ đó ta có thể nhận thấy, nhìn chung, tại các vùng khí hậu phía Bắc, nhiệt độ thường tăng nhanh hơn các vùng khí hậu phía Nam.

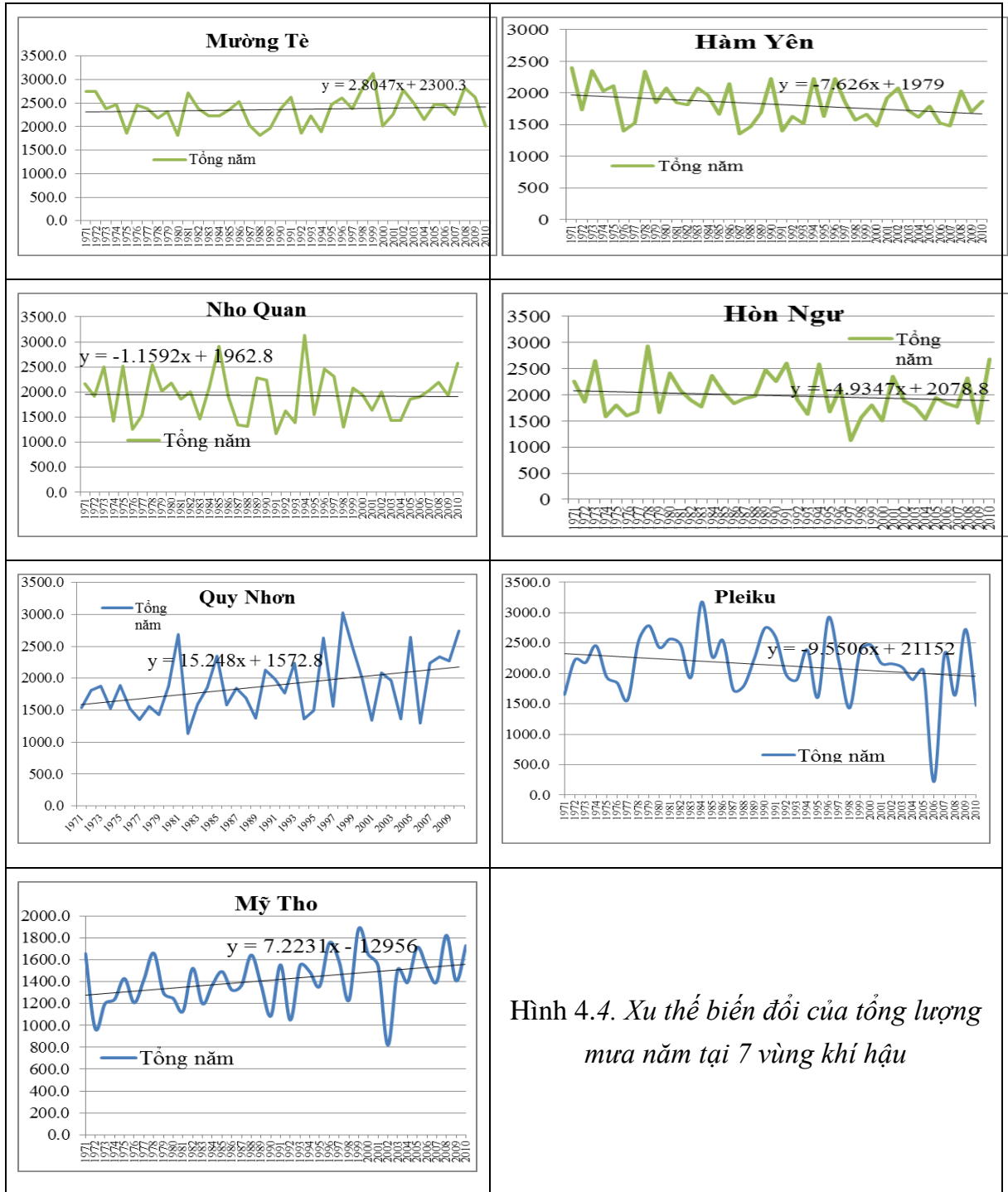


b) Xu thế biến đổi của lượng mưa

Cũng tại 7 trạm khí tượng đã nói đại diện cho 7 vùng khí hậu của Việt Nam, chúng tôi tiến hành tính toán xu thế biến đổi của tổng lượng mưa năm, lượng mưa mùa mưa và lượng mưa mùa khô.

o Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa năm

Kết quả tính toán xu thế biến đổi tổng lượng mưa năm được dẫn ra trong hình 4.4.

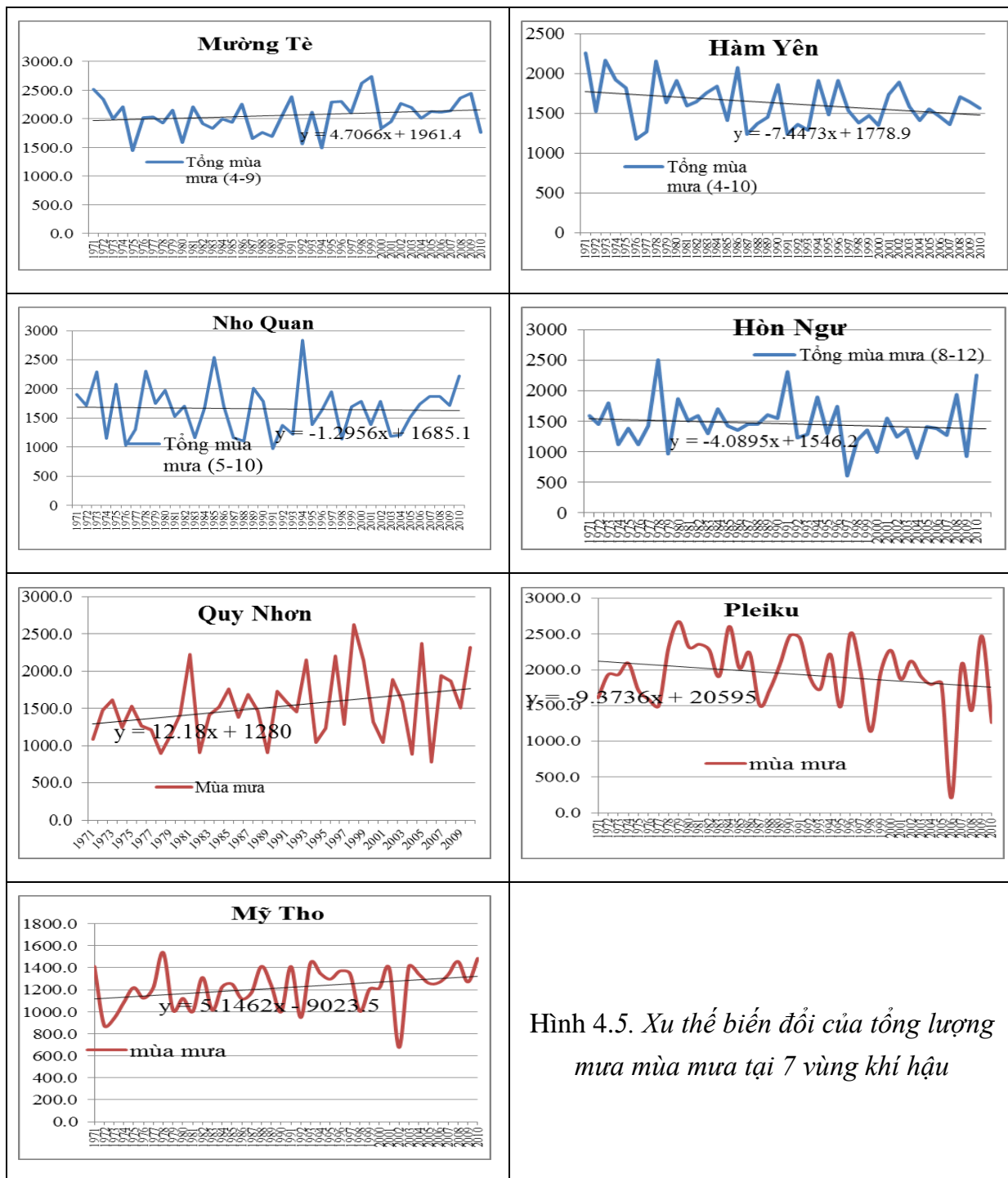


Hình 4.4. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa năm tại 7 vùng khí hậu

Từ hình 4.4 ta thấy, tại 3 trạm Mùng Tè, Quy Nhơn và Mỹ Tho có tổng lượng mưa năm tăng, trong đó tại Quy Nhơn đại lượng này tăng mạnh nhất với hệ số góc là 15,248; còn tại Mùng Tè đại lượng này tăng chậm với hệ số góc chỉ 2,8047. Trong khi đó, tại 4 trạm: Hàm Yên, Nho Quan, Hòn Ngu và Pleiku có tổng lượng mưa năm giảm với hệ số góc từ -1,1592 (trạm Nho Quan) tới -9,5506 (trạm Pleiku).

- Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa mưa

Kết quả tính xu thế biến đổi tổng lượng mưa mùa mưa được dẫn ra trong hình 4.5.



Hình 4.5. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa mưa tại 7 vùng khí hậu

Từ hình 4.5 ta thấy, xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa mưa cũng tương tự như xu thế biến đổi của tổng lượng mưa năm. Có nghĩa là tại 3 trạm Mường Tè, Quy Nhơn và Mỹ Tho có tổng lượng mưa mùa mưa tăng, trong đó cũng tại trạm Quy Nhơn có tổng lượng mưa mùa mưa tăng mạnh nhất với hệ số góc lên tới 12,18 và cũng tại trạm Mường Tè đại lượng này tăng chậm với hệ số góc chỉ là 4,7066. Trong khi đó, tại 4 trạm còn lại là: Hàm Yên, Nho Quan, Hòn Ngur và Pleiku có tổng lượng mưa mùa mưa giảm với hệ số góc biến đổi từ -1,2956 (cũng tại trạm Nho Quan) tới -9,3736 (cũng tại trạm Pleiku).

o *Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa khô*

Kết quả tính toán xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa khô được dẫn ra trong hình 4.6. Từ hình 4.6 ta thấy, xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa khô giảm nhẹ tại 4 trạm: Mường Tè, Hàm Yên, Hòn Ngur và Pleiku với hệ số góc dao động từ -0,1769 (trạm Pleiku) đến -1,9018 (trạm Mường Tè); còn xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa khô tăng tại 3 trạm: Nho Quan, Quy Nhơn và Mỹ Tho với hệ số góc dao động từ 0,1364 (trạm Nho Quan) đến 3,0686 (trạm Quy Nhơn).

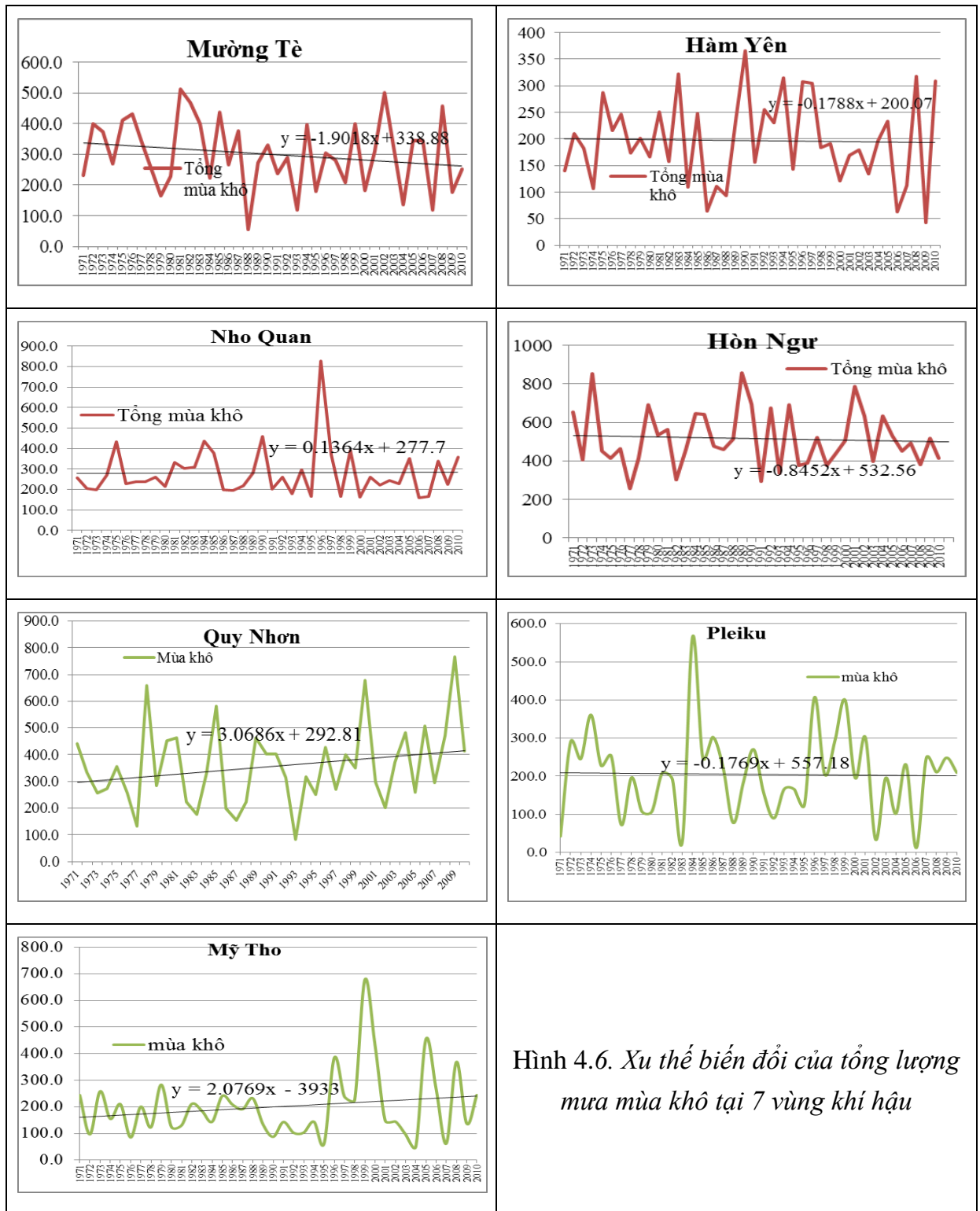
Như vậy, tại hai trạm Quy Nhơn và Mỹ Tho tổng lượng mưa năm, lượng mưa mùa mưa và lượng mưa mùa khô đều có xu thế tăng. Tại ba trạm Hàm Yên, Hòn Ngur và Pleiku tổng lượng mưa năm, lượng mưa mùa mưa và lượng mưa mùa khô đều có xu thế giảm. Tại trạm Mường Tè thì tổng lượng mưa năm, lượng mưa mùa mưa đều có xu thế tăng nhưng lại có xu thế giảm trong mùa khô. Còn tại trạm thì ngược lại, tổng lượng mưa năm, lượng mưa mùa mưa đều có xu thế giảm nhưng lại có xu thế tăng trong mùa khô.

3. Biến đổi của mực nước biển

Trong khoảng 50 năm qua, mực nước biển trung bình dâng lên với tốc độ từ 3-4mm/năm, nghĩa là trong gần nửa thế kỉ vừa qua, mực nước biển ở Việt Nam dâng lên khoảng 15-20cm [25]. Mực nước biển cao nhất có tốc độ xu thế cao hơn, còn mực nước biển thấp nhất thì ngược lại, tăng chậm hơn, thậm chí có nơi hạ thấp. Ở đây, chúng tôi tính toán cho 3 trạm là: Hòn Dấu, Sơn Trà và Vũng Tàu đại diện cho 3 khu vực bờ biển: miền Bắc, miền Trung và miền Nam

a) Xu thế biến đổi của mực nước biển tại trạm Hòn Dấu

Kết quả tính toán xu thế biến đổi của mực nước biển tại trạm Hòn Dấu được dẫn ra trong hình 4.7. Từ hình 4.7 ta thấy, xu thế biến đổi của mực nước biển trung bình tại trạm Hòn Dấu giai đoạn từ năm 1981-2010 tăng với hệ số góc dương là 0,0578 (đơn vị tính là mm).



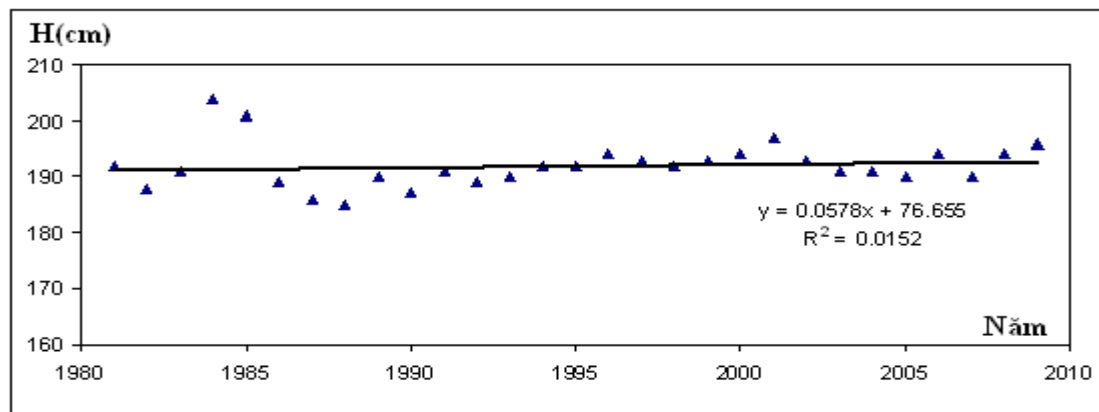
Hình 4.6. Xu thế biến đổi của tổng lượng mưa mùa khô tại 7 vùng khí hậu

b) Xu thế biến đổi của mực nước biển tại trạm Sơn Trà

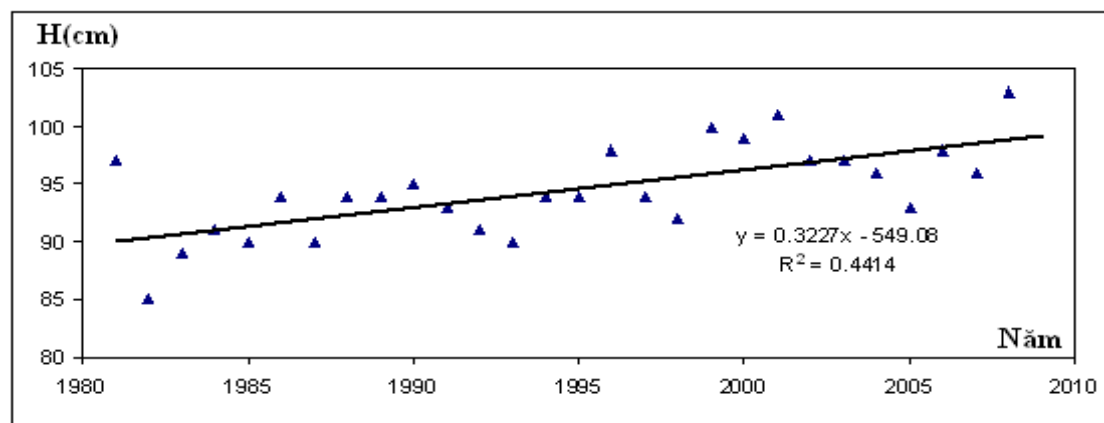
Kết quả tính toán xu thế biến đổi của mực nước biển tại trạm Sơn Trà được dẫn ra trong hình 4.8. Từ hình 4.8 ta thấy, xu thế biến đổi của mực nước biển trung bình tại trạm Sơn Trà giai đoạn từ năm 1981 đến năm 2010 tăng với hệ số góc dương là 0,3227.

c) Xu thế biến đổi của mực nước biển tại trạm Vũng Tàu

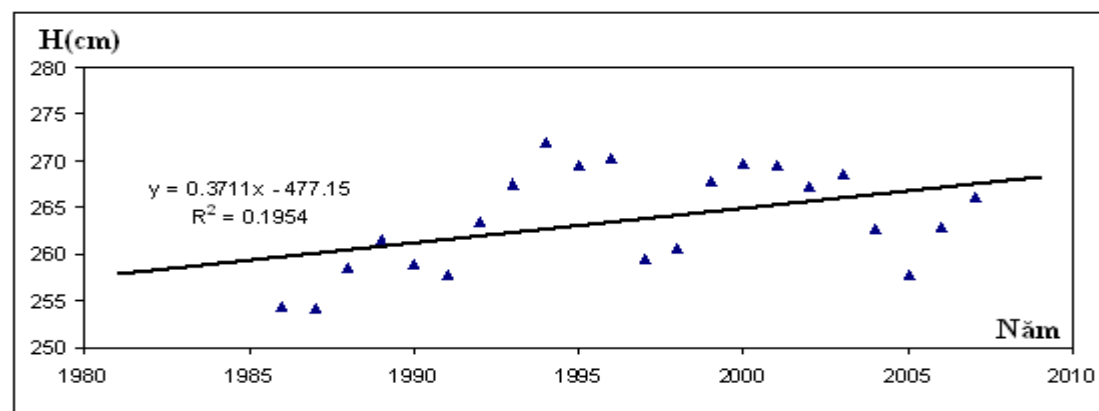
Kết quả tính toán xu thế biến đổi mực nước biển tại trạm Vũng Tàu được dẫn ra trong hình 4.9. Từ hình 4.9 ta thấy, xu thế biến đổi của mực nước biển trung bình tại trạm Vũng Tàu giai đoạn từ năm 1981 đến năm 2010 tăng với hệ số góc dương là 0,3711.



Hình 4.7. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Hòn Dấu giai đoạn 1981-2010



Hình 4.8. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Sơn Trà giai đoạn 1981-2010



Hình 4.9. Xu thế biến động mực nước trung bình tại Vũng Tàu giai đoạn 1981 - 2010

4.2 Cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH và giám sát mực nước biển dâng

4.2.1 Đặt vấn đề

Khí hậu hình thành tại một nơi do ba nhân tố quyết định, gọi là ba nhân tố hình thành khí hậu, gồm: hoàn cảnh địa lí, bức xạ Mặt trời và hoàn lưu khí quyển. Ba nhân tố hình thành khí hậu có sự tương tác qua lại lẫn nhau theo một cơ chế rất phức tạp làm cho các đặc trưng thời tiết, khí hậu dao động, biến đổi rất khó lường cả theo không gian và thời gian. Các đặc trưng khí hậu tại một địa điểm sẽ bị thay đổi nếu như điều kiện địa hình, địa mạo, mặt đệm tại trạm và xung quanh trạm thay đổi, đặc biệt nghiêm trọng, khi các công trình nhân tạo che chắn, ảnh hưởng trực tiếp mặt đệm của trạm làm cho thiết bị, máy móc của trạm đo đạc, phản ánh không đúng điều kiện bức xạ và hoàn lưu khí quyển tự nhiên của khu vực mà trạm đại diện, thì số liệu trạm thu thập được không phản ánh đúng chế độ khí hậu của vùng, thậm chí của tiểu vùng khí hậu nơi trạm trú đóng.

Như vậy, để số liệu quan trắc, đo đạc của các trạm khí tượng phản ánh đúng trạng thái tự nhiên của khí quyển và mô tả đúng đặc điểm khí hậu tự nhiên của vùng và tiểu vùng khí hậu, phải giữ hành lang kỹ thuật của trạm đúng nguyên trạng điều kiện địa hình, địa mạo và mặt đệm của khu vực ổn định, lâu dài.

Bên cạnh đặc tính dao động, có thể do các quá trình tự nhiên bên trong hệ thống khí hậu, hoặc do những tác động từ hệ Mặt trời bên ngoài Trái đất, hoặc do sự tác động thường xuyên của con người, làm thay đổi thành phần cấu tạo của khí quyển và trạng thái bề mặt trái đất, hệ thống khí hậu Trái đất còn biến đổi từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác. Tuy nhiên, nhận biết được sự biến đổi trạng thái cân bằng của hệ thống khí hậu Trái đất (gọi là BĐKH) là rất khó khăn. Thông thường, BĐKH được nhận biết thông qua sự biến đổi rõ rệt về giá trị trung bình của các yếu tố khí tượng mà khi thay đổi có ảnh hưởng nghiêm trọng đối với môi trường và các hoạt động KTXH. Muốn đánh giá được sự biến đổi về giá trị trung bình của các yếu tố khí tượng tại một trạm đòi hỏi chuỗi số liệu quan trắc liên tục, phản ánh đúng bản chất chế độ khí hậu tự nhiên của trạm phải đủ dài. Thông thường, chuỗi số liệu được chọn phải kéo dài vài thập kỉ và hơn, nếu chuỗi số liệu kéo dài trên 50 năm tới 100 năm sẽ thuận lợi trong đánh giá xu thế BĐKH.

Hiện nay, BĐKH do Trái đất nóng lên và hệ quả mực nước biển dâng được nhìn nhận như là sự tiềm ẩn của nhiều nguy cơ đối với KTXH và môi trường. Vì vậy,

việc củng cố và xây dựng mạng lưới trạm giám sát BĐKH và giám sát mực nước biển dâng trở thành một yêu cầu bức thiết của mỗi quốc gia và toàn thế giới.

Do các yêu cầu nghiêm ngặt về sự ổn định của hành lang kỹ thuật, của sai số máy và thiết bị đo cũng như quy trình, quy phạm quan trắc, đồng thời chuỗi số liệu quan trắc liên tục của trạm phải dài (càng dài càng tốt) và được đánh giá có chất lượng cao, vì vậy không thể sử dụng tất cả các trạm trên mạng lưới thực hiện giám sát BĐKH và giám sát mực nước biển dâng, mà chỉ chọn một số trạm đủ tiêu chuẩn đại diện cho các trạm xung quanh trong từng vùng hoặc liên vùng khí hậu thực hiện nhiệm vụ quan trọng này.

4.2.2 Điều kiện lựa chọn trạm giám sát BĐKH và mực nước biển dâng

Xuất phát từ yêu cầu thống kê tính toán, đánh giá chính xác mức độ dao động và biến đổi của các yếu tố khí hậu và mực nước biển, một trạm được lựa chọn tham gia mạng lưới giám sát BĐKH hoặc giám sát mực nước biển dâng phải thỏa mãn những điều kiện sau:

1. Điều kiện cần

Để số liệu quan trắc của trạm phản ánh đúng đặc điểm khí hậu tự nhiên của vùng khí hậu nơi trạm trú đóng và đủ điều kiện tính toán xác định xu thế biến đổi của khí hậu cũng như của mực nước biển, các trạm phải hội đủ các điều kiện sau:

- Có thời gian quan trắc liên tục dài và đang tiếp tục hoạt động; chuỗi số liệu được đánh giá là đồng nhất và có chất lượng cao;
- Ở xa khu vực trung tâm đô thị lớn, không/hoặc ít chịu tác động trực tiếp từ các hoạt động kinh tế, xã hội mang tính địa phương của con người và có điều kiện hoạt động với hành lang kỹ thuật tiêu chuẩn ổn định lâu dài trong tương lai;
- Trong suốt thời gian hoạt động, sử dụng các chủng loại máy và thiết bị đo các yếu tố khí tượng cơ bản có cùng tiêu chuẩn về độ chính xác.

2. Điều kiện đủ

Muốn xây dựng được mạng lưới trạm giám sát BĐKH tối ưu và lựa chọn chính xác các trạm đại diện, đảm bảo độ tin cậy của trường số liệu phân tích, trạm giám sát BĐKH được lựa chọn từ mạng lưới trạm cơ sở và phải tuân thủ nguyên tắc và điều kiện sau:

- Trong một nhóm trạm liên kề có hệ số xu thế BĐKH ở cùng một cấp, lựa chọn một trạm hoặc một số trạm có hệ số tương quan tốt nhất với tất cả hoặc một số

trạm khác; trường hợp trạm đơn độc có hệ số xu thế BĐKH ở cấp khác biệt với các trạm xung quanh thì đương nhiên được chọn;

- Trong một vùng khí hậu, hệ số tương quan R của phương trình hồi quy hàm cấu trúc của trường chuẩn sai của các yếu tố khí hậu, hải văn được chọn làm trường nền với khoảng cách phải lớn hơn hoặc bằng hệ số tương quan R_α tiêu chuẩn (α là mức ý nghĩa, thường được chọn là $\alpha = 5\%$).

4.2.3 Phương pháp lựa chọn

Căn cứ vào điều kiện lựa chọn trạm giám sát BĐKH, các bước thực hiện lựa chọn các trạm trong mạng lưới trạm đang hoạt động đưa vào khung mạng lưới giám sát BĐKH như sau:

- Lựa chọn trong mạng lưới trạm đang hoạt động các trạm thỏa mãn điều kiện cần đối với trạm giám sát BĐKH, thành lập mạng lưới trạm cơ sở theo từng vùng khí hậu đối với trạm khí tượng, trên phạm vi toàn quốc đối với trạm hải văn;
- Xây dựng hàm xu thế biến đổi theo thời gian của yếu tố khí hậu được chọn, tính hệ số góc của hàm xu thế của yếu tố khí hậu (gọi là hệ số góc);
- Phân cấp hệ số góc theo từng yếu tố, lập bản đồ phân bố hệ số góc, vẽ đường đồng mức theo phân cấp. Lựa chọn các trạm có hệ số biến đổi khác biệt so với các trạm xung quanh đưa vào danh sách dự kiến tham gia mạng lưới giám sát BĐKH;
- Phân định các nhóm trạm trên một vùng khí hậu có cùng cấp xu thế của hệ số góc. Tính giá trị trung bình cộng của từng yếu tố theo từng nhóm trạm;
- Tính hệ số tương quan từng trạm trong nhóm trạm trên một vùng khí hậu có cùng cấp hệ số góc với chuỗi giá trị trung bình cộng của nhóm trạm. Lựa chọn các trạm có hệ số tương quan lớn theo thứ tự đưa vào danh sách dự kiến tham gia mạng lưới giám sát BĐKH;
- Tổ hợp các danh sách trạm dự kiến thành mạng lưới trạm dự kiến giám sát BĐKH theo từng vùng khí hậu;
- Sử dụng hàm cấu trúc để đánh giá mức độ phù hợp về mật độ của mạng lưới trạm giám sát BĐKH dự kiến theo từng vùng khí hậu. Khi mạng lưới trạm giám sát BĐKH dự kiến thỏa mãn các yêu cầu theo đánh giá của hàm cấu trúc với mật độ trạm thưa nhất có thể, đưa ra khung mạng lưới trạm giám sát BĐKH tối ưu.

Sự phân vùng khí hậu và những biểu hiện của BĐKH ở cả hai miền nước ta thể hiện rõ rệt nhất trong chế độ nhiệt và chế độ mưa. Vì vậy, yếu tố khí hậu được lựa chọn

để tính các đặc trưng thống kê làm cơ sở lựa chọn các trạm giám sát BĐKH là chuỗi số liệu nhiệt độ trung bình năm và tổng lượng mưa năm của các trạm trong mạng lưới trạm khí tượng cơ sở. Thời gian sử dụng số liệu thống nhất từ năm 1971-2010. Vị trí trạm được xác định bằng tọa độ UTM (Universal Transverse Mercator). Sử dụng ngôn ngữ lập trình FORTRAN để xây dựng các chương trình tính toán các đặc trưng thống kê (phụ lục 1).

4.3 Đề xuất khung mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

4.3.1 Lựa chọn mạng lưới trạm cơ sở

1. Mục đích lựa chọn mạng lưới trạm cơ sở

Trạm khí tượng cơ sở là trạm hội đủ điều kiện cần có thể tham gia mạng lưới trạm giám sát BĐKH.

Mạng lưới trạm cơ sở dùng để tính toán các chỉ số thống kê làm cơ sở lựa chọn những trạm đại diện của từng vùng khí hậu đưa vào mạng lưới trạm giám sát BĐKH. Số lượng trạm cơ sở trên mỗi vùng khí hậu phụ thuộc vào sự phân hóa theo không gian của xu thế và mức độ BĐKH trên mỗi vùng khí hậu. Cơ sở dữ liệu của trạm được sử dụng để tham khảo khi đánh giá chi tiết mức độ BĐKH của một vùng lãnh thổ.

2. Phương pháp lựa chọn

- Lập danh sách các trạm khí tượng bề mặt đang hoạt động của 7 vùng khí hậu theo thứ tự ngắn dần về số năm quan trắc;
- Căn cứ hồ sơ kỹ thuật trạm, lựa chọn trong mỗi vùng khí hậu những trạm thỏa mãn điều kiện cần đối với trạm giám sát BĐKH;
- Thẩm định thực tế tại trạm.

3. Kết quả lựa chọn

Kết quả lựa chọn mạng lưới trạm cơ sở đối với các vùng khí hậu là: 14 trạm vùng BI, 26 trạm vùng BII, 8 trạm vùng BIII, 14 trạm vùng BIV, 7 trạm vùng NI, 7 trạm vùng NII và 8 trạm vùng NIII (chi tiết xem phụ lục 2). Như vậy, mạng lưới trạm khí tượng cơ sở được sử dụng để xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH cho khu vực Việt Nam bao gồm 84 trạm được phân bố như hình 4.10.

4.3.2 Kết quả đề xuất khung mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

1. Tính hệ số góc

Sử dụng bộ số liệu về lượng mưa và nhiệt độ của 84 trạm cơ sở trong giai đoạn

1971-2010 để tính hệ số góc của tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm. Kết quả được dẫn ra trong bảng 4.2.



