

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
ĐÀI KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN KHU VỰC ĐỒNG BẰNG BẮC BỘ**

**CHƯƠNG TRÌNH KH&CN CẤP QUỐC GIA
“KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
QUẢN LÝ VỀ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG”**

MÃ SỐ: BDKH.25/16-20

BÁO CÁO TỔNG HỢP

TÊN ĐỀ TÀI

**NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI
SỰ XÂM NHẬP CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM
BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG Ở KHU VỰC MIỀN NÚI
PHÍA BẮC PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI**

Mã số đề tài: BDKH.25/16-20

Tổ chức chủ trì: Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ

Chủ nhiệm đề tài: TS. Võ Văn Hòa

Thời gian thực hiện: 6/2017-6/2020

HÀ NỘI - 6/2020

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
ĐÀI KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN KHU VỰC ĐỒNG BẰNG BẮC BỘ

CHƯƠNG TRÌNH KH&CN CẤP QUỐC GIA
“KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
QUẢN LÝ VỀ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG”
MÃ SỐ: BDKH.25/16-20

BÁO CÁO TỔNG HỢP

TÊN ĐỀ TÀI
NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI SỰ
XÂM NHẬP CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT
THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG Ở KHU VỰC MIỀN NÚI PHÍA
BẮC PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI
Mã số đề tài: BDKH.25/16-20

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI



Võ Văn Hòa

TỔ CHỨC CHỦ TRÌ



Nguyễn Văn Bảy

HÀ NỘI -2020

DANH SÁCH CÁN BỘ THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

STT	Họ và tên	Chức danh thực hiện đề tài	Tổ chức công tác
1	TS. Võ Văn Hòa	Chủ nhiệm đề tài	Đài KTTV khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, Tổng cục KTTV
2	TS. Dư Đức Tiến	Thư kí đề tài, Thành viên chính,	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV
3	TS. Bùi Minh Tăng	Thành viên chính	Chuyên gia
4	ThS. Mai Khánh Hưng	Thành viên chính	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV
5	TS. Nguyễn Đăng Quang	Thành viên chính	Trung tâm Ứng dụng Công nghệ KTTV, Tổng cục KTTV
6	ThS. Nguyễn Mạnh Linh	Thành viên chính	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV
7	NCS. Trần Anh Đức	Thành viên chính	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV
8	ThS. Vũ Anh Tuấn	Thành viên chính	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV
9	ThS. Đỗ Thị Lệ Thủy	Thành viên chính	Chuyên gia
10	TS. Vũ Văn Thăng	Thành viên chính	Viện Khoa học KTTV và BDKH

CÁC TỔ CHỨC PHỐI HỢP

STT	Tên tổ chức phối hợp
1	Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, Tổng cục KTTV, Bộ TN&MT
2	Viện Khoa học KTTV và Biến đổi khí hậu, Bộ TN&MT
3	Đài KTTV khu vực Tây Bắc, Tổng cục KTTV, Bộ TN&MT
4	Đài KTTV khu vực Việt Bắc, Tổng cục KTTV, Bộ TN&MT
5	Đài KTTV khu vực Đông Bắc, Tổng cục KTTV, Bộ TN&MT

THÔNG TIN KẾT QUẢ ĐỀ TÀI

1. Tên đề tài: Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu tới sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc phục vụ phát triển kinh tế - xã hội (mã số BĐKH.25/16-20)

2. Mục tiêu:

- Đánh giá được mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc cũng như tác động của chúng trong những thập kỷ gần đây;

- Đánh giá được tác động của biến đổi khí hậu tới mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc và dự tính sự thay đổi trong giai đoạn 2020-2050;

- Đề xuất được các giải pháp giám sát và ứng phó với sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong một số lĩnh vực kinh tế - xã hội trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

3. Các sản phẩm đã đạt được:

- Cơ sở dữ liệu số liệu và tài liệu phục vụ nghiên cứu

- Báo cáo đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc trong những năm gần đây cũng như tác động của chúng trong tương lai

- Báo cáo đề xuất hệ thống động lực - thống kê dự báo sự xâm nhập của đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong bối cảnh biến đổi khí hậu

- Hệ thống dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc dựa trên mô hình khí hậu khu vực phân giải cao

- Báo cáo đề xuất các giải pháp giám sát và ứng phó với sự thay đổi bất thường của các đợt lạnh và nóng ẩm trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong một số lĩnh vực kinh tế - xã hội

- Hệ thống giám sát và cảnh báo sớm số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc

- Trang web chia sẻ số liệu, tài liệu, sản phẩm, phổ biến kiến thức cho cộng đồng

INFORMATION OF PROJECT

1. Project name: The impact of climate change on abnormal cold surge and heat wave in the winter on the Viet Nam northern mountain areas to serve for socio-economic development” (code: BDKH.25/16-20)

2. Key Purposes:

- Evaluating the trend and activities of abnormal cold surge and hot spell in winter in northern mountain areas as well as their impact in recent decades.

- Evaluating the impact of climate change on the trend and activities of abnormal cold surge and hot spell in winter on northern mountain areas and projecting their change in future period of 2020-2050

- Proposing overall solutions in monitoring and adapting with activities of abnormal cold surge and hot spell in winter on northern mountain areas for key socio-economic sections under climate change situation.

3. Main scientific outcomes:

- Database and documents

- Report on evaluating the trend and activities of abnormal cold surge and hot spell in winter in northern mountain areas as well as their impact in recent decades

- A report of statistical - dynamical forecast system for activities of abnormal cold surge and hot spell in winter in northern mountain areas

- A high-resolution regional climate model based seasonal forecast system for activities of abnormal cold surge and hot spell in winter in northern mountain areas

- A report of proposing overall solutions in monitoring and adapting with activities of abnormal cold surge and hot spell in winter on northern mountain areas for key socio-economic sections under climate change situation.

- A system for monitoring and early warning activities of abnormal cold surge and hot spell in winter in northern mountain areas

- The website of project

MỤC LỤC

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT	i
DANH SÁCH CÁC BẢNG.....	ii
DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ	v
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU.....	4
1.1. Nghiên cứu ngoài nước	4
1.1.1. Các nghiên cứu về gió mùa mùa đông	4
1.1.2. Các nghiên cứu đánh giá xu thế biến đổi của các hiện tượng lạnh và nóng cực trị dựa trên số liệu quan trắc hoặc tái phân tích	7
1.1.3. Các nghiên cứu dự tính xu thế biến đổi các hiện tượng khí hậu và thời tiết cực đoan dưới tác động của BĐKH dựa trên phương pháp thống kê và mô hình động lực.....	13
1.1.4. Các nghiên cứu về các hiện tượng lạnh và nóng cực trị trong mùa đông.....	15
1.1.5. Nghiên cứu về tác động của hiện tượng lạnh và nóng cực trị tới sức khỏe cộng đồng và các lĩnh vực kinh tế - xã hội.....	22
1.2. Nghiên cứu trong nước.....	27
1.2.1. Các nghiên cứu về không khí lạnh	27
1.2.2. Các nghiên cứu về tác động của BĐKH và dự báo hạn mùa các hiện tượng khí hậu cực đoan	29
1.3. Đặc điểm tự nhiên và xã hội khu vực miền núi phía Bắc	34
KẾT LUẬN CHƯƠNG 1.....	37
CHƯƠNG 2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	38
2.1. Đối tượng, phạm vi và sơ đồ nghiên cứu.....	38
2.1.1. Đối tượng nghiên cứu	38
2.1.2. Phạm vi nghiên cứu	39
2.1.3. Mục tiêu và sơ đồ nghiên cứu.....	40

2.2. Phương pháp xác định các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc	44
2.2.1. Phương pháp xác định cho số liệu quan trắc tại trạm.....	45
2.2.2. Phương pháp xác định cho số liệu mô phỏng, dự tính và dự báo hạn mùa từ mô hình khí hậu khu vực	48
2.3. Mô tả tập số liệu nghiên cứu	50
2.3.1. Số liệu quan trắc tại trạm	50
2.3.2. Số liệu tái phân tích	51
2.3.3. Số liệu kịch bản biến đổi khí hậu	52
2.3.4. Số liệu dự báo hạn mùa toàn cầu	59
2.3.5. Các nguồn số liệu khác	60
2.4. Phương pháp nghiên cứu.....	62
2.4.1. Phương pháp kiểm tra chất lượng số liệu quan trắc tại trạm.....	62
2.4.2. Phương pháp thu thập và sao lưu số liệu	63
2.4.3. Phương pháp nội suy số liệu về điểm trạm	78
2.4.4. Phương pháp nhận dạng hình thể thời tiết gây ra các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông	81
2.4.5. Phương pháp hạ quy mô động lực cho mục đích dự tính biến đổi khí hậu và dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường.....	86
2.4.6. Phương pháp thống kê dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông	92
2.4.7. Phương pháp hiệu chỉnh trường nhiệt độ được mô phỏng và dự tính từ các mô hình khí hậu khu vực	95
2.7.8. Phương pháp xác định xu thế biến đổi	97
2.4.9. Phương pháp đánh giá chất lượng mô phỏng và dự báo	98
KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	99
CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ TÍNH CHẤT, XU THẾ VÀ MỨC ĐỘ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẨM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG TRONG GIAI ĐOẠN TỪ MÙA ĐÔNG 1979/1980 ĐẾN MÙA ĐÔNG 2017/2018.....	100

3.1. Đặc điểm hoạt động của không khí lạnh trong giai đoạn mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018.....	100
3.2. Khảo sát các đợt lạnh và nóng bất thường trên khu vực miền núi phía Bắc từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 theo PA1 với các ngưỡng xác định khác nhau.....	105
3.2.1. Kết quả khảo sát tần suất xảy ra các đợt lạnh bất thường theo PA1 với các ngưỡng khác nhau.....	106
3.2.2. Kết quả khảo sát tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường theo PA1 với các ngưỡng khác nhau.....	113
3.2.3. Lựa chọn ngưỡng xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo PA1	126
3.3. Xu thế, tính chất và mức độ biến đổi của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông cho giai đoạn 1979-2017	127
3.4. Đánh giá mối liên hệ giữa hoạt động của các đợt lạnh và nóng bất thường hiện tượng ENSO trong giai đoạn 1979-2017	132
3.4.1. Mối liên hệ với các đợt lạnh bất thường	132
3.4.2. Mối liên hệ với các đợt nóng bất thường	137
3.5. Phân tích cơ chế và hình thể thời tiết chi phối các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.....	138
3.5.1. Cơ chế và hình thể chi phối hoạt động của các đợt lạnh bất thường	138
3.5.2. Cơ chế và hình thể chi phối hoạt động của các đợt nóng bất thường	154
3.6. Nhận dạng hình thể chi phối hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông dựa trên phương pháp SOM.....	174
KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.....	179
CHƯƠNG 4. DỰ TÍNH SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG TRONG GIAI ĐOẠN 2020-2100.....	181
4.1. Kết quả tính toán cho thời kỳ chuẩn (1986-2005)	181

4.2. Dự tính sự biến đổi của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông.....	183
4.3. Dự tính sự biến đổi của các đợt nóng bất thường trong mùa đông.....	193
KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....	204
CHƯƠNG 5. XÂY DỰNG HỆ THỐNG DỰ BÁO VÀ CẢNH BÁO HẠN MÙA SỐ ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ỨNG PHÓ	205
5.1. Kết quả xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình khí hậu khu vực	205
5.1.1. Kết quả đánh giá chất lượng dự báo hạn mùa trường nhiệt độ	205
5.1.2. Kết quả đánh giá dự báo trường nhiệt độ bề mặt cho hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM	207
5.1.3. Kết quả thử nghiệm dự báo số đợt lạnh và nóng bất thường	213
5.2. Kết quả thử nghiệm dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường dựa trên cách tiếp cận thống kê	218
5.3. Xây dựng hệ thống giám sát, dự báo và cảnh báo và trang thông tin chia sẻ kiến thức cho cộng đồng.....	220
5.3.1. Xây dựng các qui trình nghiệp vụ	221
5.3.1.1. Qui trình thu thập số liệu CFS.....	221
5.3.1.2. Qui trình vận hành mô hình RegCM.....	222
5.3.1.3. Qui trình vận hành hệ thống dự báo thống kê.....	225
5.3.1.4. Qui trình tạo sản phẩm dự báo hạn mùa từ mô hình RegCM và đưa lên trang web	227
5.3.2. Xây dựng trang web chia sẻ sản phẩm và phổ biến kiến thức	229
5.4. Đề xuất các giải pháp ứng phó với các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông.....	235
5.4.1. Các tiêu chí để lựa chọn giải pháp.....	235
5.4.2. Lựa chọn các giải pháp chiến lược thích ứng.....	236
5.4.2.1. Các giải pháp chiến lược chung	236
5.4.2.2. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực nông nghiệp	236

5.4.2.3. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực lâm nghiệp	239
5.4.2.4. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực giao thông	240
5.4.2.5. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực y tế và sức khỏe cộng đồng	240
KẾT LUẬN CHƯƠNG 5.....	244
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	245
Tài liệu tham khảo	248
Phụ lục 1. Danh sách 84 trạm quan trắc khí tượng bề mặt thuộc khu vực Bắc Bộ được sử dụng trong nghiên cứu	263
Phụ lục 2. Khái quát về các mô hình RegCM và WRFcl	266
P2.1. Giới thiệu về mô hình RegCM.....	266
P2.2. Giới thiệu về mô hình WRFcl.....	270
Phụ lục 3. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường theo PA1 trong các tháng chính đông theo các ngưỡng xác định khác nhau	275

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

AOGCM	Mô hình hoàn lưu chung khí quyển - đại dương
BĐKH	Biến đổi khí hậu
CFS	Mô hình dự báo hạn mùa toàn cầu của NCEP
CSDL	Cơ sở dữ liệu
ECMWF	Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu
IFS	Hệ thống dự báo toàn cầu dạng tắt định của ECMWF
MAE	Sai số tuyệt đối trung bình
ME	Sai số trung bình
KTTV	Khí tượng thủy văn
KT-XH	Kinh tế - Xã hội
RCM	Mô hình khí hậu khu vực
RegCM	Mô hình khí hậu khu vực của NCEP
RMSE	Sai số quân phương
TBTH	Trung bình tổ hợp
Tmax	Nhiệt độ tối cao ngày
Tmin	Nhiệt độ tối thấp ngày
Ttb	Nhiệt độ trung bình ngày
T2m	Nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét
WRFcl	Mô hình khí hậu khu vực

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 2.1. Các đặc trưng của các kịch bản biến đổi khí hậu RCP.....	55
Bảng 2.2. Thông tin khái quát về 5 mô hình AOGCM toàn cầu được sử dụng để cung cấp số liệu kịch bản RCP 4.5 và RCP8.5 làm đầu vào cho các mô hình khí hậu khu vực	57
Bảng 2.3. Thống kê chỉ số ENSO trong giai đoạn 1979-2017 [73] trong đó WE=EL Nino yếu, ME=El Nino trung bình, SE=El Nino mạnh, WL=La Nina yếu, ML=La Nina trung bình, SL=La Nina mạnh	61
Bảng 2.4: Các trường trong bảng quan hệ synop_stn của cơ sở dữ liệu sao lưu số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm.....	65
Bảng 2.5: Tương tự bảng 2.4 nhưng cho bảng quan hệ synop_t_obs.....	65
Bảng 2.6: Tương tự bảng 2.4 nhưng cho bảng quan hệ synop_obs.....	65
Bảng 2.7: Danh sách các nhóm file và lưới tọa độ của các biến trường CFS.....	72
Bảng 2.8: Danh sách các mực đẳng áp, đẳng nhiệt và đẳng độ sâu mô hình của số liệu dự báo hạn mùa từ mô hình CFS.....	72
Bảng 2.9: Danh sách các biến trường CFS được sử dụng làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho các RCM	73
Bảng 2.10: Cấu hình lựa chọn cho các mô hình khu vực	89
Bảng 2.11. Ý nghĩa của các chỉ số gió mùa mùa đông Đông Á - EAWMI. Ký tự dưới tên các chỉ số là tên các tác giả đề xuất. U là tốc độ gió vĩ hướng, V là tốc độ gió kinh hướng, SLP là khí áp qui về mực biển trung bình, H là độ cao địa thế vị (theo nghiên cứu của Li và Yang (2010) [88]).	93
Bảng 3.1. Thống kê các đợt không khí lạnh xảy ra theo các tháng trong giai đoạn từ 1979-2017 trên khu vực Bắc Bộ	100
Bảng 3.2. Kết quả thống kê các đợt lạnh bất thường theo PA1 với ngưỡng giảm nằm trong khoảng [1-1.5 ⁰ C).....	107
Bảng 3.3. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [1.5-2.0 ⁰ C).....	108
Bảng 3.4. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [2.0-2.5 ⁰ C).....	108
Bảng 3.5. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [2.5-3.0 ⁰ C).....	109

Bảng 3.6. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [3.0-3.5 ⁰ C).....	109
Bảng 3.7. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [3.5-4.0 ⁰ C).....	110
Bảng 3.8. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [4.0-4.5 ⁰ C).....	111
Bảng 3.9. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [4.5-5.0 ⁰ C).....	111
Bảng 3.10. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [5.0-5.5 ⁰ C).....	111
Bảng 3.11. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong các khoảng từ 5.5 ⁰ C đến 10 ⁰ C với khoảng cách 0.5 ⁰ C.....	111
Bảng 3.12. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng I cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 3 ⁰ C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ.....	115
Bảng 3.13. Số liệu nhiệt độ tối cao ngày được quan trắc tại một số trạm vào các ngày xảy ra hiện tượng nóng bất thường trong giai đoạn 1979-2017.....	117
Bảng 3.14. Kết quả thống kê số đợt nóng bất thường xảy ra trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 1979-2017 theo các tháng và các ngưỡng độ lệch khác nhau và các đặc trưng thống kê khác.....	125
Bảng 3.15. Kết quả xác định số đợt lạnh bất thường theo PA1 và PA2 từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 trên khu vực Bắc Bộ.....	127
Bảng 3.16. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho các đợt nóng bất thường.....	129
Bảng 3.17. Kết quả xác định số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các ngưỡng xác định khác nhau trong giai đoạn 1979-2017.....	132
Bảng 3.18. Kết quả xác định các năm xảy ra các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các ngưỡng xác định khác nhau (chỉ đưa ra từ ngưỡng 3 ⁰ C trở lên) trong giai đoạn 1979-2017.....	134
Bảng 3.19: Nhiệt độ tối cao ngày của các ngày có ít nhất hơn 40% số trạm trên toàn bộ Bắc Bộ lớn hơn 30 ⁰ C, minh họa cho nửa Tây của Bắc Bộ (kí hiệu WS-2 ứng với hai ngày liên tiếp đạt tiêu chuẩn đã nêu).....	175
Bảng 3.20: Nhiệt độ tối cao ngày của các ngày có ít nhất hơn 40% số trạm trên toàn bộ Bắc Bộ lớn hơn 30 ⁰ C, minh họa cho nửa Đông của Bắc Bộ, ví dụ kí hiệu WS-2 ứng với hai ngày liên tiếp đạt tiêu chuẩn đã nêu.....	175

Bảng 4.1. Kết quả tính toán số đợt lạnh bất thường trung bình trong thời kỳ chuẩn theo từng tháng trong mùa đông và các mô hình khí hậu khu vực với các đầu vào toàn cầu khác nhau 182

Bảng 4.2. Tương tự bảng 4.1 nhưng cho số đợt nóng bất thường 183

Bảng 5.1. Kết quả tính toán chỉ số ME cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRF1c dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018..... 206

Bảng 5.2. Kết quả tính toán chỉ số MAE cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRF1c dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018..... 206

Bảng 5.3. Kết quả tính toán chỉ số RMSE cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRF1c dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018..... 207

Bảng 5.4. Thông tin các thử nghiệm trong nghiên cứu..... 208

Bảng 5.5. Sai số RMSE trong giai đoạn 2011-2018 cho dự báo nhiệt độ trung bình tháng 12, 1 và 2 của các cấu hình dự báo khác nhau với hạn dự báo 4,5,6 tháng tại từng vùng khí hậu..... 211

Bảng 5.6. Kết quả xác định các đợt lạnh bất thường xảy ra ở Bắc Bộ theo các tháng trong giai đoạn 2010-2018 214

Bảng 5.7. Kết quả xác định các đợt lạnh bất thường xảy ra ở Bắc Bộ theo các tháng trong giai đoạn 2010-2018 214

Bảng 5.8. Kết quả đánh giá khả năng dự báo xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ mô hình RegCM, WRF1c và dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM 216

Bảng 5.9. Tương tự bảng 5.8 nhưng cho hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ..... 218

Bảng 5.10. Kết quả đánh giá khả năng dự báo xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ 7 phương án dự báo thống kê dựa trên các chỉ số gió mùa Đông Á 219

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ

<p>Hình 1.1. Xu thế biến đổi của dị thường nhiệt độ trung bình mùa đông (dạng biểu đồ thanh), số ngày lạnh cực trị (đường liền nét), số đợt lạnh cực trị (đường đứt) được quan trắc (a) cho giai đoạn 1980-2006, mô phỏng cho giai đoạn 1980-1999 (b), dự tính cho giữa thế kỷ 21 (c) và cuối thế kỷ 21 (d). Giá trị mô phỏng và dự tính là giá trị trung bình tổ hợp của 13 mô hình CGCM (theo Park và cộng sự (2011a) [102]).....</p>	18
<p>Hình 1.2. Khuynh hướng tần suất xuất hiện của số đợt lạnh (a) và nóng (b) cực trị trong giai đoạn 1950-1998 (đơn vị tính: số đợt/49 năm. Những trạm đảm bảo mức thống kê 5% trong khuynh hướng được đánh dấu X (theo Shabbar và Bonsal (2003) [115])</p>	19
<p>Hình 1.3. Số đợt nóng (trục tung) theo số ngày xảy ra trong mùa đông (tháng 12 đến tháng 2 năm sau) trong giai đoạn 1966/1967 đến 2015/2016. Những trạm có dấu * là chỉ có số liệu đến mùa đông 2012/2013 (theo Arkadiusz và cộng sự (2019) [34])</p>	22
<p>Hình 1.4. Tổng số đợt nóng (trục tung) xảy ra theo các tháng trong mùa đông trong giai đoạn 1966/1967 đến 2015/2016. Những trạm có dấu * là chỉ có số liệu đến mùa đông 2012/2013 (theo Arkadiusz và cộng sự (2019) [34])</p>	22
<p>Hình 1.5. Bản đồ vùng miền Trung du và miền núi phía Bắc (nguồn: https://dantocmiennui.vn).....</p>	35
<p>Hình 2.1. Sơ đồ thực hiện các nội dung nghiên cứu của đề tài.....</p>	41
<p>Hình 2.2. Phân bố theo không gian của 84 trạm quan trắc khí tượng bề mặt được thu thập số liệu nhiệt độ trung bình ngày trong giai đoạn 1979-2017</p>	50
<p>Hình 2.3. Các kịch bản phát thải khí nhà kính.....</p>	53
<p>Hình 2.4. Cách tiếp cận trong xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu SRES và RCPs của IPCC</p>	56
<p>Hình 2.5. Mối liên kết giữa các bảng quan hệ trong CSDL quản lý số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm.....</p>	64

Hình 2.6: Sơ đồ khối qui trình thu thập số liệu tái phân tích ERA-INTERIM của ECMWF qua môi trường Internet..... 66

Hình 2.7: Giao diện lựa chọn các đặc trưng của tập số liệu ERA-INTERIM của ECMWF cần thu thập..... 67

Hình 2.8: Cấu trúc cây thư mục sao lưu số liệu ERA-INTERIM của ECMWF sau khi được thu thập về dạng mã GRIB và đã được xử lý về định dạng NetCDF trên hệ thống lưu trữ SAN..... 70

Hình 2.9. Sơ đồ qui trình thu thập số liệu CFS ở dạng bán tự động (số liệu quá khứ - bên trái) và tự động (số liệu nghiệp vụ - bên phải) 75

Hình 2.10. Sơ đồ cấu trúc cây thư mục sao lưu số liệu CFS 78

Hình 2.11: Sơ đồ minh họa phương pháp nội suy điểm gần nhất..... 79

Hình 2.12. Sơ đồ qui trình nội suy số liệu RCM về điểm trạm 80

Hình 2.13: Sơ đồ minh họa các lớp đầu vào và đầu ra của mạng SOM 82

Hình 2.14. Ví dụ về bản đồ phân cụm SOM chưa xác định ranh giới các cụm (bên trái) và đã xác định ranh giới (bên phải) để đưa vào K-Means 85

Hình 2.15. Minh họa phương pháp hạ quy mô động lực 87

Hình 2.16. Miền tính toán (bên trái) của các mô hình RegCM và WRFcl trong thử nghiệm dự báo hạn mùa và dự tính BDKH và khu vực nghiên cứu (bên phải) của đề tài..... 88

Hình 2.17. Minh họa dự tính nhiệt độ tương lai theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP so với chuẩn khí hậu quá khứ (Theo IPCC) 90

Hình 2.18: Sơ đồ minh họa qui trình dự báo mùa sử dụng các RCM. L là hạn dự báo, L=0 ứng với tháng đứng làm dự báo (theo Phan Văn Tân và cộng sự (2011) [23] 91

Hình 3.1. Thống kê cường độ KKL theo các dạng gió mùa đông bắc (GMĐB), KKL tăng cường (KKLTC) và theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017 (M là mạnh, TB là trung bình và Y là yếu)..... 102

Hình 3.2. Tần suất xảy ra GMĐB cường độ mạnh (a), trung bình (b), yếu (c) theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017 103

Hình 3.3. Tần suất xảy ra KKLTC cường độ mạnh (a), trung bình (b), yếu (c) theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017	105
Hình 3.4. Nhiệt độ trung bình bầy TBNN (trái) và nhiệt độ tối cao ngày TBNN (phải) trong tháng 1 của một số trạm trên khu vực Bắc Bộ	114
Hình 3.5. Xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường xác định theo tiêu chí có độ giảm nhiệt độ trung bình ngày so với giá trị chuẩn trên 2 ⁰ C trong giai đoạn 1979-2017 (tháng XI (a), tháng XII (b), tháng I (c), tháng II (d), tháng III (đ) và cả mùa đông (e)).....	130
Hình 3.6. Xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường xác định theo tiêu chí có độ giảm nhiệt độ trung bình ngày so với giá trị chuẩn trên 3 ⁰ C cho tháng I, trên 2.0 ⁰ C cho tháng XII và II trong giai đoạn 1979-2017 (tháng XII (a), tháng I (b), tháng II (c) và cả mùa đông (d)).....	131
Hình 3.7. Phân bố nhiệt độ lúc 7 giờ các ngày 14/1; 1/2 và 21/2/2008 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc	140
Hình 3.8. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 7h ngày 14/1 và 15/1/2008	142
Hình 3.9. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 14/1/2008	143
Hình 3.10. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 14/1/2008	143
Hình 3.11. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 01/02/2008	144
Hình 3.12. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 1/2/2008	145
Hình 3.13. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 21/2/2008	146
Hình 3.14. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 21/2/2008	147
Hình 3.15. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải).....	148

Hình 3.16. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 850mb thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải).....	149
Hình 3.17. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải).....	150
Hình 3.18. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m (bên trái) và mực 850mb (bên phải) thời điểm 7h ngày 1/2/2008.....	150
Hình 3.19. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb (bên trái) và 500mb (bên phải) thời điểm 7h ngày 1/2/2008	151
Hình 3.20. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải).....	152
Hình 3.21. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 850mb thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải).....	153
Hình 3.22. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải).....	153
Hình 3.23. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ các ngày 12/2 và 13/2/2009 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc	155
Hình 3.24. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h các ngày 12/2 và 13/2/2009.....	157
Hình 3.25. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối vị mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009.....	158
Hình 3.26. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009.....	158
Hình 3.27. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009.....	159
Hình 3.28. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009.....	160
Hình 3.29. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ lần lượt các ngày 12, 13 và 14/2/2016 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc.....	162
Hình 3.30. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h các ngày 11/2 và 12/2/2016.....	163

Hình 3.31. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016.....	164
Hình 3.32. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016.....	164
Hình 3.33. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016.....	166
Hình 3.34. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016.....	167
Hình 3.35. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ lần lượt các ngày 25, 26 và 27/2/2010 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc.....	168
Hình 3.36. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h ngày 24/02 và 25/02/2010.....	169
Hình 3.37. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010.....	170
Hình 3.38. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010.....	171
Hình 3.39. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 24/02 và 25/02/2010.....	172
Hình 3.40. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010.....	173
Hình 3.41: Minh họa các trường áp suất bề mặt thể hiện trên ma trận SOM ...	177
Hình 3.42: Minh họa các trường độ cao địa thế vị mực 500hPa thể hiện trên ma trận SOM.....	177
Hình 3.43: Ma trận SOM ứng với 2 dạng hình thể cơ bản được phân loại đối với hiện tượng nóng dị thường đầu mùa đông trên khu vực Bắc Bộ.....	178
Hình 4.1. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5	185
Hình 4.2. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO.....	185
Hình 4.3. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM.....	185

Hình 4.4. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 186

Hình 4.5. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM 186

Hình 4.6. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau 187

Hình 4.7. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 188

Hình 4.8. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO..... 188

Hình 4.9. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM..... 189

Hình 4.10. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 189

Hình 4.11. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM 189

Hình 4.12. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2080-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 190

Hình 4.13. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO..... 191

Hình 4.14. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM..... 191

Hình 4.15. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 191

Hình 4.16. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM .. 192

Hình 4.17. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau 192

Hình 4.18. Tương tự hình 4.17 nhưng cho giai đoạn 2080-2100 193

Hình 4.20. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 194

Hình 4.21. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO..... 194

Hình 4.22. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM..... 195

Hình 4.23. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 195

Hình 4.24. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM .. 195

Hình 4.25. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau. 196

Hình 4.26. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 197

Hình 4.27. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO..... 198

Hình 4.28. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM..... 198

Hình 4.29. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 198

Hình 4.30. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM .. 199

Hình 4.31. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 200

Hình 4.32. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO..... 201

Hình 4.33. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM..... 201

Hình 4.34. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth 202

Hình 4.35. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM .. 202

Hình 4.36. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau 203

Hình 4.37. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2080-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau 203

Hình 5.1. Nhiệt độ trung bình tháng giai đoạn 2011-2018 cho từng vùng khí hậu R1, R2, và R3 tại các tháng 12, 1 và 2 từ mô hình (CFS), các dự báo sử dụng BATS, sử dụng CLM, trung bình tổ hợp từ 12 dự báo với các cấu hình khác nhau (ENS12), trung bình tổ hợp từ 3 lần chạy liên tiếp (ENS36) tại các hạn 4,5,6 (màu vàng, xanh da trời và xanh lá cây) và quan trắc (đỏ). Biểu đồ hợp thể hiện giá trị phân vị 25 và 75, biểu đồ râu thể hiện phân vị 10 và 90..... 209

Hình 5.2. Sai số trung bình (ME) của giai đoạn 2011-2018 tại từng trạm trên Bắc bộ cho dự báo tháng 12. 1 và 2 hạn dự báo 6 tháng cho dự báo tổ hợp từ 12 dự báo vật lý khác nhau ENS12 210

Hình 5.3. Sai số trung bình (ME) của giai đoạn 2011-2018 tại từng trạm trên Bắc bộ cho dự báo tháng 12. 1 và 2 hạn dự báo 6 tháng, đối với 6 dự báo sử dụng BATS (a) và sử dụng CLM (b) 212

Hình 5.6. Sai số trung bình tuyệt đối tại từng năm của dự báo ENS12 với các cấu hình vật lý khác nhau tại từng vùng ở từng hạn dự báo 4.5.6 213

Hình 5.7. Sơ đồ minh họa cách thức dự báo mùa và thống kê xác định số lượng dung lượng mẫu để đánh giá 215

Hình 5.8. Quy trình thu thập số liệu CFS trong nghiệp vụ 222

Hình 5.9: Quy trình chạy mô hình RegCM (tự động hoặc thủ công) 223

Hình 5.10. Quy trình vận hành phần mềm dự báo thống kê khả năng xảy ra đợt lạnh (bên trái) và nóng ẩm bất thường (bên phải)..... 226

Hình 5.11. Quy trình tạo sản phẩm hỗ trợ dự báo hạn mùa từ mô hình dự báo khí hậu khu vực RegCM và đưa lên trang web 228

Hình 5.12: Sơ đồ khối chương trình hiển thị sản phẩm dự báo hạn mùa từ mô hình RegCM 229

Hình 5.13. Giao diện chính của hệ thống chia sẻ thông tin dự báo, cảnh báo và phổ biến kiến thức của đề tài..... 230

Hình 5.14. Giao diện khai thác số liệu quan trắc tại trạm..... 230

Hình 5.15. Giao diện khai thác số liệu các đợt không khí lạnh 231

Hình 5.16. Giao diện khai thác số liệu tái phân tích ERA-Interim..... 231

Hình 5.17. Giao diện khai thác số liệu thời kỳ chuẩn (1986-2005) của năm mô hình AOGCM..... 231

Hình 5.18. Giao diện xem sản phẩm dự báo trường nhiệt độ trung bình tháng được dự báo từ mô hình RegCM..... 232

Hình 5.19. Giao diện xem sản phẩm dự báo trường gió và độ cao địa thế vị trung bình tháng được dự báo từ mô hình RegCM 233

Hình 5.20. Giao diện xem sản phẩm bản đồ xác suất dự báo nhiệt độ trung bình tháng từ hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM 233

Hình 5.21. Giao diện xem sản phẩm bản đồ xác suất dự báo nhiệt độ tối thấp trung bình tháng từ hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM..... 233

Hình 5.22. Giao diện xem sản phẩm dự báo chi tiết một số trường khí quyển bề mặt tại điểm trạm từ mô hình RegCM 234

Hình 5.23. Giao diện chính của mục phổ biến kiến thức cho cộng đồng 234

Hình 5.24. Giao diện chính của chức năng diễn đàn trao đổi 235

MỞ ĐẦU

Tại Việt Nam, trong 10 năm trở lại đây do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu mà chế độ khí hậu trên hầu khắp các vùng miền của Việt Nam đã có sự thay đổi đáng kể. Nắng nóng cũng gia tăng bất thường về giá trị nhiệt độ cao nhất cũng như thời gian kéo dài của một đợt nắng nóng. Năm 2010 được coi là một năm nóng nhất trong chuỗi số liệu quan trắc được từ khi bắt đầu có quan trắc thì đến năm 2015 kỷ lục này lại bị phá vỡ. Một trong những điển hình cho sự thay đổi về chế độ khí hậu lại chính là hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông. Cụ thể, các đợt rét đậm, rét hại kéo dài trong điều kiện khí hậu đang nóng lên toàn cầu, các hiện tượng như mưa tuyết, băng giá, sương muối,... đã xảy ra trên diện rộng. Những nơi không thể ngờ được là có tuyết rơi thì lại quan trắc được trong những năm gần đây. Thậm chí, ngay giữa mùa đông thì trên khu vực các tỉnh vùng núi phía Bắc lại xuất hiện nhiệt độ tăng cao kỷ lục 32-34 độ, tạo cảm giác như xuất hiện nắng nóng giữa mùa đông.

Các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trong những năm qua đã gây ra nhiều tác động tiêu cực tới các hoạt động kinh tế - xã hội (KT-XH). Cụ thể, đợt lạnh kỷ lục từ ngày 22 đến 27 tháng 1 năm 2016 đã khiến Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ trải qua những ngày rét khốc liệt, nhiều nơi vùng núi cao từ 800 mét trở lên xuất hiện băng giá và mưa tuyết trong đêm 23, ngày 24 và ngày 25/1. Theo báo cáo nhanh của Văn phòng thường trực Ban Chỉ đạo Trung ương về phòng, chống thiên tai, các địa phương bị thiệt hại nặng nhất là: Lào Cai, Lai Châu, Yên Bái, Sơn La, Điện Biên, Cao Bằng, Lạng Sơn, Quảng Ninh, Hòa Bình, Bắc Giang, Bắc Kạn. Theo Cục Chăn nuôi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, toàn miền Bắc có gần 4.000 con gia súc bị chết rét; trong đó, có khoảng 3.200 con trâu, bò. Đã có gần 4.500 ha hoa màu và hơn 200 ha cây công nghiệp ngắn ngày bị thiệt hại; hơn 150.000 ha rừng của tỉnh Lào Cai bị tuyết che phủ. Tại các xã khu 2 huyện Mù Cang Chải (Yên Bái), mưa tuyết đã vùi lấp toàn bộ diện tích hoa màu của nhân dân.

Trên thực tế, việc dự báo kịp thời và chính xác các đợt xâm nhập lạnh và nóng bất thường ở khu vực miền núi phía Bắc gặp rất nhiều khó khăn và thách thức do các hiện tượng này chưa được nghiên cứu đầy đủ để cung cấp những hiểu biết về cơ chế nhiệt động lực học chi phối các hiện tượng này

cho dự báo viên. Hiện tại, các hiện tượng này chủ yếu được cảnh báo thông qua qui trình dự báo không khí lạnh nghiệp vụ. Khi có các dấu hiệu cho thấy có khả năng xuất hiện đợt rét hoặc nóng ẩm bất thường, dự báo viên sẽ đưa thêm các nhận định về các hiện tượng này trong bản tin dự báo không khí lạnh hoặc gió mùa đông bắc. Với hiện trạng về số liệu và công nghệ dự báo tại các đơn vị dự báo nghiệp vụ hiện nay, việc cảnh báo khả năng xảy ra các hiện tượng này chỉ giới hạn tới quy mô dự báo hạn vừa. Hiện tại, chưa có các công nghệ cho phép dự báo hạn tháng và mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc.

Các phân tích nói trên đã cho thấy sự cần thiết phải thực hiện đề tài **“Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu tới sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc phục vụ phát triển kinh tế - xã hội”** để đánh giá được mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc cũng như tác động của chúng trong những thập kỷ gần đây. Đồng thời, xây dựng được các hệ thống dự báo, cảnh báo sớm các hiện tượng từ ở quy mô hạn mùa và dự tính được sự biến đổi của các hiện tượng này trong tương lai. Qua đó, đề xuất được các giải pháp ứng phó với các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong một số lĩnh vực kinh tế - xã hội trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Dựa trên mục tiêu và nội dung công việc đã đăng ký trong bản thuyết minh đề tài, nội dung của báo cáo tổng kết đề tài được bố cục thành các phần như sau:

Mở đầu

Chương 1. Tổng quan nghiên cứu

Chương 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Chương 3. Đánh giá xu thế, mức độ và tính chất biến đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông trong giai đoạn từ mùa đông 1979/1980 đến 2017/2018

Chương 4. Dự tính sự biến đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông trong giai đoạn 2020-2100

Chương 5. Xây dựng hệ thống dự báo và cảnh báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông và đề xuất giải pháp ứng phó

Kết luận và Kiến nghị

Đề tài được thực hiện với sự cộng tác chặt chẽ của các đồng nghiệp trong và ngoài đơn vị, và sự theo dõi, chỉ đạo kịp thời Lãnh đạo Đài KTTV khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Nhóm thực hiện đề tài hy vọng những kết quả nghiên cứu mà đề tài đạt được sẽ có những đóng góp cho công tác dự báo nghiệp vụ các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông, cũng như nghiên cứu ứng dụng các mô hình khí hậu trong bài toán dự báo hạn mùa và dự tính BĐKH. Nhân dịp này, chủ nhiệm đề tài và các cộng tác viên xin gửi lời cảm ơn trân thành đến Lãnh đạo Bộ Tài nguyên và Môi trường, Lãnh đạo Tổng cục KTTV, Lãnh đạo Đài KTTV khu vực đồng bằng Bắc Bộ, và đặc biệt là ***Văn phòng Chương trình KH&CN cấp quốc gia “Khoa học và công nghệ ứng phó với biến đổi khí hậu quản lý về tài nguyên và môi trường”*** (mã số BDKH/16-20) đã tạo mọi điều kiện cho chúng tôi hoàn thành đề tài.

Một lần nữa, xin trân trọng cảm ơn./.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Nghiên cứu ngoài nước

1.1.1. Các nghiên cứu về gió mùa mùa đông

Wallace và Gutzler (1981) [132] đã sử dụng dị thường trường độ cao địa thế vị mực 500mb trong mùa đông ở bán cầu Bắc để xây dựng phương trình đánh giá sự biến đổi của áp cao Siberia dựa trên 3 điểm đại diện cho 3 trung tâm tác động gồm một trung tâm Scandinava và Ba Lan (55°N, 20°E), trung tâm trên vùng Siberi (55°N, 75°E) và trung tâm Nhật Bản (40°N, 145°E). Các tác giả chỉ ra rằng khi giá trị phương trình là dương thì biến đổi của áp cao Siberia sẽ mạnh hơn so với bình thường. Tác giả xác định chỉ số trung bình tháng của EU như sau: $EU(WG) = -1/4z^*(55^\circ N, 20^\circ E) + 1/2z^*(55^\circ N, 75^\circ E) - 1/4z^*(40^\circ N, 145^\circ E)$. Trong đó z^* là độ cao dị thường mực 500 hPa. Các tác giả chỉ ra rằng mối quan hệ giữa EU và EAWM là tương quan âm và sự tương quan này có liên quan với sự biến đổi của áp cao Siberia và mạnh hơn so với bình thường khi chỉ số EU có giá trị dương. Tuy nhiên mối quan hệ này bị ảnh hưởng bởi các đặc điểm địa phương ở Nhật Bản.

Zhang và cộng sự (1997a) [144] đã nghiên cứu đặc điểm khí hậu và biến trình năm của gió mùa mùa đông ở Châu Á từ năm 1979 - 1995 dựa trên bộ số liệu tái phân tích của NCAR. Các tác giả đã chỉ ra được sự phân bố thời gian và không gian của đợt lạnh tăng cường gồm nguồn gốc, đường đi và sự tiến triển của chúng. Đặc biệt, là sự biến đổi của gió mùa mùa đông và đợt xâm nhập lạnh. Cụ thể, có khoảng 13 đợt lạnh xảy ra mỗi mùa đông trong đó có 2 đợt là mạnh. Các đợt thường kéo dài trung bình khoảng 7 ngày và các đợt mạnh thường kéo dài 9 ngày với áp suất tại vùng trung tâm cao áp Siberi có thể lên tới 1060 hPa. Các đợt tăng cường lạnh bắt đầu từ 2 vùng: một là gần tây bắc hồ Baikal và khác là bắc hồ Balkhask. Các trung tâm áp cao này di chuyển xuống phía nam và kết thúc ở phía đông và đông nam Trung Quốc. Cường độ của áp cao Siberi thay đổi theo mùa và cực đại vào tháng 1. Tuy nhiên, đợt tăng cường lạnh hoạt động mạnh nhất lại xảy ra vào tháng 10 và tháng 3.

Theo Heino và cộng sự (1999) [65], tốc độ tăng nhiệt độ trên vùng Siberia nhanh hơn so với tốc độ tăng trung bình toàn cầu. Hơn nữa, do nhiệt

độ trên lục địa tăng nhanh hơn trên đại dương nên đã gây ra sự phân bố lại trường khí áp toàn cầu. Do đó, cũng như những trung tâm ảnh hưởng khác, áp cao Siberia có thể mạnh lên hay yếu đi trong nhiều năm. Kết quả nghiên cứu này cũng được chỉ ra trong nghiên cứu của Hansen và cộng sự (2010) [65].

Theo Gong và Wang (1999) [61], trong 100 năm qua, áp cao Siberia đã mạnh lên trong những năm 60 nhưng lại yếu đi rất nhiều trong những năm 80 và đầu những năm 90. Gong và Ho (2002) [62] cũng cho rằng, cường độ tại trung tâm áp cao Siberia yếu đi rõ rệt từ những năm 70 đến những năm 90 với xu thế giảm tuyến tính là $-1,78\text{mb}/\text{thập kỷ}$ trong thời gian từ 1976-2000.

Áp cao Siberia có vai trò ảnh hưởng rất quan trọng trong mùa đông Châu Á, Bingyi Wu và Jia Wang (2002) [39] đã nghiên cứu về tác động của dao động cực Bắc (AO) và áp cao Siberia (SH) trong gió mùa mùa đông Đông Á (EAWM). Các tác giả sử dụng bộ số liệu của Trung tâm dự báo môi trường quốc gia/ trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia (NCEP / NCAR) và đã chỉ ra hệ số tương quan của chỉ số AO và chỉ số EAWM là 0.28, trong khi hệ số tương quan của chỉ số SH và chỉ số EAWM là 0.8; mối tương quan này cho thấy chỉ số SH có thể thể hiện cường độ của EAWM. Trong mùa đông: AO và SH là tương đối độc lập với nhau trong ảnh hưởng đến EAWM. SH có nhiều ảnh hưởng trực tiếp và đáng kể hơn AO tới EAWM. Tác động của SH tới nhiệt độ không khí bề mặt xảy ra chủ yếu ở phía Nam của 50°N qua Đông Á, Tây Bắc Thái Bình Dương và biển Nam Trung Quốc do AO ngăn ảnh hưởng của SH tới vĩ độ của Châu Á.

Chen và cộng sự (2002) [45], Chang và cộng sự (2006) [43] đã có những nghiên cứu và đánh giá toàn diện về gió mùa mùa đông Đông Á và chỉ ra nguồn gốc của sự xâm nhập lạnh trong thời kì mùa đông ở Việt Nam đều từ gió mùa mùa đông Đông Á. Sự xâm nhập lạnh ở đây gồm các đợt sóng lạnh, một mặt lạnh ở phía sau front tiến đến với khu vực có khí áp cao hơn, còn ở phía sau front thì có không khí ẩm hơn và hướng theo hướng đông bắc, dọc theo chiều của front. Nó có cấu trúc như một dòng Halley địa phương. Sự lan truyền theo hướng đông nam của các đợt lạnh là do các đợt sóng ngắn liên tục đi xuống khi bề mặt đệm đang chịu ảnh hưởng (hay tác động) của một đợt sóng lạnh cũ. Sóng hành tinh có vai trò quan trọng trong quá trình đưa các sóng lạnh từ áp cao Siberia xuống đến khu vực Đông Nam Á, điều đó thể hiện rất rõ khi có các đợt sóng nhỏ liên tục đi xuống.

Hansen và cộng sự (2010) [65] cũng cho rằng trên vùng Siberia, nhiệt độ đã tăng lên với tốc độ lớn hơn tốc độ tăng của nhiệt độ trung bình toàn cầu. Bingyi và Jia Wang (2002) [39] nghiên cứu về tác động của dao động cực và áp cao Siberia lên sự biến đổi của gió mùa mùa đông Đông Á và cho thấy áp cao Siberia có nhiều ảnh hưởng trực tiếp và đáng kể hơn so với dao động cực. Tác động của áp cao Siberia tới nhiệt độ không khí bề mặt xảy ra chủ yếu ở phía Nam của vĩ độ 50°N qua Đông Á, Tây Bắc Thái Bình Dương và phía Nam Trung Quốc.

Để xác định được cường độ của gió mùa mùa đông Đông Á (EAWM), Yueqing Li và Song Yang (2010) [140] đã sử dụng sự thay đổi quá trình của gió trong khu vực tầng đối lưu, ở các mực độ cao khác nhau, dùng sự thay đổi đó để miêu tả sự thay đổi của gió mùa. Khi chỉ số này cao (hoặc thấp), dòng siết gió tây trên cao sẽ mạnh (hoặc yếu), rãnh Đông Á sâu (hoặc nông), khi đó áp cao Siberia mạnh hơn (hoặc yếu hơn), và dị thường ở mực thấp các vùng phía bắc (hoặc các vùng phía nam) chiếm ưu thế hơn vùng Đông Á. Nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ vùng dưới tầng đối lưu (lower-tropospheric) khu vực Đông Á giảm (hoặc tăng) và sự gia tăng lạnh trên khu vực Đông Nam Á và Tây Nam Thái Bình Dương đang hoạt động nhiều hơn (hoặc ít hơn). Chỉ số này còn có sự khác biệt giữa các tháng khác nhau và có tương quan chặt chẽ với dao động cực Bắc (Arctic Oscillation – AO) và chỉ số nhiệt độ bề mặt nước biển vùng Nino 3.4 (SST). So với các chỉ số trước đó, chỉ số này có tính đến các yếu tố ảnh hưởng hơn và làm rõ các quá trình vật lý liên quan đến gió mùa, tăng cường diễn tả sự biến động của gió mùa và ảnh hưởng của nó đến thời tiết và khí hậu của khu vực.

Sirapong và cộng sự (2014) [117] đã nghiên cứu sự biến đổi theo không gian và thời gian của gió mùa mùa đông trên bán đảo Đông Dương dựa trên chuỗi số liệu trong các tháng 1 và 2 của giai đoạn 1979-2010. Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra mối liên hệ giữa hiện tượng gió mùa này với gió mùa Đông Á và dị thường nhiệt độ bề mặt biển ở Thái Bình Dương. Cụ thể, gió mùa mùa đông trên bán đảo Đông Dương chịu sự chi phối của hoàn lưu kinh tuyến gắn với sự tăng cường của áp cao Siberi. Sự bùng phát gió đông bắc của áp cao Siberi là điểm đáng chú ý nhất của gió mùa mùa đông Đông Á. Sự biến đổi của gió mùa Đông Á có quan hệ chặt chẽ với dị thường nhiệt độ bề mặt biển ở Thái Bình Dương.

Ngoài các nghiên cứu về sóng để xác định cường độ của gió mùa Đông Á (EAWM) thì Tae-Won Park và cộng sự (2015) [122] đã nghiên cứu về nguồn gốc động lực của chúng. Trong bài nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng hai chỉ số động năng để xác định một cách khách quan các kiểu sóng lạnh bằng cách sử dụng tiềm nhiệt (θ) đối với đỉnh tầng đối lưu tại hai hệ thống xoáy thế (2-PVU) bề mặt. Hai chỉ số được thiết lập để đại diện cho tính sơ cấp của hai loại sóng lạnh. Chỉ số truyền sóng (wavetrain index – WI) được xác định là sự thay đổi dị thường của θ trên hệ thống 2-PVU bề mặt giữa Tây Bắc Thái Bình Dương và Đông Bắc Trung Quốc, bao gồm sự xâm nhập về phía nam (hoặc bắc) của khối không khí lạnh (hoặc ấm) liên quan đến mô hình rãnh – sóng. Chỉ số chặn (blocking index – BI) được định nghĩa là sự khác biệt dị thường θ giữa vùng Bắc Cực và vùng phía đông bắc Trung Quốc, biểu thị sự thay đổi (từ dịch gốc là đảo) của khối không khí liên quan đến sự đảo ngược của gradient θ , thường thấy trong khi xảy ra chặn sự phát triển của các sóng lạnh. Các phân tích tổng hợp dựa trên WI và BI thể hiện rõ những biến động về mặt động năng của các kiểu tăng áp cao lạnh. Sự tăng sóng lạnh liên quan đến việc mở rộng phía đông nam của áp cao Siberia và gió hướng bắc gần bề mặt.

1.1.2. Các nghiên cứu đánh giá xu thế biến đổi của các hiện tượng lạnh và nóng cực trị dựa trên số liệu quan trắc hoặc tái phân tích

Bằng chứng về sự biến đổi của các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan đã được nghiên cứu khá nhiều dựa trên số liệu quan trắc lịch sử. Theo IPCC (2007a,b) [70,71], hậu quả của sự nóng lên toàn cầu là nhiệt độ không khí trung bình toàn cầu đã tăng lên, đặc biệt từ sau năm 1950. Tính trên chuỗi số liệu 1906–2005 nhiệt độ không khí trung bình toàn cầu tăng $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$. Các năm 2005 và 1998 là những năm nóng nhất kể từ 1850 đến nay. Nhiệt độ năm 1998 tăng lên được xem là do hiện tượng El Nino 1997–1998, nhưng dị thường nhiệt độ lớn nhất lại xảy ra vào năm 2005. Trong 12 năm gần đây, từ 1995–2006, có 11 năm, trừ 1996, là những năm nóng nhất kể từ 1850. Biến đổi của các cực trị nhiệt độ nhìn chung phù hợp với sự nóng lên toàn cầu. Xét trên qui mô toàn cầu, số ngày đông giá giảm đi ở hầu khắp các vùng vĩ độ trung bình, số ngày cực nóng (10% số ngày hoặc đêm nóng nhất) tăng lên và số ngày cực lạnh (10% số ngày hoặc đêm lạnh nhất) giảm đi.

Các công trình nghiên cứu tập trung phân tích xu thế biến đổi của các hiện tượng lạnh và nóng cực trị trong phạm vi quốc gia hoặc vùng lãnh thổ trong mối quan hệ với biến đổi khí hậu toàn cầu sử dụng các nguồn số liệu tương đối đa dạng. Chẳng hạn, số liệu quan trắc hàng ngày (Xu Ying và cộng sự (2009) [136], Hu và cộng sự, (2009) [68]) được phân tích về lưới điều hòa kinh-vĩ, hoặc số liệu quan trắc trên mạng lưới trạm khí tượng. Nói chung, khi nghiên cứu sự biến đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan, ngoài các nguồn số liệu địa phương được khai thác từ mạng lưới trạm quan trắc, các tập số liệu phân tích và tái phân tích về nhiệt độ mặt nước biển (SST) và các trường khí quyển thường được sử dụng.

Kattenberg và cộng sự (1996) [78] đã kết luận rằng xu thế ấm lên sẽ dẫn đến làm tăng những hiện tượng liên quan đến nhiệt độ cao trong thời kỳ mùa hè và làm giảm những hiện tượng liên quan đến nhiệt độ thấp trong những ngày mùa đông. Tuy nhiên, sự tăng lên của các cực trị nhiệt độ là khác nhau đối với từng khu vực. Bonsal và cộng sự (2001) [40] đã phân tích sự biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ cực trị ở Canada trong thời kỳ 1950-1998 và thấy rằng có sự khác biệt lớn giữa các khu vực và theo mùa. Những khác biệt theo mùa trong biến đổi của cực trị nhiệt độ cho thấy trong 105 năm (1897-2001) nhiệt độ không khí bề mặt của trạm quan trắc quốc gia Athens thể hiện xu thế tăng những năm ấm hơn trong đó thời kỳ mùa hè và mùa xuân thì ấm lên nhiều hơn so với thời kỳ mùa đông (Founda và cộng sự, 2004) [57]. Tần suất xuất hiện của những ngày nóng và những ngày lạnh cũng có xu hướng biến đổi khác nhau.

Manton và cộng sự (2001) [91] đã chỉ ra rằng có sự tăng lên đáng kể của những ngày nóng và đêm ấm và giảm đi đáng kể của những ngày lạnh và đêm lạnh kể từ năm 1961 trên khu vực Nam Á và Nam Thái Bình Dương. Tuy nhiên, những phân tích về xu thế của các hiện tượng thời tiết cực nóng hoặc cực lạnh trong thế kỷ 20 ở Hoa Kỳ lại cho thấy không có sự biến đổi đáng kể cả về tần suất hoặc cường độ (Kunkel và cộng sự (1999) [85]; Nasrallah và cộng sự (2004) [99]). Zhai và Pan (2003) [142] nghiên cứu sự biến đổi về tần suất của những hiện tượng nhiệt độ cực trị ở Trung Quốc dựa trên số liệu nhiệt độ không khí bề mặt ngày của khoảng 200 trạm quan trắc trong thời kỳ 1951-1999, kết quả cho thấy số ngày nóng (trên 35°C) có xu thế giảm nhẹ, trong khi đó số ngày sương giá (dưới 0°C) có sự giảm đáng kể. Tần

số của những ngày và đêm ấm tăng lên và tần số của những ngày và đêm mát giảm đi ở Trung Quốc.

Từ việc phân tích các chuỗi nhiệt độ ngày dài nhất có thể có ở Châu Âu và Trung Quốc, Yan và cộng sự (2002) [137] đã xác định được ba giai đoạn biến đổi của cực trị nhiệt độ, đó là: giảm những cực trị ấm trước những năm cuối của thế kỷ 19, giảm những cực trị lạnh sau đó và tăng những cực trị ấm kể từ những năm 1960. Phân tích số liệu nhiệt độ trung bình và cực trị trung bình trong ngày, Toreti và Desiato (2008) [126] đã sử dụng số liệu từ 49 trạm quan trắc ở Italia trong giai đoạn 1961-2004. Kết quả cho thấy, xu thế âm xảy ra trong thời kỳ từ 1961-1981. Ngược lại, xu thế dương xảy ra rõ rệt trong thời kỳ 1981-2004, còn biên độ nhiệt độ trung bình ngày thì tăng lên trong toàn bộ thời kỳ.

Để phân tích những biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ trung bình và cực trị ngày, Bulygina và cộng sự (2007) [42] đã sử dụng số liệu nhiệt độ ngày từ trên 530 trạm ở Nga trong thời gian từ năm 1951-2005. Nghiên cứu cho thấy, tổng số ngày trong từng mùa có nhiệt độ cực đại cao hơn phân vị thứ 95 đã tăng lên, còn số ngày có nhiệt độ cực tiểu nhỏ hơn phân vị thứ 5 đã giảm trên hầu hết các vùng của Nga. Số ngày có nhiệt độ cao dị thường cũng có xu thế giảm. Nhưng ở một số vùng riêng biệt, số ngày có biên độ dao động nhiệt độ ngày lớn lại có xu thế tăng lên.

Thomas R. Karl và cộng sự (1996) [125] đã nghiên cứu định lượng hóa sự biến đổi khí hậu ở Hoa Kỳ thông qua việc xây dựng và phân tích hai chỉ số biến đổi khí hậu, chỉ số cực đoan khí hậu (CEI - Climate Extremes Index) và chỉ số phản ứng lại khí hậu nhà kính ở Hoa kỳ (GCRI - U.S. Greenhouse Climate Response Index). Chỉ số CEI dựa trên việc kết hợp các chỉ số cực đoan khí hậu thông thường, còn chỉ số GCRI được tạo ra từ các chỉ số đo sự biến đổi của khí hậu Hoa Kỳ được dự đoán sẽ xuất hiện do sự tăng lượng phát thải khí nhà kính. Chỉ số CEI cho thấy khí hậu Hoa Kỳ trở nên cực đoan hơn trong những thập kỷ gần đây. Các tác giả cho rằng chưa đủ bằng chứng để nói rằng cường độ và độ kéo dài của các hiện tượng cực đoan không tăng lên. Nếu các tác động do các hiện tượng cực đoan tăng theo các chỉ số theo qui luật hàm mũ, thì việc cảm nhận sự tăng lên của các hiện tượng cực đoan là hoàn toàn đáng kể. Sự tăng lên của GCRI trong thế kỷ 20 là phù hợp với dấu hiệu nhận thấy của sự biến đổi các hiện tượng này do tăng hiệu ứng nhà kính.

Easterling và cộng sự (2000) [54] đã sử dụng các chuỗi số liệu quan trắc để phân tích và phát hiện những cực đoan của nhiệt độ, lượng mưa, hiện tượng hán hán, bão và xoáy thuận nhiệt đới ở các vùng khác nhau thuộc lãnh thổ Hoa Kỳ thông qua việc khảo sát các chỉ số khí hậu cực đoan. Các kết quả phân tích cho thấy số ngày nóng và đêm lạnh trong mùa đông có xu hướng gia tăng trong những thập kỷ đã qua. Zhai và Pan (2003) [142] đã nghiên cứu sự biến đổi về tần suất của những hiện tượng nhiệt độ cực trị ở Trung Quốc, dựa trên nghiên cứu của bề mặt của 200 trạm quan trắc trong thời kỳ 1951-1999, kết quả cho thấy tần số của những ngày và đêm ấm tăng lên và tần số của những ngày đêm lạnh giảm đi.

Trong các báo cáo trong AR4 của IPCC (2007a,b) [70,71] đã dành nhiều mục đề cập đến các hiện tượng thời tiết và khí hậu cực đoan, trong đó chỉ ra rằng những biến động trong các hiện tượng cực đoan dường như có liên quan đến sự biến đổi khí hậu toàn cầu. Cụ thể, tính trên chuỗi số liệu 1906 - 2005 nhiệt độ không khí trung bình toàn cầu tăng $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$. Các năm 2005 và 1998 là những năm nóng nhất kể từ 1850 đến nay. Nhiệt độ năm 1998 tăng lên là do hiện tượng El Nino 1997 - 1998, nhưng dị thường nhiệt độ lớn nhất vào năm 2005. Trong 12 năm gần đây, từ 1995 - 2006, có 11 năm, trừ 1996, là những năm nóng nhất kể từ 1850. Biến đổi của các cực trị nhiệt độ phù hợp với sự nóng lên toàn cầu. Số liệu quan trắc cho thấy số ngày đông giá giảm đi ở hầu khắp các vùng vĩ độ trung bình, số ngày cực nóng (10% số ngày hoặc đêm nóng nhất) tăng lên và số ngày cực lạnh (10% số ngày hoặc đêm lạnh nhất) giảm đi. Nhiều bằng chứng đã chứng tỏ tần suất và thời gian hoạt động của sóng nóng tăng lên ở nhiều địa phương khác nhau, nhất là thời kỳ đầu của nửa cuối thế kỷ 20. Tồn tại sự tương quan chặt chẽ giữa những ngày khô hạn và nền nhiệt độ mùa hè cao trên các vùng lục địa nhiệt đới. 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 giảm. Người ta đã quan trắc thấy những trận mưa kỷ lục hiếm thấy (1 lần trong 50 năm).

Xu thế của chuỗi số liệu nhiệt độ và lượng mưa cực trị thời kỳ 1961-1998 cho khu vực Đông Nam Á và Nam Thái Bình dương đã được Manton và cộng sự (2001) [91] phân tích, đánh giá. Việc chọn số liệu giai đoạn 38 năm này là để tối ưu hóa số liệu sẵn có giữa các vùng trong khu vực. Sử dụng số liệu chất lượng tốt từ 91 trạm của 15 nước, các tác giả đã phát

hiện được sự tăng đáng kể của số ngày nóng và đêm ấm trong năm, và sự giảm đáng kể số ngày lạnh và đêm lạnh trong năm. Những xu thế này trong chuỗi nhiệt độ cực trị là khá ổn định trong khu vực. Số ngày mưa (với ít nhất 2mm/ngày) giảm đáng kể trên toàn Đông Nam Á và tây và trung tâm Nam Thái Bình dương, nhưng tăng ở phía bắc quần đảo Polynesia thuộc Pháp ở Fiji, và ở một vài trạm thuộc Australia. Các nghiên cứu tương tự sử dụng số liệu quan trắc, hoặc số liệu phân tích (analysis data) hoặc tái phân tích (reanalysis data) để phân tích, khảo sát những biến động, xu thế biến đổi về cường độ và tần suất xuất hiện các hiện tượng cực đoan cũng được thực hiện ở nhiều nghiên cứu khác như Gerald và cộng sự (2000) [60], Pavel (1999) [105], Bin Wang và cộng sự (2001) [38], ...

Mearns và Fu (2001) [95] đã tính toán sự phân bố nhiệt độ, trong đó có tính đến sự phân bố về tần suất xuất hiện các hiện tượng thời tiết dị thường, sự phân bố tần suất xuất hiện các sự kiện hiếm, qua đó tác giả đã cho thấy: nếu có một sự thay đổi về cơ bản về hình dạng hoặc vị trí của hàm phân bố thì sẽ làm tăng các hiện tượng cực đoan và giảm các hiện tượng khác. Điều này đặc biệt quan trọng để nhận thấy rằng tần suất biến đổi của các hiện tượng cực đoan không tuyến tính với sự thay đổi trung bình của hàm phân bố. Các kết quả tương tự cũng đã được chỉ ra trước trong nghiên cứu của Katz và Brown (1992), đó là một sự thay đổi giá trị của hàm phân bố cũng sẽ làm ảnh hưởng đến tần suất các hiện tượng cực đoan hơn là biến đổi trung bình. Gruza và cộng sự (1999) đã chỉ ra sự gia tăng đáng kể trong các ngày có nhiệt độ cực đoan ở dọc nước Nga sử dụng số liệu từ năm 1961-1990. Frich và cộng sự (2001) đã phân tích số liệu nửa cuối thế kỷ 20 dọc bắc bán cầu ở các vĩ độ vừa và cao và cũng đã tìm ra sự gia tăng đáng kể (5 đến >15%) về độ dài mùa sinh trưởng ở nhiều vùng. Heino và cộng sự (1999) cũng tìm ra có sự giảm đi số ngày rét đậm (số ngày có nhiệt độ cực tiểu nhỏ hơn hoặc bằng 0°C) ở bắc và trung tâm châu Âu. Easterling và cộng sự (2000) [54] cũng tìm ra có sự giảm đáng kể các ngày có nhiệt độ dưới điểm băng trên khắp trung tâm nước Mỹ (khoảng 7 ngày trong năm).

Ở Canada, Bonsal và cộng sự (2001) [40] cũng tìm ra ít hơn số ngày có nhiệt độ dưới cực đoan trong suốt mùa đông, mùa xuân, mùa hè và nhiều hơn số ngày có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ cực đoan trong suốt mùa đông và mùa xuân. Điều này dẫn đến có sự gia tăng đáng kể thời kỳ băng giá. Plummer và

cộng sự (1999) [109]; Collins và cộng sự (2000) cũng tìm ra sự giảm các ngày có nhiệt độ điểm băng. Thêm vào đó, trong khi có sự gia tăng về tần suất của các ngày ấm, sự giảm đi số đêm lạnh cũng mạnh hơn đã được quan trắc. Frich và các cộng sự (2001) [58] chỉ ra sự giảm số ngày có tuyết dọc khắp quy mô toàn cầu. Nghiên cứu này cũng đã thống kê được sự giảm đi đáng kể của nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu giữa các mùa khác nhau trong nửa sau thế kỷ 20.

Ở Trung Quốc có sự tăng mạnh nhiệt độ cực tiểu và giảm một ngày nhiệt độ cực đại (Zhai và Pan (2003) [142]) từ năm 1950. Wang và Gaffen (2001) trong thời kỳ tương tự cũng tìm ra sự gia tăng các ngày nóng ở Trung Quốc. Các ngày nóng được xác định như những ngày có sự phân bố thống kê lớn hơn phân vị 85 trong suốt tháng 7 và tháng 8. Số lượng các ngày lạnh cực đoan đã được chỉ ra cũng giảm đi ở Trung Quốc (Zhai và Pan (2003) [142]). Manton và các cộng sự (2001) [91] cũng chỉ ra sự gia tăng các ngày nóng và đêm lạnh, sự giảm các ngày mát và đêm lạnh từ năm 1996 dọc phía nam châu Á và khu vực nam Thái Bình Dương. Jones và cộng sự (1999) [76] cũng đã phân tích độ dài 230 ngày trong năm ở trung tâm nước Anh và cũng đã tìm thấy sự gia tăng nhiệt độ ở trung tâm nước Anh tương ứng với sự tăng/giảm tần số nhiệt độ trên/dưới nhiệt độ trung bình.

Nói chung, đã có rất nhiều nghiên cứu về sự biến đổi của các hiện tượng nóng và lạnh cực trị dưới tác động của BĐKH được thực hiện trên thế giới như của Vincent và cộng sự (2005) cho khu vực Nam Mỹ, Aguliar và cộng sự (2005) cho khu vực Trung Mỹ và phía Bắc của Nam Mỹ, Peterson và cộng sự (2002) cho khu vực Caribbean, Kunkel và cộng sự (2004), Vincent và Mekis (2006) cho khu vực Bắc Mỹ, Groisman và cộng sự (2003) cho khu vực Bắc Cực, Easterling và cộng sự (2003) [54] cho khu vực Bắc và Trung Nam Phi, New và cộng sự (2006) cho khu vực phía nam và tây của Nam Phi, Zang và cộng sự (2005) cho Trung Đông, Kiktev và cộng sự (2003) [79] cho khu vực phía Tây Châu Âu và phía đông Châu Á, Griffiths và cộng sự (2005) cho khu vực Australia và phía Nam Châu Á, Zhai và Pan (2003) [142] cho lục địa Trung Quốc, và Klein Tank và cộng sự (2006) cho khu vực trung và phía nam của Đông Nam Á. Các nghiên cứu nói trên đề chỉ ra xu thế biến đổi của các hiện tượng cực đoan có liên quan đến nhiệt độ như số ngày nóng, đêm lạnh. Xu thế biến đổi này có quan hệ chặt chẽ với hiện tượng ấm lên toàn

cầu. Xu thế biến đổi các cực trị nhiệt độ ban ngày và nửa đêm là không đồng nhất với nhau. Ví dụ, tại khu vực Trung và Nam của Châu Mỹ, nhiệt độ cực đại và cực tiểu ngày đều có xu hướng tăng lên. Xu hướng này cũng được tìm thấy tại một số khu vực khác. Tại khu vực Australia và Đông Nam Á, phân bố nhiệt độ cực đại và cực tiểu ngày có thay đổi đáng kể so với trung bình nhưng không đáng kể so với độ lệch chuẩn. Tuy nhiên, xu thế này chỉ đúng khi xem xét cho các vùng không phải là đô thị. Tại các vùng đô thị, thì sự thay đổi so với độ lệch chuẩn là đáng kể, nhận định này đặc biệt đúng khi xem xét nhiệt độ tối thấp ngày.

1.1.3. Các nghiên cứu dự tính xu thế biến đổi các hiện tượng khí hậu và thời tiết cực đoan dưới tác động của BĐKH dựa trên phương pháp thống kê và mô hình động lực

Bên cạnh việc nghiên cứu các hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) thông qua các chuỗi số liệu quan trắc hoặc số liệu tái phân tích, hiện nay một trong những hướng nghiên cứu được phát triển mạnh là ứng dụng các mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực để mô phỏng khí hậu quá khứ, qua đó đánh giá khả năng nắm bắt các ECE của các mô hình. Việc đánh giá được khả năng nắm bắt các ECE của các mô hình khí hậu toàn cầu hay khu vực sẽ cho phép ứng dụng được các kết quả mô phỏng và dự tính đối với các ECE từ các lớp mô hình này.

Kiktev và cộng sự (2003) [79] sử dụng mô hình HadAM3 với điều kiện biên dưới và trên được cho trước trong thời kỳ 1950 đến 1995 và kết hợp với các chỉ số khí hậu cực đoan được đề xuất bởi Frich và cộng sự (2002) [58] để đã đánh giá kết quả mô phỏng ECE. Các tác giả chỉ ra việc sử dụng điều kiện biên bức xạ đã tái tạo lại được những thay đổi trong các cực trị nhiệt độ trên quy mô lớn, cụ thể là khi sử dụng điều kiện biên bức xạ, kết quả cho thấy số ngày sương giá tại miền Nam nước Úc được mô phỏng gần đúng với quan trắc và số đêm ấm trên toàn bộ vùng Âu-Á không được mô phỏng tốt do không sử dụng điều kiện biên bức xạ.

Huth (2004) [69] đã sử dụng mô hình khí hậu khu vực để ước tính sự thay đổi trong tương lai và sự biến đổi các chỉ số nhiệt độ như nhiệt độ tối cao ngày cực đại (TXx), nhiệt độ tối cao ngày cực tiểu (TXn), nhiệt độ tối thấp ngày cực đại (TNx) và nhiệt độ tối thấp ngày cực tiểu (TNn), tần suất của các thời kỳ nóng và lạnh cũng như phân vị cơ bản của các chỉ số nhiệt độ cực

đoạn nói trên. Kết quả cho các xu hướng của các chỉ số nhiệt độ là như nhau. Kharin và cộng sự (2005) [83] đã sử dụng 15 mô hình GCM để đánh giá kỹ năng mô phỏng trường nhiệt độ và các ECEs. Kết quả đưa ra các GCM mô phỏng tốt cho các cực trị về nhiệt.

Với cách tiếp cận sử dụng hệ các mô hình GCM để mô phỏng ECEs, Vavrus và cộng sự (2006) [129] đánh giá kỹ năng mô phỏng hiện tượng đột biến của không khí lạnh. Tiêu chí được đưa ra xác định là vào thời kỳ mùa đông, xảy ra ít nhất hai ngày liên tiếp có nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn hai lần so với độ lệch chuẩn của nhiệt độ trung bình ngày. Kết quả chỉ ra, các mô hình đã tái tạo rất tốt hiện tượng này cả về vị trí lẫn cường độ.

Jones và cộng sự (2004) [76] sử dụng mô hình PRECIS để mô phỏng khí hậu trong các thời kỳ cơ bản, và sau đó phân tích các biến đổi về các cực trị trong tương lai với độ phân giải là $0,44^0$ (tương ứng với 50km) với miền bao phủ phía Nam châu Á từ 5-50 và phía Bắc từ 55-100 độ vĩ. Các chỉ số quan trắc được tính toán dựa vào dữ liệu ngày trong suốt thời kỳ 1961-1990 trong 17 trạm ở Pakistan. Sự biến đổi tương lai nhiệt độ cực đoạn hạn dài (TXx, TXn, TNx và TNn) được đánh giá bởi sự biến đổi phân vị của các chỉ số TN10p, TX10p, TX90p và TN90p. Sự ấm lên của nhiệt độ trung bình trong tương lai nhận được từ các chỉ số nhiệt độ cực đoạn. Giá trị (Txx) tăng lên đến 8^0C trên hầu hết lãnh thổ Pakistan trong khi TNn tăng lên 5^0C . Khi ước tính cường độ của các điều kiện nhiệt độ cực đoạn trong mùa hè và mùa đông, các phân vị cơ bản (phân vị 90^{th} và phân vị 10^{th}) biến đổi nhiệt độ ngày tương ứng với cả hai mùa trong thời kỳ 30 năm được phân tích. Kết quả tính toán cho thấy sự biến đổi phân vị 90^{th} của nhiệt độ cực đại trong mùa đông là lớn hơn mùa hè trong khi một số trường hợp phân vị 10^{th} của nhiệt độ cực đại biến đổi lớn hơn trong mùa hè. Sự biến đổi trong các ngưỡng thấp hơn của nhiệt độ cực tiểu (phân vị 10^{th}) là cao hơn trong mùa đông đặc biệt là trên các vùng phía Tây Nam của Pakistan chỉ ra ngày nhiệt độ cực tiểu trở lên ấm hơn. Với giá trị cực tiểu, ngưỡng trên của nhiệt độ chỉ ra sự biến đổi cao hơn trên các khu vực phía bắc của Pakistan.

Khác với cách tiếp cận sử dụng các mô hình khí hậu toàn cầu hoặc khu vực, cách tiếp cận thông kê là một công cụ được ứng dụng khá phổ biến. Trước khi các mô hình khí hậu khu vực được ứng dụng rộng rãi, phương pháp thống kê đã được sử dụng để xây dựng các mô hình dự báo mùa. Một cách

tiếp cận khác hiện đang được ứng dụng rộng rãi là kỹ thuật “hạ thấp qui mô” thống kê (statistical downscaling), trong đó các biến đầu vào của mô hình thống kê là các trường dự báo toàn cầu của mô hình động lực. Đây là cách tiếp cận “rẻ tiền” nhất, phù hợp với các nước nghèo mà điều kiện trang thiết bị tính toán hạn chế, và trong nhiều trường hợp nó cũng đã mang lại hiệu quả đáng kể. Cho đến nay, đã có nhiều nghiên cứu sử dụng phương pháp hạ thấp qui mô để tính toán các ECE như Dan và cộng sự (2006) [51], Déqué và Braun (2005) [52], Duffy và cộng sự (2006) [53], Martin và cộng sự (2007) [92], May và Christensen (2005) [94], ...

1.1.4. Các nghiên cứu về các hiện tượng lạnh và nóng cực trị trong mùa đông

Theo Kunkel và cộng sự (1999) [85], các hiện tượng lạnh cực trị (cold extreme events) đem khối không khí từ vùng vĩ độ cao xâm nhập vào vùng vĩ độ trung bình và vĩ độ thấp, gây ra nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan và có tác động tiêu cực tới các hoạt động kinh tế - xã hội và con người. Do đó, việc hiểu được cơ chế hoạt động của các hiện tượng lạnh cực trị là rất quan trọng, nhất là trong mối liên hệ với hiện tượng ấm lên toàn cầu cũng như sự biến đổi của hiện tượng này trong tương lai. Đã có rất nhiều nghiên cứu về các hiện tượng lạnh cực trị trong mùa đông được thực hiện trên thế giới, đặc biệt là cho khu vực Đông Á. Trong đó, có hai khái niệm đã được đề xuất gồm “*ngày lạnh*” (cold day) và “*đợt lạnh*” (cold surge). Khái niệm ngày lạnh được đề xuất trong nghiên cứu của Trenberth và cộng sự (2007) [128] trong đó được định nghĩa là ngày có dị thường nhiệt độ tối thấp ngày đạt cực trị. Trong khi đó, khái niệm đợt lạnh được đề xuất trong nghiên cứu của Boyle và Chen (1987) [41] trong đó dựa trên mức độ giảm nhiệt độ đột ngột trong vài ngày liên tiếp. Nói chung, khái niệm ngày lạnh thường gắn với giá trị nhiệt độ trung bình trong khi đợt lạnh gắn với sự biến đổi của nhiệt độ theo ngày. Do vậy, sự ấm lên toàn cầu có thể có quan hệ đồng pha với sự thay đổi của số ngày lạnh nhưng chưa chắc đã đồng pha với số đợt lạnh.

Trenberth và cộng sự (2007) [128] đã cho thấy trong bối cảnh nhiệt độ toàn cầu tăng lên, khuynh hướng ấm lên ở khu vực Đông Á là rất lớn. Nhiệt độ trung bình có khuynh hướng tăng lên và hàm phân bố dịch chuyển về phía nhiệt độ cao hơn, dẫn đến các cực trị nhiệt độ thấp cũng tăng lên. Kết quả này dẫn đến số ngày lạnh giảm đi như đã được chỉ ra trong nghiên cứu của

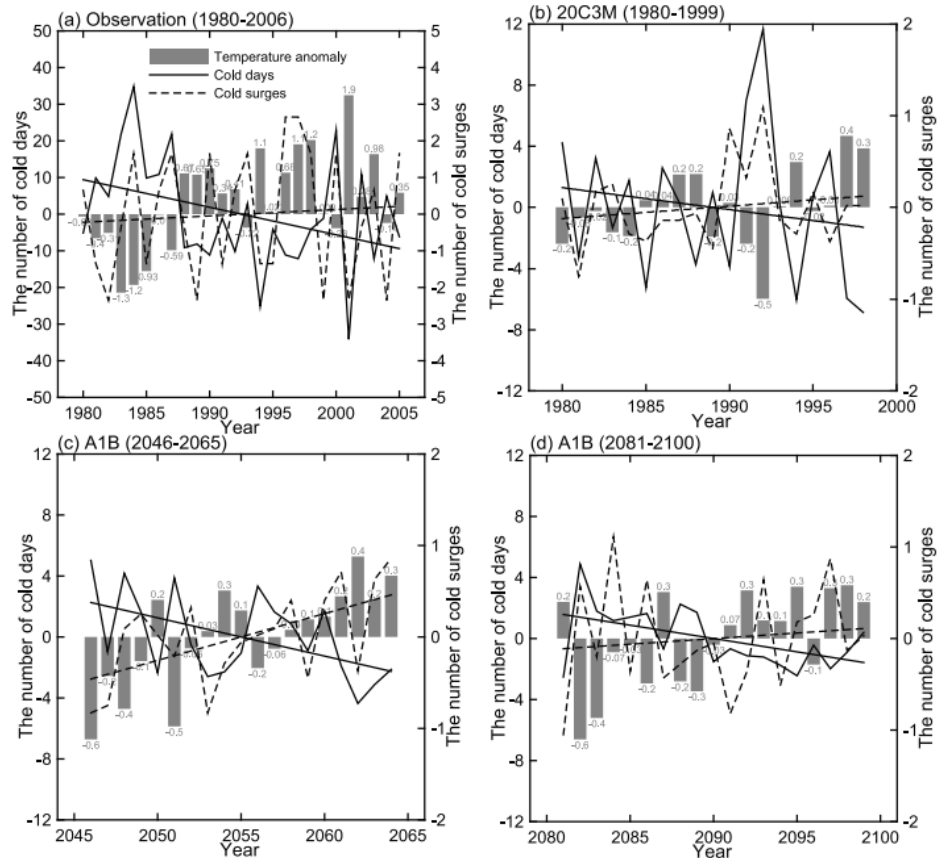
Alexander và cộng sự (2006) [32]. Sự giảm về số lượng ngày lạnh ở khu vực Đông Á cũng được chỉ ra trong các nghiên cứu của Zhai và Pan (2003) [142], Gong và Ho (2004) [63], Choi và cộng sự (2009) [47]. Walsh và cộng sự (2001) [133] đã nghiên cứu và cho thấy không có xu thế rõ ràng nào được tìm thấy trong sự biến đổi của số đợt lạnh cực trị ở Châu Âu và Mỹ mặc dù nhiệt độ toàn cầu đang có xu hướng tăng lên. Cho đến nay, có rất nhiều nghiên cứu về đặc trưng của đợt lạnh cực trị (Takaya và Nakarama (2005) [123], Jeong và cộng sự (2006) [75] và quan hệ của chúng với hoàn lưu quy mô lớn (Jeong và Ho (2005) [74], Park và cộng sự (2011a) [102]) ở khu vực Đông Á. Tuy nhiên, lại có rất ít nghiên cứu về xu thế biến đổi của các hiện tượng này cũng như ảnh hưởng của ấm lên toàn cầu tới xu thế biến đổi của đợt lạnh cực trị.

Khái niệm về đợt lạnh cực trị ở khu vực Đông Á cũng được một số tác giả đề xuất điều chỉnh và đưa thêm yếu tố cường độ của áp cao lạnh Seberian (Zhang và cộng sự (1997a) [144], Jeong và Ho (2005) [74], Park và cộng sự (2011a) [102]). Cụ thể, ngoài yếu tố giảm nhiệt độ đột ngột, các tác giả đưa thêm yếu tố giảm áp suất bề mặt đột ngột do sự khuếch tán của áp cao lạnh Seberian. Các tác giả này cho rằng, trong thời gian xảy ra các đợt lạnh cực trị, sự tăng lên của áp suất bề mặt làm tăng cường gió bắc, qua đó làm tăng hoạt động của bình lưu ở đỉnh phía đông của áp cao lạnh Seberian (Compo và cộng sự (1999) [49]. Khối không khí lạnh sẽ được gió bắc chủ đạo mang từ khu vực lục địa đến khu vực Đông Á, tạo ra cảm giác lạnh hơn do gió (nhiệt độ cảm nhận) mặc dù thực tế nhiệt độ không khí có thể không thay đổi. Vì vậy, đợt lạnh sẽ tạo ra nhiệt độ cảm nhận thấp hơn so với nhiệt độ cảm nhận trong các ngày lạnh. Nếu đợt lạnh xảy ra cùng thời điểm với ngày lạnh, thì sự kết hợp của hai hiện tượng này sẽ có ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động KT-XH và cuộc sống của con người như đã được chỉ ra trong các nghiên cứu của Park và cộng sự (2008, 2010) [100,101]. Điều này cho thấy sự cần thiết phải nghiên cứu tác động của ấm lên toàn cầu tới các hiện tượng lạnh bất thường.

Park và cộng sự (2011b) [103] đã nghiên cứu các đặc trưng về tần suất hoạt động của số ngày lạnh và đợt lạnh cực trị trên khu vực Đông Á dựa trên chuỗi số liệu quan trắc của 116 trạm quan trắc của Trung Quốc và Hàn Quốc trong giai đoạn 1980-2006 (26 mùa đông). Đồng thời, cũng thực hiện dự tính biến đổi của các hiện tượng này cho giai đoạn giữa thế kỷ 21 (2046-2065) và cuối thế kỷ 21 (2081-2100) dựa trên kết quả mô phỏng theo kịch bản A1B của

13 mô hình hoàn lưu chung khí quyển lồng ghép với mô hình đại dương (CGCM). Để hạn chế ảnh hưởng của các hiệu ứng địa phương tới sự giảm nhiệt đột ngột như hiệu ứng làm lạnh bức xạ, quan trắc nhiệt độ tại 116 trạm quan trắc được chia vào trong các ô lưới $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ cho khu vực Đông Á (105°E - 130°E , 20°N - 50°N) và thực hiện lấy trung bình trong toàn ô lưới. Trong nghiên cứu này, khái niệm “ngày lạnh cực trị” được định nghĩa dựa trên sự chênh lệch giữa dị thường nhiệt độ trung bình ngày với giá trị trung bình của giai đoạn 1980-2006. Cụ thể, nếu dị thường nhiệt độ trung bình ngày tại một nút lưới và 4 điểm nút lưới xung quanh nhỏ hơn -1.5σ (trong đó σ là độ lệch chuẩn của nhiệt độ ngày được tính dựa trên chuỗi số liệu của 26 mùa đông từ 1980-2006 với mùa đông được định nghĩa là từ tháng 11 đến hết tháng 3 năm sau) thì ngày đó được xác định thỏa mãn điều kiện ngày lạnh cực trị. Ví dụ, nếu $\sigma = 2^{\circ}\text{C}$ tại nút lưới nào đó, thì nếu tất cả các nút lưới xung quanh và nút lưới đang xét có dị thường nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn -3°C thì sẽ xác định xảy ra hiện tượng ngày lạnh cực trị. Khác với ngày lạnh bất thường, đợt lạnh bất thường được Park và cộng sự (2011b) [103] xác định dựa trên hai tiêu chí gồm: hoạt động mạnh của áp cao lạnh Seberian và giảm nhiệt độ đột ngột. Ngày hoạt động mạnh của áp cao lạnh Seberian được xác định khi độ lớn của áp suất bề mặt tại tâm áp cao trên khu vực phía nam Seberian (là khu vực nằm trong vùng địa lý từ 90°E - 115°E , 35°N - 55°N đạt tới giá trị 1035hPa (theo Zhang và cộng sự (1997a) [144]). Tâm của áp cao trên khu vực phía nam Seberian được xác định là nút lưới có giá trị áp suất bề mặt lớn nhất so với 8 điểm lưới xung quanh (theo Zhang và Wang (1997) [143]). Trong những ngày xảy ra hoạt động mạnh của áp cao lạnh Seberian, một đợt lạnh cực trị được xác định xảy ra khi giá trị nhiệt độ bề mặt giảm đột ngột 1.5σ trong ít nhất một hoặc hai ngày liên tiếp trở lên. Quy trình xác định đợt lạnh cực trị này của Park và cộng sự (2011a) [102]. Đối với số liệu mô phỏng và dự tính từ mô hình, quá trình xác định được thực hiện trên lưới mô hình thay vì trên lưới $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ như cho số liệu quan trắc. Chỉ tiêu xác định cho số liệu mô phỏng và dự tính theo kịch bản A1B của 13 mô hình CGCM là tương tự như số liệu quan trắc chỉ khác là giá trị trung bình và σ được tính cho giai đoạn 1980-1999 (giai đoạn mô phỏng). Định nghĩa về ngày lạnh cực trị trong nghiên cứu của Park và cộng sự (2011b) [103] là có khác biệt chút ít so với đề xuất của Vavrus và cộng sự (2006) [129], trong khi định nghĩa về đợt lạnh cực trị là tương tự như của Zhang và cộng sự (1997a) [144].

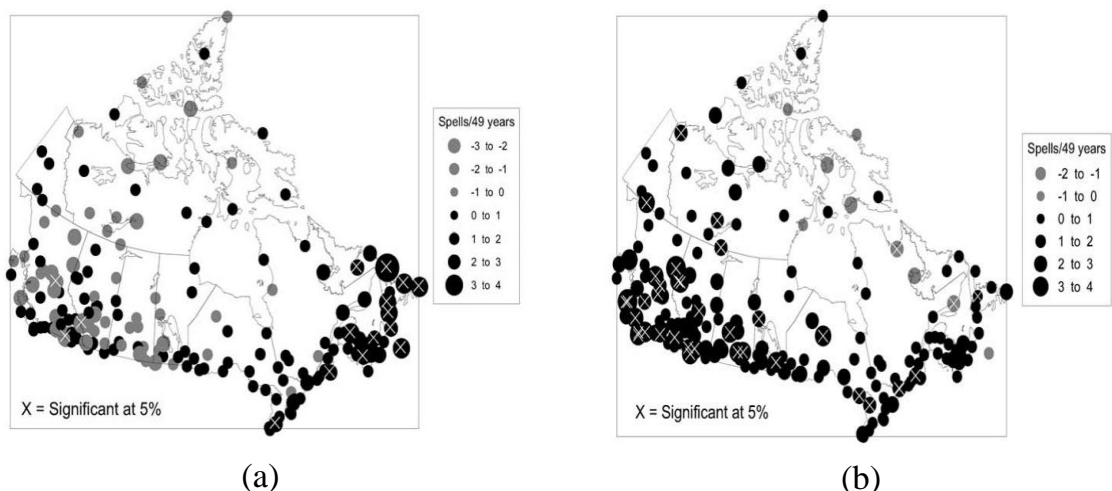
Khi phân tích các bản đồ phân bố dị thường nhiệt độ và khí áp bề mặt, Park và cộng sự (2011a) [102] đã nhận định hoàn lưu khí quyển khi xảy ra các ngày lạnh ở khu vực Đông Á được đặc trưng bởi đặc tính hai cực: một áp cao ở phía trên lục địa Đông Á và một áp thấp ở phía trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương trong đó áp cao có cường độ mạnh hơn nhiều so với áp thấp. Vùng áp cao được hình thành do sự hoạt động mạnh lên và mở rộng ra phía Đông của áp cao Seberian. Tuy nhiên, khi xem xét các ngày xảy ra đợt lạnh cực trị, đặc tính hai cực không tồn tại mà thay vào đó là đặc tính chuỗi sóng: hai vùng áp cao ở trên khu vực hồ Baikal và Bắc Thái Bình Dương và một vùng áp thấp xen giữa nằm trên khu vực Hàn Quốc-Nhật Bản. Đặc biệt, khu vực xảy ra đợt lạnh cực trị thường nhỏ hơn so với ngày lạnh, ngay cả khi có sự xảy ra đồng thời của hai hiện tượng này.



Hình 1.1. Xu thế biến đổi của dị thường nhiệt độ trung bình mùa đông (dạng biểu đồ thanh), số ngày lạnh cực trị (đường liền nét), số đợt lạnh cực trị (đường đứt) được quan trắc (a) cho giai đoạn 1980-2006, mô phỏng cho giai đoạn 1980-1999 (b), dự tính cho giữa thế kỷ 21 (c) và cuối thế kỷ 21 (d). Giá trị mô phỏng và dự tính là giá trị trung bình tổ hợp của 13 mô hình CGCM (theo Park và cộng sự (2011a) [102])

Một kết quả khá quan trọng cũng được chỉ ra đó là trước khi xảy ra đợt lạnh cực trị, thường có một dị thường âm diện rộng xảy ra từ khu vực Nam Trung Quốc đến Nhật Bản. Khi xem xét xu thế biến đổi trong quá khứ, Park và cộng sự (2011a) [102] nhận thấy một xu thế giảm rõ rệt của số ngày lạnh trong giai đoạn 1980-2006 với mức đảm bảo độ tin cậy thống kê đến 99%. Trong khi đó, số đợt lạnh cực trị có xu thế tăng nhẹ nhưng không thỏa mãn được độ tin cậy thống kê (xem hình 1.1). Số đợt lạnh cực trị thay đổi chỉ vào khoảng 0.174 đợt/10 năm trong giai đoạn 1980-2006. Kết quả dự tính theo kịch bản A1B cho thấy có sự thay đổi lớn về số ngày và đợt lạnh cực trị ở giai đoạn giữa thế kỷ 21 và ít thay đổi, thậm chí tiếp cận tới giá trị cực tiểu ở giai đoạn cuối thế kỷ 21. Theo Park và cộng sự (2011a) [102], nguyên nhân là do bản chất của kịch bản A1B vì sau năm 2050 là giai đoạn giảm phát thải nhiên liệu hóa thạch.

Klein Tank và cộng sự (2002) [82] đã nghiên cứu sự biến động về độ dài của các đợt nóng trong mùa đông trong giai đoạn 1976-1999 cho khu vực VI của WMO (gồm Châu Âu và Trung Đông) và nhận thấy nhiệt độ mùa đông trong chu kỳ nghiên cứu đang tăng với tốc độ trung bình $0.47^{\circ}\text{C}/10$ năm, qua đó làm tăng độ dài của các đợt nóng trong mùa đông (trung bình dài thêm 3 ngày trong 10 năm). Perkins và cộng sự (2012) [107] cũng chỉ ra xu thế tăng của các đợt nóng trong mùa đông trên quy mô toàn cầu cả về mức độ kéo dài và cường độ.



Hình 1.2. Khuynh hướng tần suất xuất hiện của số đợt lạnh (a) và nóng (b) cực trị trong giai đoạn 1950-1998 (đơn vị tính: số đợt/49 năm. Những trạm đảm bảo mức thống kê 5% trong khuynh hướng được đánh dấu X (theo Shabbar và Bonsal (2003) [115])

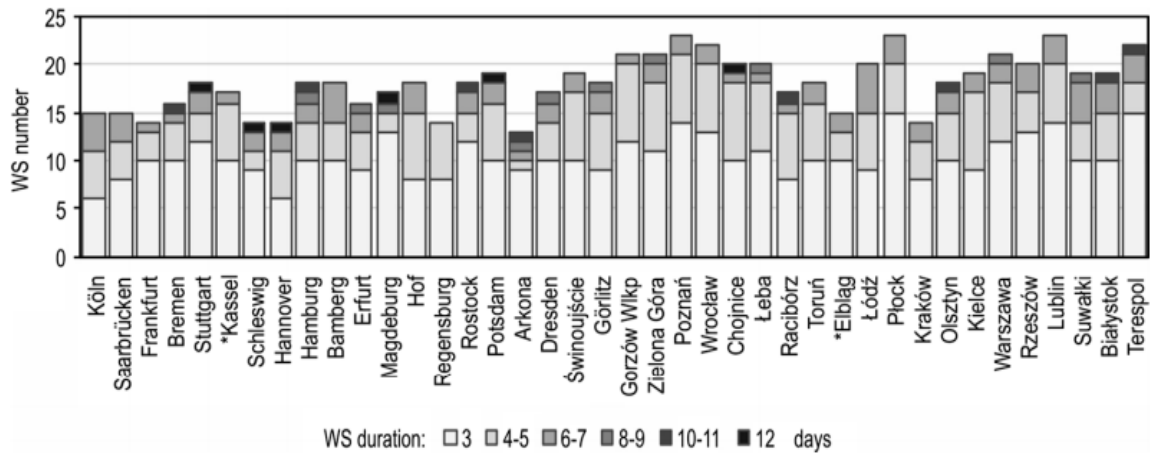
Shabbar và Bonsal (2003) [115] đã thực hiện đánh giá xu hướng thay đổi của các đợt lạnh và nóng cực trị trong mùa đông trên khu vực Canada dựa trên chuỗi số liệu nhiệt độ tối thấp và tối cao ngày của 210 trạm quan trắc trong giai đoạn 1950-1998. Quá trình đánh giá mức độ biến đổi được thực hiện cho tần suất xuất hiện, thời gian kéo dài và cường độ. Để xác định đợt lạnh cực trị, giá trị phân vị 20 của nhiệt độ tối thấp ngày được sử dụng. Đối với đợt nóng cực trị, giá trị phân vị 80 của nhiệt độ tối cao ngày được sử dụng. Một đợt lạnh cực trị là một đợt lạnh có nhiệt độ tối thấp ngày nhỏ hơn phân vị 20 và thỏa mãn trong 3 ngày liên tiếp. Cách thức tương tự cũng được áp dụng khi xác định các đợt nóng cực trị trong mùa đông. Kết quả đánh giá cho thấy số đợt lạnh có khuynh hướng giảm và giảm mạnh nhất ở khu vực phía Tây Canada (xem hình 1.2a). Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả nhận được về xu thế tăng lên của nhiệt độ tối thấp ngày ở khu vực Tây Canada trong nghiên cứu của Bonsal và cộng sự (2001) [40]. Tuy nhiên, phần lớn khu vực phía Đông của Canada có xu hướng tăng nhẹ trong giai đoạn này, đặc biệt là dọc theo bờ biển phía Đông. Tốc độ tăng vào khoảng 2 đợt/49 năm. Ở khu vực miền trung Canada, sự thể tăng nhẹ cũng được tìm thấy. Trái ngược với đợt lạnh, số đợt nóng trong mùa đông có xu thế tăng ở hầu hết các khu vực nghiên cứu (xem hình 1.2b). Về thời gian kéo dài, các đợt lạnh có xu hướng xảy ra ngắn hơn ở khu vực phía Tây và dài hơn ở khu vực phía Đông Canada. Đối với đợt nóng, xu hướng chung là các đợt nóng xảy ra sẽ dài hơn.

Beniston (2005) [35] đã nghiên cứu các đặc trưng sóng nhiệt xảy ra vào mùa đông trên khu vực vùng núi cao (trên 2500m so với mực nước biển) của Thụy Sĩ. Kết quả nghiên cứu cho thấy các dị thường nhiệt độ dương thường xuyên xảy ra vào các tháng mùa đông và gây ra các đợt nóng bất thường. Các đợt nóng trong mùa đông về bản chất khác hoàn toàn với các đợt nắng nóng xảy ra vào mùa hè. Các đợt nóng vào mùa đông có thể làm tăng nhiệt độ tối cao ngày lên tới 16⁰C và hiện tượng này tiếp tục có xu hướng gia tăng từ năm 1960 của thế kỷ trước. Theo Beniston (2005) [35], hiện tượng này có quan hệ mật thiết với dao động Bắc Đại Tây Dương và có ảnh hưởng trực tiếp tới độ phủ tuyết trên dãy núi Alpine. Kết quả dự tính cho giai đoạn 2071-2100 cũng cho thấy xu hướng gia tăng khoảng 30% của các đợt nóng trong mùa đông.

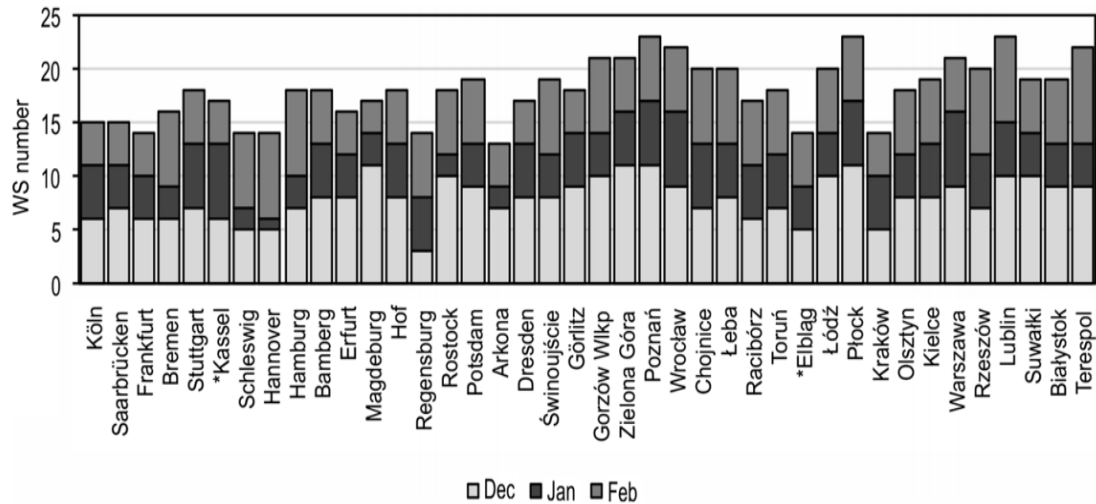
Wibig (2007) [135] đã nghiên cứu mối liên hệ giữa các đợt nóng xảy ra vào các tháng chính đông ở khu vực miền trung Ba Lan tới các chỉ số hoàn lưu quy mô lớn. Kết quả nghiên cứu cho thấy các dị thường nhiệt độ dương có quan hệ cùng pha với chỉ số hoàn lưu vĩ hướng cũng như các chỉ số dao động Bắc và Đông Đại Tây Dương. Tuy nhiên, chỉ 25% trong số này có quan hệ chặt với sự xảy ra các đợt nóng trong các tháng chính đông. Wibig (2007) [135] đã tiến hành phân tích các hình thế thời tiết và nhận thấy có sự chi phối của bình lưu không khí ấm từ Đại Tây Dương, hệ thống áp cao Nam Châu Âu và một vùng thấp ở Bắc Châu Âu.

Arkadiusz và cộng sự (2019) [34] đã nghiên cứu các đặc trưng biến đổi theo không gian và thời gian của đợt nóng (warm spell) trong mùa đông trên khu vực Châu Âu từ mùa đông 1966/1967 đến mùa đông 2015/2016 (mùa đông được xác định từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau) cũng như xác định các điều kiện hoàn lưu khí quyển chi phối sự hình thành và hoạt động của hiện tượng này. Số liệu quan trắc nhiệt độ tối cao ngày ở 40 trạm quan trắc khí tượng bề mặt trên lãnh thổ Đức và Ba Lan được sử dụng. Một đợt nóng được định nghĩa là một đợt có 3 ngày liên tiếp thỏa mãn điều kiện ngày ấm (warm day). Ngày ấm là ngày có nhiệt độ tối cao ngày lớn hơn giá trị phân vị 95 được tính toán từ chuỗi số liệu quan trắc từ 1966-2016. Giá trị phân vị 95 được tính toán cho từng ngày sử dụng bộ số liệu 15 ngày với ngày đang xét ở chính giữa (Perkin và Alexander (2013) [108]). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy do nhiệt độ không khí tăng lên vào mùa đông ở Châu Âu nên số lượng các đợt nóng trong mùa đông cũng tăng theo với mức độ tăng trung bình 3-5 đợt/10 năm (xem hình 1.3). Các đợt nắng cực trị nhất xảy ra vào các mùa đông 1989/1990, 2006/2007 và 2015/2016.

Arkadiusz và cộng sự (2019) [34] cho rằng sự hình thành các đợt nóng có quan hệ mật thiết với dị thường dương của trường độ cao địa thế vị trên khu vực nghiên cứu trong toàn bộ tầng đối lưu. Dị thường độ cao địa thế vị cực đại xuất hiện ở mực 250mb và phát triển liên tục trong 9 ngày trước khi xảy ra đợt nóng trên khu vực nghiên cứu. Khi xem xét theo tháng, Arkadiusz và cộng sự (2019) [34] nhận thấy phần lớn các đợt nóng xảy ra trong tháng 12 và tháng 2, tháng có số đợt nóng ít nhất là tháng 1 (xem hình 1.4). Sự thay đổi số đợt nóng xảy ra trong các tháng cũng thay đổi tùy theo từng trạm quan trắc và cũng có sự khác biệt tương đối lớn khi so sánh các trạm với nhau.



Hình 1.3. Số đợt nóng (trục tung) theo số ngày xảy ra trong mùa đông (tháng 12 đến tháng 2 năm sau) trong giai đoạn 1966/1967 đến 2015/2016. Những trạm có dấu * là chỉ có số liệu đến mùa đông 2012/2013 (theo Arkadiusz và cộng sự (2019) [34])



Hình 1.4. Tổng số đợt nóng (trục tung) xảy ra theo các tháng trong mùa đông trong giai đoạn 1966/1967 đến 2015/2016. Những trạm có dấu * là chỉ có số liệu đến mùa đông 2012/2013 (theo Arkadiusz và cộng sự (2019) [34])

1.1.5. Nghiên cứu về tác động của hiện tượng lạnh và nóng cực trị tới sức khỏe cộng đồng và các lĩnh vực kinh tế - xã hội

Một trong những hiện tượng nhiệt độ cực trị có tác động lớn tới sức khỏe và các hoạt động kinh tế - xã hội (KT-XH) chính là việc xảy ra các đợt lạnh và nóng cực trị (ví dụ như những ngày liên tiếp xảy ra nhiệt độ rất thấp hoặc rất cao) (Shabbar và Bonsal (2003) [115]). Trên khu vực Canada, các hiện tượng lạnh cực trị trong mùa đông thường xảy ra trong thời gian dài và được xác định là thiên tai có ảnh hưởng lớn tới đời sống con người (tính mạng và sức khỏe) cũng như tới các hoạt động kinh tế xã hội. Theo kết quả thống kê

tại Canada năm 1998, trung bình hàng năm có 103 người chết vì các đợt lạnh cực trị trong mùa đông. Đối với các đợt nóng, mặc dù được coi là có nhiều tác động tích cực, nhưng những đợt nóng trong mùa đông cũng có các ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường và các hoạt động kinh tế xã hội như có tác động tiêu cực đến hoạt động vận tải, gây ra lũ và du lịch (hoạt động trượt tuyết).

Arkadiusz và cộng sự (2019) [34] cho rằng sự ấm lên nhanh trong mùa đông làm tăng tốc độ tan băng, qua đó làm tăng hiện tượng lũ lụt và ảnh hưởng đến các hoạt động vận tải, công nghiệp và du lịch. Các nhận định này cũng được chỉ ra trong các nghiên cứu của (Shabbar và Bonsal (2003) [115], Wigib (2007) [135]. Trong lĩnh vực nông nghiệp và làm vườn, sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ trong mùa đông có ảnh hưởng lớn tới chu kỳ sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Nghiên cứu của Chmielewshi và cộng sự (2014) [] cho thấy sự thay đổi nhiệt độ đột ngột ảnh hưởng lớn tới chu kỳ hình thái học của nhiều loại cây trồng, điển hình là làm chậm/tăng tốc độ sinh trưởng cũng như khả năng ra hoa/kết quả của nhiều giống cây, hoa tự nhiên, đặc biệt là vào giai đoạn cuối mùa đông.

Theo Basu (2009) [35], Kovats và Hajat (2012) [84], các đợt nắng nóng trong mùa đông được dự báo sẽ trở nên phổ biến hơn, kéo dài hơn và có cường độ lớn hơn (Perkins và cộng sự (2012) [107]). Nhiệt độ quá cao có thể gây ra các vấn đề về sức khỏe, từ các triệu chứng căng thẳng do nắng nóng nhẹ, chẳng hạn như đau đầu và mệt mỏi, đến đột quỵ do nắng nóng có cường độ mạnh và ngất xỉu. Nhiệt độ quá cao cũng có thể dẫn đến tử vong trong và sau các đợt nắng nóng (Zhang và cộng sự (2017) [145], Forzieri và cộng sự (2017) [56]), và có thể làm suy giảm khả năng trí óc (Rowlinson và cộng sự (2014) [113]). Áp lực nhiệt tác động tới cơ thể con người được coi là sự kết hợp của nhiệt độ môi trường bên ngoài và nhiệt độ bên trong cơ thể con người do hoạt động thể chất tạo ra (Lundgren và cộng sự (2013) [89]). Khi nhiệt độ vượt quá 98,6° F (tương đương với 37°C), đổ mồ hôi là cơ chế chính để hạ nhiệt cơ thể, nhưng nó bị suy giảm do độ ẩm không khí cao, do đó gây ra các vấn đề sức khỏe liên quan đến nhiệt (Parsons (2014) [104]).

Nhiều tài liệu về biến đổi khí hậu bao gồm cả Báo cáo của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) năm 2014 đã nhấn mạnh về sự gia tăng nhiệt độ ấm, nhưng chưa có nhiều tài liệu đề cập đến tác động sức khỏe của các đợt lạnh (Smith và cộng sự (2014) [119]). Nhiệt độ lạnh và các đợt lạnh

cũng đang gia tăng ở một số khu vực do sự biến đổi khí hậu gia tăng. Cơ thể con người bị căng thẳng do quá lạnh có thể gây tử vong do hạ thân nhiệt. Gasparri và cộng sự (2015) [59] khi nghiên cứu phân tích hơn 74 triệu ca tử vong tại 384 địa điểm trên 13 quốc gia, đã chỉ ra các đợt lạnh cực trị gây ra thiệt hại về người nhiều hơn 20 lần so với các đợt nóng cực trị. Ở nhiều quốc gia, nhiệt độ không đạt đến mức cực thấp như vậy, và phần lớn, người ta sử dụng điều hòa nhiệt độ theo hành vi trong thời tiết lạnh. Tuy nhiên, có thể có những tình huống mà những hành vi này là không phù hợp, chẳng hạn như khi những người nghèo khó không có đủ quần áo hoặc không được tiếp cận với hệ thống sưởi (Castellani và Young (2016) [43]).

Cũng như các đợt nóng, các đợt quá lạnh cũng có thể ảnh hưởng tiêu cực đến hệ thống sức khỏe, thông qua việc gia tăng sự xuất hiện của bệnh cúm siêu vi trùng, ho, tiêu chảy do lạnh, hen suyễn, viêm phổi và các vấn đề hô hấp khác (Goutam (2018) [64]). Khi trời lạnh, sự co mạch và hạ nhiệt độ của mô sẽ gây tê, làm giảm sự khéo léo và sức mạnh của tay chân (Parsons (2014) [104], Singh và cộng sự (2013) [116]). Cực lạnh cũng có thể gây ra các bệnh tim mạch, mặc dù ở mức độ thấp hơn so với các trường hợp nắng nóng (Urban và cộng sự (2013) [129]), trong khi những người lớn tuổi, thiệt thòi và kém may mắn là những người bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi cực lạnh (Conlon và cộng sự (2011) [50]). Ví dụ, nguy cơ bị tê cóng sẽ tăng lên theo tuổi (Juopperi và cộng sự (2002) [77]). Tiếp xúc với giá lạnh ngoài ý muốn cũng có thể dẫn đến nhiều nguy cơ về sức khỏe và tử vong cho những người làm việc ngoài trời, hoặc những người nghèo hơn không có khả năng sưởi ấm trong nhà (Ranhoff (2000) [112], Kysely và cộng sự (2009) [86]).

Nóng và lạnh quá cao có ảnh hưởng đến sinh hoạt và công việc hàng ngày của người lao động, đòi hỏi phải có cơ chế ứng phó phù hợp để giảm thiểu tác động của nhiệt độ khắc nghiệt. Nhiệt độ từ 90°F (khoảng 32,22°C) trở lên hoặc 50°F (khoảng 10°C) trở xuống có thể ảnh hưởng bất lợi đến hiệu suất công việc (Kjellstrom và cộng sự (2009a) [80]). Việc tiếp xúc với nhiệt độ quá cao và kéo dài đã làm giảm nhiệt tình và hiệu suất của công nhân trong công việc. Đồng thời, phản ứng tự nhiên của các hoạt động làm việc theo nhịp độ tự nhiên để duy trì nhiệt độ cơ thể bên trong sẽ làm giảm khả năng làm việc và giảm năng suất của người lao động (Parsons (2014) [104], Kjellstrom và cộng sự (2009a) [80], Somanathan và cộng sự (2018) [120], ...]. Có rất

nhieu tài liệu đánh giá đã chỉ ra những tổn thất trong năng suất lao động do nắng nóng trong các lĩnh vực ngoài trời và lao động nặng nhọc, chẳng hạn như nông nghiệp (Smith và cộng sự (2014) [119], Kjellstrom và cộng sự (2009a,b) [80,81], Qi và cộng sự (2015) [111], khai thác mỏ (Lundgren và cộng sự (2013) [89], Singh và cộng sự (2013) [116], Sahu và cộng sự (2013) [114], ...) và xây dựng (Vanugopal và cộng sự (2016) [131], Acharya và cộng sự (2018) [32], Tawatsupa và cộng sự (2012) [124], ...).

Hiện tượng nóng và lạnh bất thường cũng có thể làm tăng tỷ lệ tai nạn của người lao động ngoài trời. Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng ngay cả người dân thành thị cũng phải chịu áp lực về nhiệt cực độ và cảm thấy bị suy giảm trong các hoạt động và công việc hàng ngày của họ, đặc biệt là ở các nước vẫn còn sử dụng điều hòa không khí (Zander và Mathew (2009) [141]. Trong khi một số nghiên cứu đã điều tra tác động của cực lạnh liên quan đến biến đổi khí hậu đối với hiệu suất lao động và năng suất lao động của người lao động ngoài trời (Makinen và Hassi (2009) [93], Enander (2007) [55]) và các chiến lược thích ứng của họ chống lại các đợt lạnh (Holmer và cộng sự (2012) [67]), người ta đã phát hiện ra rằng cực lạnh gây ra cảm giác khó chịu. Sự khó chịu có thể là một yếu tố gây mất tập trung làm giảm hiệu suất công việc thông qua việc mất tập trung và tỉnh táo, đồng thời có thể gây ra các chấn thương và tai nạn thể chất tại nơi làm việc (Makinen và Hassi (2009) [93]).

Nông dân trên toàn thế giới phải đối phó với sự thay đổi ngày càng tăng của khí hậu và thời tiết khắc nghiệt. Hầu hết các nghiên cứu trước đây đều tập trung vào các tác động đến sản xuất nông nghiệp, nhưng ít được biết đến về các tác động kinh tế và xã hội liên quan đến nông dân. Nghiên cứu của Nanda và Zander (2019) [97] đã điều tra tác động kinh tế và xã hội của các hiện tượng thời tiết cực đoan (EWE) trong đó có trọng tâm là các hiện tượng nóng và lạnh cực trị đối với nông dân ở Nepal, đồng thời tìm hiểu cách họ đối phó và thích nghi với các đợt nắng nóng và đợt lạnh từ năm 2012 đến năm 2017. Để giải quyết những mục tiêu này, Nanda và Zander (2019) [97] đã tiến hành khảo sát 350 trang trại được chọn ngẫu nhiên từ các huyện Bardiya và Banke của vùng đất thấp Terai của Nepal. Họ được yêu cầu cụ thể đánh giá tác động của nhiệt độ khắc nghiệt, cũng như ảnh hưởng của chúng đến năng suất lao động và sức khỏe nông dân tập thể, và các biện pháp phòng ngừa chi tiết mà họ đã thực hiện. Khoảng 84% nông dân tự nhận mình bị stress nhiệt độ trung

bình hoặc nặng trong 5 năm qua, và khoảng 85% là stress do lạnh vừa hoặc nặng. Tương tự như vậy, phần lớn những người được hỏi báo cáo rằng cả sức khỏe nông dân và năng suất lao động đều bị ảnh hưởng bởi EWE. Mất năng suất có mối liên hệ chặt chẽ với mức độ cảm nhận của căng thẳng nóng và lạnh, do đó, nhiều khả năng được báo cáo bởi những nông dân có kinh nghiệm EWE trước đây. Có khả năng do sự chăm sóc gia tăng cần thiết trong thời kỳ EWE, những nông dân có gia súc cho biết căng thẳng nóng và lạnh gia tăng, đáng ngạc nhiên là những người đã thực hiện các biện pháp thích ứng. Nông dân dường như ít chuẩn bị cho các mối đe dọa tiềm tàng của các đợt lạnh hơn là các đợt nắng nóng, và do đó ít có khả năng áp dụng các chiến lược đối phó, vì đây là hiện tượng gần đây. Nghiên cứu này đã xác định một số hạn chế. Dữ liệu cắt ngang và dữ liệu tự báo cáo, là nguồn thông tin chung để ước tính tác động đến sức khỏe, mức độ căng thẳng nóng / lạnh và mất năng suất lao động. Các chương trình giáo dục dựa vào cộng đồng / sự tham gia của cộng đồng có thể được phát triển để tạo điều kiện chủ động thích ứng. Nghiên cứu này cho thấy rằng cá nhân nông dân và các thành viên trong gia đình của họ đã trải qua nhiều bệnh tật liên quan đến đợt nóng và đợt lạnh và các vấn đề sức khỏe từ năm 2012 đến năm 2017. Mệt mỏi, chóng mặt, đau đầu, buồn nôn, lú lẫn, phát ban do nóng, ngất xỉu, mất tập trung và đột quỵ do nắng nóng là những vấn đề sức khỏe phổ biến nhất được các hộ nông dân tự báo cáo trong các đợt nắng nóng. Tương tự như vậy, đau khớp, viêm phổi, các vấn đề về hô hấp, ho do cảm lạnh và khó tiêu là những vấn đề sức khỏe phổ biến mà người nông dân phải gánh chịu trong các đợt lạnh. Mặc dù các hộ nông dân đã bị ảnh hưởng nặng nề bởi cả hai hình thức EWE, các đợt nắng nóng và các đợt rét, nhưng trong những năm gần đây, tác động của các đợt rét đối với các hộ nông dân ngày càng cao. Những lý do tiềm tàng cho điều này có thể là do có sự thích nghi cao hơn với các đợt nắng nóng và ít thích nghi hơn với các đợt rét, do khả năng đối phó hạn chế do nghèo tương đối và sự thiếu hiểu biết của nông dân. Những người nông dân được phát hiện đội mũ rộng vành hoặc ô, nghỉ ngơi trong bóng râm, giảm tốc độ làm việc và ngừng hoàn toàn công việc trong những ngày cực kỳ nóng, sắp xếp lại lịch làm việc và áp dụng các kỹ thuật làm mát khác nhau để giảm tác động của căng thẳng nhiệt tồn thất năng suất lao động do sóng nhiệt. Các cơ chế đối phó chính được sử dụng như các biện pháp phòng ngừa để giảm thiểu mất năng suất lao

động khi bị stress lạnh bao gồm mặc quần áo ấm, ngừng làm việc, nghỉ ngơi để khởi động, sắp xếp lại thời gian biểu làm việc và uống đồ uống nóng. Để giúp giảm thiểu tác động của các hiện tượng thời tiết khắc nghiệt và cứu sống, các chiến dịch nâng cao nhận thức cộng đồng nên nhắm mục tiêu cụ thể đến các bộ phận dân cư dễ bị ảnh hưởng với thông tin về các hành động thích hợp cần thực hiện khi nhiệt độ khắc nghiệt. Cảnh báo nhiệt độ cực đoan dựa trên dự báo thời tiết cũng nên được phát sóng công khai, cũng như các biện pháp phòng chống căng thẳng do nóng và lạnh. Việc thực hiện truyền thông rủi ro và nâng cao nhận thức rủi ro thông qua các phương tiện truyền thông địa phương, cung cấp thông tin về những hậu quả có thể xảy ra của các đợt nắng nóng và đợt rét, và các cơ chế đối phó tiềm năng, có thể là một chiến lược chính để giảm thiểu các tác động tiềm ẩn đến sức khỏe và mất năng suất lao động.

1.2. Nghiên cứu trong nước

1.2.1. Các nghiên cứu về không khí lạnh

Trần Công Minh (2003) [13] đã thực hiện thống kê các đợt xâm nhập của không khí cực đới biến tính ở miền Bắc và chỉ ra rằng trong thời kỳ 10 năm từ 1994 đến 2003 có 294 đợt xâm nhập lạnh. Như vậy, trung bình mỗi năm có gần 30 đợt xâm nhập lạnh. Trong tháng 9 có 10 đợt (3%), ba tháng tiếp theo là tháng 4, tháng 5, và tháng 10 đều có từ 25 đến 27 đợt (chiếm 9%), các tháng còn lại (tháng 11, 12, 1, 2, 3) mỗi tháng có từ 4 - 47 đợt xâm nhập lạnh (chiếm 12-16%). Theo Vũ Thi (2004), ở Việt Nam mỗi năm trung bình có trên khoảng 30 đợt không khí lạnh, front lạnh ảnh hưởng tới Việt Nam theo hai hướng chủ yếu là Bắc Nam và lệch Đông. Trong đó nhiều đợt chỉ ảnh hưởng tới Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ ít khi xuống dọc được vĩ độ thấp hơn. Không khí lạnh ảnh hưởng đến Việt Nam hầu như quanh năm trừ tháng 7, tháng 8. Còn suốt từ tháng 9 đến tháng 6 năm sau là thời gian các đợt không khí lạnh từ phía Bắc lục địa Châu Á di chuyển xuống đến các khu vực và lãnh thổ nước ta.

Trong các giáo trình giảng dạy của Trần Công Minh (2003) [13], Phạm Vũ Anh và Nguyễn Viết Lành (2010) [1], các tác giả đã đi sâu tìm hiểu về nguồn gốc của khối không khí, những trung tâm khí áp, hướng di chuyển của khối không khí và bản chất biến tính của từng khối không khí theo từng giai đoạn, chủ yếu là vào thời kỳ mùa đông. Các tác giả cho rằng việc đi sâu phân

tích các hình thế khí áp từ mặt đất đến các tầng trên cao để từ đó nhận biết được các dấu hiệu của sự xâm nhập lạnh vào Việt Nam.

Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu (2004) [18] cho rằng trong những năm ENSO, số front lạnh ảnh hưởng đến nước ta đều ít hơn bình thường. Tỷ lệ giữa tổng chuẩn sai dương và tổng chuẩn sai âm của tần số front lạnh đi qua Hà Nội của các tháng trong năm chỉ bằng 70%. Thời gian kết thúc hoạt động không khí lạnh ở Việt Nam sớm hơn bình thường.

Phân tích trường độ cao địa thế vị trên khu vực Châu Á và lân cận trong các tháng mùa đông, Nguyễn Việt Lành và Chu Thị Thu Hường (2005) [10] cho rằng, từ tháng 3, áp cao Siberia này đã suy yếu và dịch dần lên phía tây bắc. Cụ thể, trên mực 1000mb, độ cao địa thế vị của áp cao này giảm 40 mdtv so với tháng trước. Trên mực 925mb và 850mb, độ cao địa thế vị vùng gần trung tâm áp cao này đều giảm khoảng 20 mdtv. Vị trí trung tâm áp thấp Aleut tuy ít thay đổi nhưng cường độ của nó cũng đã suy yếu nhiều. Ở mực 1000mb ở vùng gần trung tâm áp thấp này tăng lên 40 mdtv so với tháng 2 ; còn trên mực 500mb, áp thấp này chỉ còn thể hiện dưới dạng một rãnh thấp.

Chu Thị Thu Hường và Phan Văn Tân (2014) [7] đã sử dụng số liệu khí áp mực nước biển trung bình và gió bề mặt của nguồn số liệu tái phân tích của NCEP trên lưới 2,5 x 2,5 độ kinh vĩ từ các tháng 9 đến tháng 5 năm sau trong giai đoạn 1961-2009 để phân tích xu thế biến đổi của áp cao Siberi. Đồng thời, mối quan hệ giữa hoạt động của áp cao này với nhiệt độ trung bình và cực tiểu tháng trên khu vực Bắc Bộ Việt Nam cũng được đưa ra dựa trên chuỗi số liệu tại 21 trạm khí tượng thời kỳ 1961 - 2007. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong thời kỳ 1961 - 2009, cường độ của áp cao Siberi có xu thế giảm chậm trong các tháng chính đông, song lại có xu thế tăng chậm trong các tháng đầu và cuối đông. Xu thế tăng/giảm xảy ra trong thời kỳ 1961-1990/1991-2009 ở các tháng đầu và cuối đông, nhưng trong các tháng chính đông thì ngược lại. Hơn nữa, áp cao này có quan hệ khá tốt với nhiệt độ trung bình và nhiệt độ cực tiểu trong các tháng mùa đông, đặc biệt, trên các vùng Đông Bắc Bộ và Đồng bằng Bắc Bộ trong tháng 2 và tháng 11 với hệ số tương quan lên tới xấp xỉ -0,6.

Chu Thị Thu Hường (2015) [6] đã nghiên cứu ảnh hưởng của BĐKH đến cường độ và phạm vi của áp cao Siberia dựa trên nguồn số liệu tái phân tích với độ phân giải 2.0 x 2.0 độ kinh vĩ (sử dụng trường khí áp mặt nước

biển và nhiệt độ không khí bề mặt trung bình trên toàn cầu và các khu vực) trong thời kỳ 1961-2010. Kết quả phân tích đã cho thấy sự tăng của nhiệt độ không khí bề mặt trên vùng trung tâm Siberia có thể là nguyên nhân chính làm cho cường độ của áp cao Siberia đang có xu thế giảm, đồng thời phạm vi hoạt động cũng bị thu hẹp và lùi về phía Bắc trong thời kỳ hoạt động.

Phân tích hoạt động của một số trung tâm khí áp ảnh hưởng đến Việt Nam trong các tháng chuyển mùa từ đông sang hè trong giai đoạn 1961 – 2010, Lê Anh Tú (2015) [29] cho rằng, trong thời kỳ này áp cao Tây Bắc Thái Bình Dương có xu hướng yếu đi ở tầng thấp 1000mb và 850mb. Tuy nhiên nó lại mạnh lên và ảnh hưởng đến Việt Nam nhiều hơn ở mực trên cao 500mb. Đồng thời, dải thấp xích đạo cũng có xu hướng mở rộng hơn về phía đông. Trong khi đó, các hệ thống khí áp chi phối thời tiết mùa đông hoạt động yếu đi và thu hẹp phạm vi hoạt động vào tháng 5. Áp thấp Aleut có xu hướng mạnh lên và mở rộng phạm vi hoạt động về phía tây trong các tháng này. Bùi Yên Nhi (2016) [14] đã nghiên cứu đặc điểm hoạt động của không khí lạnh xâm nhập xuống Việt Nam trong các tháng cuối đông và chỉ ra rằng dưới tác động của BDKH, hoạt động của KKL trong các tháng cuối đông đã có sự thay đổi. Các trung tâm áp cao Siberi và Aleut có tác động lớn tới hoạt động của KKL trong các tháng cuối đông. Sự mạnh lên hay yếu đi của 2 trung tâm áp cao này sẽ qui định số đợt xâm nhập lạnh vào các tháng mùa đông. Số đợt KKL cao hơn TBNN trong hầu hết các năm La Nina, nhưng lại thấp hơn TBNN trong các năm El Nino.

1.2.2. Các nghiên cứu về tác động của BDKH và dự báo hạn mùa các hiện tượng khí hậu cực đoan

Ở Việt Nam, nghiên cứu về BDKH đã được bắt đầu khá sớm. Những người đi tiên phong trong lĩnh vực này phải kể đến GS Nguyễn Đức Ngữ, GS Nguyễn Trọng Hiệu, PGS Trịnh Văn Thư, TS Trần Duy Bình, PGS Trần Việt Liễn, TSKH Nguyễn Duy Chinh, GS.TS Phan Văn Tân, PGS.TS Nguyễn Văn Thắng, ... Kết quả của những công trình này đã được công bố khá rộng rãi trên các tạp chí, ấn phẩm xuất bản hoặc các báo cáo khoa học (Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu (1991 [15], 1993 [16], 1999 [17]); Trần Duy Bình (2000) [2]; Trần Việt Liễn (2000) [12]; Nguyễn Đức Ngữ (2004) [18], Nguyễn Việt Lành (2008), Phan Văn Tân và cộng sự (2008 [21], 2010 [22], 2014 [23])).

Năm 1994, các tác giả Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, Nguyễn Ngọc Huân, Trần Việt Liễn,... tham gia thực hiện dự án “Biến đổi khí hậu ở Châu Á” do ADB tài trợ, Bộ Thủy lợi chủ trì đã hoàn thành một số báo cáo về: 1) Biến đổi khí hậu ở Việt Nam trong 100 năm qua; 2) Tác động của biến đổi khí hậu đến nước biển dâng và một số ngành kinh tế quốc dân; 3) Kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1990 ở Việt Nam. Đến năm 1998, trong quá trình tham gia các dự án quốc tế về biến đổi khí hậu, các tác giả Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, Lê Nguyên Tường, Nguyễn Khắc Hiếu, ... đã hoàn thành kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1993, xây dựng các phương án giảm khí nhà kính ở Việt Nam, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực kinh tế xã hội chủ yếu, xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu ở Việt Nam cho các năm 2020, 2050, 2070.

Năm 2003, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã hoàn thành thông báo đầu tiên của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, trong đó tổng kết biến đổi khí hậu của Việt Nam trong 100 năm gần đây, kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1993 và ước lượng khí nhà kính các năm 2020, 2050, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực kinh tế xã hội chủ yếu, xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu ở Việt Nam, kiến nghị các giải pháp giảm nhẹ biến đổi khí hậu và thích ứng với biến đổi khí hậu ở Việt Nam,...

Vào các năm 2006, 2007 trong quá trình thực hiện Thông báo Quốc gia lần 2 cho VNFCCC, các tác giả trong và ngoài Bộ Tài nguyên và Môi trường đã thực hiện kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 2000, xây dựng chiến lược thực hiện các dự án của CDM. Đặc biệt, một số tác giả của Bộ Tài nguyên và Môi trường (Nguyễn Văn Thắng, Hoàng Đức Cường, Trần Việt Liễn,...) đã xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu mới của Việt Nam, dự kiến mức tăng của nhiệt độ, mức tăng giảm của lượng mưa, mực nước biển dâng,... ở Việt Nam và trên 7 vùng khí hậu trong từng thập kỷ của thế kỷ 21.

Để dự báo nhiệt độ, mưa, số lần xuất hiện không khí lạnh, nắng nóng, Nguyễn Văn Thắng và cộng sự (2001, 2006) [26,24] đã ứng dụng các phương pháp thống kê trên bộ số liệu tái phân tích của GCM; thông qua việc sử dụng các bản đồ đường đẳng trị giá trị hệ số tương quan để xác định khu vực và thời gian trễ của các trường nhân tố dự báo, trên cơ sở đó các tác giả đã xây dựng hàm hồi quy từng bước. Kết quả đánh giá cho thấy các phương trình đã

dự báo đã phân nào nắm bắt được các yếu tố và hiện tượng khí hậu được nghiên cứu.

Nguyễn Văn Thắng và cộng sự (2007) [25] đã triển khai thực hiện đề tài “Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế xã hội ở Việt Nam” trong khuôn khổ Chương trình KC.08/06–10 (“*Khoa học và công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên*”). Nghiên cứu này đã đưa các bằng chứng khoa học cho thấy tác động của BĐKH tới sự biến đổi của một số hiện tượng khí hậu cực đoan trong đó có không khí lạnh và nắng nóng.

Hồ Thị Minh Hà (2008) [20] đã nghiên cứu khả năng mô phỏng mùa các yếu tố khí tượng trên lãnh thổ Việt Nam bằng phương pháp thủy động dựa trên mô hình RegCM3. Tác giả đã nghiên cứu cải tiến kỹ năng mô phỏng trường nhiệt độ của RegCM3 bằng cách đưa thêm sơ đồ tham số hóa đối lưu Tiedtke. Các kết quả đánh giá đã cho thấy mô hình RegCM3 đã chạy ổn định với sơ đồ này và đã cải thiện đáng kể chất lượng mô phỏng nhiệt độ bề mặt trung bình tháng của mô hình. Sai số bình phương trung bình của nhiệt độ tính theo phiên bản cải tiến trên toàn Việt Nam giảm 0.4°C ;

Phan Văn Tân và cộng sự (2010) [22] đã 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. Trong nghiên cứu này, nhóm thực hiện đã ứng dụng một số hệ thống dự báo/mô phỏng khí hậu bao gồm từ dự báo quy mô toàn cầu đến dự báo/mô phỏng ở quy mô khu vực. Dựa trên những sản phẩm của hệ thống dự báo/mô phỏng khí hậu này, đề tài đã nghiên cứu về ECE cho khu vực Việt Nam cũng như đưa ra được các đánh giá về xu thế của ECE cho khu vực Việt Nam. Cụ thể, đề tài đã nghiên cứu xu thế biến đổi từ 1971-2010 của 18 chỉ số ECE của IPCC như Txx, Txn, ... và ECE theo quan niệm của Việt Nam như số ngày mưa lớn, số ngày rét đậm, số ngày rét hại, ... Đồng thời, dựa trên các kịch bản A1B và A2, đề tài đã nghiên cứu dự tính sự thay đổi của các ECE nói trên cho giai đoạn 2000-2050. Có thể nói, đây là đề tài nghiên cứu toàn diện đầu tiên về tác động của BĐKH tới các yếu tố và hiện tượng thời tiết cực đoan cho khu vực Việt Nam sử dụng cách tiếp cận hạ quy mô động lực. Tuy nhiên, các hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất

thường trong mùa đông ở khu vực vùng núi phía Bắc chưa được nghiên cứu trong đề tài này.

Đỗ Huy Dương (2014) [4] đã nghiên cứu mô phỏng một số yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan dựa trên các mô hình khí hậu khu vực gồm RegCM, MM5CL và REGCM cho khu vực Việt Nam. Tác giả đã thực hiện tính toán các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan theo các chỉ số do IPCC qui định và theo định nghĩa của Việt Nam (ví dụ như số ngày rét đậm). Các kết quả đánh giá đã cho thấy các mô hình khí hậu khu vực đã phần nào mô tả tốt các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan, nhất là các hiện tượng có liên quan đến trường nhiệt độ. Cũng trong nghiên cứu, tác giả đã nghiên cứu sử dụng một số phương pháp thống kê hiệu chỉnh để cải tiến chất lượng mô phỏng các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan từ số liệu mô phỏng trực tiếp của mô hình. Trong đó, phương pháp hiệu chỉnh bằng phân vị cho sự cải thiện tốt nhất. Tương tự như nghiên cứu của GS. TS. Phan Văn Tân và cộng sự (2010), nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào các ECE có liên quan đến số ngày mưa lớn, số ngày rét đậm, số ngày rét hại, ..., chưa tập trung vào nghiên cứu mô phỏng các hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực vùng núi phía Bắc.

Kiều Thị Xin và cộng sự (2015) [31] đã nghiên cứu xây dựng kịch bản về các hiện tượng thời tiết cực đoan trung hạn (2015-2030) cho khu vực Việt Nam - Biển Đông sử dụng kịch bản BDKH trong chương trình Kakushin. Mục đích của nghiên cứu là sử dụng phiên bản khí hậu của mô hình NHM chạy ở các độ phân giải 20km và 5km với số liệu đầu vào từ các kịch bản BDKH toàn cầu trong chương trình Kakushin (phân giải cao) để khảo sát vai trò của việc tăng độ phân giải và sử dụng mô hình bất thủy tĩnh trong nghiên cứu đánh giá khả năng mô phỏng và dự tính các hiện tượng thời tiết cực đoan. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy việc sử dụng mô hình phân giải cao đã góp phần cải thiện được kỹ năng mô phỏng các hiện tượng thời tiết cực đoan có liên quan đến các yếu tố nhiệt độ và lượng mưa. Tuy nhiên, đề tài này cũng chưa nghiên cứu cho các hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực vùng núi phía Bắc.

Năm 2016, Viện Khoa học KTTV và Biến đổi khí hậu đã xây dựng kịch bản BDKH và nước biển dâng cho khu vực Việt Nam. Kịch bản BDKH này được xây dựng dựa trên bộ số liệu KTTV cập nhật đến năm 2014, số liệu

địa hình cập nhật đến năm 2016, các mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực phân giải cao, phương pháp hạ qui mô động lực và thống kê hiện đại. Trong nghiên cứu này, các hiện tượng khí hậu cực đoan có liên quan đến yếu tố nhiệt độ và lượng mưa được tính toán và dự tính. Mặc dù các hiện tượng liên quan đến KKL và nắng nóng có được đề cập trong kịch bản này, nhưng các hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc chưa được tập trung nghiên cứu.

Đình Hữu Dương (2019) [3] đã dựa trên cách tiếp cận dự báo hoàn hảo và 6 chỉ tiêu gió mùa mùa đông được đề xuất bởi Yueqing Li và Yang Song (2010) [140], các phương trình dự báo số đợt KKL trong các tháng chính đông (12, 1 và 2) dựa trên số liệu tái phân tích ERA-Interim trong giai đoạn 1992-2015 dưới dạng các phương trình hồi quy tuyến tính đơn biến hoặc đa biến (có sử dụng hồi qui từng bước để lọc nhân tố dự báo). Các kết quả đánh giá dựa trên chuỗi số liệu từ 1992-2015 đã cho thấy các phương trình dự báo được xây dựng có xu thế dự báo tương đối giống nhau. Về mặt trung bình, tất cả các phương trình dự báo có xu thế dự báo số lượng đợt KKL trong các tháng chính đông thấp hơn so với thực tế từ 3-5 đợt. Nếu so sánh chất lượng dự báo giữa các phương trình dự báo đơn biến và đa biến, thì phương trình dự báo đa biến dựa trên 4 chỉ số I_{LiYang} , I_{Jhun} , I_{Yang} và I_{SUN} cho chất lượng dự báo tốt nhất. Phương trình dự báo này được lựa chọn để thử nghiệm dự báo nghiệp vụ dựa trên bộ số liệu dự báo hạn mùa của ECMWF bắt đầu từ tháng 8, tháng 9 và tháng 10 trong giai đoạn 2011-2016. Kết quả đánh giá cho thấy việc áp dụng số liệu dự báo hạn mùa của ECMWF bắt đầu tháng 8 cho kết quả dự báo số đợt KKL trong các tháng chính đông tốt nhất. Để có thể đánh giá toàn diện hơn về kỹ năng dự báo của phương trình dự báo đa biến dựa trên 4 chỉ số I_{LiYang} , I_{Jhun} , I_{Yang} và I_{SUN} , nhóm nghiên cứu đề xuất tiếp tục thử nghiệm phương trình dự báo này trong các mùa đông tiếp theo, đồng thời nghiên cứu ứng dụng các phương pháp dự báo thống kê phi tuyến như ANN để tiếp tục cải tiến phương pháp dự báo số đợt KKL trong các tháng chính đông dựa trên các chỉ số EAWMI.

Mai Văn Khiêm và cộng sự (2019) [8] đã nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa cho Việt Nam bằng các mô hình động lực. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy việc ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực vào dự báo hạn mùa cho một số trường trung bình tháng và một số hiện tượng khí

hậu cực đoan trong đó có không khí lạnh và nắng nóng là hoàn toàn khả thi. Ngoài ra, hệ thống dự báo tổ hợp hạn mùa dựa trên các mô hình khí hậu khu vực cũng được thử nghiệm và cho nhiều kết quả khả quan trong việc dự báo một số hiện tượng khí hậu cực đoan.

1.3. Đặc điểm tự nhiên và xã hội khu vực miền núi phía Bắc

Xét về mặt hành chính, vùng này bao gồm 14 tỉnh Hà Giang, Cao Bằng, Lào Cai, Bắc Kạn, Lạng Sơn, Tuyên Quang, Yên Bái, Thái Nguyên, Phú Thọ, Bắc Giang, Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hòa Bình (xem hình 1.5). Trung tâm vùng là thành phố Thái Nguyên. Đây là vùng lãnh thổ có diện tích lớn nhất nước ta 100.965 km², chiếm khoảng 28,8 % diện tích cả nước. Về dân số, tính đến năm 2019 hiện có 11.667.200 người (12,86% cả nước) đã được Đảng và Nhà nước nhận định là vùng có ý nghĩa chiến lược đặc biệt quan trọng về kinh tế - xã hội và quốc phòng an ninh của cả nước. Mặc dù là khu vực có tiềm năng, thế mạnh về phát triển công nghiệp khai khoáng, chế biến khoáng sản và ngành nông nghiệp; có tiềm năng lớn về du lịch, ... nhưng đặc thù nhiều đồi núi cao, địa hình bị chia cắt mạnh nên việc phát triển giao thông vận tải trong khu vực gặp nhiều khó khăn.

Trung du và miền núi Bắc Bộ có vị trí địa lý khá đặc biệt, lại có mạng lưới giao thông vận tải đang được đầu tư, nâng cấp, nên ngày càng thuận lợi cho việc giao lưu với các vùng khác trong nước và xây dựng nền kinh tế mở. Trung du và miền núi Bắc Bộ giáp với 3 tỉnh Quảng Đông, Quảng Tây và Vân Nam của Trung Quốc ở phía bắc, phía tây giáp Lào, phía nam giáp Đồng bằng sông Hồng và Bắc Trung Bộ, phía đông giáp Vinh Bắc Bộ. Việc phát triển mạng lưới giao thông vận tải sẽ giúp cho việc thông thương trao đổi hàng hóa dễ dàng với các vùng Đồng bằng sông Hồng và Bắc trung Bộ, cũng như giúp cho việc phát triển nền kinh tế mở. Trung du và miền núi Bắc Bộ có tài nguyên thiên nhiên đa dạng, có khả năng đa dạng hóa cơ cấu kinh tế, với thế mạnh về công nghiệp khai thác và chế biến khoáng sản, thủy điện, nền nông nghiệp nhiệt đới có cả những sản phẩm cận nhiệt và ôn đới, phát triển tổng hợp kinh tế biển và du lịch.

Khu vực trung du và miền núi phía Bắc có khí hậu nhiệt đới chịu ảnh hưởng của gió mùa. Chế độ gió mùa có sự tương phản rõ rệt: Mùa hè gió mùa Tây Nam nóng khô, mưa nhiều, mùa đông gió mùa Đông Bắc lạnh, khô, ít

mưa. Chế độ gió tạo ra thời tiết có phần khắc nghiệt, gây nên khô nóng, hạn hán, sương muối gây trở ngại cho sản xuất và sinh hoạt.



Hình 1.5. Bản đồ vùng miền Trung du và miền núi phía Bắc (nguồn: <https://dantocmiennui.vn>)

Trung du và miền núi Bắc Bộ là vùng giàu tài nguyên khoáng sản bậc nhất nước ta. Các khoáng sản chính là than, sắt, thiếc, chì – kẽm, đồng, apatit, pyrit, đá vôi và sét làm xi măng, gạch ngói, gạch chịu lửa ...

Khí hậu của vùng mang đặc điểm nhiệt đới ẩm gió mùa, có mùa đông lạnh, lại chịu ảnh hưởng sâu sắc của địa hình vùng núi. Đông Bắc địa hình tuy không cao, nhưng lại là nơi chịu ảnh hưởng mạnh nhất của gió mùa đông bắc, là khu vực có mùa đông lạnh nhất nước ta. Tây Bắc tuy chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc yếu hơn, nhưng do nền địa hình cao nên mùa đông cũng vẫn lạnh. Bởi vậy, Trung du và miền núi Bắc Bộ có thể mạnh đặc biệt để phát triển cây công nghiệp có nguồn gốc cận nhiệt và ôn đới. Đây chính là vùng chè lớn nhất cả nước. Ở các vùng núi giáp biên giới của Cao Bằng, Lạng Sơn cũng như trên vùng núi cao Hoàng Liên Sơn, điều kiện khí hậu rất thuận lợi cho việc trồng các cây thuốc quý, các cây ăn quả. Ở các khu vực núi cao có thể trồng rau ôn đới, cây công nghiệp. Tuy nhiên, việc trồng các loại cây nói trên gặp khó khăn do hiện tượng rét đậm, rét hại, sương muối và tình trạng thiếu nước về mùa đông.

Trung du và miền núi Bắc Bộ có nhiều đồng cỏ, chủ yếu trên các cao nguyên có độ cao 600 – 700m. Các đồng cỏ tuy không lớn, nhưng ở đây có thể phát triển chăn nuôi. Cụ thể, Trâu khỏe hơn, ưa ẩm, chịu rét giỏi hơn bò, dễ thích nghi với điều kiện chăn thả trong rừng. Đàn trâu có 1,7 triệu con, chiếm hơn 1/2 đàn trâu cả nước. Đàn bò có 900 nghìn con, bằng 16% đàn bò cả nước (theo số liệu năm 2005).

Hiện nay, hầu hết các đô thị vốn trước đây là thị xã tỉnh lỵ của một tỉnh ở vùng trung du và miền núi phía Bắc đều đã trở thành các thành phố trực thuộc tỉnh. Trong đó, tỉnh Quảng Ninh có bốn thành phố là Hạ Long, Móng Cái, Uông Bí và Cẩm Phả, tỉnh Thái Nguyên có hai thành phố là Thái Nguyên và Sông Công.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Dưới tác động của BĐKH và xu hướng ấm lên toàn cầu, rất nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã được thực hiện để xác định xu thế biến đổi trong quá khứ của các hiện tượng lạnh và nóng cực trị trong mùa đông dựa trên chuỗi số liệu quan trắc cũng như dự tính sự biến đổi của các hiện tượng này trong thế kỷ 21 dựa trên các kịch bản BĐKH và các mô hình khí hậu khu vực. Các nghiên cứu ngoài nước tập trung nhiều kho vực Bắc Bán Cầu và chủ yếu cho khu vực Châu Âu và Đông Á. Các nghiên cứu chỉ ra rằng không có tiêu chí chung nào cho việc xác định các đợt lạnh và nóng trong mùa đông. Các tiêu chí đưa ra phụ thuộc vào đối tượng, mục đích và phạm vi nghiên cứu. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy xu thế gia tăng của các hiện tượng này ở cả trong quá khứ và tương lai. Tại Việt Nam, đã có rất nhiều nghiên cứu về không khí lạnh và nắng nóng nói chung. Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy xu thế gia tăng của các đợt lạnh và nắng nóng ở Việt Nam cả trong quá khứ và tương lai. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc.

Khu vực miền núi phía Bắc là khu vực có diện tích lớn và tập trung nhiều dân cư của cả nước. Đây cũng là khu vực tập trung nhiều hoạt động kinh tế trọng điểm, đặc biệt là trong các lĩnh vực nông nghiệp, công nghiệp, du lịch, thương mại và cũng là khu vực dễ bị tổn thương khi xảy ra các thiên tai KTTV. Dưới tác động của BĐKH, các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông đã có xu hướng gia tăng ở khu vực này trong vài năm trở lại đây cả về cường độ và tần suất. Do đó, đã gây ra nhiều thiệt hại về người, của cải và có ảnh hưởng lớn tới các hoạt động KT-XH của khu vực. Vì vậy, việc nghiên cứu và chỉ ra được xu thế biến đổi của các hiện tượng này trên khu vực miền núi phía Bắc, xây dựng được phương pháp dự báo, cảnh báo hạn mùa cũng như dự tính được sự biến đổi trong tương lai là hết sức cần thiết và cấp bách. Những kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp ứng phó với các hiện tượng này trong tương lai.