Hình 4.10. Mạng lưới trạm khí tượng cơ sở gồm 84 trạm trên 7 vùng khí hậu

Bảng 4.2. Hệ số xu thế biến đổi về tổng lượng mưa năm (V_{bdr}) và nhiệt độ trung bình năm (V_{bdt}) của các trạm khí tượng cơ sở (những hệ số góc của tổng lượng mưa có giá trị dương được gạch chân)

STT	Tên trạm	V_{bdr}	V_{bdt}
1. Vùng khí hậu B-I			
1	Tam Đường	-5,737	0,0193
2	Sìn Hồ	-5,361	0,0236
3	Mường Tè	<u>3,119</u>	0,0138

STT	Tên trạm	V _{bdr}	V _{bdt}
4	Than Uyên	-11,800	0,0198
5	Tuần Giáo	-1,774	0,0305
6	Điện Biên	-1,528	0,0305
7	Sông Mã	-0,029	0,0203
8	Sơn La	-4,709	0,0253
9	Mai Châu	-5,157	0,0318
10	Yên Châu	<u>1,087</u>	0,0307
11	Pha Đin	-13,75	0,0098
12	Mộc Châu	-4,668	0,0252
13	Phù Yên	-3,401	0,0368
14	Lạc Sơn	-2,650	0,0297
2. Vùng khí hậu B-II			
1	Móng Cái	-5,297	0,0241
2	Tiên Yên	-4,559	0,0257
3	Cửa Ông	-1,871	0,0239
4	Cô Tô	-1,713	0,0230
5	Bạch Long Vĩ	-0,795	0,0288
6	Lạng Sơn	-5,645	0,0290
7	Bắc Cạn	-7,743	0,0327
8	Sơn Động	<u>3,709</u>	0,0228
9	Hữu Lũng	-0,895	0,0312
10	Chợ Rã	<u>3,155</u>	0,0285
11	Thái Nguyên	-13,532	0,0313
12	Vĩnh Yên	-10,096	0,0350
13	Thất Khê	-0,759	0,0221
14	Cao Bằng	-1,896	0,0241
15	Hà Giang	-8,910	0,0273
16	Bảo Lạc	-0,970	0,0214
17	Yên Bái	-11,679	0,0280
18	Tuyên Quang	-9,874	0,0344
19	Chiêm Hóa	-6,401	0,0262

STT	Tên trạm	V _{bdr}	V _{bdt}
20	Hoàng Su Phì	<u>2,389</u>	0,0196
21	Sa Pa	-12,441	0,0154
22	Phú Hộ	-9,010	0,0111
23	Hàm Yên	-7,626	0,0218
24	Bắc Hà	-2,678	0,0477
25	Tam Đảo	-13,351	0,0196
26	Bắc Quang	-14,834	0,0289
3. Vùng khí hậu B-III			
1	Phù Liên	-11,688	0,0193
2	Văn Lí	<u>13,535</u>	0,0274
3	Nam Định	<u>6,982</u>	0,0310
4	Ninh Bình	<u>11,599</u>	0,0195
5	Chí Linh	<u>0,790</u>	0,0270
6	Nho Quan	<u>9,309</u>	0,0199
7	Ba Vì	-16,86	0,0195
8	Bắc Giang	<u>4,490</u>	0,0121
4. Vùng khí hậu B-IV			
1	Hồi Xuân	-5,460	0,0269
2	Thanh Hóa	-7,723	0,0238
3	Quỳnh Lưu	-5,984	0,0215
4	Hòn Ngự	-6,168	0,0200
5	Vinh	-10,326	0,0335
6	Tương Dương	<u>0,314</u>	0,0302
7	Quỳ Châu	-2,474	0,0291
8	Hà Tĩnh	-8,826	0,0125
9	Kì Anh	-11,377	0,0285
10	Hương Sơn	-15,321	0,0306
11	Tuyên Hóa	<u>4,686</u>	0,0183
12	Đông Hới	-2,315	0,0274
13	Đông Hà	-8,469	0,0212
14	Huế	<u>23,132</u>	0,0062

STT	Tên trạm	V_{bdr}	V_{bdt}
5. Vùng khí hậu N-I			
1	Đà Nẵng	<u>8,235</u>	0,0049
2	Quảng Ngãi	<u>9,688</u>	0,0131
3	Trà My	<u>12,71</u>	0,0176
4	Quy Nhơn	<u>15,248</u>	0,0117
5	Tuy Hòa	<u>19,632</u>	0,0137
6	Nha Trang	<u>10,826</u>	0,0165
7	Phan Thiết	<u>4,858</u>	0,0144
6. Vùng khí hậu N-II			
1	Pleiku	-9,550	0,0195
2	Kon Tum	<u>9,594</u>	0,0255
3	Đắk Nông	<u>17,590</u>	0,0275
4	Buôn Ma Thuột	<u>0,689</u>	0,0220
5	Liên Khương	-3,386	0,0140
6	Đà Lạt	<u>3,951</u>	0,0275
7	Bảo Lộc	<u>13,370</u>	0,0255
7. Vùng khí hậu N-III			
1	Ba Tri	<u>7,831</u>	0,0090
2	Bạc Liêu	<u>17,170</u>	0,0185
3	Tây Ninh	-2,831	0,0220
4	Mỹ Tho	<u>7,223</u>	0,0095
5	Cao Lãnh	<u>6,680</u>	0,0092
6	Côn Đảo	-2,601	0,0225
7	Phú Quốc	-8,578	0,0245
8	Rạch Giá	<u>1,757</u>	0,0120

2. Xác định trạm giám sát biến đổi của tổng lượng mưa năm

Theo tiêu chí 1 và từ bảng 4.2 ta thấy:

Vùng BI, đa số các trạm có hệ số góc âm (tổng lượng mưa có xu thế giảm dần). Cụ thể có 12 trạm có hệ số góc âm và 2 trạm có hệ số góc dương, đó là trạm Mùong Tè và Yên Châu; vì vậy, hai trạm Mùong Tè và Yên Châu được chọn.

Vùng khí hậu BII có 23 trạm có hệ số góc âm trong khi chỉ có 3 trạm có hệ số góc

ương, đó là trạm Sơn Động, Chợ Rã và Hoàng Su Phì; vì vậy, ba trạm có hệ số góc dương nói trên được chọn.

Vùng khí hậu BIII có 6 trạm có hệ số góc dương trong khi chỉ có 2 trạm có hệ số góc âm, đó là trạm Phù Liễn và trạm Ba Vì; vì vậy, hai trạm Phù Liễn và Ba Vì được chọn.

Vùng khí hậu BIV có 11 trạm có hệ số góc âm trong khi chỉ có 3 trạm có hệ số góc dương, đó là trạm Tương Dương, Tuyên Hóa và Huế; vì vậy, ba trạm Tương Dương, Tuyên Hóa và Huế được chọn.

Vùng khí hậu NI có 7 trạm và cả 7 trạm đều có hệ số góc dương; vì vậy, theo tiêu chí 1, không có trạm nào được chọn.

Vùng khí hậu NII có 5 trạm có hệ số góc dương và có 2 trạm có hệ số góc âm, đó là trạm Pleiku và trạm Liên Khương; vì vậy, hai trạm Pleiku và trạm Liên Khương được chọn.

Vùng khí hậu NIII có 5 trạm có hệ số góc dương và 3 trạm có hệ số góc âm, đó là các trạm: Tây Ninh, Côn Đảo và Phú Quốc. Ba trạm này nằm xa nhau và cũng đại diện cho các khu vực khác nhau: nằm sâu trong lục địa (Tây Ninh), ở biển Đông (Côn Đảo) và ở biển Tây (Phú Quốc) nên cả 3 trạm này đều được chọn.

Như vậy, kết quả chọn trạm giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm theo tiêu chí 1 được dẫn ra trong bảng 4.3.

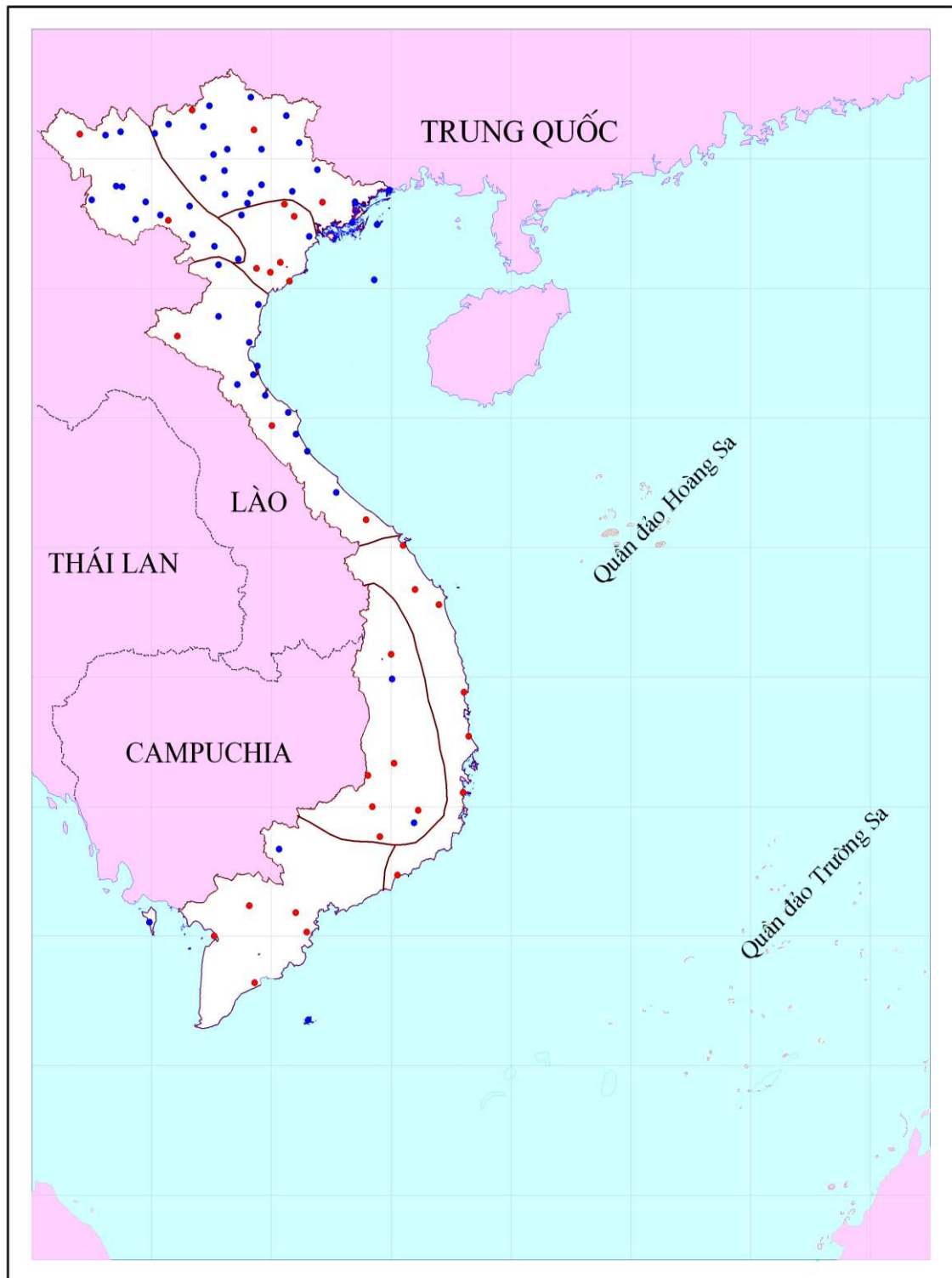
Bảng 4.3. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm được chọn theo tiêu chí 1

STT	Tên trạm	STT	Tên trạm	STT	Tên trạm
1	Mường Tè	6	Phù Liễn	11	Pleiku
2	Yên Châu	7	Ba Vì	12	Liên Khương
3	Sơn Động	8	Tương Dương	13	Tây Ninh
4	Chợ Rã	9	Tuyên Hóa	14	Côn Đảo
5	Hoàng Su Phì	10	Huế	15	Phú Quốc

Tóm lại, theo tiêu chí 1, có 15 trạm khí tượng được chọn để giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm trên toàn lãnh thổ.

Căn cứ vào tiêu chí 2, tiêu chí lựa chọn trạm đại diện cho khu vực, trạm có quan hệ tốt nhất (hệ số tương quan lớn nhất) với trung bình chung của khu vực, chúng tôi tiến hành chọn những trạm giám sát sự biến đổi của lượng mưa năm. Việc phân khu vực được căn cứ vào bản đồ (hình 4.11 - khu vực ở đây là khu vực có cùng hệ số góc dương hoặc âm mà không bị ngăn cách bởi một trạm có hệ số góc âm hoặc dương), trên đó tổng lượng mưa những trạm có hệ số góc âm được điền màu xanh

và những trạm có hệ số góc dương được điền màu đỏ. Kết quả phân khu vực và tính toán hệ số tương quan cho từng khu vực được dẫn ra trong bảng 4.4.



Hình 4.11. Bản đồ các trạm cơ sở có xu thế tổng lượng mưa năm tăng (màu đỏ) và có xu thế tổng lượng mưa năm giảm (màu xanh)

Bảng 4.4. Kết quả tính hệ số tương quan R tổng lượng mưa năm giữa các trạm với trung bình chung của từng khu vực (trạm có R lớn nhất được gạch chân)

STT	Trạm	R	STT	Trạm	R
1	Tam Đường	0,71	6	Văn Lí	0,90
	Sin Hồ	0,77		Nam Định	0,66
	Than Uyên	0,75		Ninh Bình	0,55
	Tuần Giáo	0,76		Chí Linh	0,83
	Điện Biên	0,77		Nho Quan	<u>0,98</u>
	Sơn La	0,79		Bắc Giang	0,77
	Pha Đin	<u>0,83</u>	7	Hồi Xuân	0,80
2	Sông Mã	0,80		Thanh Hóa	0,79
	Mai Châu	<u>0,91</u>		Quỳnh Lưu	0,64
	Mộc Châu	0,85		Hòn Ngu	<u>0,83</u>
	Phù Yên	0,69		Vinh	0,78
	Lạc Sơn	0,88		Quý Châu	0,61
3	Hà Giang	0,61		Hà Tĩnh	0,75
	Bảo Lạc	0,66		Kỳ Anh	0,82
	Yên Bái	0,73		Hương Sơn	0,76
	Tuyên Quang	0,74		Đông Hới	0,67
	Chiêm Hóa	0,76	Đông Hà	0,70	
	Sa Pa	0,80	8	Đà Nẵng	0,66
	Phú Hộ	0,79		Quảng Ngãi	0,78
	Hàm Yên	<u>0,86</u>		Trà My	0,71
	Bắc Hà	0,58		Quy Nhơn	<u>0,83</u>
	Bắc Quang	0,39		Tuy Hòa	0,77
4	Lạng Sơn	0,80		Nha Trang	0,78
	Bắc Cạn	0,78		Phan Thiết	0,69
	Hữu Lũng	0,72		9	Kon Tum
	Thái Nguyên	0,71	Đắc Nông		0,70
	Vĩnh Yên	0,76	Buôn Mê Thuột		0,51

STT	Trạm	R	STT	Trạm	R
	Thất Khê	0,76		Đà Lạt	0,62
	Cao Bằng	0,64		Bảo Lộc	<u>0,88</u>
	Tam Đảo	<u>0,86</u>		Ba Tri	0,67
5	Móng Cái	<u>0,91</u>	10	Bạc Liêu	0,68
	Tiên Yên	0,86		Mỹ Tho	<u>0,72</u>
	Cửa Ông	0,83		Cao Lãnh	0,71
	Cô Tô	0,89		Rạch Giá	0,69
	Bạch Long Vĩ	0,82			

Theo tiêu chí 2, chúng tôi chọn được 10 trạm có hệ số tương quan cao nhất trong khu vực đại diện cho 10 khu vực để phản ánh sự biến đổi tổng lượng mưa năm như được dẫn ra trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm được chọn theo tiêu chí 2

STT	Tên trạm	STT	Tên trạm
1	Pha Đin	6	Nho Quan
2	Mai Châu	7	Hòn Ngu
3	Móng Cái	8	Quy Nhơn
4	Hàm Yên	9	Bảo Lộc
5	Tam Đảo	10	Mỹ Tho

Như vậy, căn cứ vào hai tiêu chí này, chúng tôi chọn được tất cả 25 trạm khí tượng để giám sát sự biến đổi tổng lượng mưa năm trên phạm vi cả nước.

3. Xác định trạm giám sát biến đổi của nhiệt độ trung bình năm

Như đã thấy trong bảng 4.2, khác với hệ số góc của tổng lượng mưa năm, hệ số góc của nhiệt độ trung bình năm đều dương ở tất cả các trạm. Tuy nhiên, hệ số góc của những trạm khác nhau có những giá trị khác nhau.

Cấp của hệ số góc được phân theo các khoảng khác nhau, biên độ của các khoảng này là giống nhau và được lấy dựa trên “Kịch bản BĐKH và nước biển dâng năm 2012”. Nếu chiếu theo kịch bản BĐKH, nhìn chung xu thế tăng nhiệt độ trung bình

là $0,5^0-0,9^0C/50$ năm. Với bộ số liệu từ 1971-2010 (40 năm), đề tài đề xuất mức tăng nhiệt độ trung bình là $0,6^0/40$ năm. Như vậy, biên độ dao động của hệ số xu thế trung bình là $\Delta a = 0,015$. Với kết quả từ bảng 4.5, theo biên độ dao động của hệ số xu thế, đề tài đã phân làm 3 cấp độ: mức tăng nhiệt độ thấp (có hệ số 0,004-0,019), trung bình (có hệ số 0,019-0,034) và cao (có hệ số 0,034-0,049). Từ đó thống kê số lượng các trạm trong các vùng khí hậu theo các cấp này. Kết quả phân cấp được dẫn ra trong bảng 4.6.

Bảng 4.6. Phân cấp hệ số góc đối với nhiệt độ trung bình tại các trạm cơ sở

Vùng khí hậu	Cấp hệ số góc		
	0,004-0,019	0,019-0,034	0,034-0,049
B-I	Mường Tè	Tam Đường	Phù Yên
	Pha Đin	Sìn Hồ	
		Than Uyên	
		Tuần Giáo	
		Điện Biên	
		Sông Mã	
		Mai Châu	
		Mộc Châu	
		Sơn La	
		Yên Châu	
		Lạc Sơn	
B-II	Sa Pa	Móng Cái	Vĩnh Yên
	Phú Hộ	Tiên Yên	Bắc Hà
		Cửa Ông	
		Cô Tô	
		Bạch Long Vĩ	
		Lạng Sơn	
		Bắc Cạn	
		Sơn Động	
		Hữu Lũng	
		Chợ Rã	

Vùng khí hậu	Cấp hệ số góc			
	0,004-0,019	0,019-0,034	0,034-0,049	
		Thái Nguyên		
		Thất Khê		
		Cao Bằng		
		Hà Giang		
		Bảo Lạc		
		Yên Bái		
		Tuyên Quang		
		Chiêm Hóa		
		Hoàng Su Phì		
		Hàm Yên		
		Tam Đảo		
		Bắc Quang		
	B-III	Bắc Giang	Phù Lễn	
			Văn Lí	
		Nam Định		
		Ninh Bình		
		Chí Linh		
		Nho Quan		
		Ba Vì		
B-IV	Tuyên Hóa	Hồi Xuân		
	Huế	Thanh Hóa		
		Quỳnh Lưu		
		Hòn Ngu		
		Vinh		
		Tương Dương		
		Quỳ Châu		
		Hà Tĩnh		
		Kỳ Anh		
		Hương Sơn		

Vùng khí hậu	Cấp hệ số góc		
	0,004-0,019	0,019-0,034	0,034-0,049
		Đông Hới	
		Đông Hà	
N-I	Đà Nẵng		
	Quảng Ngãi		
	Trà My		
	Quy Nhơn		
	Tuy Hòa		
	Nha Trang		
	Phan Thiết		
N-II	Liên Khương	Pleiku	
		Kon Tum	
		Đắc Nông	
		Buôn Ma Thuột	
		Đà Lạt	
		Bảo Lộc	
N-III	Ba Tri	Tây Ninh	
	Bạc Liêu	Côn Đảo	
	Mỹ Tho	Phú Quốc	
	Cao Lãnh		
	Rạch Giá		

Căn cứ vào tiêu chí 1 và dựa vào bảng 4.6 ta có thể chọn được những trạm đại diện để giám sát biến đổi của nhiệt độ trung bình năm, đó là những trạm có hệ số góc khác với những trạm trong vùng. Kết quả lựa chọn như sau:

- Đối với vùng khí hậu B-I, nhiệt độ tại hai trạm Mường Tè và Pha Đin có xu thế tăng thấp, trạm Phù Yên có xu thế tăng cao và 11 trạm còn lại có xu thế tăng trung bình. Vì vậy, chúng tôi chọn trạm Mường Tè, Pha Đin và Phù Yên để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.
- Đối với vùng khí hậu B-II, nhiệt độ tại hai trạm Sa Pa và Phú Hộ có xu thế tăng thấp, hai trạm Vĩnh Yên và Bắc Hà có xu thế tăng cao và 22 trạm còn lại có xu

thể tăng trung bình. Vì vậy, chúng tôi chọn bốn trạm Sa Pa, Phú Hộ, Vĩnh Yên và Bắc Hà để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.

- Đối với vùng khí hậu B-III, nhiệt độ tại trạm Bắc Giang có xu thế tăng thấp và 7 trạm còn lại có xu thế tăng trung bình. Vì vậy, chúng tôi chọn trạm Bắc Giang để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.
- Đối với vùng khí hậu B-IV, nhiệt độ tại hai trạm Tuyên Hóa và Huế có xu thế tăng thấp và 12 trạm còn lại có xu thế tăng trung bình. Vì vậy, chúng tôi chọn hai trạm Tuyên Hóa và Huế để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.
- Đối với vùng khí hậu N-I, nhiệt độ tại tất cả các trạm đều có xu thế tăng thấp. Vì vậy, theo tiêu chí 1, chúng tôi không chọn trạm nào để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.
- Đối với vùng khí hậu N-II, nhiệt độ tại trạm Liên Khương có xu thế tăng thấp và 6 trạm còn lại có xu thế tăng trung bình. Vì vậy, chúng tôi chọn trạm Liên Khương để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.
- Đối với vùng khí hậu N-III, nhiệt độ tại 5 trạm Ba Tri, Mỹ Tho, Bạc Liêu, Cao Lãnh và Rạch Giá có xu thế tăng thấp và 3 trạm còn lại là các trạm Tây Ninh, Côn Đảo và Phú Quốc có xu thế tăng trung bình. Vì vậy, ở đây, chúng tôi cũng chọn Tây Ninh, Côn Đảo và Phú Quốc đại diện cho các khu vực: đất liền và biển, trong đó biển có biển Đông và biển Tây để giám sát sự biến đổi nhiệt độ trung bình năm.

Tổng hợp kết quả lựa chọn trạm giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình năm theo tiêu chí 1 được dẫn ra trong bảng 4.7.

Bảng 4.7. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình được chọn theo tiêu chí 1

STT	Tên trạm	STT	Tên trạm
1	Mường Tè	8	Bắc Giang
2	Pha Đìn	9	Tuyên Hóa
3	Phù Yên	10	Huế
4	Sa Pa	11	Liên Khương
5	Phú Hộ	12	Tây Ninh
6	Vĩnh Yên	13	Côn Đảo
7	Bắc Hà	14	Phú Quốc

Như vậy, theo tiêu chí 1, có 14 trạm khí tượng được chọn để giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình năm trên toàn lãnh thổ.

Căn cứ vào tiêu chí 2, tiêu chí lựa chọn trạm đại diện cho vùng, trạm có quan hệ tốt nhất (hệ số tương quan lớn nhất) với trung bình chung của vùng. Kết quả tính toán hệ số tương quan được dẫn ra trong bảng 4.8.

Bảng 4.8. Kết quả tính hệ số tương quan R nhiệt độ trung bình năm giữa các trạm với trung bình chung của từng khu vực (trạm có R lớn nhất được gạch chân)

Vùng	Trạm	R	Vùng	Trạm	R
B-I	Tam Đường	0,83		Nam Định	0,97
	Sìn Hồ	0,92		Ninh Bình	0,97
	Mường Tè	0,79		Chí Linh	0,89
	Than Uyên	0,71		Nho Quan	0,96
	Tuần Giáo	0,74		Ba Vì	0,91
	Điện Biên	<u>0,93</u>		Bắc Giang	0,92
	Sông Mã	0,87	B-IV	Hồi Xuân	0,86
	Sơn La	0,92		Thanh Hóa	<u>0,90</u>
	Mai Châu	0,91		Quỳnh Lưu	0,86
	Yên Châu	0,92		Hòn Ngu	0,79
	Pha Đin	0,87		Vinh	0,77
	Mộc Châu	0,85		Tương Dương	0,86
	Phù Yên	0,86		Quỳ Châu	0,86
	Lạc Sơn	0,92		Hà Tĩnh	0,84
B-II	Móng Cái	0,96		Kỳ Anh	0,64
	Tiên Yên	<u>0,98</u>		Hương Sơn	0,65
	Cửa Ông	0,96		Tuyên Hóa	0,76
	Cô Tô	0,94		Đông Hới	0,84
	Bạch Long Vĩ	0,95		Đông Hà	0,75
	Lạng Sơn	0,84		Huế	0,77
	Bắc Kạn	0,84	N-I	Đà Nẵng	0,88
	Sơn Động	0,91		Quảng Ngãi	<u>0,93</u>
	Hữu Lũng	0,94		Trà My	0,76

Vùng	Trạm	R	Vùng	Trạm	R	
	Chợ Rã	0,96		Quy Nhơn	0,56	
	Thái Nguyên	0,96		Tuy Hòa	0,91	
	Vĩnh Yên	0,91		Nha Trang	<u>0,93</u>	
	Thất Khê	0,95		Phan Thiết	0,66	
	Cao Bằng	0,94	N-II	Pleiku	0,73	
	Hà Giang	0,94		Kon Tum	0,55	
	Bảo Lạc	0,89		Đắk Nông	0,67	
	Yên Bái	0,97		Buôn Ma Thuột	0,65	
	Tuyên Quang	0,88		Liên Khương	0,68	
	Chiêm Hóa	0,92		Đà Lạt	<u>0,75</u>	
	Hoàng Su Phì	0,87		Bảo Lộc	0,60	
	Sa Pa	0,84		Ba Tri	0,87	
		Phú Hộ	0,89	N-III	Bạc Liêu	0,94
		Hàm Yên	0,92		Tây Ninh	0,94
		Bắc Hà	0,82		Mỹ Tho	0,91
		Tam Đảo	0,88		Cao Lãnh	<u>0,96</u>
Bắc Quang		0,87	Côn Đảo		0,95	
B-III		Phủ Liễn	0,97		Phú Quốc	0,94
		Văn Lý	<u>0,98</u>		Rạch Giá	0,81

Theo tiêu chí 2, chúng tôi chọn được những trạm để giám sát sự biến đổi của nhiệt độ như được dẫn ra trong bảng 4.9.

Bảng 4.9. Danh sách trạm giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình năm được chọn theo tiêu chí 2

STT	Tên trạm	STT	Tên trạm
1	Điện Biên	5	Quảng Ngãi
2	Tiên Yên	6	Nha Trang
3	Văn Lý	7	Đà Lạt
4	Thanh Hóa	8	Cao Lãnh

Từ bảng 4.9 ta thấy, trên 7 vùng khí hậu chọn được 7 trạm, nhưng riêng vùng khí hậu N-II có hai trạm có hệ số tương quan bằng nhau cao nhất vùng, đó là trạm

Quảng Ngãi và Nha Trang với giá trị lên tới 0,93 nên chúng tôi chọn cả hai trạm. Như vậy, theo tiêu chí 2, chúng tôi chọn được 8 trạm làm trạm giám sát biến đổi nhiệt độ trung bình.

Như vậy, căn cứ vào cả hai tiêu chí này, chúng tôi chọn được tất cả 22 trạm khí tượng để giám sát sự biến đổi của nhiệt độ trung bình năm trên phạm vi cả nước.

4. Đề xuất khung mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

Tổng hợp cả hai loại trạm giám sát biến đổi của tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm, đồng thời tính đến những trạm trùng nhau cho cả hai yếu tố này (từ nay được gọi chung là trạm giám sát BĐKH), ta có kết quả mạng lưới giám sát BĐKH gồm 39 trạm như được dẫn ra trong bảng 4.10 và hình 4.12.

Bảng 4.10. Danh sách trạm được chọn để giám sát BĐKH

STT	Trạm	STT	Trạm
1	Mường Tè	21	Văn Lý
2	Điện Biên	22	Nho Quan
3	Yên Châu	23	Thanh Hóa
4	Pha Đin	24	Tương Dương
5	Mai Châu	25	Hòn Ngự
6	Phù Yên	26	Tuyên Hóa
7	Sa Pa	27	Huế
8	Hoàng Su Phì	28	Quảng Ngãi
9	Hàm Yên	29	Quy Nhơn
10	Sơn Động	30	Nha Trang
11	Bắc Hà	31	Pleiku
12	Chợ Rã	32	Đà Lạt
13	Phú Hộ	33	Liên Khương
14	Vĩnh Yên	34	Bảo Lộc
15	Tam Đảo	35	Tây Ninh
16	Móng Cái	36	Mỹ Tho
17	Tiên Yên	37	Cao Lãnh
18	Phù Liễn	38	Côn Đảo
19	Ba Vì	39	Phú Quốc
20	Bắc Giang		



Hình 4.12. Mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

5. Đánh giá mật độ mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

Để đảm bảo tính phù hợp về mật độ lưới trạm, với số lượng trạm đã lựa chọn như trên, chúng tôi đã tiến hành đánh giá mật độ mạng lưới trạm này dựa trên cơ sở hàm cấu trúc. Trên cơ sở lí luận của hàm cấu trúc, với bộ số liệu đặc trưng của lượng

mưa và nhiệt độ từ năm 1971-2010 của 39 trạm khí tượng đã được chọn làm trạm giám sát BĐKH, đồng thời lựa chọn sai số nội suy về lượng mưa không quá là 10% và nhiệt độ không quá 0,1⁰C tức là:

$$\sqrt{E_x} = 0,1.X \text{ và } \sqrt{E_t} = 0,1$$

trong đó: E_x là sai số nội suy về lượng mưa, E_t sai số nội suy về nhiệt độ, X là lượng mưa tại các trạm nội suy.

Việc đánh giá mật độ mạng lưới trạm này dựa trên hàm cấu trúc là xem xét sự phù hợp của mật độ lưới trạm dựa vào hệ số tương quan không gian giữa khoảng cách trạm với trị số hàm cấu trúc tương ứng với mức sai số nội suy đã chọn. Nếu hệ số tương quan giữa 2 trạm trong hàm hồi quy tuyến tính cao thì quan hệ không gian giữa 2 trạm là chặt chẽ, đảm bảo sự phù hợp về mật độ. Kết quả tính toán được dẫn ra trong bảng 4.11.

Như vậy, từ bảng 4.11 ta thấy, tất các vùng với số lượng trạm đã lựa chọn đều đảm bảo sự phù hợp về mật độ mạng lưới trạm để giám sát sự biến đổi của tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm.

4.4 Đề xuất khung mạng lưới trạm hải văn giám sát mực nước biển dâng

Từ chuỗi số liệu tại các trạm hải văn đã nói trong chương 2, đề tài đã tính toán tốc độ biến thiên của mực nước biển trung bình năm tại các trạm hải văn như được dẫn ra trong bảng 4.12. Từ bảng 4.12 ta thấy, số lượng trạm được chọn đại diện cho 7 vùng có tính chất triều khác nhau.

Tiến hành tính hệ số tương quan giữa các cặp trạm liền kề trong một vùng có cùng tính chất triều (bảng 4.13) ta thấy, trong vùng nhật triều đều phía bắc, chúng tôi chọn trạm Cửa Ông và trạm Hòn Dấu, bởi vì trạm Cửa Ông có hệ số góc lớn nhất vùng này (lên đến 0,292), trạm Hòn Dấu có quan hệ tốt với trạm Bãi Cháy và trạm Sầm Sơn nên chọn trạm Hòn Dấu (ngoài ra, trạm Hòn Dấu còn là trạm cao trình 0.0 hệ cao độ quốc gia).

Trong vùng bán nhật triều không đều miền Trung, hệ số tương quan giữa hai trạm Cồn Cỏ và Sơn Trà là 0,82 và hệ số góc của trạm Sơn Trà lớn hơn nên chúng tôi chọn trạm Sơn Trà.

Trong vùng nhật triều không đều tiếp theo hệ số tương quan giữa các cặp trạm đều nhỏ hơn 0,8 nhiều, lớn nhất chỉ là 0,66 nên cả 4 trạm Lý Sơn, Phú Quý, DK1 và Trường Sa đều được chọn.

Trong vùng bán nhật triều không đều tiếp theo, hệ số tương quan giữa hai trạm Vũng Tàu và Côn Đảo có hệ số tương quan lớn nên chúng tôi chọn trạm Vũng Tàu vì hệ số góc của trạm này lớn nhất cả nước.

Bảng 4.11. Phương trình hồi quy hàm cấu trúc tổng lượng mưa năm và nhiệt độ trung bình năm của mạng lưới trạm giám sát BĐKH gồm 39 trạm

Vùng	Đặc trưng	Phương trình hồi quy hàm cấu trúc	Hệ số R
B1	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 253.16 + 0.4114 * l$	0,83
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 0.38 + 0.0044 * l$	0,89
B2	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 25.19 + 4.7602 * l$	0,78
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 0.21 + 0.0013 * l$	0,87
B3	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 12.45 + 0.0490 * l$	0,54
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = -0.11 + 0.0039 * l$	0,78
B4	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 5.37 + 0.0145 * l$	0,66
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 8.86 - 0.0046 * l$	0,98
N1	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 2.23 + 0.0038 * l$	0,59
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 1.54 - 0.0007 * l$	0,87
N2	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 11.38 + 0.0286 * l$	0,54
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 24.36 - 0.0620 * l$	0,85
N3	Tổng lượng mưa năm	$\bar{b}_f = 18.20 + 0.0605 * l$	0,66
	Nhiệt độ trung bình năm	$\bar{b}_f = 0.47 - 0.0018 * l$	0,85

Bảng 4.12. Tốc độ biến thiên của mực nước biển trung bình năm

STT	Trạm	Hệ số góc	Vùng triều
1	Cửa Ông	0,292	Nhật triều đều
2	Bãi Cháy	0,018	Nhật triều đều
3	Hòn Dấu	0,108	Nhật triều đều
4	Bạch Long Vĩ	-0,004	Nhật triều đều
5	Sầm Sơn	0,009	Nhật triều đều

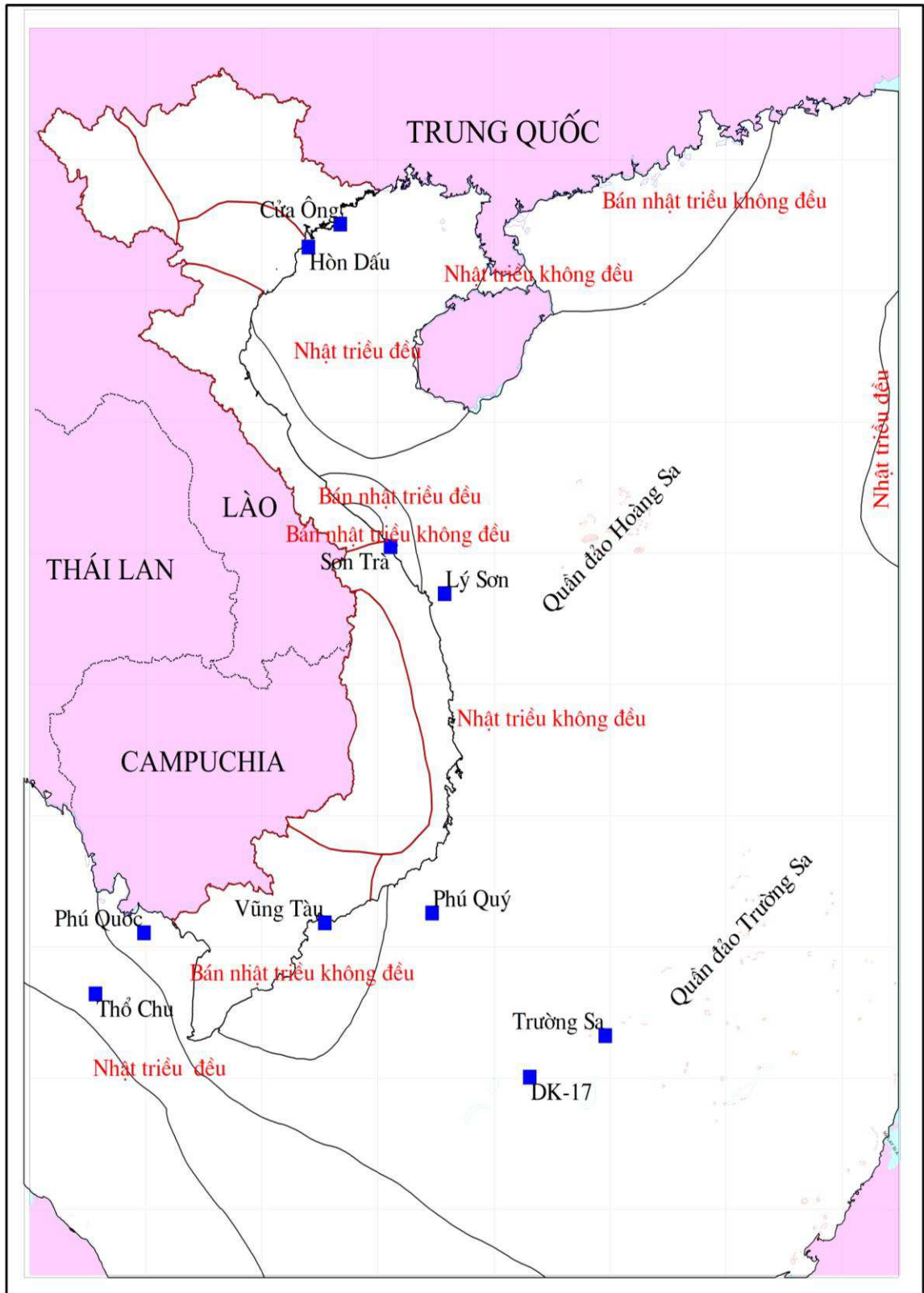
STT	Trạm	Hệ số góc	Vùng triều
6	Hòn Ngur	-0,118	Nhật triều không đều
7	Cồn Cỏ	0,082	Bán nhật triều không đều
8	Sơn Trà	0,147	Bán nhật triều không đều
9	Lý Sơn	0,042	Nhật triều không đều
10	Quy Nhơn	-0,018	Nhật triều không đều
11	Phú Quý	0,003	Nhật triều không đều
12	Trường Sa	0,027	Nhật triều không đều
13	DK1	0,057	Nhật triều không đều
14	Vũng Tàu	0,371	Bán nhật triều không đều
15	Côn Đảo	0,011	Bán nhật triều không đều
16	Thỏ Chu	0,008	Nhật triều đều
17	Phú Quốc	0,008	Nhật triều không đều

Bảng 4.13. Hệ số tương quan mực nước biển giữa các cặp trạm

STT	Cặp trạm	Hệ số tương quan (R)
1	Cửa Ông - Bãi Cháy	0,81
2	Bãi Cháy - Hòn Dấu	0,83
3	Hòn Dấu - Sầm Sơn	0,85
4	Cồn Cỏ - Sơn Trà	0,82
5	Lý Sơn - Phú Quý	0,66
6	Phú Quý - Trường Sa	0,54
7	Trường Sa - DK1	0,23
8	Vũng Tàu - Côn Đảo	0,92

Vùng nhật triều đều phía nam chỉ có trạm Thỏ Chu và vùng nhật triều không đều cuối cùng chỉ có trạm Phú Quý nên cả hai trạm này đều được chọn.