CHƯƠNG 2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, phạm vi và sơ đồ nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Theo số liệu thống kê nhiều năm, khu vực miền núi phía Bắc hàng năm phải gánh chịu nhiều thiên tai có nguồn gốc khí tượng như mưa lớn, rét đậm, rét hại, nắng nóng, ... Những thiên tai này đã gây ra nhiều thiệt hại về người và của cải cho khu vực này. Dưới tác động của BĐKH, các thiên tai nói trên đã có xu hướng gia tăng cả về số lượng, mức độ khốc liệt và phạm vi tác động. Đặc biệt, trong 10 năm trở lại, các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc đã xảy ra thường xuyên hơn và kèm theo nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan như dông, mưa đá, tuyết, ... Các hiện tượng xâm nhập lạnh và nóng bất thường ở khu vực miền núi phía Bắc cũng đặt ra nhiều thách thức cho công tác dự báo do thiếu các hiểu biết về mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông. Do đó, việc nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu tới sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc phục vụ phát triển kinh tế - xã hội” để đánh giá được mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc cũng như tác động của chúng trong những thập kỷ gần đây. Do vậy, đối tượng nghiên cứu chính của đề tài chính là các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông.

Khi phân tích các hiện tượng thời tiết cực trị, việc lựa chọn các tiêu chí xác định có vai trò đặc biệt quan trọng và quyết định nhiều tới kết quả nghiên cứu. Beniston và Stephenson (2004) [37] đã đưa ra 3 tiêu chí để xác định một hiện tượng cực trị gồm: tần suất, cường độ và tác động. Tiêu chí thứ nhất phải thỏa mãn khi hiện tượng xảy ra phải mang tính sự kiện hiếm theo cả nghĩa không gian và thời gian. Tiêu chí thứ hai đề cập tới cường độ mạnh nhưng không bao hàm nghĩa ít xảy ra. Tiêu chí thứ ba đề cập tới tác động tiêu cực của hiện tượng tới con người hoặc hoạt động KT-XH.

Với đối tượng nghiên cứu của đề tài như đã đề cập ở trên, thuật ngữ “bất thường” ngụ ý theo cả 3 nghĩa nói trên. Cụ thể, đối với hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông, do hiện tượng này xảy ra vào mùa đông nên bản chất đã mang tính bất thường theo cả nghĩa tần suất và cường độ (dị thường

nóng trên nền nhiệt lạnh). Các hiện tượng nóng xảy ra vào mùa đông bản thân đã thỏa mãn tiêu chí đầu tiên do thuộc dạng sự kiện hiếm. Về tác động, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng sự thay đổi đột ngột nhiệt độ trong mùa đông từ lạnh sang nóng và ngược lại có ảnh hưởng tiêu cực đến nhiều lĩnh vực, đặc biệt là hoạt động sản xuất nông nghiệp và trồng trọt. Cụ thể, Sự ấm lên trong mùa đông có thể làm gia tăng nguy cơ lũ lụt, qua đó ảnh hưởng đến ngành giao thông vận tải, công nghiệp và du lịch (Shabbar và Bonsal (2003) [115], Wibig (2007) [135]. Trong ngành nông nghiệp và trồng trọt, sự thay đổi của nhiệt độ không khí vào mùa đông sẽ ảnh hưởng tới chu kỳ sinh trưởng và phát triển của nhiều giống cây trồng (Chmielewski và cộng sự (2004). Một số nghiên cứu đã chứng minh rằng sự xuất hiện của các đợt nóng trong mùa đông có ảnh hưởng lớn tới chu trình vật hậu của nhiều loài sinh vật, ảnh hưởng tới thời gian mọc mầm hoặc ra hoa, đặc biệt là trong giai đoạn cuối mùa đông (Luterbacher và cộng sự (2007) [90], Menzel và cộng sự (2011) [96]).

Đối với hiện tượng lạnh bất thường, do về bản chất vẫn là một đợt KKL, nên tính bất thường theo tần suất và cường độ sẽ phụ thuộc vào tiêu chí xác định. Đối với tiêu chí tác động, các tác động tiêu cực cần xem xét dựa trên hệ quả các hiện tượng thời tiết đi kèm. Chi tiết về phương pháp xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc sẽ được trình bày trong mục 2.2 dưới đây.

2.1.2. Phạm vi nghiên cứu

Theo đăng ký, đề tài thực hiện nghiên cứu các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc bao gồm 14 tỉnh như đã trình bày trong mục 1.3 chương 1 (xem hình 1.5). Tuy nhiên, do các hiện tượng lạnh và nóng ẩm trong mùa đông về bản chất là các hiện tượng quy mô synop thường xảy ra trên diện rộng (bao trùm cả Bắc Bộ, thậm chí là lan xuống tới Bắc Trung Bộ như đợt lạnh xảy ra từ ngày 24-26 tháng 2 năm 2016. Đợt rét đậm, rét hại tuy không kéo dài nhưng nền nhiệt thấp nhất trong đợt rét này lại giảm xuống thấp đến mức kỷ lục trong chuỗi số liệu quan trắc được cho đến thời điểm hiện tại. Nhiệt độ thấp nhất tại Mẫu Sơn (Lạng Sơn) là $-5,0^{\circ}\text{C}$; Sa Pa (Lào Cai) là $-4,0^{\circ}\text{C}$. Mưa tuyết và băng giá đã xảy ra trên diện rộng trên hầu khắp các khu vực vùng núi Bắc Bộ. Thậm chí ngay tại vườn quốc gia Ba Vì (Hà Nội), vùng núi Nghệ An cũng quan sát thấy mưa tuyết là

điều chưa từng xảy ra trong lịch sử). Do đó, trong các nghiên cứu của đề tài, chúng tôi đã mở rộng phạm vi nghiên cứu là toàn bộ khu vực Bắc Bộ. Việc mở rộng khu vực nghiên cứu sẽ cho phép xem xét được tính chất, xu thế và phạm vi ảnh hưởng của các đợt lạnh và nóng ẩm trong mùa đông không chỉ cho khu vực miền núi, mà còn đánh giá được cho cả khu vực trung du và đồng bằng Bắc Bộ.

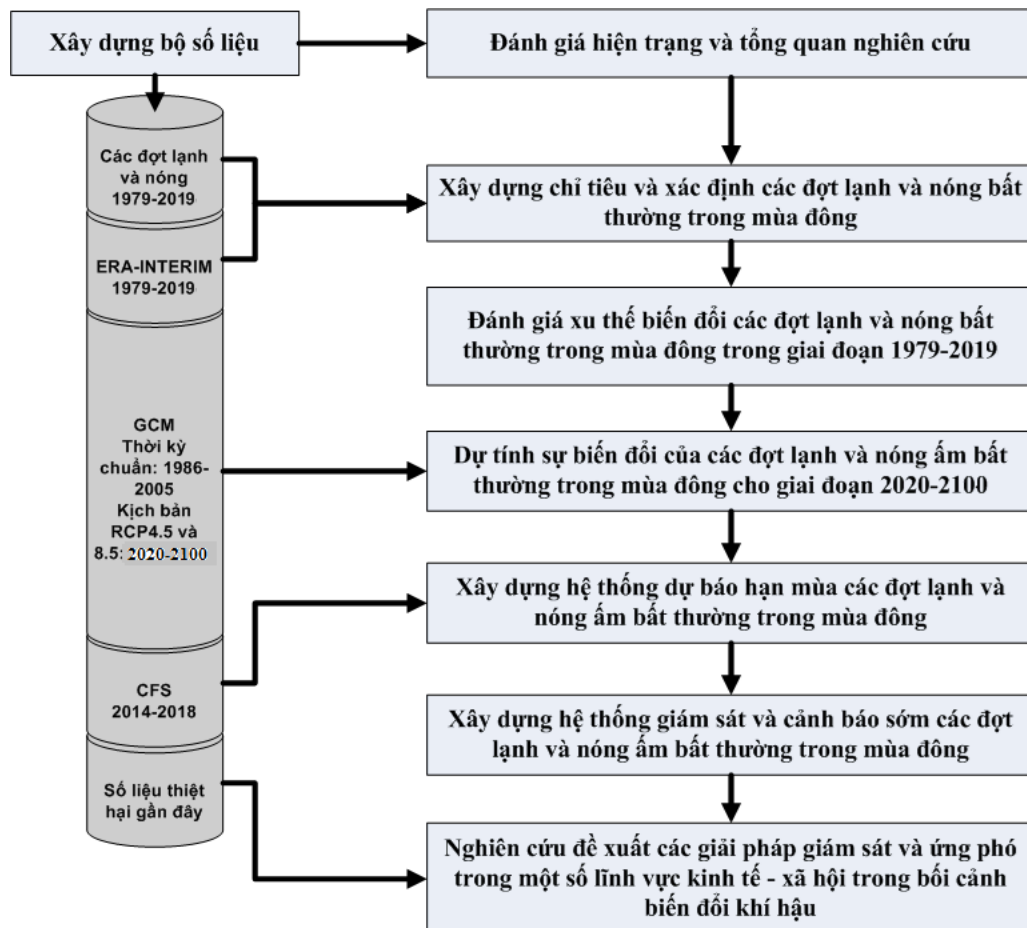
2.1.3. Mục tiêu và sơ đồ nghiên cứu

Đề tài đặt ra 3 mục tiêu chính gồm: 1) Đánh giá được mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc cũng như tác động của chúng trong những thập kỷ gần đây; 2) Đánh giá được tác động của biến đổi khí hậu tới mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc và dự tính sự thay đổi trong giai đoạn 2020-2050; và 3) Đề xuất được các giải pháp giám sát và ứng phó với sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong một số lĩnh vực kinh tế - xã hội trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Để đạt được các mục tiêu này, các nội dung nghiên cứu được thực hiện được chỉ ra trong hình 2.1 dưới đây.

Trước hết, để xác định rõ đối tượng nghiên cứu, cần thiết phải xây dựng chỉ tiêu xác định các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ sử dụng các tiêu chí dựa trên mức độ giảm nhiệt hoặc các giá trị phân vị để làm tiêu chí xác định các hiện tượng này cho cả tập số liệu quan trắc và mô phỏng từ mô hình khí hậu khu vực.

Dựa trên bộ tiêu chí xác định ở trên, quá trình thống kê các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông dựa trên bộ số liệu quan trắc đã qua sẽ được thực hiện. Trên cơ sở các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường được thống kê trong giai đoạn 1979-2019 (trong thuyết minh phê duyệt là từ 1979-2015), quá trình phân tích, đánh giá và phân loại các hiện tượng này theo cường độ, phạm vi ảnh hưởng, không gian và thời gian sẽ được thực hiện để cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá xu thế, mức độ biến đổi và tính chất hoạt động của các hiện tượng này trong những thập kỷ gần đây. Cũng như nhiều hiện tượng tự nhiên khác, các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực vùng núi phía Bắc biến đổi phức tạp theo không gian và thời gian. Để

nắm bắt được bản chất của chúng cần phải khảo sát chúng thông qua các chuỗi số liệu quan trắc lịch sử. Nghĩa là từ số liệu, tài liệu quan trắc thực tế trong quá khứ, bằng việc tính toán, xử lý, phân tích, đánh giá, nhận định phải trả lời được các câu hỏi: a) Các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông có biến đổi không? b) Nếu có, mức độ biến đổi của chúng như thế nào, tức tính cực đoan tăng lên hay giảm đi? c) Tính chất biến đổi, tức khả năng lặp lại (tính chu kỳ), tính chất đột biến? d) Xu thế theo thời gian và không gian, tức tần suất xuất hiện tăng hay giảm, vị trí xuất hiện có bị dịch chuyển không và dịch chuyển như thế nào?, ... Dựa trên các kết quả thống kê và phân loại các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc ở trên, các phân tích về xu thế, mức độ biến đổi, tính chất hoạt động của các hiện tượng này sẽ được thực hiện dựa trên phương pháp thống kê và phương pháp chuyên gia để trả lời cho các câu hỏi khoa học được nêu ra.



Hình 2.1. Sơ đồ thực hiện các nội dung nghiên cứu của đề tài

Như đã biết, nhiều bằng chứng đã chứng minh tác động của BĐKH đến mọi lĩnh vực môi trường, kinh tế, xã hội, ... Tuy nhiên, tính chất và mức độ tác động lại rất khác nhau tùy thuộc vào đối tượng đang xem xét. Việc xác

định được tác động của BĐKH tới đối tượng xem xét không chỉ giúp xác định được mối liên hệ giữa BĐKH với đối tượng đó, đánh giá được mức độ tác động của BĐKH đến các yếu tố và hiện tượng này. Đối với lĩnh vực khí hậu và khí tượng học, BĐKH đã làm thay đổi chế độ các hoàn lưu khí quyển từ qui mô lớn đến qui mô nhỏ, kéo theo sự biến đổi của nhiều hiện tượng thời tiết hoặc khí hậu ở các khu vực nhỏ. Do đó, để đánh giá được tác động của BĐKH tới hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc, cần thiết phải nghiên cứu đánh giá được mối liên hệ giữa hoạt động của các hiện tượng này với xu thế biến đổi của các hoàn lưu qui mô lớn trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó, cũng cần phải xem xét mối liên hệ của các hiện tượng này với thời kỳ hoạt động của hiện tượng ENSO.

Để xác định được xu thế biến đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong giai đoạn 2020-2100, có 2 cách tiếp cận có thể được sử dụng gồm: 1) Hạ qui mô thống kê dựa trên các kịch bản BĐKH toàn cầu của IPCC; và 2) Hạ qui mô động lực thông qua các mô hình khí hậu khu vực. Theo thuyết minh đề tài được phê duyệt, giai đoạn dự tính là 2020-2050. Tuy nhiên, để có cái nhìn xa hơn cho giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21, đề tài sẽ thực hiện dự tính cho giai đoạn 2020-2100. Do đề tài hướng tới các hiện tượng mang tính cực đoan và có tính không gian nên việc áp dụng cách tiếp cận thống kê cho điểm trạm là không phù hợp. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cách tiếp cận hạ qui mô động lực thông qua các mô hình khí hậu khu vực để dự tính sự thay đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong giai đoạn 2020-2100. Mô hình khí hậu RegCM và WRFcl được sử dụng để dự tính biến đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong giai đoạn 2020-2100.

Theo báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5) của IPCC, các kịch bản A1, A1B, A2 đã được thay thế bằng các kịch bản RCP2.6 (kịch bản khí nhà kính nồng độ thấp), RCP4.5 (nồng độ trung bình thấp), RCP6.0 (nồng độ trung bình cao) và RCP8.5 (nồng độ cao). Trong nghiên cứu này, chúng tôi chỉ sử dụng các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 để dự tính xu thế biến đổi của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong giai đoạn 2020-2100. Việc lựa chọn các kịch bản này là để xem xét tác

động của phát thải trung bình và phát thải cao trong tương lai đến các hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất thường như thế nào.

Dựa trên các kết quả dự tính BDKH cho giai đoạn 2020-2100 bằng các RCM theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 nói trên, việc xác định số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong giai đoạn 2020-2100 theo chỉ tiêu xác định cho mô hình được tìm ra ở nội dung 1 sẽ được thực hiện. Các phân tích xu thế biến đổi của các hiện tượng này trong giai đoạn 2020-2100 được tiến hành dựa trên các phương pháp thống kê và có kiểm chứng thống kê để đảm bảo xu thế tìm được đảm bảo tính thống kê.

Để cung cấp thông tin khách quan và định lượng cho việc giám sát số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc, nhất thiết phải xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa cho các hiện tượng này. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cách tiếp cận hạ qui mô động lực để xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa cho các hiện tượng nói trên. Hệ thống dự báo hạn mùa này sẽ được phát triển dựa trên các mô hình RCM sử dụng trong dự tính số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong giai đoạn 2020-2050. Mô hình RCM có chất lượng tốt nhất sẽ được lựa chọn để triển khai trong dự báo nghiệp vụ. Số liệu đầu vào cho các RCM được lấy từ số liệu dự báo của mô hình CFS của NCEP. Hệ thống sẽ hướng tới dự báo tổ hợp thay vì tất định (chỉ cung cấp duy nhất một dự báo tại mỗi phiên dự báo). Hệ thống sẽ được hiệu chỉnh và đánh giá dựa trên chuỗi số liệu 2014-2018. Để nâng cao chất lượng dự báo hạn mùa từ các RCM, đề tài sẽ nghiên cứu sử dụng một số phương pháp hiệu chỉnh thống kê để loại bỏ sai số hệ thống trong các trường dự báo được sử dụng để xác định số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc. Các sản phẩm dự báo hạn mùa từ hệ thống RCM không chỉ cung cấp cho dự báo viên các trường khí quyển và còn cung cấp các dự báo về số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc.

Trong dự báo tác nghiệp, khái niệm “*giám sát*” được hiểu là việc theo dõi liên tục diễn biến của hiện tượng quan tâm và liên tục cung cấp thông tin dự báo về hiện tượng đó. Do đó, hệ thống giám sát số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong nghiên cứu này sẽ được xây dựng theo cách tiếp cận nói trên. Cụ thể, từ hệ thống dự báo dự báo

hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc được xây dựng ở trên, nghiên cứu đề xuất qui trình nghiệp vụ sẽ được thực hiện để hướng tới mục tiêu chạy nghiệp vụ với tần suất 6 lần/tháng. Tiếp theo, các chương trình chiết xuất sản phẩm phục vụ dự báo sẽ được nghiên cứu phát triển. Để hỗ trợ dự báo viên trong quá trình tác nghiệp và người sử dụng (cộng đồng), phần mềm hỗ trợ khai thác sản phẩm sẽ được phát triển để cung cấp các sản phẩm, bản tin cảnh báo, dự báo theo cả góc độ chuyên môn và hỗ trợ ra quyết định. Phần mềm này sẽ có tính năng cung nhận phản hồi từ người dùng.

2.2. Phương pháp xác định các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc

Theo Perkins (2015) [106], cho đến nay không có bất kỳ tiêu chí chung nào được chấp nhận để xác định các hiện tượng thời tiết hoặc khí hậu cực trị. Cụ thể, đối với các đợt nóng cực trị trong mùa đông, Perkins (2015) [106] cho rằng hầu hết các nghiên cứu đề xuất sử dụng tiêu chí “là một chuỗi các ngày liên tiếp có giá trị nhiệt độ không khí lớn hơn một ngưỡng đưa ra”. Giá trị của chuỗi các ngày phụ thuộc vào đối tượng nghiên cứu. Đối với các nghiên cứu về các đợt nóng trong mùa đông ở Châu Âu, giá trị 3 ngày liên tiếp thường được sử dụng trong các nghiên cứu khí hậu (Nairn và Fawcett (2011) [98], Perkins (2015) [106]). Ngưỡng xác định hiện tượng cực trị cũng thay đổi tùy thuộc vào đối tượng và khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, theo khuyến cáo của IPCC (2013) [72], nên sử dụng các giá trị phân vị cao để làm tiêu chí xác định. Việc mô tả các tiêu chí lựa chọn và phương pháp xác định các đợt nóng cũng như so sánh giữa các phương pháp đã được công bố trong nhiều công trình nghiên cứu (Perkin và Alexander (2013) [108], Smith và cộng sự (2013) [118], You và cộng sự (2017) [139]).

Tương tự, đối với các hiện tượng lạnh cực trị, cũng có nhiều tiêu chí xác định được đưa ra. Ví dụ, Park và cộng sự (2011b) [103] đã nghiên cứu các đặc trưng về tần suất hoạt động của số ngày lạnh và đợt lạnh cực trị trên khu vực Đông Á và sử dụng mức độ giảm nhiệt độ ngày và cường độ của áp cao lạnh Siberian để làm tiêu chí xác định. Tuy nhiên, cũng có một số nghiên cứu sử dụng các giá trị phân vị để làm tiêu chí xác định như nghiên cứu của Shabbar và Bonsal (2003) [115], ...

Mặc dù không có tiêu chí chung trong việc xác định các đợt lạnh và nóng cực trị/bất thường trong mùa đông, nhưng có thể nhận thấy một số đặc điểm chung trong rất nhiều nghiên cứu đó là:

1) Sử dụng giá trị nhiệt độ trung bình ngày hoặc tối cao/thấp ngày để so sánh với một ngưỡng đưa ra. Việc so sánh có thể thực hiện trực tiếp hoặc thông qua các đại lượng dẫn xuất (ví dụ như mức độ giảm nhiệt). Việc xác định theo cách thức này vừa qui định tính “hiếm” của sự kiện xảy ra nhưng cũng cho biết cường độ của hiện tượng;

2) Việc xác định hiện tượng có hay không có xảy ra đều thực hiện tại điểm trạm cho số liệu quan trắc hoặc trên lưới mô hình sau khi đã được nội suy về trạm hoặc lấy trung bình theo khu vực.

Với nhận định ở trên, trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất hai cách thức xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông (được định nghĩa là từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau) trên khu vực miền núi phía Bắc dựa trên mức độ giảm nhiệt độ và phân vị. Do các đợt lạnh và nóng bất thường về bản chất được coi là các sự kiện hiếm nên trong nghiên cứu này chúng tôi không xác định tách biệt theo các khái niệm “ngày” và “đợt” như trong tổng kết về KKL hay nắng nóng. Các phần dưới đây sẽ sử dụng chung thuật ngữ “đợt” để thống nhất với đề cương đề tài. Tuy nhiên, trong phần xác định số lượng thì được tính theo đại lượng “ngày”. Các phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về phương pháp xác định theo hai tiêu chí này.

2.2.1. Phương pháp xác định cho số liệu quan trắc tại trạm

2.2.1.1. Các đợt lạnh bất thường

a) Theo mức độ giảm nhiệt độ (PA1)

Phương pháp xác định các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên mức độ giảm nhiệt độ được đề xuất dựa trên nghiên cứu của Park và cộng sự (2011b) [103]. Để xác định các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ, trong nghiên cứu này chúng tôi dựa trên chỉ tiêu mức độ giảm nhiệt độ trung bình ngày so với khí hậu để xác định. Một ngày được xác định là thỏa mãn điều kiện xảy ra lạnh bất thường nếu ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn ngưỡng T (là tổng giữa nhiệt độ trung bình ngày trung bình nhiều năm của tháng đang xét với độ lệch chuẩn tương ứng). Cụ thể, nếu gọi $T_{TBN}^{i,j,k,l}$ là nhiệt độ trung bình ngày tại trạm thứ i của ngày

thứ j trong các tháng thứ k (k chạy từ tháng 11 đến hết tháng 3 năm sau) và năm thứ l . Khi đó ta sẽ tính được các đại lượng như sau:

- Nhiệt độ trung bình tháng $T_{TBT}^{i,k,l}$ cho từng tháng trong giai đoạn 1979-2019 như trong công thức (2.1) trong đó D là số ngày trong tháng thứ k .

$$T_{TBT}^{i,k,l} = \frac{1}{D} \sum_{j=1}^N T_{TBN}^{i,j,k} \quad (2.1)$$

- Nhiệt độ trung bình nhiều năm $T_{TBNN}^{i,k}$ cho từng tháng thứ k như trong công thức (2.2) trong đó Y là số năm trong giai đoạn 1979-2019.

$$T_{TBNN}^{i,k} = \frac{1}{Y} \sum_{l=1}^Y T_{TBT}^{i,k,l} \quad (2.2)$$

- Chuẩn sai khí hậu của nhiệt độ trung bình ngày $\sigma_{TBNN}^{i,k}$ cho từng tháng thứ k như trong công thức (2.3):

$$\sigma_{TBNN}^{i,k} = \sqrt{\frac{1}{(Y-1)(D-1)} \sum_{l=1}^Y \sum_{j=1}^D (T_{TBN}^{i,j,k,l} - T_{TBNN}^{i,k})^2} \quad (2.3)$$

- Ngưỡng xác định các đợt lạnh bất thường theo công thức (2.4):

$$\delta T^{i,k} = T_{TBNN}^{i,k} + \sigma_{TBNN}^{i,k} \quad (2.4)$$

Quá trình xác định ngày xảy ra đợt lạnh bất thường được thực hiện riêng rẽ tại từng điểm trạm và qui trình xác định gồm 2 bước như sau:

1. Xác định tháng lạnh bất thường: thực hiện tính độ lệch $\Delta T_{TBT}^{i,k,l} = T_{TBT}^{i,k,l} - \delta T^{i,k}$ cho từng tháng trong giai đoạn 1979-2019, Nếu độ lệch dương, thì nền nhiệt độ trung bình của tháng đó được coi là ấm hơn so với khí hậu, bỏ qua tháng này. Ngược lại, nếu âm thì nhiệt độ trung bình của tháng đó được coi là lạnh hơn so với khí hậu. Quá trình tính toán này được thực hiện riêng rẽ cho từng tháng trong giai đoạn 1979-2019 và từng điểm trạm được nghiên cứu. Giả sử tìm được N trong M tháng của giai đoạn 1979-2019 ($N \leq M$) thỏa mãn tiêu chí có nền nhiệt độ trung bình tháng nhỏ hơn so với ngưỡng chuẩn.

2. Xác định ngày lạnh bất thường: tại từng tháng trong N tháng được tìm thấy, tiếp tục tính độ lệch giữa nhiệt độ trung bình ngày ($T_{TBN}^{i,j,k,l}$) so với ngưỡng $\delta T^{i,k}$: $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} = T_{TBN}^{i,j,k,l} - \delta T^{i,k}$. Một ngày thỏa mãn điều kiện lạnh bất thường xảy ra khi $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} < 0$.

b) Theo phân vị của phân bố nhiệt độ trung bình ngày (PA2)

Phương pháp xác định các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên phân vị được đề xuất dựa trên nghiên cứu của Shabbar và Bonsal (2003) [115]. Nếu gọi $T10p_{i,j,k}$ là phân vị 10 của giá trị nhiệt độ trung bình ngày tại trạm thứ i của tháng thứ j trong tháng thứ k , thì một ngày được xác định là xảy ra đợt bất thường nếu nhiệt độ trung bình của ngày đó $T_{TBN}^{i,j,k,l}$ nhỏ hơn so với $T10p_{i,j,k}$. Giá trị phân vị 10 được tính cho từng ngày trong các tháng mùa đông (từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau) dựa trên phương pháp của IPCC trong đó sử dụng tập số liệu của chuỗi số liệu 10 ngày (trong đó ngày đang xét là ngày thứ 5) của giai đoạn 1979-2019 để tính toán. Chi tiết về phương pháp tính có thể tham khảo trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2010) [22].

Với 2 cách xác định đề xuất ở trên, mức độ thỏa mãn điều kiện “sự kiện hiếm” sẽ phụ thuộc nhiều vào mức độ giảm nhiệt hoặc mức độ nhỏ hơn so với phân vị 10. Cụ thể, theo PA1, rõ ràng kết quả xác định cho tiêu chí $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} < 0$ sẽ khác với $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}) < 2^{\circ}C$ và sẽ rất khác với $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}) < 4^{\circ}C$. Hay nói cách khác, số lượng các ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra lạnh bất thường sẽ rất nhạy với tiêu chí xác định đưa ra. Để khảo sát tần suất xuất hiện của hiện tượng này, đảm bảo được tiêu chí “*bất thường*” (theo nghĩa sự kiện hiếm), trong phần kết quả ở chương 3 chúng tôi sẽ khảo sát tần suất xuất hiện dựa trên điều kiện $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l})$ theo các ngưỡng từ $1^{\circ}C$ đến $10^{\circ}C$ với khoảng cách $0.5^{\circ}C$ cho PA1 để có thêm cơ sở khoa học đưa ra quyết định lựa chọn ngưỡng xác định cuối cùng.

2.2.1.1. Các đợt nóng bất thường

Phương pháp xác định các đợt nóng bất thường theo PA1 và PA2 về cách thức là gần tương tự như đối với xác định các đợt lạnh bất thường. Theo PA1, do bản chất của các đợt nóng trong mùa đông về mặt cường độ, hình thái chi phối và tác động là khác rất nhiều so với hiện tượng nắng nóng xảy ra vào mùa hè, nên trong nghiên cứu này chúng tôi không sử dụng yếu tố nhiệt độ tối cao ngày để xác định và sử dụng nhiệt độ trung bình ngày. Cụ thể, qui trình xác định các đợt nóng bất thường theo PA1 như sau:

Quá trình xác định ngày xảy ra đợt lạnh bất thường được thực hiện riêng rẽ tại từng điểm trạm và qui trình xác định gồm 2 bước như sau:

1. Xác định tháng nóng bất thường: thực hiện tính độ lệch $\Delta T_{TBT}^{i,k,l} = T_{TBT}^{i,k,l} - \delta T^{i,k}$ cho từng tháng trong giai đoạn 1979-2019, Nếu độ lệch âm, thì nền nhiệt độ trung bình của tháng đó được coi là lạnh hơn so với khí hậu, bỏ qua tháng này. Ngược lại, nếu dương thì nhiệt độ trung bình của tháng đó được coi là ấm hơn so với khí hậu. Quá trình tính toán này được thực hiện riêng rẽ cho từng tháng trong giai đoạn 1979-2019 và từng điểm trạm được nghiên cứu. Giả sử tìm được N trong M tháng của giai đoạn 1979-2017 ($N \leq M$) thỏa mãn tiêu chí có nền nhiệt độ trung bình tháng nhỏ hơn so với ngưỡng chuẩn.

2. Xác định ngày nóng bất thường: tại từng tháng trong N tháng được tìm thấy, tiếp tục tính độ lệch giữa nhiệt độ trung bình ngày ($T_{TBN}^{i,j,k,l}$) so với ngưỡng $\delta T^{i,k}$: $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} = T_{TBN}^{i,j,k,l} - \delta T^{i,k}$. Một ngày thỏa mãn điều kiện lạnh bất thường xảy ra khi $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} > 0$.

Đối với việc xác định các đợt nóng bất thường theo PA2, cách làm tương tự như đối với các đợt lạnh bất thường nhưng thay vì sử dụng giá trị phân vị 10, chúng tôi sử dụng phân vị 90. Cách thức tính phân vị 90 là tương tự như tính với phân vị 10 (được tính cho từng ngày trong các tháng mùa đông (từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau) và sử dụng tập số liệu của chuỗi số liệu 10 ngày (trong đó ngày đang xét là ngày thứ 5) của giai đoạn 1979-2019 để tính toán).

Tương tự như các đợt lạnh bất thường, để khảo sát tần suất xuất hiện của các đợt nóng bất thường, đảm bảo được tiêu chí “*bất thường*”, chúng tôi sẽ khảo sát tần suất xuất hiện dựa trên điều kiện ABS($\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}$) theo các ngưỡng từ 1⁰C đến 10⁰C với khoảng cách 0.5⁰C cho PA1 để có thêm cơ sở đưa ra lựa chọn ngưỡng xác định cuối cùng.

2.2.2. Phương pháp xác định cho số liệu mô phỏng, dự tính và dự báo hạn mùa từ mô hình khí hậu khu vực

Đối với số liệu mô phỏng, dự báo hạn mùa và dự tính theo các kịch bản RCP từ các mô hình khí hậu (số liệu nhiệt độ được cung cấp trên lưới mô hình), về mặt lý thuyết có thể xác định ở trên không gian lưới như trong nghiên cứu của Park và cộng sự (2011b) [103] hoặc tại điểm trạm bằng cách nội suy các giá trị từ lưới mô hình khí hậu khu vực về. Để hạn chế thấp nhất ảnh hưởng của sự khác biệt trong độ phân giải của các mô hình khí hậu khu vực được sử dụng, sự khác biệt của các bộ số liệu mô phỏng, dự báo hạn mùa

và dự tính theo các kịch bản RCP từ các mô hình khí hậu, cũng như đảm bảo việc so sánh với kết quả xác định trên số liệu quan trắc tại trạm được khách quan và quy về cùng một hệ quy chiếu, trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn phương pháp xác định các đợt lạnh và nóng bất thường cho số liệu mô phỏng, dự báo hạn mùa và dự tính theo các kịch bản RCP từ các mô hình khí hậu trên không gian mạng lưới trạm quan trắc trong khu vực nghiên cứu.

Với lựa chọn này, số liệu nhiệt độ không khí được mô phỏng, dự báo hạn mùa và dự tính theo các kịch bản RCP từ các mô hình khí hậu sẽ được nội suy về điểm trạm. Chi tiết về phương pháp nội suy sẽ được trình bày trong mục 2.4.3 dưới đây. Số liệu nhiệt độ sau khi được nội suy về sẽ được hiệu chỉnh để hạn chế ảnh hưởng của sai số trong mô phỏng, dự báo hạn mùa và dự tính tới kết quả xác định các đợt lạnh và nóng bất thường. Chi tiết về phương pháp hiệu chỉnh nhiệt độ được đưa ra trong mục 2.4.7 dưới đây.

Việc nội suy giá trị nhiệt độ (cụ thể là biên T2m - nhiệt độ tại độ cao 2 mét) được mô phỏng, dự báo hạn mùa và dự tính theo các kịch bản RCP từ các mô hình khí hậu sẽ được thực hiện riêng rẽ cho các lát cắt thời gian khác nhau (thường cách nhau 6 giờ một) và việc hiệu chỉnh cũng được áp dụng riêng rẽ cho từng lát cắt. Sau khi đã hiệu chỉnh xong, số liệu nhiệt độ trung bình ngày sẽ được tính là trung bình cộng của giá trị nhiệt độ T2m tại tất cả các lát cắt thời gian trong ngày đang xét. Sau khi đã có số liệu nhiệt độ trung bình ngày, qui trình xác định các đợt lạnh và nóng bất thường được thực hiện như với số liệu quan trắc (xem mục 2.2.1 ở trên). Tuy nhiên, có một số điểm khác biệt trong việc tính toán các đại lượng trung bình khí hậu, chuẩn sai khí hậu và các phân vị. Cụ thể như sau:

- Đối với số liệu thời kỳ chuẩn (1986-2005): việc tính các đại lượng nói trên được thực hiện dựa trên bộ số liệu 1986-2005 và tính riêng rẽ cho từng mô hình khí hậu khu vực được sử dụng;

- Đối với số liệu dự tính biến đổi khí hậu theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5: các đại lượng trung bình khí hậu, chuẩn sai khí hậu và các phân vị được tính trong thời kỳ chuẩn sẽ được sử dụng, chỉ có số liệu dự tính hàng ngày sẽ lấy theo số liệu dự tính.

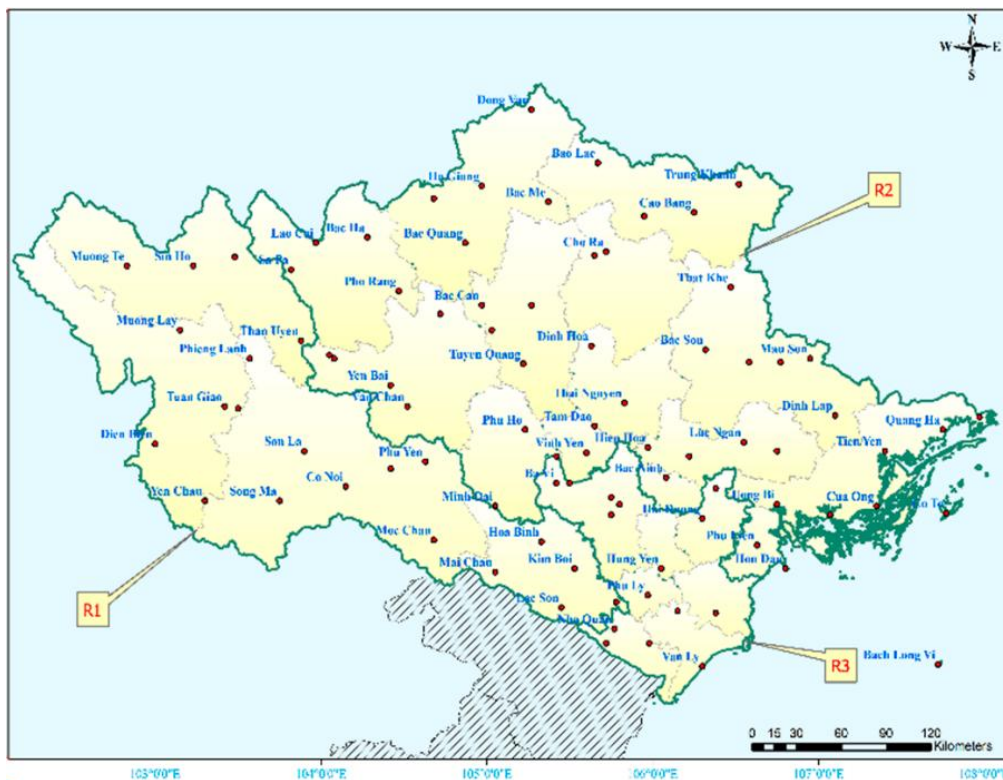
- Đối với số liệu dự báo hạn mùa cho giai đoạn thử nghiệm từ 2010-2019: việc tính các đại lượng nói trên được thực hiện dựa trên bộ số liệu 2010-2019 và tính riêng rẽ cho từng mô hình khí hậu khu vực được sử dụng.

Ở đây, chúng tôi không sử dụng bộ giá trị đã tính trong thời kỳ chuẩn khi áp dụng cho số liệu dự báo hạn mùa mặc dù sử dụng cùng một mô hình khí hậu là do sự khác biệt về độ phân giải và trường khí hậu mô hình được tạo ra trong bài toán dự tính BĐKH và dự báo hạn mùa là khác nhau hoàn toàn.

2.3. Mô tả tập số liệu nghiên cứu

2.3.1. Số liệu quan trắc tại trạm

Để có số liệu phục vụ cho việc xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong giai đoạn 1979-2019, đề tài cần thiết phải thu thập số liệu quan trắc tại các điểm trạm. Như đã trình bày ở mục 2.1, do phạm vi nghiên cứu của đề tài mở rộng ra toàn bộ Bắc Bộ, nên trong nghiên cứu này chúng tôi đã thu thập số liệu tại 84 điểm trạm quan trắc khí tượng bề mặt thuộc phạm vi quản lý của các Đài KTTV khu vực Tây Bắc, Đông Bắc, Việt Bắc và đồng bằng Bắc Bộ. Phân bố theo không gian của 84 điểm trạm này được minh họa trong hình 2.2 dưới đây. Thông tin chi tiết về 84 điểm trạm được đưa ra trong phụ lục 1. Trên thực số lượng các trạm quan trắc khí tượng bề mặt trên khu vực Bắc Bộ nhiều hơn 84 trạm, nhưng do có nhiều trạm được thành lập sau năm 1979 nên trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn 84 trạm có chuỗi số liệu trước năm 1979 để đảm bảo tính đồng nhất về mặt thời gian.



Hình 2.2. Phân bố theo không gian của 84 trạm quan trắc khí tượng bề mặt được thu thập số liệu nhiệt độ trung bình ngày trong giai đoạn 1979-2017

Số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình ngày (Ttb), nhiệt độ tối cao ngày (Tmax) và nhiệt độ tối thấp ngày (Tmin) được thu thập tại 84 điểm trạm nói trên cho 40 mùa đông (từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2019/2020). Số liệu quan trắc của 3 đại lượng này được thu thập trong tất cả các ngày từ tháng 11 của năm trước đến tháng 3 của năm sau. Nguồn số liệu được thu thập từ các Đài KTTV khu vực Tây Bắc, Đông Bắc, Việt Bắc, đồng bằng Bắc Bộ và Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV thuộc Tổng cục KTTV. Số liệu được cung cấp đã được sao lưu vào trong các tệp tin định dạng text hoặc excel. Ngoài ra, để phục vụ cho bài toán kiểm tra chất lượng số liệu quan trắc, các mã điện gốc dưới dạng AAXX cũng được thu thập. Các nguồn số liệu quan trắc của 3 đại lượng này sẽ được kiểm tra chất lượng để loại bỏ các giá trị sai hoặc nghi ngờ trước khi sử dụng vào việc xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 1979-2019.

Số liệu quan trắc Ttb sẽ được sử dụng để xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 1979-2019 theo qui trình xác định như đã trình bày trong mục 2.2 ở trên. Trong khi các yếu tố Tmax và Tmin sẽ được sử dụng để phân tích các đặc trưng nhiệt lực và cường độ của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông được tìm thấy. Phương pháp kiểm tra chất lượng số liệu quan trắc và phương pháp sao lưu nguồn số liệu này được lần lượt đưa ra trong mục 2.4.1 và 2.4.2 dưới đây.

2.3.2. Số liệu tái phân tích

Để có cơ sở khoa học giải thích cho cơ chế nhiệt động lực học cũng như các hình thái chi phối sự hình thành, phát triển và hoạt động của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 1979-2019, nguồn số liệu tái phân tích cần được sử dụng để tái tạo lại các trường khí quyển trong quá khứ thông qua các bản đồ dạng trường cũng như sử dụng trong bài toán nhận dạng hình thái khách quan dựa trên phương pháp SOM (mục 4.2.4).

Hiện tại, có rất nhiều nguồn số liệu tái phân tích được cung cấp miễn phí như JRA55 của Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA), ERA-Interim của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng nguồn số liệu ERA-Interim do đây là nguồn số liệu được đánh giá là tốt nhất hiện nay và đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu ở trong nước. Nguồn số liệu ERA-Interim được đề tài thu thập từ địa chỉ:

<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/>. Các tệp tin dữ liệu được thu thập dưới định dạng mã GRIB2 với độ phân giải 0.125×0.125 độ.

Các biến khí quyển được thu thập bao gồm:

+ Các biến bề mặt: nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét (T2m), các thành phần gió kinh hướng và vĩ hướng tại độ cao 10 mét (u10, v10), khí áp quy về mực biển trung bình (pmsl);

+ Các biến tại các mực đẳng áp 1000mb, 950mb, 925mb, 850mb, 700mb, 500mb, 300mb và 200mb: độ cao địa thế vị (H), các thành phần gió kinh hướng và vĩ hướng (U, V).

Tất cả các số liệu đều được lấy vào các phiên 00UTC, 06UTC, 12UTC và 18UTC trong các ngày của 40 mùa đông (từ 1/11 của năm trước đến 31/3 của năm sau) trong giai đoạn 1979 đến 2020. Các nguồn số liệu này được lấy về sẽ được giải mã và mã hóa về định dạng NetCDF và quản lý trong hệ thống CSDL (trình bày trong mục 2.4.2). Trên thực tế, số liệu ERA-Interim có thể tải về dưới định dạng NetCDF nhưng do bộ số liệu này được sử dụng cho nhiều mục đích, nên chúng tôi lựa chọn định dạng GRIB2 để thuận tiện cho việc nghiên cứu. Việc chuyển đổi về mã NetCDF chủ yếu phục vụ cho mục đích lưu trữ (giảm được dung lượng), hiển thị các bản đồ hình thái thời tiết và thuận tiện cho việc khai thác sau này.

2.3.3. Số liệu kịch bản biến đổi khí hậu

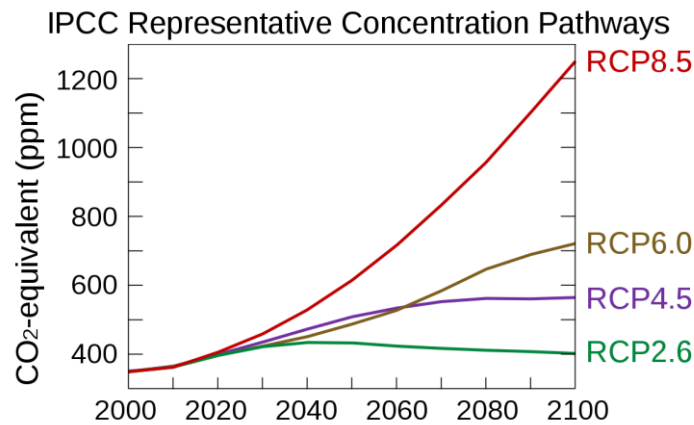
2.3.3.1. Khái quát về các kịch bản khí hậu

Thay đổi nồng độ khí nhà kính trong khí quyển là yếu tố quan trọng trong dự tính biến đổi khí hậu. Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng từ các giả định về sự thay đổi trong tương lai và quan hệ giữa phát thải khí nhà kính và các hoạt động kinh tế - xã hội, tổng thu nhập quốc dân, sử dụng đất. Năm 1990, IPCC lần đầu tiên công bố kịch bản biến đổi khí hậu trong báo cáo lần thứ nhất và bổ sung vào năm 1992. Đến năm 2000, IPCC đưa ra tập kịch bản thế hệ thứ 2 (A1, A2, B1, ...) trong Báo cáo đặc biệt về kịch bản phát thải khí nhà kính (Special Report on Emission Scenarios - SRES). Họ kịch bản này tiếp tục được dùng trong báo cáo lần thứ 3 năm 2001 (Third Assessment Report - TAR) và lần thứ 4 năm 2007 (Fourth Assessment Report - AR4).

Trong báo cáo lần thứ 5, IPCC đã xây dựng kịch bản dựa trên cách tiếp cận mới về kịch bản phát thải là kịch bản phát thải chuẩn hay đường nồng độ

khí nhà kính đại diện (RCP). Kịch bản RCP chú trọng đến nồng độ khí nhà kính chứ không phải các quá trình phát thải trên cơ sở các giả định về phát triển của kinh tế - xã hội, công nghệ, dân số như trong SRES. Nói cách khác, RCP đưa ra giả định về đích đến, tạo điều kiện cho thế giới có có nhiều lựa chọn trong quá trình phát triển kinh tế, công nghệ, dân số.

Như vậy, RCP là một con số tiêu chuẩn mà các nhà khoa học sử dụng để mô tả mật độ (hoặc lượng) CO₂ có trong bầu khí quyển, bằng cách dựa trên sự đo lường độ phản xạ nhiệt của nó (hay còn gọi là độ giữ nhiệt của hiệu ứng nhà kính), từ đó sử dụng các mô hình hoàn lưu chung khí quyển toàn cầu để dự tính mức tăng nền nhiệt khí hậu toàn cầu và lượng phát thải khí nhà kính CO₂ tương đương trong một khoảng thời gian tương lai nhất định.



Hình 2.3. Các kịch bản phát thải khí nhà kính

Các tiêu chí để xây dựng RCP bao gồm: (1) Các RCP phải được dựa trên các kịch bản đã được công bố trước đó, được phát triển độc lập bởi các nhóm mô hình khác nhau, và "đại diện" về mức độ phát thải và nồng độ khí nhà kính. Đồng thời, mỗi RCP phải mô tả hợp lý và nhất quán trong tương lai (không có sự chông chéo giữa các RCP); (2) Các RCP phải cung cấp thông tin về tất cả các thành phần của bức xạ tác động cần thiết để làm đầu vào của các mô hình khí hậu và mô hình hóa khí quyển (phát thải khí nhà kính, ô nhiễm không khí và sử dụng đất). Hơn nữa, những thông tin này là có sẵn đối với các khu vực địa lý; (3) Các RCP có thể được xác định theo số liệu trong thời kỳ cơ sở đối với phát thải và sử dụng đất, cho phép chuyển đổi giữa các phân tích trong thời kỳ cơ sở và tương lai; (4) Các RCP có thể được xây dựng cho khoảng thời gian tới năm 2100 và vài thế kỷ sau 2100. Trên cơ sở các tiêu chí trên, bốn kịch bản RCP (RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6) đã được xây dựng (xem hình 2.3 ở trên). Tên các kịch bản được ghép bởi RCP và độ lớn

của bức xạ tác động tổng cộng của các khí nhà kính trong khí quyển đến thời điểm vào năm 2100. Bức xạ tác động được định nghĩa là sự thay đổi trong cân bằng năng lượng bức xạ (năng lượng nhận được từ mặt trời trừ đi năng lượng thoát vào không gian, W/m^2) tại đỉnh tầng đối lưu (ở độ cao 10-12 km so với mặt đất) do sự có mặt của các khí nhà kính hoặc chất khác (mây, hơi nước, bụi) trong khí quyển.

Kịch bản nồng độ khí nhà kính cao (RCP8.5) được phát triển bởi Viện Phân tích hệ thống ứng dụng quốc tế, Úc. Kịch bản RCP8.5 được đặc trưng bởi bức xạ tác động tăng liên tục từ đầu thế kỷ và đạt $8,5W/m^2$ vào năm 2100, tiếp tục tăng tới $13W/m^2$ vào năm 2200 và ổn định sau đó. Kịch bản RCP8.5 tương đương với SRES A1FI. Kịch bản nồng độ khí nhà kính trung bình cao (RCP6.0) được phát triển bởi nhóm nghiên cứu mô hình AIM tại Viện Nghiên cứu Môi trường (NIES), Nhật Bản. RCP6.0 là một trong hai kịch bản trung bình với bức xạ tác động ổn định. Bức xạ tác động trong RCP6.0 tăng tới mức khoảng $6,0W/m^2$ vào năm 2100 và ổn định sau đó với giả thiết là áp dụng các công nghệ và chiến lược giảm phát thải khí nhà kính. Kịch bản RCP6.0 tương đương với kịch bản SRES B2. Kịch bản nồng độ khí nhà kính trung bình thấp (RCP4.5) được phát triển bởi nhóm nghiên cứu mô hình GCAM tại Phòng thí nghiệm quốc tế Tây Bắc Thái Bình Dương, Viện Nghiên cứu Biến đổi toàn cầu (JGCRI), Hoa Kỳ. Đây cũng là kịch bản có bức xạ tác động ổn định, trong đó tổng bức xạ tác động đạt tới mức khoảng $4,5W/m^2$ vào năm 2065 và ổn định tới năm 2100 và sau đó, không có sự tăng đột ngột trong một thời gian dài. Kịch bản RCP4.5 tương đương với SRES B1. Kịch bản nồng độ khí nhà kính thấp (RCP2.6) được phát triển bởi nhóm mô hình IMAGE của Cơ quan đánh giá môi trường Hà Lan (PBL). Trong RCP2.6, bức xạ tác động đạt đến giá trị khoảng $3,1W/m^2$ vào giữa thế kỷ, sau đó giảm về giá trị $2,6 W/m^2$ vào năm 2100 và tiếp tục giảm sau đó. Để đạt được mức bức xạ tác động thấp này, phát thải khí nhà kính phải giảm một cách đáng kể theo thời gian. Không có kịch bản SRES tương đương với kịch bản RCP2.6. Các đặc trưng của kịch bản RCP và so sánh giữa các kịch bản RCP và các kịch bản SRES được trình bày trong Bảng 2.1 dưới đây.

Kịch bản RCP4.5 dự báo lượng bức xạ nhiệt trong bầu khí quyển đạt $4,5W/m^2$ (nghĩa là lượng bức xạ nhiệt lên đến $4,5watt$ trên mỗi mét vuông khí quyển tầng thấp), hay tương đương nồng độ CO_2 ở trong bầu khí quyển chạm

mức 650ppm (phần triệu), vào thời điểm năm 2100. Đây là một kịch bản phát thải khí nhà kính tương đối an toàn, trong đó giả định nền công nghiệp và văn minh loài người sẽ thải vào bầu không khí một lượng khí CO₂ đạt đỉnh và không vượt quá 42 tỷ tấn CO₂/năm từ nay cho đến năm 2040, rồi dần dần giảm đi cho đến năm 2080, và hạ xuống còn khoảng 15 tỷ tấn CO₂/năm vào cuối thế kỷ này. Một điểm quan trọng mang tính chiến lược trong kịch bản này chính là nó phụ thuộc rất lớn vào năng lượng sinh khối.

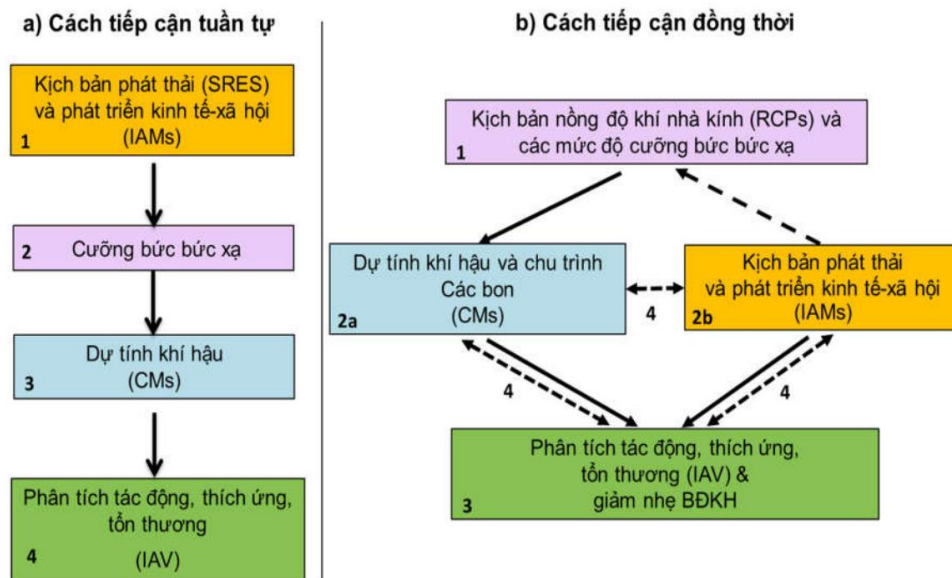
Bảng 2.1. Các đặc trưng của các kịch bản biến đổi khí hậu RCP

Tên kịch bản	Cường bức bức xạ năm 2100	Nồng độ CO _{2td} năm 2100 (ppm)	Tăng nhiệt độ toàn cầu năm 2100 (°C) so với 1986-2005	Đặc điểm đường cường bức bức xạ tới năm 2100	Kịch bản SRES tương đương
RCP2.6	2.6 W/m ²	490	1.5	Đạt cực đại 3.0 W/m ² và giảm	Không có tương đương
RCP4.5	4.5 W/m ²	650	2.4	Tăng dần và ổn định	B1
RCP6.0	6.0 W/m ²	850	3.0	Tăng dần và ổn định	B2
RCP8.5	8.5 W/m ²	1370	4.9	Tăng liên tục	A1F1

Ngoài RCP4.5, còn có các kịch bản RCP2.6, RCP6.0 và RCP8.5 (có lượng phát thải khí nhà kính cao hơn RCP4.5). IPCC (Ủy ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu của Liên Hiệp Quốc) có những kết luận rằng bề mặt Trái Đất vào cuối thế kỷ 21 sẽ có khả năng nóng thêm +1,5°C so với thời kỳ năm 1850–1900 đối với mọi kịch bản RCP, ngoại trừ RCP2.6. Và mức nhiệt này sẽ gia tăng đến +2°C đối với kịch bản RCP6.0 và RCP8.5, trong khi sẽ không nóng quá +2°C đối với kịch bản RCP4.5. Cuối cùng, nhiệt độ sẽ còn tiếp tục gia tăng thêm sau năm 2100 với mọi kịch bản RCP, ngoại trừ RCP2.6. Mức nhiệt gia tăng trên bề mặt Trái Đất trong giai đoạn từ năm 2081–2100 so với từ năm 1986–2005 được dự báo như sau: +0,3°C đến +1,7°C (kịch bản RCP2.6), +1,1°C đến +2,6°C (kịch bản RCP4.5), +1,4°C đến + 3,1°C (kịch bản RCP6.0), +2,6°C đến +4,8°C (kịch bản RCP8.5).

So với kịch bản phát thải khí nhà kính SRES , vốn được xây dựng theo cách tiếp cận tuần tự, các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội được sử dụng

làm đầu vào cho mô hình dự tính khí hậu, các kết quả dự tính khí hậu được sử dụng để phân tích tác động, đánh giá tổn thương do biến đổi khí hậu. Kịch bản cập nhật, đường phân bố nồng độ khí nhà kính đại diện (RCP) được sử dụng để thay thế cho các kịch bản SRES (xem hình 2.4 dưới đây). Các RCP được lựa chọn sao cho đại diện được các nhóm kịch bản phát thải và đảm bảo bao gồm được khoảng biến đổi của nồng độ các khí nhà kính trong tương lai một cách hợp lý. Các RCP cũng đảm bảo tính tương đồng với các kịch bản SRES (IPCC, 2007).



Hình 2.4. Cách tiếp cận trong xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu SRES và RCPs của IPCC

Tại Việt Nam , RCP4.5 và RCP 8.5 là hai kịch bản đại diện được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu dự tính và đánh giá tác động của BĐKH đến các lĩnh vực khác . Đây cũng chính là lý do tại sao trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 để thực hiện dự tính sự biến đổi trong tương lai của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Với xu thế nóng lên toàn cầu hiện nay, việc lựa chọn các kịch bản phát thải trung bình và phát thải cao là hợp lý để xem xét mức độ biến đổi của khí hậu trong tương lai, nhất là các hiện tượng khí hậu cực trị để qua đó đánh giá được mức độ

2.3.3.2. Số liệu kịch bản khí hậu của các mô hình toàn cầu được sử dụng

Để có số liệu đầu vào cho các mô hình khí hậu khu vực , cần thiết phải sử dụng số liệu dự tính BĐKH của các mô hình toàn cầu . Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng số liệu dự tính theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP8.5

của 5 mô hình hoàn lưu chung khí quyển kết hợp với mô hình đại dương (AOGCM) quy mô toàn cầu được thực hiện trong Dự án Đối chứng các Mô hình Khí hậu (*Couple Model Intercomparison Project - CMIP*). Thông tin về các mô hình này được đưa ra trong bảng 2.2 dưới đây. Các nguồn số liệu từ 5 mô hình toàn cầu này được cung cấp bởi nhóm nghiên cứu REMOCLIC của Khoa KTTV và hải dương học, Trường đại học Khoa học tự nhiên.

Bảng 2.2. Thông tin khái quát về 5 mô hình AOGCM toàn cầu được sử dụng để cung cấp số liệu kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 làm đầu vào cho các mô hình khí hậu khu vực

TT	Tên mô hình	Cơ quan phát triển	Độ phân giải (độ)	Viết tắt
1	CNRM-CM5	Centre national de Recherches Meteorologiques, France	1.41×1.40	CNRM
2	MPI-ESM-MR	Max Planck Institute for Meteorology, Germany	1.875×1.85	MPI
3	EC-Earth	EC-Earth consortium, EU	1.125×1.125	ECEA
4	CSIRO	CSIRO, Australia	1.875×1.86	CSIR
5	GFDL-ESM2M	GFDL, USA	2.5×2.0	GFDL

CNRM-CM5: là một mô hình hệ thống trái đất thiết kế để mô phỏng khí hậu. Mô hình này đồng bộ nhiều mô hình thành phần được thiết kế độc lập và kết hợp thông qua OASIS được phát triển bởi CERFACS . Các thành phần bao gồm : (1) thành phần khí quyển (ARPEGE); (2) thành phần đại dương (NEMO) phát triển bởi CMCC, CNRS, INGV, Mercator-ocean, Met-Office, NOC); (3) thành phần băng quyển (GELATO) được phát triển bởi CNEM-GAME; (4) lớp bề mặt (SURFEX) cho đất liền và tương tác khí quyển đại dương ; (5) thành phần mô phỏng dòng chảy và nước mặt (TRIP) phát triển bởi ĐH Tokyo . CNRM-CM5 có thể dùng mô phỏng khí hậu và các biến thành phần với quy mô thời gian từ vài tháng cho tới hàng thế kỉ . Đặc biệt, mô hình này đã được sử dụng để thực hiện các thử nghiệm, đánh giá trong khuôn khổ dự án CMIP5, đóng vai trò cơ sở trong các báo cáo đánh giá của IPCC . Số liệu CNRM -CM5 có thể download tại : <http://www.umr-cnrm.fr/cmip5/>

MPI-ESM-MR: Mô hình kết hợp khí quyển, đại dương và bề mặt thông qua trao đổi năng lượng, động lượng, nước, cacbon dioxide. Mô hình này dựa trên (1) thành phần khí quyển (ECHAM6) và (2) thành phần đại dương (MPIOM) cũng như (3) thành phần sinh quyển (JSBACH) và (4) quá trình hóa sinh đại dương (HAMOCC). Mô hình kết hợp khí quyển – đất và khí quyển – đại dương được thực hiện riêng rẽ dựa trên OASIS 3. MPI-ESM-MR đã được sử dụng trong dự án CMIP 5 cũng như đang được sử dụng cho pha tiếp theo của CMIP 6. MPI-ESM-MR có thể được download và sử dụng tại: <https://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpi-esm/>

EC-Earth: Được phát triển bởi cộng đồng khoa học Châu Âu thông qua thúc đẩy hợp tác quốc tế và chia sẻ rộng rãi cơ sở dữ liệu. Mục tiêu chính của EC-Earth là phát triển ESM dựa trên hệ thống dự báo mùa ECMWF, hệ thống dịch vụ cung cấp thông tin khí hậu có độ tin cậy cao và phổ biến kiến thức về hệ thống Trái đất, tính dao động và dự tính cho khoảng thời gian dài. EC-Earth là một trong những mô hình cập nhật và cải tiến nhất trong các mô hình Hệ thống Trái đất ở Châu Âu, thể hiện qua sự tham gia của nhiều dự án cũng như đóng góp quan trọng của nó vào CMIP5 và CMIP6. Các thành phần của EC-Earth bao gồm: (1) hệ thống khí quyển (IFS); (2) bề mặt (HTESSEL); (3) hệ thống đại dương; (4) hệ thống băng quyển; (5) hệ thống thực vật (LIM-GUES); (6) thành phần hóa học khí quyển (TM5). Số liệu mô hình EC-Earth có thể download tại: <http://www.ec-earth.org/>

CSIRO: Mô hình khí hậu toàn cầu CSIRO-Mk3.6.0 được phát triển bởi CSIRO, Úc với khoảng 10 nhóm nghiên cứu. Đây là mô hình kết hợp khí quyển đại dương bao gồm cả động lực băng biển. Mô hình cũng bao gồm sơ đồ chu trình Canopy với thảm thực vật. Trong phiên bản mới nhất, CSIRO đã cập nhật thêm tương tác aerosol và cập nhật sơ đồ bức xạ cải tiến. Số liệu CSIRO có thể download tại: <https://data.gov.au/dataset/>

GFDL-ESM2M: Mô hình do phòng thí nghiệm động lực (GFDL), Đại học Princeton, Mỹ phát triển. Hệ thống khí hậu trong mô hình GFDL-ESM2M được phát triển và kết hợp từ 5 thành phần tương tác bao gồm khí quyển, thủy quyển, băng quyển, bề mặt đất và sinh quyển. Trong đó thành phần quan trọng nhất là khí quyển bao gồm các quá trình vật lý như aerosol cả trong tự nhiên và nhân tạo, các quá trình vật lý mây, mưa. Hệ thống quan trọng thứ hai là bề mặt đất thì bao gồm mưa, bốc hơi, dòng chảy, hồ, sông

cũng như các thành phần trong hệ sinh thái và chu trình carbon. Hệ thống đại dương bao gồm các thành phần chính là các quá trình sóng, thông lượng âm, các dòng chảy đại dương, động lực băng, vận chuyển nước mặt và các mô hình cập nhật nhất về xáo trộn đại dương cũng như các thành phần hóa sinh và hệ sinh thái. Mô hình GFDL-ESM2M có thể download tại <https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>

2.3.4. Số liệu dự báo hạn mùa toàn cầu

Để cung cấp thông tin khách quan và định lượng cho việc giám sát số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc, nhất thiết phải xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa cho các hiện tượng này. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cách tiếp cận hạ qui mô động lực và thống kê dựa trên cách phương pháp “*dự báo hoàn hảo*” để xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa cho các hiện tượng nói trên.

Đối với cách tiếp cận hạ qui mô động lực, cần thiết phải có số liệu phân tích và dự báo từ các mô hình dự báo hạn mùa toàn cầu để cung cấp trường ban đầu và trường điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian cho các mô hình khí hậu khu vực. Hiện tại, có 2 nguồn số liệu dự báo hạn mùa toàn cầu có thể khai thác cho mục đích này ở Việt Nam gồm số liệu dự báo của mô hình CFS của NCEP và hệ thống VarEPS của ECMWF trong đó số liệu CFS được cung cấp miễn phí trên mạng Internet. Số liệu VarEPS của ECMWF có thể khai thác thông qua tài khoản được cung cấp trong hợp đồng mua số liệu ECMWF của Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia. Do đề tài hướng tới cả mục đích nghiên cứu và triển khai nghiệp vụ, nên nguồn số liệu CFS là khả thi nhất trong điều kiện hiện tại. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn nguồn số liệu CFS để làm số liệu đầu vào cho các mô hình khí hậu khu vực để phục vụ bài toán thử nghiệm dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc cũng như cung cấp các sản phẩm cần thiết cho hệ thống giám sát.

CFS (Climate Forecast System) là mô hình dự báo khí hậu của NCEP, Hoa Kỳ. Đây là mô hình kết hợp đầy đủ khí quyển – đại dương toàn cầu. Thành phần khí quyển của CFS được phát triển từ mô hình dự báo thời tiết toàn cầu GFS. Còn thành phần đại dương là mô hình đại dương Modular GFDL phiên bản 3 (MOM3). Chi tiết hơn về CFS có thể tham khảo trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2014) [23].

Hiện tại CFS đã được phát triển đến phiên bản 2, và đang được sử dụng chạy dự báo nghiệp vụ 4 lần/ngày (00, 06, 12, 18 giờ UTC), trong đó lần chạy tại 00UTC có hạn dự báo 9 tháng. Kết quả dự báo nghiệp vụ của CFS cũng chỉ được lưu trữ trong vòng 7 ngày gần nhất. Các sản phẩm dự báo của CFS được lưu thành 5 nhóm file là FLXF, PGBF, OCNH, OCNF và IPVF. Khoảng cách giữa các lát cắt thời gian có thể từng 6 giờ một hoặc từng tháng. Độ phân giải không gian của số liệu là 1 x 1 độ kinh vĩ với 37 mực theo chiều thẳng đứng từ 1000 cho đến 1 mb. Số liệu được lưu dưới dạng GRIB2.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi hướng tới xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình khí hậu khu vực với hạn dự báo 6 tháng và tập trung dự báo cho các tháng mùa đông (từ tháng 11 cho đến tháng 3 năm sau). Do đó, các số liệu dự báo hạn mùa của CFS tại các phiên dự báo bắt đầu từ tháng 6 đến tháng 9 sẽ được thu thập (thu thập đến dự báo 9 tháng). Tất cả các biến cần thiết cho mô hình khí hậu khu vực đều được thu thập. Cụ thể, 5 biến được cho trên các mực áp suất là độ cao địa thế vị (HGT), độ ẩm tương đối (RH), nhiệt độ không khí (TMP), các thành phần gió vĩ hướng (UGRD), kinh hướng (VGRD) và 2 biến bề mặt là khí áp mực biển (PMSL), nhiệt độ bề mặt biển (SST) được thu thập. Do năng lực tính toán hạn chế, nên số liệu dự báo hạn mùa của CFS chỉ được thu thập vào phiên 00UTC của các ngày 1, 6, 11, 16, 21 và 26 hàng tháng (cách 5 ngày một).

2.3.5. Các nguồn số liệu khác

Số liệu độ cao địa hình và đất sử dụng là những số liệu bắt buộc phải có khi chạy các mô hình khí hậu khu vực. Nói chung các bộ số liệu này thường được cho kèm theo mô hình và bao gồm:

- Độ cao địa hình (Topography): Được lấy nguồn số liệu của USGS với các độ phân giải khác nhau (60, 30, 10, 5, 3 và 2 phút).
- Loại đất sử dụng: Là số liệu mô tả đặc tính lớp phủ bề mặt được dùng trong việc tính các dòng trao đổi đất - khí quyển thông qua mô hình bề mặt đất (LSM). Độ phân giải của số liệu cũng có thể chọn tùy ý từ 60, 30, 10, 5, 3 và 2 phút.
- Tính chất kết cấu của đất (Soil texture): Đối với mô hình RegCM, số liệu này chỉ đòi hỏi khi mô hình được chạy với tùy chọn kết hợp với mô hình hóa học (Chemistry model) có tính đến hiệu ứng của bụi (dust).

Ngoài ra, liên quan đến các đặc tính bề mặt còn có các loại số liệu khác như albedo, nhiệt độ (và có thể cả độ ẩm) các lớp đất dưới sâu, ..

Trong nghiên cứu này số liệu thống kê về El Nino và La Nina được thu thập từ NOAA [73], trong đó một chu trình El Nino/La Nina được định nghĩa là một thời kỳ liên tục, kéo dài từ 6 tháng trở lên, có trị số trung bình trượt 5 tháng của chuẩn sai tháng nhiệt độ trung bình mặt nước biển vùng Niño 3.4 (5⁰N-5⁰S, 120⁰-170⁰W) lớn hơn hoặc bằng 0,5⁰C. Bảng 1 dưới đây đưa ra kết quả thống kê các đợt ENSO trong giai đoạn 1979-2017 trong đó có phân cấp cường độ theo 3 mức là yếu, trung bình và mạnh. Bảng 2 đưa ra kết quả phân loại ENSO theo cường độ trong giai đoạn 1979-2017.

Bảng 2.3. Thống kê chỉ số ENSO trong giai đoạn 1979-2017 [73] trong đó WE= EL Nino yếu, ME=El Nino trung bình, SE=El Nino mạnh, WL=La Nina yếu, ML=La Nina trung bình, SL=La Nina mạnh

Dạng	Năm	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
	1979-1980	0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
	1980-1981	0.3	0.1	-0.1	0	0	-0.1	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3
	1981-1982	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0	0.1	0.3	0.5	0.7
SE	1982-1983	0.7	1	1.5	1.9	2.1	2.2	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6
WL	1983-1984	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5
WL	1984-1985	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1	-1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
	1985-1986	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0
ME	1986-1987	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1	1.2
SE	1987-1988	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2
SL	1988-1989	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4
	1989-1990	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
	1990-1991	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7
ME	1991-1992	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4	1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.7
	1992-1993	0.3	0	-0.2	-0.3	-0.2	0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5
	1993-1994	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4
ME	1994-1995	0.4	0.4	0.5	0.7	1	1.2	1	0.8	0.6	0.3	0.2	0
WL	1995-1996	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2
	1996-1997	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2
SE	1997-1998	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2
ML	1998-1999	-0.7	-1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.5	-1.3	-1	-0.9	-0.9	-1
SL	1999-2000	-1	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7
WL	2000-2001	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1
	2001-2002	0	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0	0.1	0.3	0.5	0.7
ME	2002-2003	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	0.4	0	-0.2	-0.1
	2003-2004	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3
WE	2004-2005	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
WL	2005-2006	0.2	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0	0.1
WE	2006-2007	0.2	0.3	0.5	0.8	1	1	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
ML	2007-2008	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5
WL	2008-2009	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4
ME	2009-2010	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.6	1.3	1	0.6	0.1	-0.4

Dạng	Năm	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
SL	2010-2011	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2
WL	2011-2012	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1	-1	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0
	2012-2013	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3
	2013-2014	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.0
	2014-2015	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0
SE	2015-2016	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2					
WL	2016-2017	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4
WL	2017-2018	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1

2.4. Phương pháp nghiên cứu

2.4.1. Phương pháp kiểm tra chất lượng số liệu quan trắc tại trạm

Như đã biết, dung lượng mẫu và chất lượng số liệu quan trắc có vai trò quyết định đối với kết quả nghiên cứu, tính toán và nhận định. Vì nhiều lí do khác nhau, nói chung các tập số liệu quan trắc đều tiềm ẩn các dạng sai số. Những giá trị quan trắc bất hợp lý nếu không được kiểm soát sẽ tác động đến những kết quả tính toán, phân tích và có thể dẫn đến những kết luận vô nghĩa. Bởi vậy, trước khi sử dụng các tập số liệu này cần thiết phải tiến hành kiểm tra, đánh giá và xử lí những trường hợp nghi ngờ.

Đối với số liệu quan trắc tại trạm, đề tài tiến hành thu thập số liệu quan trắc T2m, Tmax và Tmin. Mặc dù các số liệu quan trắc này đã được kiểm tra chất lượng tại các Đài KTTV khu vực và Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV, quá trình khảo sát chất lượng số liệu vẫn cho thấy một số quan trắc có vấn đề. Do đó, đề tài sẽ thực hiện ba kiểm tra chất lượng sau:

- Kiểm tra khí hậu so sánh quan trắc với giá trị khí hậu. Kiểm tra này cũng thực hiện phần việc của kiểm tra vật lý do các giá trị ngưỡng được xác định dựa theo giá trị khí hậu riêng cho từng trạm.
- Kiểm tra phù hợp xác định tương thích về mặt vật lý giữa hai hay nhiều đại lượng.
- Kiểm tra không gian so sánh giá trị quan trắc với giá trị quan trắc từ các trạm xung quanh.

Kiểm tra khí hậu dựa trên đặc điểm khí hậu tại một khu vực xác định thông tin quan trắc có hợp lý hay không. Ví dụ nếu trong tháng bảy, ta nhận được một quan trắc nhiệt độ tối cao 20°C tại Hà Nội thì nhiều khả năng đây là một quan trắc sai bởi vào mùa hè, nhiệt độ tối cao thông thường tại Hà Nội

vào khoảng 35°C với sai số 4°-5°C. Kiểm tra này có độ tin cậy cao với các biến số như nhiệt độ hay độ ẩm.

Các quan trắc sau khi đã qua được khâu kiểm tra khí hậu và vật lý như trên sẽ tiếp tục trải qua khâu kiểm tra phù hợp. Hệ thống thực hiện các kiểm tra phù hợp sau: Nhiệt độ $T_{min} < T_{tb} < T_{max}$ trong đó T_{tb} là nhiệt độ trung bình ngày được tính toán từ yếu tố T_{2m} . Nếu vi phạm các yêu cầu trên, quan trắc với yếu tố tương ứng sẽ bị loại bỏ.

Cuối cùng, quan trắc ứng với mỗi yếu tố khí tượng sẽ được kiểm tra không gian. Kiểm tra không gian so sánh quan trắc tại trạm với quan trắc từ các trạm xung quanh nhằm phát hiện những bất thường có thể với số liệu đang xét. Như vậy, nguồn thông tin kiểm tra không gian dựa vào bao gồm cả các quan trắc xung quanh sẽ không loại trừ trường hợp có những quan trắc sai trong số các quan trắc này. Kiểm tra không gian hoạt động dựa trên giả thiết các quan trắc bất hợp lý xung quanh, nếu xuất hiện, chỉ chiếm một tỷ lệ nhỏ và quan trắc đang xét phải phù hợp với các quan trắc xung quanh.

Toàn bộ số liệu quan trắc của các yếu tố T_{2m} , T_{max} và T_{min} tại 84 điểm trạm được thực hiện 3 bước kiểm tra nói trên. Trong đề tài này, chúng tôi sử dụng các thuật toán kiểm tra như trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2010) [22].

2.4.2. Phương pháp thu thập và sao lưu số liệu

2.4.2.1. Quy trình thu thập và sao lưu số liệu quan trắc tại trạm

Số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình ngày (T_{tb}), nhiệt độ tối cao ngày (T_{max}) và nhiệt độ tối thấp ngày (T_{min}) được thu thập tại 84 điểm trạm nói trên cho 40 mùa đông (từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2019/2020). Số liệu quan trắc của 3 đại lượng này được thu thập trong tất cả các ngày từ tháng 11 của năm trước đến tháng 3 của năm sau. Nguồn số liệu được thu thập từ các Đài KTTV khu vực Tây Bắc, Đông Bắc, Việt Bắc, đồng bằng Bắc Bộ và Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV thuộc Tổng cục KTTV dưới nhiều định dạng khác nhau như dạng text hoặc excel. Do đó, việc tổ chức khai thác gặp rất nhiều khó khăn và tốn công sức. Để có thể chuẩn hóa, quản lý và khai thác hiệu quả nguồn số liệu này, chúng tôi đã xây dựng quy trình xử lý và sao lưu gồm 3 bước chính như sau:

Bước 1: Thu thập số liệu, tập hợp và nghiên cứu định dạng

Bước 2: Thực hiện chuẩn hóa dữ liệu về định dạng chung

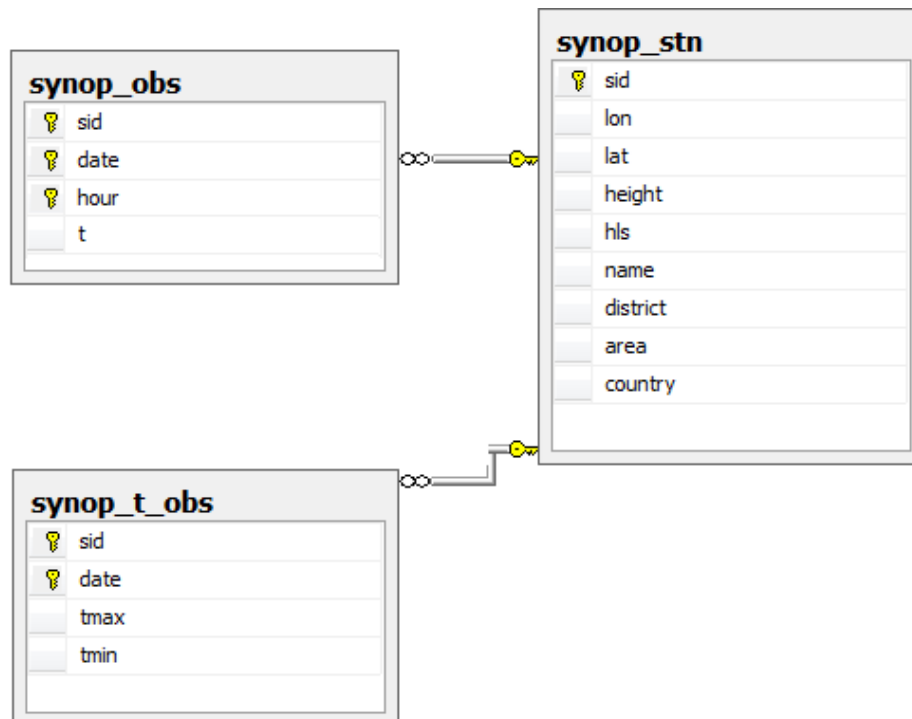
Bước 3: Kiểm tra chất lượng quan trắc

Bước 4: Sao lưu dữ liệu đã kiểm tra vào CSDL

Tại bước 2, một chương trình chạy độc lập được phát triển để đọc tất cả các định dạng số liệu được cung cấp và lưu dữ liệu ra một tệp tin có định dạng đã được qui định sẵn. Bước này đơn thuần là chuyển đổi số liệu ở các định dạng khác nhau về cùng một định dạng chung ở dạng text.

Tại bước 3, quá trình kiểm tra chất lượng quan trắc được thực hiện theo các phương pháp như đã trình bày trong mục 2.4.1 ở trên. Tại bước 4, dữ liệu sau khi được kiểm tra sẽ được mã hóa và sao lưu vào CSDL. Để đảm bảo an toàn dữ liệu, các tệp tin dữ liệu gốc tạo ra ở bước 2 cũng được sao lưu dưới dạng cấu trúc cây thư mục. Việc truy xuất dữ liệu phục vụ nghiên cứu được thực hiện trực tiếp với CSDL.

Hình 2.5 đưa ra thiết kế CSDL quản lý số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm bao gồm 3 bảng quan hệ. Ý nghĩa của từng trường trong các bảng quan hệ được lần lượt đưa ra trong các bảng 2.4, 2.5 và 2.6. Hệ quản trị PostgreSQL được sử dụng để xây dựng và quản lý CSDL này.



Hình 2.5. Mối liên kết giữa các bảng quan hệ trong CSDL quản lý số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm

Bảng 2.4: Các trường trong bảng quan hệ synop_stn của cơ sở dữ liệu sao lưu số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm

TT	Tên trường	Kiểu dữ liệu	Mô tả trường
1	Sid	Ký tự-khóa chính	Mã trạm
2	Lon	Số nguyên	Kinh độ của trạm.
3	Lon	Số nguyên	Vĩ độ của trạm.
4	Height	Số nguyên	Độ cao của trạm đã quy về mực nước biển
5	Hls	Số nguyên	Độ cao của trạm chưa quy về mực nước biển
6	Name	Ký tự	Tên trạm
7	District	Ký tự	Tên tỉnh hay thành phố.
8	Area	Ký tự	Tên khu vực
9	Country	Ký tự	Tên nước

Bảng 2.5: Tương tự bảng 2.4 nhưng cho bảng quan hệ synop_t_obs

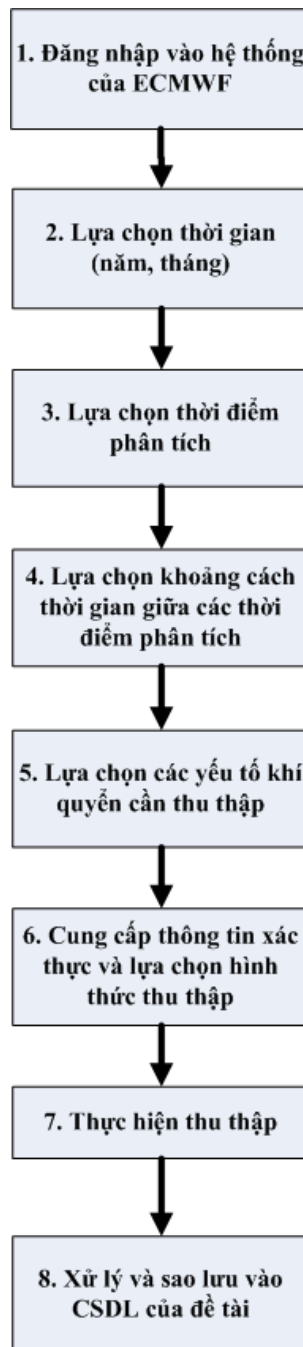
TT	Tên trường	Kiểu dữ liệu	Mô tả trường
1	Sid	Ký tự-khóa chính	Mã trạm
2	Date	Ngày giờ	Ngày, tháng và năm quan trắc
3	Tmax	Số nguyên	Nhiệt độ tối cao trong ngày
4	Tmin	Số nguyên	Nhiệt độ tối thấp trong ngày

Bảng 2.6: Tương tự bảng 2.4 nhưng cho bảng quan hệ synop_obs

TT	Tên trường	Kiểu dữ liệu	Mô tả trường
1	Sid	Ký tự-khóa chính	Mã trạm
2	Date	Ngày giờ	Ngày, tháng và năm quan trắc.
3	Hour	Số nguyên	Giờ quan trắc.
4	t	Số nguyên	Nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét

2.4.2.2. Quy trình thu thập và sao lưu số liệu tái phân tích

Như đã trình bày ở trên, các nguồn số liệu của ECMWF trong đó có số liệu ERA-INTERIM đều có thể khai thác qua hệ thống MARS của ECMWF trên môi trường Internet với điều kiện có tài khoản truy cập. Với tài khoản mua số liệu ECMWF của TTDBQG, chúng tôi đã tiến hành thu thập nguồn số liệu ERA-INTERIM từ năm 1979 đến 2019 theo qui trình như hình 2.6 dưới đây. Theo qui trình này, có tổng cộng 8 bước cần thực hiện.



Hình 2.6: Sơ đồ khối qui trình thu thập số liệu tái phân tích ERA-INTERIM của ECMWF qua môi trường Internet

Bước 1: tiến hành đăng nhập vào trang web của ECMWF qua địa chỉ trên mạng: <http://www.ecmwf.int> với tài khoản được cấp bởi TTDBTW. Sau khi đăng nhập thành công, tiếp tục truy cập vào giao diện cho khai thác số liệu ERA-INTERIM như trong hình 2.7 dưới đây. Trên giao diện này, người sử dụng sẽ tiến hành lựa chọn các thông số của bộ số liệu cần thu thập cũng như có thể xem các tài liệu mô tả chi tiết về nguồn số liệu ERA-INTERIM.

Hình 2.7: Giao diện lựa chọn các đặc trưng của tập số liệu ERA-INTERIM của ECMWF cần thu thập

Bước 2: Lựa chọn chuỗi thời gian cần thu thập gồm năm và tháng. Hệ thống cho phép người sử dụng có thể lựa chọn nhiều năm dạng liên tục hoặc rời rạc, hoặc trong 1 năm có thể chọn một hoặc nhiều tháng dạng liên tục hoặc rời rạc. Có thể nói, phương thức tùy chọn là rất linh hoạt. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn chuỗi thời gian từ 1979-2019 và đầy đủ 12 tháng trong năm

Bước 3: Lựa chọn thời điểm phân tích trong ngày. Do hệ thống đồng hóa số liệu 4DVAR tích hợp với mô hình IFS của ECMWF sử dụng cửa sổ thời gian cập nhật số liệu quan trắc là 6 giờ một nên số liệu ERA-INTERIM cũng chỉ được cung cấp tại 4 phiên phân tích chính trong ngày là 00UTC (7h sáng giờ Việt Nam), 16UTC (13 giờ VN), 12UTC (19 giờ VN) và 18UTC (1 giờ VN). Do số liệu quan trắc tại phiên 00UTC là nhiều nhất nên về mặt lý thuyết trường phân tích tại phiên 00UTC là tốt nhất. Mặt khác, do số liệu ERA-INTERIM được thu thập để phục vụ cho mục đích nghiên cứu cơ chế và đánh giá chất lượng mô phỏng của mô hình khí hậu khu vực nên trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ tiến hành thu thập cho phiên 00UTC.

Bước 4: Lựa chọn khoảng cách thời gian giữa sản phẩm đầu ra của hệ thống IFS (đối với bài toán dự báo là khoảng cách giữa các hạn dự báo bắt đầu từ cùng một thời điểm). Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn bước thời gian là 6 giờ một.

Bước 5: Lựa chọn các biến khí quyển. Rất nhiều yếu tố khí quyển được cung cấp trong nguồn số liệu ERA-INTERIM trong đó có 2 dạng biến: biến mô hình và biến dẫn xuất (biến được tính ra từ các biến mô hình thông qua các quan hệ toán học, vật lý và thống kê cho trước). Để giảm thời gian thu thập và tránh lãng phí tài nguyên (đường truyền và dung lượng lưu), trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ thu thập các biến mô hình. Cụ thể như sau:

- + Các trường tĩnh: mặt nạ đất/biển, độ cao địa hình, albedo
- + Các biến bề mặt: nhiệt độ tại độ cao 2 mét, độ ẩm riêng tại độ cao 2 mét, nhiệt độ điểm sương tại độ cao 2 mét, các thành phần gió kinh hướng và vĩ hướng tại độ cao 10 mét, khí áp qui về mực biển trung bình, khí áp bề mặt.
- + Các biến trên cao: nhiệt độ, độ ẩm, các thành phần gió, độ cao địa thế tại các mực đẳng áp chuẩn gồm 1000, 950, 900, 850, 800, 750, 700, 650, 600, 500, 300, 200 và 100mb

Với các tùy chọn biến nói trên, dung lượng số liệu cần thu thập (tính trên qui mô toàn cầu) vào khoảng 25Mb. Trong quá trình nghiên cứu, để tính được các biến khí quyển không được thu thập nhưng có thể tính được từ các biến nói trên, chúng tôi đã kế thừa bộ chương trình tính toán các biến chẩn đoán được phát triển trong nghiên cứu đề tài trước đây của TTDBQG.

Bước 6: Xác thực và lựa chọn phương thức thu thập số liệu. Sau khi việc lựa chọn đã hoàn tất, hệ thống sẽ yêu cầu người sử dụng xác thực lại lần

cuối. Nếu không có thay đổi về các lựa chọn về thời gian, phiên phân tích, biến khí quyển, ... thì hệ thống sẽ hiển thị ra giao diện thông báo đã xác thực và cho phép người sử dụng lựa chọn phương thức tải các tệp tin về. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn phương thức tải tệp tin trực tiếp từ hệ thống MARS của ECMWF thông qua Internet.

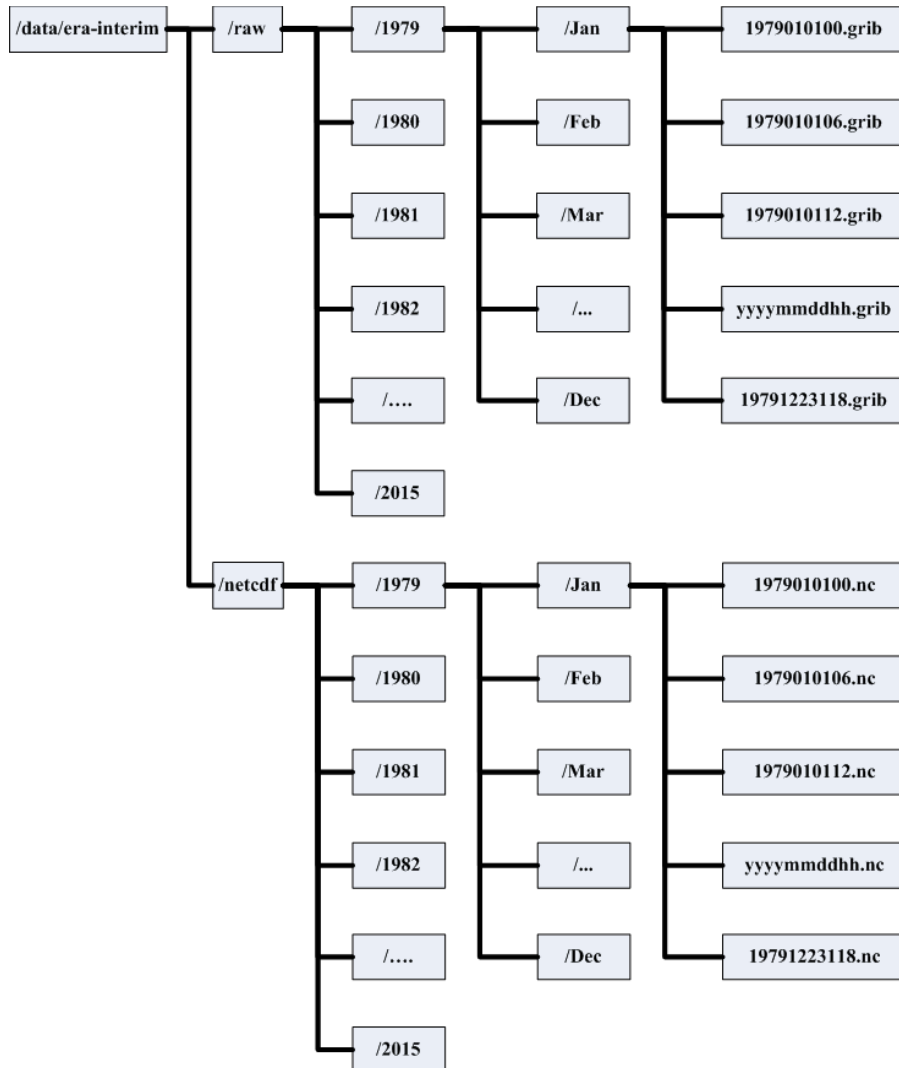
Bước 7: Thực hiện thu thập. Do dung lượng số liệu cần thu thập qua Internet rất lớn, nên chúng tôi đã sử dụng đường truyền VINAREN của Bộ KH&CN đang được ứng dụng tại TTDBTW để tăng tốc độ đường truyền và thời gian thu thập. Việc thu thập toàn bộ số liệu ERA-INTERIM cần thiết cho giai đoạn 1979-2019 đã được thực hiện trong thời gian 3 tháng và các tệp tin số liệu được thu thập về có dạng mã Grib2. Hiện tại, các nguồn số liệu này đang được sao lưu trên hệ thống lưu trữ SAN được đầu tư cho đề tài cũng như trên hệ thống lưu trữ của TTDBQG (dự phòng).

Bước 8: Xử lý số liệu thu thập được. Do ECMWF không cung cấp chức năng cắt miền số liệu trên hệ thống MARS nên các tệp tin số liệu được thu thập về đều có qui mô toàn cầu. Đây là nguyên nhân khiến việc thu thập phải mất nhiều thời gian. Tuy nhiên, do phạm vi nghiên cứu của đề tài là khu vực miền núi phía Bắc và đối tượng nghiên cứu là không khí lạnh, nên phạm vi số liệu không nhất thiết phải xử dụng trên qui mô toàn cầu. Do đó, để giảm dung lượng số liệu cần lưu trữ, giảm các khâu xử lý trung gian khi khai thác số liệu phục vụ nghiên cứu do miền số liệu không phù hợp, chúng tôi đã tiến hành xử lý miền dữ liệu trước khi đưa vào sao lưu trong hệ thống SAN. Cụ thể, miền số liệu được lựa chọn để sao lưu là từ 0°N - 40°N và 80°E - 130°E . Với miền số liệu này, dung lượng các tệp tin sao lưu số liệu giảm đi rất nhiều do với dung lượng ban đầu được thu thập về.

Do dung lượng số liệu ERA-INTERIM cho cả giai đoạn 1979-2019 là rất lớn, lên tới hàng trăm GB dữ liệu nên không thể số hóa và quản lý trực tiếp trong các hệ quản trị CSDL thông dụng hiện tại. Để quản lý và khai thác hiệu quả, nhanh chóng và thuận tiện nguồn số liệu này, bắt buộc phải sử dụng giải pháp quản lý theo cấu trúc cây thư mục và file. Cách thức quản lý này đòi hỏi phải có các phần mềm hỗ trợ khai thác. Do số liệu ERA-INTERIM được cung cấp dưới dạng mã GRIB2, và sau khi được xử lý sẽ được sao lưu về định dạng NetCDF, nên việc quản lý và khai thác nguồn số liệu này là tương đối dễ dàng

do đây đều là các định dạng phổ biến trong bài toán khí tượng và có rất nhiều công cụ hỗ trợ quản lý và khai thác được cung cấp miễn phí trên mạng.

Các tệp tin này sau khi được tải về sẽ được sao lưu trong cấu trúc cây thư mục như trong hình 2.8 dưới đây. Trong đó, thư mục gốc là **/data/era-interim**. Bên trong có 2 cây thư mục con gồm raw và netcdf để sao lưu nguồn số liệu này theo các định dạng Grib và NetCDF.



Hình 2.8: Cấu trúc cây thư mục sao lưu số liệu ERA-INTERIM của ECMWF sau khi được thu thập về dạng mã GRIB và đã được xử lý về định dạng NetCDF trên hệ thống lưu trữ SAN

Toàn bộ số liệu dạng mã GRIB2 sẽ được sao lưu bên trong thư mục **raw** với cách tổ chức các thư mục bên trong như sau:

- Cấp năm: số liệu của mỗi năm được riêng trong 1 thư mục có tên là năm số liệu. Ví dụ thư mục 1979 sẽ sao lưu toàn bộ số liệu ERA-INTERIM của năm 1979.

- Cấp tháng: số liệu của mỗi tháng trong cùng một năm được sao lưu trong 1 thư mục riêng rẽ với tên thư mục sử dụng qui ước tên viết tắt các tháng bằng tiếng Anh. Ví dụ thư mục JAN là chứa số liệu ERA-INTERIM của toàn bộ tháng 1. Như vậy, bên trong mỗi thư mục năm sẽ có 12 thư mục con chứa số liệu ERA-INTERIM của 12 tháng trong năm đó
- Cấp tệp tin: là các file có định dạng GRIB chứa số liệu cụ thể cho từng ngày của tháng. Các tệp tin này có tên file được qui ước như sau: `yyyymmddhh.grib`. Trong đó phần mở rộng tên file là `grib` sẽ dùng chung cho tất cả các tệp tin để thông báo đây là tệp tin dạng mã `grib`. Các chữ cái `yyyy` đại diện cho năm, `mm` đại diện cho tháng, `dd` đại diện cho ngày và `hh` đại diện cho giờ phân tích. Ví dụ tệp tin `1979010100.grib` sẽ chứa toàn bộ số liệu ERA-INTERIM của phiên phân tích lúc 00UTC ngày 1 tháng 1 năm 1979. Tương tự, tệp tin `1979010106.grib` sẽ chứa toàn bộ số liệu ERA-INTERIM của phiên phân tích lúc 06UTC ngày 1 tháng 1 năm 1979. Hay nói cách khác, mỗi ngày sẽ có 4 tệp tin, và tổng số tệp tin số liệu trong tháng 1 của năm bất kỳ sẽ là $4 \times 31 \text{ ngày} = 124 \text{ tệp tin}$.

Do các tệp tin số liệu ERA-INTERIM được thu thập về dưới dạng GRIB2 chỉ phù hợp để làm đầu vào cho các hệ thống mô hình khí hậu, không thích hợp cho bài toán khai thác phục vụ nghiên cứu cơ chế, đặc biệt là có dung lượng lớn và cần phải xử lý cắt miền phù hợp, nên sau khi xử lý miền số liệu, toàn bộ số liệu sẽ được sao lưu về định dạng NetCDF để giảm dung lượng lưu trữ (nhất là sau khi được nén bằng các chương trình nén file `bz2`). Các tệp tin số liệu NetCDF được tạo ra cũng sẽ được sao lưu theo cấu trúc cây thư mục giống như số liệu dạng GRIB2, chỉ khác có phần mở rộng tên file là `.nc` thay vì `.grib`.

2.4.2.3. Quy trình thu thập và sao lưu số liệu dự báo hạn mùa

Các sản phẩm đầu ra CFS có 5 thành phần là FLXF, PGBF, OCNH, OCNF và IPVF và có 3 dạng lưu đầu ra là (i) mỗi 6 giờ một cho từng thành phần, (ii) mỗi 6 giờ một và một trung bình ngày cho mỗi thành phần, (iii) chuỗi thời gian 6 giờ của 98 biến cho 4 thành phần FLXF, PGBF, OCNH, và IPVF. Mỗi ngày CFS chạy 4 lần vào 00Z, 06Z, 12Z và 18Z với các độ phân giải ngang 0.2° , 0.5° , 1° , và 2.5° và điều kiện ban đầu cho khí quyển- đại

đương được lấy từ ngày hôm trước. Ứng với mỗi độ phân giải có là các điểm kinh độ, vĩ độ khác nhau. Hiện tại CFS cung cấp số liệu của 4 thành phần dự báo khác nhau, ký hiệu bởi 01, 02, 03, 04. Các trường dự báo được trích xuất và lưu trữ theo định dạng GRIB2. Có tất cả 5 nhóm trường được lưu ở 5 nhóm tên file khác nhau (bảng 2.7). Danh mục các mực đẳng áp, đẳng nhiệt và đẳng độ sâu đại dương tại đó mô hình trích xuất số liệu được cho trong bảng 2.8.

Bảng 2.7: Danh sách các nhóm file và lưới tọa độ của các biến trường CFS

Nhóm file	Lưới tọa độ	Nhóm biến trường
FLXF	T126 (384x190 Gaussian)	10 biến bề mặt, thông lượng bức xạ, ...
PGBF	Kinh, vĩ, 1 độ	524 biến trường 3 chiều trên 37 mực khí áp
OCNH	Kinh, vĩ, 0.5 độ	222 biến trường 3 chiều trên 40 mực độ sâu đại dương
OCNF	Kinh, vĩ, 1 độ	
IPVF	Kinh, vĩ, 1 độ	103 biến trường 3 chiều trên 16 mặt đẳng nhiệt

Bảng 2.8: Danh sách các mực đẳng áp, đẳng nhiệt và đẳng độ sâu mô hình của số liệu dự báo hạn mùa từ mô hình CFS

<i>37 mực đẳng áp (hPa) chứa số liệu trong nhóm file PGBF</i>									
1000	975	950	925	900	875	850	825	800	1000
775	750	700	650	600	550	500	450	400	350
300	250	225	200	175	150	125	100	70	50
30	20	10	7	5	3	2			
<i>16 mực đẳng nhiệt (K) chứa số liệu trong nhóm file IPVF</i>									
270	280	290	300	310	320	330	350	400	450
550	650	850	1000	1250	1500				
<i>40 mực đẳng sâu (m) chứa số liệu trong các nhóm file OCNH và OCNF</i>									
4478	3972	3483	3016	2579	2174	1807	1479	1193	949

747	584	459	366	303	262	238	225	215	205
195	185	175	165	155	145	135	125	115	105
95	85	75	65	55	45	35	25	15	5

Ước tính trung bình, tổng dung lượng file có thể download là:

- [Số ngày trong tháng hiện tại (Lead Time = 0) + 6 tháng dự báo (Lead Time = 1÷6) x 30 ngày] x 4 Obs/ngày x Dung lượng file/Lần.

Nếu nhận đầy đủ, tức mô hình bắt đầu chạy từ ngày 01 của tháng hiện tại, một cách gần đúng ta có:

- 7 tháng x 30 ngày/tháng x 4 Obs /ngày = 840 Obs

Mỗi phiên dự báo như vậy cần download về 4 file (FLXF, PGBF, OCNF và IPVF) với dung lượng khoảng 40MB. Như vậy, để đáp ứng được đầy đủ số liệu cho một lần dự báo cần download một lượng số liệu khoảng:

- 840 Obs x 40MB/ Obs = 33600 MB @ 33GB

Rõ ràng đây là một con số quá lớn mà ngay cả khi có đường truyền Internet đủ mạnh cũng không thể download dữ liệu từng phiên để chạy dự báo. Trước thực tế đó, đề tài quyết định chạy mô hình 7 ngày/lần vào phiên 00UTC. Như vậy, bình quân mỗi tháng sẽ chạy 4 lần dự báo. Tùy theo ngày đứng dự báo trong tháng hiện tại là đầu tháng, giữa tháng hay cuối tháng mà dung lượng dữ liệu cần download có thể dao động trong khoảng từ 30GB-33GB/lần. Do đó mỗi tháng cần lưu giữ số liệu CFS làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên khoảng 120-130GB.

Tuy nhiên, không phải toàn bộ số liệu CFS download đều được sử dụng khi chạy mô hình. Mặc dù số lượng biến trường được cung cấp khá lớn nhưng chỉ có một số trường trong các nhóm file này được sử dụng làm số liệu đầu vào cho các RCM (bảng 2.9).

Bảng 2.9: Danh sách các biến trường CFS được sử dụng làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho các RCM

Ký hiệu biến	Mô tả
Nhóm file IPV	
PRESsfc	Khí áp bề mặt [Pa]
TMPsfc	Nhiệt độ bề mặt [K]

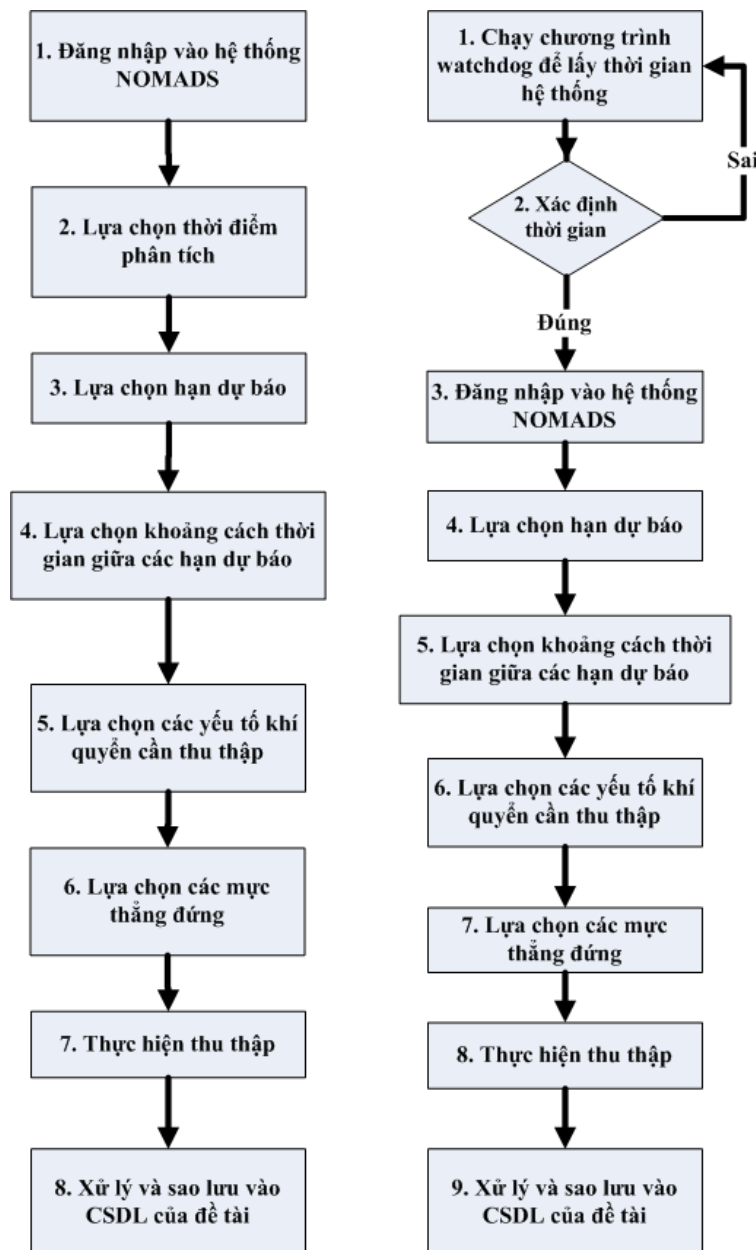
Ký hiệu biến	Mô tả
Nhóm file PGB	
HGTprs	Độ cao địa thế vị [gpm] trên 37 mực khí áp
RHprs	Độ ẩm tương đối [%] trên 37 mực khí áp
TMPprs	Nhiệt độ không khí [K] trên 37 mực khí áp
UGRDprs	Thành phần gió vĩ hướng [m/s] trên 37 mực khí áp
VGRDprs	Thành phần gió kinh hướng [m/s] trên 37 mực khí áp
PRESmsl	Khí áp mực biển trung bình [Pa]
Nhóm file OCEAN	
ICECsfc	Băng bề mặt (Có băng=1; Không băng=0) [tỷ phần]
TMPsfc	Nhiệt độ bề mặt [K]
Nhóm file FLX	
SNOWCsfc	Độ phủ tuyết bề mặt [%]
TMP_10cm	Nhiệt độ lớp đất 0-10 cm [K]
TMP10_40cm	Nhiệt độ lớp đất 10-40 cm [K]
TMP40_100cm	Nhiệt độ lớp đất 40-100 cm [K]
TMP100_200cm	Nhiệt độ lớp đất 100-200 cm [K]
SOILW0_10cm	Độ ẩm thể tích lớp đất 0-10 cm [tỷ phần]
SOILW10_40cm	Độ ẩm thể tích lớp đất 10-40 cm [tỷ phần]
SOILW40_100cm	Độ ẩm thể tích lớp đất 40-100 cm [tỷ phần]
SOILW100_200cm	Độ ẩm thể tích lớp đất 100-200 cm [tỷ phần]
WEASDsfc	Lượng tuyết tích lũy bề mặt [kg/m ²]

Như đã trình bày ở trên, CFS được chạy 4 lần/ngày (00, 06, 12, 18 giờ UTC) với hạn dự báo 9 tháng trên hệ thống tính toán của NCEP. Kết quả dự báo CFS được cung cấp miễn phí cho cộng đồng và được lưu trữ trên máy chủ của NCEP trong vòng 7 ngày gần với phiên dự báo hiện tại. Trong nghiên

cứu này, chúng tôi tiến hành thu thập số liệu CFS có độ phân giải 0.5 độ với đầy đủ các biến trên các mực thẳng đứng như đã trình bày ở trên theo địa chỉ Internet:

<http://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/cfs/prod/cfs/>

Do năng lực tính toán hạn chế, nên số liệu dự báo hạn mùa của CFS chỉ được thu thập vào phiên 00UTC của các ngày 1, 6, 11, 16, 21 và 26 hàng tháng (cách 5 ngày một) và thu thập đủ dự báo đến 9 tháng. Quy trình thu thập số liệu CFS được đưa ra trong hình 2.9 dưới đây trong đó gồm quy trình thu thập cho số liệu quá khứ và quy trình thu thập cho số liệu thời gian thực.



Hình 2.9. Sơ đồ quy trình thu thập số liệu CFS ở dạng bán tự động (số liệu quá khứ - bên trái) và tự động (số liệu nghiệp vụ - bên phải)

Đối với qui trình thu thập số liệu CFS ở dạng quá khứ:

Bước 1: tiến hành đăng nhập vào hệ thống NOMADS theo địa chỉ internet như sau:

<http://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/cfs/prod/cfs/>

Bước 2: Lựa chọn chuỗi thời gian cần thu thập gồm năm, tháng, ngày và giờ.

Bước 3: Lựa chọn hạn dự báo: lựa chọn đủ 9 tháng dự báo đầu tiên

Bước 4: Lựa chọn khoảng cách thời gian giữa sản phẩm đầu ra của hệ thống CFS (là khoảng cách giữa các hạn dự báo bắt đầu từ cùng một thời điểm). Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn bước thời gian là 6 giờ một.

Bước 5: Lựa chọn các biến khí quyển. Trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ thu thập các biến mô hình như đã mô tả trong bảng 2.9

Bước 6: Lựa chọn số mực thẳng đứng. Trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành thu thập đầy đủ 37 mực như mô tả trong bảng 2.8

Bước 7: Thực hiện thu thập. Do dung lượng số liệu cần thu thập qua Internet rất lớn, nên chúng tôi đã sử dụng đường truyền VINAREN của Bộ KH&CN đang được ứng dụng tại TTDBTW để tăng tốc độ đường truyền và thời gian thu thập. Việc thu thập toàn bộ số liệu CFS cần thiết đã được thực hiện trong thời gian 6 tháng và các tệp tin số liệu được thu thập về có dạng mã Grib2. Hiện tại, các nguồn số liệu này đang được sao lưu trên hệ thống lưu trữ SAN được đầu tư cho đề tài cũng như trên hệ thống lưu trữ của TTDBTW (dự phòng). Mỗi phiên dự báo như vậy cần thu thập về 4 dạng file gồm FLXF, PGBF, OCNF và IPVF với dung lượng tổng cộng khoảng 40MB.

Bước 8: Xử lý số liệu thu thập được. Do số liệu CFS không cung cấp chức năng cắt miền số liệu nên các tệp tin số liệu được thu thập về đều có qui mô toàn cầu. Đây là nguyên nhân khiến việc thu thập phải mất nhiều thời gian. Tuy nhiên, do phạm vi nghiên cứu của đề tài là khu vực miền núi phía Bắc và đối tượng nghiên cứu là không khí lạnh, nên phạm vi số liệu không nhất thiết phải xử dụng trên qui mô toàn cầu. Do đó, để giảm dung lượng số liệu cần lưu trữ, giảm các khâu xử lý trung gian khi khai thác số liệu phục vụ nghiên cứu do miền số liệu không phù hợp, chúng tôi đã tiến hành xử lý miền dữ liệu trước khi đưa vào sao lưu trong hệ thống SAN. Cụ thể, miền số liệu được lựa chọn để sao lưu là từ 0°N - 40°N và 80°E - 130°E . Với miền số liệu

này, dung lượng các tệp tin sao lưu số liệu giảm đi rất nhiều do với dung lượng ban đầu được thu thập về. Số liệu sau khi được xử lý miễn dự báo sẽ được sao lưu trong các tệp tin và quản lý dưới dạng cấu trúc cây thư mục.

Đối với qui trình thu thập số liệu CFS ở trạng thái nghiệp vụ:

Qui trình này áp dụng trong điều kiện nghiệp vụ nên sẽ có thêm 2 bước kiểm tra thời gian trước khi tiến hành thu thập. Quá trình thu thập sẽ có các bước tương tự như trong qui trình thu thập số liệu CFS đã qua. Cụ thể, chương trình Watchdog sẽ được cài đặt chạy ngầm trên hệ thống qua tính năng Crontab. Chương trình này sẽ tự động lấy thời gian của hệ thống để xem đã đến giờ phải thu thập số liệu CFS theo qui định hay chưa. Nếu chưa thì lập tức chuyển sang trạng thái chờ cho thời gian kế tiếp. Ở đây, chúng tôi đặt lịch trình quét là 15 phút một. Hay nói cách khác, chương trình Watchdog sẽ chạy 15 phút một lần. Nếu đã đến giờ thu thập, chương trình sẽ lập tức thực hiện các bước thu thập số liệu giống như trong qui trình thu thập số liệu CFS đã qua. Sau khi việc thu thập đã hoàn tất (không có số liệu nào bị bỏ sót), thì chương trình sẽ lập tức bật cờ báo hiệu để nếu chạy cho thời điểm tiếp theo, chương trình đã biết số liệu của phiên làm việc đã được thu thập xong và kết thúc chương trình. Cách làm này sẽ tránh được sự chông chéo và lãng phí thời gian về thu thập.

Quản lý các tệp tin số liệu CFS theo cấu trúc cây thư mục:

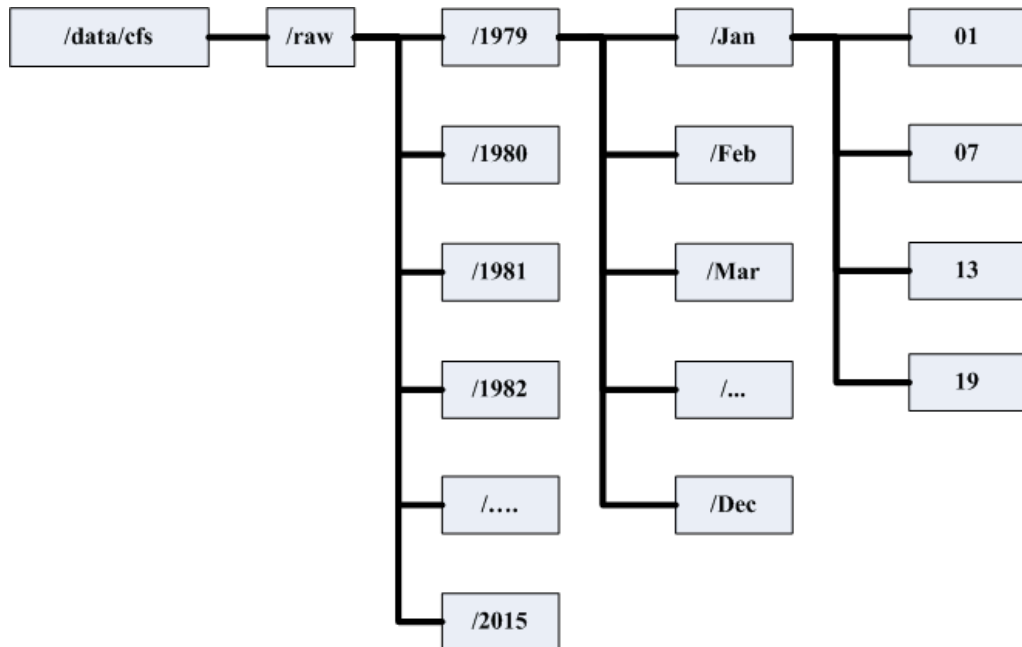
Các tệp tin số liệu CFS sau khi được tải về sẽ được sao lưu trong cấu trúc cây thư mục như trong hình 2.10 dưới đây. Trong đó, thư mục gốc là **/data/cfs**. Toàn bộ số liệu dạng mã GRIB2 sẽ được sao lưu bên trong thư mục **raw** với cách tổ chức các thư mục bên trong như sau:

- Cấp năm: số liệu của mỗi năm được riêng trong 1 thư mục có tên là năm số liệu. Ví dụ thư mục 2015 sẽ sao lưu toàn bộ số liệu CFS của năm 2015.
- Cấp tháng: số liệu của mỗi tháng trong cùng một năm được sao lưu trong 1 thư mục riêng rẽ với tên thư mục sử dụng qui ước tên viết tắt các tháng bằng tiếng Anh. Ví dụ thư mục JAN là chứa số liệu CFS của toàn bộ tháng 1. Như vậy, bên trong mỗi thư mục năm sẽ có 12 thư mục con chứa số liệu CFS của 12 tháng trong năm đó.
- Cấp ngày: số liệu của mỗi phiên dự báo vào ngày trong tháng nào thì sẽ lưu trong thư mục có tên là ngày làm dự báo. Ví dụ nếu CFS

thực hiện dự báo vào ngày 1 của tháng 1, thì thư mục chứa toàn bộ số liệu dự báo hạn mùa từ ngày 1 tháng 1 sẽ là 01.

- Cấp tệp tin: là các file FLXF, PGBF, OCNF và IPVF có định dạng GRIB chứa số liệu cụ thể cho các hạn dự báo (dự báo cho đến 7 tháng tiếp theo).

Do các tệp tin số liệu CFS được thu thập có dung lượng lớn và cần phải xử lý cắt miền phù hợp, nên sau khi xử lý miền số liệu, toàn bộ số liệu sẽ được sao lưu về định dạng NetCDF để giảm dung lượng lưu trữ (nhất là sau khi được nén bằng các chương trình nén file bz2). Các tệp tin số liệu NetCDF được tạo ra cũng sẽ được sao lưu theo cấu trúc cây thư mục giống như số liệu dạng GRIB2, chỉ khác có phần mở rộng tên file là .nc thay vì .grib.



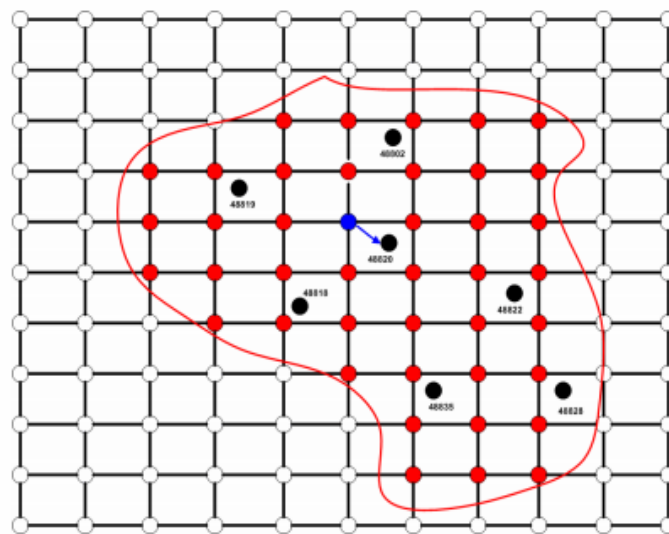
Hình 2.10. Sơ đồ cấu trúc cây thư mục sao lưu số liệu CFS

2.4.3. Phương pháp nội suy số liệu về điểm trạm

Như đã trình bày trong mục 2.1 và 2.2, không gian điểm trạm được sử dụng để xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông. Do đó, số liệu mô phỏng, dự tính theo các kịch bản BĐKH và dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình khí hậu khu vực (RCM) cần được nội suy về điểm trạm trước khi thực hiện xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc.

Về mặt lý thuyết, có thể thấy việc áp dụng các phương pháp nội suy như nội suy điểm gần nhất, nội suy tuyến tính, nội suy song tuyến tính, nội

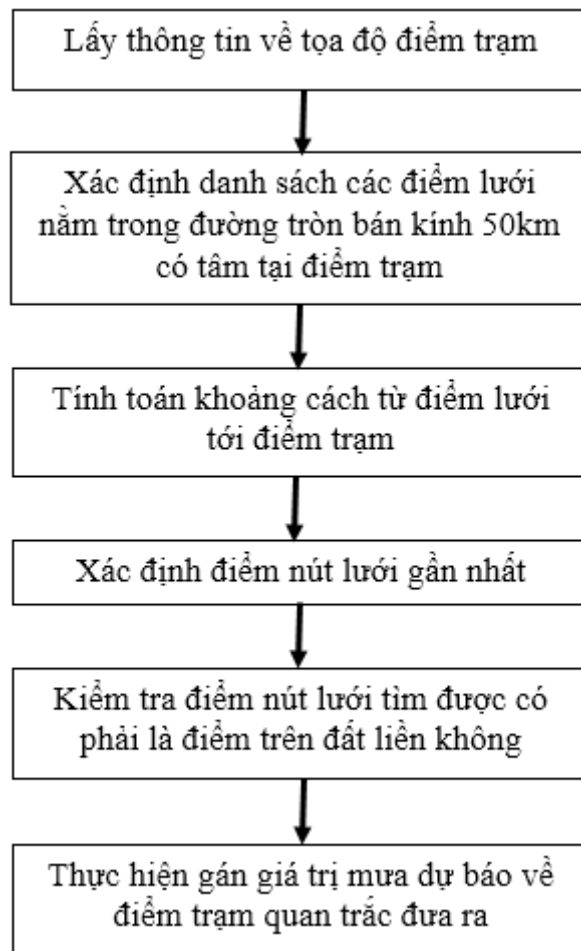
suy Spline, ... đều có thể áp dụng để đưa số liệu nhiệt độ trên lưới các mô hình khí hậu khu vực về các điểm trạm. Tuy nhiên, do khu vực miền núi phía Bắc có địa hình dốc, độ cao so với mực nước biển giữa các trạm tương đối lớn, nên để hạn chế ảnh hưởng của địa hình tới sai số nội suy, việc lựa chọn phương pháp nội suy điểm gần nhất là phù hợp nhất. Việc áp dụng các phương pháp nội suy khác có thể làm trơn trường nhiệt độ và qua đó làm mất tính địa phương của số liệu. Theo phương pháp này, từ vị trí của điểm cần nội suy, thuật toán sẽ tính toán khoảng cách của điểm nút lưới gần nhất và sử dụng giá trị tại nút lưới này để gán cho điểm nội suy (xem hình 2.11 để hiểu rõ hơn về thuật toán).



Hình 2.11: Sơ đồ minh họa phương pháp nội suy điểm gần nhất

Quy trình thực hiện nội suy số liệu mưa dự báo của RCM về điểm trạm bao gồm các bước như hình 2.12 dưới đây. Việc thực hiện nội suy được áp dụng riêng lẻ cho từng điểm trạm. Cụ thể các bước thực hiện bao gồm:

- Bước 1: Lấy thông tin tọa độ của điểm trạm cần nội suy số liệu dự báo về: kinh độ và vĩ độ dưới dạng độ trong đó có 2 số đằng sau dấu phẩy động
- Bước 2: Xác định các điểm lưới dự báo của mô hình RCM: từ tọa độ đã biết của điểm trạm, xác định một đường tròn có bán kính bằng 3 lần độ phân giải của RCM có tâm tại điểm trạm. Sau đó tìm và lựa chọn tất cả các điểm nút lưới nằm trong đường tròn này. Ở đây thuật toán masking được sử dụng để việc tìm kiếm được nhanh hơn. Các điểm nút lưới được lựa chọn sẽ được lưu với các thông tin gồm kinh độ, vĩ độ, giá trị nhận dạng là điểm nút lưới này ở đất liền hay biển và giá trị nhiệt độ dự báo theo các hạn dự báo khác nhau.



Hình 2.12. Sơ đồ quy trình nội suy số liệu RCM về điểm trạm

- Bước 3: Tính toán khoảng cách của các nút lưới mô hình RCM được xác định ở bước 2 tới điểm trạm. Công thức tính khoảng cách được tính toán theo dạng khoảng cách Euler thay vì theo tọa độ cầu. Lý do là trong phạm vi 50km tính từ trạm quan trắc thì ảnh hưởng của độ cong của bề mặt trái đất là không đáng kể, có thể bỏ qua.

- Bước 4: Xác định nút lưới của mô hình RCM gần nhất với trạm quan trắc: điểm gần nhất là điểm có khoảng cách tới trạm quan trắc là nhỏ nhất. Trong trường hợp nếu có hơn 1 điểm lưới gần nhất và có khoảng cách bằng nhau, thì sẽ ưu tiên chọn điểm nằm ở phía Đông hoặc phía Tây

- Bước 5: Kiểm tra xem nút lưới gần nhất được tìm thấy có phải là điểm trên đất liền hay không. Nếu là trên biển thì sẽ lấy điểm nút lưới gần thứ hai và tiếp tục kiểm tra. Quá trình này kết thúc khi tìm được điểm nằm trên đất liền. Lý do là quá trình vật lý ở lớp biên ở trên đất liền và biển khác nhau trong khi các trạm trong khu vực nghiên cứu đều là trạm trên đất liền.

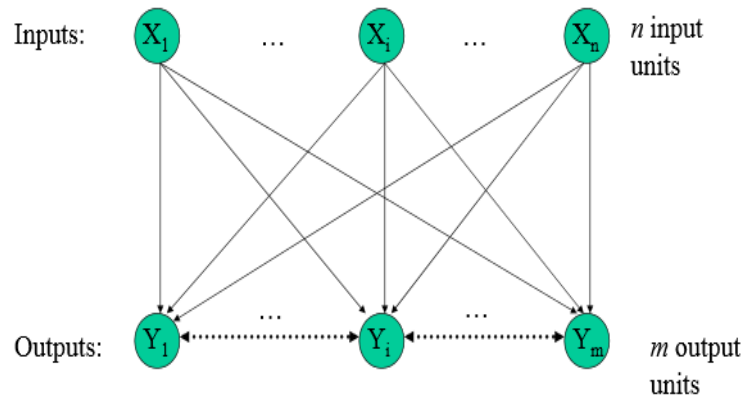
- Bước 6: gán giá trị dự báo nhiệt độ về điểm trạm và coi giá trị dự báo nhiệt độ trên nút lưới gần nhất chính là dự báo nhiệt độ tại điểm trạm để bắt đầu thực hiện đánh giá.

2.4.4. Phương pháp nhận dạng hình thể thời tiết gây ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông

Để có cơ sở khoa học cho các nhận định về cơ chế nhiệt động lực học khí quyển cũng như các hình thể chi phối sự hình thành, phát triển và hoạt động của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc, việc phân tích và nhận dạng các hình thể thời tiết chi phối trong các ngày xảy ra các hiện tượng này là hết sức cần thiết. Quá trình phân tích có thể thực hiện chủ quan dựa trên kinh nghiệm của dự báo viên bằng phương pháp phân tích hoàn lưu khí quyển. Theo cách tiếp cận này, các bản đồ hình thể thời tiết từ mặt đất lên các mực trên cao được hiển thị cho các ngày trước, trong và sau khi hiện tượng xảy ra dựa trên số liệu tái phân tích. Một cách tiếp cận khác có thể sử dụng để tăng tính khách quan của các kết quả nhận được, đó là sử dụng các phương pháp thống kê nhận dạng.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất lựa chọn phương pháp SOM để nhận dạng các hình thể thời tiết gây ra hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc. Số liệu quan trắc tại trạm và tái phân tích ERA-Interim sẽ được sử dụng để làm đầu vào cho hệ thống SOM. Phần mềm SOM được kế thừa một phần từ công trình nghiên cứu của Vũ Anh Tuấn và cộng sự (2016) [30].

Về kiến trúc, mạng SOM bao gồm 2 lớp: lớp tín hiệu hay là lớp đầu vào, và lớp nơ ron/Kohonen hay còn gọi là lớp đầu ra. Các nơ ron trong lớp đầu ra được sắp xếp trong một lưới 1 hoặc 2 chiều. Hình 2.13 minh họa bản đồ một chiều của lớp đầu ra trong đó các nơ ron được sắp xếp trong lưới một chiều. Số lượng các nơ ron trong lớp đầu vào chính là số thuộc tính của các đối tượng cần nghiên cứu. Mỗi một nơ ron trong lớp đầu vào có quan hệ truyền thẳng một chiều (feed-forward) với mỗi nơ ron trong lớp đầu ra. Điểm khác biệt trong quan hệ giữa các nơ ron trong 2 lớp của SOM so với các mạng khác là chỉ có một giá trị đầu ra cuối cùng (ví dụ như trong mạng ANN với n đầu vào có thể có m đầu ra). Giá trị đầu ra duy nhất này có thể đúng hoặc sai.



Hình 2.13: Sơ đồ minh họa các lớp đầu vào và đầu ra của mạng SOM

Trong phương pháp SOM, các tín hiệu đầu vào được giải thiết là đã chuẩn hóa sao cho $\|x\|=1$. Các tín hiệu đầu vào cho lớp đầu ra (lớp Kohonen) có thể được tính theo công thức (2.5) dưới đây:

$$y_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ji} x_i \tag{2.5}$$

trong đó n là số nơ ron đầu vào, ω_{ji} là trọng số của nơ ron đầu vào thứ i với nơ ron đầu ra thứ j . Do trên thực tế chỉ có nơ ron đầu ra duy nhất, nên thuật toán “thắng” (winner-takes-all) được sử dụng trong phương pháp SOM. Cụ thể, nơ ron trong lớp đầu ra có giá trị y_j lớn nhất sẽ là nơ ron thắng.

1. *Quá trình luyện cạnh tranh*: gọi $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)^T$ là một đối tượng được lựa chọn ngẫu nhiên từ không gian đầu vào với n là kích thước mảng của không gian đầu vào. Khi đó, véc tơ trọng số của nơ ron thứ j trong mạng đầu ra sẽ là: $w_j = (\omega_{j1}, \omega_{j2}, \omega_{j3}, \dots, \omega_{jn})^T$ với n^* là tổng số nơ ron trong lớp đầu ra. Giá trị phù hợp nhất của đối tượng đầu vào x với các véc tơ trọng số $w_1, w_2, w_3, \dots, w_{n^*}$ có thể được tìm thấy bằng cách so sánh các tích số $w_1^T x, w_2^T x, w_3^T x, \dots, w_{n^*}^T x$ và lựa chọn giá trị lớn nhất. Trên thực tế, tiêu chí phù hợp tốt nhất được dựa trên quá trình cực đại hóa tích số $w_j^T x$ sẽ tương đương về mặt toán học với quá trình cực tiểu hóa khoảng cách Ôle (Euclidean) giữa các véc tơ w_j và x . Do đó, chỉ số $i(x)$ của nơ ron thắng đối với đối tượng đầu vào x có thể xác định qua công thức (2.6) dưới đây:

$$i(x) = \arg \min_{1 \leq j \leq n^*} \|x - w_j\| \tag{2.6}$$

2. *Quá trình hợp tác*: trong quá trình này, một miền lân cận hình học (topological neighborhood) được xác định sao cho nơ ron thắng được đặt tại

trung tâm của miền của các nơ ron hợp tác. Gọi $h_{j,t}$ là miền hợp tác có tâm tại nơ ron thẳng thứ t và $d_{t,j}$ là khoảng cách xung quanh giữa nơ ron thẳng thứ t và nơ ron dễ hợp tác nhất thứ j . Khi đó, $h_{j,t}$ có thể là một hàm duy nhất của $d_{t,j}$ thỏa mãn hai điều kiện như sau:

- $h_{j,t}$ là đối xứng xung quanh điểm cực đại được xác định có $d_{t,j} = 0$
- Biên độ của $h_{j,t}$ giảm đơn điệu theo sự tăng của $d_{t,j}$ và đạt tới giá trị 0 khi $d_{t,j}$ tiến tới ∞

Thông thường, $h_{j,t}$ được giải thiết tuân theo hàm phân bố Gauss như công thức (2.7) dưới đây:

$$h_{j,t} = \exp\left(-\frac{d_{t,j}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.7)$$

trong đó σ là một tham số đo lường mức độ nơ ron dễ hợp tác trong miền hợp tác của nơ ron thẳng tham gia vào trong quá trình luyện. Trong trường hợp lưới một chiều như ở trên, khoảng cách $d_{t,j}$ có thể xác định theo công thức (2.8) như sau:

$$d_{t,j} = |t - j| \quad (2.8)$$

Trong trường hợp lưới hai chiều, khoảng cách $d_{t,j}$ có thể xác định theo công thức (2.9) dưới đây:

$$d_{t,j} = \|r_t - r_j\| \quad (2.9)$$

với r_t và r_j là các véc tơ rời rạc tương ứng xác định vị trí của nơ ron dễ hợp tác thứ j và vị trí của nơ ron thẳng thứ t .

3. *Quá trình thích ứng*: trong quá trình này, véc tơ trọng số w_j của nơ ron thứ j thay đổi theo đối tượng đầu vào x . Với giá trị đưa ra của véc tơ trọng số thứ j là $w_j^{(s)}$ tại thời điểm s hoặc lần lặp s , véc tơ trọng số mới $w_j^{(s+1)}$ tại thời điểm $s+1$ được tính theo công thức (2.10):

$$w_j^{(s+1)} = w_j^{(s)} + \eta(s)h_{j,i(x)}(s)(x - w_j^{(s)}) \quad (2.10)$$

với $\eta(s)$ là tham số đặc trưng cho tốc độ học (giảm theo hàm mũ) và xác định theo công thức (2.11) dưới đây:

$$\eta(s) = \eta_0 \exp\left(-\frac{s}{\tau_2}\right), \quad s = 0, 1, 2, \dots \quad (2.11)$$

và $h_{j,i(x)}(s)$ là hàm lân cận được tính theo công thức (2.12):

$$h_{j,i(x)}(s) = \exp\left(-\frac{d_{i(x),j}^2}{2\sigma^2(s)}\right), \quad s = 0,1,2,\dots \quad (2.12)$$

với $\sigma(s)$ được tính theo công thức (2.13) dưới đây:

$$\sigma(s) = \sigma_0 \left(-\frac{s}{\tau_1}\right) \quad (2.13)$$

các hằng số η_0 , σ_0 , τ_1 và τ_2 được mặc định như sau: $\eta_0 = 0.1$, σ_0 bằng bán kính của lưới, $\tau_1 = 1000/\log(\sigma_0)$, $\tau_2 = 1000$.

Nếu gọi D là tập dữ liệu đưa vào và d^* là số chiều của bản đồ đặc tính, giải thuật (thuật toán) thực hiện của SOM bao gồm các bước như sau:

Bước 1: Ban đầu hóa các véc tơ trọng số $w_j^{(0)}$ với $j = 1, 2, \dots, d^*$ bằng cách lựa chọn ngẫu nhiên các đối tượng trong D

Bước 2: Bắt đầu lặp

Bước 3: Gán một đối tượng x trong D với một giá trị xác suất cụ thể

Bước 4: Tìm nơ ron thắng $i(x)$ tại bước thời gian/lặp s dựa trên tiêu chí khoảng cách Ô le cực tiểu: $i(x) = \arg \min_{1 \leq j \leq d^*} \|x - w_j^{(s)}\|$

Bước 5: Cập nhật các véc tơ trọng số của tất cả các nơ ron trong lớp ra theo công thức (2.10)

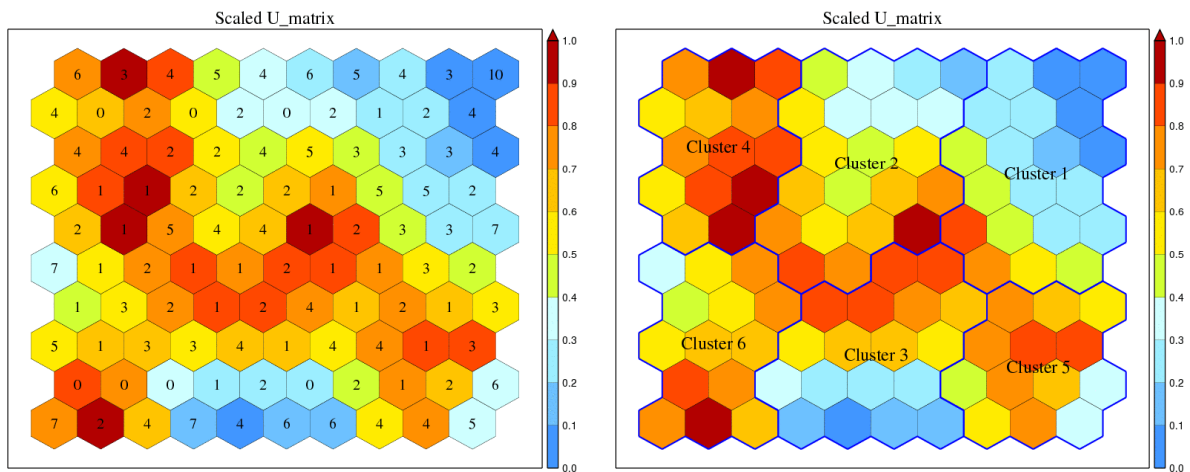
Bước 6: Lặp lại bước 2 nếu không có sự thay đổi đáng kể nào trong bản đồ đặc tính

Bước 7: Đưa ra bản đồ đặc tính

Nói chung, chất lượng phân cụm dữ liệu của phương pháp SOM bị ảnh hưởng rất nhiều bởi quá trình lựa chọn các tham số của mạng. Các tham số này bao gồm: kích thước của bản đồ đặc tính (d^*), số lần lặp, bán kính khởi tạo (σ_0), giá trị khởi tạo cho tốc độ học (η), Trên thực tế, không có một hướng dẫn cụ thể cho việc lựa chọn các tham số này ứng với các bài toán khác nhau áp dụng SOM. Do vậy, việc “thử sai” (*trial and error*) là cần thiết nhằm xác định tập các giá trị thích hợp ứng với tập dữ liệu đầu vào.

Sau khi đã chuẩn hóa dữ liệu và đưa vào phân tích PCA để lựa chọn ra các thành phần chính quan trọng từ tập dữ liệu ban đầu, bước tiếp theo là thực hiện luyện mạng SOM để tạo ra các bộ bản đồ tự thiếp lập/ma trận hai chiều các nơ ron Kohonen trong đó mỗi nơ ron chính là một véc tơ có kích thước

bằng số nơ ron đầu vào. Như đã biết, mạng SOM có 2 dạng mạng chính là mạng hình lục giác và mạng hình vuông. Để tăng khả năng “*tiếp xúc*” (trao đổi thông tin theo quan hệ vật lý) giữa các nơ ron đầu ra với nhau cũng như với các nơ ron đầu vào, chúng tôi lựa chọn mạng SOM hình lục giác trong nghiên cứu này. Hình 2.14 dưới đây minh họa các bản đồ phân cụm dữ liệu theo mức xám được tạo ra từ SOM chưa được xác định ranh giới (bên trái) và đã xác định ranh giới (bên phải) được tạo ra khi thực hiện quá trình nói trên. Từ bản đồ SOM đã xác định ranh giới, có thể xác định được số cụm dữ liệu trong bộ số liệu đầu vào. Thông tin này sẽ được sử dụng để phân loại xem từng véc tơ dữ liệu đầu vào sẽ thuộc vào nhóm dữ liệu nào (trong nghiên cứu sử dụng phương pháp K-means).



Hình 2.14. Ví dụ về bản đồ phân cụm SOM chưa xác định ranh giới các cụm (bên trái) và đã xác định ranh giới (bên phải) để đưa vào K-Means

Quá trình áp dụng phương pháp SOM để nhận dạng các hình thái thời tiết gây ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông được thực hiện như sau:

- Bước 1: Dựa trên chuỗi số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình ngày của 30 mùa đông từ mùa đông 1986/1987 đến mùa đông 2018/2019, thực hiện tính toán phân vị 10 và 90 cho nhiệt độ trung bình ngày theo phương pháp như đã trình bày trong mục 2.2.1 của chương 2 (xác định các đợt lạnh và nóng bất thường theo PA2 - sử dụng các phân vị làm ngưỡng xác định);

- Bước 2: So sánh và lựa chọn tất cả các ngày trong chuỗi số liệu 30 mùa đông ở trên thỏa mãn điều kiện có giá trị nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn phân vị 10 (cho các đợt lạnh) và lớn hơn phân vị 90 (cho các đợt nóng);

- Bước 3: Thu thập số liệu tái phân tích của các ngày thỏa mãn điều kiện ở bước 2 để đưa vào SOM tiến hành phân cụm dữ liệu. Thực hiện tách biệt cho các ngày lạnh và nóng;

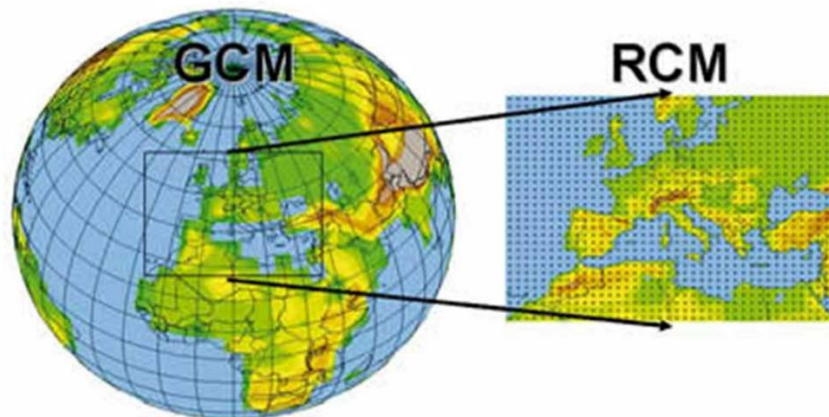
- Bước 4: Dựa trên các cụm dữ liệu đã SOM tìm ra, hiển thị các trường khí quyển của các ngày nằm trong cụm đưa ra và tiến hành phân tích hình thể thời tiết chi phối các ngày xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường.

2.4.5. Phương pháp hạ quy mô động lực cho mục đích dự tính biến đổi khí hậu và dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng ẩm bất thường

Thông thường, dự tính khí hậu tương lai cho một khu vực cụ thể thường được thực hiện bằng cách hạ quy mô động lực (dynamical downscaling) sử dụng các mô hình khí hậu khu vực (RCM) với số liệu điều kiện biên là sản phẩm dự tính của các mô hình khí hậu toàn cầu, hoặc hạ quy mô thống kê (statistical downscaling). Mỗi phương pháp hạ quy mô đều có những ưu, nhược điểm riêng. Với sự phát triển vượt bậc về năng lực tính toán và lưu trữ của các hệ thống máy tính, việc sử dụng các RCMs để hạ quy mô ngày càng được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu biến đổi khí hậu.

Phương pháp hạ quy mô động lực sử dụng mô hình khí hậu độ khu vực có độ phân giải cao tập trung vào các vùng tương đối nhỏ, sử dụng đầu ra mô hình khí hậu toàn cầu (GCM) làm các biên đầu vào của nó. Lưới mô hình khí hậu khu vực thường nằm trong dải từ 10 đến 50 km, chứa một vài đặc trưng vật lý không có trong mô hình toàn cầu để giải quyết các quá trình vật lý diễn ra trong phạm vi không gian nhỏ hơn. Trong mỗi mô hình đơn lẻ luôn tồn tại những điểm mạnh và những điểm yếu khiến cho “không một mô hình nào được xem là tốt nhất và việc sử dụng kết quả từ nhiều mô hình là quan trọng”. Nếu sai số của các mô hình khác nhau là độc lập, thì trung bình tổ hợp của các mô hình có thể được kỳ vọng sẽ tốt hơn mỗi thành phần riêng lẻ, do vậy sẽ cung cấp một dự tính “tốt nhất”. Bởi vậy, để giảm bớt tính bất định, với cùng một kịch bản phát thải, sản phẩm dự tính của nhiều mô hình khác nhau thường được sử dụng để xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu. Cách tiếp cận tổ hợp có nhiều ưu điểm nhưng lại rất phụ thuộc vào năng lực tính toán của hệ thống máy tính cũng như đòi hỏi sự đầu tư theo chiều sâu về nhân lực và thiết bị. Ở Việt Nam, việc sử dụng phương pháp tổ hợp để xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu đã bắt đầu được áp dụng cho phiên bản mới nhất.

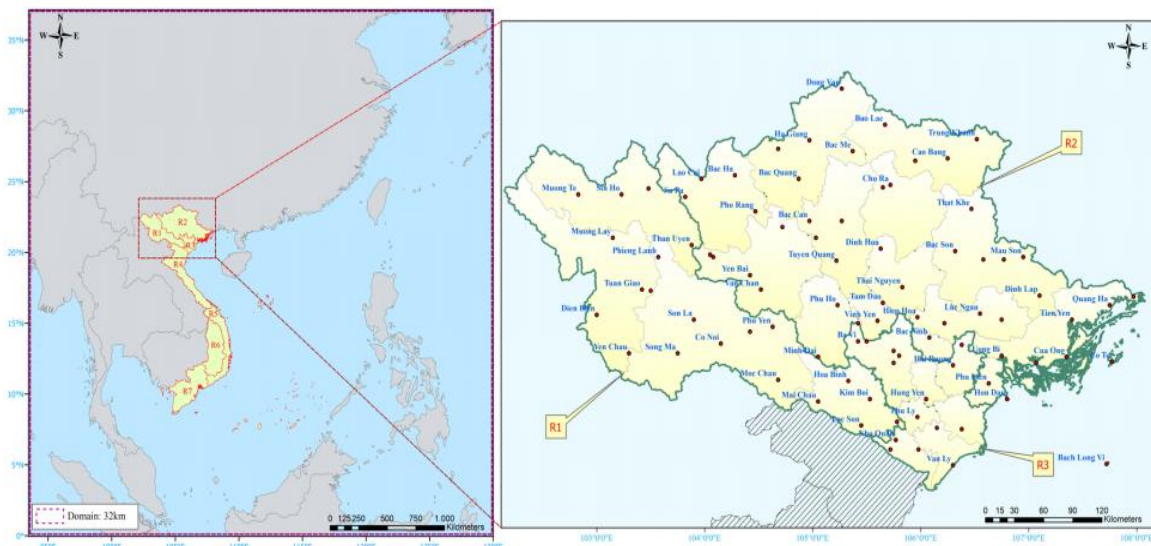
So với phương pháp hạ quy mô thống kê, phương pháp thống kê động lực có những ưu và nhược điểm cụ thể. Phương pháp thống kê linh hoạt và nhanh hơn so với phương pháp động lực, có khả năng phát triển dự tính khí hậu dựa vào các kịch bản phát thải và tính toán GCM ngay ở bất cứ độ phân giải nào. Mặc dù không cung cấp một lời giải rõ ràng về các quá trình vật lý chi phối với những quan hệ này, nhưng phương pháp thống kê có khả năng mô phỏng tác động của các quá trình thực. Tuy nhiên, phương pháp thống kê bị giới hạn bởi số liệu quan trắc, chỉ có thể được áp dụng khi có đầy đủ số liệu quan trắc trên khu vực nghiên cứu. Hơn nữa, phương pháp này dựa vào giả thiết rằng quan hệ giữa kết quả dự tính trên quy mô lớn và khí hậu địa phương duy trì không đổi trong tương lai. Ngược lại, phương pháp động lực, mặc dù chi phí lớn và mất nhiều thời gian, có thể tính toán được những thay đổi trong các quá trình vật lý so với quan trắc còn phương pháp thống kê không thể xét được những thay đổi này và dự tính sẽ được hiệu dịch theo xu hướng quá khứ. Như vậy mỗi phương pháp đều có những ưu, nhược điểm riêng do đó việc kết hợp hạ quy mô động lực và thống kê, vừa tính toán đến những thay đổi trong quá trình vật lý của hệ thống khí hậu khu vực, vừa mô phỏng quá trình thực (thể hiện qua số liệu quan trắc), là cách tiếp cận tốt nhất và thường được lựa chọn thực hiện trong nghiên cứu.