Ngoài ra, giữa những trạm trong một vùng có cùng tính chất triều có hệ số tương quan nhỏ hơn 0,8 thì phải tăng thêm ít nhất là một trạm ở giữa hai trạm trên. Như vậy, đề tài đã chọn được mạng lưới trạm hải văn phục vụ giám sát mực nước biển dâng và đề xuất xây dựng thêm trạm mới như được dẫn ra trong bảng 4.14 và hình 4.13.



Hình 4.13. Mạng lưới trạm hải văn giám sát MNBD

4.5 Đề xuất xây dựng mới trạm khí tượng giám sát biến đổi khí hậu

Như đã nói trong chương 1, việc xây dựng thêm những trạm khí tượng giám sát BĐKH là một việc làm cần thiết nên một số nước đã thực hiện, bởi vì sự phát triển KTXH đã, đang và sẽ làm thay đổi môi trường sống rất nhiều, làm ảnh hưởng số liệu của các trạm khí tượng gần kề; và ngay cả những trạm hiện chưa bị ảnh hưởng của sự thay đổi địa phương thì liệu trong tương lai, khi sự phát triển KTXH vẫn đang có xu thế ngày càng mạnh, môi trường xung quanh của trạm này có bị biến đổi.

Bảng 4.14. Danh sách trạm khí tượng hải văn giám sát nước biển dâng

STT	Tên trạm	Ghi chú
1	Cửa Ông	Tăng mạnh
2	Hòn Dấu	Tăng mạnh
3	Sơn Trà	Tăng mạnh
4	Lý Sơn	Tương quan kém, cần bổ sung thêm ít nhất là một trạm
5	Phú Quý	
6	Trường Sa	Tương quan kém nhưng khó bổ sung trạm
7	DK-17	
8	Vũng Tàu	Tăng mạnh
9	Thổ Chu	
10	Phú Quốc	

Vì vậy, việc xác định được những điểm ít có khả năng bị biến đổi môi trường xung quanh nhất để xây dựng mới trạm khí tượng giám sát BĐKH có ý nghĩa rất lớn trong việc giám sát BĐKH. Trong đề tài này, chúng tôi chọn những điểm như vườn quốc gia, khu dự trữ sinh quyển để đề xuất những địa điểm có thể xây dựng mới những trạm giám sát BĐKH trong tương lai (bảng 4.15).

Tóm lại, nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH ở Việt Nam, đề tài đã đề xuất được một mạng lưới trạm gồm 39 trạm khí tượng để giám sát BĐKH và 9 trạm hải văn giám sát MNBD. Bên cạnh đó, đề tài cũng đề xuất được xây dựng mới tại những điểm thuộc 32 điểm trong khu vực vườn quốc gia, khu dự trữ sinh quyển để giám sát BĐKH và đề xuất ít nhất là một trạm hải văn để giám sát MNBD.

Bảng 4.15. Danh sách vườn quốc gia và khu dự trữ sinh quyển được đề xuất xây dựng mới trạm khí tượng giám sát BĐKH

STT	Tên vườn	Năm thành lập	Diện tích (ha)	Địa điểm
1	Bái Tử Long	2001	15.783	Quảng Ninh
2	Ba Bể	1992	7.610	Bắc Kạn
3	Tam Đảo	1986	36.883	Vĩnh Phúc, Thái Nguyên, Tuyên Quang
4	Xuân Sơn	2002	15.048	Phú Thọ
5	Hoàng Liên	1996	38.724	Lai Châu, Lào Cai
6	Cát Bà	1986	15.200	Hải Phòng
7	Xuân Thủy	2003	7.100	Nam Định
8	Ba Vì	1991	6.986	Hà Nội
9	Cúc Phương	1966	22.200	Ninh Bình, Thanh Hóa, Hòa Bình
10	Bến En	1992	16.634	Thanh Hóa
11	Pù Mát	2001	91.113	Nghệ An
12	Vũ Quang	2002	55.029	Hà Tĩnh
13	Phong Nha-Kẻ Bàng	2001	85.754	Quảng Bình
14	Bạch Mã	1991	22.030	Thừa Thiên-Huế
15	Phước Bình	2006	19.814	Ninh Thuận
16	Núi Chúa	2003	29.865	Ninh Thuận
17	Chư Mom Ray	2002	56.621	Kon Tum
18	Kon Ka Kinh	2002	41.780	Gia Lai
19	Yok Đôn	1991	115.545	Đắk Lắk
20	Chư Yang Sin	2002	58.947	Đắk Lắk
21	Bidoup Núi Bà	2004	64.800	Lâm Đồng
22	Cát Tiên	1992	73.878	Đồng Nai, Lâm Đồng, Bình Phước
23	Bù Gia Mập	2002	26.032	Bình Phước

STT	Tên vườn	Năm thành lập	Diện tích (ha)	Địa điểm
24	Lò Gò Xa Mát	2002	18.765	Tây Ninh
25	Côn Đảo	1993	15.043	Bà Rịa-Vũng Tàu
26	Tràm Chim	1994	7.588	Đồng Tháp
27	Mũi Cà Mau	2003	41.862	Cà Mau
28	U Minh Hạ	2006	8.286	Cà Mau
29	U Minh Thượng	2002	8.053	Kiên Giang
30	Phú Quốc	2001	31.422	Kiên Giang
31	Cù Lao Chàm	2009	37100	Quảng Nam
32	Cần Giờ	2000	75.740	Cần Giờ

Chương 5.

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GÓP PHẦN NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN VÀ HẢI VĂN

5.1 Đặt vấn đề

Trong điều kiện BĐKH, các nhà khoa học khuyến cáo rằng, việc nghiên cứu phát triển công nghệ dự báo cần thực hiện theo các hướng sau:

- Tăng số lượng và nâng cao chất lượng thông tin dữ liệu KTTV đầu vào của các mô hình dự báo trên cơ sở hiện đại hóa phương pháp quan trắc, công nghệ thu thập, xử lý số liệu và cấy dây mạng lưới quan trắc;
- Tiếp tục nghiên cứu các qui luật của hoàn lưu khí quyển, sự di chuyển và phát triển của các thành phần synop; phát triển lí thuyết về sự phát triển của các quá trình khí quyển và sự thay đổi của thời tiết trong điều kiện BĐKH;
- Hoàn thiện phương pháp dự báo hình thể synop và điều kiện thời tiết bằng cách nghiên cứu sử dụng số liệu quan trắc phi truyền thống (vệ tinh, radar,...) và sản phẩm dự báo số trị; phối hợp số liệu quan trắc truyền thống phân tích chi tiết hơn các nhân tố quyết định sự phát triển quá trình khí quyển và sự thay đổi của thời tiết;
- Nâng cao chất lượng dự báo mưa và đẩy mạnh nghiên cứu quy luật mưa- dòng chảy cũng như diễn thế dòng chảy trên sông trong điều kiện mặt đệm có nhiều thay đổi, xây dựng nhiều hồ chứa;
- Đặc biệt chú ý phát triển hoàn thiện phương pháp dự báo số trị theo hướng sử dụng hệ phương trình xuất phát (nguyên thủy) đầy đủ, mô tả đầy đủ hơn trạng thái ban đầu của khí quyển, của lưu vực sông, của dòng chảy trên sông và tăng số lượng các nhân tố KTTV, thủy lực đầu vào;
- Phát triển phương pháp dự báo thống kê theo hướng khai thác sử dụng các sản phẩm của dự báo số trị (thống kê sau mô hình);
- Triển khai nghiên cứu đặc điểm địa phương của các quá trình khí quyển trên cơ sở tính toán các nhân tố hoàn lưu gắn với một vùng địa lí cụ thể. Phát triển nghiên cứu khí tượng synop địa phương thực sự là một tiềm năng nâng cao chất lượng dự báo thời tiết;
- Đẩy mạnh nghiên cứu đặc điểm địa phương của các lưu vực sông, đặc điểm quá trình tập trung nước và ảnh hưởng của hệ thống hồ chứa tới dòng chảy hạ du;

- Tổng kết kinh nghiệm của các dự báo viên tác nghiệp trong mục tiêu nâng cao hiệu quả sử dụng dự báo KTTV trong hoạt động kinh tế quốc dân với yêu cầu không ngừng nâng cao chất lượng dự báo.

Từ những đánh giá hiện trạng mạng lưới quan trắc và công tác dự báo KTTV của Việt Nam đã trình bày trong chương 3, có thể nhận thấy rằng, một trong những nguyên nhân làm hạn chế chất lượng dự báo KTTV nói chung, của mô hình số trên lãnh thổ nước ta nói riêng, là do mạng lưới trạm quan trắc còn quá thưa, công nghệ quan trắc và truyền số liệu còn lạc hậu và thiếu đồng bộ.

Trong phạm vi đề tài này, chúng tôi bước đầu nghiên cứu cơ sở khoa học phát triển, mở rộng và hiện đại hóa mạng lưới quan trắc nhằm mục đích nâng cao chất lượng dự báo KTTV, phục vụ phòng chống thiên tai.

5.2 Cơ sở khoa học phát triển mạng lưới trạm quan trắc khí tượng phục vụ dự báo

Để có cơ sở khoa học đề xuất khung phát triển, mở rộng mạng lưới trạm quan trắc khí tượng, tăng cường số liệu đầu vào, nhằm nâng cao chất lượng dự báo, trong đề tài này nhóm nghiên cứu thực hiện các thử nghiệm theo phương pháp giả lập hệ thống quan trắc OSSE (**O**bservation **S**imulation **S**ystem **E**xperiment). Đây là phương pháp sử dụng mô hình số để khảo sát các kịch bản phát triển mạng lưới trạm quan trắc, trên cơ sở đánh giá ảnh hưởng của số liệu đầu vào tới chất lượng dự báo bằng phương pháp số trị, đang được các chuyên gia trên thế giới sử dụng phổ biến hiện nay.

Đề tài sử dụng mô hình WRFARW để tạo ra NR (mô phỏng khí quyển) quy mô địa phương với độ phân giải cao hơn, điều kiện biên và ban đầu được lấy từ số liệu FNL (**F**iNal **A**na**L**ysis), độ phân giải $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ cập nhật số liệu quan trắc sau mỗi 6 giờ. Đồng thời cũng sử dụng mô hình WRFARW để tạo ra CR (dự báo khi chưa có sự đồng hóa số liệu giả lập với số liệu thực) và các thử nghiệm EXP (dự báo khi thực hiện đồng hóa số liệu giả lập với số liệu thực theo các kịch bản khác nhau), điều kiện biên và ban đầu là số liệu GFS từ NCEP được cập nhật số liệu quan trắc sau mỗi 6 giờ với độ phân giải $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$.

5.2.1. Thiết kế các kịch bản tăng cường trạm quan trắc khí tượng thử nghiệm

1. Mạng lưới trạm khí tượng bề mặt trên đất liền

Như đã đặt vấn đề, trong điều kiện hiện trạng của Việt Nam, để từng bước nâng cao chất lượng dự báo KTTV, việc bổ sung các trạm quan trắc là điều cần thiết.

Tuy nhiên, để tiến tới xây dựng được một mạng lưới quan trắc tối ưu, phục vụ hiệu quả nhất cho công tác dự báo, đòi hỏi phải có bước đi thích hợp, phù hợp với điều kiện đầu tư của Nhà nước. Vì vậy, trong đề này chúng tôi đề xuất thực hiện khảo sát theo ba kịch bản với 3 cấp mật độ trạm khác nhau được dẫn ra trong bảng 5.2.

Bảng 5.1. Tóm tắt thông tin về phương pháp thử nghiệm giả lập hệ thống quan trắc (OSSE)

Trường hợp	Mục đích	Điều kiện biên và điều kiện ban đầu	Đồng hóa số liệu
Nature Run	Mô phỏng khí quyển nhằm cung cấp <u>các số liệu quan trắc giả lập</u> .	Số liệu FNL ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$) (số liệu phân tích cuối cùng của NCEP) được cập nhật số liệu quan trắc sau mỗi 6 giờ	Không
Control Run	Thực hiện dự báo khi <i>chưa</i> đồng hóa các số liệu quan trắc giả lập	Số liệu dự báo GFS ($0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$) được cập nhật số liệu quan trắc sau mỗi 6 giờ	Không
Thử nghiệm (EXP)	Thực hiện dự báo khi <i>có</i> đồng hóa các số liệu quan trắc giả lập	Số liệu dự báo GFS ($0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$) được cập nhật số liệu quan trắc sau mỗi 6 giờ	Có (đồng hóa số liệu quan trắc giả lập được trích từ Nature Run bằng phương pháp nội suy từ lưới về trạm, theo từng thời điểm dự báo)

Nguyên tắc xác định số lượng và vị trí trạm bổ sung được thực hiện như sau:

- Lãnh thổ Việt Nam được chia thành những ô lưới tương ứng lưới tính của mô hình có độ phân giải: $50\text{km} \times 50\text{km}$, $30\text{km} \times 30\text{km}$ và $20\text{km} \times 20\text{km}$;
- Các ô lưới hiện không có trạm khí tượng sẽ được tự động thêm một trạm;
- Khi xác định vị trí trạm bổ sung trong ô lưới cần tham khảo vị trí các trạm hiện

có và đồng bộ với vị trí các trạm bổ sung ở các ô lưới liền kề, sao cho mạng lưới trạm phân bố đều trên toàn lãnh thổ.

Bảng 5.2. Thông tin tóm tắt về các kịch bản thử nghiệm tăng cường mật độ trạm

Tên kịch bản thử nghiệm	Nội dung kịch bản
EXP1	Tăng mật độ trạm sao cho ít nhất có 1 trạm trong một ô lưới có kích thước 50km × 50km
EXP2	Tăng mật độ trạm sao cho ít nhất có 1 trạm trong một ô lưới có kích thước 30km × 30km
EXP3	Tăng mật độ trạm sao cho ít nhất có 1 trạm trong một ô lưới có kích thước 20km × 20km

Các hình từ 5.1 đến 5.3 là bản đồ mạng lưới trạm đã được bổ sung theo nguyên tắc trên, trong đó, các trạm hiện có được thể hiện bằng các chấm màu đen, các trạm giả lập được thể hiện bằng các chấm màu đỏ.

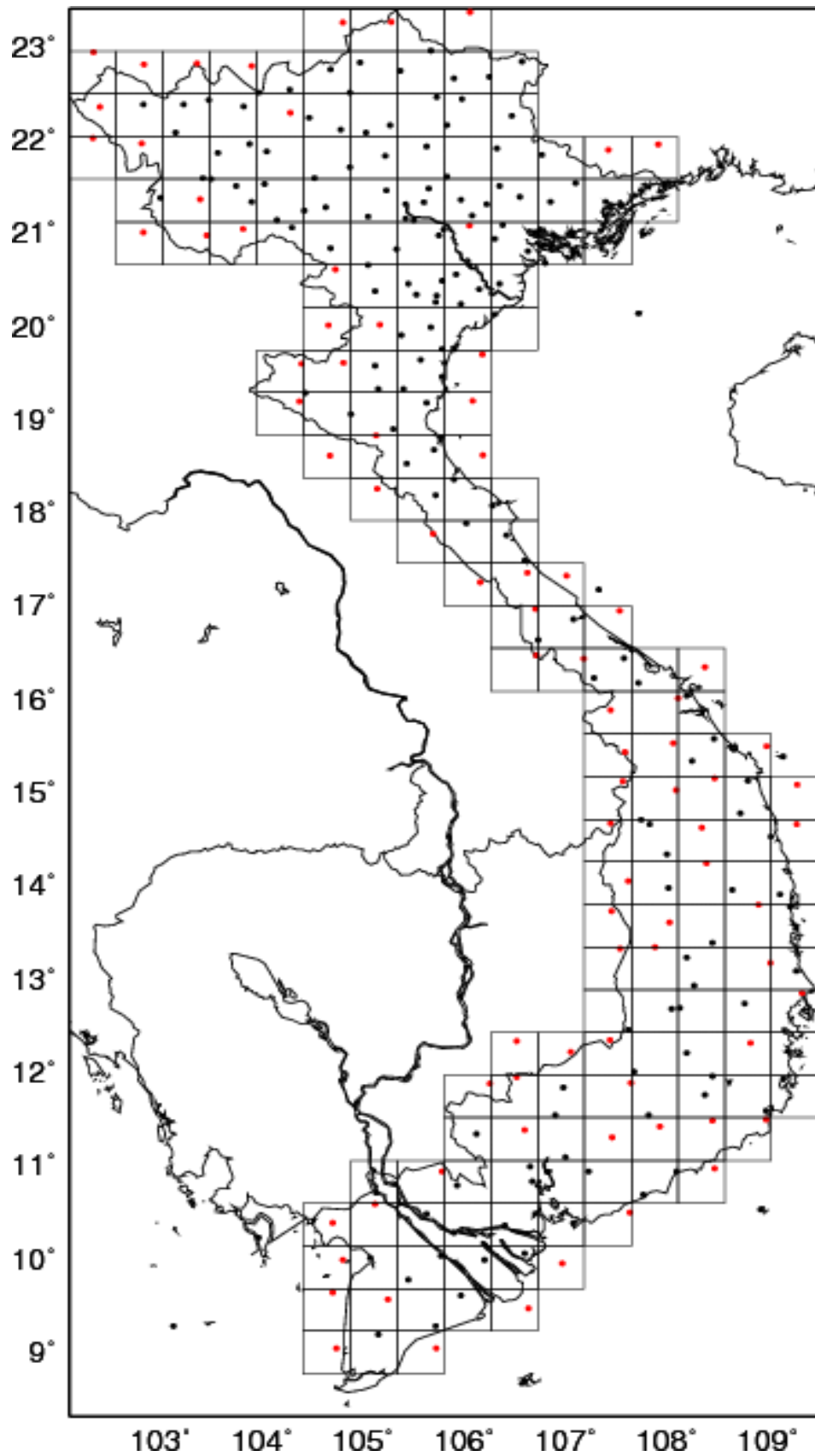
Thông tin về vị trí các trạm được bổ sung trên đất liền trong các thử nghiệm EXP1, EXP2 và EXP3 được dẫn ra trong phụ lục 3.

2. Mạng lưới trạm khí tượng được bổ sung trên vùng biển quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa

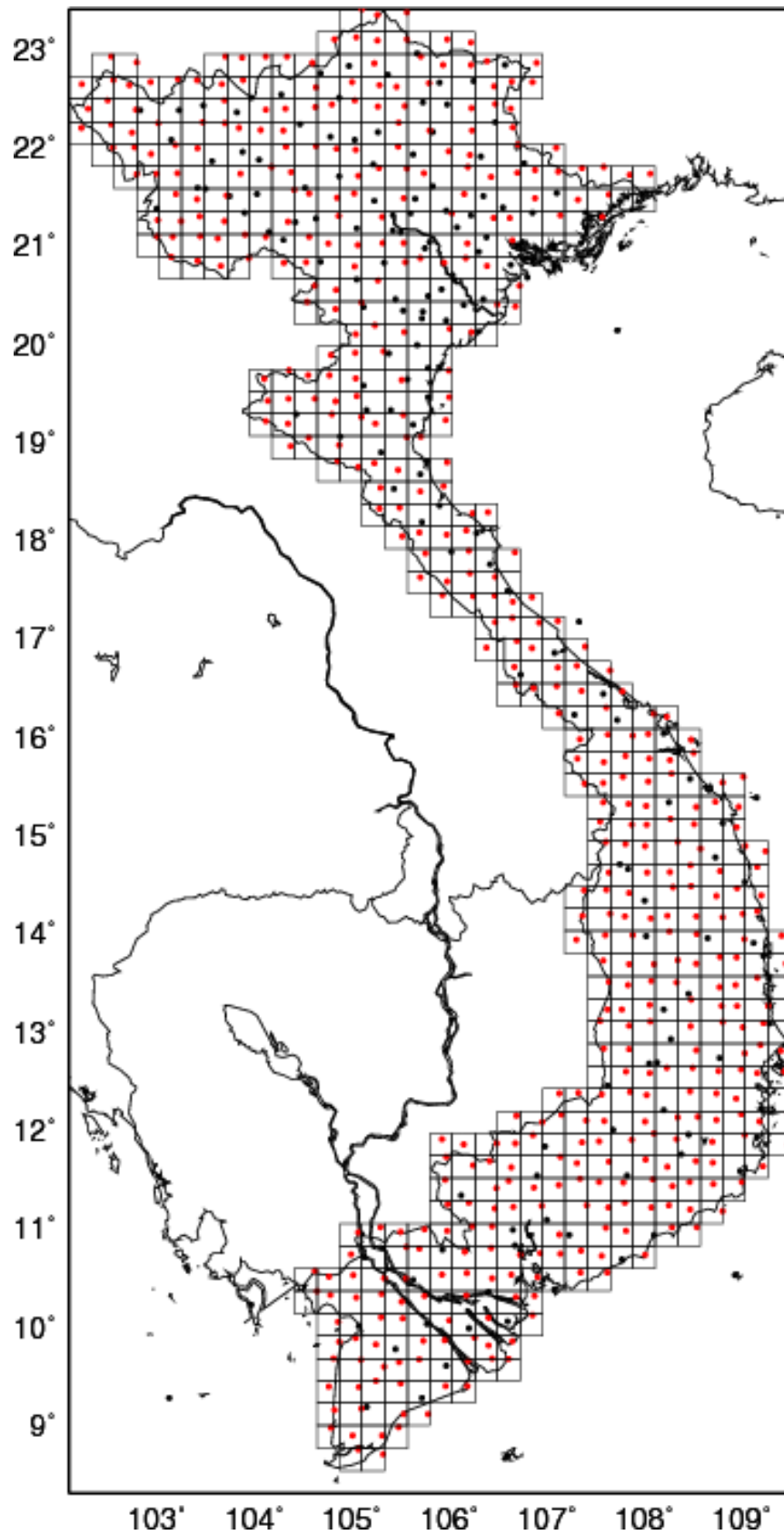
Trong phạm vi đề tài, trên vùng biển quần đảo Hoàng Sa chúng tôi bổ sung một trạm thám không vô tuyến giả lập trên đảo Hoàng Sa và một trạm khí tượng bề mặt giả lập cách đảo Hoàng Sa 100km; trên quần đảo Trường Sa, bổ sung một trạm thám không vô tuyến giả lập trên đảo Trường Sa Lớn, một trạm khí tượng bề mặt giả lập cách đảo Trường Sa Lớn 100km. Ngoài ra, còn bổ sung ngẫu nhiên một số trạm ship, trạm phao trên biển Đông (bảng 5.3).

Các số liệu quan trắc giả lập được trích từ kết quả Nature Run để đồng hóa với các số liệu thực. Đối với các trạm bề mặt gồm nhiệt độ, độ ẩm, khí áp và gió; đối với trạm thám không vô tuyến là các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm và gió tại các mực khí áp tiêu chuẩn.

Có nhiều phương pháp nội suy số liệu từ nút lưới về điểm trạm; trong đề tài này, chúng tôi sử dụng phương pháp nội suy theo điểm gần nhất, giá trị tại điểm trạm sẽ được gán bằng giá trị của điểm nút lưới gần điểm trạm đó nhất.

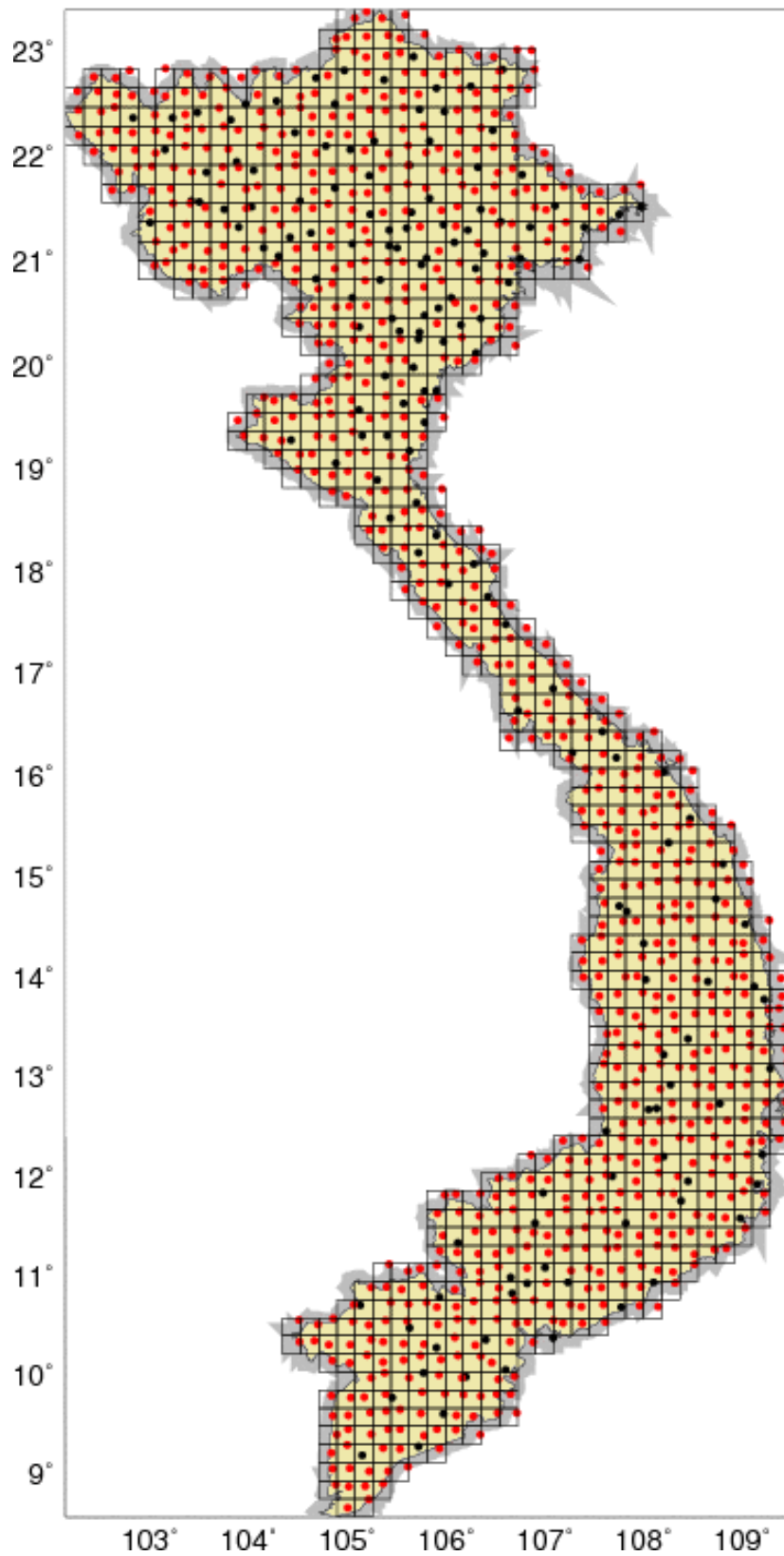


Hình 5.1. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 50km x 50km



Hình 5.2. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 30km x 30km

BẢN ĐỒ TRẠM TẠI VIỆT NAM



Hình 5.3. Bản đồ phân bố trạm khí tượng trên đất liền đã được bổ sung trạm giả lập theo ô lưới 20km x 20km

Bảng 5.3. Tọa độ các trạm cố định giả lập được bổ sung tại vùng biển quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa

Trạm	Kinh độ	Vĩ độ
Thám không vô tuyến Hoàng Sa	111,50	16,40
Khí tượng bề mặt Hoàng Sa	112,10	16,86
Thám không vô tuyến Trường Sa Lớn	112,00	11,02
Khí tượng bề mặt Trường Sa Lớn	116,00	8,03

5.2.2 Đánh giá tác động của các phương án phát triển mạng lưới quan trắc khí tượng tới kết quả dự báo của mô hình số trị

Trong phạm vi đề tài, chúng tôi nghiên cứu thử nghiệm dự báo và đánh giá ảnh hưởng của mật độ trạm đến kết quả dự báo ba trường hợp là: bão, mưa lớn và nắng nóng.

Bão, mưa lớn và nắng nóng là ba trong số những hiện tượng thời tiết nguy hiểm, có sức tàn phá lớn, gây thiệt hại nặng nề cho nước ta hàng năm. Những bản tin dự báo bão, mưa lớn và nắng nóng được mọi tầng lớp nhân dân quan tâm, vì vậy, nâng cao chất lượng dự báo bão, mưa lớn và nắng nóng là nhiệm vụ trọng tâm của công tác dự báo khí tượng thủy văn phục vụ cộng đồng.

1. Tác động tới dự báo quỹ đạo bão

Trường hợp được lựa chọn là cơn bão Haiyan xảy ra vào năm 2013. Đề mô phỏng khí quyển, quá trình NR sử dụng số liệu FNL $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ làm đầu vào và tiến hành chạy từ 18UTC ngày 08/11/2013 mô phỏng cho 72 giờ sau đó. Thời gian trích số liệu quan trắc giả được lựa chọn là sau 12 giờ mô phỏng từ Nature Run. Các thử nghiệm (EXP) và quá trình Control Run (CR) sử dụng số liệu GFS $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ làm đầu vào và tiến hành chạy từ 06UTC ngày 09/11/2013. Các thông tin này được tóm tắt trong bảng 5.4.

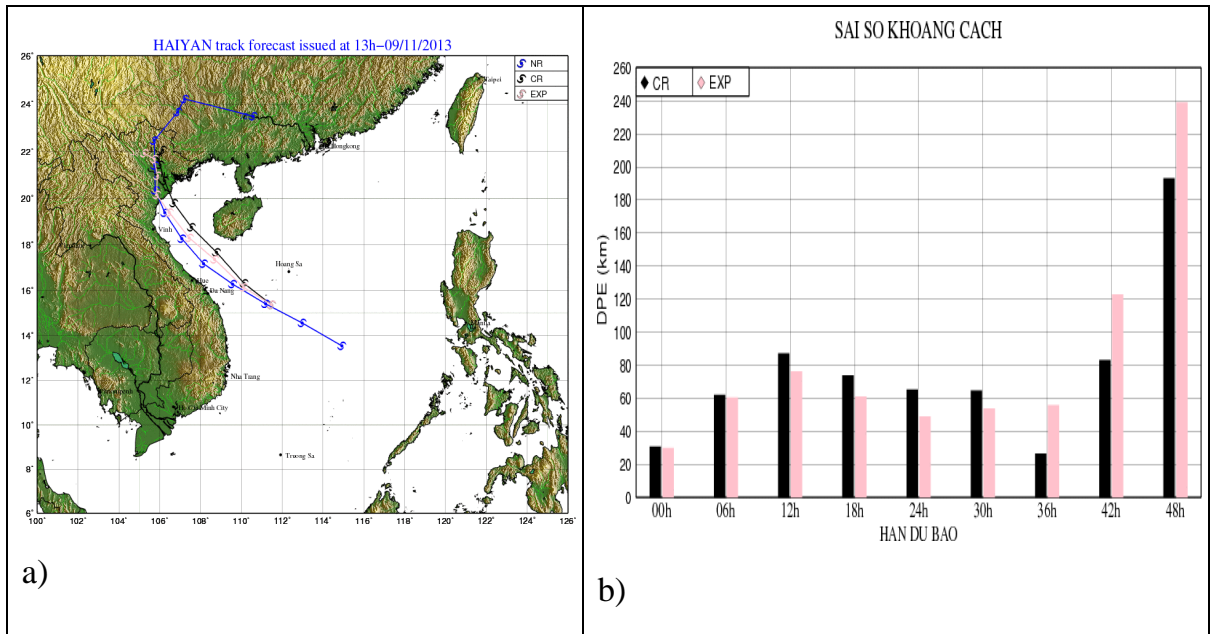
Kết quả thử nghiệm được minh họa trên hình 5.4, trong đó, đường màu xanh là quỹ đạo theo NR, màu đen là quỹ đạo dự báo theo CR và quỹ đạo màu hồng là kết quả dự báo theo các EXP. Có thể nhận thấy rằng khi chưa có quá trình đồng hóa số liệu cao không giả lập từ hai trạm đảo, kết quả dự báo theo CR là khá khác với NR. Quỹ đạo bão theo dự báo CR lệch phải rất nhiều so với quỹ đạo mô phỏng NR. Trong

các trường hợp thử nghiệm EXP có đồng hóa số liệu quan trắc giả lập, kết quả dự báo đã được cải thiện, sự sai khác không còn lớn như trường hợp CR. Quỹ đạo bão theo các thử nghiệm EXP sát hơn với NR.

Bảng 5.4. Thông tin thử nghiệm cơn bão Haiyan

Trường hợp	Điều kiện biên và điều kiện ban đầu	Đồng hóa số liệu	Thời điểm chạy
Nature Run	Số liệu FNL	Không	18UTC ngày 08/11/2013
Control Run	Số liệu dự báo GFS	Không	06UTC ngày 09/11/2013
Thử nghiệm (EXP)	Số liệu dự báo GFS	Có	06UTC ngày 09/11/2013

Các cải thiện này được thể hiện rõ ràng hơn qua biểu đồ sai số khoảng cách dự báo (hình 5.4b). Từ hình vẽ này ta thấy, trong 30 giờ đầu, chất lượng dự báo quỹ đạo bão đã được cải thiện, sai số về khoảng cách trong trường hợp EXP luôn nhỏ hơn kết quả dự báo theo CR.



Hình 5.4. Bản đồ dự báo quỹ đạo bão (a) và sai số khoảng cách dự báo (b) với thử nghiệm cơn bão Haiyan (1330). Thời điểm tích phân là 06UTC ngày 09/11/2013

2. Tác động tới dự báo mưa lớn

Do sự khác nhau về các hình thái thời tiết gây ra mưa cho từng khu vực, nên các thử nghiệm đánh giá ảnh hưởng của số liệu đầu vào tới kết quả dự báo mưa sẽ được đánh giá riêng cho từng khu vực. Trong đề tài chúng tôi thực hiện thử

nghiệm cho hai đợt mưa, thông tin về hai đợt thử nghiệm này được trình bày trong bảng 5.5.