Hình 2.15. Minh họa phương pháp hạ quy mô động lực

Tại Việt Nam, rất nhiều nghiên cứu ứng dụng các RCM cho các bài toán dự tính BĐKH và hạn mùa đã được thực hiện trong 10 năm trở lại đây. Dựa trên các kết quả đạt được của các nghiên cứu này như đã trình bày trong phần tổng quan ở Chương 1, chúng tôi lựa chọn mô hình RegCM (phiên bản 4.6.2) và mô hình WRFcl để thử nghiệm dự báo hạn mùa cũng như dự tính

BĐKH. Đối với mỗi mô hình, cấu hình động lực, vật lý và miền tính toán của các mô hình được lựa chọn như nhau cho các thử nghiệm dự báo hạn mùa cũng như dự tính BĐKH. Để tăng cường khả năng nắm bắt được các hình thái thời tiết chi phối các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc, miền tích phân của hai mô hình được chọn mở rộng lên phía bắc và sang hai phía đông và tây. Cụ thể, tâm miền tính toán được chọn ở 20⁰N và 110⁰E với số nút lưới theo chiều vĩ hướng và kinh hướng như nhau và là 138 nút lưới. Tương ứng với độ phân giải là 32km theo mỗi chiều. Hình 2.16 minh họa miền tính toán cho mô hình RegCM và WRFcl và khu vực nghiên cứu của đề tài. Miền tính toán này được sử dụng cho cả mục đích dự tính sự biến đổi trong tương lai theo các kịch bản RCP4.5, RCP8.5 và thử nghiệm dự báo hạn mùa các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc.



Hình 2.16. Miền tính toán (bên trái) của các mô hình RegCM và WRFcl trong thử nghiệm dự báo hạn mùa và dự tính BĐKH và khu vực nghiên cứu (bên phải) của đề tài

Bảng 2.10 đưa ra một số thông số cấu hình của các mô hình RegCM và WRFcl trong đó sự khác biệt giữa hai mô hình chủ yếu nằm ở sơ đồ tham số hóa vật lý, sơ đồ truyền bức xạ và tham số hóa bề mặt đất. Trên thực tế, các mô hình này cung cấp rất nhiều lựa chọn cho các sơ đồ tham số hóa vật lý để phục vụ cho các mục đích nghiên cứu. Tuy nhiên, đề tài không tiến hành nghiên cứu thử nghiệm và lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý phù hợp cho bài toán hiện tại, mà việc lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý được dựa trên các nghiên cứu trong nước đã được thực hiện. Cụ thể, việc lựa chọn các sơ đồ

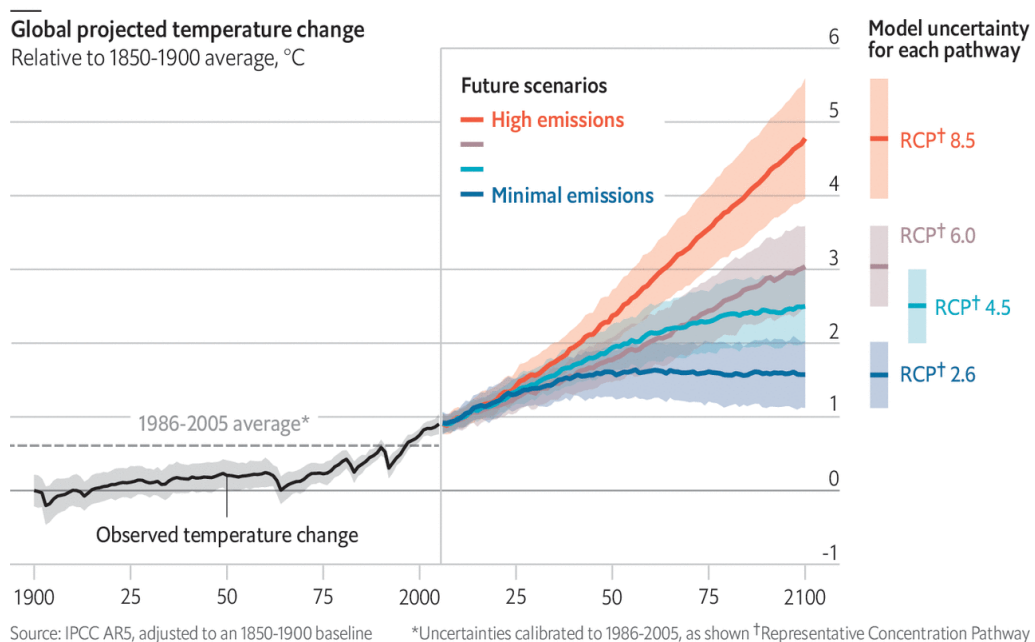
tham số hóa vật lý cho các mô hình RegCM và WRFcl trong nghiên cứu này dựa trên các kết quả nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2014) [23]. Trong mỗi mô hình khí hậu khu vực được thử nghiệm, cấu hình vật lý được lựa chọn như nhau trong các thử nghiệm dự tính sự biến đổi trong tương lai theo các kịch bản RCP4.5, RCP8.5 và thử nghiệm dự báo hạn mùa các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc. Riêng đối với thử nghiệm dự báo tổ hợp dựa trên cách tiếp cận đa vật lý và trung bình trẻ cho mô hình RegCM, tùy chọn sơ đồ tham số hóa bề mặt đất CLM được bổ sung.

Bảng 2.10: Cấu hình lựa chọn cho các mô hình khu vực

Cấu hình	RegCM (4.6.2)	WRFcl
Tâm miền tính	20°N; 110°E	20°N; 110°E
Số điểm nút lưới	138 x 138	138 x 138
Độ phân giải ngang	32km	32km
Số mực theo chiều thẳng đứng	18	18
Sơ đồ tham số hoá đối lưu	Grell-AS	Kain-Fristch
Sơ đồ bề mặt đất	BATS	Noah
Sơ đồ truyền bức xạ	CCM3	RRTM

Bản thân mỗi mô hình dự tính khí hậu có thể cho kết quả khác nhau , trong đó mỗi kết quả dự tính khí hậu riêng rẽ bao gồm cả sai số và tính bất định. Tính bất định trong kết quả dự tính khí hậu từ các mô hình khu vực thể hiện không những trong từng trường hợp cụ thể mà còn phụ thuộc cả vào bản thân động lực học và các tham số hoá vật lý của mô hình; phụ thuộc vào khu vực, thời điểm, kích thước miền tính, độ phân giải; phụ thuộc vào các kịch bản phát thải; và phụ thuộc vào điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ các mô hình toàn cầu. Do đó, việc xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu nếu chỉ dựa trên kết quả dự tính của một số ít mô hình có thể sẽ dẫn đến những kết luận không đầy đủ do tính bất định cao của sản phẩm dự tính. Tính bất định không chỉ tiềm ẩn trong sai số của mô hình mà còn chứa đựng trong các kịch bản phát thải. Vì vậy, để có các kịch bản biến đổi khí hậu đủ độ tin cậy cần phải sử dụng sản phẩm dự tính từ nhiều mô hình khác nhau, kể cả mô hình khu vực và mô hình toàn cầu.

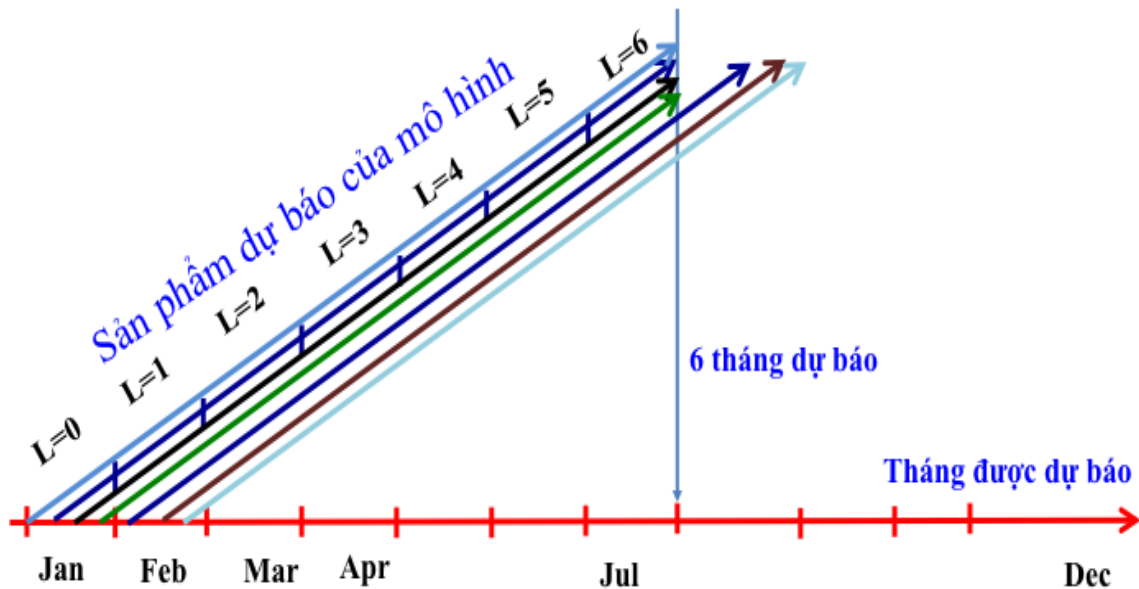
Đối với bài toán dự tính sự biến đổi trong tương lai của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc theo các kịch bản RCP4.5, RCP8.5, điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho các mô hình RegCM và WRFcl được lấy từ 5 mô hình toàn cầu gồm: (1) CNRM-CM5, (2) MPI-ESM-MR, (3) EC-Earth, (4) CSIRO-Mk3.6.0 và (5) GFDL-ESM2M (xem mục 2.3.3 ở trên). Trong nghiên cứu này, các mô hình RegCM và WRFcl với đầu vào từ 6 mô hình toàn cầu khác nhau được chạy tích phân liên tục từ năm 1986 đến 2005 (20 năm) để tính toán chuẩn khí hậu quá khứ (thời kỳ chuẩn) và cho giai đoạn từ 2006-2100 cho tương lai theo hai kịch bản phát thải RCP4.5 và RCP8.5 với miền tính toán và độ phân giải như đã trình bày ở trên. Hình 2.17 minh họa cho kết quả dự tính trong tương lai so với thời kỳ chuẩn.



Hình 2.17. Minh họa dự tính nhiệt độ tương lai theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP so với chuẩn khí hậu quá khứ (Theo IPCC)

Đối với các thử nghiệm dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc, qui trình chạy các mô hình RegCM và WRFcl được đưa ra trong hình 2.18. Trường ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian được lấy từ trường ban đầu và trường dự báo của mô hình toàn cầu CFS (xem mục 2.4.2.3). Đối với bài toán dự báo hạn mùa, khái niệm dự báo được hiểu theo nghĩa “tháng mục tiêu)” (target month) hoặc tháng được dự báo đến. Do đó, qui trình dự báo hạn mùa khác với qui trình dự báo của các mô hình dự báo thời tiết. Cụ thể, tại tháng đứng làm dự báo

($L=0$), các lần dự báo trong tháng này được thực hiện cho 6 tháng tiếp theo ($L = 1, L = 2, \dots, L = 6$). Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện chạy dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình RegCM và WRFcl vào các ngày 1, 6, 11, 16, 21, 26 hàng tháng và chạy cho đến 6 tháng tiếp theo. Hạn dự báo 6 tháng ở đây là không tính theo ngày bắt đầu chạy mô hình (tức là nếu chạy từ 1/7/2020 thì chạy đến 1/1/2021 thì dừng). Ở đây, các mô hình phải chạy theo nguyên tắc đứng ở tháng nào thì các lần chạy trong tháng đó đều chạy cho 6 tháng tiếp theo không tính tháng đứng dự báo. Cụ thể, nếu đứng ở tháng 7 như ở trên, thì tất cả các lần chạy vào các ngày 1/7, 6/7, 11/7, 16/7, 21/7, 26/7 đều dự báo đến 31/1/2020. Như vậy, hạn dự báo 1 tháng sẽ là vào tháng 8, hạn 2 tháng là tháng 9, ..., hạn 6 tháng là tháng 1/2021. Các ngày dự báo trong tháng 7 sẽ không được sử dụng vì được coi là nằm trong khoảng thời gian khởi tạo (spin-up) của mô hình. Việc thử nghiệm dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc dựa trên các mô hình khí hậu khu vực RegCM và WRFcl sẽ được thực hiện cho các mùa đông 2009/2010 đến 2018/2019 trong đó các tháng đứng dự báo gồm tháng 7, tháng 8 và tháng 9. Các tháng được dự báo đến sẽ là từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau tùy vào tháng đứng dự báo với hạn dự báo 6 tháng.



Hình 2.18: Sơ đồ minh họa qui trình dự báo mùa sử dụng các RCM. L là hạn dự báo, $L=0$ ứng với tháng đứng làm dự báo (theo Phan Văn Tân và cộng sự (2011) [23])

2.4.6. Phương pháp thống kê dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông

Bên cạnh cách tiếp cận hạ quy mô động lực để thử nghiệm dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc dựa trên các mô hình khí hậu khu vực RegCM và WRFcl, đề tài cũng thử nghiệm dự báo hạn mùa các hiện tượng này dựa trên cách tiếp cận thống kê. Do các kết quả thử nghiệm dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình RegCM và WRFcl chỉ được thực hiện cho các mùa đông 2009/2010 đến 2018/2019 nên không đảm bảo tính thống kê khi xây dựng các phương trình dự báo. Do đó, để tăng dung lượng mẫu thống kê khi xây dựng các phương trình dự báo, chúng tôi sử dụng cách tiếp cận “dự báo hoàn hảo” (perfect prog) bằng cách sử dụng số liệu tái phân tích ERA-Interim để làm tập số liệu phụ thuộc (chỉ áp dụng cho xây dựng phương trình dự báo hạn mùa khả năng xuất hiện đợt lạnh bất thường). Đối với tập số liệu độc lập, các trường dự báo của mô hình CFS sẽ được sử dụng thay vì sử dụng các trường dự báo của các mô hình khí hậu khu vực do hạn chế trong miền tính toán của các mô hình này dẫn đến một số chỉ số gió mùa mùa đông không thể được tính toán. Theo cách tiếp cận này, giả thiết khả năng xảy ra các đợt lạnh/nóng bất thường trong mùa đông có quan hệ tuyến tính với một hoặc một số nhân tố khí quyển. Quan hệ này được thể hiện dưới dạng một phương trình hồi quy tuyến tính đơn hoặc đa biến. Quá trình tuyển chọn nhân tố được thực hiện bằng phương pháp hồi quy từng bước trong đó tiêu chí dừng tuyển chọn được dựa trên chỉ số BSS do yếu tố dự báo có dạng nhị phân (có hay không có xảy ra hiện tượng).

Đối với dự báo hạn mùa khả năng xuất hiện đợt lạnh bất thường trong mùa đông, 6 chỉ số gió mùa mùa đông cho khu vực Đông Á (EAWMI) được đề xuất trong nghiên cứu của Li và Yang (2010) [88] sử dụng để làm các nhân tố dự tuyển cho các phương trình dự báo. Bảng 1 dưới đây đưa ra ký hiệu, công thức tính và ý nghĩa của 6 chỉ số EAWMI được sử dụng trong nghiên cứu. Các biến khí quyển được sử dụng để tính các chỉ số là được lấy trung bình trên khu vực như đưa ra trong bảng 2.11. Trong nghiên cứu này, các phương trình dự báo hạn mùa số đợt lạnh bất thường được xây dựng theo 2 dạng: 1) hồi quy tuyến tính đơn biến (sử dụng riêng lẻ chỉ số gió mùa trong bảng 2.11 để làm nhân tố dự báo), và 2) hồi quy tuyến tính đa biến. Đối với

phương trình hồi quy đa biến, chúng tôi sử dụng hồi quy từng bước tiến để tuyển chọn nhân tố đưa vào phương trình trong đó sử dụng đại lượng chuẩn sai thặng dư (mức độ giảm sai số) để dừng tuyển chọn. Cụ thể, nếu một nhân tố đưa vào không làm tăng được chất lượng dự báo quá 10% thì nhân tố đó không được lựa chọn.

Bảng 2.11. Ý nghĩa của các chỉ số gió mùa mùa đông Đông Á - EAWMI. Ký tự dưới tên các chỉ số là tên các tác giả đề xuất. U là tốc độ gió vĩ hướng, V là tốc độ gió kinh hướng, SLP là khí áp qui về mực biển trung bình, H là độ cao địa thế vị (theo nghiên cứu của Li và Yang (2010) [88]).

Chỉ số	Biến	Miền tính chỉ số	Ý nghĩa
I_{CHEN}	V_{10m}	V_{10m} (25-40 ⁰ N, 120-140 ⁰ E) – V_{10m} (10-25 ⁰ N, 110-130 ⁰ E)	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng yếu và ngược lại.
I_{Yang}	V_{850}	V_{850} (20-40 ⁰ N, 100-140 ⁰ E)	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng mạnh và ngược lại.
I_{Jhun}	U_{300hPa}	U_{300hPa} (27.5–37.5 ⁰ N, 110–170 ⁰ E) - U_{300hPa} (50–60 ⁰ N, 80-140 ⁰ E)	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng mạnh và ngược lại.
I_{Shi}	SLP	SLP (110 ⁰ E, 20-50 ⁰ N) – SLP (160 ⁰ E, 20-50 ⁰ N)	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng mạnh và ngược lại.
I_{SUN}	H_{500hPa}	H_{500hPa} (30–45 ⁰ N, 125-145 ⁰ E)	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng yếu và ngược lại.
$I_{Li\&Yang}$	U_{200}	$\{U_{200}(30-35^0N/90-160^0E) - U_{200}(50-60^0N/70-170^0E)\} + \{U_{200}(30-35^0N/90-160^0E) - U_{200}(5-10^0N/90-160^0E)\} / 2$	Chỉ số càng lớn thì cường độ càng mạnh và ngược lại.

Theo cách tiếp cận nói trên, việc tính toán các chỉ số EAWMI cho bộ số liệu phụ thuộc sẽ sử dụng số liệu tái phân tích ERA-Interim trong giai đoạn 1979-2010. Sau khi các phương trình dự báo đã được xây dựng, quá trình thử nghiệm cho bộ số liệu độc lập sẽ sử dụng dự báo hạn mùa của mô hình CFS cho các mùa đông từ 2010/2011 đến 2017/2018. Các phương trình dự báo được xây dựng riêng rẽ cho các tháng dự báo (gồm tháng 11 cho đến tháng 3

năm sau). Như vậy, tổng số sẽ có 7 phương trình (6 đơn biến + 1 đa biến) x 5 tháng = 35 phương trình.

Đối với dự báo hạn mùa khả năng xuất hiện đợt nóng bất thường trong mùa đông dựa trên cách tiếp cận thống kê, chỉ số EFI (Extreme Forecast Index) của ECMWF được sử dụng dựa trên các ý tưởng nghiên cứu của Lalaurette (2003) [87], Prates và Buizza (2011) [110]. Nguyên lý cơ bản của việc phát triển chỉ số EFI dựa trên việc thực hiện lại dự báo trong quá khứ trong 20 năm xung quanh thời điểm cần dự báo dị thường đột biến (gọi là dự báo khí hậu mô hình M-Climate sử dụng điều kiện biên tái phân tích). Ví dụ đối với dự báo ngày 15 tháng 4 năm 2020, để tăng khả năng mô phỏng được các trường hợp xảy ra thời điểm này, trong quá khứ ngoài dự báo ở thời điểm 15 tháng 4 của 20 năm đã qua sẽ bổ sung thêm các dự báo trong khoảng 5 tuần với tâm là thời điểm đang thực hiện dự báo và cách nhau khoảng 4-5 ngày (tổng là 9 thời điểm dự báo) và thay vì thực hiện lại 51 thành phần dự báo tổ hợp như hệ thống thực hiện hằng ngày, chỉ giữ lại 11 thành phần tổ hợp đại diện để thực hiện dự báo. Do đó, ứng với mỗi thời điểm thực hiện dự báo sẽ gồm 20 năm x với 11 thành phần tổ hợp đại diện x 9 thời điểm xung quanh thời điểm dự báo, tương ứng với 1980 dự báo lại để xây dựng M-Climate, qua đó cho phép định lượng được sự khác thường, đột biến của dự báo hiện tượng mưa lớn cực trị hằng ngày và sẽ là thông tin hết sức hữu ích được sử dụng phân tích trong dự báo thủy văn nhằm cung cấp thêm thông tin về độ tin cậy, khả năng xảy ra đột biến mưa tại lưu vực đang theo dõi và thực hiện dự báo. Về nguyên tắc sẽ cần thực hiện hằng ngày nhưng với năng lực tính toán hiện tại tại ECMWF chỉ chạy tạo M-Climate tại ngày thứ 2 và thứ 5 hằng tuần để chọn thời điểm gần nhất với các phiên dự báo hằng ngày. Ví dụ 15 tháng 4 năm 2020 là thứ 4, do đó sẽ sử dụng M-Climate chạy từ ngày thứ 2 ngày 13 tháng 4 năm 2020.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi không thực hiện tính toán chỉ số EFI cho các mô hình RCM được sử dụng trong dự báo hạn mùa số đợt nóng bất thường trong mùa đông vì không có đủ năng lực tính toán để chạy các mô hình này trong 20-30 năm trong quá khứ. Đề tài sẽ sử dụng chỉ số EFI đã được tính toán dựa trên số liệu dự báo của mô hình IFS của ECMWF. Việc sử dụng chỉ số EFI này để dự báo khả năng xảy ra các đợt nóng bất thường sẽ dựa trên cách tiếp cận sử dụng ngưỡng để qui về dự báo có hay không có xảy

ra hiện tượng. Cụ thể, dựa trên bộ số liệu đã qua, mối quan hệ giữa tần suất xảy ra/không xảy ra các đợt nóng bất thường xác định từ bộ số liệu quan trắc với giá trị chỉ số của EFI sẽ được thiết lập. Ngưỡng xác định được tính toán và đưa ra dựa trên điểm giao nhau giữa đường tần suất xảy ra và không xảy ra hiện tượng.

Lưu ý là với cách tiếp cận dự báo hạn mùa cho các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông như đã trình bày ở trên, kết quả là dự báo khả năng xảy ra trong các tháng mùa đông. Cách tiếp cận này không cho biết số đợt lạnh và nóng bất thường xảy ra.

2.4.7. Phương pháp hiệu chỉnh trường nhiệt độ được mô phỏng và dự tính từ các mô hình khí hậu khu vực

Như đã biết, các mô hình số được xây dựng dựa trên nguyên tắc mô tả hệ thống khí hậu bằng hệ các phương trình thủy nhiệt động lực học. Do tính phức tạp của hệ thống khí hậu nên không thể có mô hình nào mô tả được một cách đầy đủ và chính xác tất cả các quá trình xảy ra trong đó. Nói cách khác, không có mô hình nào là hoàn hảo, kể cả các mô hình toàn cầu và các mô hình khu vực. Vì vậy, sản phẩm dự báo từ các GCM và RCM luôn tiềm ẩn sai số. Các sai số này ngoài sự không hoàn hảo của chính các mô hình còn có sự đóng góp của sai số từ điều kiện ban đầu và điều kiện biên. Đối với các RCM, có thể nói sai số dự báo của mô hình chủ yếu gây nên bởi hai nguyên nhân chính là sự không hoàn hảo về động lực học và vật lý của chính các RCM và sai số trong các trường ban đầu và điều kiện biên được cung cấp từ dự báo của các GCM. Những sai số này có thể ảnh hưởng lớn tới kết quả xác định các đại lượng dẫn xuất. Cụ thể, những sai số trong dự báo trường nhiệt độ bề mặt của các mô hình RegCM và WRFcl có thể ảnh hưởng lớn tới kết quả xác định số đợt lạnh/nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc. Do đó, việc hiệu chỉnh dự báo trường nhiệt độ để khử sai số trước khi sử dụng để xác định số đợt lạnh/nóng bất thường là hết sức cần thiết. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống (bias correction) được đề xuất trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2014) [23]. Cơ sở lý thuyết của phương pháp hiệu chỉnh này như sau:

Nếu ký hiệu sai số dự báo tổng cộng của RCM là Δ , khi đó có thể viết:

$$\Delta = \Delta_{\text{RCM}} + \Delta_{\text{ICB}} \quad (2.14)$$

trong đó Δ_{RCM} là sai số do bản chất của các RCM mang lại và Δ_{ICB} là sai số do các trường điều kiện ban đầu và các trường điều kiện biên từ mô hình toàn cầu, Δ được xác định bởi hiệu giữa giá trị mô hình (F) với quan trắc (O):

$$\Delta = F - O \quad (2.15)$$

Về nguyên tắc, nếu sai số của mô hình là có tính hệ thống, khi đã xác định được Δ thì sản phẩm của mô hình có thể được hiệu chỉnh bởi:

$$F_{hc} = F_{db} - \Delta \quad (2.16)$$

trong đó F_{hc} là sản phẩm đã được hiệu chỉnh, F_{db} là sản phẩm chiết xuất trực tiếp từ RCM. Phép hiệu chỉnh này được gọi là hiệu chỉnh sai số hệ thống (ký hiệu là BAS). Đối với những bài toán mô phỏng khí hậu bằng các RCM, điều kiện ban đầu và điều kiện biên thường được sử dụng là số liệu tái phân tích toàn cầu, khi đó một cách gần đúng có thể xem các trường điều khiển là gần thực, tức $\Delta_{ICB} \approx 0$, và do đó $\Delta = \Delta_{RCM}$. Trong trường hợp dự báo, các RCM nhận điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ sản phẩm dự báo của các GCM nên nói chung $\Delta_{ICB} \neq 0$ và đóng góp vào sai số dự báo thường ẩn chứa cả hai thành phần Δ_{RCM} và Δ_{ICB} . Khi đó, để xác định Δ cần phải có tập số liệu toàn cầu dự báo lại (hindcast) mà nó thường được xây dựng trong quá trình xây dựng khí hậu mô hình (model climatology). Quá trình này được thực hiện theo các bước:

- Lựa chọn tập số liệu dự báo lại của mô hình toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho mô hình RCM. Chú ý rằng, nói chung các nhà phát triển mô hình luôn luôn tìm cách cải tiến để mô hình ngày càng chính xác hơn. Vì vậy sản phẩm dự báo lại của mô hình toàn cầu có thể khác với sản phẩm dự báo thời gian thực trước đó do mô hình được sử dụng để tạo ra sản phẩm dự báo lại là mô hình hiện hành mà không phải là mô hình trước đây. Ngoài ra, các trường ban đầu của các GCM trong dự báo lại cũng có thể đã được cải thiện hơn so với các dự báo thời gian thực cùng thời điểm. Qui trình chạy dự báo lại hoàn toàn tương tự như qui trình dự báo thời gian thực, ngoại trừ hai điểm khác biệt (nếu có) là sự khác nhau về phiên bản mô hình và trường ban đầu.

- Với mỗi dự tính mô hình chạy với một đầu vào mô hình toàn cầu khác nhau sẽ có sai số khác nhau. Do đó, hiệu chỉnh sai số sẽ được áp dụng cho từng mô hình. Kết quả mô phỏng khí hậu trung bình cho thời kỳ chuẩn

20 năm (1986-2005) cho nhiệt độ trung bình ngày được so sánh với kết quả của số liệu quan trắc cho cùng thời kỳ.

Các bước hiệu chỉnh được thực hiện như sau:

- Tính giá trị trung bình từng tháng của cả giai đoạn 1986-2005 cho số liệu nhiệt độ trung bình ngày (T2m) của quan trắc (ký hiệu là $\overline{O_{mn,X}}$) và số liệu mô hình (ký hiệu là $\overline{M_{mn,X}}$), trong đó mn là tháng đang xem xét, còn X biểu diễn T2m.

- Giá trị ngày của mô hình thời kỳ chuẩn hoặc thời kỳ tương lai sẽ được cộng thêm giá sai số đã tính được ở trên. Do không có số liệu quan trắc nhiệt độ cực đại ngày (T2max) và nhiệt độ cực tiểu ngày (T2min) trên lưới nên ở đây giả thiết rằng sai số hệ thống của mô hình đối với 2 yếu tố này là tương tự như đối với nhiệt độ trung bình ngày. Do đó với các yếu tố nhiệt độ T2m, T2max và T2min, kết quả mô hình M cho một ngày bất kỳ trong tháng mn nào đó sẽ được hiệu chỉnh thành:

$$M_{\text{hiệu chỉnh}} = M + (\overline{O_{mn,T2m}} - \overline{M_{mn,T2m}}) \quad (2.17)$$

2.7.8. Phương pháp xác định xu thế biến đổi

Trong quá trình phân tích, đánh giá một xu thế biến đổi có 3 yếu tố cần phải tập trung phân tích gồm 1) Tính chất biến đổi, 2) Mức độ biến đổi và 3) Xu thế biến đổi. Tính chất biến đổi được hiểu theo nghĩa sự biến đổi có tuân theo qui luật hay không, nếu có thì qui luật nào. Mức độ biến đổi thể hiện sự biến đổi mạnh hay yếu, nhiều hay ít, càng ngày càng tăng hay giảm, tính biến động của sự biến đổi. Mức độ biến đổi có thể được xác định căn cứ vào gia tốc tăng, giảm qua từng thời kỳ, tính biến động qua từng thời kỳ hoặc xu thế tăng giảm qua từng thời kỳ. Các đặc trưng có thể được sử dụng để phân tích gồm độ lệch chuẩn, hệ số biến thiên hoặc chuẩn sai tích lũy. Xu thế biến đổi chủ yếu xem xét về xu thế tăng, giảm tuyến tính theo thời gian. Có thể xem xét các xu thế này trên toàn chuỗi hoặc qua từng giai đoạn và so sánh với nhau. Thông thường xu thế toàn chuỗi được sử dụng để nhận định về sự tồn tại của tính biến đổi, còn xu thế của các thời đoạn dùng để xem xét sự dao động của tính biến đổi. Nói chung khi phân tích trước hết cần xem xét cho từng vùng khí hậu. Trong mỗi vùng khí hậu đánh giá chung cho tất cả các trạm và đánh giá riêng cho những trạm đặc thù hoặc đại diện. Khi xét xu thế của chuỗi các yếu tố hoặc sự kiện khí hậu cực đoan, hệ số góc của phương

trình hồi qui tuyến tính là thước đo mang tính chính xác về định lượng. Nhưng do tính biến động mạnh của các đặc trưng cực trị, các kiểm nghiệm Mann – Kendall và Spearman có thể sẽ có ưu thế hơn, mặc dù chúng không cho phép ước lượng được mức độ tăng giảm của xu thế.

Trong nghiên cứu này, việc phân tích xu thế biến đổi của các đợt lạnh và bất thường trong mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc được thực hiện tương tự như trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2010) [22] và tiến hành theo các cách sau đây:

1) Xây dựng phương trình hồi qui tuyến tính của các yếu tố và sự kiện cực trị theo thời gian:

$$x = a_0 + a_1t \tag{2.18}$$

Trong đó:

$$a_0 = \bar{x} - a_1\bar{t} \tag{2.19}$$

$$a_1 = r \frac{s_x}{s_t} \tag{2.20}$$

Với $\bar{x}, \bar{t}, s_x, s_t, r$ tương ứng là trung bình số học và độ lệch chuẩn của x và t , và hệ số tương quan tuyến tính giữa x và t . Xu thế tăng, giảm của x theo t được đánh giá trên cơ sở xét dấu và độ lớn của hệ số góc a_1 . Độ tin cậy của xu thế có thể được đánh giá thông qua kiểm nghiệm Mann – Kendall. Chi tiết về phương pháp kiểm nghiệm Mann – Kendall có thể tham khảo trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2010) [22].

2.4.9. Phương pháp đánh giá chất lượng mô phỏng và dự báo

Do đối tượng nghiên cứu của đề tài là các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông, các hiện tượng này không thể quan trắc trực tiếp mà được xác định thông qua các đại lượng khác, cụ thể là trường nhiệt độ. Nên để đánh giá khả năng mô phỏng, dự tính và dự báo hạn mùa các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông từ các mô hình RCM cũng như các phương trình thống kê, đề tài sử dụng các chỉ số đánh giá như ME, MAE, RMSE và Hệ số tương quan (R), POD, FAR, TS. Các chỉ số này được sử dụng cho cả đánh giá dự báo nhiệt độ và dự báo số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông. Chi tiết về các chỉ số này có thể tham khảo trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và cộng sự (2010, 2014) [22,23].

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Đối tượng nghiên cứu chính của đề tài chính là các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trong đó thuật ngữ “bất thường” ngụ ý thỏa mã 3 tiêu chí để xác định một hiện tượng cực trị gồm: tần suất (hiếm), cường độ (lớn) và tác động (tiêu cực). Phạm vi nghiên cứu của đề tài được mở rộng cho toàn bộ khu vực Bắc Bộ để cung cấp thêm các kết quả nghiên cứu cho khu vực trung du và đồng bằng Bắc Bộ do các hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông thường xảy ra trên qui mô diện rộng.

Để phục vụ cho các mục đích nghiên cứu, các số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình ngày, tối cao ngày, tối thấp ngày của 84 trạm quan trắc khí tượng bề mặt ở khu vực Bắc Bộ được thu thập trong các tháng mùa đông (tháng 11 đến tháng 3 năm sau) từ mùa đông 1979/1980 - 2019/2020. Ngoài ra, các nguồn số liệu tái phân tích ERA-Interim của ECMWF cũng được thu thập trong giai đoạn nói trên để phục vụ cho nghiên cứu cơ chế và hình thái chi phối. Nguồn số liệu này cũng được sử dụng để nhận dạng các hình thái thời tiết chi phối hiện tượng nói trên dựa trên phương pháp SOM, cũng như sử dụng để tính toán các chỉ số gió mùa mùa đông (EAWMI) trong các phương trình dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông dựa trên cách tiếp cận thống kê. Để dự tính sự biến đổi của các hiện tượng này trong giai đoạn 2020-2100, số liệu dự tính của 5 mô hình hoàn lưu chung khí quyển kết hợp với mô hình đại dương (AOGCM) theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 được thu thập. Để cung cấp các trường ban đầu và điều kiện biên theo thời gian cho các mô hình RCM, số liệu dự báo hạn mùa của mô hình CFS được sử dụng.

Các mô hình khí hậu khu vực RegCM và WRFcl được ứng dụng cho cả mục đích dự tính sự biến đổi trong tương lai của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cũng như thử nghiệm cho mục đích dự báo hạn mùa các hiện tượng này theo cách tiếp cận hạ quy mô động lực. Cả hai mô hình được thử nghiệm với chung miền tính toán với tâm ở (20⁰N, 120⁰E) với kích thước 138 x 138 nút lưới và độ phân giải 32km. Ngoài ra, các phương pháp trình dự báo thống kê dưới dạng hồi quy tuyến tính cũng được áp dụng thử nghiệm để dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các hiện tượng này dựa trên cách tiếp cận dự báo hoàn hảo.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ TÍNH CHẤT, XU THẾ VÀ MỨC ĐỘ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG TRONG GIAI ĐOẠN TỪ MÙA ĐÔNG 1979/1980 ĐẾN MÙA ĐÔNG 2017/2018

3.1. Đặc điểm hoạt động của không khí lạnh trong giai đoạn mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018

Dựa trên chuỗi số liệu quan trắc tại 84 điểm trạm trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 (gọi tắt là giai đoạn 1979-2017), kết quả thống kê hoạt động của KKL trên khu vực này với tiêu chí xác định đang sử dụng trong nghiệp vụ tại TTDBQG được đưa ra trong bảng 3.1. Theo kết quả thống kê trong bảng 3.1, trung bình hàng năm có khoảng 28 đợt KKL (nhiều nhất là năm 2011 với 38 đợt KKL và ít nhất là năm 1983 với 20 đợt KKL). Hầu như không có đợt KKL nào vào tháng 07 và tần suất cũng rất thấp khi xuất hiện vào tháng VIII. Thống kê trong vòng 39 năm qua, tháng XII và tháng I là những tháng có nhiều đợt KKL nhất với trung bình khoảng hơn 4-5 đợt xảy ra trong tháng, tần suất xuất hiện mỗi tháng chiếm khoảng hơn 15% trên tổng số các đợt KKL. Tiếp theo, các tháng II, tháng III và tháng XI có từ 3-4 đợt KKL trong tháng, tần suất xuất hiện chiếm khoảng 12-13% mỗi tháng. Tháng IV, tháng V, và tháng X trung bình có khoảng 2-3 đợt KKL từng tháng với tần suất xuất hiện khoảng từ 8-9% trung bình mỗi tháng. Tháng VI và tháng IX chỉ xuất hiện khoảng xấp xỉ 1 đợt KKL, chiếm tần suất cũng tương đối thấp, trung bình chỉ vào khoảng 2-4% trên tổng số các đợt KKL trong một năm. Các tháng VII hầu như không có đợt KKL nào, tháng VIII có vài đợt xuất hiện trong giai đoạn 1979-2017. Tuy nhiên, cũng không vượt quá 5 đợt KKL trong cả 39 năm.

Bảng 3.1. Thống kê các đợt không khí lạnh xảy ra theo các tháng trong giai đoạn từ 1979-2017 trên khu vực Bắc Bộ

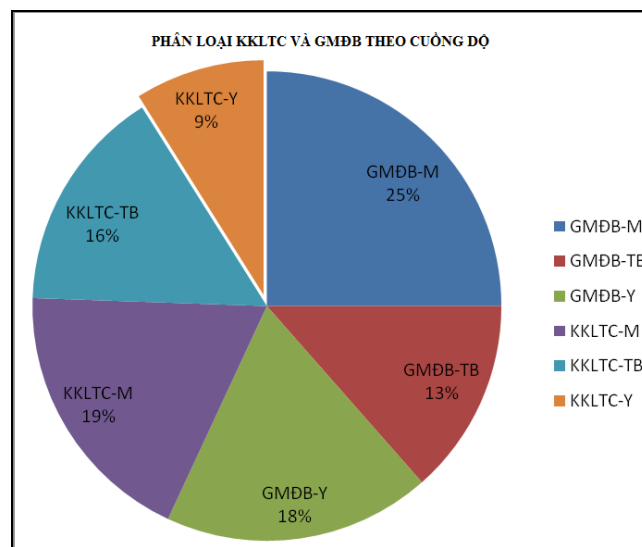
Mùa đông	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Tổng
1979	5	2	2	2	2	2			3	4	5	2	29
1980	4	4	4	3	4	1				3	3	5	31
1981	3	4	4	4	4	3			1	3	5	5	36
1982	3	3	2	4	2	3			1	2	5	4	29
1983	3	3	2	1	1	1			2	1	3	3	20
1984	4	4	3	3	2	2			2	4	3	3	30

Mùa đông	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Tổng
1985	4	3	3	2	1	2			1	2	5	4	27
1986	2	5	2	3	4	3			2	3	3	3	30
1987	4	3	1	3	2	2			2	3	3	3	26
1988	4	4	3	2	3			1	2	2	4	3	28
1989	4	2	3	3	2			1	2	2	3	3	25
1990	6	3	1	4	4	2					3	1	24
1991	5	2	4	1	2	1			1	3	5	4	28
1992	4	4	3	1	2	1			1	3	4	2	25
1993	6	3	3	2	1				1	3	4	6	29
1994	4	7	6	1	3				3	4	1	5	34
1995	5	6	5	2	3				1	4	4	6	36
1996	9	4	3	4	2					1	4	3	30
1997	4	3	4	2	3	1			2	3	2	4	28
1998	7	4	3	1	3	1	0	1	2	1	4	1	28
1999	3	3	3	2	4					1	3	4	23
2000	4	4	4	4	3	1	0	0	0	3	3	4	30
2001	4	4	5	4	2	0	0	1	0	4	4	4	32
2002	3	3	3	2	2				1	4	5	4	27
2003	4	3	2	3	1			1	1	2	4	5	26
2004	6	3	5	3	4				1	3	2	5	32
2005	5	4	4	1						5	4	7	30
2006	5	5	2	2	1				1	1	4	4	25
2007	7	0	2	3	3				2	3	3	5	28
2008	4	6	2	1	4					1	5	5	28
2009	6	4	2	1	4					1	5	5	28
2010	5	2	4	5	0	1				3	4	5	29
2011	9	2	8	2	4				1	4	3	5	38
2012	5	5	3	2	1				2	2	5	6	31
2013	5	3	2	3		1			1	1	2	5	23
2014	4	4	3	1	1					1	4	7	25
2015	2	2	4	3	1					2	2	5	21
2016	4	4	3	1	1					2	4	5	24
2017	2	2	6	3	3					2	4	6	28
Tổng	177	136	128	94	89	28	0	5	39	96	143	166	1101
Trung bình	4.5	3.5	3.3	2.4	2.3	0.7	0.0	0.1	1.0	2.5	3.7	4.3	
Tần suất	16. 1	12. 4	11. 6	8.5	8.1	2.5	0.0	0.5	3.5	8.7	13.0	15.1	

Trong các tháng chính đông (XII, I, II), tần suất xuất hiện KKL xâm nhập xuống nước ta thường nhiều và mạnh mẽ hơn so với các tháng khác, còn các tháng chuyển tiếp X, XI và tháng III, IV tần suất xuất hiện các đợt xâm nhập lạnh xuống Việt Nam thường ít và kém mạnh mẽ hơn về cường độ so

với các tháng chính đông. Tuy nhiên, hàng năm vào các tháng V, VI và tháng IX cũng có những đợt xâm nhập lạnh nhưng không nhiều, theo quy luật các tháng VII và tháng VIII gần như là không có xâm nhập lạnh, nhưng có những năm đặc biệt vẫn xuất hiện đợt xâm nhập lạnh yếu.

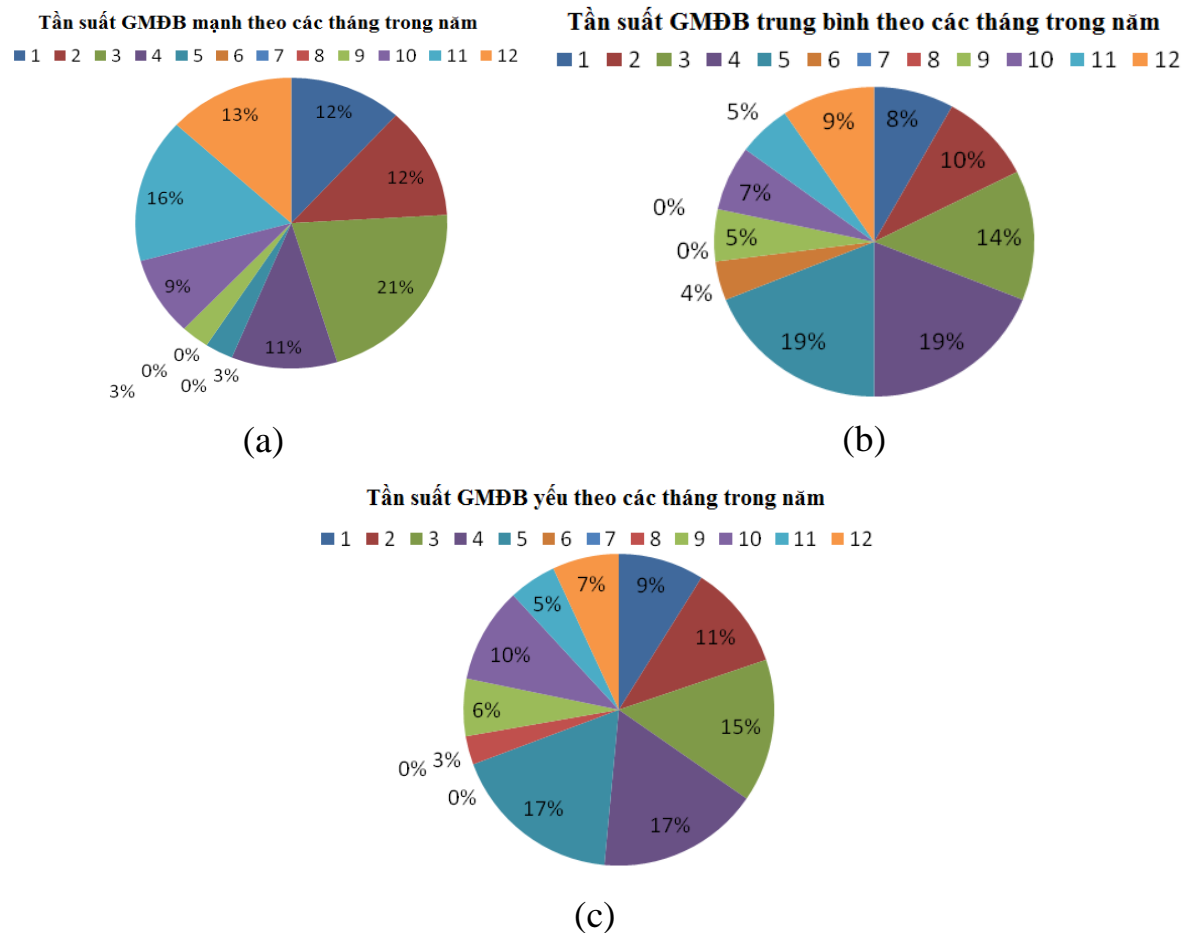
Về mặt cường độ, xét tất cả các đợt KKL xâm nhập xuống miền bắc nước ta, gió mùa đông bắc (GMĐB) có cường độ mạnh chiếm tần suất nhiều nhất (25%), trong khi đó KKL tăng cường có cường độ mạnh chiếm một tỉ lệ cũng tương đối cao là (19%), tiếp đó là GMĐB và KKLTC có cường độ trung bình chiếm tỉ lệ tương ứng là 13% và 16%. GMĐB và KKLTC có cường độ yếu chiếm tỉ lệ thấp hơn, 18% và 9% tương ứng (xem hình 3.1).



Hình 3.1. Thống kê cường độ KKL theo các dạng gió mùa đông bắc (GMĐB), KKL tăng cường (KKLTC) và theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017 (M là mạnh, TB là trung bình và Y là yếu)

Tiếp tục xem xét kỹ hơn về tần suất xuất hiện các đợt GMĐB theo các mức cường độ khác nhau, từ hình 3.2a có thể nhận thấy trong giai đoạn 1979-2017, GMĐB mạnh xuất hiện từ 7-8 đợt/năm, trong đó GMĐB có cường độ mạnh hoạt động mạnh nhất rơi vào các tháng chuyển tiếp là tháng X-XI và tháng III-IV, với tần suất xuất hiện lần lượt là 16% và 21%, đây là thời kì chuyển tiếp giữa hai khối khí có bản chất hoàn toàn khác nhau, với tháng XI là thời kì chuyển từ mùa hè sang mùa đông, còn tháng III là thời kì chuyển từ gió mùa mùa đông sang gió mùa mùa hè vì vậy tần suất là cao nhất. Trong khi đó vào các tháng chính đông XII, I, II tần suất thấp hơn so với hai tháng này, với tần suất lần lượt là 13%, 12%, và 12% điều này được giải thích là do khi khối khí lạnh đã ổn định thì tần suất xuất hiện của GMĐB sẽ giảm hơn, trung

binh là từ 1-2 đợt/tháng. Các tháng V-IX là không có sự xuất hiện của GMĐB mạnh, vì đây là thời kì hoạt động của gió mùa tây nam. Số đợt GMĐB mạnh hoạt động mạnh nhất vào tháng III là từ 1-2 đợt, tháng XI là 1-2 đợt, trong khi đó tại các tháng chính đông khi khối khí lạnh hoạt động với cường độ ổn định thường chỉ có 1 đợt GMĐB mạnh. Những năm 2001, 2012 là những năm có GMĐB mạnh hoạt động nhiều nhất, tương ứng với hai năm này số đợt GMĐB mạnh lần lượt là 11, 15 đợt nhiều hơn hẳn từ 3-7 đợt so với TBNN. Trong đó các năm 2004, 2013, 2014 là các năm có số đợt GMĐB mạnh thấp nhất, chỉ có 3 đợt/năm.



Hình 3.2. Tần suất xảy ra GMĐB cường độ mạnh (a), trung bình (b), yếu (c) theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017

Chuyển sang các đợt GMĐB có cường độ trung bình, kết quả tính toán trong hình 3.2b cho thấy GMĐB có cường độ trung bình đạt từ 3-4 đợt/năm, trong đó các tháng chuyển từ mùa đông sang mùa hè tháng 4-5 có tần suất nhiều nhất chiếm tỉ lệ là 19% so với tổng số đợt các tháng trong năm, còn trong các tháng chính đông, chiếm tỉ lệ từ 8-9%. Trong các tháng IV-V trung

bình sẽ có ít nhất 1 đợt GMĐB cường độ trung bình xảy ra trong tháng, các tháng còn lại gần như là ít xuất hiện.

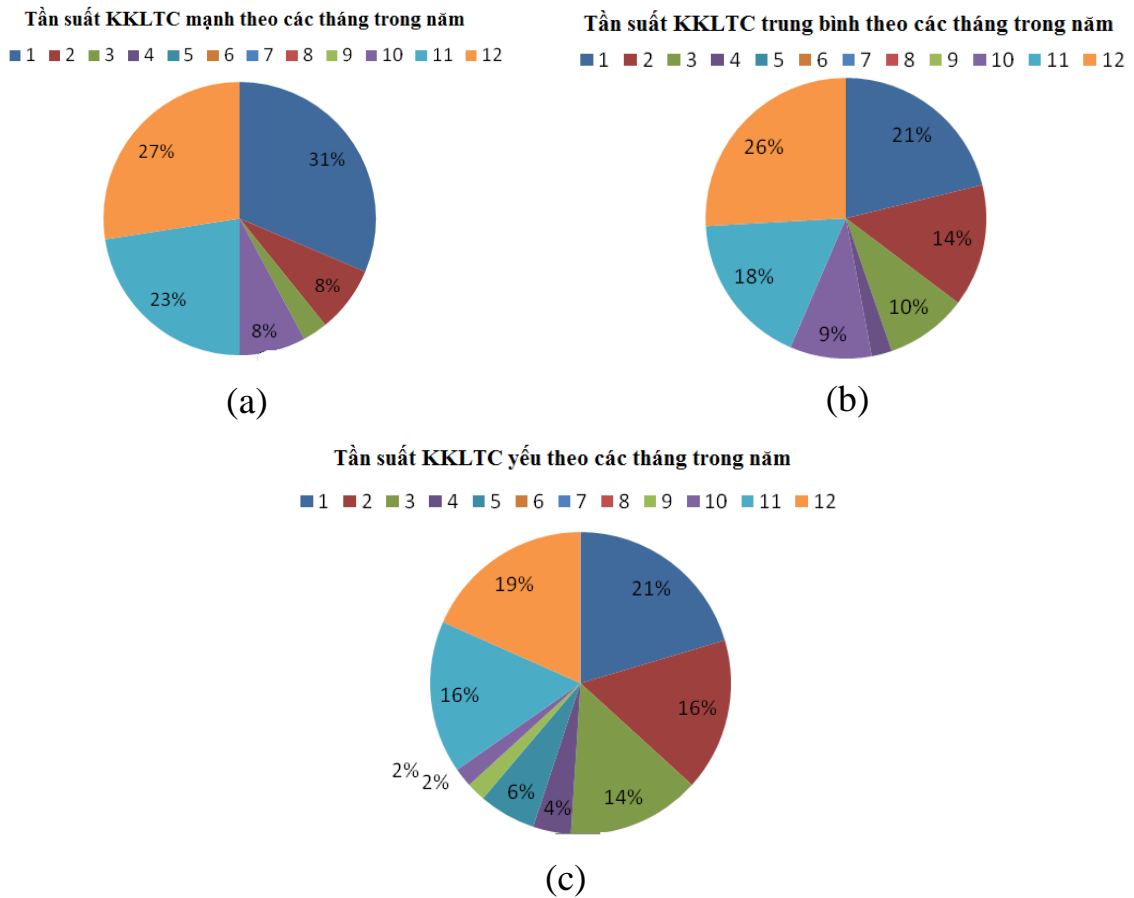
Đối với các đợt GMĐB yếu, qua bảng hình 3.2c có thể thấy, tần suất trung bình là khoảng 5 đợt/năm, trong đó tháng có tần suất xuất hiện GMĐB yếu nhiều nhất rơi vào các tháng cuối mùa đông và tháng chuyển tiếp, với số đợt là khoảng 1 đợt, các tháng còn lại ít khi xuất hiện, riêng hai tháng VI-VII là không xuất hiện đợt nào. Mặc dù số lượng đợt không nhiều như GMĐB mạnh, nhưng cũng thể hiện được xu thế hoạt động của KKL suy yếu dần trong các cuối đông và tháng chuyển tiếp. Các tháng VI-VII không có sự hoạt động của KKL điều này phù hợp với quy luật tự nhiên.

Đối với KKLTC, các đợt KKLTC có cường độ mạnh hoạt động với trung bình là 5 đợt/năm (hình 3.3a), trong đó các tháng XII và tháng I là tháng có tần suất xuất hiện KKLTC nhiều nhất trong năm (tần suất xuất hiện vào tháng XII là 27% xấp xỉ từ 1-2 đợt/tháng, còn tháng I tần suất là cao nhất 31% tương ứng với 2 đợt/tháng). Trong tháng II, mặc dù là tháng hoạt động chính của KKL, tuy nhiên lúc này khối khí lạnh đã ổn định, vì vậy KKLTC có cường độ mạnh cũng ít khi xuất hiện, tần suất chỉ đạt 0.4% tương ứng với 1 đợt/năm. Trong tháng X và tháng III là tháng chuyển tiếp từ gió mùa hè sang gió mùa đông nên khối khí lạnh tăng cường mạnh đôi lúc xuất hiện. Tuy nhiên tần suất chỉ chiếm 0.4%. Các tháng còn lại gần như không xuất hiện một đợt không khí lạnh tăng cường mạnh nào, điều này là hoàn toàn phù hợp với quy luật tự nhiên nhiều năm.

KKLTC có cường độ trung bình có tần suất khoảng 4 đợt/năm trong đó KKLTC trung bình hoạt động nhiều nhất vào tháng XII với tần suất xuất hiện là 26%, tương ứng từ 1-2 đợt/tháng, tiếp đó là tháng I, tháng II với tần suất xuất hiện lần lượt là 21% và 14%, tương ứng là 1 đợt/tháng (xem hình 3.3b). Ngoài ra, trong tháng XI, tần suất hoạt động của KKLTC trung bình cũng đạt 18% tương ứng là 1 đợt/tháng. Các tháng chuyển tiếp III-IV và tháng X, KKLTC có cường độ trung bình ít khi xuất hiện. Các tháng còn lại 5-9 là không xuất hiện một đợt KKLTC trung bình nào, điều này hoàn toàn phù hợp với quy luật tự nhiên nhiều năm. Năm 2017 là năm có số đợt KKLTC trung bình nhiều nhất trong đó tháng XI và XII xảy ra 3 đợt.

Đối với KKLTC có cường độ yếu, kết quả tính toán cho thấy tần suất xảy ra vào khoảng 2-3 đợt/năm, năm nhiều nhất là có 5 đợt và năm ít nhất là

có 1 đợt. Các đợt KKLTC yếu chủ yếu xảy ra rải rác trong các tháng từ tháng XI đến tháng V năm sau (hình 3.3c).



Hình 3.3. Tần suất xảy ra KKLTC cường độ mạnh (a), trung bình (b), yếu (c) theo các tháng trong giai đoạn 1979-2017

3.2. Khảo sát các đợt lạnh và nóng bất thường trên khu vực miền núi phía Bắc từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 theo PA1 với các ngưỡng xác định khác nhau

Như đã trình bày trong mục 2.2 của chương 2, đề tài đề xuất hai phương án xác định hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông dựa trên khái niệm độ giảm/tăng nhiệt độ trung bình ngày so với ngưỡng đưa ra (PA1) và so với phân vị 10/phân vị 90 (PA2). Theo PA1, mức độ thỏa mãn điều kiện “sự kiện hiếm” sẽ phụ thuộc nhiều vào mức độ giảm/tăng nhiệt hoặc với ngưỡng xác định đưa ra. Cụ thể theo PA1, rõ ràng kết quả xác định cho tiêu chí $\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} < 0$ sẽ khác với $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}) < 2^0C$ và sẽ rất khác với $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}) < 4^0C$. Hay nói cách khác, số lượng các ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra đợt lạnh bất thường sẽ rất nhạy với tiêu chí xác định đưa ra. Để khảo sát tần suất xuất hiện của hiện tượng này, đảm bảo được tiêu chí “bất thường”

(theo nghĩa sự kiện hiếm), đề tài thực hiện khảo sát tần suất xuất theo các ngưỡng từ 1⁰C đến 10⁰C với khoảng cách 0.5⁰C cho PA1 để có thêm cơ sở khoa học đưa ra quyết định lựa chọn ngưỡng xác định cuối cùng.

3.2.1. Kết quả khảo sát tần suất xảy ra các đợt lạnh bất thường theo PA1 với các ngưỡng khác nhau

Bảng 3.2 đưa ra kết quả xác định các năm có xảy ra các đợt lạnh bất thường theo PA1 với điều kiện ABS($\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l}$) nằm trong khoảng [1-1.5⁰C). Với ngưỡng này, trong tháng XI, các đợt xuất hiện thường xảy ra vào thập niên 1980 (1982-1985, 1988), trong thập niên 1990 thì chỉ xảy ra 2 lần vào năm 1990. Sau đó khoảng 10 năm sau, từ năm 2000 mới lặp lại thường xuyên hơn cho đến năm 2013. Trong tháng XII, chỉ xảy ra 2 lần vào thập niên 1980 (1983, 1987), 3 lần vào thập niên 1990 (1994, 1995, 1997), còn lại phần lớn xảy ra trong thập niên 2000 (tập trung từ 2003-2014). Vào tháng I, trong số 10 đợt xuất hiện thì có 4 đợt xảy ra từ năm 1979-1988, 4 đợt trong thập niên 2000 (tập trung từ 2000-2010), chỉ duy nhất 1 đợt trong năm 1991. Vào tháng II thì cả 5 đợt đều rơi vào thập niên 1980 (từ 1981-1985). Sang tháng III, có tất cả 18 đợt lạnh bất thường gây giảm nhiệt độ xuống ngưỡng 1-1.5 độ, trong đó có 7 đợt rơi vào thập niên 1980, 7 đợt khác xảy ra trong thập niên 2000 (tập trung từ năm 2000-2015), còn lại 4 đợt xuất hiện trong thập niên 1990. Như vậy với ngưỡng giảm [1-1.5⁰C), số đợt phần lớn xảy ra trong thập niên 1980 và thập niên 2000, ngoại trừ tháng 3 mới xuất hiện trong 3 năm 1994, 1995 và 1998.

Về mặt số lượng, tổng cộng có 63 đợt lạnh bất thường được xác định trong giai đoạn từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 theo PA1. Các kết quả xác định theo PA2 cho thấy số lượng ít hơn so với PA1, cụ thể chỉ có 55 đợt lạnh bất thường được xác định trong giai đoạn từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018. Sự ít hơn này là do bản chất của phương pháp xác định qui định. Việc sử dụng tiêu chí phân vị 10 để xác định có thể bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng địa phương dẫn đến số lượng trạm thỏa mãn điều kiện có Ttb nhỏ hơn phân vị 90 sẽ ít đi khi xem xét các đợt KKL có cường độ mạnh nhưng không xảy ra trên diện rộng.

Tại ngưỡng [1.5-2.0⁰C) (bảng 3.3): vào tháng XI, số đợt lạnh gây giảm nhiệt chủ yếu rơi vào thập niên 1990 và thập niên 2000 (từ 2000-2008), chỉ xuất hiện 1 lần vào năm 1987. Trong tháng 12, có 7 đợt trong thập niên 2000,

4 đợt trong thập niên 1990 và 4 đợt từ năm 1979 đến năm 1989. Vào tháng I, số đợt chủ yếu rơi vào thập niên 1980 và thập niên 2000, chỉ duy nhất 1 đợt xảy ra vào năm 1997. Sang tháng II, cũng có 6/10 đợt xảy ra từ năm 2001 đến năm 2015, 3 đợt rơi năm các năm 1991, 1993 và 1999, 1 đợt vào năm 1983. Trong tháng III, xảy ra đồng đều hơn trong các thập kỉ 1980, 1990 và 2000. Qua phân tích cho thấy với ngưỡng giảm 1.5-2, tần suất xuất hiện tập trung nhiều hơn trong thập niên 2000.

Bảng 3.2. Kết quả thống kê các đợt lạnh bất thường theo PA1 với ngưỡng giảm năm trong khoảng [1-1.5⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1982	1983	1979	1981	1981
	1983	1987	1981	1983	1981
	1984	1994	1982	1983	1981
	1985	1995	1985	1984	1982
	1988	1997	1988	1985	1984
	1988	2003	1991		1987
	1988	2006	2000		1989
	1990	2006	2003		1994
	1990	2007	2006		1995
	2000	2008	2010		1995
	2000	2009			1998
	2001	2011			2000
	2003	2014			2002
	2008				2004
	2010				2004
	2010				2009
	2013				2013
					2015

Tại ngưỡng [2.0-2.5⁰C) (bảng 3.4): Trong tháng XI chủ yếu xảy ra trong thập niên 1990 (4 đợt), chỉ có 1 đợt xảy ra trong năm 1989 và 2 đợt xuất hiện đầu thập niên 2000 là 2003 và 2005. Trong tháng XII, lại xảy ra nhiều hơn trong thập niên 1980, chỉ 2 đợt năm 1995 và 1999, 2 đợt vào năm 2001 và 2011. Tháng I có nhiều đợt không khí lạnh gây giảm nhiệt độ ngưỡng 2-2.5 nhất (12 đợt) thì có tới 6 đợt rơi vào thập niên 1990, 4 đợt tập trung từ năm 2002 đến 2015 và 2 đợt xảy ra trong năm 1983, 1984. Sang tháng II, tần suất xuất hiện cũng không đều nhau, 6 đợt đầu cách nhau khoảng 3-6 năm, xảy ra từ năm 1985 đến 2001, sau đó đến năm 2015, 2016 mới xuất hiện trở

lại. Trong tháng III, các đợt cũng xảy ra thường xuyên hơn từ năm 1987 đến năm 1993.

Bảng 3.3. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [1.5-2.0⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1987	1979	1985	1983	1979
	1991	1981	1985	1991	1980
	1991	1988	1986	1993	1985
	1992	1989	1987	1999	1988
	1995	1990	1997	2001	1991
	1999	1996	2001	2003	1996
	2000	1996	2007	2003	1998
	2007	1997	2008	2006	1999
	2008	2002		2012	2001
		2009		2015	2009
		2010			2014
		2012			2017
		2015			
		2015			

Bảng 3.4. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [2.0-2.5⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1989	1980	1983	1985	1980
	1992	1981	1984	1988	1987
	1995	1985	1990	1992	1991
	1996	1985	1992	1997	1992
	1997	1995	1992	1997	1993
	2003	1999	1993	2001	2005
	2005	2001	1995	2015	2009
		2011	1996	2016	
			2002		
			2008		
			2009		
			2015		

Ngưỡng [2.5-3.0⁰C) (bảng 3.5): Trong tháng XI số đợt không khí lạnh gây giảm nhiệt ở ngưỡng này có xu hướng lặp lại nhiều hơn trong thập niên 2000, từ năm 2012 đến năm 2016 hầu như liên tục xuất hiện. Trong tháng XII, các đợt xảy ra tập trung trong thập niên 1980 (6 đợt), sau đó gián đoạn cho đến năm 2003 mới xuất hiện trở lại, từ năm 2003 đến năm 2017 đã có 5

đợt. Vào tháng I, các đợt này cũng gần như chỉ xảy ra trong thập niên 1980 và thập niên 2000. Tháng II, có 8 đợt thì 5 đợt xuất hiện từ năm 2002 đến năm 2016. Trong tháng III cũng chủ yếu xảy ra ở thập niên 1980 và 2000, trong đó có 6/12 đợt xảy ra từ năm 2003 đến năm 2014. Như vậy với ngưỡng giảm từ 2.5-3 độ, trong hầu hết các tháng đều xảy ra nhiều hơn trong thập niên 2000. Ở thập niên 1990 rất ít số trường hợp xuất hiện đợt lạnh bất thường theo ngưỡng giảm này.

Bảng 3.5. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [2.5-3.0⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1982	1980	1980	1986	1979
	1992	1982	1985	1992	1982
	1996	1985	1986	1995	1983
	1999	1985	2001	2002	1985
	2004	1987	2001	2005	1988
	2012	1989	2006	2005	1988
	2013	2003	2014	2010	2003
	2015	2005		2016	2006
	2016	2010			2007
		2014			2008
		2017			2012
					2014

Bảng 3.6. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [3.0-3.5⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1981	1981	1994	1983	1982
	1988	1993	1995	1984	1992
	1989	1995	1996	1994	1995
	1995	2008	1999	2012	2003
	2004	2011	2004	2016	2010
			2012		2011
					2011
					2011
					2014
					2016

Ngưỡng [3.0-3.5⁰C) (bảng 3.6), các số đợt lạnh bất thường giữa các tháng không chênh nhau nhiều và chủ yếu xảy ra trong thập niên 1980 và 1990. Ngoại trừ tháng III là tháng có số đợt lạnh gây giảm nhiệt độ theo ngưỡng này nhiều nhất (10 đợt trong đó có tới 7 đợt lạnh xảy ra từ năm 2003

đến năm 2016). Tại Ngưỡng [3.5-4.0⁰C) (bảng 3.7): Trong tháng XI chỉ có 3 đợt, trong đó 1 đợt vào năm 1993, 2 đợt còn lại xảy ra vào năm 2000 và 2008. Trong tháng XII và tháng 3 chỉ có 4-5 đợt nhưng phần lớn xảy ra vào thập niên 1980 và 1990. Riêng tháng 1 và tháng 2 số đợt lạnh bất thường gây giảm nhiệt ở ngưỡng 3.5-4 nhiều hơn và tần suất cũng diễn ra nhiều hơn trong thập niên 2000.

Bảng 3.7. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [3.5-4.0⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1993	1982	1979	1990	1989
	2000	1987	1998	1995	1994
	2008	1993	2000	1998	1998
		2012	2004	2000	2005
			2005	2001	2005
			2009	2001	
			2013	2011	
				2011	
				2012	
				2012	
				2014	

Ở ngưỡng [4.0-4.5⁰C) (bảng 3.8) các đợt cũng chủ yếu xảy ra nhiều hơn trong thập niên 1980 và 1990 hay đầu thập niên 2000. Riêng tháng XI có 1 đợt xảy ra năm 2016, tháng I và tháng III có 1 đợt xuất hiện vào năm 2012.

Với ngưỡng [4.5-5.0⁰C) (bảng 3.9), tần suất xảy ra các đợt lạnh bất thường ít hơn, dao động trong các tháng từ 2-5 đợt trong vòng 39 năm gần đây. Các đợt chủ yếu xảy ra vào thập niên 1980 và thập niên 1990. Từ năm 2000 đến nay hầu hết các tháng mới chỉ có 1 đợt, ngoại trừ tháng II có 2 đợt vào các năm 2004 và 2014.

Với ngưỡng [5.0-5.5⁰C) (bảng 3.10): Các đợt xảy ra trong tháng XI và tháng XII xuất hiện nhiều trong thập niên 2000; trong khi tháng I, tháng II và tháng III xảy ra ít và gần như rất ít lặp lại từ năm 2000 đến nay.

Từ các ngưỡng [5.5-8⁰C) (bảng 3.11), chỉ xuất hiện 1-2 lần trong vòng 39 năm trở lại đây, trong đó ở các ngưỡng 6-6.5 của tháng XI, ngưỡng 7-8 của tháng I hay tháng III là xảy ra trong thập niên gần đây (tương ứng năm 2017, 2016 và 2011). Ngưỡng từ [8-10⁰C) (bảng 3.11) chỉ xảy ra 1 lần vào tháng III năm 1986.

Bảng 3.8. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [4.0-4.5⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1992	1982	1983	1979	1990
	2016	1987	1989	1982	1996
		1992	2003	1984	2012
			2005	1989	
			2012	2000	

Bảng 3.9. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [4.5-5.0⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	1979	1984	1984	1990	1990
	1983	2005	1989	2004	1996
	1985		1993	2014	2012
	1986		2001		
	2007				

Bảng 3.10. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong khoảng [5.0-5.5⁰C)

Tháng	XI	XII	I	II	III
Năm xảy ra	2002	1982	1983	1979	1983
	2002	2001			1994
	2009	2004			2001
		2013			

Bảng 3.11. Tương tự bảng 3.2 nhưng trong các khoảng từ 5.5⁰C đến 10⁰C với khoảng cách 0.5⁰C

Tháng	XI	XII	I	II	III
<i>Ngưỡng</i>	5.5-6.0	5.5-6.0	5.5-6.0	5.5-6.0	5.5-6.0
	1987	2002	2008	1988	1985
	2001		2011		
<i>Ngưỡng</i>	6-6.5	6-6.5	6-6.5	6-6.5	6-6.5
	1981	1983		1980	1988
	2017				
<i>Ngưỡng</i>	6.5-7	6.5-7	6.5-7	6.5-7	6.5-7
		1991	1979		1984
		1999			2000
<i>Ngưỡng</i>	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
			2016	1996	2011
				2008	
<i>Ngưỡng</i>	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10
					1986

Các kết quả xác định dựa trên PA2 cũng cho kết quả tương tự như PA1 tại các ngưỡng từ [4.0-10⁰C). Sự khác biệt chủ yếu nằm ở các ngưỡng từ [1-4⁰C) trong đó số đợt lạnh bất thường xác định theo PA2 thì ít hơn so với PA1. Nguyên nhân là do bản chất của phương pháp xác định quy định như đã trình bày ở trên. Tại các ngưỡng lớn, rõ ràng giá trị nhiệt độ Ttb ngày giảm rất sâu và có xác suất cao rơi vào đuôi hàm phân bố, nên việc xác định theo PA2 thường trùng với PA1. Tuy nhiên ở các ngưỡng nhỏ, giá trị Ttb có thể vẫn lớn hơn giá trị phân vị 10 nên một số đợt lạnh không được xác định.

Qua các thống kê và phân tích trên, chúng tôi nhận thấy:

- Từ mùa đông năm 1979 đến 2018, khu vực Bắc Bộ xảy ra các đợt lạnh bất thường gây giảm nhiệt độ theo các ngưỡng sau:

+ Tại ngưỡng [1.0-1.5⁰C): Tháng XI và tháng III xảy ra 17-18 lần (khoảng 2 năm xuất hiện 1 lần). Tháng I và tháng XII có 10-13 đợt, tương ứng khoảng 3-4 năm xuất hiện 1 lần. Riêng tháng II chỉ có 5 đợt.

+ Tại ngưỡng [1.5-2.0⁰C): Tháng III và tháng XII xảy ra nhiều nhất, có 12-15 đợt (tương ứng tần suất 2.5-3.5 năm lặp lại 1 lần). Các tháng XI, tháng I và tháng II có 8-10 đợt (tần suất 4-5 năm xảy ra 1 lần).

+ Tại ngưỡng [2.0-2.5⁰C): Tháng I xảy ra nhiều đợt nhất (12 đợt). Các tháng còn lại dao động khoảng 7-8 đợt.

+ Tại ngưỡng [2.5-3.0⁰C): Tháng XII và tháng III xảy ra lần lượt 11 và 13 đợt. Các tháng khác xuất hiện 7-9 đợt.

+ Tại ngưỡng [3.0-3.5⁰C): Phần lớn trong các tháng chỉ có 5-6 đợt; riêng tháng III có 10 đợt.

+ Tại ngưỡng [3.5-4.0⁰C): Trong tháng XI, tháng XII chỉ xảy ra 3-4 đợt; tháng I và tháng III xuất hiện 6-7 đợt; riêng tháng II có 11 đợt.

+ Tại ngưỡng [4.0-4.5⁰C): Tháng I và tháng II có 5 đợt. Các tháng còn lại chỉ xảy ra 2-3 đợt.

+ Tại ngưỡng [4.5-5.0⁰C): Chỉ xảy ra 2-3 đợt trong hầu hết các tháng ngoại trừ tháng XI có tới 5 đợt.

+ Tại ngưỡng [5.0-5.5⁰C): Tháng I, tháng II và tháng II có 1-2 đợt. Riêng tháng XI và tháng XII đã xảy ra 3-4 đợt.

+ Tại ngưỡng [5.5-6.0⁰C): xuất hiện 2 đợt trong các tháng XI và tháng I. Các tháng khác chỉ xảy ra 1 đợt.

+ Tại ngưỡng [6.0-6.5⁰C): Tháng XI xảy ra 2 lần. Các tháng XII, tháng II và tháng III xảy ra 1 lần. Chưa xuất hiện lần nào trong tháng I.

+ Tại ngưỡng [6.5-7.0⁰C): Xảy ra 2 lần trong tháng XII, 1 lần trong tháng I và tháng III. Các tháng XI và tháng II chưa xuất hiện.

+ Tại ngưỡng [6.5-8.0⁰C): Tháng II có 2 đợt. Tháng I và tháng III có 1 đợt. Các tháng khác chưa xảy ra đợt nào.

+ Tại ngưỡng [8.0-10.0⁰C): Mới xuất hiện duy nhất 1 lần trong vòng 39 năm gần đây vào tháng III năm 1986.

Như vậy: Từ ngưỡng giảm 5.5-10 độ, ngay trong các tháng chính đông cũng mới chỉ xuất hiện 1-2 lần (tần suất khoảng 20-40 năm xảy ra 1 lần).

- Hầu hết các ngưỡng giảm nhiệt độ (ngưỡng giảm từ 1-10 độ so với độ lệch chuẩn cận dưới) đều chủ yếu xảy ra nhiều hơn trong những năm thập niên 1980 và thập niên 2000. Đặc biệt là các ngưỡng giảm nhiệt độ lớn như ngưỡng giảm từ 5.5-10 độ; Chẳng hạn: trong số 22 đợt có ngưỡng giảm từ 5.5-10 độ, chỉ có 3 đợt xảy ra trong thập kỉ những năm 1990, đó là: 1991, 1996 và 1999; 9 đợt xảy ra trong những năm 1980 và 10 đợt xuất hiện trong những năm 2000; 1 đợt xảy ra vào năm 1979. Trong đó có đợt giảm ngưỡng 6-6.5 độ mới xuất hiện vào năm 2017 và đợt giảm ngưỡng 7-8 độ xảy ra vào năm 2016.

- Về mặt trung bình, tần suất xuất hiện (chu kỳ lặp lại) các đợt lạnh bất thường trong mùa đông theo các ngưỡng giảm như sau:

+ Ngưỡng [1.0-1.5⁰C): khoảng 2-3 năm

+ Ngưỡng [1.5-3.0⁰C): dao động trong khoảng 3-6 năm

+ Ngưỡng [3.0-3.5⁰C): khoảng 6-8 năm

+ Ngưỡng [3.5-4.0⁰C): tháng XI, tháng XII khoảng 10-13 năm; tháng I, tháng II và tháng III là 4-6 năm.

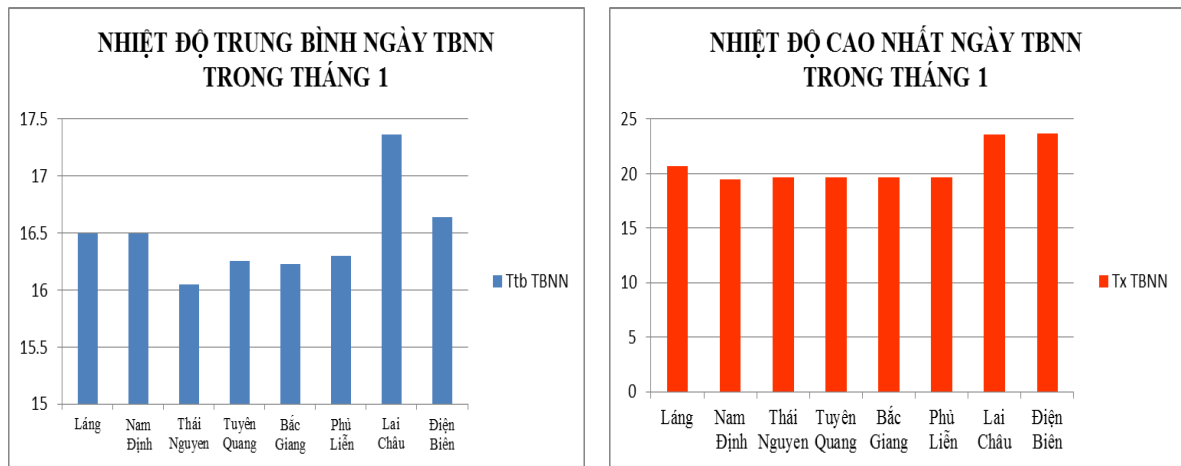
+ Ngưỡng [4.0-5.0⁰C): tần suất phổ biến từ 8-13 năm

+ Ngưỡng [5.0-10.0⁰C): tần suất phổ biến từ 20-40 năm.

3.2.2. Kết quả khảo sát tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường theo PAI với các ngưỡng khác nhau

Hình 3.4 đưa ra kết quả tính toán nhiệt độ trung bình ngày TBNN và nhiệt độ tối cao ngày TBNN cho một số trạm tại khu vực Bắc Bộ. Có thể thấy rằng, tính theo TBNN, nhiệt độ trung bình ngày trong tháng I tại khu vực Bắc Bộ rất thấp và khá đồng đều tại các trạm, chỉ dao động trong khoảng từ 16.0-16.5⁰C. Riêng hai trạm Lai Châu, Điện Biên tại khu vực Tây Bắc nhiệt độ

trung bình ngày cao hơn hơn, dao động trong khoảng từ 16.5-17.0⁰C. Nhiệt độ cao nhất ngày TBNN thông thường chỉ dao động trong khoảng từ 19.0-20.0⁰C, riêng hai trạm Lai Châu, Điện Biên dao động từ 23.0-24.0⁰C.



Hình 3.4. Nhiệt độ trung bình ngày TBNN (trái) và nhiệt độ tối cao ngày TBNN (phải) trong tháng 1 của một số trạm trên khu vực Bắc Bộ

Tuy nhiên, trong một số năm, có những khoảng thời gian, không khí lạnh hoạt động rất yếu, làm xuất hiện những đợt nóng bất thường với nhiệt độ trung bình ngày vượt trên ngưỡng trời lạnh (trời lạnh được quy ước khi nhiệt độ trung bình ngày dao động từ 20-22 độ). Để việc xác định tiêu chí nóng được rõ ràng, chúng tôi đã thống kê những đợt nóng trong các tháng mùa đông có nhiệt độ trung bình ngày lớn hơn ngưỡng đưa ra ban đầu từ 1.5, 2.0 và 2.5⁰C. Kết quả đánh giá cho thấy nhiệt độ trung bình ngày trong những đợt này vẫn ở ngưỡng trời lạnh (dưới 22 độ). Vì lý do này, trong phần khảo sát kết quả xác định các đợt nóng dưới đây, các khoảng ngưỡng khảo sát sẽ thay đổi từng tháng và chúng tôi chỉ tập trung khảo sát cho 3 tháng chính đông. Cụ thể, đối với tháng I sẽ tập trung khảo sát cho ngưỡng 3⁰C trở lên. Tuy nhiên, đối với các tháng XII và II sẽ khảo sát từ ngưỡng 1.5⁰C trở lên.

a. Kết quả xác định cho tháng I

Bảng 3.12 đưa ra kết quả xác định các đợt nóng bất thường trong tháng I theo ngưỡng độ lệch 3.0 độ trở lên và số liệu nhiệt độ trung bình ngày tương ứng tại một số trạm ở Bắc Bộ. Trong đó, cột đầu tiên cho biết số thứ tự các đợt nóng được tìm thấy. Cột thứ 2 cho biết năm xảy ra và cột thứ 3 cho biết ngày xảy ra trong tháng I. Cột thứ 4 là độ lệch giữa nhiệt độ trung bình ngày so với giá trị chuẩn. Các cột còn lại là nhiệt độ trung bình ngày được quan trắc tại một số trạm trong khu vực Bắc Bộ.

Bảng 3.12. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng I cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 3⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

TT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
				Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	
1	1979	11	3.1	22.1	21.9	22.1	21.5	21.4	21.4	17.4	16.8
	1979	12	3.3	22.3	22.4	22.6	21.5	22.6	21.9	16.9	16.3
	1979	14	3.8	22.8	22.5	22.3	22.7	22.1	21.7	16.5	16.0
2	1980	1	3.6	22.6	22.8	23.0	23.0	22.3	21.8	17.4	16.3
	1980	2	3.9	22.9	23.0	22.8	23.6	23.0	22.2	17.4	16.8
	1980	3	3.5	22.5	22.5	22.7	23.2	22.4	21.2	17.5	16.9
3	1980	28	3.7	22.7	21.4	22.4	22.0	22.6	21.4	19.1	18.2
	1980	29	3.7	22.7	21.3	22.5	20.5	21.7	21.0	18.5	17.0
4	1987	2	3.9	22.9	22.3	22.5	21.1	22.2	21.1	18.7	18.4
	1987	3	3.1	22.1	22.2	22.0	22.8	22.5	21.0	19.1	18.6
	1987	4	3.2	22.2	21.5	20.9	22.4	21.0	21.1	19.2	19.6
5	1991	20	3.4	22.4	22.1	21.4	20.6	21.5	20.2	19.9	20.9
	1991	21	3.8	22.8	21.8	23.0	23.0	22.7	21.4	18.6	20.1
	1991	22	3.5	22.5	21.6	22.6	22.7	23.0	21.1	17.6	19.9
	1991	23	3.5	22.5	22.2	21.5	23.0	22.3	20.9	18.8	20.7
6	1993	3	3.6	22.6	22.5	22.4	21.4	22.7	21.6	18.7	20.5
	1993	4	4.1	23.1	22.4	22.5	23.3	22.6	21.3	18.4	20.7
	1993	9	3.4	22.4	22.3	21.4	22.6	21.4	21.1	19.7	20.3
	1993	10	3.1	22.1	21.9	21.2	22.3	21.2	21.1	19.2	20.0
7	1994	11	3.5	22.5	21.9	22.5	22.7	21.8	20.8	17.7	20.8
	1994	12	4.2	23.2	22.9	23.0	23.3	23.2	21.5	17.8	20.1
8	1998	1	3.8	22.8	22.4	22.8	22.9	22.3	22.2	18.6	19.9
	1998	3	4.0	23.0	22.3	22.0	21.9	22.4	22.0	19.7	20.1
	1998	4	3.3	22.3	21.8	22.6	23.1	21.7	21.4	19.8	20.1
9	1998	8	3.8	22.8	22.7	22.9	21.6	23.3	23.0	19.4	21.1
	1998	9	5.4	24.4	23.8	23.9	23.7	24.4	23.8	19.7	22.8
	1998	10	5.4	24.4	24.8	25.1	24.3	24.9	24.0	19.1	21.4
	1998	11	4.2	23.2	23.0	22.1	23.6	21.7	23.1	18.8	20.3
10	1999	28	3.3	22.3	21.1	23.1	23.3	22.9	21.4	19.0	20.9
	1999	31	5.4	24.4	23.1	22.9	24.3	23.0	21.4	22.6	24.4
11	2000	9	3.8	22.8	22.1	22.3	23.3	22.7	21.4	17.2	21.0
	2000	10	3.3	22.3	21.6	21.6	22.0	22.2	20.6	19.6	21.6
	2000	11	4.2	23.2	22.8	22.3	23.0	22.8	21.0	19.5	21.9
	2000	12	5.2	24.2	23.5	23.5	23.9	23.5	21.6	19.2	21.2
	2000	13	3.6	22.6	20.9	22.9	24.3	22.4	20.2	17.6	20.5

TT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phù Liên	Lai Châu	Điện Biên
				Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb	Ttb
	2000	15	4.8	23.8	23.5	23.2	23.0	23.2	22.0	16.4	19.7
	2000	16	4.4	23.4	22.4	23.0	23.3	22.9	21.4	16.4	19.4
12	2001	6	3.1	22.1	21.8	22.0	20.8	19.7	16.8	18.7	21.0
	2001	7	4.4	23.4	23.1	22.4	22.6	22.3	21.7	18.8	20.0
	2001	8	4.5	23.5	23.7	23.5	23.7	23.8	21.5	18.5	17.8
13	2001	22	4.1	23.1	22.9	22.3	22.7	22.8	21.5	19.2	21.6
	2001	23	4.6	23.6	23.1	23.5	24.6	22.8	21.7	19.3	19.8
	2001	24	4.6	23.6	23.0	22.7	24.5	22.9	21.8	21.1	22.5
	2001	25	4.2	23.2	23.2	22.8	25.5	22.7	21.5	21.1	21.8
14	2002	17	4.2	23.2	22.6	22.1	22.3	22.6	21.9	17.6	17.8
	2002	18	3.9	22.9	22.6	22.4	22.1	22.4	22.5	18.5	17.8
15	2003	25	4.3	23.3	23.2	22.7	21.8	23.2	22.0	18.8	17.6
	2003	26	4.7	23.7	22.9	23.7	23.3	23.3	22.5	19.5	18.5
16	2005	25	3.7	22.7	21.8	22.1	22.4	22.3	20.3	19.8	19.0
	2005	26	4.1	23.1	22.3	23.1	23.3	23.0	21.3	19.3	18.9
	2005	27	3.8	22.8	21.4	23.0	23.8	22.9	20.5	19.6	18.9
17	2006	3	3.4	22.4	21.7	21.7	22.2	21.7	20.6	16.9	16.3
	2006	4	4.4	23.4	23.1	22.9	23.1	22.7	21.8	17.4	16.6
18	2006	18	4.9	23.9	23.2	22.9	24.4	22.9	21.5	19.4	18.4
	2006	19	4.7	23.7	22.9	23.3	23.4	23.1	21.4	17.9	18.2
19	2008	11	4.8	23.8	23.2	23.4	23.4	23.5	22.0	19.8	17.9
	2008	12	4.2	23.2	22.9	23.2	21.7	22.8	22.5	18.7	17.9
	2008	13	3.7	22.7	22.0	22.0	23.4	21.4	20.9	18.3	18.0
20	2010	30	3.7	22.7	22.0	21.7	22.2	21.9	20.8	19.5	19.2
	2010	31	4.9	23.9	23.7	23.5	24.2	23.6	22.0	20.0	19.6
21	2016	5	3.5	22.5	22.2	21.1	21.2	20.5	20.9	19.8	18.8
	2016	6	3.7	22.7	22.1	21.6	20.8	21.7	21.6	17.9	17.8
22	2016	10	5.6	24.6	23.9	23.0	23.6	23.5	22.5	20.1	20.1
	2016	11	3.2	22.2	22.4	21.2	20.9	20.4	20.8	16.3	16.0

Từ bảng 3.11 nhận thấy từ năm 1979 đến năm 2017 đã xảy ra 23 đợt nóng bất thường trong tháng I vào các năm 1979, 1980, 1987, 1991, 1993, 1994, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2010 và năm 2016. Đa phần các năm chỉ xảy ra một đợt nóng bất thường trong tháng I, mỗi đợt thường kéo dài khoảng từ 2-4 ngày. Riêng các năm 1980, 1993, 1998, 2001, 2006 và 2016, xảy ra hai đợt nóng bất thường. Nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến trong khoảng từ 22-23⁰C, trạm Phù Liên ở nhiệt độ thấp hơn một chút, dao động trong khoảng từ 21-22⁰C. Hai trạm Lai Châu, Điện Biên, nhiệt

độ trung bình ngày chỉ dao động trong khoảng từ 18-20⁰C. Năm 2000 là năm có đợt nóng kéo dài nhất, lên đến 7 ngày, từ ngày 09 đến ngày 16 tháng I. Tuy là năm có đợt nóng kéo dài nhất nhưng năm 2000 không phải là năm nóng nhất. Trong giai đoạn 1979-2017, năm có đợt nóng trong tháng I với nhiệt độ trung bình ngày cao nhất là năm 1998, nhiệt độ trung bình ngày lên đến 24.4⁰C và độ lệch lên đến 5.4⁰C trong hai ngày 09 và ngày 10 tháng 1.

Tiếp theo, chúng ta khảo sát nhiệt độ tối cao ngày của những ngày đã được xác định thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng nóng bất thường. Bảng 3.13 đưa ra kết quả quan trắc nhiệt độ tối cao ngày (Tmax) tương ứng của những ngày xảy ra nóng bất thường đã được xác định ở bảng 3.12. Có thể thấy rằng, Tx TBNN trong tháng I tại khu vực Bắc Bộ khá thấp, chỉ dao động trong khoảng từ 19-20⁰C (xem hình 3.4), nhưng trong những đợt nóng bất thường Tmax tại các trạm ở khu vực Bắc Bộ tương đối cao, phổ biến trong khoảng 26-28⁰C. Một số năm, Tmax lên đến 27-29⁰C như ngày 09, ngày 10 tháng 1 năm 1998 hoặc ngày 25/1 năm 2001 hay ngày 10 tháng 1 năm 2016. Đặc biệt ngày 29 tháng 1 năm 1980, Tmax tại các trạm còn lên mức từ 30-32⁰C, nóng đặc biệt bất thường trong mùa đông. Trong khi đó, tháng 1 năm 2000 có đợt nóng kéo dài nhất trong 46 năm. Tuy nhiên, Tmax trong đợt nóng này lại chỉ phổ biến trong khoảng từ 25-27⁰C, chỉ có trạm Tuyên Quang và hai trạm phía Tây là Lai Châu và Điện Biên, nhiệt độ cao nhất ngày lên đến 28-30⁰C.

Bảng 3.13. Số liệu nhiệt độ tối cao ngày được quan trắc tại một số trạm vào các ngày xảy ra hiện tượng nóng bất thường trong giai đoạn 1979-2017

TT	Năm	Ngày	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1979	11	26.0	25.6	25.6	26.2	25.5	24.9	26.1	25.6
	1979	12	27.2	25.5	27.6	27.7	27.3	25.4	25.5	26.7
	1979	14	27.2	26	26.7	27.2	25.3	25.9	26.1	28.3
2	1980	1	27.3	26.8	27.4	27.4	26.5	26	27	27.5
	1980	2	26.7	26.5	26.7	28.2	27.0	26.6	26	27.9
	1980	3	26.6	26.3	26.3	27.2	25.4	25.8	26.2	28.2
3	1980	28	27.6	26.9	28.4	29.2	27.2	25.8	30.9	28.3
	1980	29	31.5	31.7	31.1	29.9	30.8	30.4	30.4	28
4	1987	2	27.2	25.9	26.5	26.4	26.3	25	24.3	24.7
	1987	3	24.9	25	23.9	25.2	25.2	25.6	23.3	25.6
	1987	4	26.0	24.8	23.6	25.6	25.1	24.9	27.2	26.6
5	1991	20	26.8	25.9	25.3	25.2	25.0	23.1	28.7	27.5

TT	Năm	Ngày	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	1991	21	26.0	24.9	26.5	26.8	26.4	24.2	26.6	28
	1991	22	25.4	24.2	26.1	25.4	26.2	25.5	24.7	28.5
	1991	23	26.1	25.4	23.7	24.8	25.4	25.3	26.6	29
6	1993	3	27.6	25.7	26.4	26	26.0	25	26.2	25.6
	1993	4	27.0	25.4	26.5	27.5	26.1	25.3	25.5	27
7	1993	9	26.5	26.2	24.5	25.6	24.9	26.2	25.5	26.1
	1993	10	26.1	25.8	23.8	24.7	24.9	24.7	23.8	24.2
8	1994	11	26.7	25.5	26.5	27.1	25.0	24.3	27.2	27.7
	1994	12	27.4	26.5	26.9	28.1	27.0	25.3	28.3	28
9	1998	1	26.5	25.9	26.4	27.7	25.8	27	28	28
	1998	3	27.4	26.8	25	24.5	25.3	26.6	26	28
	1998	4	24.8	25.4	27	27.3	26.7	26	26	29
10	1998	8	27.0	26.6	26.8	25.7	26.4	26.9	25.5	28
	1998	9	30.8	26.9	28.8	29.3	28.6	27.8	27	29.1
	1998	10	29.9	28.3	29.2	29.1	28.6	27.4	27.1	29.5
	1998	11	28.0	26.8	27.4	28.7	26.0	27.2	26.5	30.5
11	1999	28	26.1	24	26.9	27.2	26.0	26	27	29.8
	1999	31	28.8	26.3	24.6	26.6	23.9	22.4	31.5	30
12	2000	9	26.9	26	26	28.2	25.6	25.7	26.4	28
	2000	10	25.6	25.1	24.2	24.3	24.5	24.2	28.4	29.8
	2000	11	27.6	26	26	25.5	25.2	23.1	30.4	30
	2000	12	28.1	27.5	27.4	28.6	27.0	23.7	29.4	29.4
	2000	13	25.1	22.3	25.4	28.6	24.0	21.8	30.3	28.5
	2000	15	28.7	27.6	27	28.4	27.0	25.2	29.4	28.7
	2000	16	27.7	26.1	27.2	28.4	26.7	25.5	28.5	28.5
13	2001	6	26.3	25.5	25.8	23.7	25.5	24.4	26.4	27.5
	2001	7	28.5	27.5	27.3	27.6	26.5	26.2	23.6	27.6
	2001	8	28.9	27.4	28.7	29.2	28	26.1	25.4	28.1
14	2001	22	25.9	26.5	24.9	27	25.2	23.7	27.5	30
	2001	23	27.1	25.3	26.8	28.6	25.1	22.8	25.4	29.8
	2001	24	25.6	25.5	24.5	27.6	24.1	22.5	31	29.4
	2001	25	28.3	29.1	28.1	32	26.9	24.3	31.8	31
15	2002	17	27.8	27	27.2	27.4	27.1	27.3	27.8	22.8
	2002	18	27.4	27.7	26.5	27.3	26.6	27.5	27.8	28.5
16	2003	25	29	26.1	28.3	28.5	27.5	24.8	28	27.2
	2003	26	28.5	26.5	27.7	28.9	28	27.2	29.8	27.5
17	2005	25	27	25.7	26.9	27.4	26	22.4	30.5	29
	2005	26	27.2	25.6	27.1	27.8	27.2	25	30.2	29.1
	2005	27	26.2	24.5	27.6	28.7	26.2	23.5	31.4	30.2
18	2006	3	28.3	26.4	27.1	26.4	26.2	24.5	26.8	25.9
	2006	4	28.6	27.3	27.2	27.5	27.7	26.7	26.4	27.4

TT	Năm	Ngày	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phù Lĩễn	Lai Châu	Điện Biên
19	2006	18	28.5	27	27.2	29	27.3	24.4	28.8	28.4
	2006	19	27.9	27.4	27.4	28.5	28	25.3	27	27.6
20	2008	11	29.7	27.5	28.8	29.5	28.5	26.3	31	29.3
	2008	12	29.1	28.4	27.8	29.5	28.8	27	29.7	29
	2008	13	26.3	23.7	27.1	27.2	26.4	23.7	29	28.5
21	2010	30	27.8	26.7	26.1	27.2	26.4	25.2	30.3	28.5
	2010	31	28	26.9	27.2	28.4	27	25.5	30.3	29
22	2016	5	26.5	27	24.5	25.7	24.6	26	26.4	26
	2016	6	26.9	25.8	25.5	26.2	26.6	26.6	22.2	26.4
23	2016	10	29.7	28	26.9	28	29	27	27	27
	2016	11	24.5	25	22.7	25.3	22.4	23.5	24	24.3

Theo ngưỡng độ lệch 3.5°C trở lên tính cho 46 năm, từ năm 1979 đến năm 2016 và số liệu nhiệt độ trung bình ngày tương ứng tại các trạm ở Bắc Bộ. Có thể thấy số đợt nóng có ngưỡng độ lệch 3.5°C trở lên trong tháng 1 đã giảm chỉ còn 13 đợt, xảy ra vào các năm 1980, 1993, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008 và 2010. Trong đó, chỉ có 1 đợt nóng kéo dài 6 ngày xảy ra vào năm 2000 từ ngày 11 đến ngày 16 tháng 1 năm 2000. Hai đợt kéo dài 4 ngày xảy ra vào các năm 1998 và năm 2001, còn lại tất cả các đợt khác chỉ kéo dài từ 2-3 ngày. Năm 2001 cũng là năm duy nhất có 2 đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 3.5°C trở lên so với giá trị chuẩn. Nhiệt độ trung bình ngày phổ biến trong khoảng từ $22.5-23.5^{\circ}\text{C}$ tại khu vực Đồng Bằng, Việt Bắc, khu Đông Bắc phổ biến trong khoảng từ $21.5-22.5^{\circ}\text{C}$. Hai trạm Lai Châu, Điện Biên, nhiệt độ trung bình ngày chỉ dao động trong khoảng từ $17.5-19.5^{\circ}\text{C}$ (chi tiết xem P3.1 của phụ lục 3). Nhiệt độ cao nhất ngày trong những đợt nóng này phổ biến trong khoảng từ $27-29^{\circ}\text{C}$. Riêng hai trạm Bắc Giang, Phù Lĩễn thuộc khu Đông Bắc, một số năm, nhiệt độ chỉ dao động trong khoảng từ $24-26^{\circ}\text{C}$. Hai trạm Lai Châu, Điện Biên nhiệt độ khá cao, dao động từ $28-30^{\circ}\text{C}$.

Đối với những đợt nóng trong tháng I có độ lệch từ 4.0°C trở lên tại khu vực Bắc Bộ, số lượng các đợt nóng giảm hẳn. Trong suốt 46 năm chỉ xảy ra 8 đợt nóng vào các năm 1998, 2000, 2001, 2003, 2006 và 2008 (xem bảng P3.2 của phụ lục 3). Trong đó chỉ có 1 đợt kéo dài 4 ngày xảy ra từ ngày 22-25 tháng 1 năm 2001, còn lại các đợt chỉ kéo dài từ 2-3 ngày. Có hai năm xảy ra hai đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 4.0°C trở lên so với độ lệch chuẩn là năm 2000 và năm 2001. Nhiệt độ trung bình ngày của các đợt nóng này phổ biến

trong khoảng từ 23-24⁰C. Riêng trạm Phù Liễn nhiệt độ trung bình chỉ dao động trong khoảng từ 21-22⁰C và tại hai trạm Lai Châu, Điện Biên phổ biến từ 18.5-19.5⁰C. Trong các đợt nóng này, nhiệt độ cao nhất ngày cũng phổ biến trong khoảng từ 27-29⁰C, cao hơn giá trị nhiệt độ cao nhất ngày TBNN từ 8-9⁰C. Đặc biệt tại hai trạm Lai Châu và Điện Biên, nhiệt độ cao nhất ngày trong một số năm còn lên đến 30-31⁰C như trong đợt nóng ngày 11-12 tháng 1 năm 2000 và đợt nóng ngày 24-25 tháng 1 năm 2001.

b. Kết quả xác định cho tháng II

Tại ngưỡng 1.5⁰C, trong giai đoạn 1979-2019 trong tháng 2 xảy ra 22 đợt nóng bất thường vào những năm 1979, 1981, 1987, 1990, 1991, 1998, 1999, 2003, 2007, 2009, 2010, 2013, 2015 và 2016 (xem bảng P3.3 của phụ lục 3). Trong đó, các năm 2003, 2007, 2009 và năm 2010 có các đợt nóng dài nhất trong tháng II. Đặc biệt năm 2007 xảy ra đợt nóng kéo dài đến 14 ngày từ ngày 13-25 tháng 2, và năm 2010 có đợt nóng kéo dài lên đến 11 ngày từ ngày 1 đến ngày 11 tháng 2. Nhiệt độ trung bình ngày ở hầu khắp khu vực Bắc Bộ đều vượt qua ngưỡng trời lạnh, phổ biến trong khoảng từ 23-25⁰C. Riêng hai trạm Lai Châu, Điện Biên thuộc khu Tây Bắc nhiệt độ thấp hơn. Nhiệt độ trung bình ngày ở Trạm Lai Châu vẫn ở ngưỡng trời lạnh phổ biến trong khoảng 19-21⁰C, trạm Điện Biên, nhiệt độ trung bình ngày vẫn ở ngưỡng trời rét phổ biến từ 17-19⁰C. Một số năm như năm 1991 hay năm 2009, mặc dù hầu khắp các nơi ở Bắc Bộ xuất hiện đợt nóng thì tại trạm Điện Biên, nhiệt độ trung bình ngày phổ biến dưới 15⁰C.

Có thể thấy rằng, theo TBNN, nhiệt độ cao nhất ngày trong tháng II tại khu vực Bắc Bộ chỉ dao động trong khoảng từ 20-22⁰C, riêng hai trạm Lai Châu và Điện Biên, nhiệt độ cao nhất ngày dao động trong khoảng 26⁰C. Trong khi đó, trong những đợt nóng bất thường tại khu vực Bắc Bộ trong tháng II, nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến trong khoảng từ 27-29⁰C, cao hơn bình thường từ 5-7⁰C. Riêng các đợt nóng trong các năm 1979, 1991, 2003, nhiệt độ cao nhất ngày còn lên mức 30-32⁰C, cao hơn đến 10⁰C so với bình thường. Hai trạm Lai Châu và Điện Biên, trong những đợt nóng bất thường, thường xuyên có nhiệt độ cao nhất ngày khá cao, phổ biến trong khoảng từ 29-32⁰C. Đặc biệt tại trạm Lai Châu, nhiệt độ có nơi còn lên mức từ 31-33⁰C, một số ngày còn chạm ngưỡng nắng nóng với nhiệt độ lên đến 35 và trên 35⁰C. Như vậy, rõ ràng trong những đợt nóng bất thường, nhiệt độ trung bình

ngày tại hai trạm Lai Châu, Điện Biên khá thấp, vẫn đạt ngưỡng trời lạnh, tuy nhiên nhiệt độ cao nhất ngày lại khá cao. Chúng tôi biên độ dao động nhiệt độ ngày đêm tại các khu vực này rất lớn. Nhiệt độ cao nhất ngày rất cao, nhưng nhiệt độ thấp nhất ngày lại rất thấp.

Xét đến những đợt nóng bất thường trong tháng II với ngưỡng độ lệch từ 2.0°C trở lên nhận thấy so với số đợt nóng bất thường với độ lệch từ 1.5°C trở lên, số đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 2.0°C trở lên có ngưỡng độ lệch giảm đi đáng kể, từ 22 đợt giảm xuống còn 16 đợt, xảy ra vào các năm 1979, 1981, 1990, 1991, 1998, 2003, 2007, 2009, 2010, 2013, 2015 và 2016 (xem bảng P3.4 của phụ lục 3). Trong đó, các năm 1978, 1981, 1991 và năm 2016 là những năm có đợt nóng đạt ngưỡng độ lệch từ 2.0°C trở lên khá ngắn, mỗi đợt chỉ 2 ngày. Trong khi đó, năm 2007, năm 2009 và năm 2010 là những năm có đợt nóng dài nhất, kéo dài từ 7-11 ngày. Không những thế, năm 2009 và năm 2010 còn xảy ra 2 đợt nóng trong tháng 2 có ngưỡng độ lệch trên 2.0°C , trong khi những năm khác chỉ xảy ra một đợt. Ngoại trừ đợt nóng năm 1990, nhiệt độ cao nhất ngày dao động trong khoảng từ $25-27^{\circ}\text{C}$. Còn lại, nhiệt độ cao nhất ngày trong những đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 2.0°C trở lên đã tăng hơn so với nhiệt độ cao nhất ngày của những đợt nóng có độ lệch theo ngưỡng 1.5°C và phổ biến trong khoảng từ $28-30^{\circ}\text{C}$, cao hơn bình thường từ $6-8^{\circ}\text{C}$.

Đối với ngưỡng độ lệch từ 2.5°C trở lên, kết quả xác định cho thấy số đợt nóng giảm hẳn và chỉ còn 11 đợt xảy ra vào các năm 1979, 1991, 1998, 2003, 2007, 2009, 2010 và 2015 (xem bảng P3.5 của phụ lục 3). Nhiệt độ trung bình ngày tại khu vực Bắc Bộ phổ biến trong khoảng từ $24-26^{\circ}\text{C}$. Năm 2009 và năm 2010 tiếp tục là hai năm có đợt nóng kéo dài nhất và cũng là hai năm xảy ra hai đợt nóng trong tháng 2, còn lại hầu hết các năm chỉ xảy ra một đợt nóng có ngưỡng độ lệch so với giá trị chuẩn hơn 2.5°C . Đối với hai trạm Lai Châu và Điện Biên, trong những đợt nóng trong tháng 2 này, nền nhiệt độ trung bình đã tăng lên đáng kể. Riêng năm 1979, năm 1998 và năm 2003 còn rét nhẹ với nhiệt độ $19-20^{\circ}\text{C}$, còn lại hầu hết các năm khá, nhiệt độ trung bình đều đạt ngưỡng trời lạnh, phổ biến trong khoảng từ $21-22^{\circ}\text{C}$. Đối với Tmax trong những đợt nóng có độ lệch so với giá trị chuẩn từ 2.5°C trở lên, tại khu vực Bắc Bộ, Tmax phổ biến trong khoảng từ $28-32^{\circ}\text{C}$, cao hơn từ $8-10^{\circ}\text{C}$ so với thông thường. Tại hai trạm Lai Châu, Điện Biên, Tmax phổ biến trong

khoảng từ 31-33⁰C. Đợt nóng kéo dài nhất đạt 7 ngày. Chỉ có 2 năm xảy ra 2 đợt nóng có độ lệch 2.5⁰C trở lên so với chuẩn là năm 2009 và năm 2010, còn lại các năm chỉ xảy ra một đợt nóng.

Tại ngưỡng 3.0⁰C trở lên, số đợt nóng trong tháng II giảm đi nhiều so với ngưỡng 2.5⁰C, chỉ còn 7 đợt xảy ra vào các năm 1979, 2003, 2009, 2010 và năm 2015 (xem bảng P3.6 của phụ lục 3). Nhiệt độ trung bình ngày phổ biến dao động trong khoảng từ 24-26⁰C, cao hơn từ 3-5⁰C so với giá trị nhiệt độ trung bình nhiều năm. Trong đó năm 2010 là năm có đợt nóng bất thường dài nhất, kéo dài đến 6 ngày, đồng thời cũng là năm duy nhất có hai đợt nóng bất thường với độ lệch từ 3.0⁰C trở lên so với giá trị chuẩn. Nhiệt độ cao nhất ngày trong những đợt nóng này tăng nhẹ, tại trạm Phù Liễn thuộc khu vực Đông Bắc và nằm xa về phía đông nên có nhiệt độ thấp hơn các trạm thuộc các khu vực còn lại của Bắc Bộ. Tuy nhiên, nhiệt độ cao nhất ngày cũng đã phổ biến từ 27-30⁰C. Các trạm còn lại nhiệt độ phổ biến từ 30-33⁰C. Đặc biệt, trong đợt nóng từ ngày 25-26 tháng 2 năm 2010, nhiệt độ cao nhất ngày còn phổ biến từ 32-35⁰C.

c. Kết quả xác định cho tháng XII

Tại ngưỡng 1.5⁰C, kết quả thống kê cho thấy đã xảy ra 26 đợt nóng từ có độ lệch so với giá trị chuẩn từ 1.5 độ trở lên, xảy ra vào các năm 1980, 1984, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2005, 2009, 2010, 2012 và năm 2016 (xem bảng P3.7 ở phụ lục 3). Các đợt nóng thường xảy ra trong thời gian ngắn và không kéo dài, thông thường chỉ từ 2-4 ngày. Chỉ có duy nhất một đợt nóng kéo dài 6 ngày vào năm 1975, xảy ra từ ngày 3 đến ngày 8 tháng 12 năm 1975. Nhiệt độ trung bình trong đợt nóng này phổ biến trong khoảng từ 23-25⁰C. Ba đợt nóng kéo dài 5 ngày xảy ra từ ngày 1 đến ngày 5 năm 2001, từ ngày 3 đến ngày 7 năm 2002 và từ ngày 11 đến ngày 15 năm 2009. Nhiệt độ trung bình ngày của các đợt này phổ biến dao động trong khoảng từ 23-24⁰C. Các đợt nóng khác, nhiệt độ trung bình ngày dao động trong khoảng từ 22.5-23.5⁰C. Riêng đối với hai trạm Lai Châu và Điện Biên, nhiệt độ trung bình ngày chỉ dao động trong khoảng từ 17.5-19.5⁰C. Năm 2002 là năm duy nhất xảy ra 2 đợt nóng, các năm còn lại chỉ xảy ra một đợt. Trong những đợt nóng ngày, nền nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến trong khoảng từ 26.5-28.5⁰C, cao hơn khoảng 6 độ so với TBNN.

Đối với ngưỡng 2°C , số đợt nóng đã giảm đi gần một nửa so với những đợt nóng có độ lệch 1.5° so với giá trị chuẩn chỉ còn 14 đợt xảy ra vào các năm 1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2009, 2010, 2012, 2015, 2016 (xem bảng P3.8 ở phụ lục 3). Trong đó, chỉ có 2 đợt nóng kéo dài 5 ngày là đợt nóng từ ngày 4 đến ngày 8 tháng 12 năm 1975 và đợt nóng từ ngày 3 đến ngày 7 năm 2002. Có 3 đợt nóng kéo dài 4 ngày xảy ra vào các năm 1997, 2001, 2009. Còn lại các đợt nóng khác chỉ kéo dài từ 2-3 ngày. Nhiệt độ trung bình ngày của những đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 2.0°C trở lên so với giá trị chuẩn phổ biến dao động trong khoảng từ $23.5-25.5^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ cao nhất trong những đợt nóng này đã tăng nhẹ lên so với những đợt nóng có độ lệch so với giá trị chuẩn từ 1.5°C trở lên và dao động trong khoảng từ $27-29^{\circ}\text{C}$ độ.

Tại ngưỡng trên 2.5°C , số lượng đợt nóng ngày tiếp tục giảm thêm đi chỉ còn 8 đợt xảy ra vào các năm 1997, 1998, 2001, 2002, 2005 và năm 2015 (xem bảng P3.9 ở phụ lục 3). Nhiệt độ trung bình ngày của các trạm tại Bắc Bộ phổ biến trong khoảng từ $24-25^{\circ}\text{C}$. Riêng trạm Phù Liễn nằm ở khu Đông Bắc, nhiệt độ thấp hơn một chút dao động trong khoảng từ $22.5-23.5^{\circ}\text{C}$. Hai trạm Lai Châu, Điện Biên, nhiệt độ trung bình ngày chỉ phổ biến từ $17.5-19.5^{\circ}\text{C}$, riêng các đợt nóng trong năm 1997, 1998, 2005, và 2015, nhiệt độ trung bình ngày tại hai trạm này dao động trong khoảng từ $21-23^{\circ}\text{C}$. Trong các đợt nóng trong năm 1997 và năm 2001, Tmax tại khu vực Đồng Bằng và Việt Bắc phổ biến dao động trong khoảng từ $28-31^{\circ}\text{C}$. Các trạm thuộc khu vực Đông Bắc thấp hơn một chút, phổ biến trong khoảng từ $27-29^{\circ}\text{C}$.

Tại ngưỡng trên 3.0°C , số đợt nóng bất thường xảy ra rất ít, trong 46 năm, vào tháng 12 chỉ xảy ra 4 đợt nóng bất thường vào các năm 1975, 1998, 2002 và năm 2015. Đợt kéo dài nhất vào năm 2002 xảy ra trong bốn ngày, từ ngày 4 đến ngày 7 tháng 12 năm 2002. Các đợt còn lại chỉ xảy ra trong hai ngày. Cụ thể là đợt ngày 7-8 năm 1975, đợt ngày 1-2 năm 1998 và đợt từ 1-2 năm 2015. Nhiệt độ trung bình trong các đợt này phổ biến từ $24.5-26.5^{\circ}\text{C}$ tại khu vực đồng bằng và Việt Bắc. Tại khu Đông Bắc, nhiệt độ dao động trong khoảng từ $23.5-25.5^{\circ}\text{C}$, trong khi đó, tại khu Tây Bắc, nhiệt độ trung bình ngày vẫn chỉ phổ biến trong khoảng từ $20.5-22.5^{\circ}\text{C}$. Giá trị Tmax trong những đợt nóng này khá cao, phổ biến trong khoảng từ $29-32^{\circ}\text{C}$, trong khi giá trị TBNN của nhiệt độ cao nhất ngày tại khu vực Bắc Bộ chỉ phổ biến trong khoảng từ $21-22^{\circ}\text{C}$, như vậy là cao hơn thông thường từ $8-10^{\circ}\text{C}$.

d. Nhận định chung

Tổng kết về số đợt nóng bất thường trong ba tháng chính đông tháng theo các ngưỡng độ lệch khác nhau được đưa ra trong bảng 3.14. Có thể thấy trong tháng I, các đợt nóng (nhiệt độ trung bình ngày đạt trên 22°C) cần có ngưỡng độ lệch so với giá trị chuẩn từ 3°C trở lên, trong khi đó, trong tháng 2 và tháng 12, nhiệt độ trung bình ngày chỉ cần đạt từ 1.5° trở lên đã vượt qua ngưỡng trời lạnh. Từ năm 1971-2018 có 23 đợt nóng có độ lệch từ 3°C trở lên, có 13 đợt nóng có độ lệch từ 3.5°C và có 8 đợt có độ lệch từ 4°C trở lên so với giá trị chuẩn. Nhiệt độ trung bình ngày của các đợt nóng này dao động trong khoảng từ $22-24^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến trong khoảng từ $27-29^{\circ}\text{C}$. Trong tháng 2 có 22 đợt nóng có độ lệch từ 1.5°C trở lên, có 16 đợt nóng có độ lệch từ 2.0°C , có 11 đợt có độ lệch từ 2.5°C và có 7 đợt nóng có độ lệch từ 3.0°C trở lên so với giá trị chuẩn. Nhiệt độ trung bình của các đợt nóng trong tháng 2 cao hơn trong tháng 1, phổ biến dao động trong khoảng từ $23-26^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ cao nhất trong những đợt nóng này phổ biến trong khoảng từ $27-30^{\circ}\text{C}$, riêng các đợt nóng có độ lệch từ 2.5°C và 3.0°C trở lên so với giá trị chuẩn, nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến trong khoảng từ $30-33^{\circ}\text{C}$.

Đối với tháng XII, từ năm 1979 đến năm 2018 đã có 26 đợt nóng bất thường có ngưỡng độ lệch từ 1.5°C so với giá trị chuẩn trở lên, có 14 đợt nóng có độ lệch 2.0°C , có 8 đợt nóng có ngưỡng độ lệch 2.5°C và chỉ có 4 đợt nóng có ngưỡng độ lệch 3.0°C trở lên. Nhiệt độ trung bình ngày trong các đợt nóng này phổ biến trong khoảng từ $23-25^{\circ}\text{C}$, riêng các đợt nóng có ngưỡng độ lệch từ 4.0°C trở lên so với giá trị chuẩn, nhiệt độ trung bình ngày đạt từ $24.5-26.5^{\circ}\text{C}$. Các đợt nóng bất thường trong tháng II thường kéo dài hơn tháng I và tháng XII. Đợt nóng kéo dài nhất trong tháng II là 14 ngày, xảy ra từ ngày 13-25 tháng 2 năm 2000. Đợt nóng kéo dài nhất trong tháng I là 7 ngày, xảy ra từ ngày 9 đến ngày 16 tháng 1 năm 2000. Đợt nóng kéo dài nhất trong tháng XII là 6 ngày, xảy ra từ ngày 3 đến ngày 8 năm 1975.

Tính từ năm 1979 đến năm 2018, số năm xảy ra 2 đợt nóng trong tháng I nhiều hơn trong tháng II và trong tháng XII. Trong tháng I có 6 năm xảy ra hai đợt nóng là các năm 1980, 1993, 1998, 2001, 2006 và năm 2016. Trong tháng II có 2 năm 2009 và năm 2010. Trong tháng XII chỉ có 1 năm duy nhất là năm 2002 xảy ra hai đợt nóng. Các năm còn lại trong cả ba tháng chính đông chỉ xảy ra một đợt nóng.

Bảng 3.14. Kết quả thống kê số đợt nóng bất thường xảy ra trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 1979-2017 theo các tháng và các ngưỡng độ lệch khác nhau và các đặc trưng thống kê khác

Tháng	Ngưỡng độ lệch so với giá trị chuẩn	Số đợt	Các năm xảy ra	Năm xảy ra 2 đợt	Nhiệt độ TB phổ biến	Nhiệt độ cao nhất ngày phổ biến	Năm có đợt kéo dài nhất	Số ngày	Từ ngày-đến ngày
Tháng I	3.0	23	1979, 1980, 1987, 1991, 1993, 1994, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2010, 2016	1980, 1993, 1998, 2001, 2006 và 2016	22-23	26-28	2000	7	9-16
	3.5	13	1980, 1993, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2010	2000, 2001	22.5-23.5	27-29	2000	6	11-16
	4.0	8	1998, 2000, 2001, 2003, 2006, 2008.	2000, 2001	23-24	27-29	2001	4	22-25
Tháng II	1.5	22	1978, 1979, 1981, 1987, 1990, 1991, 1998, 1999, 2003, 2007, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016	2009, 2010	23-25	27-29	2007	14	13-25
	2.0	16	1979, 1981, 1990, 1991, 1998, 2003, 2007, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016	2009, 2010	23.5-25.5	28-30	2010	11	1-11
	2.5	11	1979, 1991, 1998, 2003, 2007, 2009, 2010, 2015	2009, 2010	24-26	29-32	2010	9	3-11
	3.0	7	1979, 2003, 2009, 2010, 2015	2009, 2010	24-26	30-33	2010	6	6-11
Tháng XII	1.5	26	1980, 1984, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2005, 2009, 2010, 2012, 2016.	2002	23-24	26.5-28.5	1975	6	3-8
	2.0	14	1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2009, 2010, 2012, 2015, 2016.	2002	23.5-24.5	27-29	1975	5	8-12
							2002	5	3-7
	2.5	8	1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2015	2002	24-25	28-30	2002	5	3-7
3.0	4	1998, 2002, 2015	0	24.5-26.5		2002	4	4-7	

3.2.3. Lựa chọn ngưỡng xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo PA1

Dựa trên các kết quả khảo sát tần suất xuất hiện các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong 40 mùa đông từ mùa đông 1979/1980 đến 2018/2019 như đã trình bày ở trên, chúng tôi nhận thấy giá trị tần suất thay đổi đáng kể khi xem xét các ngưỡng độ lệch khác nhau. Ngoài ra, trong hai phương án thử nghiệm xác định, sự khác biệt về số lượng các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ được tìm thấy theo PA1 cũng không có nhiều khác biệt so với PA2. PA2 thường cho số lượng ít hơn 1-2 đợt so với PA1 và chỉ xảy ra vào các năm có hiện tượng xảy ra hơn 2 đợt trở lên. Đối với những mùa đông chỉ xảy ra 1 đợt lạnh/nóng bất thường, thì cả hai phương án đều cho kết quả như nhau.

Do số lượng các đợt đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ thay đổi đáng kể khi xem xét theo các ngưỡng độ lệch, nên cần thiết phải lựa chọn một ngưỡng duy nhất để làm tiêu chí xác định sao cho thỏa mãn được tiêu chí “sự kiện hiếm”. Với kết quả khảo sát và phân tích như trình bày trong mục 2.2, chúng tôi đã lựa chọn ngưỡng xác định cuối cùng như sau:

1) Đối với các đợt lạnh bất thường:

Một ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng lạnh bất thường nếu $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} = T_{TBN}^{i,j,k,l} - \delta T^{i,k})$ nhỏ hơn 2°C (xem cách tính các đại lượng trong mục 2.2.1). Cụ thể, những ngày thỏa mãn ngày lạnh bất thường là ngày có nhiệt độ trung bình ngày ở hơn 50% số lượng trạm nghiên cứu nhỏ hơn ngưỡng chuẩn 2°C trong đó ngưỡng chuẩn là tổng giữa giá trị nhiệt độ trung bình ngày TBNN với độ lệch chuẩn tương ứng của tháng đang xét. Ngưỡng xác định này được áp dụng cho tất cả các điểm trạm và các tháng trong mùa đông.

2) Đối với các đợt nóng bất thường:

Một ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng nóng bất thường nếu $ABS(\Delta T_{TBN}^{i,j,k,l} = T_{TBN}^{i,j,k,l} - \delta T^{i,k})$ lớn hơn 3°C (xem cách tính các đại lượng trong mục 2.2.1) đối với tháng XII và 2°C cho các tháng còn lại trong mùa đông. Cụ thể, những ngày thỏa mãn ngày nóng bất thường là ngày có nhiệt độ trung bình ngày ở hơn 50% số lượng trạm nghiên cứu lớn hơn ngưỡng chuẩn 3°C

nếu ngày đang xét trong tháng XII hoặc 2⁰C nếu ngày đang xét trong các tháng XI, I, II và III trong đó ngưỡng chuẩn là tổng giữa giá trị nhiệt độ trung bình ngày TBNN với độ lệch chuẩn tương ứng của tháng đang xét. Ngưỡng xác định này được áp dụng cho tất cả các điểm trạm.

Các ngưỡng xác định này sẽ được áp dụng cho cả số liệu quan trắc, số liệu dự báo hạn mùa và dự tính BĐKH từ các mô hình khí hậu khu vực (số liệu từ mô hình phải được hiệu chỉnh sai số hệ thống trước khi áp dụng).

3.3. Xu thế, tính chất và mức độ biến đổi của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông cho giai đoạn 1979-2017

Với tiêu chí xác định cuối cùng như trình bày ở mục 3.2.3 ở trên, chúng tôi đã xác định lại số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ cho 39 mùa đông (từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018) theo cả hai phương án xác định và đưa ra kết quả trong bảng 3.15 dưới đây. Theo bảng 3.15, theo phương án PA1 có tổng cộng 216 đợt lạnh bất thường được tìm thấy trong 39 mùa đông với trung bình 5.5 đợt/năm. Xác định theo PA2 có số đợt ít hơn với 183 đợt (trung bình 4.6 đợt/năm). Số đợt xác định theo PA2 nhỏ hơn PA1 chủ yếu rơi vào các năm xác định có nhiều đợt xảy ra và chủ yếu vào các tháng XII và I. Số đợt lạnh bất thường xảy ra vào các tháng I, II và III nhiều hơn so với các tháng XI và XII. Mùa đông xảy ra nhiều đợt lạnh bất thường nhất là mùa đông 1982/1983 (có 14 đợt) và 2004/2005 (10 đợt), 1995/1996 (9 đợt). Mùa đông xảy ra ít nhất là có 1 đợt (mùa đông 1991/1992, 1999/2000).

Bảng 3.15. Kết quả xác định số đợt lạnh bất thường theo PA1 và PA2 từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018 trên khu vực Bắc Bộ

Mùa đông	Tháng XI		Tháng XII		Tháng I		Tháng II		Tháng III	
	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2
1979/1980	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1
1980/1981	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
1981/1982	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
1982/1983	2	2	2	2	0	0	1	1	2	1
1983/1984	1	1	4	2	3	2	1	1	2	1
1984/1985	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1
1985/1986	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2
1986/1987	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
1987/1988	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1988/1989	1	1	2	2	0	0	2	1	3	1
1989/1990	1	1	0	0	2	2	1	1	1	1

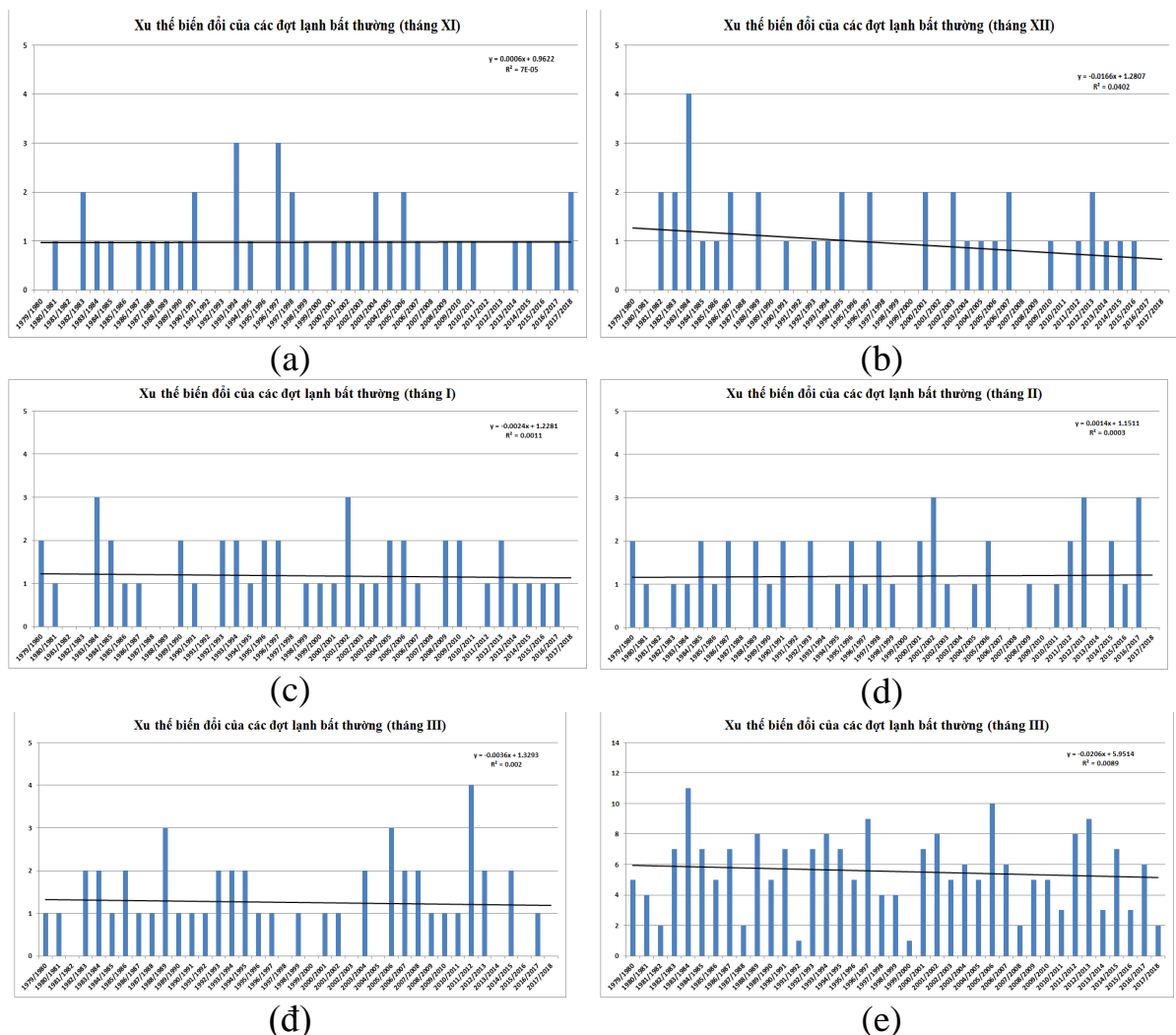
Mùa đông	Tháng XI		Tháng XII		Tháng I		Tháng II		Tháng III	
	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2
1990/1991	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1
1991/1992	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1992/1993	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1
1993/1994	3	2	1	1	2	2	0	0	2	1
1994/1995	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1
1995/1996	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1
1996/1997	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
1997/1998	2	2	0	0	0	0	2	1	0	0
1998/1999	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
1999/2000	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
2000/2001	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
2001/2002	1	1	0	0	3	2	3	2	1	1
2002/2003	1	1	2	2	1	1	1	1	0	0
2003/2004	2	1	1	1	1	1	0	0	2	2
2004/2005	1	1	1	1	2	2	1	1	0	0
2005/2006	2	1	1	1	2	2	2	2	3	1
2006/2007	1	1	2	2	1	1	0	0	2	1
2007/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
2008/2009	1	1	0	0	2	2	1	1	1	1
2009/2010	1	1	1	1	2	2	0	0	1	1
2010/2011	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
2011/2012	0	0	1	1	1	1	2	2	4	2
2012/2013	0	0	2	2	2	2	3	1	2	2
2013/2014	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2014/2015	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
2015/2016	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
2016/2017	1	1	0	0	1	1	3	3	1	1
2017/2018	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tổng cộng	38	32	37	33	46	44	46	37	49	37

Kết quả xác định số đợt nóng bất thường từ mùa đông 1979/1980 đến 2017/2018 được đưa ra trong bảng 3.16 dưới đây trong đó các đợt nóng bất thường chỉ xảy ra vào các tháng XII đến tháng II. Cụ thể, cả hai phương án xác định đều cho kết quả như nhau với 25 đợt nóng bất thường được tìm thấy trong 39 mùa đông (trung bình 0.64 đợt/năm) trong đó phần lớn các đợt nóng bất thường xảy ra vào tháng I (với 17 đợt, chiếm 68%). Các mùa đông xảy ra nhiều đợt nóng bất thường nhất cũng chỉ có 2 đợt là vào các mùa đông 1979/1980, 1998/1999, 2002/2003, 2003/2004, 2010/2011, 2015/2016. Đặc biệt, mùa đông 2018/2019 đã ghi nhận được 3 đợt nóng bất thường theo tiêu chí xác định ở trên trong đó 1 đợt vào tháng XII và 2 đợt vào tháng II (không thống kê vào kết quả ở trên).

Bảng 3.16. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho các đợt nóng bất thường

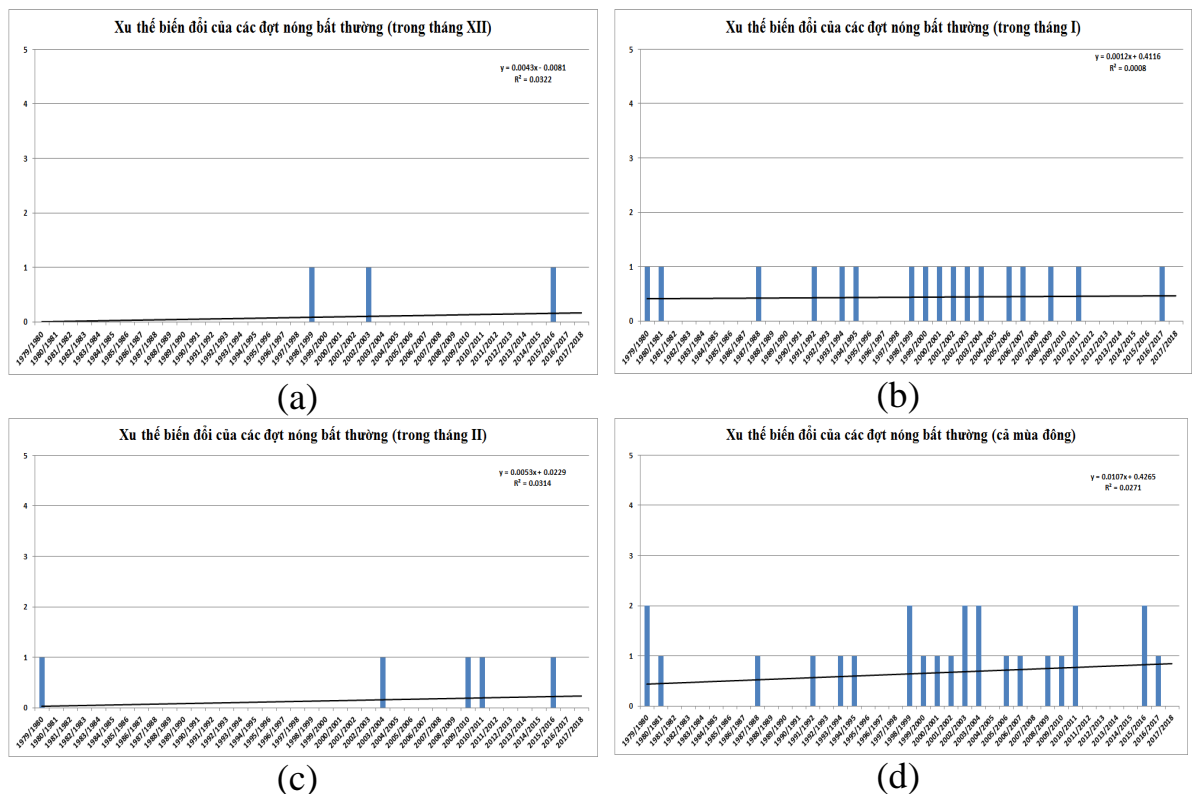
Mùa đông	Tháng XII		Tháng I		Tháng II	
	PA1	PA2	PA1	PA2	PA1	PA2
1979/1980	0	0	1	1	1	1
1980/1981	0	0	1	1	0	0
1981/1982	0	0	0	0	0	0
1982/1983	0	0	0	0	0	0
1983/1984	0	0	0	0	0	0
1984/1985	0	0	0	0	0	0
1985/1986	0	0	0	0	0	0
1986/1987	0	0	0	0	0	0
1987/1988	0	0	1	1	0	0
1988/1989	0	0	0	0	0	0
1989/1990	0	0	0	0	0	0
1990/1991	0	0	0	0	0	0
1991/1992	0	0	1	1	0	0
1992/1993	0	0	0	0	0	0
1993/1994	0	0	1	1	0	0
1994/1995	0	0	1	1	0	0
1995/1996	0	0	0	0	0	0
1996/1997	0	0	0	0	0	0
1997/1998	0	0	0	0	0	0
1998/1999	1	1	1	1	0	0
1999/2000	0	0	1	1	0	0
2000/2001	0	0	1	1	0	0
2001/2002	0	0	1	1	0	0
2002/2003	1	1	1	1	0	0
2003/2004	0	0	1	1	1	1
2004/2005	0	0	0	0	0	0
2005/2006	0	0	1	1	0	0
2006/2007	0	0	1	1	0	0
2007/2008	0	0	0	0	0	0
2008/2009	0	0	1	1	0	0
2009/2010	0	0	0	0	1	1
2010/2011	0	0	1	1	1	1
2011/2012	0	0	0	0	0	0
2012/2013	0	0	0	0	0	0
2013/2014	0	0	0	0	0	0
2014/2015	0	0	0	0	0	0
2015/2016	1	1	0	0	1	1
2016/2017	0	0	1	1	0	0
2017/2018	0	0	0	0	0	0
Tổng cộng	3	3	17	17	5	5

Xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường trong giai đoạn 1979-2017 (theo PA1) được đưa ra trong hình 3.5 trong đó tách biệt xu thế riêng cho từng tháng trong mùa đông (tháng XI (a), tháng XII (b), tháng I (c), tháng II (d), tháng III (đ)) và tính tổng cộng cho cả mùa đông (e). Kết quả tính toán xu thế cho thấy vào tháng XI, I, II và III xu thế chung của các đợt lạnh bất thường là ít biến đổi, tháng XII có xu thế giảm. Kết quả kiểm nghiệm giải thiết thống kê cho các phương trình xu thế trong các tháng chính đông cho thấy đều không thỏa mãn ở mức tin cậy 90% hoặc cao hơn. Như vậy, các xu thế tìm được là có độ tin cậy không cao. Nếu tính trong toàn bộ mùa đông, kết quả tính toán trên hình 3.5e cho thấy xu thế giảm nhẹ. Tuy nhiên kết quả kiểm nghiệm cũng cho thấy xu thế này không đảm bảo tin cậy.



Hình 3.5. Xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường xác định theo tiêu chí có độ giảm nhiệt độ trung bình ngày so với giá trị chuẩn trên 2⁰C trong giai đoạn 1979-2017 (tháng XI (a), tháng XII (b), tháng I (c), tháng II (d), tháng III (đ) và cả mùa đông (e))

Nếu xem xét theo từng thập kỷ, thì các đợt lạnh bất thường trong giai đoạn từ 1979-1989, 1990-1999, 2000-2009 có xu thế ít biến đổi, trong khi ở giai đoạn từ 2010-2017 có xu hướng giảm (từ 55 đợt trong giai đoạn 2000-2009 giảm xuống còn 47 đợt trong giai đoạn 2010-2017). Đối với các đợt nóng bất thường, các kết quả tính toán xu thế biến đổi (được xác định theo PA1) trong giai đoạn 1979-2017 cho các tháng XII, I và II và cả mùa đông được đưa ra trong hình 3.6. Từ hình 3.6 có thể thấy xu thế của các đợt nóng bất thường trong các tháng đều ít biến đổi. Tuy nhiên, nếu xem xét cho cả mùa đông, xu thế tăng được tìm thấy, đặc biệt là trong giai đoạn từ 2000-2009 và 2010-2017. Như vậy, có thể thấy trong 20 năm trở lại đây, các đợt nóng bất thường trong mùa đông đang có xu thế tăng nhẹ. Tuy nhiên, kết quả kiểm nghiệm giải thiết thống kê cho các phương trình xu thế đều cho thấy không thỏa mãn ở mức tin cậy 90% hoặc cao hơn. Đặc biệt, mùa đông 2018/2019 đã ghi nhận được 3 đợt nóng bất thường theo tiêu chí xác định ở trên trong đó 1 đợt vào tháng XII và 2 đợt vào tháng II. Kết quả này một lần nữa minh chứng cho nhận định nói trên.



Hình 3.6. Xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường xác định theo tiêu chí có độ giảm nhiệt độ trung bình ngày so với giá trị chuẩn trên 3⁰C cho tháng I, trên 2.0⁰C cho tháng XII và II trong giai đoạn 1979-2017 (tháng XII (a), tháng I (b), tháng II (c) và cả mùa đông (d))

3.4. Đánh giá mối liên hệ giữa hoạt động của các đợt lạnh và nóng bất thường hiện tượng ENSO trong giai đoạn 1979-2017

3.4.1. Mối liên hệ với các đợt lạnh bất thường

3.4.1.1. Đối với các năm xảy ra El Nino

Theo số liệu phân bố các đợt KKL trong những năm El Nino mạnh, nhận thấy có 3 năm có số đợt KKL thấp hơn TBNN, năm 1998 có số đợt xấp xỉ TBNN, riêng năm 1988 có số đợt không khí lạnh lại nhiều hơn TBNN khoảng 5 đợt. Về mặt hình thể chi phối, nhận thấy trung bình độ cao địa thế vị trong những tháng chính đông trong các năm 1983, 1992 và 2016 có hoàn lưu gần tương tự với dòng xiết gió tây nhánh phía nam (đường 5840 hạ xuống qua miền Bắc của Việt Nam). Trong khi đó, xét đến chuẩn sai độ cao địa thế vị, năm 1983 và 1992 đều có chuẩn sai âm trong những tháng chính đông; các năm còn lại hầu hết có chuẩn sai dương tại khu vực phía bắc của Việt Nam. Xem xét số liệu chuẩn sai nền nhiệt độ trung bình trong những tháng chính đông trong những năm El Nino nhận thấy các năm 1983, 1988, 1992 và 2016 có nền nhiệt độ trong những tháng chính đông thấp hơn TBNN, trong đó năm 1983 thấp hơn đến -2.1°C (mùa đông lạnh). Riêng năm 1998, nền nhiệt độ trung bình ở mức cao hơn TBNN.

Bảng 3.17. Kết quả xác định số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các ngưỡng xác định khác nhau trong giai đoạn 1979-2017

Ngưỡng Tháng	1- 1.5 ⁰ C	1.5- 2 ⁰ C	2- 2.5 ⁰ C	2.5- 3 ⁰ C	3- 3.5 ⁰ C	3.5- 4 ⁰ C	4- 4.5 ⁰ C	4.5- 5 ⁰ C	5- 5.5 ⁰ C	5.5- 6 ⁰ C	6- 6.5 ⁰ C	6.5- 7 ⁰ C	7- 8 ⁰ C	> 8 ⁰ C
Tháng XI	17	9	7	9	5	3	2	5	3	2	2			
Tháng XII	13	15	8	11	5	4	3	2	4	1	1	2		
Tháng I	10	8	12	7	6	7	5	3	1	2		1	1	
Tháng II	5	10	8	8	5	11	5	3	1	1	1		2	1
Tháng III	18	12	7	13	10	6	3	3	2	1	1	1	1	1

Theo bảng 3.17 ở trên, trong các năm El Nino mạnh như 1983, 1988 và 2016 đã xuất hiện các đợt lạnh bất thường có ngưỡng nhiệt độ giảm sâu từ 5.5 đến 8°C so với độ lệch chuẩn. Cụ thể, trong đợt không khí lạnh vào tháng 12/1983, nhiệt độ thấp nhất tại vùng núi phía đông của Bắc Bộ dao động 2- 4°C , vùng trung du và đồng bằng phổ biến 5- 7°C ; đợt không khí lạnh vào tháng 2/1988, nhiệt độ thấp nhất tại vùng núi phía đông ở khoảng 4- 6°C , vùng

trung du và đồng bằng phổ biến 6-8⁰C; đợt không khí lạnh vào tháng 1/2016, nhiệt độ thấp nhất tại vùng núi phía đông đã xuống đến 1-3⁰C, vùng trung du và đồng bằng phổ biến 4-6⁰C. Với đợt không khí lạnh mạnh xuất hiện từ ngày 21/1/2016, các tỉnh miền Bắc đã trải qua đợt rét hại kéo dài từ ngày 23 đến ngày 28/1/2016 với nhiều nơi có độ cao khoảng 800m trở lên so với mực nước biển đã xuất hiện băng giá và mưa tuyết trong đêm 23, ngày 24 và ngày 25/01, đặc biệt như Mẫu Sơn (Lạng Sơn), Sa Pa (Lào Cai),... Một số nơi rất hiếm khi có mưa tuyết như Ba Vì (Hà Nội), Tam Đảo (Vĩnh Phúc), Mộc Châu (Hòa Bình), Kỳ Sơn (Nghệ An) trong ngày 24/01 cũng đã nghi nhận được mưa tuyết. Đây là đợt rét hại được đánh giá có cường độ rất mạnh, tuy không kéo dài như những đợt rét kỷ lục năm 2008 hay năm 2011, nhưng đã xuất hiện các giá trị nhiệt độ thấp nhất trong hơn 40 năm trở lại đây.

Xét trong các năm El Nino trung bình bao gồm 1986-1987, 1994-1995, 2002-2003 và 2009-2010 nhận thấy phân bố các đợt KKL trong những năm El Nino trung bình hầu hết ở ngưỡng xấp xỉ so với TBNN (dao động từ khoảng 26 đến 28 đợt); riêng năm 1995 có số đợt nhiều hơn hẳn, cao hơn TBNN khoảng 8 đợt. Về mặt hình thế, chuẩn sai độ cao địa thế vị trong tháng chính đông trong những năm El Nino trung bình hầu hết có chuẩn sai dương tại khu vực phía bắc của Việt Nam, trong đó năm 1987 có chuẩn sai dương mạnh nhất. Riêng năm 1995, chuẩn sai độ cao địa thế vị âm được thể hiện ở trung tâm phía tây bắc của Việt Nam. Chuẩn sai nền nhiệt độ trung bình trong tháng chính đông trong những năm El nino trung bình hầu như có chuẩn sai dương so với TBNN ngoại trừ năm 1995 có chuẩn sai ở ngưỡng thấp hơn một ít so với TBNN, đặc biệt năm 1987 và năm 2010 có nền nhiệt độ trung bình ấm hơn hẳn với giá trị cao hơn TBNN từ 1.8 đến 1.9⁰C. Theo kết quả xác định trong Bảng 3.16, trong các năm El Nino trung bình, xét từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau ngoại trừ năm 1987 xuất hiện đợt không khí lạnh trong tháng 11 có ngưỡng nhiệt độ giảm xuống từ 5.5 đến 6⁰C so với độ lệch chuẩn; còn lại các năm 1995, 2003 và 2010 chỉ xuất hiện các đợt không khí lạnh có ngưỡng nhiệt độ giảm hơn so với độ lệch chuẩn nhiều nhất từ 3.5 đến 4.0⁰C.

Chuyển sang các năm El Nino yếu (1979-1980, 2004-2005, 2006-2007, 2014-2015), phân bố các đợt KKL trong những năm này cho thấy ngoại trừ năm 2015 có số đợt KKL nhỏ hơn TBNN, còn lại các năm khác có số đợt

KKL dao động từ 28 đến 30 đợt. Trong tháng chính đông trong những năm El Nino yếu, không nhận thấy dấu hiệu trong những năm này bởi có 2 năm (1980 và 2005) có giá trị chuẩn sai âm ở phía bắc của Việt Nam. Tuy nhiên, trong các năm 2007 và 2015, giá trị chuẩn sai ở phía bắc của Việt Nam lại mang giá trị dương (các giá trị trung tâm của chuẩn sai không lớn). Trong những năm El nino yếu, chuẩn sai nhiệt độ trung bình trong những tháng chính đông hầu hết ở trong những xấp xỉ trung bình nhiều năm cùng thời kỳ. Theo kết quả trong bảng 3.18, ngoại trừ năm 1980 xuất hiện đợt lạnh bất thường trong tháng 2 có ngưỡng nhiệt độ giảm xuống từ 6 đến 6.5°C so với độ lệch chuẩn; còn lại các năm 2005 và 2007 xuất hiện các đợt không khí lạnh có ngưỡng nhiệt độ giảm hơn so với độ lệch chuẩn nhiều nhất từ 4.0 đến 4.5°C; Riêng năm 2015 chỉ xuất hiện đợt không khí lạnh giảm hơn so với độ lệch chuẩn nhiều nhất từ 2.0 đến 2.5°C.