Bảng 5.5. Thông tin thử nghiệm dự báo hai đợt mưa lớn

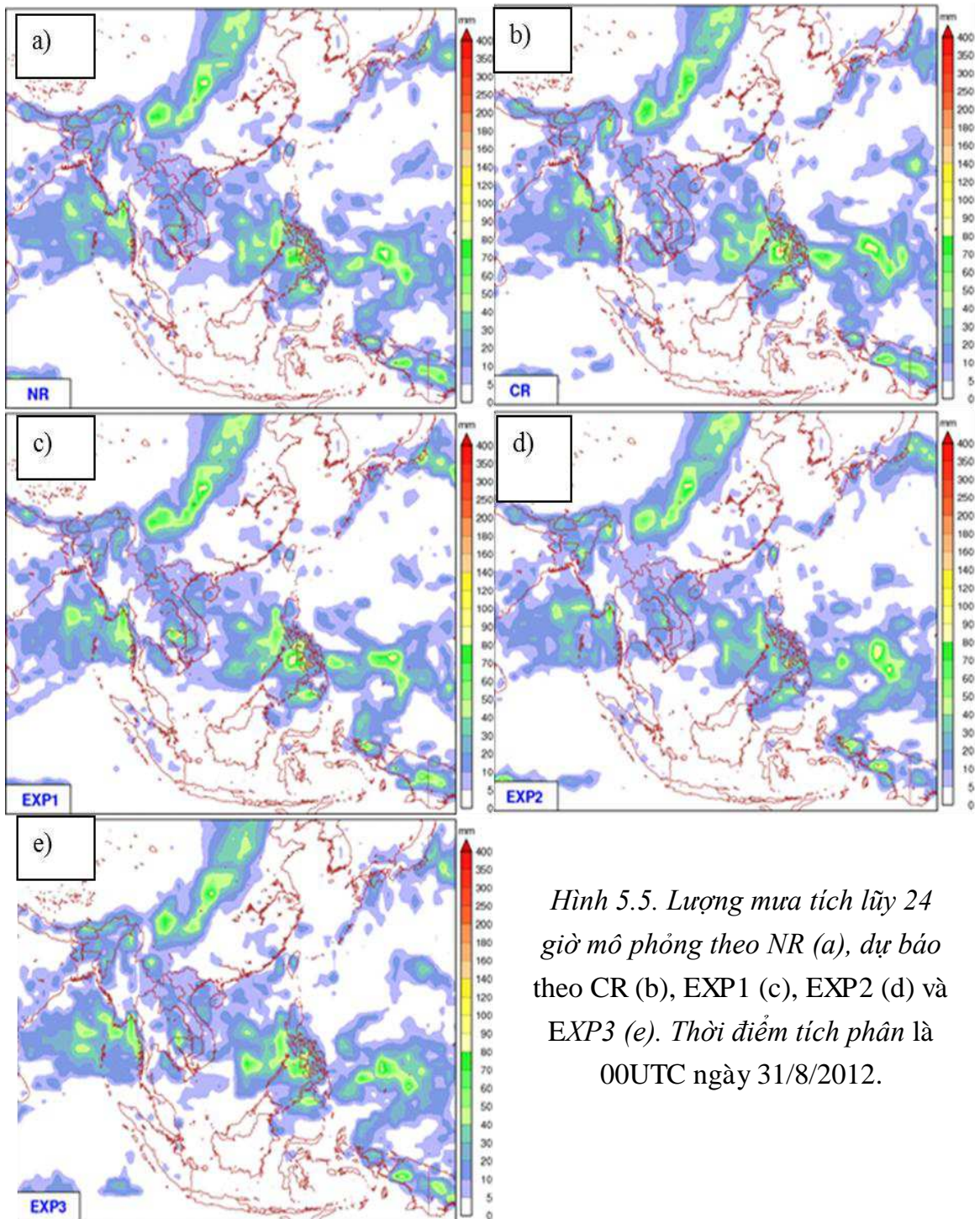
Khu vực thử nghiệm	Trường hợp	Điều kiện ban đầu và điều kiện biên	Đồng hóa	Thời điểm thực hiện dự báo
Bắc Trung Bộ- Trung Bộ	Nature Run	Số liệu FNL	Không	12UTC ngày 30/08/2012
	Control Run	Số liệu dự báo GFS	Không	00UTC ngày 31/08/2012
	Thử nghiệm (EXP)	Số liệu dự báo GFS	Có	00UTC ngày 31/08/2012
Đông Bắc Bộ- Bắc Trung Bộ	Nature Run	Số liệu FNL	Không	18UTC ngày 26/10/2012
	Control Run	Số liệu dự báo GFS	Không	06UTC ngày 27/10/2012
	Thử nghiệm (EXP)	Số liệu dự báo GFS	Có	06UTC ngày 27/10/2012

Kết quả thử nghiệm cho đợt mưa từ ngày 01/09/2012 trên khu vực Bắc Trung Bộ- Trung Bộ được dẫn ra trong hình 5.5.

Từ kết quả chạy NR (hình 5.5a), ta có thể nhận thấy rằng, đợt mưa lớn bắt đầu từ ngày 01/9/2012 có diện mưa trải dài từ Thanh Hóa tới Thừa Thiên- Huế, với hai tâm mưa chính trên khu vực Thanh Hóa và từ Quảng Trị tới Thừa Thiên- Huế với lượng mưa phổ biến từ 10-20mm. Giữa Thanh Hóa và Quảng Trị là một vùng mưa nhỏ hơn với lượng mưa phổ biến từ 5-10mm. Khi chưa được đồng hóa số liệu giả lập, kết quả dự báo CR (hình 5.10b) chưa phản ánh được lượng mưa của đợt mưa này. Lượng mưa dự báo thiên thấp hơn so với thực tế, phổ biến từ 5-10mm. Hai khu vực mưa nhiều hơn cũng không được thể hiện trong kết quả dự báo theo CR.

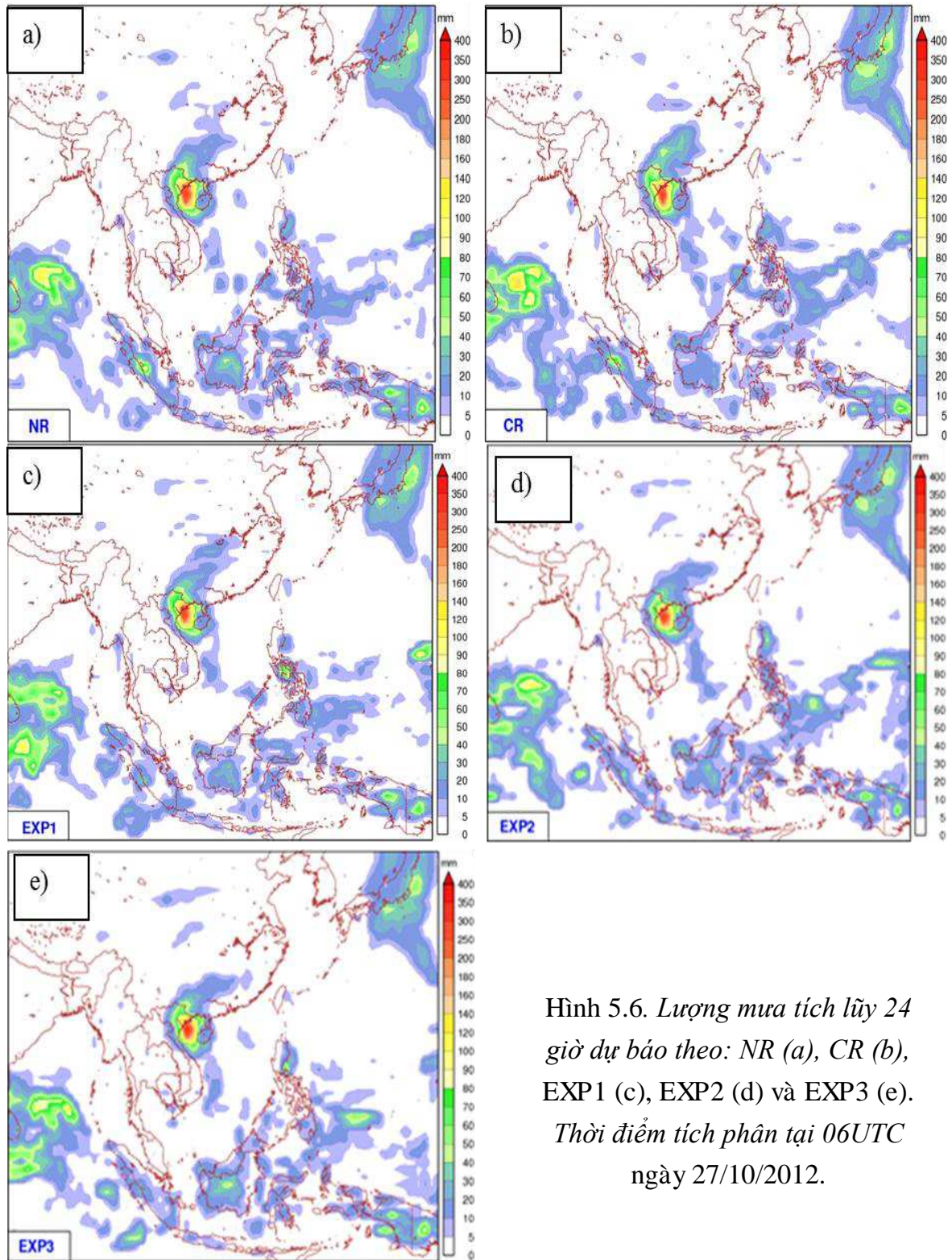
Kết quả thử nghiệm EXP1 (hình 5.5c) cho thấy, lượng mưa dự báo đã tăng cao hơn so với CR và đã tương đối sát với NR với giá trị phổ biến từ 10-20mm, tuy nhiên dự báo này chưa thể hiện được hai tâm mưa chính của đợt mưa này. Mưa được dự báo trải dài từ khu vực Nghệ An tới Thừa Thiên- Huế mà không phân ra thành hai tâm mưa chính, thậm chí còn không dự báo được tâm mưa tại Thanh Hóa.

Kết quả thử nghiệm EXP2 (hình 5.5d) và EXP3 (hình 5.5e) không khác nhau nhiều và đều phản ánh chính xác hơn về diện mưa và lượng mưa so với CR và EXP1. Về lượng mưa, hai kịch bản EXP2 và EXP3 đã cho kết quả khá đúng, lượng mưa phổ biến từ 10-20mm, hai tâm mưa chính của đợt mưa này là Thanh Hóa và khu vực từ Quảng Trị đến Thừa Thiên- Huế và giữa hai khu vực này là một vùng mưa có lượng phổ biến từ 5-10mm cũng được thể hiện.



Hình 5.5. Lượng mưa tích lũy 24 giờ mô phỏng theo NR (a), dự báo theo CR (b), EXP1 (c), EXP2 (d) và EXP3 (e). Thời điểm tích phân là 00UTC ngày 31/8/2012.

Kết quả thử nghiệm dự báo mưa lớn với thời hạn dự báo 24 giờ cho khu vực Đông Bắc Bộ với thời điểm dự báo là 06UTC ngày 27/10/2012 được dẫn ra trong hình 5.6. Đây là đợt mưa lớn do hoàn lưu của cơn bão Sơn Tinh trước khi đổ bộ gây ra.



Hình 5.6. Lượng mưa tích lũy 24 giờ dự báo theo: NR (a), CR (b), EXP1 (c), EXP2 (d) và EXP3 (e). Thời điểm tích phân tại 06UTC ngày 27/10/2012.

Tại thời điểm dự báo, tâm mưa lớn có giá trị khoảng hơn 200 mm tại ven biển Đông Bắc Bộ. Các dự báo theo CR và các thử nghiệm EXP1, EXP2 và EXP3 đều đã thể hiện được tâm mưa này. Tuy nhiên, càng ra xa khỏi khu vực tâm mưa, các kịch bản đã có những dự báo khác nhau.

Trường hợp CR có xu hướng dự báo thiên cao cả về diện và lượng mưa. Về diện mưa, CR dự báo vùng mưa lớn hơn 20mm đã lan tới cả khu Tây Bắc, trong khi theo NR mưa chỉ thể hiện đến dãy Hoàng Liên Sơn. Vùng mưa phía bắc cũng được CR dự báo thiên cao hơn thực tế, nếu như theo NR lượng mưa chỉ từ 10-20mm thì CR đưa ra dự báo mưa khá lớn, từ 30-40 mm, có nơi trên 40mm.

Kết quả thử nghiệm EXP1 (hình 5.6c) cho thấy, khu vực phía tây của tâm mưa với lượng mưa trên 20mm chỉ lan tới khu vực Hoàng Liên Sơn, phù hợp với kết quả mô phỏng NR. Tuy nhiên, phần phía bắc của tâm mưa, tuy dự báo đã thấp hơn CR nhưng vẫn còn cao hơn NR và vùng mưa 10mm được mở rộng hơn NR.

Kết quả dự báo theo hai kịch bản EXP2 và EXP3 (hình 5.6d và 5.6e) đã được cải thiện đáng kể. Phía tây của vùng mưa lớn với lượng mưa phổ biến 20mm được dự báo chính xác hơn với giới hạn chỉ tới dãy Hoàng Liên Sơn; còn phần phía bắc của tâm mưa, lượng mưa dự báo đã giảm khá nhiều so với dự báo của CR và EXP1, nghĩa là tiến sát gần hơn với NR.

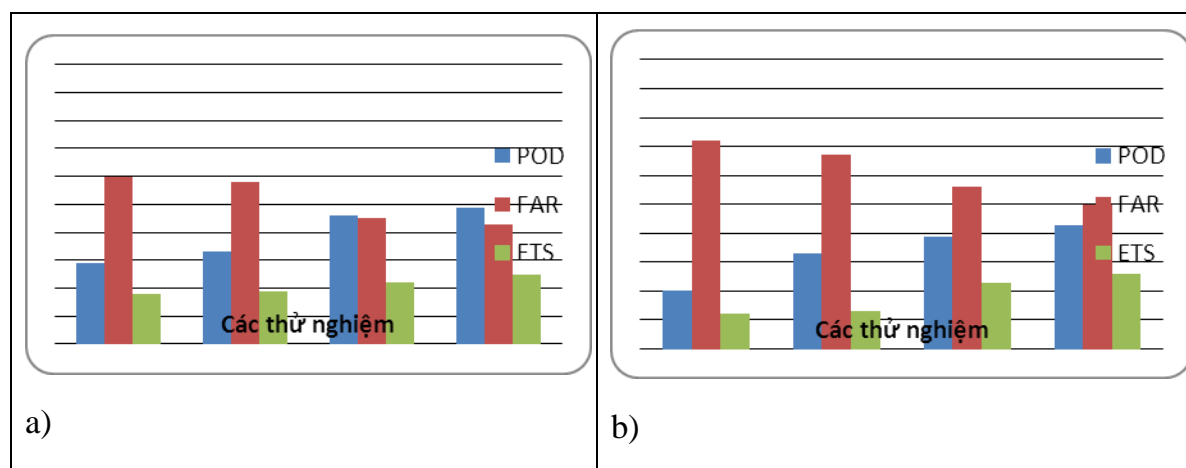
Kết quả đánh giá thử nghiệm của hai đợt mưa lớn với ngưỡng mưa là 30mm theo các chỉ số thống kê cho hai khu vực Bắc Trung Bộ - Trung Trung Bộ và Đông Bắc Bộ được dẫn ra trong hình 5.7. Việc đánh giá được thực hiện tại các điểm lưới với chỉ số đánh giá là:

- + Chỉ số FAR (tỉ lệ dự báo không)
- + Chỉ số POD (tỉ lệ phát hiện hiện tượng)
- + Chỉ số ETS (thể hiện kĩ năng dự báo)

Nhìn chung, khi sử dụng số liệu giả lập, kết quả dự báo đã có những cải thiện, như tỉ lệ dự báo không (FAR) giảm và tỉ lệ phát hiện hiện tượng (POD) cũng như kĩ năng dự báo (ETS) đã tăng lên rõ rệt.

Với đợt mưa trên khu vực Bắc Trung Bộ- Trung Trung Bộ, khi chưa có quá trình đồng hóa (CR), khả năng phát hiện hiện tượng chỉ xấp xỉ 0,3 trong khi tỉ lệ dự báo không lại khá cao (FAR=0,6), kĩ năng dự báo cũng chưa tốt, chỉ xấp xỉ 0,2. Đối với EXP1, dự báo không đã giảm đi (FAR< 0,6), trong khi khả năng phát hiện hiện tượng và kĩ năng dự báo đã bắt đầu được cải thiện. Đối với EXP2 và EXP3, chỉ số POD đều lớn hơn FAR (khả năng phát hiện hiện tượng tăng trong khi tỉ lệ dự báo

không giảm); không chỉ vậy, kĩ năng dự báo trong hai thử nghiệm EXP2 và EXP3 cũng đã được nâng lên ($ETS > 0.2$). Tương tự, các kết quả đánh giá cho đợt mưa trên khu vực Đông Bắc Bộ (hình 5.7b) cũng chỉ ra khi đồng hóa số liệu quan trắc giả lập, chất lượng dự báo mưa được nâng cao. Mật độ trạm càng tăng thì tỉ lệ dự báo không giảm, khả năng phát hiện mưa lớn và kĩ năng dự báo cũng tăng.



Hình 5.7. Các chỉ số thống kê (POD , FAR và ETS) cho lượng mưa tích lũy 24 giờ với ngưỡng mưa 30mm, NR, CR, EXP1, EXP2 và EXP3 trên khu vực Bắc Trung Bộ-Trung Trung Bộ (a) và Đông Bắc Bộ (b)

3. Tác động tới dự báo nắng nóng

Nhóm nghiên cứu thực hiện thử nghiệm dự báo nhiệt độ tại độ cao 2m (T2m) cho khu vực Tây Nguyên-Nam Bộ vào thời điểm 00UTC ngày 13/3/2014. Các thông tin về đợt thử nghiệm này được dẫn ra trong bảng 5.9.

Kết quả thử nghiệm dự báo nhiệt độ được dẫn ra trong hình 5.8. Từ hình 5.8a ta thấy, đây là thời điểm tại Nam Bộ và Tây Nguyên có nhiệt độ khá cao; vào lúc 00UTC, T2m tại các khu vực như sau:

- Miền Tây Nam Bộ: phổ biến từ 28°C trở lên;
- Miền Đông Nam Bộ: phổ biến từ $26-28^{\circ}\text{C}$;
- Khu vực Tây Nguyên: phổ biến từ $21-24^{\circ}\text{C}$.

Kết quả dự báo của CR (hình 5.8b) có hai sự khác biệt khá rõ so với NR:

- Khác biệt thứ nhất: Theo NR, khu vực có nhiệt độ 28°C bao phủ cả miền Tây Nam Bộ, trong khi theo CR, khu vực này có diện tích khá nhỏ, chủ yếu tập trung tại các tỉnh phía nam Tây Nam Bộ. Ngược lại, vùng có nhiệt độ từ $26-28^{\circ}\text{C}$ lại được mở rộng hơn, bao gồm phần còn lại miền Tây và miền Đông Nam Bộ.

- Khác biệt thứ hai: Tại khu vực Tây Nguyên, kết quả dự báo theo CR cho vùng có nhiệt độ từ 21-22⁰C được mở rộng hơn nhiều so với NR.

Bảng 5.6. Thông tin thử nghiệm dự báo yếu tố nhiệt độ tại 2m

Khu vực	Trường hợp	Điều kiện biên và điều kiện ban đầu	Đồng hóa số liệu	Thời điểm thực hiện dự báo
Tây Nguyên-Nam Bộ	Nature Run	Số liệu FNL	Không	12UTC ngày 12/03/2014
	Control Run	Số liệu dự báo GFS	Không	00UTC ngày 13/03/2014
	Thử nghiệm (EXP)	Số liệu dự báo GFS	Có	00UTC ngày 13/03/2014

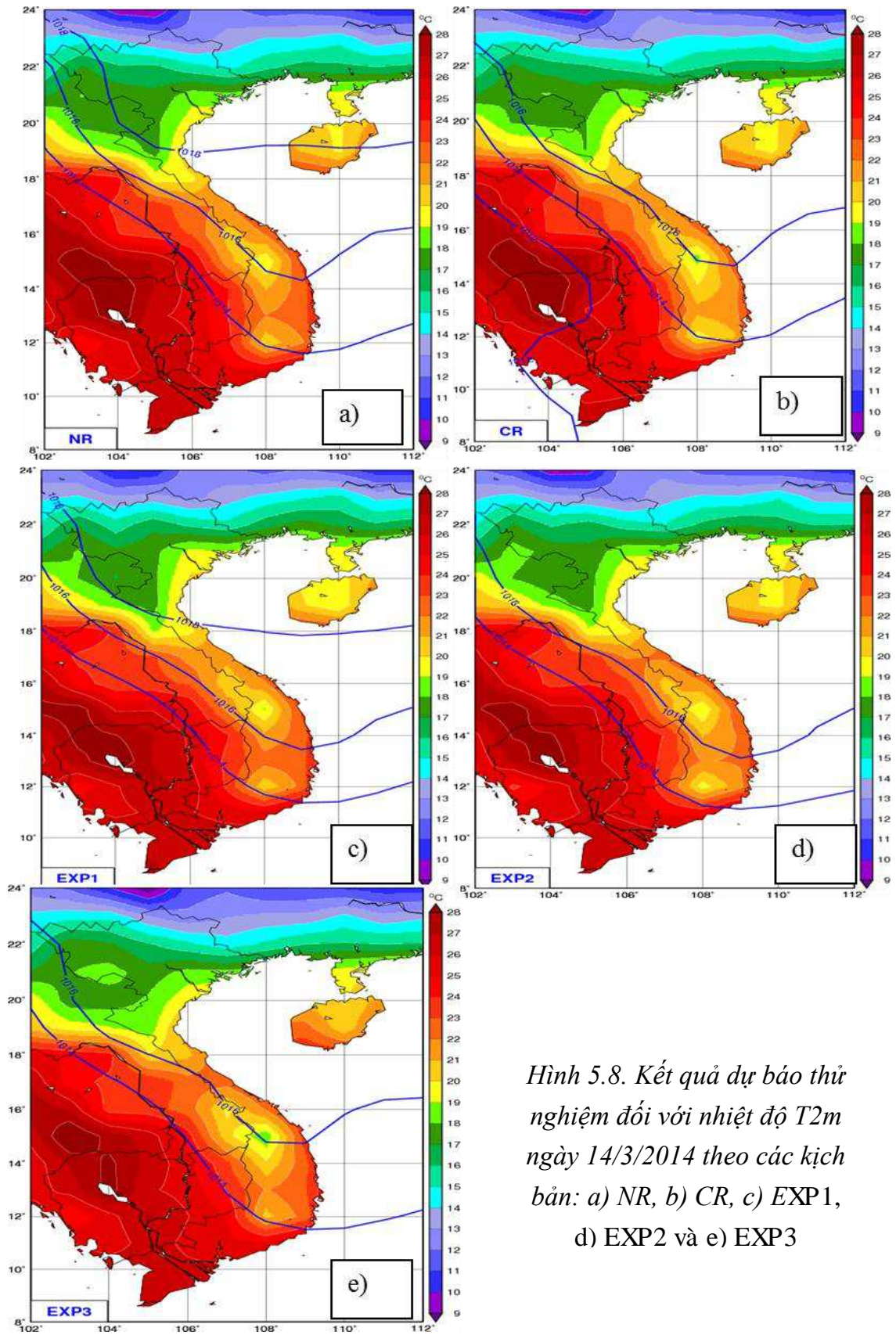
Kết quả dự báo theo EXP1 (hình 5.8c), EXP2 (hình 5.8d) và EXP3 (hình 5.8e) đều đã có những cải thiện đáng kể. Thật vậy:

- Tại khu vực Nam Bộ: Cả ba thử nghiệm đều dự báo nhiệt độ phổ biến từ 26-28⁰C. Các kết quả này khá phù hợp với NR cả về diện và giá trị nhiệt độ.
- Tại khu vực Tây Nguyên: Kết quả thử nghiệm EXP1 khá giống với CR, vùng có nhiệt độ 21-22⁰C mở rộng hơn nhiều so với NR; còn theo các thử nghiệm EXP2 và EXP3 vùng có nhiệt độ 21-22⁰C được thu hẹp và có xu hướng tiến sát tới giá trị của NR. Đặc biệt trường hợp EXP3, kết quả thử nghiệm khá phù hợp với NR cả về giá trị và phân bố nhiệt độ theo không gian.

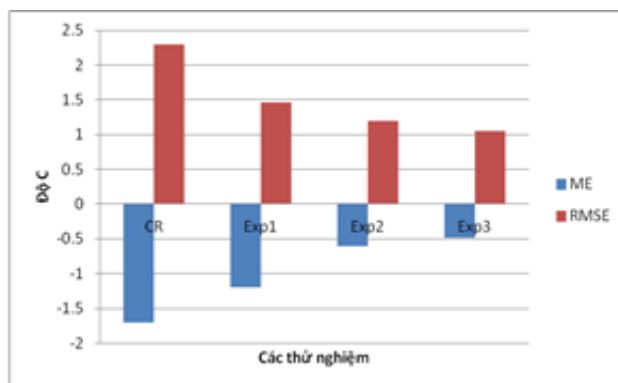
Kết quả đánh giá dự báo nhiệt độ T2m theo hai chỉ số thống kê:

- Sai số hệ thống ME (Mean Error): cho biết xu thế dự báo thiên cao nếu ME >0, hay thiên thấp nếu ME <0;
- Sai số quân phương trung bình RMSE (Root Mean Square Error): cho biết độ lớn sai số của dự báo so với mô phỏng, RMSE càng lớn thì sai số dự báo càng lớn và ngược lại.

Kết quả tính toán ME và RMSE cho thấy, kết quả dự báo tăng dần trong các trường hợp dự báo thử nghiệm. Cụ thể giá trị ME của CR khoảng -1,75; của EXP1 khoảng -1,2; của EXP2 khoảng -0,6 và của EXP3 khoảng -0,5; còn giá trị RMSE của CR khoảng 2,6; của EXP1 khoảng 1,4; của EXP2 khoảng 1,2 và của EXP3 khoảng 1,0. Như vậy, khi đồng hóa số liệu quan trắc giả lập với mật độ 1 trạm/400km², chỉ số RMSE nhỏ hơn 2,5 lần so với RMSE của CR.



Hình 5.8. Kết quả dự báo thử nghiệm đối với nhiệt độ T2m ngày 14/3/2014 theo các kịch bản: a) NR, b) CR, c) EXP1, d) EXP2 và e) EXP3



Hình 5.9. Các chỉ số thống kê (ME, RMSE) cho nhiệt độ dự báo 24 giờ. Thời điểm phân tích tại 00UTC ngày 13/3/2014

5.2.3 Đề xuất khung phát triển mạng lưới quan trắc khí tượng phục vụ dự báo

1. Về mật độ trạm

Từ những kết quả thử nghiệm đã phân tích, rõ ràng khi tăng cường mật độ trạm có kết hợp đồng hóa số liệu theo phương pháp biến phân ba chiều (3DVAR), (các thử nghiệm EXP1, EXP2 và EXP3), chất lượng dự báo quỹ đạo của bão, mưa lớn và nhiệt độ được cải thiện so với trường hợp không có đồng hóa số liệu (CR) và chất lượng dự báo được cải thiện rõ rệt khi mật độ trạm tăng lên mức ít nhất trên diện tích 900km² có một trạm. Riêng đối với dự báo mưa, chất lượng dự báo có tăng lên khi mật độ trạm giả lập tăng, nhưng cần thiết thử nghiệm tăng độ phân giải mô hình xuống dưới 20km và bổ sung thêm các trạm khí tượng bề mặt, nhất là các trạm đo mưa, các trạm radar Doppler tương ứng để đáp ứng số liệu đầu vào cho bài toán đồng hóa số liệu phân giải cao.

Từ cơ sở khoa học đã nghiên cứu, để từng bước cải thiện chất lượng dự báo, đề tài đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm quan trắc khí tượng bề mặt giai đoạn 2015-2020 đạt mật độ một trạm/900km², sau năm 2020 phát triển đạt mật độ trung bình một trạm/400km². Số lượng trạm khí tượng phát triển mới trong mỗi giai đoạn được dẫn ra trong bảng 5.7, chi tiết được dẫn ra trong phụ lục 3.

Bảng 5.7. Số lượng trạm phát triển mới theo giai đoạn

Giai đoạn phát triển	Số lượng trạm mới
2015-2020	310
Sau năm 2020	535

2. Về công nghệ quan trắc và truyền tin

- Công nghệ quan trắc: Các trạm mở mới được lắp đặt hệ thống trạm khí tượng tự động đo từ 6-10 yếu tố, tùy hạng trạm. Các yếu tố quan trắc chính gồm: nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, mưa, khí áp, hướng gió và tốc độ gió, nắng, bức xạ, bốc hơi, tầm nhìn xa. Các đầu đo được tích hợp và điều khiển bởi một Datalogger.

- Công nghệ truyền tin: Sử dụng công nghệ tự động truyền số liệu thời gian thực từ trạm tới các cơ quan dự báo KTTV thông qua mạng điện thoại di động với giao thức GPRS. Mỗi trạm tự động được gắn một thiết bị GPRS và một sim điện thoại di động có kích hoạt sử dụng dịch vụ 3G. Đến thời điểm truyền dữ liệu được định trước, Datalogger thông qua thiết bị GPRS kết nối với mạng Internet và truyền dữ liệu về địa chỉ thực trên mạng internet (IP của máy chủ thu dữ liệu phục vụ dự báo).

5.3 Cơ sở khoa học phát triển mạng lưới trạm quan trắc thủy văn phục vụ dự báo

5.3.1 Đánh giá sự ảnh hưởng của mật độ trạm tới chất lượng dự báo thủy văn thông qua kết quả tính toán theo các kịch bản giả định

Dự báo lũ, lụt là một trong những nhiệm vụ trọng tâm của công tác dự báo KTTV phục vụ phòng chống thiên tai. Trong hơn chục năm gần đây, công tác cảnh báo và dự báo lũ trên các lưu vực sông đã có những bước tiến nhất định về cả nội dung và chất lượng. Trong mùa lũ, trên nhiều sông chính đã tiến hành dự báo đường quá trình lũ với thời gian dự kiến từ 12-36 giờ, dự báo định lượng mức lũ tại các vị trí chủ chốt trên các lưu vực sông theo yêu cầu của các cấp, các ngành.

Phương thức tiếp cận chung là cảnh báo lũ dựa vào phân tích hình thể thời tiết điển hình gây mưa sinh lũ; cảnh báo lũ theo kết quả tính toán thống kê số liệu mưa thực đo phối hợp với lượng mưa dự báo; dự báo lũ, đỉnh lũ trạm dưới bằng phương trình tương quan với số liệu thực đo trạm trên; dự báo lũ, đỉnh lũ bằng mô hình số trị với điều kiện biên có sự phối hợp của số liệu KTTV thực đo và dữ liệu dự báo trên lưu vực; căn cứ vào tình hình lũ trên các trạm chủ chốt tiến hành tính toán cảnh báo ngập lụt trên các đồng bằng ven sông. Như vậy, công nghệ dự báo lũ, lụt đòi hỏi phải có đầy đủ số liệu KTTV trên lưu vực sông để xây dựng các phương án dự báo, tính toán dòng chảy trên toàn lưu vực cũng như hiệu chỉnh, kiểm nghiệm bộ thông số của các mô hình dự báo số trị. Tuy nhiên, theo đánh giá, mạng lưới quan trắc thủy văn nước ta hiện nay chưa đủ để giải quyết mọi khía cạnh của bài toán thủy văn, đặc biệt là trong kiểm kê tài nguyên nước và dự báo lũ lụt, góp phần giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra.

Để có thêm cơ sở khoa học đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm thủy văn nhằm

mục đích góp phần nâng cao chất lượng dự báo, đề tài nghiên cứu ứng dụng phương pháp sử dụng các mô hình dự báo số trị để tính toán dự báo lũ theo các kịch bản có số liệu và thiếu số liệu đầu vào, và so sánh các kết quả tính toán dự báo.

1. Kịch bản I

a) *Nội dung kịch bản:* Sử dụng mô hình MIKE11 tính toán dự báo lũ và chỉ tiêu NASH trên lưu vực sông Gianh (Quảng Bình) theo hai phương án:

- Phương án 1: Tính toán dự báo đường quá trình lũ, đỉnh lũ trạm Mai Hóa với biên trên là Q trạm Đồng Tâm được nội suy từ H thực đo tại đây bằng đường H~Q từ số liệu lưu lượng thực đo trong những năm 60-70 của thế kỉ 20;
- Phương án 2: Tính toán dự báo đường quá trình lũ, đỉnh lũ trạm Mai Hóa với biên trên là Q trạm Đồng Tâm từ kết quả chạy mô hình NAM cho phần lưu vực mà trạm Đồng Tâm không chế.

b) *Dữ liệu:* Sử dụng các trận lũ sau đây để tính toán:

- Trận lũ từ ngày 12- 21/10/1984
- Trận lũ từ ngày 14-21/10/1993
- Trận lũ từ ngày 22-25/10/2001
- Trận lũ từ ngày 2-10/10/2010
- Trận lũ từ ngày 30/9-4/10/2011

c) *Phân tích kết quả:*

- Kết quả tính toán theo phương án 1 cho thấy, đường quá trình mực nước lũ tính toán tại trạm Mai Hóa tương đối đồng dạng với đường thực đo, không có sự trễ pha. Hệ số NASH trung bình là 91,21, cao nhất là 95,63 (trận lũ năm 2011), thấp nhất là 82,27 (trận lũ năm 1984); chênh lệch giữa mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo khá nhỏ, trung bình là 13cm, lớn nhất là 26cm (trận lũ năm 1984), nhỏ nhất là 2,5cm (trận lũ năm 2010); thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán sai lệch với thời gian xuất hiện đỉnh lũ thực đo không nhiều, 4/5 trận lũ có kết quả tính toán thời gian xuất hiện đỉnh lũ trước thời gian xuất hiện đỉnh lũ thực đo trên 1 giờ, chỉ có một trận đỉnh lũ tính toán xuất hiện sau đỉnh thực đo 4 giờ (bảng 5.8).

Ngược lại, tính toán theo phương án 2, đường quá trình mực nước lũ tính toán không đồng dạng với đường thực đo, sự trễ pha khá lớn, thậm chí có trận lũ có chỉ số NASH âm, chứng tỏ chênh lệch giữa giá trị thực đo và tính toán khá lớn (lớn hơn phương sai); chênh lệch giữa mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo rất lớn, từ 2-4m, thời gian xuất hiện chênh nhau từ 2-10 giờ, lớn nhất tới 10 giờ (trận lũ năm

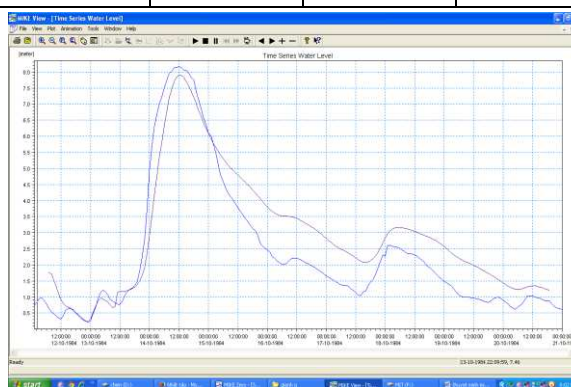
2001), có trận lũ gần như không thể hiện rõ đỉnh lũ (bảng 5.9). Kết quả tính toán được trình bày trên các hình từ 5.10 đến 5.19.