Bảng 3.18. Kết quả xác định các năm xảy ra các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các ngưỡng xác định khác nhau (chỉ đưa ra từ ngưỡng 3°C trở lên) trong giai đoạn 1979-2017

Tháng \ Ngưỡng	3-3.5°C	3.5-4°C	4-4.5°C	4.5-5°C	5-5.5°C	5.5-6°C	6-6.5°C	6.5-7°C	7-8°C	> 8°C
Tháng XI	1981 1988 1989 1995 2004	1993 2000 2008	1992 2016	1979, 1983 1985 1986 2007	2002 2009	1987 2001	1981 2017			
Tháng XII	1981 1993 1995 2008 2011	1982 1987 1993 2012	1982 1987 1992	1984 2005	1982 2001 2004 2013	2002	1983	1991 1999		
Tháng I	1994 1995 1996 1999 2004 2012	1979 1998 2000 2004 2005 2009 2013	1983 1989 2003 2005 2012	1984 1989 1993 2001	1983	2008 2011		1979	2016	
Tháng II	1983 1984 1994 2012 2016	1990 1995 1998 2000 2001 2011	1979 1982 1984 1989 2000	1999 2004 2014	1979	1988	1980		1996 2008	

Ngưỡng Tháng	3-3.5 ⁰ C	3.5-4 ⁰ C	4-4.5 ⁰ C	4.5-5 ⁰ C	5-5.5 ⁰ C	5.5-6 ⁰ C	6-6.5 ⁰ C	6.5-7 ⁰ C	7-8 ⁰ C	>8 ⁰ C
		2012 2014								
Tháng III	1982,1992 1995,2003 2010,2011 2014,2016	1989 1994 1998 2005	1990 1996 2012	1993 2006 2007	1983 1994 2001	1985	1988	1984 2000	2011	1986

3.4.1.2. Đối với các năm xảy ra La Nina

Trong các năm La Nina mạnh (1988-1989, 1998-1999, 1999-2000, 2007-2008, 2010-2011), số đợt KKL ở ngưỡng xấp xỉ hoặc thấp hơn TBNN, riêng năm 2011, số đợt KKL cao hơn TBNN đến 9 đợt. Trung bình độ cao địa thế vị trong những tháng chính đông của các năm 1989, 1999, 2000 và 2008 có hoàn lưu gần tương tự với dòng xiết gió tây nhánh phía nam (đường 5840 hạ xuống qua miền Bắc của Việt Nam). Đặc biệt, riêng năm 2011 trong tháng chính đông dòng xiết gió tây hoạt động không mạnh bởi có sự hoạt động của áp cao cận nhiệt tây Thái Bình Dương. Trong khi đó, xét đến chuẩn sai độ cao địa thế vị, năm 1989 và năm 2000 có chuẩn sai độ cao địa thế vị xấp xỉ so với TBNN qua miền Bắc của Việt Nam và xuất hiện trung tâm chuẩn sai âm ở phía tây bắc của Việt Nam. Năm 1999 và năm 2008 xuất hiện chuẩn sai dương tại miền Bắc của Việt Nam, trong đó trị số chuẩn sai của năm 1999 lớn hơn. Riêng năm 2011 có chuẩn sai độ cao địa thế vị âm đến -15 tại miền Bắc của Việt Nam. Điều này cũng giải thích lý do các đợt KKL năm 2011 cao hơn hẳn TBNN và năm 1999 có số đợt KKL ít hơn TBNN là 5 đợt. Chuẩn sai nền nhiệt độ trung bình trong những tháng chính đông trong những năm La Nina mạnh cho thấy có nền nhiệt độ thấp hơn TBNN từ -0.4 đến -1.3⁰C. Riêng năm 1999, nền nhiệt độ trung bình ở mức cao hơn TBNN.

Trong các năm La Nina mạnh 2008, 2011 đã xuất hiện các đợt lạnh bất thường với nhiệt độ giảm xuống ngưỡng 7.0 đến 8.0⁰C, riêng các năm 1999 và 2000 mặc dù các đợt lạnh không giảm mạnh như năm 2008 và 2011 nhưng cũng đã xuất hiện các đợt lạnh với ngưỡng nhiệt giảm xuống 6.5 đến 7.0⁰C. Đặc biệt trong năm 2008, tháng 1 đã có nền nhiệt độ trung bình tại khu vực đồng bằng Bắc Bộ giảm xuống -4.3⁰C so với TBNN, đây cũng là năm ghi nhận đợt rét đậm, rét hại kéo dài nhất trong chuỗi số liệu lịch sử (38 ngày), diễn ra từ ngày 14/1 đến 20/2 năm 2008 với nhiệt độ trung bình ngày xuống

thấp nhất trong chuỗi số liệu lịch sử (nhiệt độ trung bình ngày tại Hà Nội là $7,3^{\circ}\text{C}$ (ngày 1/2), tại Sa Pa: $-0,1^{\circ}\text{C}$ (ngày 14/2)). Trong đợt rét đậm này, nhiệt độ thấp nhất tại một số nơi thuộc vùng núi Bắc bộ xuống dưới 0°C như: Sa Pa (Lào Cai): $-1,0^{\circ}\text{C}$, Mẫu Sơn (Lạng Sơn): $-2,0^{\circ}\text{C}$. Băng tuyết đã xuất hiện ở các vùng núi cao thuộc các tỉnh Lạng Sơn, Lào Cai, Hà Giang, Sơn La, Lai Châu và kéo dài trong nhiều ngày. Đây là năm có băng tuyết xuất hiện trên diện rộng và kéo dài nhất từ trước đến nay, gây thiệt hại khá lớn cho sản xuất nông nghiệp và chăn nuôi gia súc.

Đối với các năm xảy ra La Nina trung bình (1995-1996, 2011-2012), các đợt KKL trong những năm này đều ở ngưỡng xấp xỉ so với TBNN, ở khoảng 28-29 đợt/năm. Trong hai năm xảy ra La Nina trung bình, hình thế gần như tương tự nhau với dòng xiết gió tây nhánh phía nam hoạt động qua miền bắc Việt Nam và ở khoảng xấp xỉ so với TBNN cùng thời kỳ. Trong khi đó, đối với chuẩn sai độ cao địa thế vị mực 500mb, năm 1996 có chuẩn sai âm (từ -10 đến -5 dam), ngược với năm 2012 có chuẩn sai dương (từ 0 đến 5 dam). Cả hai năm đều có nền nhiệt độ trung bình trong tháng chính đông tại khu vực đồng bằng Bắc Bộ thấp hơn TBNN cùng thời kỳ, ở khoảng -1.0 đến -1.7°C . Trong các năm La nina trung bình, xét từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau, năm 1996 xuất hiện đợt lạnh bất thường trong tháng 2 có ngưỡng nhiệt độ giảm xuống từ 7.0 đến 8.0°C so với độ lệch chuẩn. Riêng năm 2012 chỉ xuất hiện các đợt lạnh bất thường có ngưỡng nhiệt độ giảm hơn so với độ lệch chuẩn nhiều nhất từ 3.0 đến 4.5°C .

Chuyển sang các năm La Nina yếu (1983-1984, 1984-1985, 2000-2001, 2005-2006, 2008-2009, 2016-2017), ngoại trừ năm 1984 và năm 2001 có số đợt KKL cao hơn TBNN khoảng 4 đợt, còn lại các năm khác có số đợt KKL ở mức xấp xỉ hoặc thấp hơn TBNN từ 2 đến 3 đợt. Về chuẩn sai độ cao địa thế vị trong tháng chính đông, ngoại trừ năm 1985 có chuẩn sai độ cao địa thế vị âm qua miền bắc của Việt Nam, còn lại các năm khác có chuẩn sai độ cao địa thế vị đều dương. Chuẩn sai độ cao địa thế vị dương có thể lý giải cho sự hoạt động không mạnh của dòng xiết gió tây nhánh phía nam dẫn đến sự hoạt động của các đợt KKL cũng không mạnh. Chuẩn sai nhiệt độ trung bình trong những tháng chính đông ngoại trừ năm 1984 và năm 1985 có chuẩn sai nhiệt độ trung bình thấp hơn TBNN từ -1.3 đến -2.6°C ; còn lại các năm khác đều có chuẩn sai nhiệt độ trung bình trong tháng chính đông ở ngưỡng xấp xỉ và cao

hơn TBNN, đặc biệt năm 2017 có nền nhiệt độ trung bình cao hơn đến 2.7°C . Các năm 1984, 1985 và 2017 đã xuất hiện các đợt lạnh bất thường gây giảm nhiệt độ từ 5.5 đến 7.0°C nhưng chủ yếu trong các tháng chuyển tiếp là tháng 11 và tháng 3. Phổ biến trong các năm La Nina yếu xuất hiện các đợt lạnh gây giảm nhiệt độ từ 4.5 đến 5.5°C .

3.4.2. Môi liên hệ với các đợt nóng bất thường

3.4.2.1. Đối với các năm El Nino

Theo thống kê các đợt nóng bất thường, nhận thấy trong những năm El nino mạnh: 1983, 1988, 1992, 1998 và 2016 chỉ có 2 năm là 1998 và 2016 đã xuất hiện các đợt nóng trong các tháng chính đông từ 12 đến tháng 2 với ngưỡng cao hơn so với độ lệch chuẩn khoảng từ 2 đến 3°C ; còn lại các năm khác không xuất hiện các đợt nóng bất thường.

Vào các năm El Nino trung bình (1987, 1995, 2003 và 2010), kết quả thống kê cho thấy ngoại trừ năm 1995 không xuất hiện đợt nóng, các năm còn lại đều xảy ra các đợt nóng với ngưỡng cao hơn so với độ lệch chuẩn từ 2 đến 3°C . Nói chung, vào những năm El Nino trung bình thường xuất hiện các đợt nóng bất thường trong tháng chính đông.

Đối với các năm El Nino yếu (bao gồm 1979-1980, 2004-2005, 2006-2007, 2014-2015), nhận thấy trong những năm El Nino yếu, năm 2007 xuất hiện ít đợt nóng nhất với ngưỡng cao hơn so với độ lệch chuẩn chỉ 1.5°C , trong khi đó các năm còn lại xuất hiện các đợt nóng cao hơn độ lệch chuẩn từ 2.5 đến 3.5°C . Ngoài ra, vào những năm El Nino yếu các đợt nóng bất thường chủ yếu xảy ra vào các tháng chính đông.

3.4.2.2. Đối với các năm La Nina

Xét trong các năm La Nina mạnh (1988-1989, 1998-1999, 1999-2000, 2007-2008, 2010-2011), chỉ có 2 năm là 1999 và 2008 xuất hiện các đợt nóng trong tháng chính đông với ngưỡng cao hơn so với độ lệch chuẩn từ 3 đến 4°C ; còn lại các năm khác không xuất hiện các đợt nóng bất thường. Vào các năm La Nina trung bình, chỉ xảy ra các đợt nóng bất thường với ngưỡng cao hơn so với độ lệch chuẩn khoảng 1.5°C .

Đối với các năm La Nina yếu (1983-1984, 1984-1985, 2000-2001, 2005-2006, 2008-2009, 2016-2017), các năm 2001 và 2006 xuất hiện các đợt nóng bất thường có nền nhiệt cao hơn độ lệch chuẩn từ 3 đến 3.5°C trong

những tháng chính đông, các năm 1984, 2009 xuất hiện các đợt nóng cao hơn độ lệch chuẩn từ 1.5 đến 2.5°C; riêng các năm 1985 và 2017 không xuất hiện các đợt nóng trong những tháng chính đông.

3.5. Phân tích cơ chế và hình thế thời tiết chi phối các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông

3.5.1. Cơ chế và hình thế chi phối hoạt động của các đợt lạnh bất thường

Trên cơ sở thống kê, phân tích phân loại ra các đợt lạnh bất thường trong mùa đông, trên cơ sở các bản đồ tái phân tích ERA-Interim của ECMWF chúng tôi tiến hành tìm hiểu cơ chế nhiệt động lực và vật lý chi phối tính bất thường của một số đợt lạnh điển hình trong mùa đông. Từ đó đưa ra kết luận có hay không nhiều dạng cơ chế nhiệt động lực hay chỉ có một dạng cơ chế nhiệt động lực chung gây ra tính bất thường của các đợt lạnh trong mùa đông. Dưới đây chúng tôi đi sâu phân tích chi tiết Cơ chế nhiệt động lực và vật lý chi phối tính bất thường trong đợt lạnh kỷ lục kéo dài từ 14/1 đến 20/2/2008. Đây là đợt không khí lạnh không chỉ gây bất thường về cường độ mà còn gây bất thường về mức độ kéo dài trong mùa đông. Chi tiết được trình bày bên dưới:

Rạng sáng 13/1/2008, một khối không khí lạnh mạnh kèm theo front lạnh di chuyển chậm xuống biên giới phía Bắc Việt Nam. Ngày và đêm 13/1 ảnh hưởng đến phía Đông Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, sau đó ảnh hưởng đến hầu hết phía Tây Bắc Bộ, Trung Trung Bộ và Nam Trung Bộ. Ở các tỉnh Bắc Bộ và Thanh Hóa có mưa nhỏ rải rác; các tỉnh ven biển Trung Bộ có mưa, phía Nam có nơi mưa vừa, mưa to. Nhiệt độ trung bình ngày ở Bắc Bộ giảm 7-9°C (ΔT_{24} ở Lạng Sơn: 9,9°C, Hà Nội: 10,4°C), Bắc và Trung Trung Bộ giảm 3-5°C (ΔT_{24} ở Thanh Hóa: 5,4°C). Sáng sớm ngày 15/1, không khí lạnh tiếp tục tăng cường bắt đầu gây ra đợt rét đậm rét hại kéo dài nhất trong lịch sử quan trắc ở các tỉnh Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ.

Sau đó, không khí lạnh liên tục được tăng cường xuống miền Bắc nước ta vào các ngày 21/1, 26/1, 30/1, 6/2, 8/2, 11/2, 14/2 và 17/2/2008 đã gây ra đợt rét đậm, rét hại kéo dài 38 ngày (tính đến hết ngày 20/02/2008). Đây là đợt rét đậm, rét hại kéo dài nhất từ trước tới nay ở miền Bắc. Trước đó là đợt rét đậm vào tháng 1 và tháng 2 năm 1989 (kéo dài 31 ngày).

Đáng lưu ý là tháng giêng nhiệt độ trung bình ở miền Bắc phổ biến thấp hơn mức bình thường từ 1,2-1,3°C, song nửa đầu tháng nhiệt độ phổ

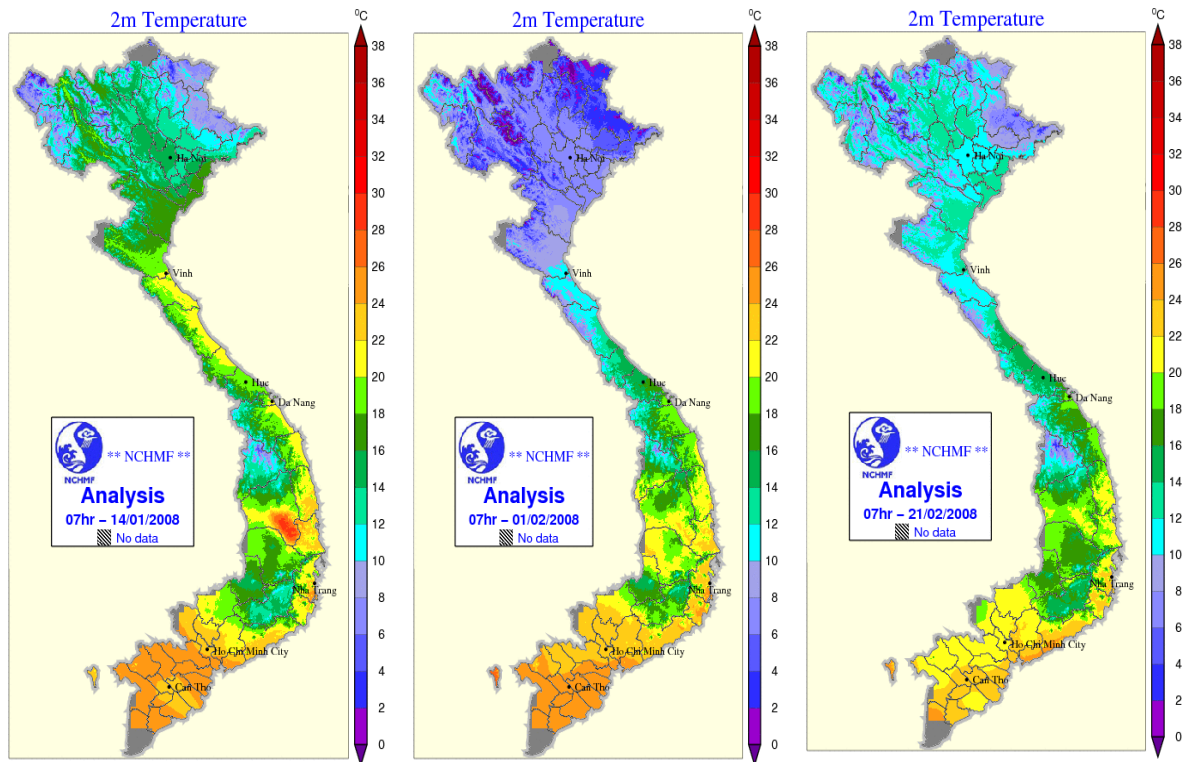
biến cao hơn từ $1-2^{\circ}\text{C}$ và nửa cuối tháng thấp hơn từ $2-4^{\circ}\text{C}$; còn 20 ngày đầu tháng 2 thấp hơn từ $5-6^{\circ}\text{C}$.

Đợt rét đậm rét hại vừa qua, ở vùng núi và trung du Bắc Bộ đã xảy ra 31 ngày rét hại, đáng chú ý là ngày 1/2/2008 là ngày rét nhất trong đợt rét này với nhiệt độ trung bình ngày phổ biến từ $6-8^{\circ}\text{C}$ (Lạng Sơn $3,9^{\circ}\text{C}$; Cao Bằng $5,3^{\circ}\text{C}$), đây là ngày có nhiệt độ trung bình ngày thấp nhất trong chuỗi số liệu nhiều năm. Tại Sa Pa nhiệt độ trung bình ngày đã xuống thấp kỷ lục $-0,1^{\circ}\text{C}$ (ngày 14/2). Riêng khu vực Tây Bắc và Bắc Trung Bộ thời gian xảy ra rét đậm, rét hại muộn hơn (kể từ sau ngày 22/1), trong đó Lai Châu có 7 ngày rét hại, 4 ngày rét đậm (kể từ ngày 9/2), Sơn La có 24 rét hại (kể từ ngày 28/1), còn các tỉnh Bắc Trung Bộ có 22 ngày rét đậm, rét hại, trong đó số ngày rét hại chiếm tới 2/3. Đợt rét đậm, rét hại này còn ảnh hưởng tới các tỉnh phía Bắc của Trung Trung Bộ với 6 ngày rét hại và 15 ngày rét đậm (kể từ ngày 31/1), Thừa Thiên Huế có 6 ngày rét đậm (kể từ ngày 9/2).

Trong đợt rét đậm rét hại này nhiệt độ thấp nhất tại một số nơi thuộc vùng núi cao Bắc Bộ xuống dưới 0°C như: Sa Pa: $-1,0^{\circ}\text{C}$; Mẫu Sơn (Lạng Sơn): $-2,0^{\circ}\text{C}$; vùng đồng bằng trung du Bắc Bộ từ $4-7^{\circ}\text{C}$ (Hà Nội $6,7^{\circ}\text{C}$); Bắc Trung Bộ từ $5-10^{\circ}\text{C}$. Có tới 25 ngày xảy ra mưa nhỏ mưa phùn, nhiều hơn năm 1989 (7 ngày). Băng tuyết đã xuất hiện ở các vùng núi cao thuộc Lạng Sơn, Lào Cai, Hà Giang, Sơn La, Lai Châu và kéo dài trong nhiều ngày liên tục. Đây là năm có băng tuyết xuất hiện trên diện rộng và kéo dài nhất từ trước cho đến thời điểm này (2/2008).

Ngày 21/2/2008, thời tiết ấm lên nhanh chóng và kết thúc đợt rét đậm rét hại ở Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ với nhiệt độ thấp nhất phổ biến $10-13^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ cao nhất đã lên tới $21-24^{\circ}\text{C}$, một số nơi cao hơn như Hòa Bình là $26,0^{\circ}\text{C}$; Vĩnh Yên (Vĩnh Phúc) là $25,4^{\circ}\text{C}$; Việt Trì (Phú Thọ) là $25,8^{\circ}\text{C}$; Cao Bằng là $24,6^{\circ}\text{C}$; Thái Nguyên là $25,3^{\circ}\text{C}$;...

Hình 3.7 mô tả phân bố nhiệt độ thấp nhất trong các ngày 14/1 (thời điểm bắt đầu bước vào đợt rét đậm, rét hại), ngày 1/2 (thời điểm nhiệt độ xuống thấp nhất) và ngày 21/2 (thời điểm kết thúc đợt rét đậm, rét hại) trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc trong đợt rét đậm rét hại kỷ lục này. Vậy đâu là nguyên nhân gây ra đợt rét đậm, rét hại kéo dài lần này? Trước tiên phải đề cập đến nguồn gốc khối không khí lạnh đã chi phối thời tiết nước ta (nguyên nhân chính), sau đó mới đề cập đến các nguyên nhân khác.



Hình 3.7. Phân bố nhiệt độ lúc 7 giờ các ngày 14/1; 1/2 và 21/2/2008 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc

Các kết quả phân tích đã cho thấy có 3 nguyên nhân chính như sau:

Nguyên nhân thứ nhất (nguyên nhân chính): ***xuất phát từ nguồn gốc và cường độ khối không khí.***

Thông thường, trong những tháng mùa đông, không khí lạnh ảnh hưởng tới nước ta theo 3 nguồn gốc khác nhau: 1. là từ trung tâm áp cao Siberia; 2. là từ không khí lạnh cực đới từ bắc cực di chuyển xuống và 3. là từ không khí lạnh di chuyển từ phía châu Âu đi sang. Trong 3 nguồn gốc trên thì nguồn gốc 1 và 2 là những nguồn gốc chủ đạo và gây ảnh hưởng mạnh nhất và giảm nhiệt độ mạnh nhất tới nước ta một khi chúng mở rộng về phía nam, điều này một phần là do thời gian và quãng đường nó di chuyển xuống là khá ngắn, mặt khác cũng bắt nguồn từ vị trí địa lý của chúng. Còn không khí lạnh có nguồn gốc từ Châu Âu đi sang, trải qua một quãng đường và thời gian di chuyển khá dài nên khi đến khu vực Siberia thường yếu đi và tĩnh lại ở đó đồng thời chờ đợi sự bổ sung không khí lạnh ở đây hoặc ở Bắc Cực đi xuống, khi đủ lớn chúng mới bắt đầu phát triển xuống phía nam.

Quay trở lại với 9 đợt không khí lạnh bổ sung và tăng cường từ giữa tháng 1/2008 đến ngày 20/2/2008, khi xem xét bản đồ khí áp mặt đất Âu-Á

các ngày trước thời điểm một ngày khi không khí lạnh ảnh hưởng tới nước ta thì chỉ có duy nhất một đợt ngày 10/2 là có nguồn gốc từ bên châu Âu đi sang và được bổ sung thêm không khí lạnh vốn có ở Siberia, 8 đợt còn lại đều có nguồn gốc phát triển ngay tại khu vực Siberia và được bổ sung từ Bắc Cực. Nguyên nhân quan trọng nhất đó là do khối không khí lạnh này có cường độ rất mạnh (khí áp trung tâm ở mặt đất lớn hơn 1070mb và phát triển lên độ cao 3 km) và duy trì trong một khoảng thời gian dài.

Nguyên nhân thứ 2: Sự tăng cường và bổ sung liên tục của khối không khí lạnh

Quay ngược trở lại về tính chất tăng cường của không khí lạnh lần này như đã trình bày ở phần trên có thể thấy: Trong khoảng thời gian từ 13/1 đến 31/1, đã có 4 đợt tăng cường là trong các ngày 13, 21, 26 và 30/1, như vậy có thể thấy rõ ràng là nhiệt độ trong khoảng thời gian tháng 1 không ở mức rét hại khốc liệt và kỷ lục như ở trong tháng 2 chính là do tần suất bổ sung của không khí lạnh là khá dài, trung bình khoảng 5-7 ngày. Từ ngày 30/1, không khí lạnh cường độ trung bình đã bổ sung xuống và gây ra đợt rét kỷ lục nhất trong những ngày đầu tháng 2, tiếp theo đó từ ngày 5 đến ngày 20/2, rét đậm, rét hại kéo dài do thời gian tăng cường của không khí lạnh trong thời điểm này khá ngắn chỉ từ 2-3 ngày

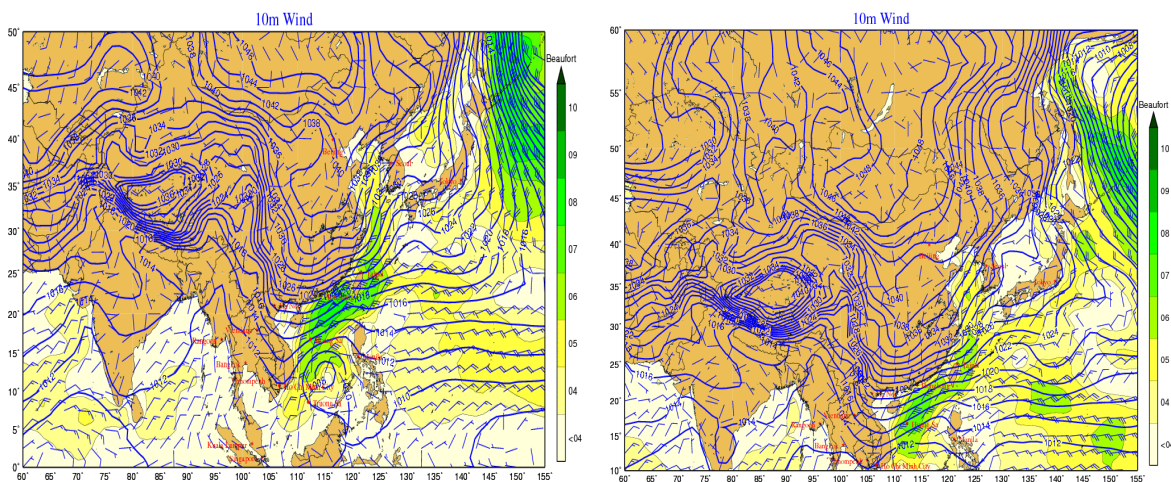
Nguyên nhân thứ 3: Một nguyên nhân nữa cũng đóng vai trò quan trọng trong đợt giảm nhiệt độ kỷ lục từ ngày 31/1 đến ngày 4/2/2008 đó chính là **hoạt động mạnh của dòng xiết gió tây trên cao gây ra mưa nhỏ, mưa phùn** trong những ngày đó.

Trên cơ sở phân tích cụ thể nguyên nhân gây ra đợt rét đậm, rét hại kỷ lục, chúng tôi đi sâu phân tích để thấy rõ được cơ chế nhiệt động lực và vật lý gây ra đợt rét đậm rét hại kỷ lục này thông qua việc phân tích các bản đồ tái phân tích JRA25 (thể hiện lại trường các yếu tố khí tượng) trong các ngày bắt đầu (14/1), xảy ra mạnh mẽ nhất (1/2/2008) và ngày kết thúc (21/2), làm cơ sở cho việc phân tích cơ chế nhiệt động lực và vật lý chi phối tính bất thường của đợt lạnh này trong mùa đông ở các tỉnh miền núi phía Bắc.

3.5.1.1. Phân tích cơ chế động lực

Hình 3.8 đưa ra bản đồ tái phân tích mực 10m tại thời điểm 7 giờ các ngày 14/1 trước khi không khí lạnh gây rét đậm, rét hại và ngày 15/1 khi các tỉnh miền núi phía Bắc bắt đầu đợt rét đậm, rét hại. Trên bản đồ hình 3.8 (bên

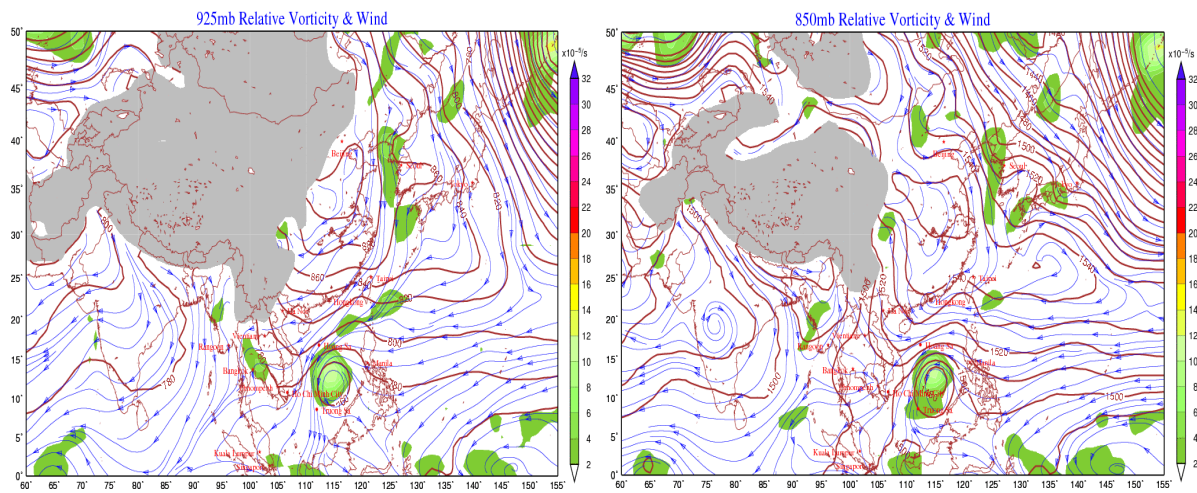
trái) cho thấy một khối không khí lạnh đã bắt đầu ảnh hưởng đến khu vực các tỉnh phía đông Bắc Bộ nhưng chưa gây được gió đông bắc mạnh trên vịnh Bắc Bộ (gió đông bắc quan trắc được là 10-11m/s). Trung tâm khối không khí lạnh nằm lệch về phía Đông Bắc Trung Quốc, đây cũng là hướng tác động đến khu vực vùng núi phía Đông Bắc Việt Nam. Cũng trên bản đồ tái phân tích này nhận thấy một xoáy thuận nhiệt đới đang hoạt động trên vùng biển ngoài khơi các tỉnh Nam Trung Bộ là nguyên nhân khiến KKL di chuyển lệch hơn



Hình 3.8. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 7h ngày 14/1 và 15/1/2008

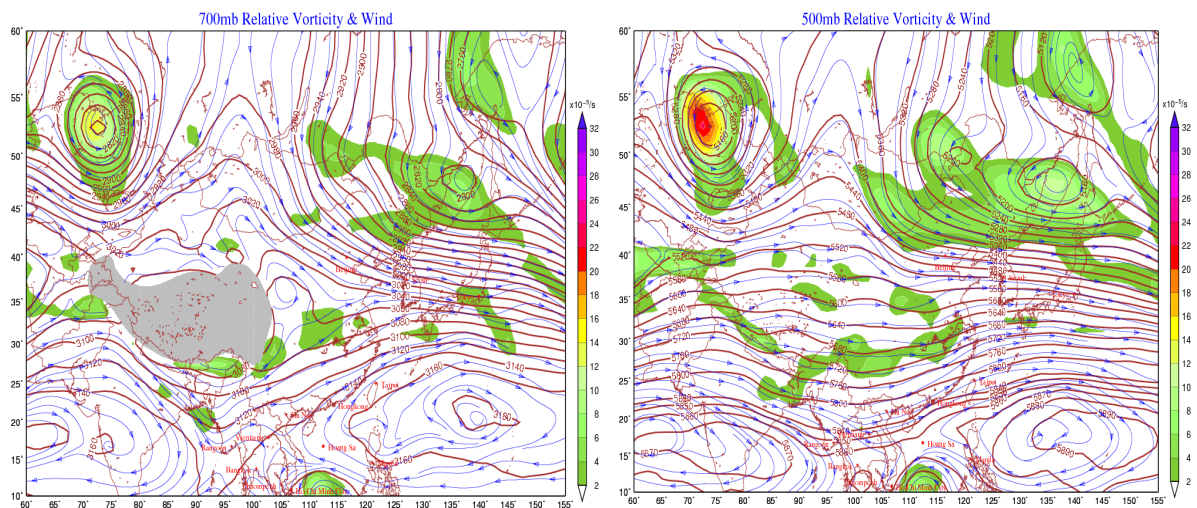
Sang ngày 15/1/2008 (hình 3.8, bên phải), lúc này một khối không khí lạnh khác lại được bổ sung và có sự thay đổi khác hoàn toàn so với ngày hôm trước khi hướng tác động lần này theo hướng Bắc - Nam, di chuyển hoàn toàn trên lục địa Trung Quốc và khu vực với các đường đẳng áp dày xít (gradient khí áp lớn) đã mở rộng sâu xuống lãnh thổ Việt Nam. Cường độ gió đông bắc tại thời điểm 7 giờ sáng vẫn chỉ ở mức cấp 5, nhưng tối cùng ngày đã mạnh lên cấp 6-7.

Bản đồ tái phân tích (hình 3.9) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 925mb và 850mb tại thời điểm 7 giờ ngày 14/1 (ngày bắt đầu đợt rét đậm trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc). Trên bản đồ tái phân tích mực 925mb (hình 3.9, bên trái) cho thấy khu vực có độ xoáy dương tập trung trên khu vực vùng biển phía Bắc quần đảo Trường Sa mà không thấy ở bất cứ điểm nào trên lãnh thổ Việt Nam nói chung và khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng. Gió đông bắc từ khối không khí lạnh vẫn thể hiện rõ ở mực này trên khu vực các tỉnh vùng núi phía Bắc.



Hình 3.9. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 14/1/2008

Sang bản đồ tái phân tích mực 850mb (hình 3.9 bên phải) đã khác đi hoàn toàn khi trên bản đồ mực này không còn thấy có ảnh hưởng của khối không khí lạnh phía Bắc. Hướng gió thịnh hành trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng chuyển hoàn toàn sang hướng Đông Nam. Như vậy có thể đánh giá tại thời điểm này khối không khí lạnh khi ảnh hưởng đến miền Bắc Việt nam phát triển ở độ cao thấp dưới 1500 mét. Điều này cũng đồng nghĩa với việc khối không khí lạnh tràn về, khả năng thăng lên của phần tử không khí là không có (bị ngăn bởi lớp không khí mực 1500 mét).

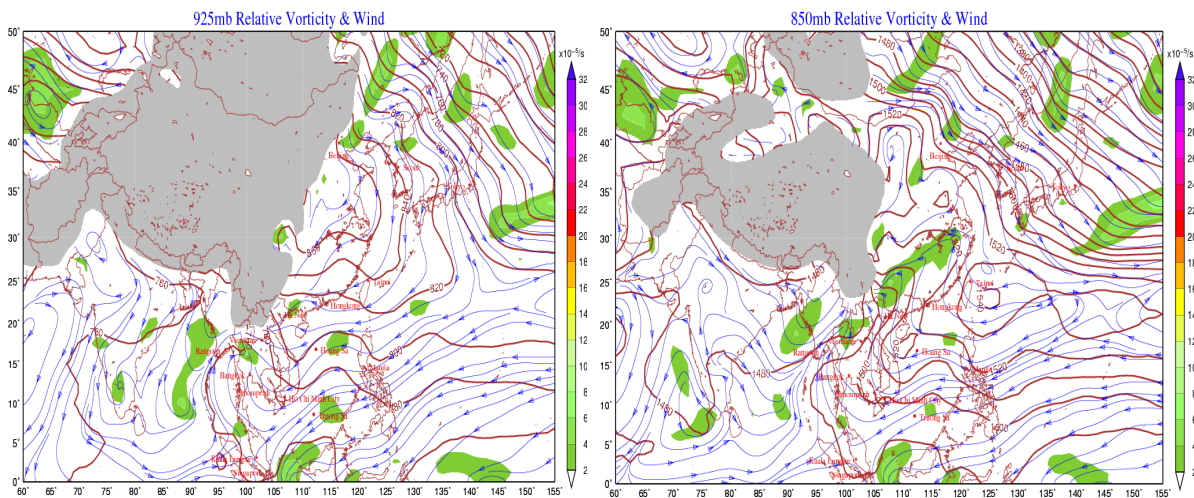


Hình 3.10. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 14/1/2008

Bản đồ tái phân tích (hình 3.10) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 700mb và 500mb tại thời điểm 7 giờ ngày 14/1/2008. Trên bản đồ tái phân tích mực 700mb (hình 3.10, bên trái), khu vực có độ xoáy

đương lớn hơn $4 \times 10^{-5}/s$ (khả năng gây mưa) quan sát thấy chạy dọc theo vĩ tuyến 26-28 độ vĩ Bắc (cách khu vực vùng núi Bắc Bộ khoảng 200km về phía Bắc). Một lưỡi áp cao cận nhiệt đới có trục đi qua khu vực Trung Trung Bộ và hướng gió thịnh hành trên khu vực này hoàn toàn chuyển sang hướng Tây Nam tuy nhiên với độ dày xít không lớn (tốc độ gió không mạnh). Trên bản đồ tái phân tích mực 500mb (hình 3.10, bên phải) khu vực có độ xoáy dương lớn hơn $4 \times 10^{-5}/s$ lúc này lui gần hơn về phía các tỉnh vùng núi và độ dày của các đường đẳng tốc độ gió cũng dày xít hơn trên khu vực vùng núi Bắc Bộ. Đây là điều kiện tiên quyết khiến khả năng thăng lên của các phân tử không khí ở các tầng không khí thấp hơn bị ngăn cản.

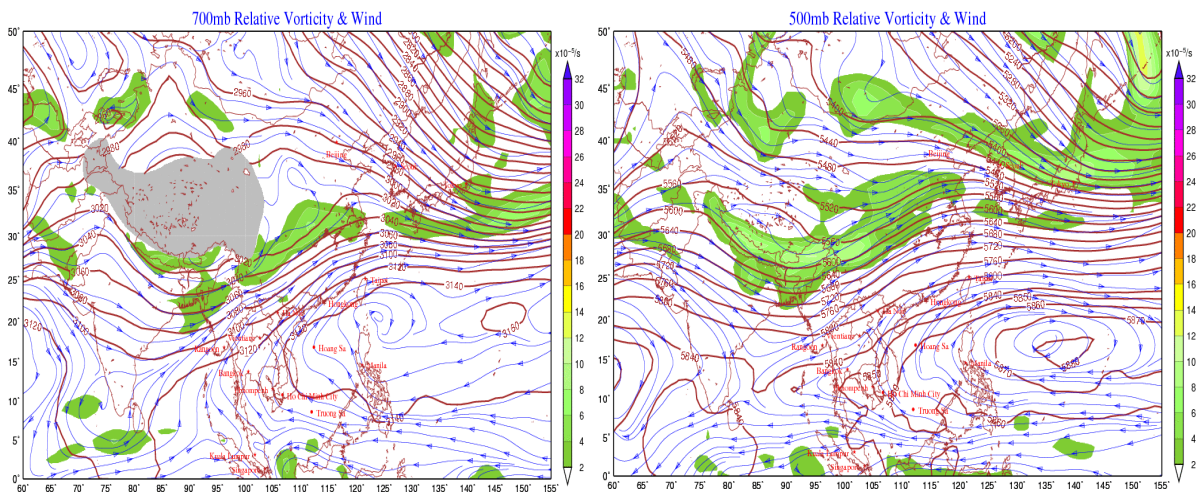
Như vậy cơ chế động lực gây rét đậm, rét hại trên khu vực miền núi Bắc Bộ chính là ảnh hưởng của khối không khí lạnh có kết hợp với hoạt động của đới gió Đông Bắc mạnh tầng thấp làm thăng lên các phân tử không khí bị ngăn cản lại bởi một khối không khí có bản chất nóng ẩm trên mực 1500 mét. Sự ngăn cản này thường hình thành nên một lớp nghịch nhiệt duy trì nê m lạnh ở các tầng không khí bên dưới.



Hình 3.11. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 01/02/2008

Bản đồ tái phân tích (hình 3.11) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 925mb và 850mb tại thời điểm 7 giờ ngày 01/02/2008 (đây là thời điểm rét nhất trong đợt rét đậm, rét hại trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc trong đợt này). Trên bản đồ tái phân tích mực 925mb (hình 3.11, bên trái) cho thấy trên khu vực Bắc Bộ nói chung và khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng hướng gió không hoàn toàn thịnh hành theo hướng Đông Bắc mà ngả dần sang hướng Đông Đông Bắc tạo điều kiện cho khả năng cung

cấp ẩm từ biển vào là lớn hơn rất nhiều. Cũng trên bản đồ này quan sát thấy khu vực vùng núi Đông Bắc đã xuất hiện những khu vực có độ xoáy dương lớn hơn $4 \times 10^{-5}/s$. Đây là điều kiện tiên quyết để mưa có khả năng xảy ra trên khu vực này. Trên bản đồ tái phân tích mực 850mb (hình 3.11, bên phải), một điều rất dễ nhận thấy là một front lạnh xuất hiện trên khu vực vùng núi Tây Bắc và Việt Bắc. Việc xuất hiện front lạnh này cũng là lý do khiến khả năng thăng lên của các phần tử không khí trở nên dễ dàng hơn rất nhiều. Hướng gió thịnh hành trên toàn bộ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc có hướng Đông Nam duy trì cho khả năng cung cấp ẩm cho toàn khu vực. Suốt dọc các tỉnh vùng núi phía Bắc đã có nhiều điểm hơn xuất hiện độ xoáy dương có giá trị lớn hơn $4 \times 10^{-5}/s$.

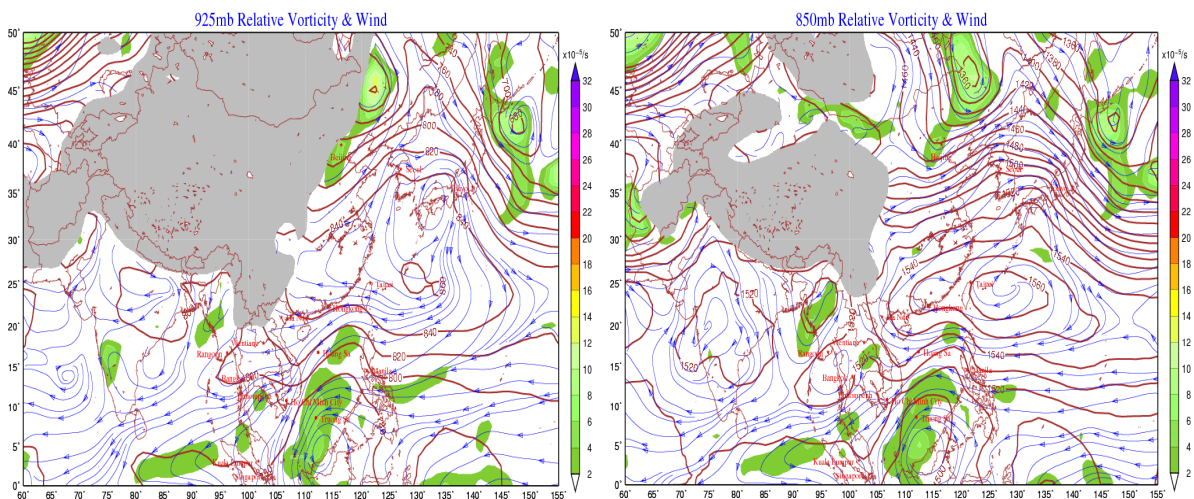


Hình 3.12. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 1/2/2008

Bản đồ tái phân tích (hình 3.12) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 700mb và 500mb tại thời điểm 7 giờ ngày 1/2/2008. Trên bản đồ tái phân tích mực 700mb (hình 3.12, bên trái) cho thấy một lưỡi áp cao cận nhiệt đới đang trải dài về phía Tây và có trục hơi nghiêng về phía Nam (hướng Đông Bắc-Tây Nam) đi qua khu vực Trung Trung Bộ. Khu vực các tỉnh Bắc Bộ (trong đó có các tỉnh miền núi phía Bắc) nằm trọn trong khu vực dòng xiết gió Tây Nam trên cao, kèm theo đó là khu vực có độ xoáy dương trải dài theo trục dòng xiết và nằm ngay trên phần phía Bắc của vùng núi Bắc Bộ. Độ dày xit của các đường đẳng tốc là tương đối lớn chứng tỏ tốc độ gió ở mực này là tương đối mạnh. Trên bản đồ tái phân tích mực 500mb (hình 3.12, bên phải). Lúc này khu vực có độ xoáy dương mở rộng ra nhiều trên khu vực phía Bắc với độ xoáy cũng mạnh hơn lên rất nhiều. Vùng trung tâm đã đạt

khoảng $10 \times 10^{-5}/s$ - $12 \times 4 \times 10^{-5}/s$. Dòng xiết gió Tây Nam trên cao thể hiện rõ ràng hơn so với trên mực 700mb.

Như vậy, ngày rét nhất trong đợt rét đậm, rét hại kỷ lục và kéo dài trên khu vực Bắc Bộ thì cơ chế động lực gây rét đậm, rét hại trên khu vực các tỉnh miền núi phía bắc, ngoài các nhân tố như đã phân tích như trong ngày 14/1/2008 nhưng với cường độ mạnh hơn thì còn có thêm một số yếu tố: xuất hiện front lạnh trên mực 1500 mét trên khu vực biên giới phía Bắc (đây là nhân tố quyết định khả năng thăng lên cưỡng bức của các phần tử không khí tầng lên); độ xoáy dương trên toàn khu vực miền núi trong lớp không khí 1000-2000 mét cũng tăng đáng kể làm tăng khả năng gây mưa. Không khí lạnh gây tình trạng rét đậm, rét hại lại có thêm nhân tố là mưa làm tăng tình trạng rét đậm, rét hại lên rất nhiều.

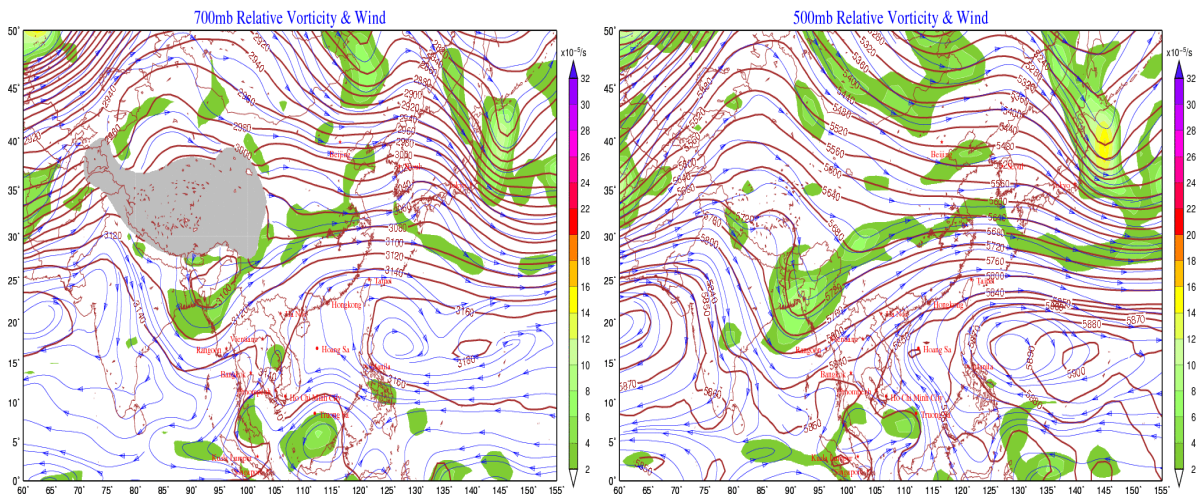


Hình 3.13. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 925mb và 850mb, thời điểm 7h ngày 21/2/2008

Bản đồ tái phân tích (hình 3.13) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 925mb và 850mb tại thời điểm 7 giờ ngày 21/2/2008 (ngày kết thúc đợt rét đậm trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc). Trên bản đồ tái phân tích mực 925mb (hình 3.13, bên trái) cho thấy trung tâm khối áp cao lạnh không còn nằm trên lục địa Trung Quốc mà di chuyển sang hẳn khu vực phía Nam Nhật Bản. Gió hướng thịnh hành trên toàn bộ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc chuyển hoàn toàn sang hướng Đông làm biến tính đi hoàn toàn bản chất của khối không khí lạnh. Trên bản đồ tái phân tích mực 850mb (hình 3.13, bên phải) thay thế hoàn toàn khối không khí lạnh tầng thấp lại là một lưỡi áp cao cận nhiệt đới trải dài về phía Tây và bao trùm lên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng với bản chất là

nóng và ẩm. Như vậy khả năng thăng lên cưỡng bức từ khối không khí lạnh của các phần tử khí là mất đi hoàn toàn.

Bản đồ tái phân tích (hình 3.14) mô tả độ xoáy dương và gió (hướng gió) ở các mực 700mb và 500mb tại thời điểm 7 giờ ngày 21/2/2008. Trên bản đồ tái phân tích mực 700mb (hình 3.14, bên trái) không còn xuất hiện dòng xiết trong đới gió Tây trên cao mà chủ đạo là gió có hướng thịnh hành Tây Nam trên khu vực Bắc Bộ. Thay vào đó là một vùng hội tụ gió giữa rìa phía Tây của lưỡi áp cao cận nhiệt đới và các nhiễu động gió Tây cận nhiệt đới. Trên bản đồ mực 700mb lúc này hội tụ gió là không mạnh. Trên bản đồ tái phân tích mực 500mb (hình 3.14, bên phải) thấy rõ hơn vùng hội tụ gió như đã phân tích trên mực 700mb.



Hình 3.14. Bản đồ tái phân tích trường xoáy tương đối và trường gió lần lượt các mực 700mb và 500mb, thời điểm 7h ngày 21/2/2008

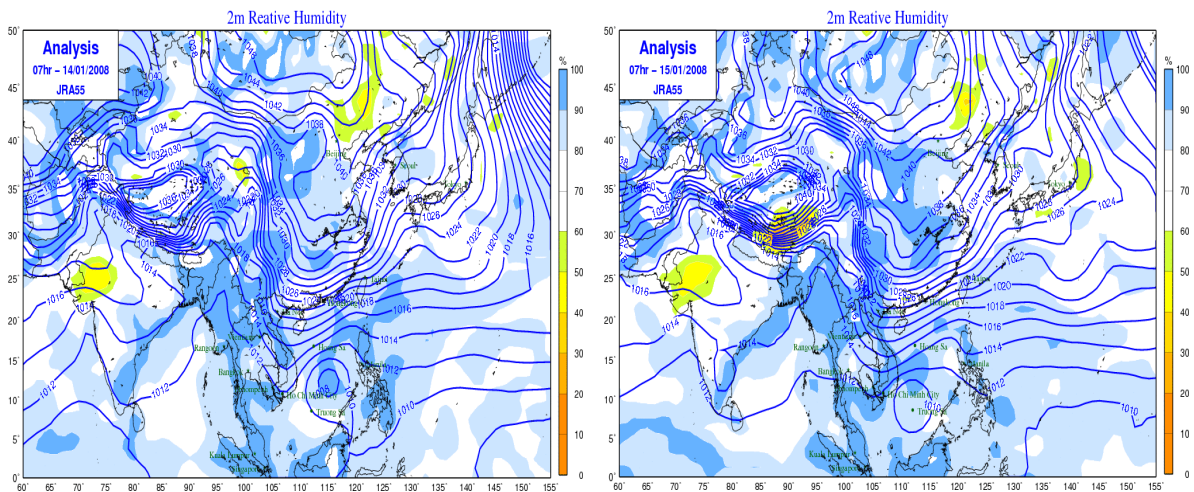
Như vậy, cơ chế động lực và vật lý chi phối tính bất thường của đợt lạnh kỷ lục trên các tỉnh miền núi Bắc Bộ kéo dài từ 14/1 đến 20/2/2008 chính là ảnh hưởng của khối không khí lạnh tầng thấp có bản chất lạnh và khô phát triển đủ dày đến độ cao trên 1000 mét và được thăng lên cưỡng bức. Sau đó bị chặn lại bởi khối không khí có bản chất nóng, ẩm trên mực 1500 mét tạo ra một lớp nghịch nhiệt trên độ cao này ngăn cản khả năng nóng lên của nhiệt độ không khí ở các tầng không khí bên dưới. Sự ngăn cản của các tầng không khí trên cao chính là nguyên nhân duy trì lớp nghịch nhiệt trên mực 1500 mét và làm nó trở nên dày hơn. Cơ chế động lực gây mức độ kéo dài của đợt lạnh bất thường này chính là do mức độ tăng cường liên tục của các sóng lạnh từ khối không khí lạnh phía Bắc.

3.5.1.2. Phân tích cơ chế nhiệt lực

Từ thực tế phân tích đợt lạnh bất thường kéo dài từ ngày 14/1 đến hết ngày 20/2/2008 trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng cho thấy cũng có đóng góp lớn của cơ chế nhiệt lực và vật lý chi phối tính bất thường của đợt lạnh này.

Hình 3.15, bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối ở độ cao 2 mét tại thời điểm 7 giờ sáng trong các ngày 14/1 (ngày bắt đầu xảy ra rét đậm, rét hại) và ngày 15/1/2008 (ngày xảy ra rét đậm, rét hại). Trên bản đồ tái phân tích ngày 14/1/2008 (hình 3.15, bên trái) cho thấy lúc này ngoại trừ khu vực Tây Bắc Bắc Bộ có độ ẩm tương đối cao, sát mức độ ẩm bão hòa 90-100% thì toàn bộ khu vực miền núi Việt Bắc và Đông Bắc độ ẩm tương đối lại dao động trong khoảng 80% (chênh lệch giữa nhiệt độ và nhiệt độ điểm sương là tương đối lớn).

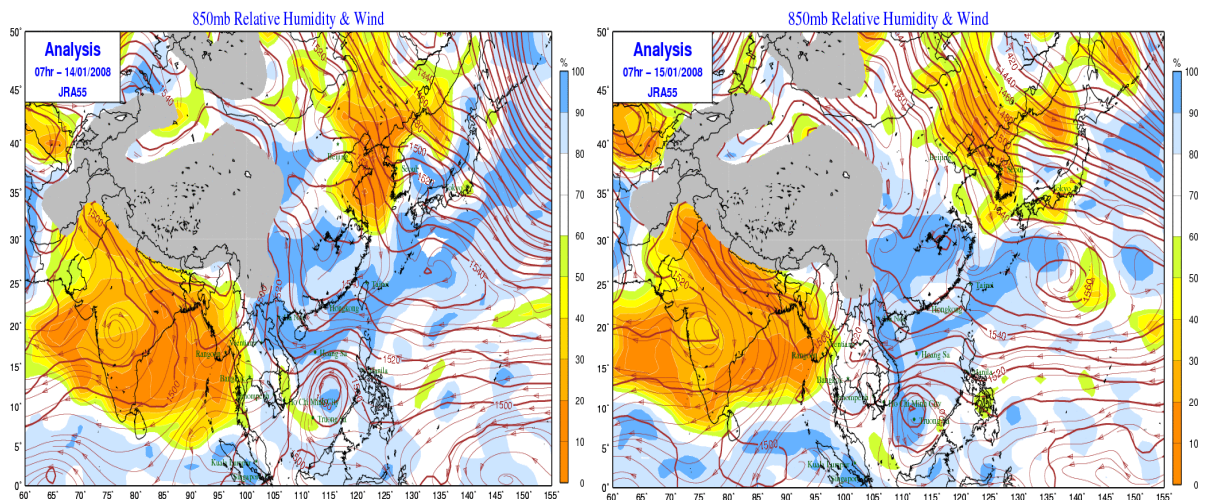
Chỉ một ngày sau đó, trên bản đồ tái phân tích ngày 15/1 (hình 3.15, bên phải), độ ẩm tương đối ở trạng thái gần bão hòa (đường nhiệt độ và nhiệt độ điểm sương là tương đối gần nhau, đôi lúc là chập vào nhau) đã mở rộng ra toàn bộ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc. Trên thực tế quan trắc được thì vào thời điểm 7 giờ sáng các ngày 14 và 15/1/2008 chỉ quan sát thấy một vài nơi có mưa với lượng không lớn.



Hình 3.15. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải)

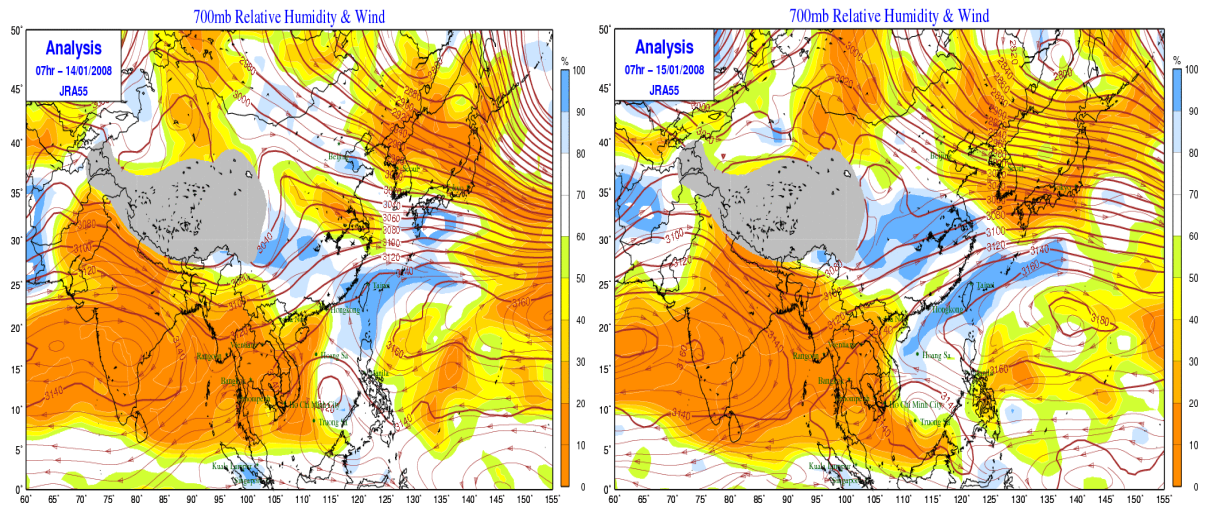
Hình 3.16, bản đồ tái phân tích trường ẩm tương đối ở độ cao 1500 mét tại thời điểm 7 giờ sáng các ngày 14/1 và ngày 15/1/2008. Tại thời điểm 7 giờ sáng ngày 14/1 (hình 3.16, bên trái) cho thấy trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng, độ ẩm cũng đạt đến trạng thái

bão hòa, khu vực có độ ẩm thấp lúc này chỉ quan sát thấy trên khu vực lục địa Trung Quốc nơi đang tồn tại một khối không khí lạnh. Cũng trên hình cho thấy một dải ẩm có độ ẩm tương đối lớn chạy dọc theo vùng biển Bắc Biển Đông và khu vực biển Vịnh Bắc Bộ đang bổ sung cho khu vực các tỉnh Bắc Bộ. Sang ngày 15/1 (hình 3.16, bên phải), mức độ bão hòa độ ẩm trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc đã giảm xuống, nguồn cung cấp ẩm từ biển vào như trong ngày 14/1 đã không còn và tách rời thành các trung tâm ẩm khác nhau. Tuy nhiên vẫn có một nguồn bổ sung ẩm từ vịnh Bắc Bộ cho khu vực các tỉnh miền núi Việt Bắc và Đông Bắc.



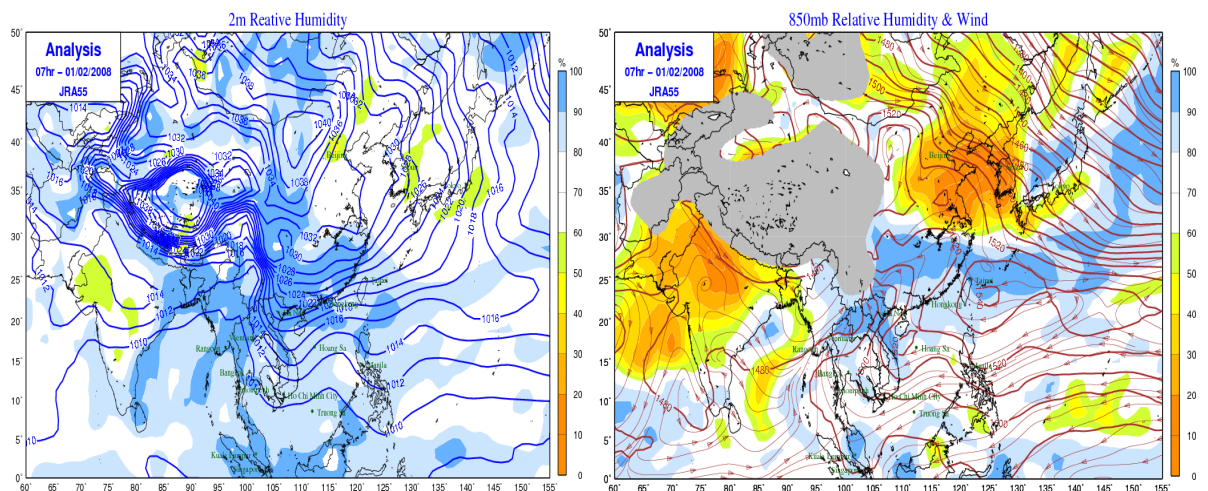
Hình 3.16. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 850mb thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải).

Hình 3.17, bản đồ tái phân tích trường ẩm tương đối ở độ cao 3000 mét tại thời điểm 7 giờ sáng các ngày 14/1 và ngày 15/1/2008. Trên bản đồ tái phân tích ngày 14/1 (hình 3.17, bên trái) lúc này độ ẩm tương đối đã giảm đi đáng kể, dưới 50% trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc (ngoại trừ vùng núi Đông Bắc ở mức 60%). Trong khi đó trên khu vực lục địa Trung Quốc độ ẩm tương đối lúc này cũng giảm nhưng không đáng kể, bao trùm vẫn là khu vực có độ ẩm trên 80%. Sang ngày 15/1 (hình 3.17, bên phải), độ ẩm tương đối lúc này trên toàn bộ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc giảm đồng đều hơn và dao động dưới 40%, trong khi đó khu vực có độ ẩm lớn và đạt đến ngưỡng bão hòa lại mở rộng trên khu vực phía Đông Bắc Trung Quốc. Điều này cho thấy rõ ràng khi vượt qua tầng không khí 1500 mét, độ ẩm trong không khí giảm rất nhanh trong cả 2 ngày trước và trong khi xảy ra rét đậm, rét hại trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc.



Hình 3.17. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb thời điểm 7h ngày 14/1 (bên trái) và ngày 15/1/2008 (bên phải)

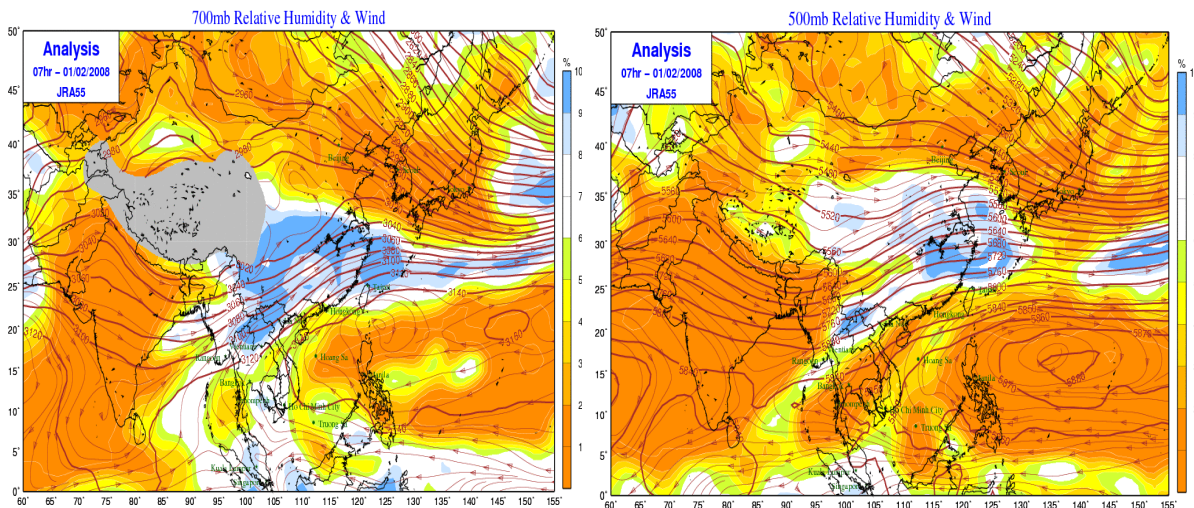
Như vậy, quá trình giảm nhiệt mạnh trên khu vực vùng núi các tỉnh Bắc Bộ chính là quá trình lan truyền nhiệt (lượng nhiệt được lan truyền từ phía Bắc xuống phía Nam) từ khối không khí lạnh mạnh phía Bắc cộng thêm với ảnh hưởng bị chia cắt mạnh của địa hình các tỉnh miền núi phía Bắc. Tuy nhiên điều kiện tiên quyết để nhiệt độ có xu hướng giảm mạnh lại chính là một lớp ẩm dày từ bề mặt đất lên đến độ cao 1500 mét luôn ở trong trạng thái bão hòa hoặc gần bão hòa. Lớp ẩm này có tác dụng ngăn cản khả năng đốt nóng của mặt trời làm tăng nhiệt độ trong các lớp không khí thấp hơn.



Hình 3.18. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m (bên trái) và mực 850mb (bên phải) thời điểm 7h ngày 1/2/2008

Bây giờ chúng ta tìm hiểu xem cơ chế nhiệt lực vào ngày rét nhất của đợt rét đậm rét hại kéo dài kỷ lục này là như thế nào. Hình 3.18, bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tại mực 2 mét và tại mực 1500 mét cùng thời điểm lúc

7 giờ của ngày 1/2/2008 (ngày xảy ra rét nhất trong đợt rét đậm, rét hại này). Trên bản đồ tái phân tích mực 2 mét (hình 3.18, bên trái) cho thấy một trường ẩm đã đạt đến trạng thái bão hòa bao trùm một vùng lãnh thổ rộng lớn phía lục địa Trung Quốc và miền Bắc Việt Nam, nguồn ẩm được đưa vào khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc từ hướng biển với một dải ẩm xuất phát trên khu vực phía Đông Hồng Kông (Trung Quốc) kéo sang khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ. Trên bản đồ tái phân tích mực 850mb (hình 3.18, bên phải) trường ẩm bão hòa lúc này phân tách thành 2 trung tâm một trên khu vực Bắc Bộ Việt Nam và một trên lục địa phía Bắc Trung Quốc. Nguồn ẩm cung cấp cho các tỉnh miền núi phía Bắc lúc này lại từ 2 nguồn khác nhau, một nguồn từ vùng biển vịnh Bắc Bộ, trong khi đó xuất hiện thêm một nguồn thứ hai từ khu vực vịnh Ben Gan đưa sang xuất phát từ đới gió tây nam cận nhiệt đới.



Hình 3.19. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb (bên trái) và 500mb (bên phải) thời điểm 7h ngày 1/2/2008

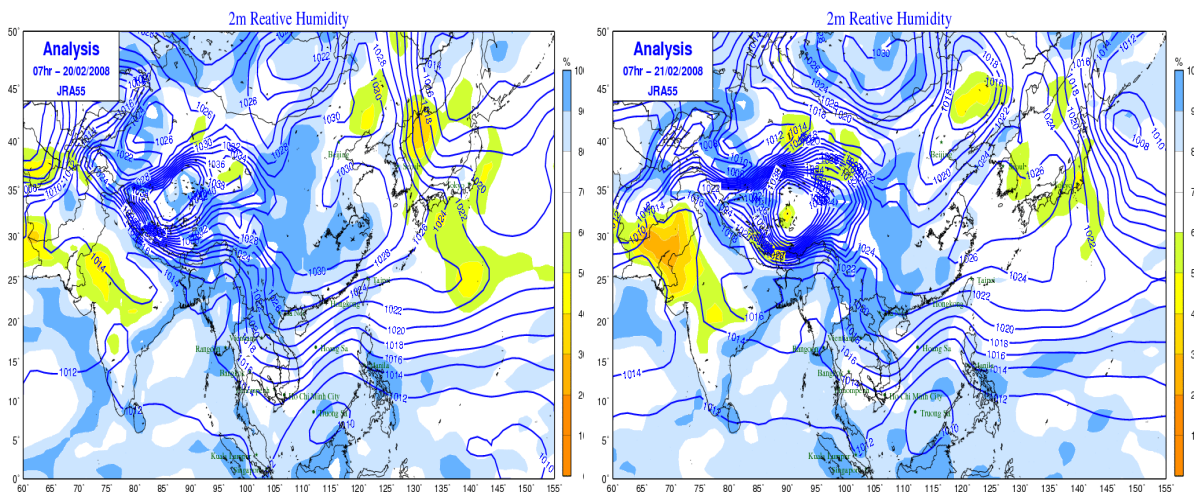
Hình 3.19 đưa ra bản đồ tái phân tích trường ẩm tương đối ở độ cao 3000 mét và 5000 mét tại thời điểm 7 giờ sáng cùng ngày 1/2/2008. Trên bản đồ hình 3.19 (bên trái) cho thấy một điều rất rõ ràng là trường ẩm bão hòa vẫn còn tồn tại trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc, ngoại trừ một phần rất nhỏ trên khu vực phía Đông Bắc (vùng núi Quảng Ninh). Một vệt ẩm bão hòa kéo dài từ phía Tây Nam khu vực đi lên cho thấy rõ ràng vệt ẩm này đem lại từ phía vịnh Ben Gan đưa lại từ đới gió Tây Nam. Lên đến độ cao 5000 mét khu vực ẩm bão hòa co gọn lại trên khu vực vùng núi Tây Bắc Bắc Bộ. Các khu vực khác độ ẩm giảm tương đối nhanh.

Như vậy, cơ chế nhiệt lực ở đây ngoài việc lan truyền nhiệt làm giảm nhiệt từ khối không khí lạnh phía Bắc và ảnh hưởng của địa hình thì độ dày

của lớp ẩm bão hòa trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc lại là một nhân tố ảnh hưởng đáng kể gây giảm sâu nhiệt độ ở các tầng thấp hơn.

Hình 3.20 đưa ra bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối ở độ cao 2 mét tại thời điểm 7 giờ sáng trong các ngày 20/2 (ngày xảy ra rét đậm, rét hại) và ngày 21/2/2008 (ngày kết thúc đợt rét đậm, rét hại kéo dài kỷ lục). Trên bản đồ tái phân tích ngày 20/2 (hình 3.20, bên trái) cho thấy lúc này trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng bao trùm vẫn là một trường ẩm bão hòa, tuy nhiên đây chỉ là khu vực ẩm còn duy trì bởi nội tại khối không khí và không thấy rõ nguồn cung cấp ẩm cho cho khu vực này. Trên khu vực lãnh thổ Trung Quốc không còn quan sát được vùng ẩm rộng lớn trên khu vực phía Đông Bắc và phía Đông nữa.

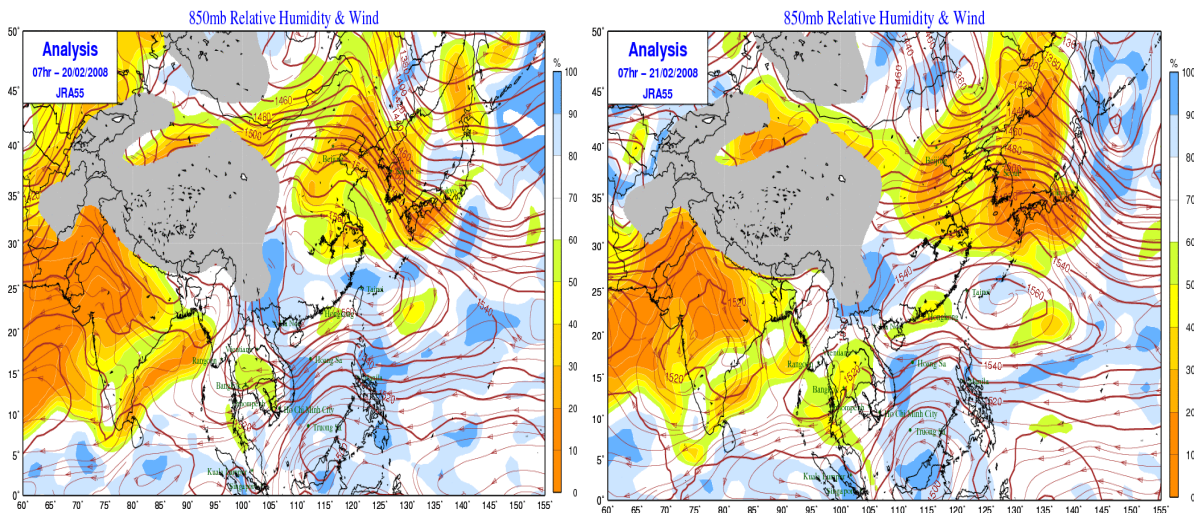
Sang ngày 21/2 (hình 3.20, bên phải) cũng tương tự như khi phân tích vào sáng ngày 20/2. Trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng bao trùm vẫn là một trường ẩm bão hòa tuy nhiên cũng không thấy rõ được nguồn cung cấp ẩm cho khu vực Bắc Bộ nói chung và miền núi phía Bắc nói riêng. Như vậy nguồn cung cấp ẩm cho khu vực đã không còn trong 2 ngày cuối cùng của đợt rét đậm rét hại này cũng là nguyên nhân khiến nhiệt độ trên toàn khu vực có dấu hiệu tăng lên.