Bảng 5.8. Kết quả tính toán mô phỏng đỉnh lũ bằng mô hình MIKE11 theo phương án 1 và số liệu thực đo

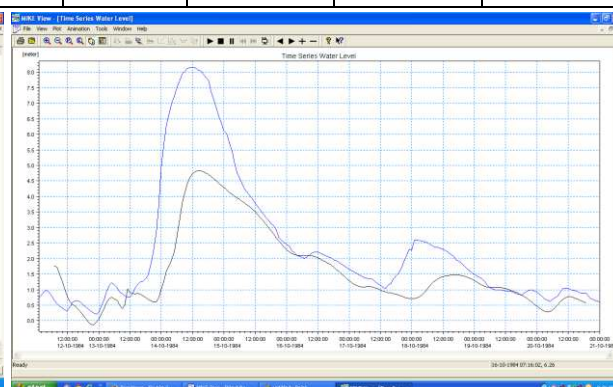
Năm	Htt (m)	Htd (m)	$\Delta H_{\text{đỉnh}}$		$\Delta t_{\text{đỉnh}}$	NASH	S/đ
			M	%			
1984	7,898	8,160	0,26	3,21	1 giờ	82,27	0,46
1993	8,767	8,840	0,07	0,83	1 giờ	90,04	0,32
2001	6,268	6,240	-0,03	0,45	1 giờ	92,89	0,28
2010	8,222	7,980	-0,24	3,03	4 giờ	95,24	0,25
2011	6,135	6,070	-0,06	1,07	1 giờ	95,63	0,23

Bảng 5.9. Kết quả tính toán mô phỏng đỉnh lũ bằng mô hình MIKE11 theo phương án 2 và số liệu thực đo

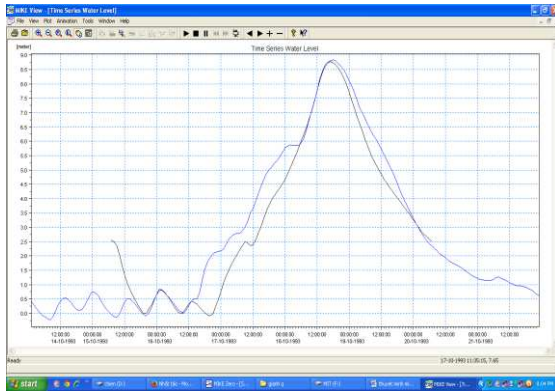
Năm	Htt (m)	Htd (m)	$\Delta H_{\text{đỉnh}}$		$\Delta t_{\text{đỉnh}}$	NASH	S/đ
			M	%			
1984	4,827	8,160	3,33	40,85	2 giờ	54,38	0,96
1993	5,656	8,840	3,18	36,02	2 giờ	48,45	0,87
2001	3,524	6,240	2,72	43,53	10 giờ	-63,11	1,25
2010	6,053	7,980	1,93	24,15	5 giờ	-37,94	1,03
2011	3,272	6,070	2,80	46,10	3 giờ	-31,73	1,46



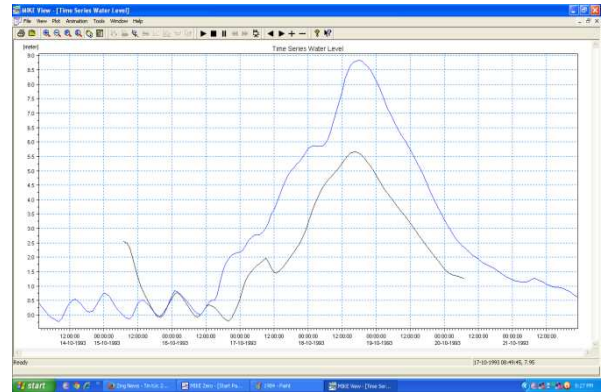
Hình 5.10. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đồng Tâm từ 12-21/10/1984



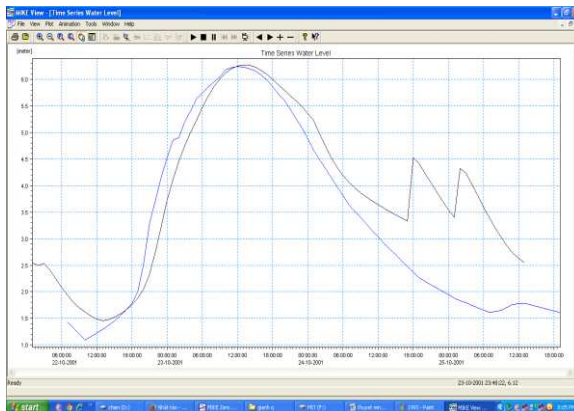
Hình 5.11. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa không có Q trạm Đồng Tâm từ 12-21/10/1984



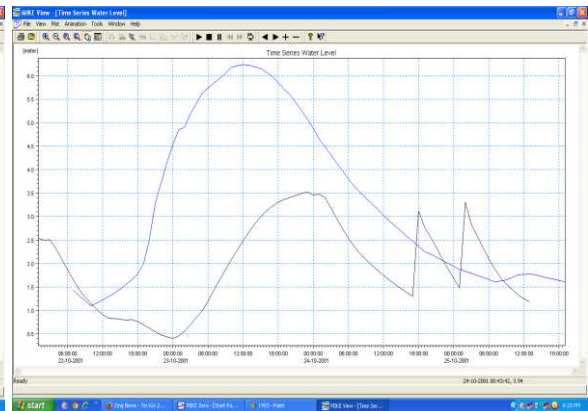
Hình 5.12. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đồng Tâm từ 14-21/10/1993



Hình 5.13. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa có Q trạm Đồng Tâm từ 14-21/10/1993



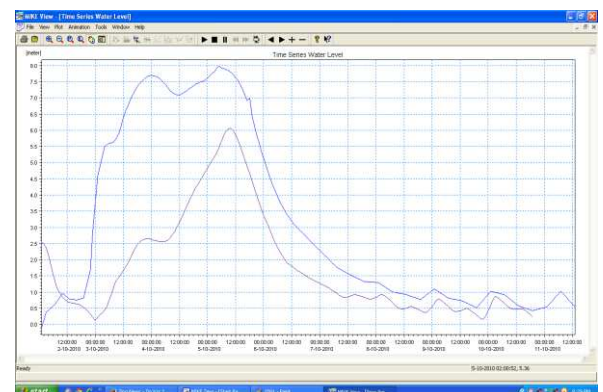
Hình 5.14. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ 22-25/10/2001 theo phương án 1



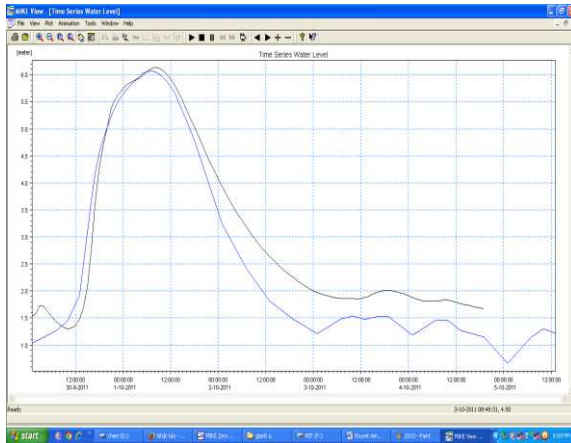
Hình 5.15. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ 22-25/10/2001 theo phương án 2



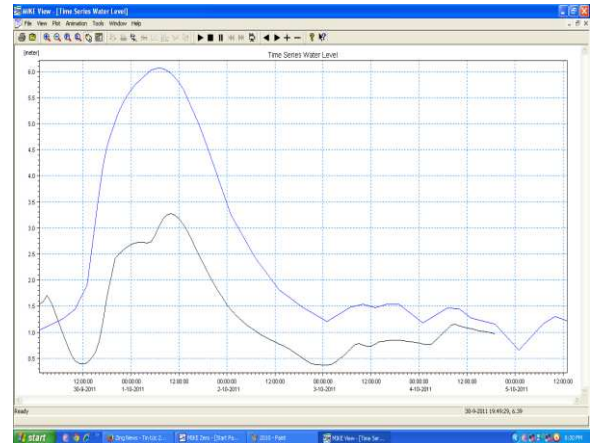
Hình 5.16. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 2-10/10/2010 theo phương án 1



Hình 5.17. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 2-10/10/2010 theo phương án 2



Hình 5.18. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 30/9-4/10/2011 theo phương án 1



Hình 5.19. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Mai Hóa từ ngày 30/9-4/10/2011 theo phương án 2

Tóm lại, kết quả tính toán theo kịch bản I cho thấy, khi tính toán mô phỏng đường quá trình mực nước lũ nếu không có số liệu lưu lượng thực đo để kiểm định phương án tính toán dự báo thì sự sai lệch về độ lớn cũng như thời gian xuất hiện đỉnh lũ so với thực đo là rất lớn, các chỉ tiêu chất lượng như NASH và $S/6$ đều thấp. Cũng phải lưu ý rằng, trong kịch bản I sử dụng số liệu lưu lượng trạm Đồng Tâm được đo đạc từ những thập niên 60-70 của thế kỉ trước, trong khi chế độ dòng chảy qua trạm đã có nhiều thay đổi. Vì vậy nếu trạm Đồng Tâm được phục hồi chế độ đo lưu lượng thì chất lượng mô phỏng tính toán dự báo chắc chắn sẽ tốt hơn.

2. Kịch bản II

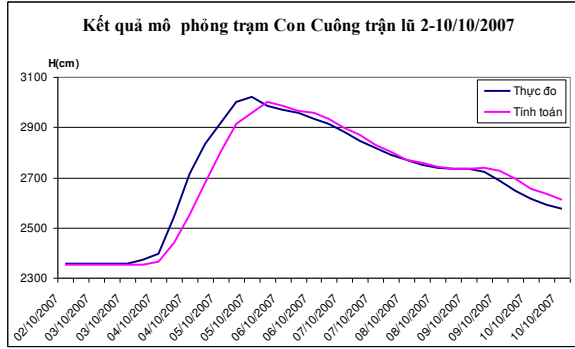
a) Nội dung kịch bản: Tính toán mực nước, lưu lượng và chỉ tiêu NASH tại trạm Con Cuông trên sông Cả (Nghệ An) theo hai phương án xây dựng bộ quan hệ $H \sim Q$:

- Phương án 1: sử dụng diễn toán Muskingum xây dựng bộ quan hệ $H \sim Q$ giả định cho trạm Con Cuông từ bộ dữ liệu mực nước, lưu lượng tại trạm thủy văn Cửa Rào được tính toán bằng mô hình NAM cho nhiều trận lũ khác nhau.
- Phương án 2: Sử dụng một bộ quan hệ $H \sim Q$ bất kì cho trạm Con Cuông

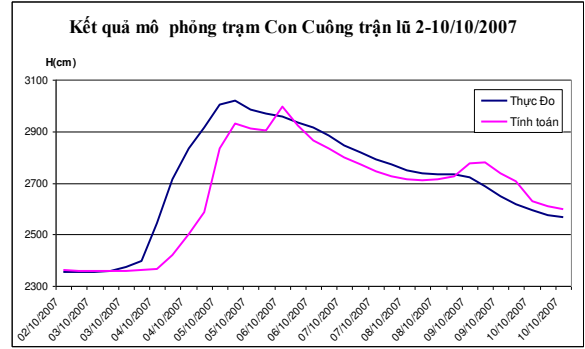
b) Dữ liệu: Sử dụng các trận lũ sau đây để tính toán:

- Trận lũ từ ngày 2-10/10/2007;
- Trận lũ từ ngày 22/9-1/10/2009;
- Trận lũ từ ngày 23/6-1/7/2011.

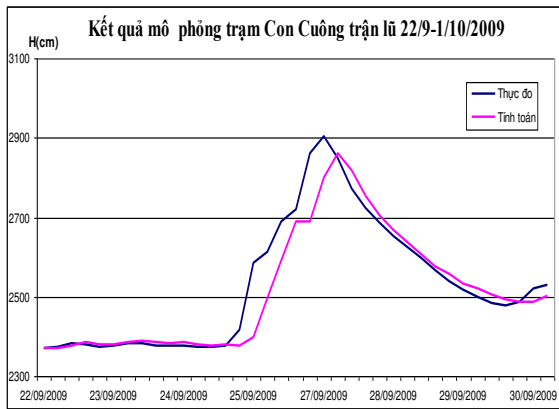
Kết quả tính toán được dẫn ra trên các hình từ 5.20 đến 5.27 và bảng 5.10.



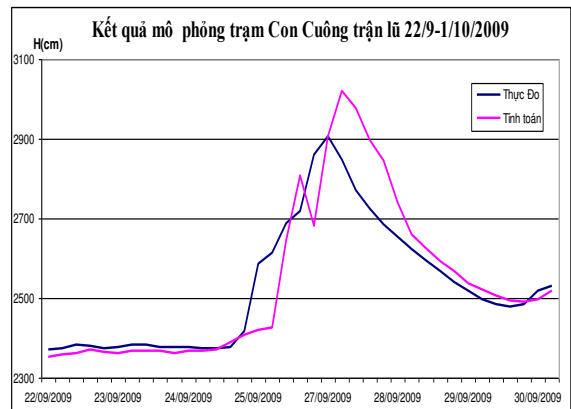
Hình 5.20. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 2-10/10/2007 theo phương án 1



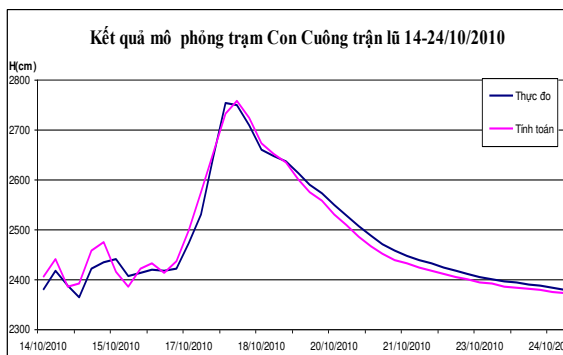
Hình 5.21. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 2-10/10/2007 theo phương án 2



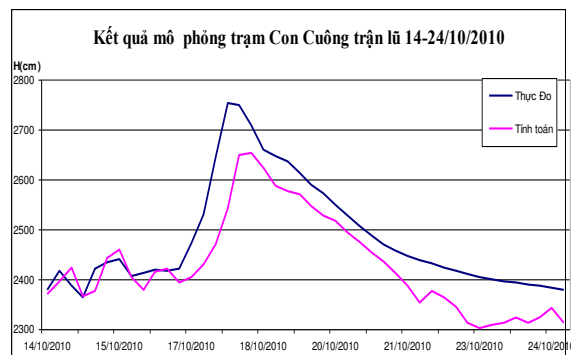
Hình 5.22. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 22/9-1/10/2009 theo phương án 1



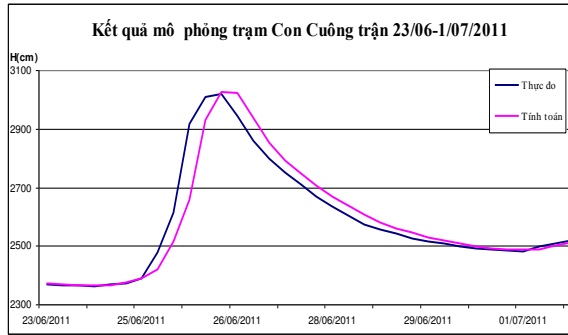
Hình 5.23. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 22/9-1/10/2009 theo phương án 2



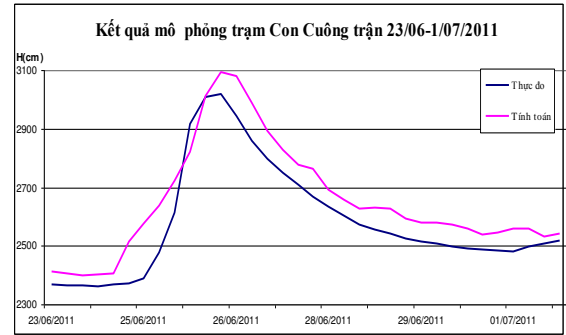
Hình 5.24. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 14-24/10/2010 theo phương án 1



Hình 5.25. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Con Cuông từ ngày 14-24/10/2010 theo phương án 2



Hình 5.26. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 23/6-1/7/2011 theo phương án 1



Hình 5.27. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Con Cuông từ ngày 23/6-1/7/2011 theo phương án 2

Bảng 5.10. Bảng so sánh chỉ tiêu tính toán mực nước trạm Con Cuông

Trận lũ	Chỉ tiêu	Thực đo	Phương án 1	Phương án 2	$\Delta TH1$	$\Delta TH2$
Ngày 2-10/10 /2007	NASH		84,4%	59,6%		
	H max (cm)	3020	3002	2996	18	24
	Thời gian xuất hiện đỉnh lũ	13 giờ /5/10	13 giờ /5/10	1 giờ/6/10	0 giờ	2 giờ
Ngày 22/9-01/10 /2009	NASH		75,3%	72,2%		
	H max (cm)	2905	2862	3020	43	115
	Thời gian xuất hiện đỉnh lũ	1 giờ /27/09	7 giờ /27/09	7 giờ /27/09	6 giờ	6 giờ
Ngày 14-24/10 /2010	NASH		85,2%	49,5%		
	H max (cm)	2753	2757	2654	4	99
	Thời gian xuất hiện đỉnh lũ	19 giờ /17/10	19 giờ /17/10	7 giờ /18/10	0 giờ	12 giờ
Ngày 23/6-01/07 /2011	NASH		80,9%	69,6%		
	H max	3017	3024	3094	7	77
	Thời gian xuất hiện đỉnh lũ	7 giờ /26/06	7 giờ /26/06	7 giờ /26/06	0 giờ	0 giờ

c) Phân tích kết quả tính toán: Kết quả tính toán theo phương án 1 ta thấy, đường quá trình mực nước lũ tính toán tại Con Cuông tương đối đồng dạng với đường thực

đo, tuy lên/xuống có sai lệch nhưng không đáng kể; giá trị mực nước đỉnh lũ lệch nhau không nhiều, nhỏ nhất là trận lũ từ 14-24/10/2010 chênh nhau 4cm, lớn nhất là trận lũ 22/09-01/10/2009 cũng chỉ chênh nhau 43cm; thời gian xuất hiện đỉnh lũ theo tính toán hầu như trùng với thực đo, riêng trận lũ từ 22/09 đến 01/10/2009 có thời gian lệch nhau 6 giờ; giá trị NASH của các trận lũ khá cao, từ 75,3-85,2%, lớn nhất là trận lũ từ 23/6-1/07/2011, nhỏ nhất là trận lũ xảy ra từ 22/9-1/10/2009.

Tính toán theo phương án 2, đường quá trình mực nước lũ tuy tương đối đồng dạng với thực đo, nhưng cũng thấy rõ quá trình lũ lên, lũ xuống, giá trị đỉnh lũ, thời gian xuất hiện đỉnh lũ đều có sự khác biệt với số liệu thực đo. Nhỏ nhất là trận lũ xảy ra từ 2-10/10/2007, mực nước đỉnh lũ tính toán lệch với mực nước đỉnh lũ thực đo 24cm, lớn nhất là trận lũ xảy ra từ 22/9-1/10/2009 lệch nhau tới 115cm; thời gian xuất hiện đỉnh lũ giữa tính toán và thực đo lệch nhau từ 6-12 giờ, chỉ có trận lũ xảy ra từ 23/6-1/7/2011 có thời gian xuất hiện đỉnh lũ theo tính toán và thực đo trùng nhau; giá trị NASH của các trận lũ khá thấp, từ 49,5-72,2%.

Phân tích kết quả tính toán theo kịch bản II ta thấy, đường quá trình mực nước lũ tính toán cho vị trí không có hoặc không đủ số liệu thực đo chỉ có thể chấp được khi xây dựng bộ quan hệ $H \sim Q$ bằng mô hình số trên chuỗi số liệu đủ dài. Tuy nhiên, kết quả tính toán mô phỏng, dự báo không thể đạt chất lượng như đối với vị trí có đầy đủ số liệu tại chỗ, cũng như có số liệu trạm trên trạm dưới với khoảng cách hợp lí.

3. Kịch bản III: Đánh giá ảnh hưởng của số liệu đầu vào tới kết quả mô phỏng đường quá trình mực nước và lưu lượng bằng mô hình số.

a) Nội dung kịch bản: Sử dụng số liệu mực nước, lưu lượng của hai trạm Thành Mỹ, Nông Sơn (sông Vu Gia-Thu Bồn) hiệu chỉnh bộ thông số mô hình MIKE NAM cho hai lưu vực bộ phận Thành Mỹ, Nông Sơn; áp bộ thông số đã hiệu chỉnh cho các lưu vực bộ phận còn lại chạy mô hình MIKE11 mô phỏng đường quá trình mực nước, lưu lượng tại các trạm khống chế.

b) Dữ liệu: Sử dụng trận lũ xảy ra từ ngày 10-22/10/2008

Các kết quả tính toán được dẫn ra trong bảng 5.11 và các hình từ 5.25 đến 5.28.

c) Phân tích kết quả: Kết quả tính toán theo kịch bản III cho thấy đường quá trình mực nước lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại hai trạm Thành Mỹ và Nông Sơn tương đối đồng dạng với số liệu thực đo, không có sự trễ pha, hệ số NASH trung bình là 8,1 là mức tốt; chênh lệch giữa mực nước đỉnh lũ tính toán với giá trị thực đo khá nhỏ, trung bình là 24cm, lớn nhất là 41cm (đỉnh lũ thứ 1 trạm Nông Sơn), nhỏ nhất 13cm (đỉnh lũ thứ 2 trạm Nông Sơn); thời gian xuất

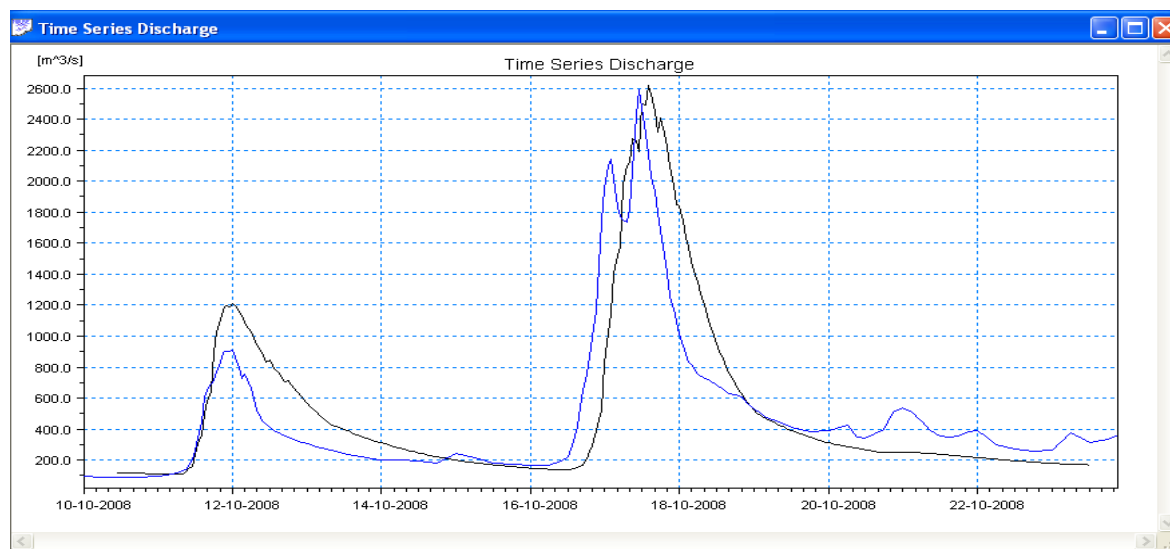
hiện đỉnh lũ tính toán chỉ sai lệch với thực đo từ 0-2 giờ.

Bảng 5.11. Kết quả mô phỏng đỉnh lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 và thực đo trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại hai trạm Thành Mỹ, Nông Sơn

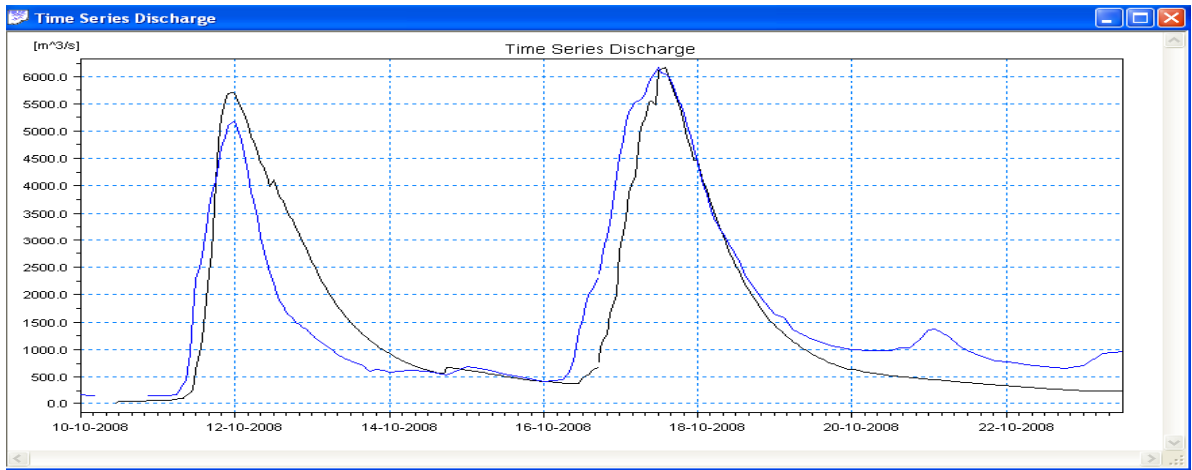
Trạm	Htt (m)	Htd (m)	$\Delta H_{\text{đỉnh}}$		$\Delta t_{\text{đỉnh}}$	NASH	S/đ
			M	%			
Thành Mỹ	19,44	19,63	0,19	0,9	2 giờ	80,2	0,36
Nông Sơn	14,64	14,23	0,41	2,8	0 giờ	83,1	0,39
	15,02	15,15	0,13	0,8	2 giờ		

Ngược lại, đường quá trình mực nước lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 trận lũ nói trên tại hai trạm Hội Khách, Giao Thủy không đồng dạng với đường thực đo, sự trễ pha khá lớn, chỉ số NASH nhỏ hơn 80%; chênh lệch giữa đỉnh lũ tính toán và thực đo rất lớn, từ 0,73-0,82m; thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán sai lệch với thực đo từ 4-5 giờ. Thực tế với sự chênh lệch này không thể sử dụng được trong dự báo nghiệp vụ (hình 5.32, 5.33 và bảng 5.12).

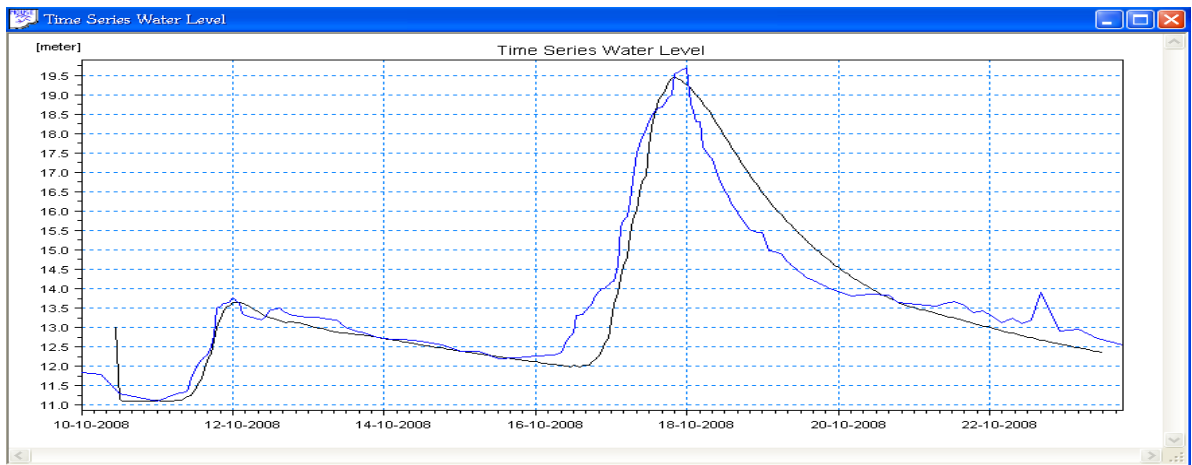
Từ những phân tích kết quả tính toán theo kịch bản III, chúng ta thấy rằng nếu có đủ số liệu lưu lượng tại các mặt cắt không chế trên lưu vực để hiệu chỉnh bộ thông số mô hình sẽ cho ta kết quả tính toán mô phỏng quá trình mực nước lũ tốt hơn.



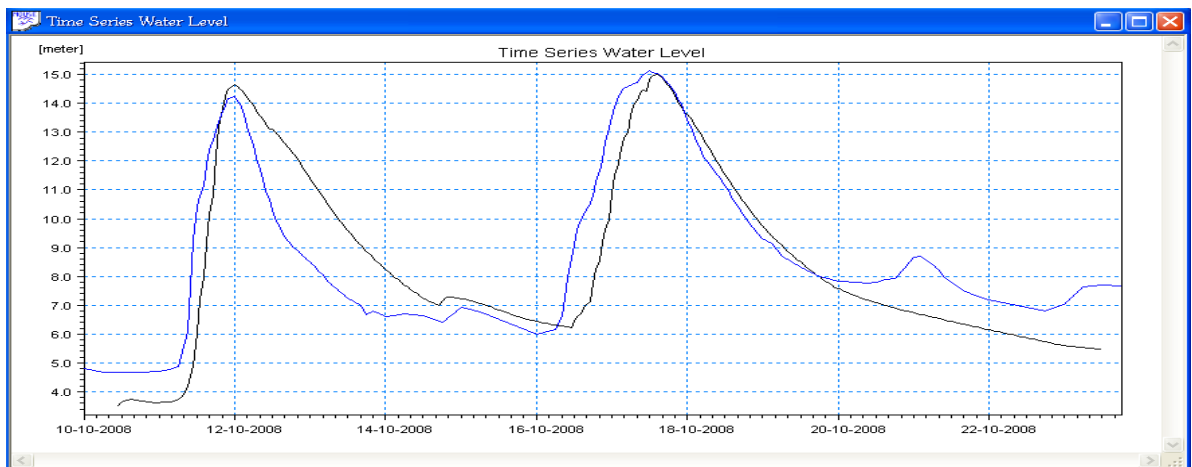
Hình 5.28. Đường quá trình lưu lượng lũ thực đo trận lũ xảy ra từ ngày 10-22/10/2008 và mô phỏng bằng mô hình MIKE NAM tại trạm Thành Mỹ



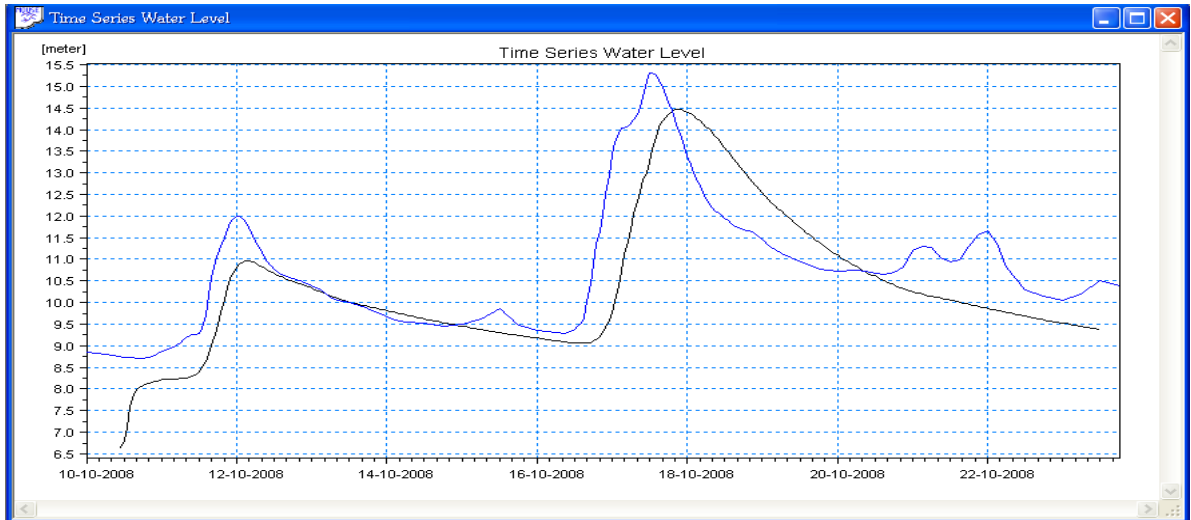
Hình 5.29. Đường quá trình lưu lượng lũ thực đo trận lũ xảy ra từ ngày 10-22/10/2008 và mô phỏng bằng mô hình MIKE NAM tại trạm Nông Sơn



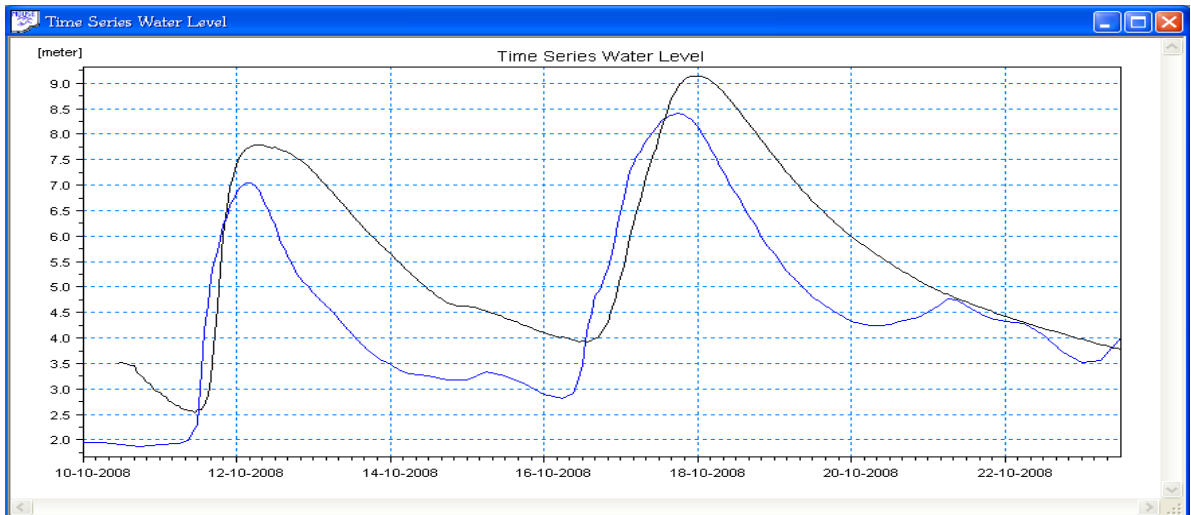
Hình 5.30. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Thành Mỹ



Hình 5.31. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Nông Sơn



Hình 5.32. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Hội Khách



Hình 5.33. Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng bằng mô hình MIKE11 trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại trạm Giao Thủy

Bảng 5.12. Kết quả mô phỏng đỉnh lũ tính toán bằng mô hình MIKE11 và thực đo trận lũ từ ngày 10-22/10/2008 tại hai trạm Hội Khách và Giao Thủy

Trạm	Htt (m)	Htd (m)	$\Delta H_{\text{đỉnh}}$		$\Delta t_{\text{đỉnh}}$	NASH	S/6
			M	%			
Hội Khách	14,50	15,32	0,82	5,4	4h	75,4	0,58
Giao Thủy	7,80	7,05	0,75	10,6	4h	68,2	0,7
	9,14	8,41	0,73	8,7	5h		

5.3.2 Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm thủy văn phục vụ dự báo

1. Mục tiêu phát triển mạng lưới trạm thủy văn

Nâng cấp hay bổ sung thêm trạm vào hệ thống mạng lưới trạm thủy văn hiện có không chỉ đảm bảo cung cấp đủ số liệu đầu vào giải bài toán thủy văn nói chung, bài toán dự báo nói riêng mà còn đảm bảo cung cấp đủ số liệu phục vụ công tác nghiên cứu khoa học, quy hoạch phát triển của các cấp, các ngành có liên quan, đặc biệt là trong giám sát và đánh giá tài nguyên nước trong bối cảnh BĐKH.

2. Quan điểm phát triển mạng lưới trạm quan trắc thủy văn

- Hệ thống mạng lưới trạm được thiết kế phải phủ kín toàn lưu vực, mỗi trạm phải kiểm soát được một lưu vực sông nhánh hoặc một phần lưu vực sông chính, đảm bảo cung cấp số liệu thời gian thực thường xuyên liên tục cho các cơ quan dự báo. Tuy nhiên phải có bước đi phù hợp với khả năng đầu tư của nhà nước;

- Trên dòng chính trung bình từ 60-100km có một trạm đo lưu lượng, giữa hai trạm đo lưu lượng có một trạm đo mực nước, tùy theo số lượng dòng nhập lưu hay phân lưu, sao cho khi tính toán nội suy giá trị lưu lượng tại một điểm nằm giữa hai trạm, sai số tương đương với sai số đo lưu lượng cho phép (5-10% đối với dòng chảy trung bình năm và 25-30% đối với dòng chảy lớn nhất năm); diện tích lưu vực đến hai trạm quan trắc liền kề phải chênh nhau trên 10%;

- Sông nhánh cấp 3 có diện tích lưu vực trên 200km² có ít nhất một trạm cấp III; sông nhánh cấp 1, sông nhánh cấp 2 có diện tích lưu vực trên 500 km²: có ít nhất một trạm thủy văn cấp II hoặc cấp I;

- Tại các điểm quan trọng trên lưu vực, bố trí trạm quan trắc đa chức năng, đo nhiều yếu tố cả khí tượng và thủy văn.

- Lựa chọn vị trí đặt trạm sao cho số liệu quan trắc, đo đạc phản ánh đúng chế độ nước sông tự nhiên, phản ánh sát mức chênh độ sâu ngập lụt theo yêu cầu phòng chống thiên tai; không chế được dòng chảy cả trong mùa lũ và mùa cạn; phục vụ hiệu quả công tác dự báo phục vụ điều hành hồ chứa, phòng chống thiên tai cho khu dân cư tập trung, khu công nghiệp, vùng sản xuất nông nghiệp trọng điểm, vùng có nguy cơ ngập lụt cao.

3. Đề xuất khung phát triển mạng lưới thủy văn theo lưu vực sông

Từ những mục tiêu và quan điểm nói trên về phát triển mạng lưới trạm thủy văn, việc đề xuất nâng cấp hoặc di chuyển trạm được dẫn ra trong bảng 5.13.

Bảng 5.13. Danh sách trạm thủy văn đề xuất nâng cấp hoặc di chuyển

TT	Lưu vực sông	Trạm	Hạng	
			Hiện tại	Đề nghị nâng cấp/di chuyển
1	Đà	Mường Tè	Hạng III	Hạng I
2		Nậm Giàng	Hạng I	Di chuyển sát biên giới
3	Thao	Yên Bái	Hạng III	Hạng I
4		Phú Thọ	Hạng III	Hạng I
5	Lô	Hà Giang	Hạng III	Hạng I
6		Tuyên Quang	Hạng III	Hạng I
7	Bằng	Cao Bằng	Hạng III	Hạng I
8	Lục Nam	Chũ	Hạng III	Hạng I
9	Thương	Cầu Sơn	Hạng III	Hạng I
10	Mã	Mường Lát	Hạng III	Hạng II
11	Mã	Hội Xuân	Hạng III	Hạng II
12	Mã	Lí Nhân	Hạng III	Hạng II
13	Bưởi	Kim Tân	Hạng III	Hạng II
14	Chu	Cửu Đạt	Hạng II	Hạng III
15	Chu	Bái Thượng	Hạng III	Hạng II
16	Cả	Con Công	Hạng III	Hạng II
17	Rào Nậy	Đồng Tâm	Hạng III	Hạng II
18	Đại Giang	Kiến Giang	Hạng III	Hạng II
19	Thạch Hãn	Thạch Hãn	Hạng III	Hạng II
20	Vu Gia	Hội Khách	Hạng III	Hạng II
21	Thu Bồn	Giao Thủy	Hạng III	Hạng II
22	Thu Bồn	Câu Lâu	Hạng III	Hạng II
23	Trà Bồng	Châu Ô	Hạng III	Hạng II
24	Trà Khúc	Trà Khúc	Hạng III	Hạng II
25	Lại Giang	Bồng Sơn	Hạng III	Hạng II
26	Kôn	Vĩnh Sơn	Hạng III	Hạng II

TT	Lưu vực sông	Trạm	Hạng	
			Hiện tại	Đề nghị nâng cấp/di chuyển
27	Kì Lộ	Hà Bằng	Hạng III	Hạng II
28	Ninh Hòa	Ninh Hòa	Hạng III	Hạng II
29	Cái	Tân Mỹ	Hạng III	Hạng II
30	Ba	Ia Yunpa	Hạng III	Hạng I
31	Đakbla	Đăk To	Hạng III	Hạng II

Việc đề xuất xây dựng trạm cụ thể đối với từng hệ thống sông được trình bày như sau (chi tiết xem phụ lục 4):

a) Hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang

Phần lưu vực nằm trong lãnh thổ Việt Nam của hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang có diện tích 6530km², với 126 sông suối có chiều dài trên 10km, trong đó có 41 sông nhánh cấp 1, 49 sông nhánh cấp 2 và 24 sông nhánh cấp 3. Hiện tại, trên hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang chỉ có 3 trạm thủy văn cấp III: 1 trạm trên sông Kỳ Cùng, một trạm trên sông Bằng Giang, một trạm trên sông nhánh cấp I Bắc Giang. Để đáp ứng yêu cầu tối thiểu của công tác dự báo, đề nghị nâng cấp trạm Cao Bằng từ trạm cấp III lên trạm cấp II, phát triển mới 11 trạm thủy văn, trong đó có 5 trạm đo lưu lượng, gồm 2 trạm trên sông Bằng Giang, 2 trạm trên sông Kỳ Cùng, 7 trạm trên các sông nhánh.

b) Hệ thống sông suối tỉnh Quảng Ninh

Trừ sông Tiên Yên, tất cả các sông suối ở Quảng Ninh đều ngắn, nhỏ, độ dốc lớn, đổ thẳng ra biển. Trên sông Tiên Yên lũ lớn xảy ra hàng năm với tần suất thấp, hiện nay trên sông đã có một trạm thủy văn kiểm soát lũ, lỵ đặt tại Bình Liêu. Trong giai đoạn đến năm 2020 trên các sông, suối tỉnh Quảng Ninh chưa cần thiết phát triển mới các trạm thủy văn.

c) Hệ thống sông Hồng

Trên diện tích lưu vực 86.244km² thuộc lãnh thổ Việt Nam, phần thượng lưu, tính đến Sơn Tây, hệ thống sông Hồng có khoảng 615 sông suối các cấp, trong đó có 57 sông nhánh cấp 1, 195 sông nhánh cấp 2 và 245 sông nhánh cấp 3. Ở đồng bằng châu thổ sông Hồng, mạng lưới sông ngòi chằng chịt. Hiện tại, trên hệ thống sông Hồng có 53 trạm thủy văn (có 39 trạm đo lưu lượng), trong đó, 21 trạm ở đồng bằng

châu thổ, 8 trạm trên sông Thao, 9 trạm trên sông Đà và 15 trạm trên sông Lô. Trên vùng thượng lưu các trạm chủ yếu nằm trên dòng chính các sông Thao, sông Lô, sông Đà, ở đồng bằng các trạm phân bố khá đều trên dòng chính và các sông nhánh. Mạng lưới trạm đã có trên hệ thống sông Hồng là quá thừa đối với một hệ thống sông thường xảy ra lũ, lụt. Đến năm 2020, đề nghị nâng cấp 5 trạm từ trạm cấp III lên trạm cấp I, trong đó trên sông Đà có 1 trạm, trên sông Lô có 2 trạm, trên sông Thao có 2 trạm; đề nghị di chuyển trạm Nậm Giàng trên sông Đà ra sát biên giới (xem bảng 5.14); đề nghị phát triển mới 53 trạm thủy văn chủ yếu trên các sông nhánh, trong đó có 13 trạm trên các sông nhánh của sông Đà.

d) Hệ thống sông Thái Bình

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Thái Bình khoảng 15180km², trong đó sông Cầu chiếm 39,7%, sông Thương 23,6% và sông Lục Nam 20,2%. Trên lưu vực hệ thống sông Thái Bình hiện có 28 trạm thủy văn, rất thừa so với yêu cầu cung cấp dữ liệu phục vụ dự báo, đánh giá tài nguyên nước và các yêu cầu khác. Đến năm 2020 đề nghị nâng cấp trạm Chũ trên sông Lục Nam, trạm Cầu Sơn trên sông Thương từ hạng III lên hạng I và phát triển mới 18 trạm, chủ yếu trên sông nhánh ở trung và thượng lưu vực hệ thống sông Thái Bình.

đ) Hệ thống sông Mã

Tổng diện tích lưu vực sông Mã khoảng 28400km², trong đó phần lưu vực thuộc Việt Nam chiếm 17600km². Hệ thống sông Mã thuộc lãnh thổ Việt Nam hiện có 17 trạm thủy văn, rất thừa so với yêu cầu cung cấp dữ liệu phục vụ dự báo. Đến năm 2020 đề nghị nâng cấp 6 trạm trong mạng lưới trạm hiện có từ trạm cấp III lên trạm cấp II, trong đó có 3 trạm trên dòng chính, 1 trạm trên sông Bưởi, 2 trạm trên sông Chu; đề nghị phát triển mới 21 trạm thủy văn, chủ yếu trên các sông nhánh.

e) Hệ thống sông Cả

Tổng diện tích lưu vực sông Cả khoảng 27720km², trong đó phần lưu vực thuộc lãnh thổ Việt Nam chiếm 17730km². Nếu tính các sông có nước chảy thường xuyên và có chiều dài trên 10km, sông Cả có 151 sông nhánh các cấp, trong đó có 44 sông cấp 1, 74 sông cấp 2 và 32 sông cấp 3.

Trên hệ thống sông Cả thuộc lãnh thổ Việt Nam hiện có 17 trạm thủy văn, rất thừa so với yêu cầu cung cấp dữ liệu phục vụ dự báo, đánh giá tài nguyên nước và các yêu cầu khác. Đến năm 2020 đề nghị nâng cấp trạm Con Công trên dòng chính và trạm Đồng Tâm trên sông Rào Nậy từ hạng III lên hạng II; đề nghị phát triển mới 17 trạm thủy văn, chủ yếu trên các sông nhánh, trong đó trên các sông nhánh của

sông La phát triển mới 4 trạm.

g) Các sông thuộc tỉnh Quảng Bình

Tỉnh Quảng Bình có hai sông lớn là sông Gianh và sông Kiến Giang. Hiện nay, trên mỗi hệ thống sông chỉ có 4 trạm thủy văn nên gặp rất nhiều khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020 đề nghị nâng cấp trạm Đại Giang trên sông Kiến Giang từ hạng III lên hạng II và đề nghị phát triển mới trên các sông của Quảng Bình 13 trạm thủy văn. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh.

h) Các sông thuộc tỉnh Quảng Trị

Tỉnh Quảng Trị có hai sông lớn là sông Bến Hải và sông Quảng Trị. Hiện nay, trên sông Bến Hải chỉ có 2 trạm thủy văn, trên sông Quảng Trị nhiều hơn cũng chỉ có 6 trạm nên còn gặp khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020 đề nghị nâng cấp trạm Thạch Hãn trên sông Thạch Hãn từ hạng III lên hạng II và đề nghị phát triển mới trên các sông của Quảng Trị ít nhất 4 trạm thủy văn. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh.

i) Hệ thống sông Hương

Sông Hương là con sông lớn nhất tỉnh Thừa Thiên-Huế. Với diện tích lưu vực 2690km², chiếm 56% diện tích của tỉnh, hệ thống sông này có 18 sông nhánh, với 5 sông cấp 1, 12 sông cấp 2 và 1 sông cấp 3. Trên hệ thống sông Hương hiện tại có 5 trạm thủy văn, đề xuất đến năm 2020 phát triển thêm 3 trạm trên các sông nhánh.

k) Hệ thống sông Thu Bồn-Vu Gia

Với tổng diện tích lưu vực 10350km², hệ thống sông Thu Bồn-Vu Gia bao trùm phần lớn địa phận tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng. Trên lưu vực sông Thu Bồn với 81 sông nhánh các cấp có chiều dài trên 10km, trong đó có 19 sông nhánh cấp 1, 37 sông nhánh cấp 2 và 22 sông nhánh cấp 3, hiện nay có 10 trạm thủy văn, chủ yếu trên dòng chính và sông nhánh Vu Gia. Đề xuất đến năm 2020, nâng cấp trạm Hội Khách trên sông Vu Gia, trạm Giao Thủy và Câu Lâu trên sông Thu Bồn từ hạng III lên hạng II; phát triển mới 21 trạm trên các sông nhánh ở thượng lưu vực hệ thống Thu Bồn-Vu Gia.

l) Các sông thuộc tỉnh Quảng Ngãi

Tỉnh Quảng Ngãi có bốn sông lớn là sông Trà Bồng, Trà Khúc, sông Vệ và Trà Câu. Hiện nay trên các sông Trà Bồng, Trà Khúc và Vệ đều có 2 trạm, còn trên sông Trà Câu chỉ có một trạm nên còn gặp nhiều khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020, đề nghị nâng cấp trạm Châu Ô trên sông Trà Bồng, trạm Trà Khúc

trên sông Trà Khúc từ hạng III lên hạng II; phát triển mới trên các sông của Quảng Ngãi là 15 trạm. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh, gồm 2 trạm trên sông Trà Bồng, 8 trạm trên sông Trà Khúc và 5 trạm trên sông Vệ.

m) Các sông thuộc tỉnh Bình Định

Tỉnh Bình Định có bốn sông lớn là sông Lại Giang, La Tinh, Kôn và Hà Thanh và một số sông nhỏ. Hiện nay trên sông Lại Giang có 2 trạm thủy văn, sông Kôn có 4 trạm và trên sông Hà Thanh có 1 trạm, nên còn gặp nhiều khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020, đề nghị nâng cấp trạm Bồng Sơn trên sông Lại Giang, trạm Vĩnh Sơn trên sông Kôn, trạm Hà Bằng trên sông Kỳ Lộ từ hạng III lên hạng II; đồng thời phát triển mới trên các sông của Bình Định 9 trạm. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh, bao gồm 3 trạm trên sông Lại Giang, 4 trạm trên sông Kôn, 1 trạm trên sông La Tinh và 1 trạm trên sông Hà Thanh.

n) Hệ thống sông Ba và các sông thuộc tỉnh Phú Yên

Với tổng diện tích lưu vực 13900km², hệ thống sông Ba bao trùm phần lớn địa phận tỉnh Phú Yên. Trên lưu vực sông Ba với 105 sông nhánh các cấp có chiều dài trên 10km, trong đó có 36 sông nhánh cấp 1, 54 sông nhánh cấp 2 và 15 sông nhánh cấp 3, hiện nay có 7 trạm thủy văn, chủ yếu trên dòng chính. Đề xuất đến năm 2020, trên hệ thống sông Ba đề nghị nâng cấp trạm Ia Yunpa từ hạng III lên hạng II, đồng thời cần phát triển mới 22 trạm chủ yếu trên các sông nhánh.

Trên địa bàn tỉnh Phú Yên ngoài hệ thống sông Ba là một trong 9 hệ thống sông lớn trên toàn quốc, còn có sông Bàn Thạch và sông Kỳ Lộ. Hiện nay trên Kỳ Lộ mới có một trạm, cần phát triển mới ở đây ba trạm và một trạm trên sông Bàn Thạch.

o) Các sông thuộc tỉnh Khánh Hòa

Tỉnh Khánh Hòa có hai sông lớn là sông Cái Ninh Hoà và sông Cái Nha Trang. Hiện nay trên mỗi hệ thống sông chỉ có 2 trạm thủy văn nên gặp nhiều khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020, nâng cấp trạm Ninh Hoà trên sông Cái Ninh Hoà, trạm Tân Mỹ trên sông Cái Nha Trang từ hạng III lên hạng II, đồng thời phát triển mới ít nhất 3 trạm thủy văn. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh.

p) Sông Cái Phan Rang (Ninh Thuận)

Với tổng diện tích lưu vực 3000km², hệ thống sông Cái Phan Rang bao trùm phần lớn địa phận tỉnh Ninh Thuận. Trên lưu vực sông Cái Phan Rang hiện nay có 6 trạm thủy văn, trong đó có 5 trạm do địa phương quản lí. Đề xuất đến năm 2020 trên hệ

thống sông Cái Phan Rang cần nâng cấp 5 trạm do địa phương quản lí lên trạm thủy văn cơ bản thuộc mạng lưới KTTV quốc gia.

q) Các sông thuộc tỉnh Bình Thuận

Tỉnh Bình Thuận có ba sông lớn là sông Cái Phan Thiết, sông Cà Ty và sông Lũy. Hiện nay trên sông Lũy có 2 trạm thủy văn (1 trạm do địa phương quản lí), trên sông Cái Phan Thiết và sông Cà Ty, mỗi sông có 1 trạm, nên còn gặp nhiều khó khăn trong cảnh báo sớm lũ, lụt. Đề xuất đến năm 2020 phát triển mới trên các sông của Bình Thuận 6 trạm. Các trạm phát triển mới chủ yếu nằm trên các sông nhánh.

r) Lưu vực sông Đồng Nai

Hệ thống sông Đồng Nai là một hệ thống sông lớn với toàn bộ lưu vực nằm trọn trong lãnh thổ Việt Nam. Dòng chính sông Đồng Nai dài 635 km, có 266 sông nhánh các cấp, trong đó có 60 sông nhánh cấp I với một số sông lớn như La Ngà ($F = 4170\text{km}^2$), Bé ($F = 7170\text{km}^2$), Sài Gòn ($F = 5560\text{km}^2$), Vàm Cỏ ($F = 12800\text{km}^2$). Hiện nay trên lưu vực sông Đồng Nai có 22 trạm thủy văn, được phân bố như sau:

- Trên dòng chính: 6 trạm;
- Trên sông La Ngà: 5 trạm;
- Trên sông Bé: 1 trạm;
- Trên sông Sài Gòn: 3 trạm;
- Trên sông Vàm Cỏ: 7 trạm.

Với mật độ trạm thưa trên lưu vực sông rộng, phức tạp nên những năm vừa qua ngành KTTV gặp rất nhiều khó khăn trong dự báo lũ, ngập lụt, ngập triều và phục vụ điều hành hồ chứa. Đề xuất đến năm 2020 hệ thống sông này cần phát triển mới 25 trạm, chủ yếu trên các sông nhánh và một số điểm chốt quan trọng trên sông chính.

s) Lưu vực sông Sê San - Srê Pok

Sông Sê San và Srê Pok là hai nhánh lớn của sông Mê Kông, lưu vực của hai con sông này gần như phủ trùm toàn bộ khu vực Tây Nguyên. Hiện nay trên sông Sê San có 4 trạm thủy văn và trên sông Srê Pok có 5 trạm. Với mạng lưới sông khá dày của khu vực Tây Nguyên, với số lượng trạm hiện có là quá thừa để dự báo phục vụ điều hành liên hồ chứa. Vì vậy, đến năm 2020, kiến nghị thành lập mới 29 trạm thủy văn trên hệ thống sông Sê San - Srê Pok. Ngoài ra, đề nghị nâng cấp trạm Đakbla trên sông Đak Tô từ hạng III lên hạng II.

t) Lưu vực sông Cửu Long

Trên diện tích lưu vực rộng khoảng gần 50.000 km^2 , ở Đồng bằng sông Cửu Long

đã có 125 trạm thủy văn. Với số lượng trạm như vậy đã gần tiệm cận mật độ trạm cần thiết. Đến năm 2020, kiến nghị tiếp tục thiết lập 42 trạm đã thiết kế trong vùng chịu ảnh hưởng của lũ sông Mê Kông (trong dự án WB4), đồng thời phát triển mới 23 trạm ở vùng chịu ảnh hưởng thủy triều.

Bảng 5.14. Số lượng các trạm thủy văn đề xuất phát triển mới đến năm 2020 theo lưu vực sông

STT	Các lưu vực sông	Kí hiệu	Số lượng
1	Sông Kỳ Cùng-Bằng Giang	SKC	11
2	Sông Hồng	SHG	40
3	Sông Đà	SĐA	13
4	Sông Thái Bình	STB	18
5	Sông Mã	SMA	21
6	Sông Cả	SCA	17
7	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Bình	SQB	13
8	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Trị	SQT	4
9	Hệ thống sông Hương thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế	SHUE	3
10	Sông Vu Gia – Thu Bồn	SVGTB	21
11	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Ngãi	SQNG	15
12	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Bình Định	SBD	9
13	Hệ thống sông Ba và các sông thuộc tỉnh Phú Yên	SBA	26
14	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Khánh Hòa	SKH	3
15	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Ninh Thuận	SNT	5
16	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Bình Thuận	SBT	6
17	Sông Đồng Nai	SĐN	25
18	Sông Se San-Srê Pok	SSSA	29
19	Sông Cửu Long	SCL	65
Tổng cộng			344

Tóm lại: Ước tính đến năm 2020, mạng lưới trạm thủy văn các loại trên toàn quốc có khoảng 691 trạm, gồm 345 trạm đã có (kể cả những trạm xây dựng xong, đã hoạt động thu thập số liệu, nhưng chưa có quyết định chính thức đưa vào hoạt động) và phát triển mới 346 trạm. Số lượng trạm thủy văn đề xuất mở mới tính đến năm 2020 được dẫn ra trong bảng 5.14.

5.4 Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm đo mưa phục vụ dự báo

5.4.1 Mục tiêu phát triển mạng lưới trạm đo mưa độc lập

Thiết lập mạng lưới đo mưa độc lập nhằm bổ sung, đầy đủ số liệu mưa trong khoảng giữa các trạm KTTV có đo yếu tố mưa, phục vụ hiệu quả dự báo mưa cực ngắn, dự báo lũ, ngập lụt đô thị.

5.4.2 Quan điểm phát triển mạng lưới trạm đo mưa độc lập

Để phát triển mạng lưới trạm đo mưa, cần thống nhất các quan điểm sau:

- Khoảng cách trung bình giữa hai điểm có số liệu mưa từ 10-15km, ở các thành phố lớn, khu đông dân dưới 5km, sao cho phản ánh đúng phân bố mưa trên theo không gian và thời gian trong ô lưới 10km × 10km;
- Hành lang kỹ thuật, điều kiện mặt đệm phải phù hợp với hiện trạng mặt đệm ô lưới;
- Sử dụng thiết bị đo và truyền tin tự động, đảm bảo cung cấp số liệu thời gian thực thường xuyên cho các cơ quan dự báo KTTV.

5.4.3 Đề xuất khung phát triển mạng lưới đo mưa độc lập theo lưu vực sông

Từ những mục tiêu và quan điểm nói trên về phát triển mạng lưới trạm đo mưa được dẫn ra trong bảng 5.15 (chi tiết xem phụ lục 5).

Việc đề xuất xây dựng trạm đo mưa độc lập cụ thể đối với từng hệ thống sông được trình bày như sau (chi tiết xem phụ lục 5):

1. Lưu vực hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang rộng 11220km². Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang đã có 40 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Kỳ Cùng-Bằng Giang phát triển mới 24 trạm đo mưa độc lập. Như vậy, cùng với số trạm đo mưa tại trạm khí tượng và trạm thủy văn đề nghị phát triển mới trên khu vực, tổng số điểm đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 42 điểm, nâng tổng số điểm đo mưa trên lưu

vực lên 82 điểm, bình quân trên diện tích 137km² có một điểm đo mưa.

Bảng 5.15. Số lượng các trạm đo mưa độc lập đề xuất mở mới đến năm 2020

STT	Lưu vực sông	Kí hiệu	Số lượng
1	Sông Kỳ Cùng-Bằng Giang	SKC	24
2	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Ninh	SQN	5
3	Sông Hồng	SHG	24
4	Sông Đà	SĐA	38
5	Sông Thái Bình	STB	22
6	Sông Mã	SMA	29
7	Sông Cả	SCA	24
8	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Bình	SQB	28
9	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Trị	SQT	32
10	Hệ thống sông Hương thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế	SHUE	16
11	Sông Vu Gia – Thu Bồn	SVGTB	27
12	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Ngãi	SQNG	16
13	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Bình Định	SBD	18
14	Hệ thống sông Ba và sông thuộc tỉnh Phú Yên	SBA	50
15	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Khánh Hòa	SKH	16
16	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Ninh Thuận	SNT	08
17	Hệ thống các sông thuộc tỉnh Bình Thuận	SBT	21
18	Sông Đồng Nai	SĐN	42
19	Sông Sê San- Srê Pok	SSSA	38
20	Sông Mê Kông	SMK	25
Tổng cộng			498

2. Hệ sông suối tỉnh Quảng Ninh

Tỉnh Quảng Ninh có diện tích 6.102km². Mật độ sông, suối trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh khá cao, tuy nhiên, trừ sông Tiên Yên, tất cả các sông suối ở Quảng Ninh đều ngắn, nhỏ, độ dốc lớn, đổ thẳng ra biển. Hiện nay trên đất liền tỉnh Quảng Ninh đã có 18 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống các sông thuộc tỉnh Quảng Ninh phát triển mới 5 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại các trạm khí tượng và thủy văn đề nghị phát triển mới trên địa bàn tỉnh, tổng số điểm đo trên lưu vực đến năm 2020 là 29 điểm, bình quân trên diện tích 137km² có một điểm đo mưa.

3. Lưu vực hệ thống sông Hồng

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Hồng thuộc lãnh thổ Việt Nam rộng hơn 73 800km². Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Hồng đã có 341 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Hồng phát triển mới 62 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn đề nghị phát triển mới trên khu vực, tổng số điểm đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 182 điểm, nâng tổng số điểm đo mưa trên lưu vực lên 523 điểm, bình quân trên diện tích 140km² có một điểm đo mưa.

4. Lưu vực hệ thống sông Thái Bình

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Thái Bình thuộc lãnh thổ Việt Nam rộng hơn 15.000km². Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Thái Bình đã có 108 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Thái Bình phát triển mới 22 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 14 trạm khí tượng, 18 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới trên khu vực, tổng số điểm đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 54 điểm, nâng tổng số điểm đo mưa trên lưu vực lên 162 điểm, bình quân trên diện tích chưa tới 100km² có một điểm đo mưa.

5. Lưu vực hệ thống sông Mã

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Mã thuộc lãnh thổ Việt Nam rộng 17.600km². Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Mã đã có 57 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Mã phát triển mới 29 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 12 trạm khí tượng và 21 trạm thủy văn đề nghị phát

triển mới, tổng số điểm đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 62 điểm, nâng tổng số điểm đo mưa trên lưu vực lên 119 điểm, bình quân trên diện tích gần 150km² có một điểm đo mưa.

6. Lưu vực hệ thống sông Cả

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Cả thuộc lãnh thổ Việt Nam rộng 17.730km². Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Cả đã có 71 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Cả phát triển mới 24 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 14 trạm khí tượng và 17 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm có đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 55 điểm, nâng tổng số điểm có đo mưa trên lưu vực lên 126 điểm, bình quân trên lưu vực 140km²/01 điểm đo mưa.

7. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Bình

Lưu vực sông Gianh, sông Kiến Giang và sông Trốc bao trùm hầu hết tỉnh Quảng Bình (S= 8051km²). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Quảng Bình đã có 22 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Bình phát triển mới 28 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 11 trạm khí tượng và 13 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm đo mưa phát triển mới trên địa bàn tỉnh đến năm 2020 là 52 điểm, nâng tổng số điểm đo mưa trong Tỉnh lên 74 điểm, bình quân trên diện tích hơn 110km² có một điểm đo mưa.

8. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Trị

Lưu vực sông Bến Hải và sông Quảng Trị bao trùm hầu hết tỉnh Quảng Trị (S= 4745km²). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Quảng Trị đã có 15 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Trị phát triển mới 32 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 6 trạm khí tượng và 4 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh đến năm 2020 có tổng số 42 điểm đo mưa mới, nâng tổng số điểm đo mưa trong Tỉnh lên 57 điểm, bình quân trên địa bàn toàn tỉnh 93km² có một điểm đo mưa.

9. Lưu vực hệ thống Sông Hương

Lưu vực sông Hương và sông Ô Lâu bao trùm hầu hết diện tích tỉnh Thừa Thiên Huế (S= 5054km²). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên-Huế đã có 21 điểm đo

mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Thừa Thiên-Huế phát triển mới 16 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 3 trạm thủy văn và 4 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên-Huế đến năm 2020 có tổng số 23 điểm đo mưa mới, nâng tổng số điểm đo mưa trong Tỉnh lên 44 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 110km^2 có một điểm đo mưa.

10. Lưu vực hệ thống sông Thu Bồn-Vu Gia

Với tổng diện tích lưu vực 10350km^2 , hệ thống sông Thu Bồn-Vu Gia cùng với sông Tam Kỳ ($S= 1040 \text{ km}^2$) bao trùm phần lớn địa phận tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng. Hiện nay trên địa bàn Quảng Nam-Đà Nẵng đã có 21 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc Quảng Nam- Đà Nẵng phát triển mới 27 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 21 trạm thủy văn và 9 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn Quảng Nam-Đà Nẵng đến năm 2020 có tổng số 57 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa mới trên địa bàn lên 78 điểm, bình quân trên địa bàn Quảng Nam - Đà Nẵng 140km^2 có một điểm đo mưa.

11. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Ngãi

Lưu vực sông Trà Bồng, sông Trà Khúc, sông Vệ và sông Trà Câu bao trùm hầu hết diện tích tỉnh Quảng Ngãi ($F= 5135\text{km}^2$). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi đã có 21 điểm có đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Quảng Ngãi phát triển mới 16 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 15 trạm thủy văn và 6 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi đến năm 2020 có tổng số 37 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa trong Tỉnh lên 58 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 90km^2 có một điểm đo mưa.

12. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Bình Định

Lưu vực sông Lại Giang, sông La Tinh, sông Kôn và sông Hà Thanh bao trùm hầu hết diện tích tỉnh Bình Định ($F= 5135\text{km}^2$). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Bình Định đã có 21 điểm có đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Bình Định phát triển mới 18 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 9 trạm thủy văn và 7 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Bình

Định đến năm 2020 có tổng số 34 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa trong tỉnh lên 55 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 95km^2 có một điểm đo mưa.

13. Lưu vực hệ thống sông Ba và các sông thuộc tỉnh Phú Yên

Tổng diện tích lưu vực hệ thống sông Ba rộng 13900km^2 . Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Ba và các sông thuộc tỉnh Phú Yên đã có 38 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Ba và các sông thuộc tỉnh Phú Yên phát triển mới 50 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 9 trạm khí tượng và 28 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm có đo mưa phát triển mới trên lưu vực hệ thống sông Ba đến năm 2020 là 87 điểm, nâng tổng số điểm có đo mưa trên các lưu vực lên 125 điểm, bình quân trên các lưu vực 110km^2 có một điểm đo mưa.

14. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Khánh Hòa

Lưu vực sông Cái Ninh Hoà và sông Cái Nha Trang bao trùm hầu hết diện tích tỉnh Khánh Hòa ($F= 5135\text{km}^2$). Hiện nay trên địa bàn tỉnh Khánh Hòa đã có 13 điểm có đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Khánh Hòa phát triển mới 16 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 3 trạm thủy văn và 5 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Khánh Hòa đến năm 2020 có tổng số 24 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa trong Tỉnh lên 37 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 130km^2 có một điểm đo mưa.

15 Lưu vực sông Cái Phan Rang (Ninh Thuận)

Sông Cái Phan Rang dài 119km, bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc tỉnh Khánh Hòa, chảy ra biển Đông tại Phan Rang. Tổng diện tích lưu vực của sông Cái Phan Rang là 3.000km^2 , bao trùm phần lớn lãnh thổ tỉnh Ninh Thuận. Hiện nay trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận đã có 14 điểm có đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Ninh Thuận phát triển mới 8 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 2 trạm thủy văn và 5 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận đến năm 2020 có tổng số 15 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa trong Tỉnh lên 29 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 125km^2 có một điểm đo mưa.

16. Lưu vực các sông thuộc tỉnh Bình Thuận

Trên địa bàn tỉnh có ba sông vừa: sông Lũy, sông Cái Phan Thiết, sông Cà Ty và ba

sông nhỏ: sông Trao, sông Cạn và sông Cát. Hiện nay trên địa bàn tỉnh Bình Thuận đã có 23 điểm có đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực các sông thuộc tỉnh Bình Thuận phát triển mới 21 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 6 trạm thủy văn và 7 trạm khí tượng đề nghị phát triển mới, trên địa bàn tỉnh Bình Thuận đến năm 2020 có tổng số 34 điểm có đo mưa mới, nâng tổng số điểm có đo mưa trong Tỉnh lên 57 điểm, bình quân trên địa bàn tỉnh 140km^2 có một điểm đo mưa.

17. Lưu vực sông Đồng Nai

Hệ thống sông Đồng Nai là một hệ thống sông lớn có lưu vực nằm trọn trong lãnh thổ nước ta. Dòng chính sông Đồng Nai dài 635km, có 266 sông nhánh các cấp, trong đó có 60 sông nhánh cấp I với một số sông lớn như La Ngà ($F = 4170\text{km}^2$), Bé ($F = 7170\text{km}^2$), Sài Gòn ($F = 5560\text{km}^2$), Vàm Cỏ ($F = 12800\text{km}^2$). Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Đồng Nai đã có 135 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Đồng Nai phát triển mới 42 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 39 trạm khí tượng và 25 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm có đo mưa phát triển mới trên lưu vực hệ thống sông Đồng Nai đến năm 2020 là 77 điểm, nâng tổng số điểm có đo mưa trên các lưu vực lên 241 điểm, bình quân trên lưu vực 120km^2 có một điểm đo mưa.

18. Hệ thống sông Mê Kông trên lãnh thổ Việt Nam

Trên lãnh thổ Việt Nam sông Mê Kông có hai sông nhánh là sông Nậm Nưa, sông Sê San-Srê Pok và dòng chính mang tên sông Cửu Long chảy qua đồng bằng Nam Bộ.

Sông Nậm Nưa là sông nhánh cấp 2 của sông Mê Kông, thuộc loại sông vừa. Hiện nay trên phần lưu vực sông Nậm Nưa thuộc Việt Nam đã có một trạm khí tượng, một trạm thủy văn và một trạm đo mưa độc lập. Trong thời gian tới đề nghị chưa phát triển mới trên lưu vực sông này.

Hệ thống sông Sê San-Srê Pok là nhánh sông lớn của hệ thống sông Mê Kông, gồm hai sông cấp 2 là Sê San và Srê Pok. Lưu vực hệ sông Sê San- Srê Pok chiếm phần lớn diện tích khu vực Tây Nguyên của Việt Nam. Hiện nay trên lưu vực hệ thống sông Sê San- Srê Pok đã có 68 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên lưu vực hệ thống sông Sê San- Srê Pok phát triển mới 38 trạm đo mưa độc lập. Như

vậy cùng với đo mưa tại 30 trạm khí tượng và 29 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm có đo mưa phát triển mới trên lưu vực đến năm 2020 là 97 điểm, nâng tổng số điểm có đo mưa trên các lưu vực lên 165 điểm, bình quân trên lưu vực 140km² có một điểm đo mưa.

Hầu hết diện tích đồng bằng sông Cửu Long thuộc hạ lưu vực sông Mê Kông. Hiện nay trên địa bàn đồng bằng sông Cửu Long đã có 233 điểm đo mưa, bao gồm đo mưa tại các trạm khí tượng, thủy văn cơ bản và các trạm đo mưa độc lập. Đề xuất đến năm 2020, trên địa bàn đồng bằng sông Cửu Long phát triển mới 25 trạm đo mưa độc lập. Như vậy cùng với đo mưa tại 41 trạm khí tượng và 65 trạm thủy văn đề nghị phát triển mới, tổng số điểm có đo mưa phát triển mới trên địa bàn đến năm 2020 là 131 điểm, nâng tổng số điểm có đo mưa trên các khu vực lên 364 điểm, bình quân trên lưu vực 120km² có một điểm đo mưa.

5.5 Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm hải văn phục vụ dự báo

5.5.1 Mục tiêu phát triển mạng lưới trạm hải văn

Phát triển mạng lưới trạm hải văn nhằm thu thập đủ số liệu, phản ánh được những biến đổi phức tạp theo không gian của mực nước thủy triều và sóng biển trên vùng biển nước ta, đặc biệt là vùng ven bờ và hải đảo, phục vụ hiệu quả công tác dự báo hải văn, phòng chống thiên tai trên biển.

5.5.2 Quan điểm phát triển mạng lưới trạm quan trắc hải văn

- Hệ thống mạng lưới trạm hải văn được thiết kế phải phủ kín toàn dải ven bờ và các hải đảo, với mật độ hợp lí, sao cho số liệu quan trắc, đo đạc được phản ánh đúng, phân vùng chính xác về chế độ thủy triều, chế độ sóng biển, xác định đúng vị trí và đường bao của nước dâng do bão và ATNĐ;
- Đảm bảo cung cấp số liệu thời gian thực thường xuyên liên tục cho các cơ quan dự báo, phục vụ có hiệu quả yêu cầu phòng chống thiên tai ven biển và trên biển;
- Mạng lưới trạm hải văn phải nằm trong tổng thể, có quan hệ chặt chẽ với mạng lưới trạm thủy văn vùng cửa sông, mạng lưới trạm khí tượng vùng ven biển và trên các đảo về mặt phân bố, tránh chồng chéo, gây lãng phí về mặt đầu tư.

5.5.3 Căn cứ đề xuất khung phát triển mạng lưới quan trắc hải văn

1. Căn cứ đặc điểm, tính chất, chế độ thủy triều

Các yếu tố hải văn cần quan trắc đo đạc gồm mực nước biển (bao gồm nước dâng do động đất, sóng thần, bão, ATNĐ,...), sóng biển và dòng chảy biển. Việc quan

trắc sóng và dòng chảy biển thuộc chức năng của hệ thống radar biển bao gồm 18 trạm đang được Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam đầu tư xây dựng. Vì vậy, nhiệm vụ quan trọng nhất của mạng lưới trạm hải văn là quan trắc mực nước thủy triều, còn các yếu tố khác chủ yếu làm nhiệm vụ kiểm định số liệu radar biển và kiểm định các thông số tính toán của mô hình số trị.

Với tiêu chí cơ sở dữ liệu thu thập được từ mạng lưới trạm hải văn phải giúp đánh giá chính xác phân bố của mực nước triều cả về tính chất và độ lớn triều, khi thiết kế mạng lưới trạm quan trắc hải văn phải căn cứ vào sự biến động của tính chất và biên độ triều dọc theo vùng biển ven bờ để quyết định khoảng cách giữa các trạm.

Để đánh giá sự phân bố theo không gian của thủy triều về hai đặc trưng chính là tính chất và biên độ triều, nhóm nghiên cứu đã mô phỏng thủy triều trên toàn Biển Đông và vùng biển ven bờ Việt Nam bằng mô hình số trị trong khoảng thời gian 18,6 năm.

Tính chất thủy triều được phân chia thành bốn loại chính: nhật triều đều, nhật triều không đều, bán nhật triều không đều và bán nhật triều đều. Tính chất triều được nhận dạng thông qua tỉ số:

$$k = \frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}}$$

trong đó: H là hằng số điều hoà biên độ của các phân triều chính; K_1 là nhật triều Mặt trăng-Mặt trời; O_1 là nhật triều Mặt trăng elliptic; M_2 là bán nhật triều chính Mặt trăng.

Trên Biển Đông và vùng biển ven bờ Việt Nam hiện diện đầy đủ bốn loại thủy triều cơ bản, ứng với những các giá trị của tỉ số k:

- Bán nhật triều đều: $k \leq 0,5$;
- Bán nhật triều không đều: $0,5 < k \leq 2,0$;
- Nhật triều không đều: $2,0 < k \leq 4,0$;
- Nhật triều đều: > 4 .

Biên độ của các sóng K_1 , O_1 và M_2 được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Từ tỉ số k ta xây dựng được sơ đồ phân bố tính chất triều trên toàn Biển Đông và vùng biển ven bờ Việt Nam.

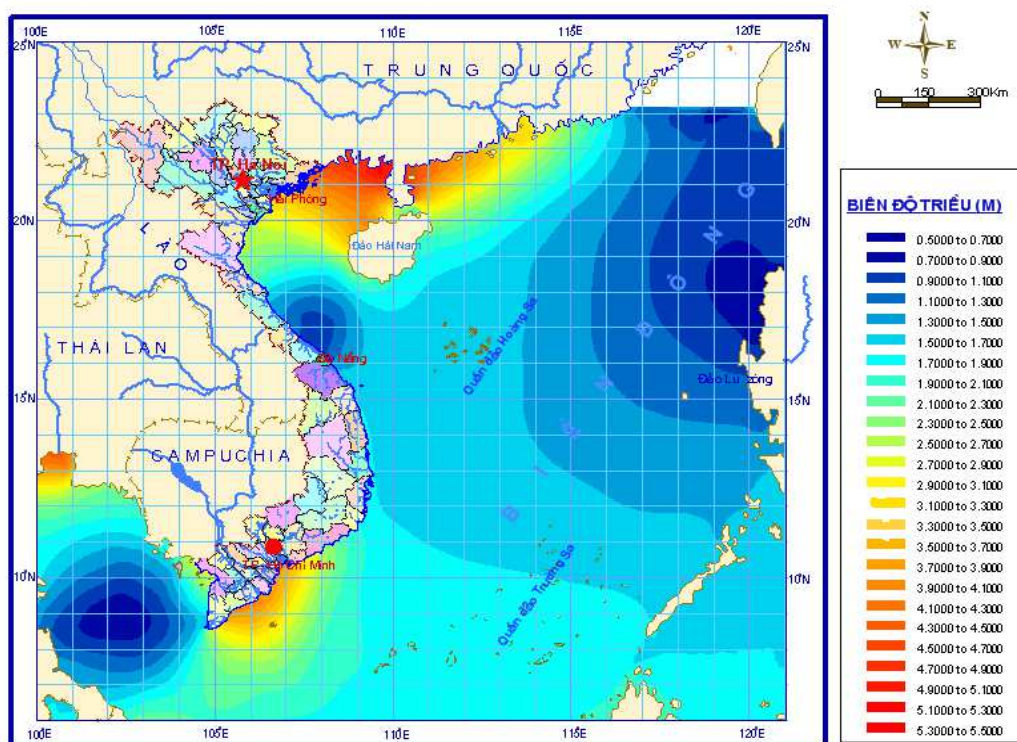
Kết quả phân tích tỉ số k, chúng ta nhận thấy rằng, trên vùng biển ven bờ Việt Nam, tính chất triều phân bố rất phức tạp, thường có sự đan xen các loại thủy triều có tính chất khác nhau. Một cách tương đối có thể phân vùng tính chất thủy triều trên vùng biển ven bờ nước ta như sau:

- Thủy triều từ vùng biển Quảng Ninh đến nửa phía bắc Thanh Hóa mang tính nhật triều đều;
- Thủy triều từ vùng biển nửa phía nam Thanh Hóa đến Hà Tĩnh, từ Đà Nẵng- đến tỉnh Bình Thuận, vùng biển thuộc tỉnh Kiên Giang và vịnh Thái Lan mang tính nhật triều không đều;
- Thủy triều từ vùng biển Quảng Bình đến Thừa Thiên Huế mang tính bán nhật triều không đều;
- Thủy triều từ vùng biển phía nam Bình Thuận đến mũi Cà Mau mang tính bán nhật triều đều.

Ngoài ra, vùng giáp ranh giữa hai vùng có tính chất thủy triều khác nhau thường có sự giao thoa giữa hai loại thủy triều, tạo thành những vùng tạp triều.

Biên độ triều được phân tích dựa trên phương pháp thống kê, biên độ triều lớn nhất ứng với thời gian triều cường cực đại trong chuỗi số liệu mô phỏng 18,6 năm.

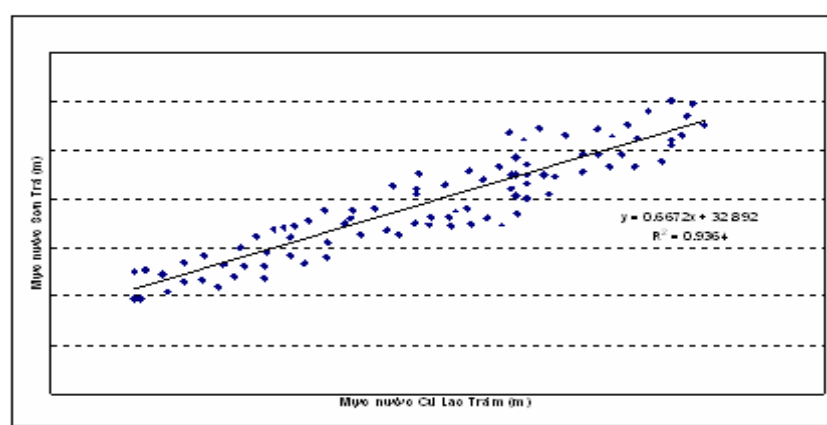
Kết quả mô phỏng biên độ triều trên toàn vùng biển Việt Nam hoàn toàn phù hợp với kết quả quan trắc thực tế. Biên độ triều trên vùng biển Việt Nam biến đổi rất mạnh. Khu vực có biên độ triều lớn nhất là Quảng Ninh và Sóc Trăng (3,5-4,0m). Vùng có biên độ triều nhỏ nhất là vùng biển Thừa Thiên-Huế và Kiên Giang (0,7-0,9 m) (hình 5.34).



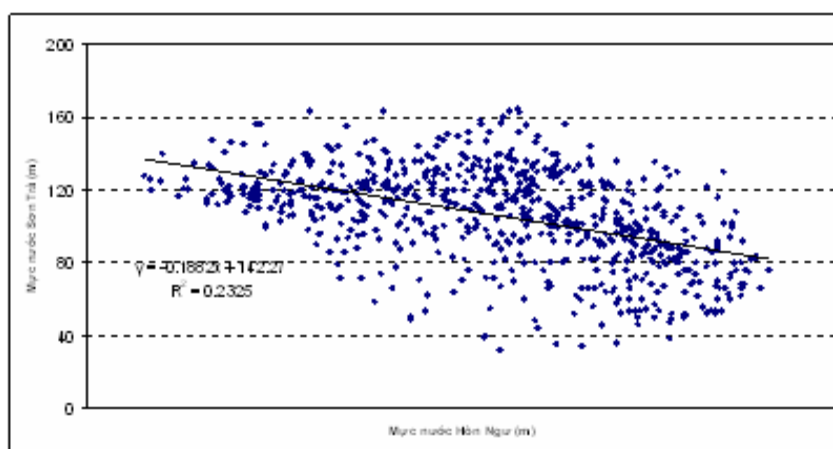
Hình 5.34. Phân bố biên độ triều lớn nhất khu vực Biển Đông và ven biển Việt Nam

2. Căn cứ mức độ tương quan về mực nước triều giữa hai trạm quan trắc liền kề

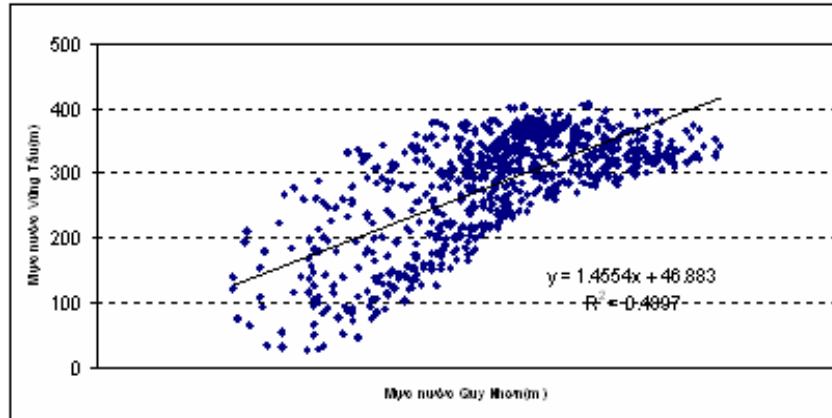
Trong 20 trạm hải văn hiện đang hoạt động có 11 trạm ven bờ và trên các đảo gần bờ, đó là các trạm: Cửa Ông, Bãi Cháy, Hòn Dấu, Sầm Sơn, Hòn Ngư, Hoành Sơn, Cồn Cỏ, Sơn Trà, Dung Quất, Quy Nhơn, Vũng Tàu. Để thẩm định mức độ hợp lý của mật độ trạm hải văn ven bờ theo mạng lưới đã được thiết kế phát triển bổ sung, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp tính tương quan mực nước triều của hai trạm liền kề, nếu hệ số tương quan $\geq 0,80$ thì giữa hai trạm không cần thiết bổ sung thêm trạm mới, ngược lại, nếu hệ số tương quan $< 0,80$ thì giữa hai trạm cần thiết phải bổ sung thêm 1 hoặc một số trạm mới, tùy thuộc vào sự thay đổi tính chất triều và biên độ triều giữa hai trạm. Ví dụ, hệ số tương quan mực nước giữa Sơn Trà và (Cù Lao Chàm) là 0,95 thì không cần thiết phải bổ sung thêm trạm hải văn giữa hai vị trí này; nhưng giữa Hòn Ngư và Sơn Trà hay giữa Quy Nhơn và Vũng Tàu với hệ số tương quan là 0,5 (hình 5.35, 5.36, 5.37), cần phải bổ sung ít nhất một trạm.



Hình 5.35. Tương quan mực nước giữa trạm Sơn Trà và khu vực Cù Lao Chàm



Hình 5.36. Tương quan mực nước giữa trạm Hòn Ngư và Sơn Trà



Hình 5.37. Tương quan mực nước giữa trạm Quy Nhơn và Vũng Tàu

Để xác định vị trí trạm bổ sung vào mạng lưới có thể sử dụng số liệu tính toán mô phỏng giữa hai trạm để tính hệ số tương quan. Giả sử tại vị trí AB1 nằm giữa hai trạm A và B, nếu chế độ triều tại vị trí AB1 (theo kết quả tính toán mô phỏng) tương quan khá chặt chẽ với chế độ triều trạm A và trạm B thì tại vị trí AB1 bổ sung thêm một trạm duy nhất. Nếu chế độ triều tại vị trí AB1 tương quan chặt chẽ với chế độ triều trạm B nhưng không tương quan với chế độ triều trạm A thì tiếp tục tìm vị trí A1B1 (nằm giữa A và AB1) sao cho chế độ triều tại vị trí A1B1 tương quan chặt chẽ với chế độ triều trạm A và chế độ triều tại vị trí AB1. Việc tính toán tìm vị trí đặt trạm mới bổ sung vào mạng lưới quan trắc có dạng như lập trình giải bài toán có vòng lặp thỏa mãn điều kiện cho trước.

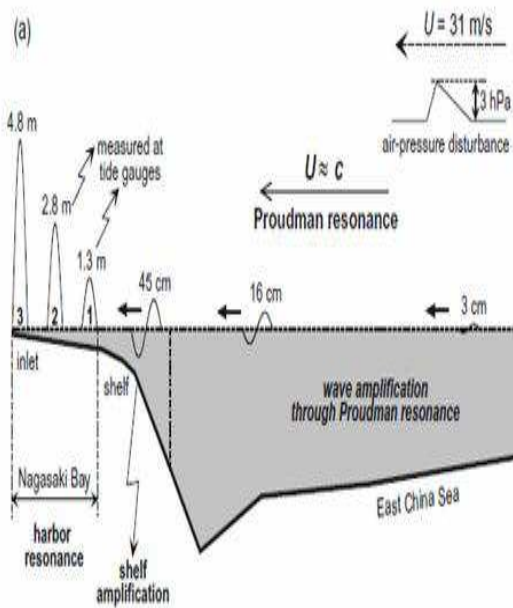
3. Căn cứ theo yêu cầu của công nghệ dự báo hải văn

Nhiệm vụ quan trọng nhất của mạng lưới quan trắc hải văn là cung cấp số liệu thời gian thực phục vụ dự báo thủy triều và sóng biển.

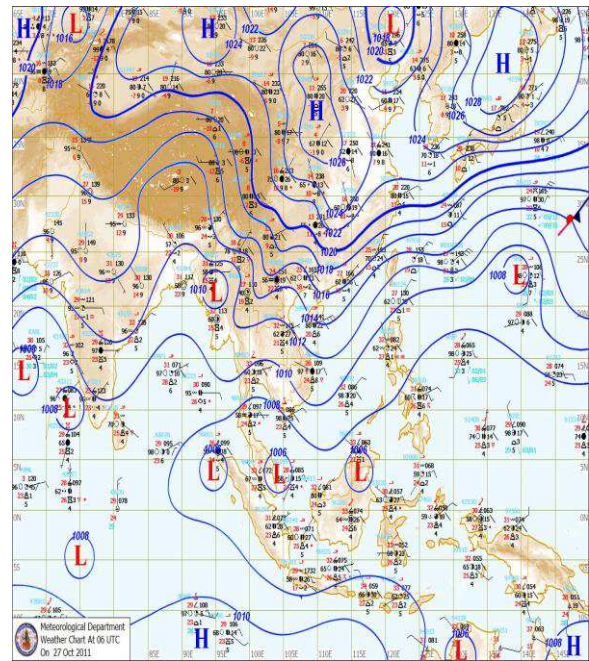
a) Dự báo mực nước triều

Tại Việt Nam, dự báo mực nước thủy triều, đặc biệt là dự báo mực nước dị thường xảy ra vào các kỳ triều cường và trong vùng nước dâng do bão giữ vai trò rất quan trọng trong phục vụ các hoạt động kinh tế ven biển.

Dao động mực nước dị thường trên vùng biển ven bờ là hiện tượng rất phức tạp, hình thành do sự tương tác của ba nhân tố: khí tượng, hải dương và địa hình. Hình 5.38 minh họa cơ chế tạo mực nước dị thường và hình 5.39 là trường khí áp bề mặt trong thời gian xảy ra triều cường tại thành phố Hồ Chí Minh. Để dự báo mực nước dị thường vùng biển ven bờ, trọng điểm là ở các cảng biển cần thực hiện các nội dung sau:



Hình 5.38. Minh họa cơ chế tạo mực nước dị thường



Hình 5.39. Trường khí áp trong thời gian có triều cường tại thành phố Hồ Chí Minh tháng 12/2011

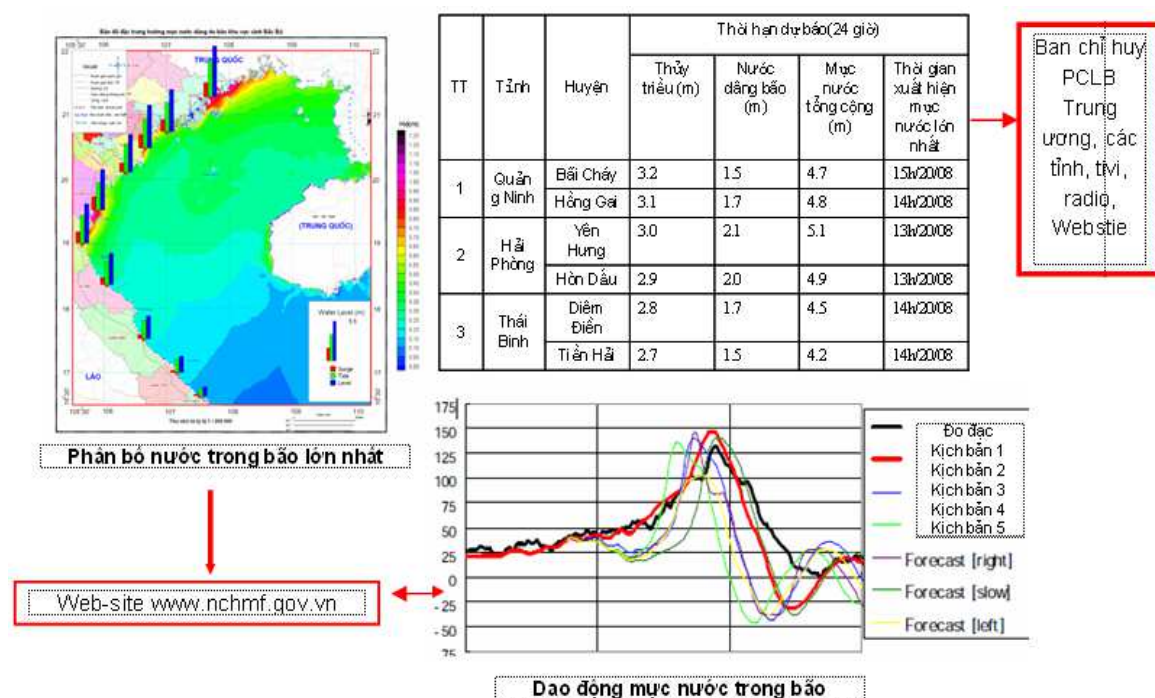
- Dự báo các hình thể thời tiết (trường áp, nhiệt, các front khí quyển);
- Nhận dạng các hình thể thời tiết có khả năng tạo ra sóng chu kỳ dài, cộng hưởng gây ra mực nước dị thường;
- Dự báo độ cao mực nước trên cơ sở phân tích mối liên hệ giữa hình thể khí áp với chu kỳ sóng dài gây dao động mực nước dị thường;
- Phát bản tin cảnh báo, dự báo.

Trong những năm gần đây, ngành kinh tế biển nước ta có những bước phát triển đột phá, vì vậy yêu cầu của xã hội về thông tin dự báo mực nước cao dị thường nói chung, dự báo triều cường và nước dâng do bão nói riêng ngày càng cao, đòi hỏi ngành KTTV không ngừng đổi mới nội dung và nâng cao chất lượng bản tin dự báo. Bảng 5.16 minh họa hiện trạng công tác dự báo nước dâng do bão và những đề xuất điều chỉnh.

Các sản phẩm dự báo nước dâng do bão cần được điều chỉnh và bổ sung nhằm đáp ứng được nhu cầu đòi hỏi của xã hội. Bản tin dự báo cần được chi tiết đến cấp tỉnh, huyện ven biển và có thể phát báo phục vụ các mục đích sử dụng khác nhau một cách thuận lợi nhất (hình 5.40).

Bảng 5.16. Hiện trạng công tác dự báo nước dâng do bão và nội dung đề xuất điều chỉnh

Nội dung	Hiện tại	Đề xuất điều chỉnh
Hạn dự báo	24 - 48 giờ	24 - 72 giờ
Quy mô dự báo	Biển Đông, độ phân giải 1/4 x 1/4 kinh vĩ độ	Đa quy mô, độ phân giải cao (0°2' kinh vĩ độ)
Giải pháp công nghệ	<ul style="list-style-type: none"> - Không kết nối trực tiếp với mô hình dự báo bão; - Chưa đồng hóa số liệu; - Không có phần mềm trợ giúp phân tích, xử lý kết quả dự báo; - Mất nhiều thời gian biên tập bản tin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kết nối liên hoàn với mô hình dự báo bão; - Sử dụng lưới lồng và biên di động - Thực hiện đồng hóa số liệu; - Có phần mềm trợ giúp dự báo viên; - Tham chiếu nhiều hiệu ứng tương tác; - Có khả năng mô phỏng quy mô ngập lụt do mực nước cao dị thường ...



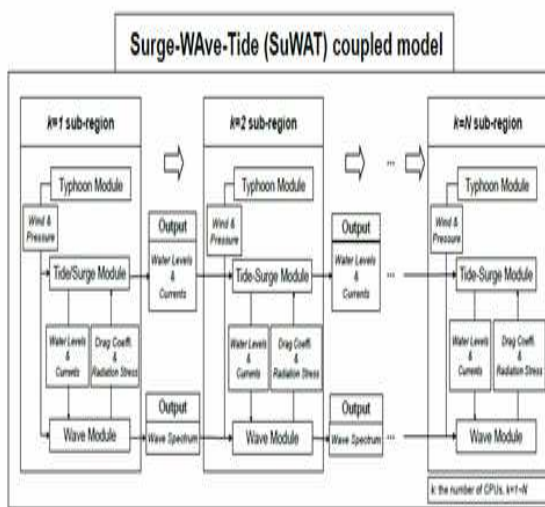
Hình 5.40. Minh họa nội dung bản tin dự báo nước dâng do bão

Để nâng cao chất lượng dự báo nước dâng do bão, cần thực hiện các điều chỉnh sau:

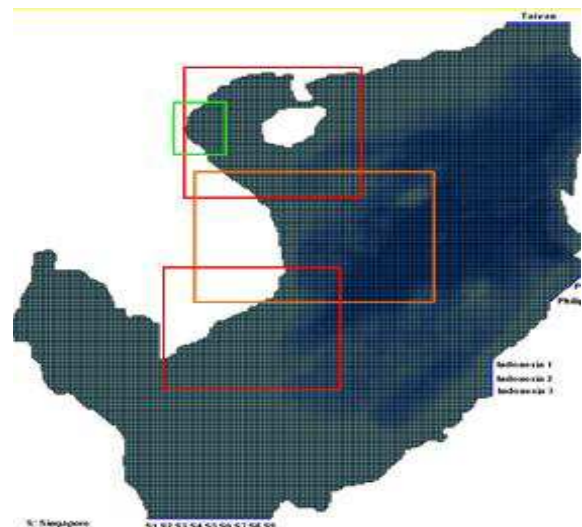
- *Đưa thành phần sóng biển vào mô hình tính toán dự báo nước dâng do bão:* Nhiều công trình nghiên cứu ở nước ngoài đã kết luận rằng trong nhiều trường hợp, thành phần sóng biển có thể đóng góp tới 40% giá trị mực nước dâng tổng cộng trong bão. Vì vậy cần thiết phải lồng ghép thành phần sóng biển vào mô hình dự báo nước dâng do bão đang khai thác sử dụng. Như vậy số liệu sóng thực đo là rất cần thiết để kiểm định mô hình và tham gia quá trình đồng hóa số liệu đầu vào.

- *Sử dụng công nghệ lưới lồng chạy mô hình dự báo:* Sử dụng lưới lồng trong dự báo nước dâng do bão có ưu điểm là có thể mô phỏng chi tiết phân bố nước dâng cho khu vực hạn chế được quan tâm, nâng cao độ chính xác của dự báo. Khi sử dụng lưới lồng chỉ tính chi tiết cho một khu vực hạn chế nên không làm tăng nhiều thời lượng tính toán trong dự báo. Hình 5.41a là một minh họa về cấu trúc lưới lồng của mô hình dự báo nước dâng do bão tiên tiến (mô hình SuWAT- được phát triển tại Nhật Bản) và hình 5.41b minh họa cấu trúc lưới lồng cho vùng ven bờ Việt Nam.

Miền tính toán chi tiết sử dụng lưới lồng có độ phân giải $0^{\circ}2' \times 0^{\circ}2'$ (độ kinh-vĩ), vì vậy cần thiết phải tăng mật độ trạm đo mực nước.



(a)



(b)

Hình 5.41. Cấu trúc lưới lồng của mô hình SuWAT (a) và sơ đồ lưới lồng dự kiến xây dựng (mô phỏng) cho mô hình dự báo, cảnh báo nước dâng do bão tại Việt Nam (b)

- *Sử dụng công nghệ đồng hóa dữ liệu:* Để sử dụng công nghệ đồng hóa dữ liệu tạo trường đầu vào tốt nhất cho mô hình dự báo, cần phải phát triển và hiện đại hóa

mạng lưới quan trắc, sao cho có thể cung cấp thường xuyên số liệu thời gian thực cho các mô hình dự báo.

- *Sử dụng điều kiện biên di động để* mô phỏng ngập lụt: Ngoài việc dự báo độ cao nước dâng do bão thì việc cảnh báo nguy cơ ngập lụt do nước dâng cho vùng ven biển cũng vô cùng quan trọng, để thực hiện nhiệm vụ này cần phải sử dụng điều kiện biên di động cho mô hình dự báo.

- *Sử dụng nhiều kịch bản dự báo bão để* chạy mô hình dự báo nước dâng do bão: Trong dự báo nghiệp vụ nước dâng do bão, các tham số về bão là dữ liệu đầu không thể thiếu. Hiện nay dự báo bão còn có sai số lớn vì vậy cần thiết phải sử dụng nhiều kịch bản dự báo với các tham số dự báo bão khác nhau, tạo ra nhiều phương án để tham khảo khi quyết định nội dung bản tin dự báo nước dâng do bão.

- *Xây dựng phần mềm hỗ trợ dự báo viên tác nghiệp dự báo nước dâng do bão:* Phần mềm phải thân thiện với người sử dụng nhằm giảm thiểu các thao tác rời rạc, thủ công, tạo điều kiện đa dạng hóa bản tin dự báo. Hệ thống tác nghiệp bao gồm các module hỗ trợ như: nhận số liệu đầu vào, khai báo thông số cho mô hình, tạo các kịch bản dự báo, tính toán, phân tích kết quả và trích xuất thông tin phục vụ dự báo, cảnh báo một cách đa dạng. Hệ thống hỗ trợ nghiệp vụ có được sẽ giảm thiểu thời gian tính toán, phân tích và thuận tiện cho dự báo viên tác nghiệp. Hình 5.39 minh họa menu trong hệ thống tác nghiệp dự báo nước dâng do bão cần được xây dựng.

Tóm lại, phát triển, đổi mới công nghệ dự báo mực nước dị thường cần quan tâm các vấn đề sau:

- Thu thập thông tin, điều tra khảo sát và phân vùng nguy cơ xảy ra mực nước dị thường, trước hết, cần thu thập thông tin hiện có và điều tra khảo sát thu thập đủ thông tin phục vụ công tác đánh giá, phân vùng và tính toán mô phỏng triều cường và nước dâng do bão, trong đó các thông tin về điều kiện khí tượng, độ cao mực nước, mức độ ngập lụt và thời điểm xảy ra hiện tượng.
- Xây dựng hệ thống quan trắc hải văn: Các thông tin chính xác về dao động mực nước tại các vị trí dự báo có ý nghĩa rất quan trọng trong tính toán và dự báo định lượng mực nước dị thường. Khi có được số liệu mực nước thực đo, chúng ta sẽ có được độ cao mực nước dị thường sau khi loại bỏ phần độ cao mực nước của triều thiên văn. Từ các thông tin về độ cao và chu kỳ của dao động mực nước tại cửa và trong cảng sẽ đánh giá được mức độ cộng hưởng của sóng triều với sóng gió cho từng cảng biển. Ngoài quan trắc dao động mực nước, các thông tin về

điều kiện khí tượng cũng rất quan trọng vì đó là nguyên nhân chính tạo nên các sóng dài lan tuyến vào cảng. Các thông tin cơ bản của khí tượng là vận tốc và hướng gió, độ giảm áp ở tâm và nhiệt độ không khí. Những thông tin này được thu thập từ các trạm khí tượng trong vùng cũng như được phân tích từ ảnh vệ tinh. Kết hợp các thông tin về hình thế khí tượng và quan trắc hải văn sẽ đánh giá được các hình thế khí tượng nào sẽ gây cộng hưởng mực nước lớn trong cảng. Tại một số cảng biển có tần suất xuất hiện mực nước dị thường cao như Nhật Bản và Hà Lan, hệ thống trạm đo đạc đã được thiết lập để phục vụ cảnh báo, dự báo mực nước dị thường.

- Tính toán mô phỏng bằng mô hình số trị: Tính toán mô phỏng sẽ cho ta các thông tin về nguy cơ mực nước dị thường tại mỗi cảng biển. Chất lượng của tính toán dao động mực nước dị thường phụ thuộc rất nhiều vào các số liệu khí tượng, hải dương và địa hình khu vực. Tại các nước có cảnh báo và dự báo nghiệp vụ mực nước dị thường, mô hình số đã được áp dụng để tính toán cho nhiều kịch bản của các hình thế thời tiết, hướng truyền sóng và chu kỳ sóng khác nhau. Các kết quả này sẽ đưa vào cảnh báo, dự báo nghiệp vụ.

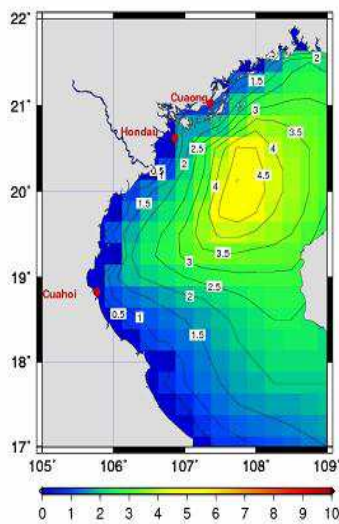


Hình 5.42. Mô phỏng phần mềm hỗ trợ tác nghiệp dự báo nước dâng do bão

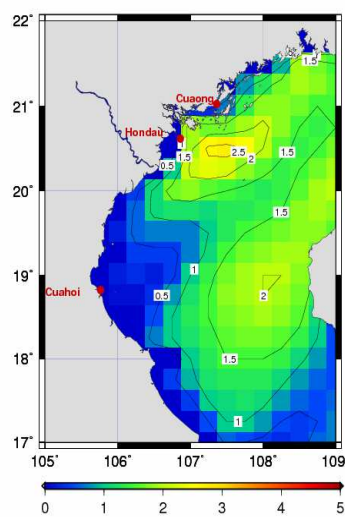
b) Dự báo sóng

Nội dung các bản tin dự báo sóng biển hiện nay không đáp ứng yêu cầu của người sử dụng, vì vậy rất cần đổi mới và đa dạng hóa nội dung dự báo sóng. Sản phẩm dự

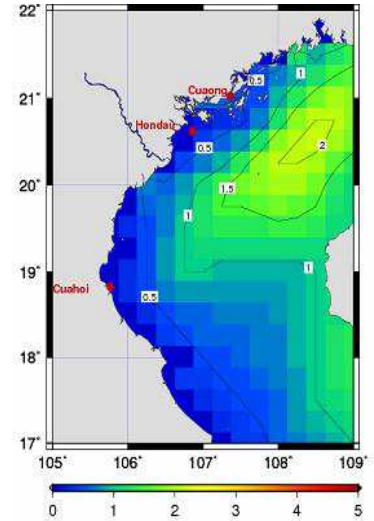
báo sóng cần nêu đầy đủ các loại sóng: sóng ý nghĩa, sóng gió và sóng lừng (hình 5.43, 5.44, 5.45) với đầy đủ thông tin về độ cao sóng, hướng sóng và chu kỳ sóng. Kết quả dự báo phải được hiện thị dưới dạng trường sóng, đồ thị hoặc bảng biểu. Trong bản tin dự báo sóng cần thể hiện dự báo điểm (hình 5.46).



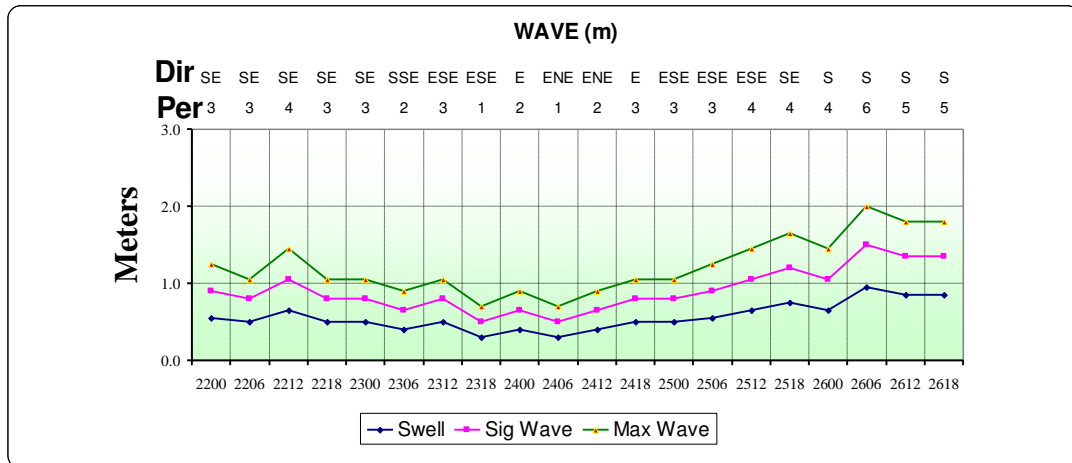
Hình 5.43. Trường sóng có nghĩa dự báo (Hsig)



Hình 5.44. Trường sóng gió dự báo (Hwind)



Hình 5.45. Trường sóng lừng dự báo (Hswell)



Hình 5.46. Mô phỏng dự báo điểm (sóng lừng, sóng có nghĩa và độ cao sóng cực đại)

Nội dung đề xuất điều chỉnh nội dung bản tin cảnh báo, dự báo sóng biển được ghi trong bảng 5.17.

Để nâng cao chất lượng dự báo sóng, cần thực hiện các điều chỉnh sau:

- Sử dụng lưới tính có độ phân giải cao, chi tiết cho vùng biển ven bờ và vùng đảo. Với lưới tính chi tiết có thể chia vùng biển ven bờ thành các miền tính nhỏ để chạy

mô hình dự báo sóng ven bờ. Ví dụ, Vịnh Bắc Bộ có thể được chia thành 4 miền tính nhỏ:

- ✓ Vùng 1: vùng biển Móng Cái - Quảng Ninh
- ✓ Vùng 2: vùng biển Hải Phòng - Nam Định - Thái Bình
- ✓ Vùng 3: vùng biển Ninh Bình - Thanh Hóa
- ✓ Vùng 4: vùng biển Nghệ An - Hà Tĩnh.

Khi có thể dự báo sóng một cách chi tiết cho các vùng biển ven bờ cũng như các vùng đảo bằng mô hình số với miền tính hạn chế thì các trung tâm KTTV tỉnh có thể tự đảm nhiệm dự báo sóng chi tiết cho địa phương mình, không phải phụ thuộc nhiều vào TTDBTU.

Bảng 5.17. Hiện trạng công tác dự báo sóng và nội dung đề xuất điều chỉnh

Nội dung	Hiện tại	Đề xuất điều chỉnh
Hạn dự báo	72 giờ	72-240 giờ
Quy mô dự báo	Biển Đông, độ phân giải 1/8 x 1/8 kinh-vĩ độ	Đa quy mô: - Biển Đông: độ phân giải 1/8-1/16 kinh-vĩ độ; - Quy mô vùng (hạn chế): 1/32-1/64 kinh-vĩ độ; - Quy mô địa phương 1/256 x 1/256 kinh-vĩ độ hoặc có thể sử dụng lưới tam giác.
Giải pháp công nghệ	Không kết nối trực tiếp với mô hình dự báo bão; Chưa đồng hóa số liệu; Không có phần mềm trợ giúp phân tích, xử lý kết quả dự báo; - Mất nhiều thời gian biên tập bản tin.	- Kết nối liên hoàn với mô hình dự báo bão; - Sử dụng lưới lồng và biên di động - Thực hiện đồng hóa số liệu; - Có phần mềm trợ giúp dự báo viên; - Dự báo điểm với độ chính xác đạt yêu cầu.

- Thực hiện đồng hóa số liệu quan trắc sóng bằng radar biển trên vùng ven bờ với số liệu sóng thời gian thực quan trắc bằng thiết bị tự động. Các hình 5.43 và 5.44 minh họa lưới tính sóng chi tiết cho vùng ven bờ, mô phỏng hệ thống dự báo, cảnh báo sóng biển sử dụng công nghệ lưới lồng.

Ngoài ưu điểm về tần số quan trắc thì yếu tố mật độ là điểm mạnh nhất của quan trắc sóng bằng radar biển. Như vậy, việc sử dụng nguồn số liệu sóng quan trắc bằng radar sẽ bù lấp được những hạn chế của quan trắc sóng trên mạng lưới điều tra cơ bản. Chính vì vậy mà chúng ta cần tận dụng nguồn số liệu quý giá này để điều chỉnh mô hình dự báo sóng ven bờ trong thời gian tới (hình 5.49 và 5.50).

- Xây dựng phần mềm hỗ trợ dự báo viên tác nghiệp dự báo sóng nhằm giảm thiểu các thao tác thủ công, tạo điều kiện đa dạng hóa bản tin dự báo và đảm bảo tính kịp thời trong việc đưa bản tin phục vụ cộng đồng.

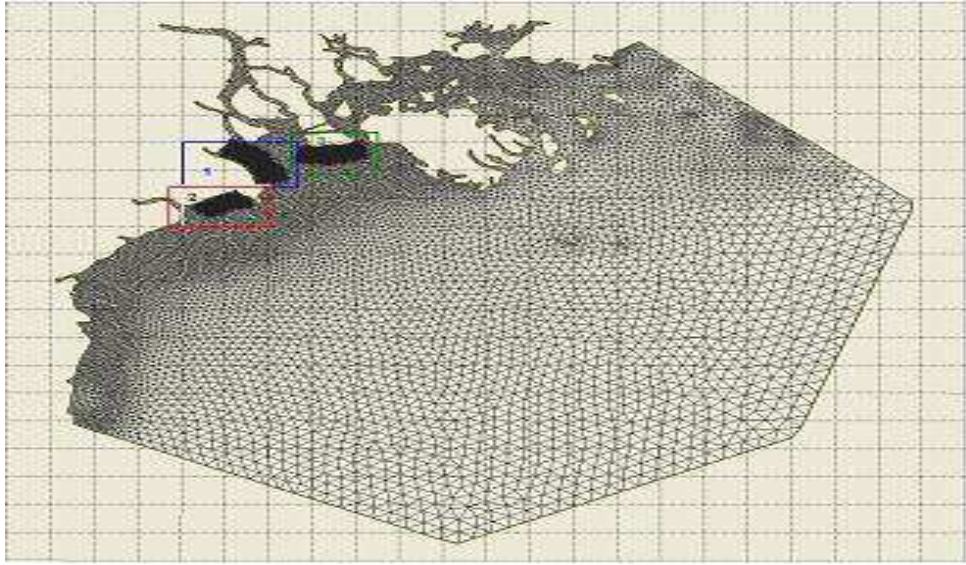
5.5.4. Đề xuất khung phát triển mạng lưới trạm hải văn

Ước tính đến năm 2015, mạng lưới trạm hải văn trên toàn quốc có 20 trạm được tự động hóa. Để cơ sở dữ liệu hải văn đáp ứng các tiêu chí đặt ra, mật độ lưới trạm hải văn ven bờ phải được tăng cường, sao cho khoảng cách giữa hai trạm ven bờ phải dưới 30km, đồng thời lắp đặt trạm khí tượng hải văn tự động trên tất cả các đảo nếu có điều kiện và cần tiến hành nghiên cứu xây dựng đội tàu tự nguyện quan trắc khí tượng hải văn.

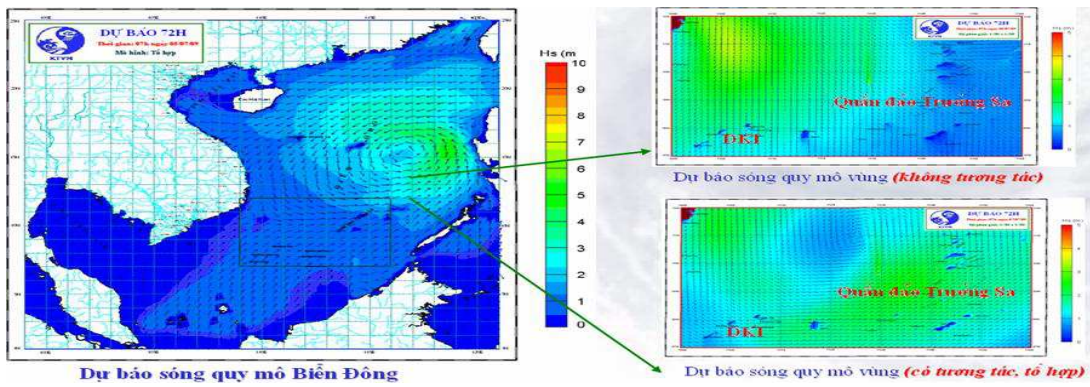
Với quan điểm và mục tiêu phát triển mạng lưới quan trắc hải văn đã nêu, căn cứ cơ sở khoa học và thực tiễn đã tổng kết, đến năm 2020 đề nghị đầu tư phát triển mới 21 trạm hải văn, trong đó có 14 trạm ở dải ven bờ và 7 trạm trên các đảo xa và nhà giàn với thiết bị đo tự động, hiện đại (bảng 5.18, 5.19 và hình 5.51). Đồng thời nghiên cứu lắp đặt khoảng 10 trạm phao và xây dựng Đội tàu tự nguyện quan trắc khí tượng hải văn ít nhất 100 tàu.

Tóm lại, với quan điểm và mục tiêu phát triển mạng lưới quan trắc KTTV, hải văn phục vụ phát triển công nghệ dự báo, căn cứ cơ sở khoa học và thực tiễn đã tổng kết, đến năm 2020 đề nghị đầu tư phát triển mới 310 trạm khí tượng bề mặt, 344 trạm thủy văn (khoảng 2/3 số trạm đo lưu lượng), 498 trạm đo mưa độc lập và 21 trạm hải văn. Khi xây dựng dự án phát triển trạm, phải thực hiện khảo sát kỹ thuật vị trí trạm theo đúng quy định hiện hành. Khi thực hiện khảo sát kỹ thuật thành lập trạm mới quyết định hạng trạm tại mỗi vị trí. Các trạm nâng cấp và phát triển mới được áp dụng công nghệ quan trắc và truyền tin tự động hoàn toàn, đồng thời thực hiện hiện đại hóa các trạm hiện có, tạo thành một mạng lưới trạm quan trắc thủy

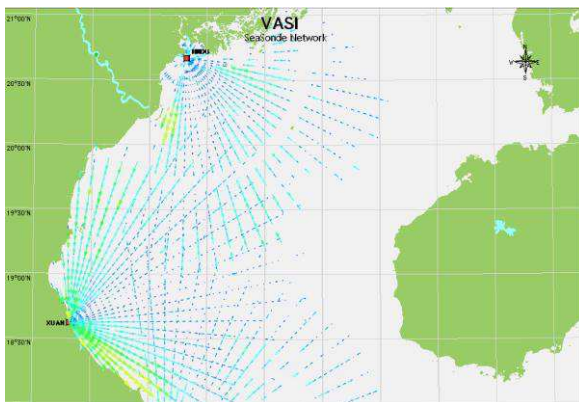
vấn tự động đo đạc và phát báo số liệu thời gian thực đồng bộ.



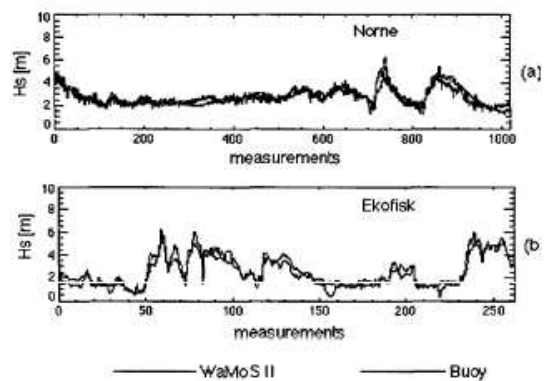
Hình 5.47. Minh họa lưới tính sóng chi tiết cho vùng ven bờ



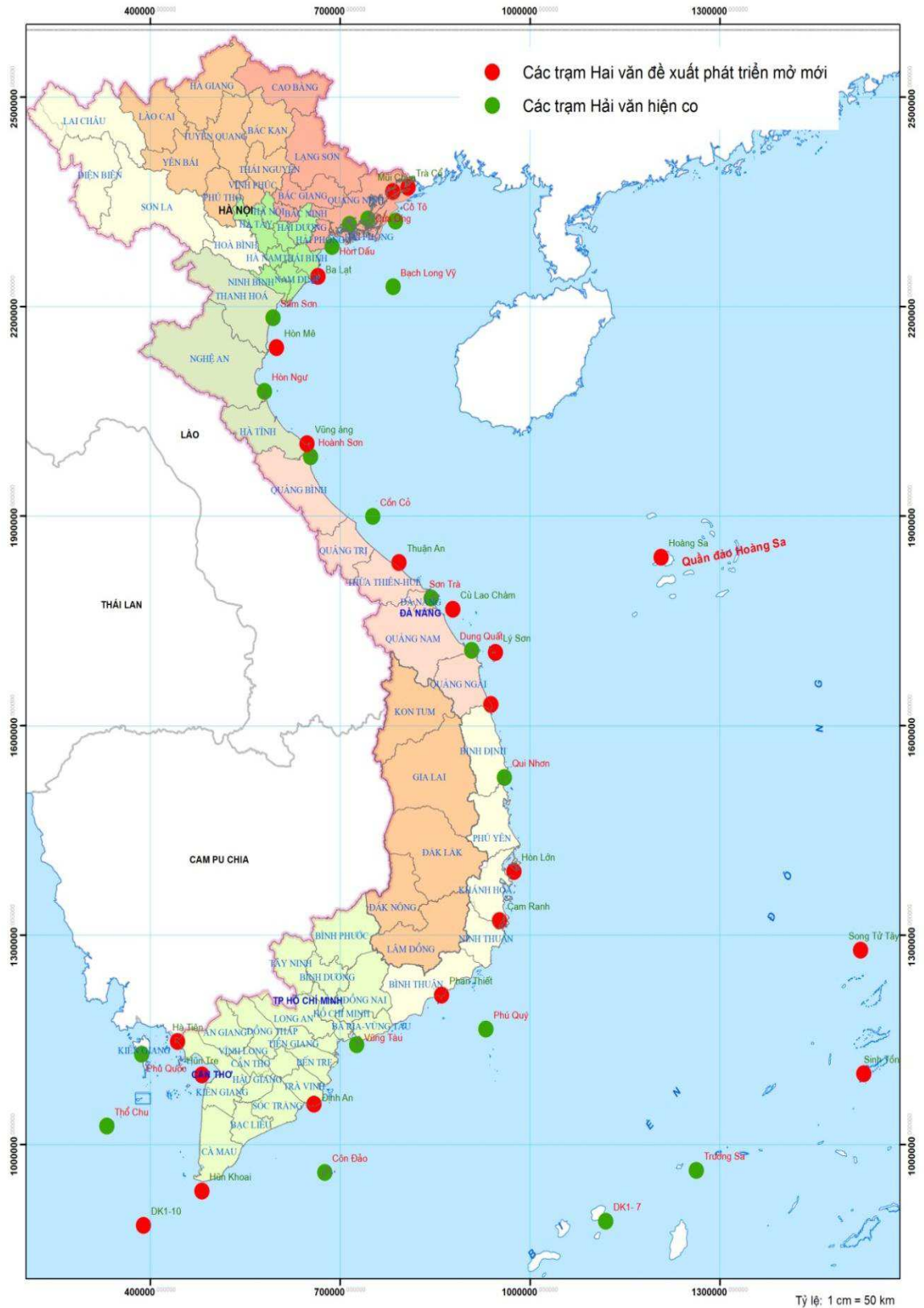
Hình 5.48. Mô phỏng hệ thống dự báo, cảnh báo sóng biển bằng công nghệ lưới lồng



Hình 5.49. Mô phỏng tầm quét của radar biển (Tổng cục Biển và Hải đảo)



Hình 5.50. So sánh giữa độ cao sóng phân tích từ radar và trạm phao



Hình 5.51. Bản đồ mạng lưới trạm hải văn đề xuất đến năm 2020

Bảng 5.18. Danh sách 21 trạm hải văn quy hoạch phát triển đến năm 2020

STT	Tên trạm	Kinh Độ	Vĩ độ	Xã	Huyện	Tỉnh
Đài KTTV khu vực Đông Bắc (2 trạm)						
1(1)	Trà Cỏ	107°58'	21°25'		Móng Cái	Quảng Ninh
2(2)	Mũi Chùa	107°44'	21°22'		Móng Cái	Quảng Ninh
Đài KTTV khu vực Đồng bằng Bắc Bộ (1 trạm)						
1(3)	Quất Lâm	106°38'	20°14'		Giao Thủy	Nam Định
Đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ (2 trạm)						
1(4)	Hòn Mê	105°57'	19°22'		Tĩnh Gia	Thanh Hóa
2(5)	Cửa Sốt			Thạch Hải	Thạch Hà	Hà Tĩnh
Đài KTTV khu vực Trung Trung Bộ (4 trạm)						
1(6)	Thuận An	107°45'	16°34'		Huế	Thừa Thiên Huế
2(7)	Cù Lao Chàm	108°32'	15°57'		Tân Hiệp	Quảng Nam
3(8)	Hoàng Sa	111°37'	16°33'		Hoàng Sa	Đà Nẵng
4(9)	Phổ Thạch	109°04'	14°42'		Đức Phổ	Quảng Ngãi
Đài KTTV khu vực Nam Trung Bộ (7 trạm)						
1(10)	Hòn Gốm	109°22'	12°33'		Vạn Ninh	Khánh Hòa
2(11)	Cam Ranh	109°09'	11°55'		Cam Ranh	Khánh Hòa
3(12)	Cù Lao Cau					Ninh Thuận
4(13)	Mũi Né					Bình Thuận
5(14)	Na Ghi					Bình Thuận
6(15)	Song Tử Tây	114°20'	11°25'		Trường Sa	Khánh Hòa
7(16)	Sinh Tồn	114°20'	09°50'		Trường Sa	Khánh Hòa
Đài KTTV khu vực Nam Bộ (5 trạm)						
1(17)	Định An	106°27'	09°34'			Trà Vinh
2(18)	DK1-10	104°00'	08°00'			Cà Mau
3(19)	Hòn Khoai	104°49'	08°27'			Cà Mau
4(20)	Hòn Tre	104°50'	09°57'			Kiên Giang
5(21)	Hà Tiên	104°29'	10°23'			Kiên Giang

Bảng 5.19. Số lượng các trạm hải văn tính đến năm 2020

STT	Đài KTTV khu vực	Hiện có	Đề xuất mở mới	Tổng số
1	Đông Bắc	5	2	7
2	Đồng bằng Bắc Bộ	0	1	1
3	Bắc Trung Bộ	3	2	5
4	Trung Trung Bộ	3	4	7
5	Nam Trung Bộ	3	7	10
6	Nam Bộ	6	5	10
	Tổng số	20	21	41

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Bám sát mục tiêu chính của đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát biến đổi khí hậu và điều chỉnh bổ sung mạng lưới quan trắc khí tượng, thủy văn, hải văn góp phần nâng cao chất lượng dự báo thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu”, tiến hành tổng hợp các tài liệu liên quan cũng như nguồn số liệu KTTV và hải văn, áp dụng những phương pháp nghiên cứu cũng như nguồn số liệu đã nói trong chương 2, đề tài đã đạt được những kết quả sau đây:

- 1) Tổng quan được một cách tương đối đầy đủ, ngắn gọn và súc tích những công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về mạng lưới quan trắc KTTV phục vụ dự báo thiên tai KTTV, những công trình nghiên cứu về việc xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH trong bối cảnh BĐKH toàn cầu và những công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về dự báo KTTV;
- 2) Đánh giá được hiện trạng mạng lưới quan trắc và truyền tin KTTV và hải văn cũng như công tác dự báo KTTV và hải văn của ngành KTTV một cách tương đối đầy đủ và khách quan để làm cơ sở cho việc đề xuất xây dựng mạng lưới KTTV và hải văn cũng như công tác dự báo và phục vụ dự báo trong tương lai một cách hiệu quả. Qua phân tích hiện trạng cho thấy, mật độ trạm quan trắc KTTV cũng như công nghệ quan trắc tại trạm còn khá thủ công, lạc hậu và đặc biệt là mạng lưới trạm quan trắc KTTV và hải văn còn thưa nên chưa đáp ứng được yêu cầu của công tác dự báo thiên tai KTTV và hải văn, đặc biệt là trong bối cảnh BĐKH;
- 3) Đã nghiên cứu một cách đầy đủ cơ sở khoa học xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH và đã tính toán xây dựng mạng lưới trạm khí tượng và hải văn giám sát BĐKH khu vực Việt Nam một cách đầy đủ, khoa học để làm cơ sở cho việc nghiên cứu xác định mức độ BĐKH trên lãnh thổ một cách đầy đủ và chính xác hơn. Qua đó, 39 trạm khí tượng được chọn để giám sát BĐKH và 10 trạm hải văn được chọn để giám sát MNBD cho khu vực Việt Nam. Đồng thời đã đề xuất xây dựng mới 32 trạm khí tượng tại các vườn quốc gia và khu dự trữ sinh quyển và ít nhất một trạm hải văn giữa hai trạm Lý Sơn và Phú Quý;
- 4) Đã nghiên cứu một cách đầy đủ cơ sở khoa học về mạng lưới trạm quan trắc KTTV và hải văn trong bối cảnh BĐKH và đã tính toán xây dựng mạng lưới quan trắc KTTV và hải văn nhằm góp phần nâng cao chất lượng dự báo thiên tai trong bối cảnh BĐKH một cách khá đầy đủ, khoa học. Qua đó, một danh sách

các trạm KTTV và hải văn được đề tài đề xuất nâng/hạ cấp, xây dựng mới. Đối với dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị, đề tài đã sử dụng phương pháp khảo sát thử nghiệm số liệu quan trắc OSSE. Kết quả đã chỉ ra rằng, khi thêm trạm khí tượng thám không khu vực Hoàng Sa và Trường Sa, chất lượng dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông được nâng lên rõ rệt. Với 3 kịch bản mật độ trạm để thử nghiệm dự báo mưa lớn và nắng nóng, kết quả bước đầu cho thấy, việc tăng mật độ trạm lên có hiệu ứng rõ rệt đến chất lượng dự báo mưa và nhiệt. Tuy nhiên, khi độ phân giải đều cả lãnh thổ là 50km x 50km, chất lượng dự báo tăng hơn mạng trạm hiện tại khá nhiều, khi tăng độ phân giải lên 30km x 30km, chất lượng cũng tăng lên khá rõ rệt; và khi tăng độ phân giải lên 20km x 20km, chất lượng tiếp tục tăng lên.

2. Kiến nghị

Cũng qua việc thực hiện đề tài này, chúng tôi có một số kiến nghị như sau:

- 1) Đề giám sát BĐKH một cách khoa học, chính xác, cần phải có những biện pháp tích cực, hữu hiệu và lâu dài để bảo vệ 39 trạm khí tượng được chọn làm trạm giám sát BĐKH đã nói. Và đặc biệt, nếu điều kiện cho phép, cần xây dựng mới 32 trạm để giám sát BĐKH trong vườn quốc gia, khu bảo tồn sinh quyển, sau khi khảo sát kỹ lưỡng địa điểm đặt trạm cụ thể;
- 2) Đề nghị Nhà nước sớm ban hành các văn bản quy phạm pháp luật bảo vệ mạng lưới trạm giám sát BĐKH như các công trình cấp quốc gia;
- 3) Cho phép xây dựng và sớm triển khai thực hiện dự án hoặc đề tài khoa học xây dựng cơ sở dữ liệu giám sát BĐKH, trong đó quan tâm phục chế và tính toán đồng nhất hóa các chuỗi số liệu lịch sử;
- 4) Tăng cường đầu tư đồng bộ các trang thiết bị quan trắc đo đạc, thiết bị thám sát và truyền tin KTTV và hải văn hiện đại; các trạm quan trắc tự động, các phao thu thập số liệu, các trạm thu ảnh mây vệ tinh địa tĩnh, đặc biệt hệ thống radar đủ mạnh để quan sát bão, ATNĐ.... Đẩy mạnh đầu tư phát triển công nghệ dự báo KTTV, hải văn hiện đại, tiên tiến đồng bộ với tiến trình phát triển mạng lưới quan trắc tự động, nâng cao hiệu quả đầu tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quyết định số 16/2007/QĐ-TTg ngày 29/01/2007 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt “*Quy hoạch tổng thể mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường quốc gia đến năm 2020*”;
2. Quyết định số 133/2009/QĐ-TTg ngày 03/11/2009 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành “*Quy chế cảnh báo, dự báo thiên tai trên biển*”;
3. Quyết định số 17/2011/QĐ-TTg ngày 14/3/2011 của Thủ tướng Chính phủ ban hành “*Quy chế báo áp thấp nhiệt đới, bão, lũ*”;
4. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Báo cáo tổng kết tình hình KTTV từ 1989-2010;
5. Trung tâm KTTV quốc gia (2012), Thuyết minh thiết kế kỹ thuật dự án “*Đầu tư 18 trạm hải văn phục vụ dự báo bão, nước dâng và sóng*”;
6. Nguyễn Văn Bảy (2007), *Xây dựng mới quy trình nghiệp vụ dự báo bão và ATNĐ*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Cơ sở;
7. Hoàng Đức Cường và cs. (2008), *Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
8. Lê Đức và cs. (2007), *Thử nghiệm khai thác số liệu vệ tinh địa tĩnh bổ sung trường ẩm cho mô hình nghiệp vụ HRM*, Tạp chí KTTV số 555;
9. Lê Đức và cs. (2007), *Thử nghiệm khai thác số liệu vệ tinh địa tĩnh bổ sung trường ẩm cho mô hình nghiệp vụ HRM*, Tạp chí KTTV số 558;
10. Lê Thanh Hải và cs. (2001), *Biên soạn quy trình theo dõi, phân tích và dự báo không khí lạnh*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Cơ sở;
11. Nguyễn Trọng Hiệu (1987), *Quy hoạch mạng lưới trạm khí tượng thủy văn*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Tổng cục;
12. Võ Văn Hòa và cs. (2011), *Nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
13. Nguyễn Hữu Khải, Bùi Văn Chiến (2010), *Ứng dụng mô hình MIKE-NAM diễn toán quá trình lũ đến các hồ chứa sông Ba*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 26, Số 3S;
14. Nguyễn Viết Lành (2005), *Nghiên cứu phân tích và dự báo mưa nhỏ, mưa phùn cho khu vực Bắc Trung Bộ*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
15. Nguyễn Viết Lành (2007), *Một số kết quả nghiên cứu về sự biến đổi khí hậu trên lãnh thổ Việt Nam*, Tạp chí KTTV số 560;
16. Nguyễn Chi Mai và cs. (2008), *Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp cho một số trường khí tượng phục vụ dự báo bão*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
17. Lương Tuấn Minh và cs. (2006), *Xây dựng quy trình nghiệp vụ dự báo không*

- khí lạnh*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Cơ sở;
18. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (1999), *Các trạng huống biến đổi khí hậu ở Việt Nam trong các thập kỉ tới*, Viện KTTV;
 19. Nguyễn Đức Ngữ (2008), *Biến đổi khí hậu*, NXB khoa học kĩ thuật, Hà Nội;
 20. Nguyễn Đức Ngữ (2008), *Biến đổi khí hậu và phát triển bền vững ở Việt Nam*, Kì yếu hội thảo quốc tế Việt Nam lần thứ ba;
 21. Nguyễn Minh Huân (2011), *Nghiên cứu phát triển và ứng dụng công nghệ dự báo hạn ngắn trên các yếu tố thủy văn biển khu vực Biển Đông*. Đề tài thuộc Chương trình "Khoa học và công nghệ biển phục vụ phát triển bền vững kính tế xã hội", MS.:KC.09.16/06-10;
 22. Bùi Minh Tăng và cs. (2009), *Nghiên cứu thử nghiệm dự báo định lượng mưa bằng phương pháp thống kê trên sản phẩm mô hình HRM và GSM*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
 23. Phan Văn Tân và cs. (2010), *Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó*, Báo cáo Tổng kết Đề tài KC08.29/06-10, Bộ Khoa học và Công Nghệ;
 24. Nguyễn Văn Thắng (2011), *Đánh giá mức độ và tính chất dao động của các yếu tố và hiện tượng khí hậu, đặc biệt là nhiệt độ và lượng mưa, thiên tai và các hiện tượng cực đoan*, Báo cáo khoa học và tổng kết nhiệm vụ, Bộ tài nguyên và môi trường Viện khoa học KTTV và môi trường;
 25. Nguyễn Văn Thắng (2011), *Đánh giá xu thế biến đổi của các yếu tố khí hậu: nhiệt độ và lượng mưa, mực nước biển, thiên tai (bão, lũ lụt, hạn hán)*, Báo cáo khoa học và tổng kết nhiệm vụ, Bộ Tài nguyên và Môi trường;
 26. Đỗ Lê Thủy (2009), *Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo các yếu tố khí tượng bằng phương pháp thống kê trên sản phẩm mô hình HRM*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
 27. Nguyễn Bá Thủy (2012), *Nghiên cứu dao động mực nước dị thường tại các vùng biển nửa kín và cảng biển có hình dạng khác nhau bằng mô hình số phục vụ công tác dự báo*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Cơ sở;
 28. Nguyễn Kim Vinh (2010), *Nghiên cứu đặc điểm biến động mực nước biển trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện đại*, Tạp chí Khoa học và công nghệ Biển số 2, trang 31- 4;
 29. Trần Hồng Lam, Nguyễn Tài Hợi, Nguyễn Bá Thủy (2006), *Nước dâng do bão - công tác triển khai dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. Số 543 tháng 3 – 2006;

30. Trần Tân Tiến (2004), *Xây dựng mô hình dự báo các trường khí tượng thủy văn Biển Đông Việt Nam*, MS KC.09.04 (2001-2004);
31. Trần Tân Tiến và cs. (2010), *Xây dựng công nghệ dự báo liên hoàn bão, nước dâng và sóng ở Việt Nam bằng mô hình số với thời gian dự báo trước 3 ngày*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, mã số: KC.08.05/06-10;
32. Đặng Ngọc Tĩnh (2007), *Nghiên cứu hoàn thiện dự báo lũ hạn ngắn hạ lưu hệ thống sông Hồng- Thái Bình bằng phần mềm Mike 11*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ;
33. Phạm Ngọc Tuấn và Phan Tết §¼c (1993), *KhÝ hÖu ViÖt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
34. Kiều Thị Xin và cs. (2000), *Về thử nghiệm mô phỏng mưa trên lãnh thổ Việt Nam bằng mô hình dự báo khí hậu khu vực RegCM*, Tạp chí KTTV, số 475;
35. Kiều Thị Xin và cs. (2002), *Nghiên cứu ứng dụng bộ mô hình số trị khu vực cho dự báo chuyển động của bão ở Việt Nam*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH độc lập cấp Nhà nước, Mã số: ĐTDL-02/2000;
36. Kiều Thị Xin và cs. (2005), *Nghiên cứu dự báo mưa lớn diện rộng bằng công nghệ hiện đại phục vụ phòng chống lũ lụt ở Việt Nam*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH độc lập cấp Nhà nước, Mã số: ĐTDL-02/2000;
37. DHI Software (2007), MIKE 11 Reference Manual;
38. IPCC (2007), *Climate Change 2007- The Physical Science Basis*. Cambridge University Press 996p;
39. WMO (2006), *World Meteorological Organization Instruments and Observing Methods*, Report N. 81/2006;
40. WMO (2010), *Observing System, Volume II – Regional Aspects*, Geneva;
41. WMO (2011), *Manual on the Global Observing System, Volume II - Regional Aspects*;
42. WMO (2013), *The Global Climate 2001-2010: A Decade of Climate Extremes*;
43. Barnston, A. G., C. F. Ropelewski (1992), *Prediction of ENSO Episodes Using Canonical Correlation Analysis*, J. Climate, 5, 1316-1345;
44. Blair Trewin (2012), *The Australian Climate Observations Reference Network – Surface Air Temperature (ACORN-SAT) Data Set*, National Climate Centre, Australian Bureau of Meteorology;
45. Ding X., D. Zheng, W.T. Wong, K.W. Li, W. Chen, P. Zhong (2004), *Recent Sea Level Variations in Southern China from Tide Gauge Observations*, Proceedings of the Asia-Pacific Space Geodynamics Symposium, Singapore, 126-136;
46. Elsner, James B., Kam-biu Liu, Bethany Kocher (2000), *Spatial Variations in*

- Major U.S. Hurricane Activity: Statistics and a Physical Mechanism, *J. Climate*, 13, 2293–2305;
47. Ernest Rudel (2003), “*Design of the New Austrian Surface Meteorological Network*”, Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Vienna, Austria;
 48. Janis, Michael J., Kenneth G. Hubbard, Kelly T. Redmond, (2004), Station Density Strategy for Monitoring Long-Term Climatic Change in The Contiguous United States, *J. Climate*, 17, 151–162;
 49. Johnny C. L. Chan, Jiuen Shi, Cheukman Lam (1998), Seasonal Forecasting of Tropical Cyclone Activity over The Western North Pacific and The South China Sea, Department of Physics and Materials Science, City University of Hong Kong, Kowloon, Hong Kong, China, 17 June 1998;
 50. Richard S. Pyrcce, Ph.D (2004), Review and Analysis of Stream Gauge Networks for the Ontario Stream Gauge Rehabilitation Project;
 51. Landsea Christopher W., Gerald D. Bell, William M. Gray, Stanley B. Goldenberg (1998), The Extremely Active 1995 Atlantic Hurricane Season: Environmental Conditions and Verification of Seasonal Forecasts, *Mon. Wea. Rev.*, 126,1174-1193;
 52. Landsea Christopher W., William M. Gray, Paul W. Mielke, Jr, Kenneth J. Berry (1994), Seasonal Forecasting of Atlantic Hurricane Activity, *Weather* 49, 273-284;
 53. Neville Nicholls, Chris Landsea, Jon Gill, (1998), Recent Trends in Australian Region Tropical Cyclone Activity, *Meteorol. Atmos. Phys.* 65, 197-205;
 54. O. Anisimov, V. Kokorev, and Ye. Ziltcova (2011), Evaluation of GCM-based climatic projections for Northern Eurasia: implication for environmental modeling, Hydrological Institute, Department of Climatology, St. Petersburg, Russian Federation EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-45;
 55. Tangang F.T, Hsieh W.W, Tang B (1997), Forecasting of Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures by Neural Networks Models, *Clim Dyn*, 13, 135-147;
 56. Thomas Frei (2003), “*Designing Meteorological Networks for Switzerland According to User Requirements*”, Federal Office of Meteorology and Climatology, MeteoSwiss, Krahbuhlstr. 58, 8044 Zurich, Switzerland;
 57. Van den Dool H.M (1994), Searching for Analogues, How Long Must We Wait?,*Climate Analysis Center, Tellus*, 46A, 314-324;
 58. Vose, R.S. (2005), Reference Station Networks for Monitoring Climatic Change in the Conterminous United States, *J.Climate* 18, 5390-5395;
 59. William M. Gray, Christopher W. Landsea, Paul W. Mielke (1994),

- Predicting Atlantic Basin Seasonal Tropical Cyclone Activity by 1 June, Weather and Forecasting, Vol. 9,103-115;
60. Yanagi T., T.Akaki (1994), Sea Level Variation in The Eastern Asia. J. of Oceanography, Vol. 50, 643-651;
 61. Zhang L. and Pu Z. (2010), An Observing System Simulation Experiment (OSSE) to assess the impact of Doppler wind lidar (DWL) Measurements on the Numerical Simulation of a Tropical Cyclone, Advances in Meteorology, vol. 2010, Article ID 743863, 14 pages, 2010.
 62. <http://ag.arizona.edu/azmet>
 63. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.94.9911&rep=rep1&type=pdf>
 64. <http://etamodel.cptec.inpe.br/>
 65. http://lib.wru.edu.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=585:nguyen-cu-d-bao-ma-cho-lu-vc-song-c&catid=15:bao-tp-chi&Itemid=196
 66. <http://organicroots.nal.usda.gov/download/CAT72343490/PDF>
 67. <https://phongdongnai.files.wordpress.com/2012/03/mohinhthuylucsongkenh.pdf>
 68. http://www.cof.orst.edu/cof/fe/watershd/fe537/labs_2007/Catchment_scale/R-R-Model/TankModel.pdf
 69. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spms2.html
 70. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-3-1.html
 71. [http://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-ResSim_UsersManual_\(CPD-82\).pdf](http://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-ResSim_UsersManual_(CPD-82).pdf)
 72. <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/documents/tutorial-v3-notes-pdf/intro.pdf>
 73. <http://www.ncdc.noaa.gov/crn/>
 74. <http://www.nchmf.gov.vn/web/en-US/103/3/0/qa/Default.aspx>
 75. <http://www.nchmf.gov.vn/web/vi-VN/103/10/0/qa/Default.aspx>
 76. http://www.noaanews.noaa.gov/stories2010/20100715_globalstats.html
 77. http://www.wrd.gov.vn/modules/cms/upload/10/KhoaHocCongNghe/090703_VeMohinhTLucVw/VeMohinhTLucVw.pdf
 78. <http://www.wrf-model.org/index.php> , <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/>
 79. www.JMA.gov.jp.