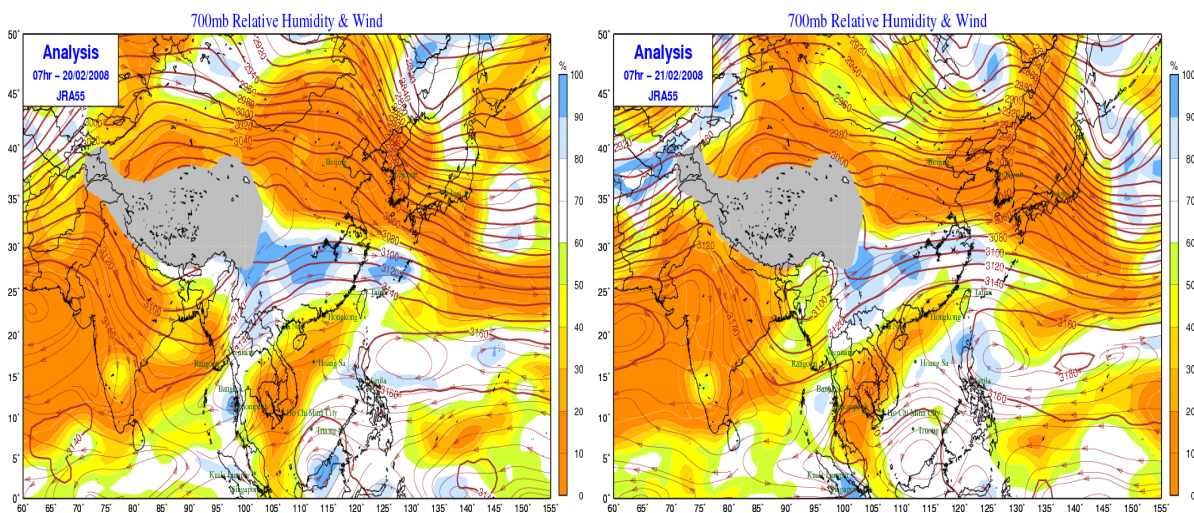
Hình 3.20. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2m thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải)

Hình 3.21 đưa ra bản đồ tái phân tích trường ẩm tương đối ở độ cao 1500 mét tại thời điểm 7 giờ sáng các ngày 20/2 và ngày 21/2/2008. Tại thời điểm 7 giờ sáng ngày 20/2 (hình 3.21, bên trái) khu vực có độ ẩm tương đối bão hòa không còn mở rộng trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nữa mà co gọn lại trên một diện tích hẹp hơn là toàn bộ khu vực các tỉnh miền núi và trung du

Bắc Bộ. Nguồn ẩm từ biển Đông để cung cấp cho khu vực không còn như khi bắt đầu đợt rét đậm, rét hại. Trên cả một vùng lãnh thổ rộng lớn phía Trung Quốc độ ẩm tương đối cũng giảm đi đáng kể trên độ cao này. Sang ngày 21/2 (hình 3.21, bên trái) chúng ta thấy rõ hơn quá trình thu hẹp vùng độ ẩm tương đối bão hòa trên khu vực Bắc Bộ khi mà chỉ còn một diện tích rất nhỏ lớp ẩm bão hòa còn duy trì được trên khu vực phía Bắc biên giới nước ta. Nguồn cung cấp ẩm từ biển không còn và độ ẩm cũng đã giảm đi hơn một nửa.



Hình 3.21. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 850mb thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải)



Hình 3.22. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 700mb thời điểm 7h ngày 20/2 (bên trái) và ngày 21/2/2008 (bên phải)

Hình 3.22, bản đồ tái phân tích trường ẩm tương đối ở độ cao 3000 mét tại thời điểm 7 giờ sáng các ngày 20/2 và ngày 21/2/2008. Trên bản đồ hình 3.22 (bên trái) lúc này trường độ ẩm tương đối đã giảm đi đáng kể, hầu hết các tỉnh miền núi Việt Bắc và Đông Bắc độ ẩm đã giảm xuống dưới 70%, chỉ

còn lại các tỉnh miền núi Tây Bắc và vùng núi phía Tây còn duy trì được độ ẩm tương đối khoảng 80%. Trên khu vực vịnh Ben Gan, nguồn cung cấp ẩm chính cho khu vực miền núi phía Bắc, độ ẩm đã khô đi rất nhiều chỉ còn dao động 20-40%, là quá nhỏ để có thể bổ sung ẩm cho các tỉnh miền núi phía Bắc. Sang ngày 21/2 (hình 3.22, bên phải) tình hình cũng gần tương tự như trong ngày 20/2 nhưng với vùng ẩm còn thu hẹp diện tích hơn cả ngày 20/2.

Như vậy, quá trình phá vỡ cấu trúc trường ẩm theo chiều cao chính là cơ chế nhiệt lực chính tác động làm cho quá trình duy trì trường nhiệt độ thấp trên khu vực các tỉnh miền núi Bắc Bộ không còn. Một nguyên nhân khác cũng tác động đến cơ chế nhiệt lực chi phối tính bất thường của đợt lạnh này chính là không còn quá trình lan truyền nhiệt ở phía bắc theo phương ngang để duy trì độ ổn định của trường nhiệt độ (không còn khả năng tăng cường đều đặn của các đợt không khí lạnh ở phía Bắc),

Như vậy, qua phân tích trường nhiệt, ẩm trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng trong các ngày bắt đầu, ngày xảy ra nhiệt độ thấp nhất và ngày kết thúc của đợt rét đậm rét hại bất thường và kéo dài gây nên nhiều kỷ lục trên khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi Bắc Bộ nói riêng chúng tôi nhận thấy cơ chế nhiệt lực và vật lý chi phối tính bất thường của đợt lạnh này được thể hiện ở một số điểm sau:

+ Quá trình lan truyền nhiệt theo phương ngang đảm bảo tính đồng nhất của trường nhiệt từ khối không khí lạnh phía bắc. Mức độ chia cắt mạnh của địa hình các tỉnh miền núi phía bắc là nguyên nhân gián tiếp khiến mức độ giảm nhiệt thêm mạnh mẽ hơn.

+ Phân bố trường nhiệt ẩm theo chiều thẳng đứng đảm bảo một lớp ẩm tương đối dày (đến độ cao 1500 mét) để duy trì nền nhiệt thấp sẵn có ở các tầng không khí thấp hơn. Lớp ẩm này càng dày thì phân bố trường nhiệt trên mực bề mặt càng thấp.

+ Dòng xiết gió Tây trên cao duy trì dày trên khu vực Bắc Bộ, nguồn cung cấp ẩm thứ hai cho khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc, là nguyên nhân khiến mức độ giảm nhiệt mạnh mẽ ở tầng thấp gây nên tính bất thường của một đợt lạnh.

3.5.2. Cơ chế và hình thế chi phối hoạt động của các đợt nóng bất thường

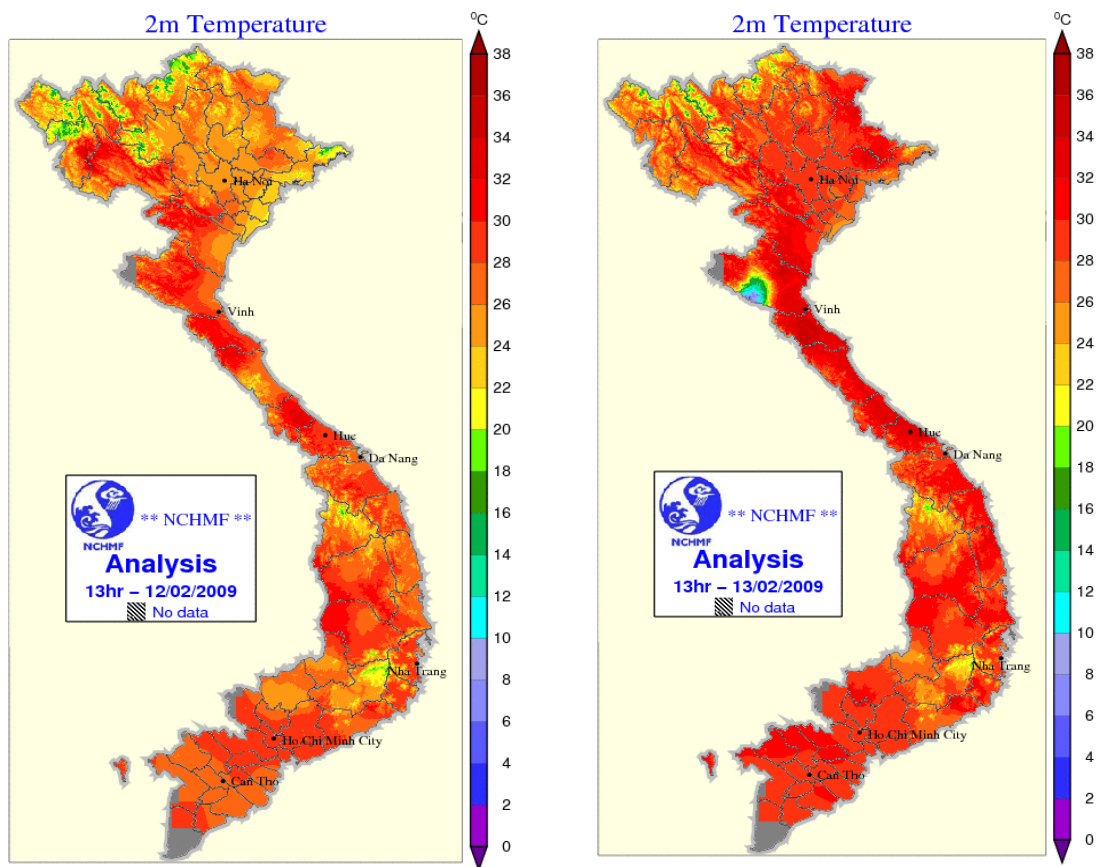
Để có đủ căn cứ và cơ sở khoa học để đưa ra những nhận định phù hợp về cơ chế nhiệt động lực và dạng hình thế thời tiết chi phối sự hình thành,

hoạt động và phát triển của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ, các phần dưới đây sẽ tiến hành phân tích diễn biến của 3 đợt nóng bất thường xảy ra vào mùa đông 2008/2009, 2009/2010 và 2015/2016.

3.5.2.1. Đợt nóng ẩm bất thường từ ngày 13-14/2/2009.

a. Diễn biến

Hình 3.23 đưa ra bản đồ tái phân tích trường nhiệt độ tại thời điểm 13 giờ các ngày 12 và 13/2/2009, tại thời điểm chưa xảy ra nóng ẩm diện rộng (hình 3.23, bên trái) và thời điểm xảy ra nóng ẩm diện rộng (hình 3.23, bên phải) trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc. Bắt đầu ngày 12/2/2009, nhiệt độ cao nhất ngày trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng có dấu hiệu tăng lên rõ rệt Trên hầu khắp các trạm quan trắc trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc nhiệt độ đã tăng cao phổ biến trong khoảng 27-29 độ, một số nơi trên khu vực các tỉnh Tây Bắc Bắc Bộ nhiệt độ đã tăng tương đối cao như: Tuần Giáo (Điện Biên) 36,3 độ; Yên Châu (Sơn La) 33,5 độ; Phù Yên (Sơn La) 33,7 độ; Mai Châu (Hòa Bình) 34 độ; ... (Hình 3.23, bên trái).



Hình 3.23. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ các ngày 12/2 và 13/2/2009 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc

Sang ngày 13/2/2009 (hình 3.23, bên phải), nhiệt độ đã tăng lên rất nhanh, trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng. Nhiệt độ đã tăng nhanh lên phổ biến 31-33 độ, một số nơi nhiệt độ còn cao hơn 33 độ như: Phù Yên (Sơn La): 35,1⁰C; Mai Châu: 34,7⁰C; Hòa Bình: 35,2⁰C; Bắc Mê (Hà Giang): 34,0⁰C; Tp. Cao Bằng: 33,9⁰C; Thất Khê (Lạng Sơn): 33,8⁰C; ... Vùng tâm nóng lúc này tập trung trên khu vực các tỉnh miền núi Đông Bắc và Việt Bắc. Trên cả 2 khu vực Việt Bắc và Đông Bắc nhiệt độ tăng đồng loạt và phổ biến 3⁰C-5⁰C (ΔT_{x24} ở Phố Ràng (Lào Cai) 4,9⁰C; Hàm Yên (Tuyên Quang) 4,5⁰C; Cao Bằng 5,2⁰C; ...). Khu vực các tỉnh Tây Bắc nhiệt độ hầu như không còn tăng thêm nhiều tuy nhiên đột biến vẫn có điểm nhiệt độ tăng mạnh như: Quỳnh Nhai (Sơn La) tăng 9,4 độ; Tp. Hòa Bình tăng 7,0 độ. Ngoài nhiệt độ tăng cao thì độ ẩm trong không khí trong ngày cũng giảm thấp xuống thấp phổ biến 45-55% trong ngày 13/2. Độ giảm ẩm tương đối mạnh phổ biến trong khoảng 10%-20%, một số nơi giảm mạnh như: Tp. Hòa Bình giảm 42%; Văn Chấn (Yên Bái) giảm 37%; Tam Đảo (Vĩnh Yên) giảm 31%; Đình Lập (Lạng Sơn) giảm 30%; ...

Vậy đâu là nguyên nhân gây ra đợt nóng ẩm bất thường trong mùa đông lần này? trước tiên phải đề cập đến ảnh hưởng của các hình thế thời tiết tầng thấp (nguyên nhân chủ yếu), sau đó mới đề cập đến các nguyên nhân khác (nguyên nhân thứ yếu). Từ đây chúng tôi phân tích và tìm ra được 2 nguyên nhân như sau:

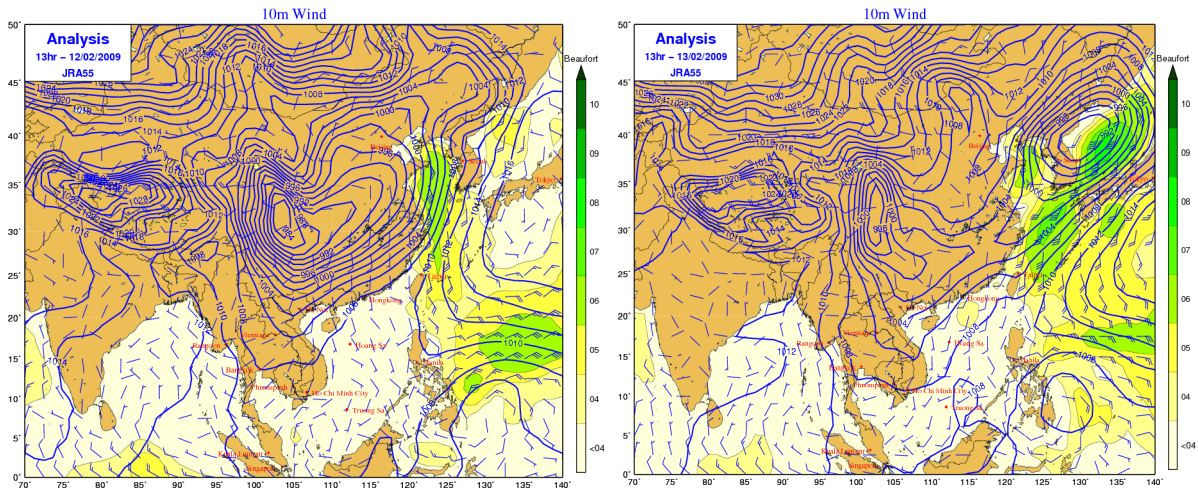
Nguyên nhân thứ nhất (nguyên nhân chính): ***Ảnh hưởng của rìa phía nam rãnh áp thấp bị nén bởi khối không khí lạnh phía bắc***

Nguyên nhân thứ hai (nguyên nhân thứ yếu): ***Ảnh hưởng của trường phân kỳ trên cao***

b. Cơ chế nhiệt động lực

Hình 3.24, bản đồ tái phân tích mực 10m tại thời điểm 13 giờ các ngày 12/2 trước khi xảy ra đợt nóng ẩm bất thường và ngày 13/2 khi các tỉnh miền núi phía Bắc bắt đầu đợt nóng ẩm bất thường. Trên bản đồ tái phân tích ngày 12/2/2009 (hình 3.24, bên trái) cho thấy một trung tâm áp thấp với khí áp trung tâm tương đối thấp ($P_{\min} < 984\text{mb}$), tâm vùng áp thấp này nằm trên khu vực bồn địa Tứ Xuyên (Trung Quốc). Hoàn lưu vùng áp thấp này đang bao trùm trên một diện tích rộng lớn trên hầu khắp lục địa phía Nam Trung Quốc và đang phát triển lên khu vực phía Đông Bắc. Trong khi đó phần phía Nam

của vùng áp thấp này cũng đã ảnh hưởng đến một số nơi trên khu vực vùng núi phía Bắc. Xa hơn về phía Bắc, khu vực phía Bắc vĩ tuyến 45°N đang tồn tại một trung tâm áp cao lạnh.

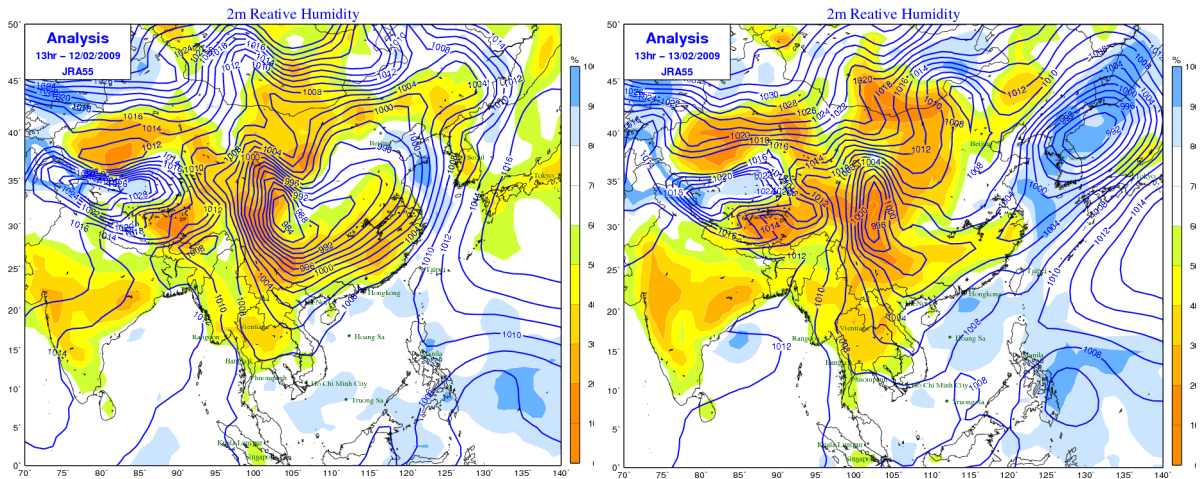


Hình 3.24. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h các ngày 12/2 và 13/2/2009

Sang ngày 13/2 (hình 3.24, bên phải), đã có một sự thay đổi tương đối rõ so với ngày hôm trước. Khối không khí lạnh ở phía Bắc lúc này đã xâm nhập sâu hơn về phía Nam làm mất đi hoàn toàn nhánh áp thấp phát triển về phía Đông Bắc, chia cắt vùng áp thấp thành 2 trung tâm khác nhau và làm đầy trung tâm vùng áp thấp trên khu vực bồn địa Tứ Xuyên (Trung Quốc). Khí áp thấp nhất tại trung tâm vùng áp thấp lúc này tăng lên 996mb. Trên khu vực phía Nam lãnh thổ Trung Quốc quan sát thấy một rãnh áp thấp hình thành chạy dọc theo vĩ tuyến $25^{\circ}\text{N} - 26^{\circ}\text{N}$. toàn bộ phần phía Nam của rãnh áp thấp này bao trùm lên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng. Gió thịnh hành trên toàn khu vực có hướng Tây Nam hướng vào trục rãnh áp thấp đi qua khu vực Đông Bắc và Việt Bắc. Rõ ràng có một quá trình nén rãnh áp thấp của khối không khí lạnh phía Bắc và làm gia tăng hoạt động của đới gió Tây Nam ở phía Nam tạo nên hiệu ứng phơn trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc.

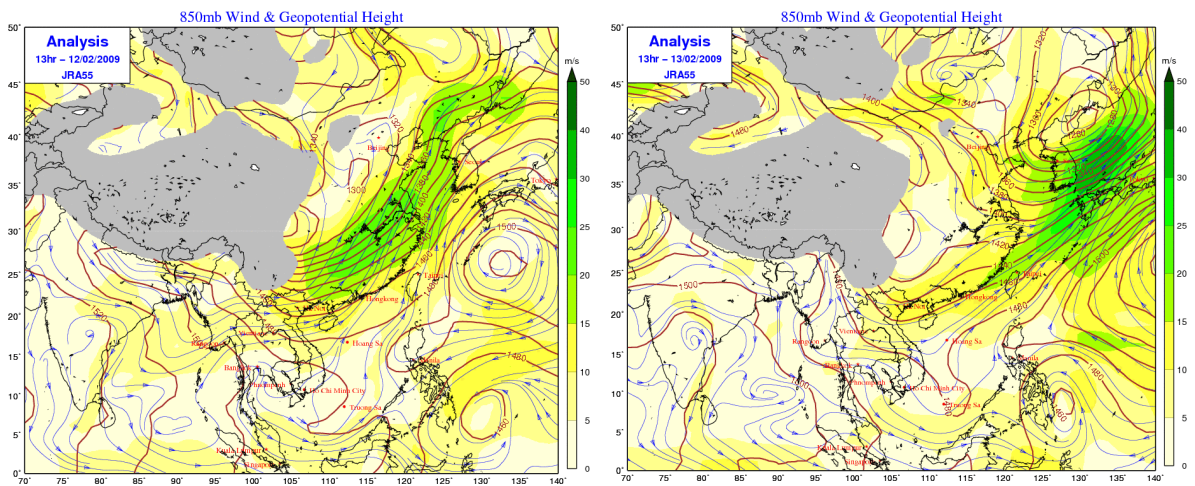
Bản đồ tái phân tích (hình 3.25) mô tả trường độ ẩm tương đối mực 2 mét tại thời điểm 13 giờ các ngày 12/2 và ngày 13/2/2009. Trên bản đồ tái phân tích ngày 12/2 (hình 3.25, bên trái) cho thấy vùng áp thấp trên khu vực Tứ xuyên (Trung Quốc) là nguyên nhân gây nên một vùng độ ẩm thấp (dưới 30%) cũng bao phủ trên một khu vực rộng lớn ở phần phía Nam rãnh áp thấp đã phân tích ở trên và kéo dài đến sát biên giới phía Bắc Việt Nam. Xa hơn về

phía Nam rãnh áp thấp này, trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và miền núi các tỉnh phía Bắc nói riêng độ ẩm có xu hướng tăng hơn nhưng không nhiều và phổ biến ở khoảng 40-50%, riêng vùng núi Đông Bắc cao hơn và ở mức 50-60%.



Hình 3.25. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối vị mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009

Sang ngày 13/2 (Hình 3.25, bên phải), lúc này trên khu vực các tỉnh miền núi Tây Bắc và Việt Bắc, độ ẩm trong không khí đã giảm đi đáng kể và dao động trong khoảng 30-40%, trong khi đó trên khu vực vùng núi Đông Bắc độ ẩm cũng giảm xuống chỉ còn 40-50%.

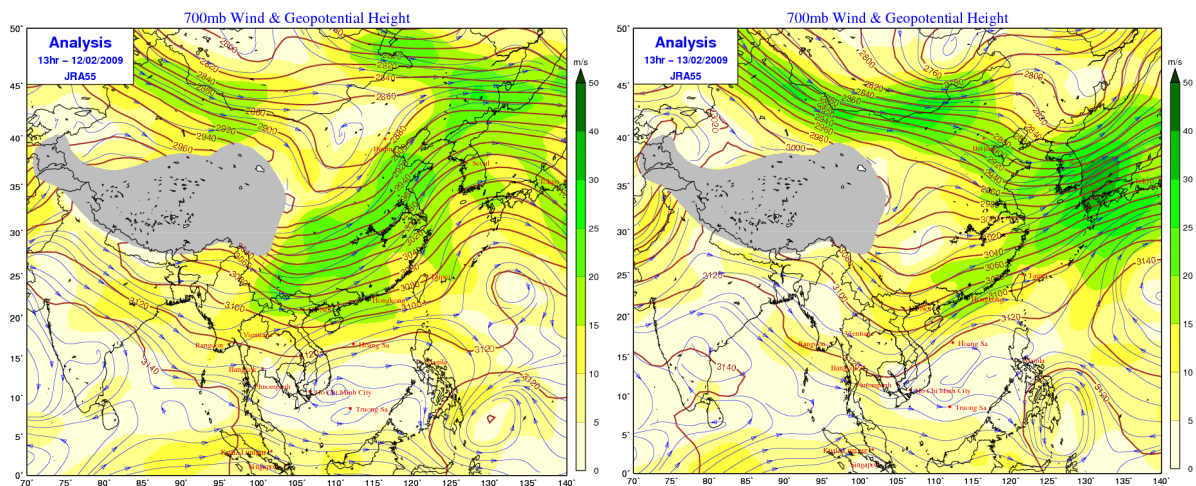


Hình 3.26. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009

Bản đồ tái phân tích mô tả trường gió (hướng và tốc độ gió) và độ cao địa thế vị mực 850mb tại thời điểm 13 giờ các ngày 12/2 và ngày 13/2/2009 được đưa ra trên hình 3.26. Trên bản đồ tái phân tích ngày 12/2 (hình 3.26, bên trái) cho thấy rõ ràng 2 trung tâm áp thấp, một trên khu vực Tứ Xuyên và

một vùng áp thấp khác trên khu vực phía Đông Bắc Trung Quốc tạo nên một rãnh áp thấp có trục theo hướng Đông Bắc - Tây Nam. Toàn bộ phần phía Nam của rãnh áp thấp này, bao gồm cả khu vực các tỉnh miền núi Bắc Bộ có hướng gió thịnh hành theo hướng Tây Nam đi qua một khu vực lãnh thổ rộng lớn trước khi thổi vào 2 trung tâm áp thấp phân tích trên. Khu vực xuất hiện gió mạnh nhất (lớn hơn 15m/s) tập trung trên khu vực phía Đông Nam lục địa Trung Quốc, trong khi đó trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc gió Tây Nam có cường độ gió yếu hơn dao động trong khoảng 10-15m/s. Xa hơn về phía Bắc cũng quan sát thấy một lưỡi áp cao lạnh lục địa trên khu vực phía bắc vĩ tuyến 45⁰N và đang có xu hướng trải dài về phía Nam. điều này chứng tỏ khối không khí lạnh ở phía Bắc là tương đối mạnh.

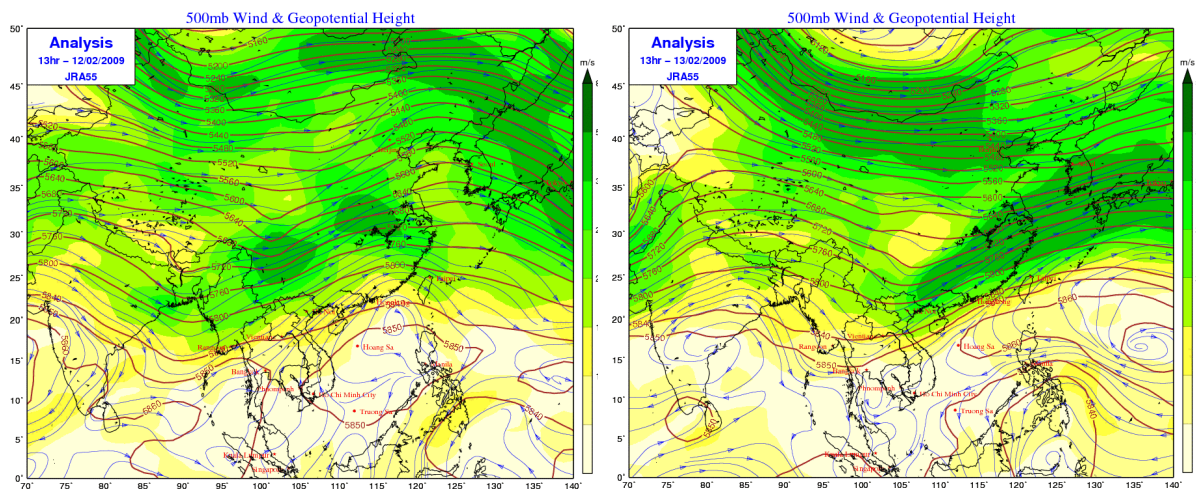
Sang ngày 13/2 (hình 3.26, bên phải) cho thấy 2 trung tâm áp thấp đã tách nhau ra hoàn toàn với một trung tâm bị đẩy về phía biển Nhật Bản và trung tâm áp thấp còn lại bị đẩy dịch xuống phía Nam tiến gần hơn đến khu vực vùng núi phía Bắc Việt Nam. Quá trình phân tách này được đánh giá là do khối không khí lạnh lục địa ở phía Bắc tác động. Rãnh áp thấp nối 2 trung tâm áp thấp này cũng bị đẩy sâu về phía Nam tồn tại dọc theo vĩ tuyến khoảng 26⁰N-28⁰N. Hướng gió thịnh hành lúc này trên khu vực miền núi phía Bắc chuyển hoàn toàn sang hướng Tây Bắc đến Tây thổi vào trung tâm áp thấp ở phía Bắc với cường độ gió suy giảm xuống dưới 10m/s. Khu vực gió mạnh bây giờ chuyển hết về khu vực biển Nhật Bản ở phía Nam vùng áp thấp.



Hình 3.27. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009

Bản đồ tái phân tích mô tả trường gió (hướng và tốc độ gió) và độ cao địa thế vị mực 700mb tại thời điểm 13 giờ các ngày 12/2 và ngày 13/2/2009

được đưa ra trong hình 3.27. Trên bản đồ ngày 12/2 (hình 3.27, bên trái) cho thấy bao trùm lên toàn bộ vùng lục địa rộng lớn Trung Quốc và khu vực các tỉnh Bắc Bộ là một đới gió Tây Nam rộng lớn từ vĩ tuyến 20°N mở rộng lên đến vĩ tuyến 30°N (trên 1000km). Tốc độ gió trong đới gió Tây Nam này cũng tương đối mạnh 20-25m/s trên khu vực lục địa Trung Quốc và 15-20m/s trên khu vực Bắc Bộ, thậm chí một số nơi trên khu vực vùng núi Tây Bắc còn mạnh trên 20m/s. Sang ngày 13/2 (hình 3.27, bên phải), một sóng áp cao nổi lên trên khu vực Bangladesh và Myanma, trên toàn bộ khu vực các tỉnh Bắc Bộ và khu vực phía Bắc kéo dài đến khu vực Tứ Xuyên (Trung Quốc) thay cho trường gió Tây Nam mạnh hôm trước là một trường gió Tây Bắc với cường độ gió không mạnh và phổ biến trong khoảng 10-15m/s. Không khí khô từ các luồng gió Tây Bắc này tạo nên một trường phân kỳ mạnh ngăn cản không cho khả năng cưỡng bức của lớp không khí tầng thấp thăng lên mạnh hơn cũng góp phần cho việc làm nóng các lớp không khí tầng thấp.



Hình 3.28. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 12/2 và 13/2/2009

Trên bản đồ tái phân tích ngày 12/2 (hình 3.28 bên trái) hình thành 2 sóng áp cao: một sóng áp cao tương đối mạnh hình thành trên khu vực phía Bắc Ấn Độ và một sóng áp cao thấp hơn tồn tại trên khu vực giáp ranh giữa 2 tỉnh Quảng Đông và Phúc Kiến (Trung Quốc) ở phía Nam. Hướng gió thịnh hành lúc này trên toàn bộ khu vực các tỉnh Bắc Bộ là hướng gió Tây Nam với tốc độ gió duy trì trong khoảng 20-25m/s. Sang ngày 13/2/2009 (hình 3.28 bên phải), Sóng áp cao trên khu vực phía Bắc Ấn Độ đã di chuyển nhanh về phía Đông và tồn tại trên khu vực Bangladesh. Quá trình di chuyển nhanh về phía Đông của sóng áp cao này cũng làm thay đổi căn bản hướng gió thịnh

hành trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ sang hướng Tây Bắc thổi hoàn toàn trên lục địa. Đây là điều kiện tiên quyết khiến độ ẩm không khí trên khu vực Bắc Bộ giảm nhanh và trường phân kỳ cũng bao trùm trên một khu vực rộng lớn phía Tây Bắc biên giới Việt Nam và mở rộng xuống cả khu vực Bắc Bộ.

Như vậy ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) chúng ta thấy rõ vai trò của rãnh áp thấp nối với vùng áp thấp trên khu vực Tứ Xuyên (Trung Quốc). Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây nam tầng thấp đóng vai trò kích thích gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc (khu vực có nhiệt độ cao tập trung trên khu vực đông bắc). Trong khi đó, ở các lớp không khí trên cao (trên 1500 mét), trường phân kỳ lại là nguyên nhân rất rõ ràng ngăn cản khả năng thăng lên cao của các lớp không khí dưới tầng thấp, ngăn cản khả năng hình thành mây trên các tầng không khí trên cao.

3.5.2.2. Đợt nóng ẩm bất thường từ ngày 12-14/2/2016.

a. Diễn biến

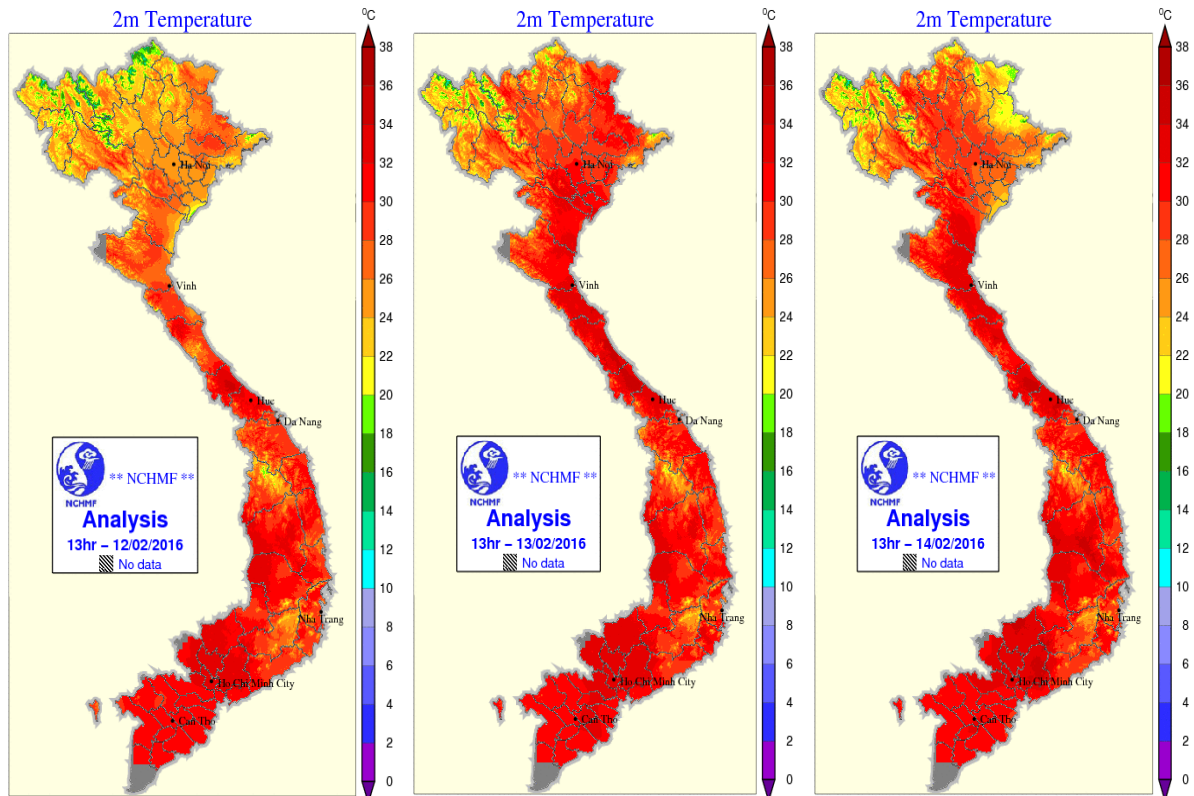
Hình 3.29 đưa ra bản đồ tái phân tích phân bố trường nhiệt độ tại thời điểm 13 giờ các ngày 12, 13 và 14/2/2016 trong đợt nóng ẩm bất thường xảy ra trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc. Trong tháng 2 năm 2016, một đợt nóng ẩm bất thường đã xảy ra trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng. Bắt đầu ngày 12/2/2016, nền nhiệt độ cao nhất trong ngày trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng có dấu hiệu tăng lên rõ rệt. Đỉnh điểm của đợt nóng ẩm này xảy ra vào ngày 13/2/2016 khi mà trên hầu hết các trạm quan trắc trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc nhiệt độ đã tăng cao phổ biến trong khoảng 30-32 độ, một số nơi nhiệt độ đã tăng tương đối cao như: Mường La (Sơn La) 34,8 độ; Kim Bôi và Tp. Hòa Bình (Hòa Bình) 34,5 độ; Lạc Sơn (Hòa Bình) 35,2 độ; Bắc Mê (Hà Giang) và Chiêm Hóa (Tuyên Quang) 33,4 độ; (xem hình 3.27).

Vậy đâu là nguyên nhân gây ra đợt nóng ẩm bất thường trong mùa đông lần này? trước tiên phải đề cập đến ảnh hưởng của các hình thế thời tiết tầng thấp (nguyên nhân chủ yếu), sau đó mới đề cập đến các nguyên nhân

khác (nguyên nhân thứ yếu). Từ đây chúng tôi phân tích và tìm ra được 2 nguyên nhân như sau:

Nguyên nhân thứ nhất (nguyên nhân chính): **Ảnh hưởng của rìa phía nam rãnh áp thấp bị nền bởi khối không khí lạnh phía bắc**

Nguyên nhân thứ hai (nguyên nhân thứ yếu): **Ảnh hưởng của trường phân kỳ trên cao.**

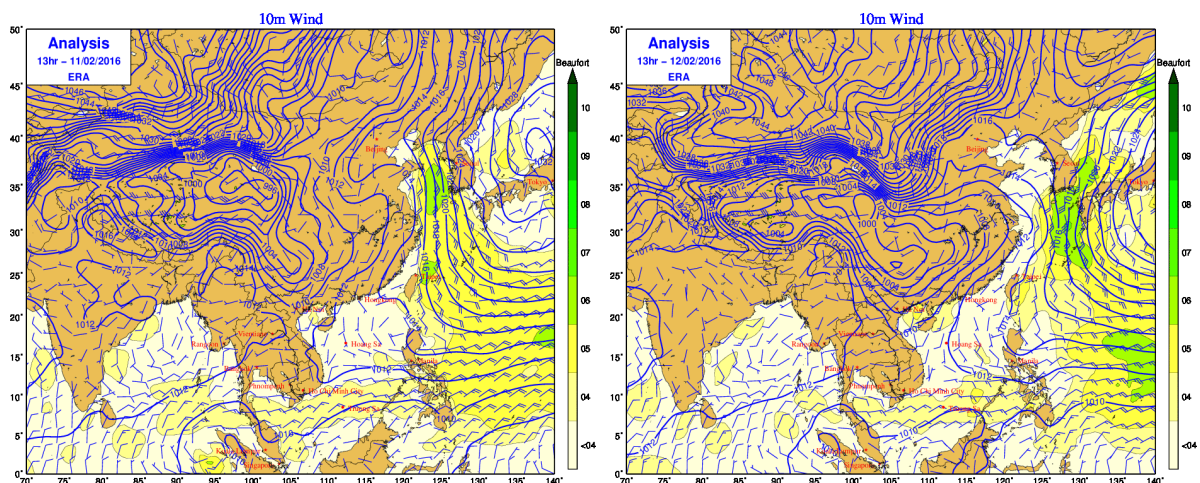


Hình 3.29. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ lần lượt các ngày 12, 13 và 14/2/2016 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc

b. Cơ chế nhiệt động lực

Hình 3.30 đưa ra bản đồ tái phân tích mực 10m tại thời điểm 13 giờ các ngày 11/2 trước khi xảy ra đợt nóng ẩm bất thường và ngày 12/2 khi các tỉnh miền núi phía Bắc bắt đầu đợt nóng ẩm bất thường. Trên bản đồ tái phân tích ngày 11/2/2016 (hình 3.30, bên trái) cho thấy một vùng áp thấp đóng kín trên khu vực bồn địa Tứ Xuyên (Trung Quốc) với một rãnh áp thấp mở rộng về phía Đông Nam hướng về phía biên giới phía Đông Bắc Việt Nam. Phần phía Nam rãnh áp thấp này bao gồm cả phần lãnh thổ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc Việt Nam thịnh hành hướng gió Tây Nam với cường độ yếu dao động trong khoảng 4-7m/s (cấp 3-4). Xa hơn về phía Bắc, khu vực phía Bắc vĩ tuyến 40⁰N tồn tại một lưỡi áp cao lạnh đang mở rộng về phía Đông Nam.

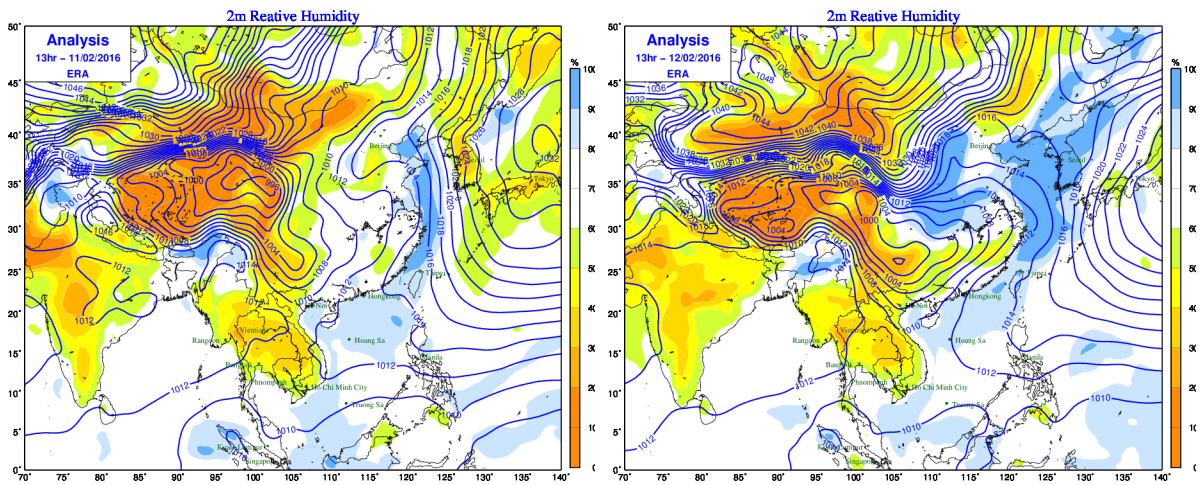
Sang ngày 12/2 (hình 3.30, bên phải), đã có một sự thay đổi tương đối rõ so với ngày hôm trước. không còn tồn tại vùng áp thấp trên bồn địa Tứ Xuyên (Trung Quốc), rãnh áp thấp lúc này bị đẩy dịch xuống phía Nam và chạy dọc theo khu vực Hoa Nam (Trung Quốc) ngang theo vĩ tuyến 25-26 độ vĩ Bắc. Trên rãnh áp thấp này tồn tại một trung tâm áp thấp không đóng kín phía Nam khu vực Tứ Xuyên (Trung Quốc). Toàn bộ phần lãnh thổ phía Nam rãnh áp thấp này thịnh hành đới gió Tây Nam có cường độ đã tăng lên đáng kể, phổ biến cấp 5-6 và hướng vào rãnh áp thấp này. Trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc gió cũng thịnh hành hướng tây nam nhưng với cường độ đã tăng lên nhiều, dao động trong khoảng 5-10m/s (cấp 4-5). Xa hơn về phía Bắc, lưỡi áp cao lạnh đã trải dài hơn về phía Nam đến vĩ tuyến 35⁰N. Rõ ràng đã có một quá trình nén rãnh áp thấp của khối không khí lạnh phía Bắc và làm gia tăng hoạt động của đới gió Tây Nam ở phía nam tạo nên hiệu ứng phơn trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc.



Hình 3.30. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h các ngày 11/2 và 12/2/2016

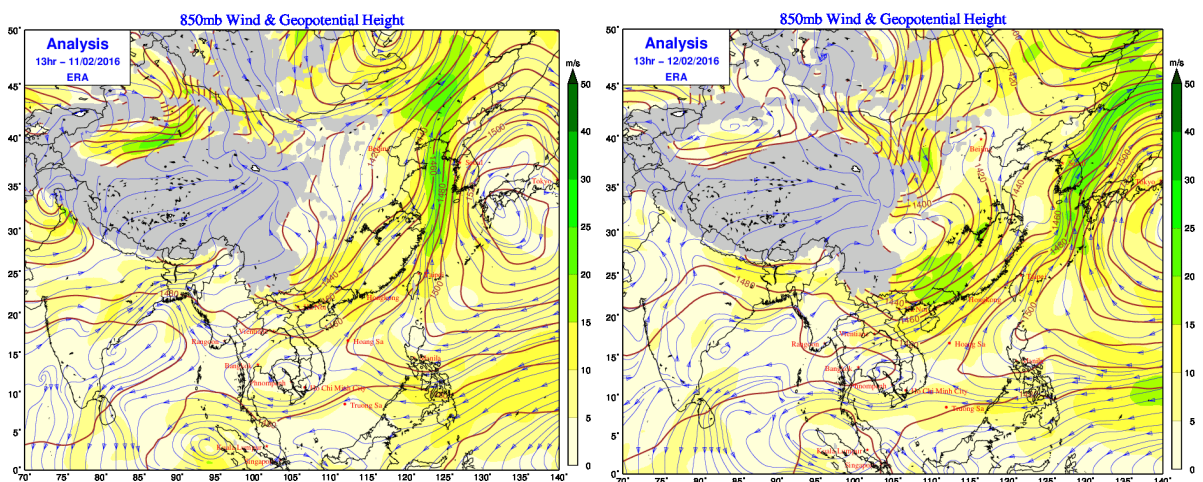
Bản đồ tái phân tích (hình 3.31) mô tả trường độ ẩm tương đối mực 2 mét tại thời điểm 13 giờ các ngày 11/2 (thời điểm trước khi xảy ra đợt nóng ẩm bất thường) và ngày 12/2/2016 (thời điểm xảy ra đợt nóng ẩm bất thường). Trên bản đồ tái phân tích ngày 11/2 (hình 3.31, bên trái) cho thấy dọc theo rãnh áp thấp đang mở rộng về phía Đông Nam Trung Quốc quan sát thấy một vùng độ ẩm thấp (dưới 30%) cũng bao phủ trên một khu vực rộng lớn ở ngay tại trung tâm rãnh áp thấp và kéo dài đến gần biên giới phía Bắc Việt Nam. Xa hơn về phía Nam rãnh áp thấp này, trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và miền núi các tỉnh phía Bắc nói riêng đã có sự khác biệt về độ

âm khi mà trên khu vực vùng núi Tây Bắc và một phần vùng núi Việt Bắc độ ẩm tương đối phổ biến 40-50% thì khi chuyển sang vùng núi Đông Bắc độ ẩm lại tương đối cao phổ biến ở khoảng 50-70%.



Hình 3.31. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016

Sang ngày 12/2 (Hình 3.31, bên phải), lúc này trên khu vực các tỉnh miền núi Tây Bắc và Việt Bắc, độ ẩm trong không khí ít có sự thay đổi nhưng ngay sát khu vực biên giới độ ẩm đã giảm đi đáng kể và dao động trong khoảng 30-40%. trong khi đó trên khu vực vùng núi Việt Bắc và Đông Bắc độ ẩm trong không khí đã khô đi đáng kể với độ ẩm trong không khí giảm xuống chỉ còn 40-50%.



Hình 3.32. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016

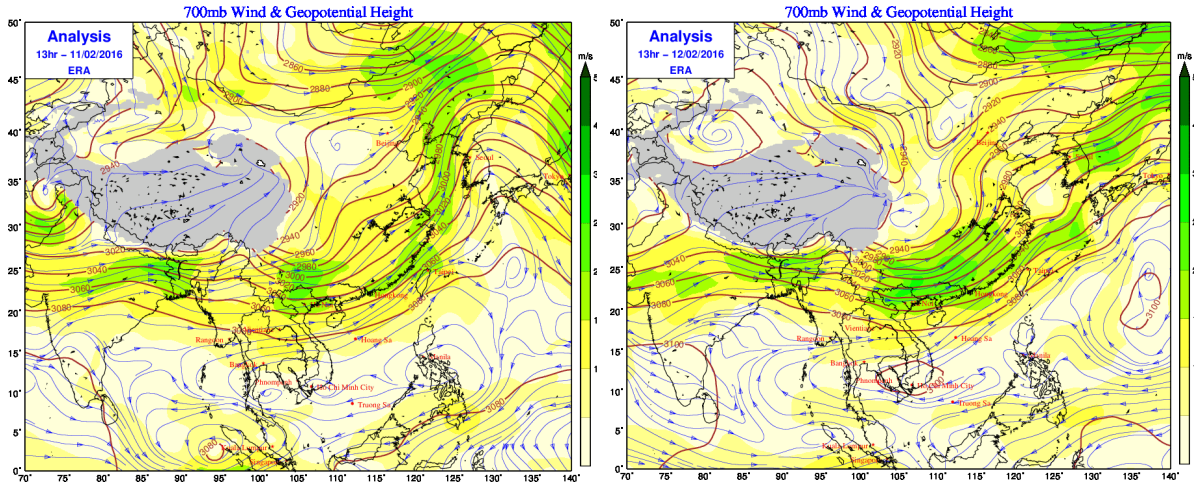
Bản đồ tái phân tích mô tả trường gió (hướng và tốc độ gió) và độ cao địa thế vị mực 850mb tại thời điểm 13 giờ các ngày 11/2 và ngày 12/2/2016 được đưa ra trong hình 3.32. Trên bản đồ ngày 11/2 (hình 3.32, bên trái) cho

thấy hầu như không còn quan sát thấy rõ rãnh áp thấp trên độ cao này (trong khi đó với bản đồ mực bề mặt rãnh áp thấp này là tương đối rõ), chỉ còn quan sát thấy một rãnh áp thấp tương đối ngắn chạy dọc theo vĩ tuyến 27 độ vĩ Bắc. Toàn bộ phần phía Nam của rãnh áp thấp này, bao gồm cả khu vực các tỉnh miền núi Bắc Bộ có hướng gió thịnh hành theo hướng Tây Nam đi qua một khu vực lãnh thổ rộng lớn ở phần phía Nam lục địa Trung Quốc. Một phần của đới gió Tây Nam này thổi vào rãnh áp thấp phân tích trên. Khu vực xuất hiện gió mạnh khoảng 10-15m/s tập trung trên khu vực phía Nam lục địa Trung Quốc, trong khi đó các tỉnh miền núi phía Bắc thấp hơn ở khoảng 5-10m/s. Xa hơn về phía Bắc cũng quan sát thấy một lưỡi áp cao lục địa trên khu vực phía Bắc vĩ tuyến 40⁰N và đang có xu hướng trải dài về phía Đông Nam. Điều này chứng tỏ khối không khí lạnh ở phía Bắc cũng là tương đối mạnh. Sang ngày 12/2 (hình 3.32, bên phải) cho thấy rãnh áp thấp đã được thể hiện rõ ràng hơn trên khu vực Tứ Xuyên (Trung Quốc) và đang bị nén bởi một bộ phận không khí lạnh ở phía Bắc (gradient khí áp dày xít trên khu vực phía Bắc vĩ tuyến 35⁰N). Hướng gió thịnh hành lúc này ở phía Nam rãnh áp thấp và trên khu vực miền núi phía Bắc duy trì hướng Tây với cường độ gió cũng mạnh lên dao động 10-15 10m/s. Khu vực gió mạnh bây giờ chuyển hết về khu vực phía Nam tỉnh Quảng Đông (Trung Quốc) với cường độ gió cũng mạnh hẳn lên và dao động 15-20m/s. Điều này chứng tỏ đã có một quá trình nén làm dày xít gradient khí áp trên khu vực phía Nam rãnh áp thấp và bao phủ trên toàn bộ khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam.

Như vậy ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) chúng ta thấy rõ vai trò của rãnh áp thấp trên khu vực phía nam lục địa Trung Quốc. Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây nam tầng thấp đóng vai trò kích thích kết hợp với ảnh hưởng của địa hình gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc (khu vực có nhiệt độ cao tập trung trên khu vực Đông Bắc ngày 13/2/2016 (Xem hình 3.7, ở giữa).

Hình 3.33 đưa ra bản đồ tái phân tích mô tả trường gió (hướng và tốc độ gió) và độ cao địa thế vị mực 700mb tại thời điểm 13 giờ các ngày 11/2 và ngày 12/2/2016. Trên bản đồ tái phân tích ngày 11/2 (hình 3.33, bên trái) cho

thấy một sóng áp cao đang hình thành trên khu vực $20^{\circ}\text{N}-25^{\circ}\text{N}$ và $85^{\circ}\text{E}-90^{\circ}\text{E}$. Đới gió Tây trải dài suốt từ kinh tuyến 95°E sang khu vực kinh tuyến 115°E bao trùm lên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc với cường độ gió trên khu vực miền núi phía bắc là tương đối mạnh dao động trong khoảng $15-25\text{m/s}$, trung tâm gió mạnh lúc này là khu vực vùng núi các tỉnh Việt Bắc.

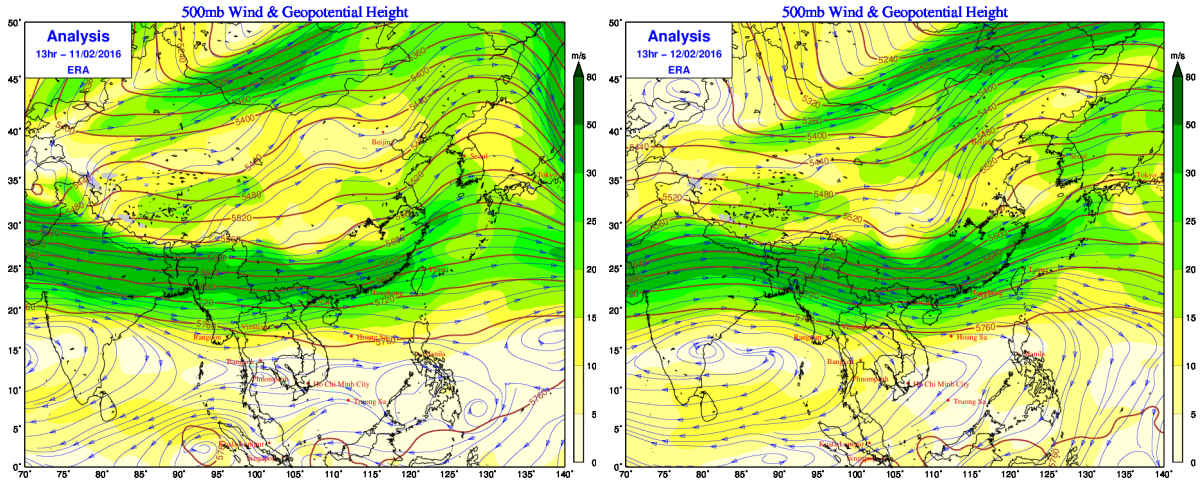


Hình 3.33. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016

Sang ngày 12/2 (hình 3.33, bên phải), sóng áp cao lúc này đã dịch chuyển sang phía Đông đến khu vực $95^{\circ}\text{E}-100^{\circ}\text{E}$. Hướng gió thịnh hành lúc này trên khu vực miền núi Bắc Bộ đã chuyển hoàn toàn sang hướng Tây Tây Bắc. Vùng trung tâm gió mạnh lúc này cũng mở rộng hơn về phía Đông bao trùm lên toàn bộ lãnh thổ các tỉnh Quảng Tây và Quảng Đông (Trung Quốc). Vùng gió mạnh cũng mở rộng ra toàn bộ khu vực Bắc Bộ với trung tâm gió mạnh vẫn là khu vực Việt Bắc. Như vậy đã có sự xuất hiện của một trường phân kỳ trên khu vực các tỉnh miền núi Bắc Bộ.

Trên bản đồ tái phân tích ngày 11/2 (hình 3.34, bên trái) cho thấy hoàn toàn trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ và vùng núi phía Bắc duy trì một đới gió Tây Nam mạnh với cường độ gió đạt đến $30-50\text{m/s}$ dọc theo vùng núi các tỉnh phía Bắc Bắc Bộ và khu vực phía Nam tỉnh Quảng Tây (Trung Quốc). Một sóng áp cao quan sát được lại ở khoảng cách tương đối xa so với khu vực Bắc Bộ và hình thành trên khu vực $20^{\circ}\text{N}-30^{\circ}\text{N}$ và $60^{\circ}\text{E}-70^{\circ}\text{E}$ với một trung tâm áp cao cận nhiệt đới trên khu vực phía tây nam Ấn Độ. Sang ngày 12/2 (hình 3.34, bên phải), sóng áp cao lúc này đã dịch chuyển sang phía Đông đến khu vực $75^{\circ}\text{E}-85^{\circ}\text{E}$, đồng thời vùng trung tâm áp cao cận nhiệt đới cũng đã di chuyển về phía Đông sang khu vực phía Nam Ấn Độ. Hướng gió thịnh hành

lúc này trên khu vực miền núi Bắc Bộ đã chuyển hoàn toàn sang hướng Tây Bắc. Khu vực có cường độ gió mạnh 30-50m/s lúc này đã bao trùm toàn bộ khu vực các tỉnh Bắc Bộ. Như vậy đã có sự xuất hiện của một trường phân kỳ trên khu vực các tỉnh miền núi Bắc Bộ trong ngày 12/2/2016.



Hình 3.34. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 11/2 và 12/2/2016

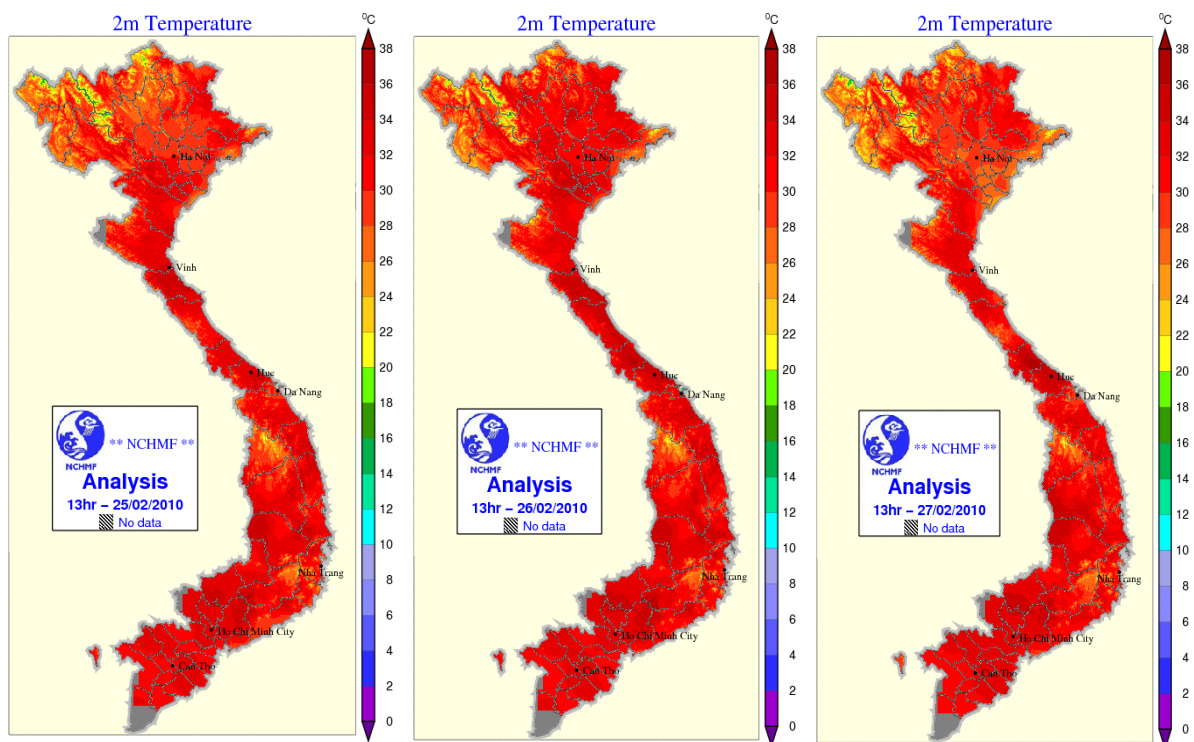
Qua phân tích đợt nóng ẩm bất thường này chúng ta cũng thấy rõ ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) là vai trò của rãnh áp thấp nối với vùng áp thấp trên khu vực Hoa Nam (Trung Quốc). Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây Nam tầng thấp ở phía Nam rãnh áp thấp này cũng đóng vai trò kích thích gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc (khu vực có nhiệt độ cao tập trung trên khu vực Đông Bắc). Trong khi đó, ở các lớp không khí trên cao (trên 1500 mét), trường phân kỳ lại là nguyên nhân rõ ràng ngăn cản khả năng thăng lên cao của các lớp không khí dưới tầng thấp, ngăn cản khả năng hình thành mây trên các tầng không khí trên cao.

3.5.2.3. Đợt nắng nóng bất thường từ ngày 25-27/2/2010.

a. Diễn biến

Hình 3.35 đưa ra bản đồ tái phân tích phân bố trường nhiệt độ tại thời điểm 13 giờ các ngày 25, 26 và 27/02/2010 trong đợt nắng nóng bất thường xảy ra trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc. Trong tháng 2 năm 2010, một đợt nắng nóng bất thường đã xảy ra trên khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung

và các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng. Bắt đầu ngày 24/2/2010, trên khu vực các tỉnh miền núi Tây Bắc Bắc Bộ nhiệt độ đã có dấu hiệu tăng hơn so với những ngày trước đó, một số nơi nhiệt độ cao nhất ngày đã vượt qua 32 độ như: Tuần Giáo (Điện Biên) và Mường La (Sơn La) 33,5 độ; Yên Châu (Sơn La) 34,4 độ; Mai Châu (Hòa Bình) 35,4 độ. Sang đến ngày 25/2/2010, quá trình nắng nóng đã lan rộng ra toàn bộ khu vực các tỉnh Bắc Bộ nói chung và các tỉnh miền núi Bắc Bộ nói riêng bắt đầu đợt nắng nóng trên diện rộng trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ. Nhiều điểm trên khu vực vùng núi phía Bắc trong đợt này đã vượt qua ngưỡng nắng nóng ($\geq 35^{\circ}\text{C}$) như: Quỳnh Nhai và Mường La (Sơn La) 36,5 độ; tỉnh Hòa Bình 37,0 độ; Tp. Lào Cai 36,6 độ; Hoàng Su Phì (Hà Giang) 35,5 độ; Định Hóa (Thái Nguyên) 36,6 độ; Cao Bằng 35,4 độ; Thất Khê (Lạng Sơn) 35,6 độ; ... Sang ngày 27/2/2010 nhiệt độ có xu hướng dịu dần và giảm nhanh từ ngày 28/2 kết thúc đợt nắng nóng bất thường này. Phân bố nhiệt độ ở các tỉnh miền núi phía bắc được chi tiết hóa trên hình 3.35.



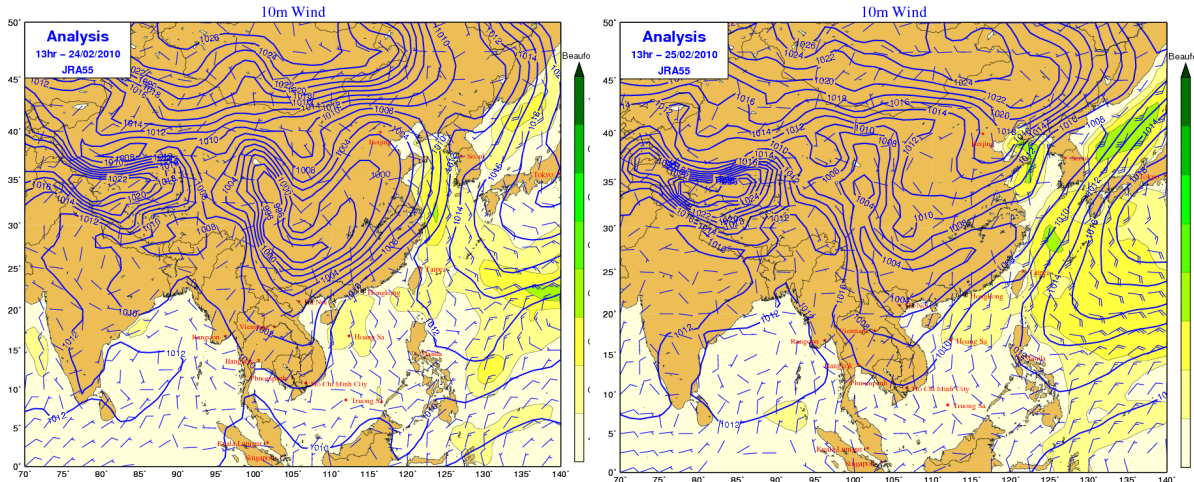
Hình 3.35. Phân bố nhiệt độ lúc 13 giờ lần lượt các ngày 25, 26 và 27/2/2010 trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc

Vậy đâu là nguyên nhân gây ra đợt nắng nóng bất thường trong mùa đông lần này? trước tiên phải đề cập đến ảnh hưởng của các hình thế thời tiết tầng thấp (nguyên nhân chủ yếu), sau đó mới đề cập đến các nguyên nhân khác (nguyên nhân thứ yếu). Từ đây chúng tôi phân tích và cũng tìm ra được 2 nguyên nhân như sau:

Nguyên nhân thứ nhất (nguyên nhân chính): **Ảnh hưởng của rìa phía nam rãnh áp thấp bị nén bởi khối không khí lạnh phía bắc**

Nguyên nhân thứ hai (nguyên nhân thứ yếu): **Ảnh hưởng của trường phân kỳ trên cao.**

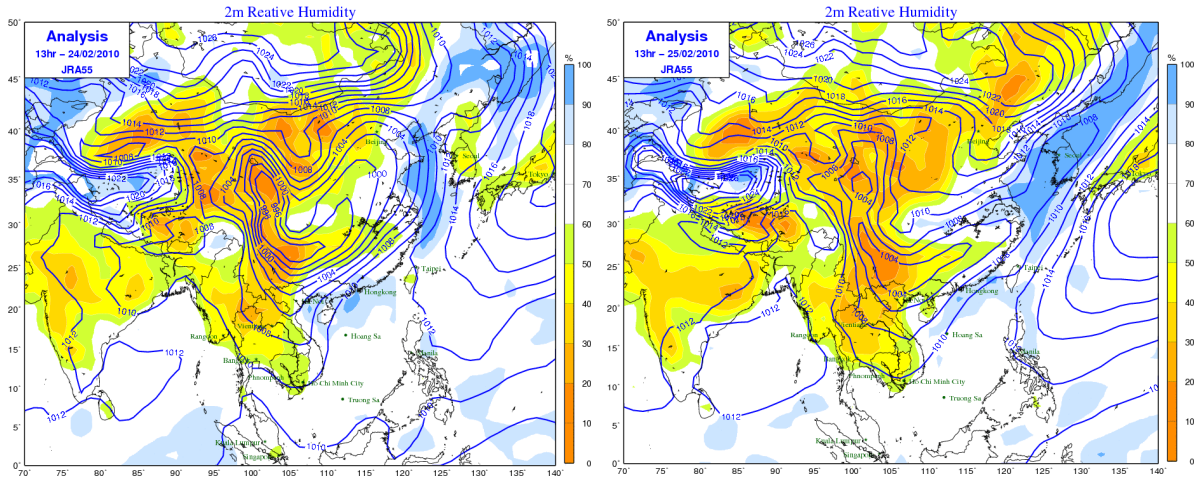
b. Cơ chế nhiệt động lực



Hình 3.36. Bản đồ tái phân tích trường gió mực 10m tại thời điểm 13h ngày 24/02 và 25/02/2010

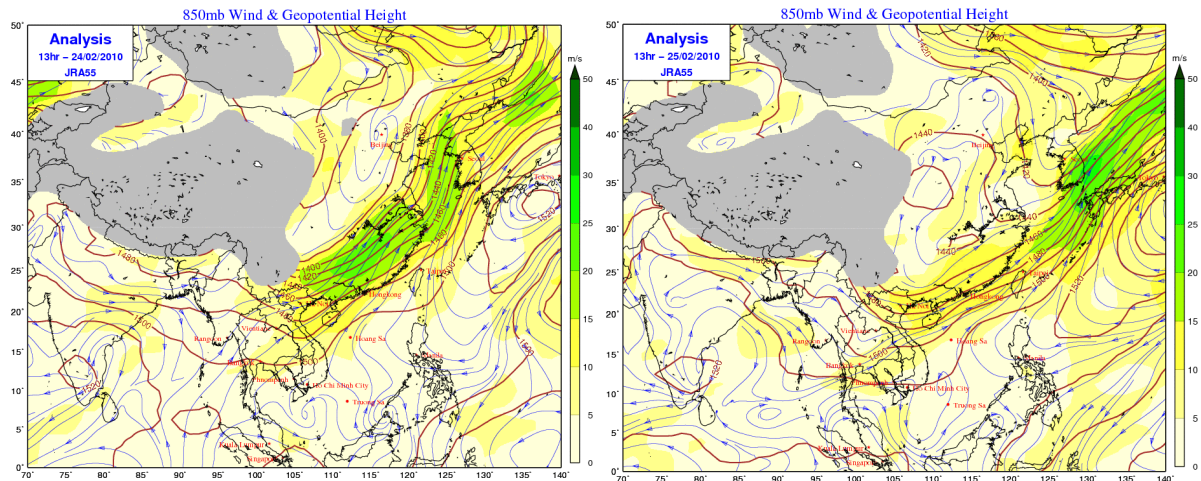
Hình 3.36 đưa ra bản đồ tái phân tích mực 10m tại thời điểm 13 giờ các ngày 24/2 trước khi xảy ra đợt nắng nóng bất thường và ngày 25/2 khi các tỉnh miền núi phía Bắc bắt đầu đợt nắng nóng bất thường trên diện rộng. Trên bản đồ tái phân tích ngày 24/2/2010 (hình 3.36, bên trái) cho thấy một rãnh áp thấp mở rộng về phía Đông và Đông Bắc Trung Quốc. Khu vực thấp nhất của rãnh áp thấp này nằm trên khu vực phía nam vùng núi Tứ Xuyên (Trung Quốc). Phía Bắc của rãnh áp thấp này là một lưỡi áp cao lục địa đang trải dài về phía Nam và nén rãnh áp thấp này. Phần phía Nam rãnh áp thấp này bao gồm cả phần lãnh thổ khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc Việt Nam thịnh hành hướng gió Tây Nam với cường độ yếu dao động trong khoảng 2-3m/s (cấp 2-3). Sang ngày 25/2 (hình 3.36, bên phải), đã có một sự thay đổi tương đối rõ so với ngày hôm trước. Rãnh áp thấp lúc này đã bị khối áp cao lục địa ở phía Bắc nén và đẩy dịch xuống phía Nam và có trục chạy dọc theo vĩ tuyến 24⁰N-25⁰N. Hình dạng của rãnh áp thấp cũng thay đổi đi đáng kể khi không còn rãnh áp thấp vươn dài về phía Đông Bắc. Một phần của rãnh áp thấp đã vươn tới được vùng núi Việt Bắc của Việt Nam. Trên khu vực phía Bắc vĩ tuyến 26 độ vĩ Bắc lúc này không phải là một lưỡi áp cao lạnh mà bao trùm là

một khối không khí lạnh. Toàn bộ phần phía nam rãnh áp thấp lúc này thịnh hành đới gió tây nam có cường độ yếu cấp 2-3 và hướng vào rãnh áp thấp này. So sánh với 2 trường hợp đã phân tích ở trên cho thấy rõ ràng rãnh áp thấp đã tiến gần hơn đến biên giới phía Bắc Việt Nam.



Hình 3.37. Bản đồ tái phân tích trường độ ẩm tương đối mực 2 mét, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010

Bản đồ tái phân tích mô tả trường độ ẩm tương đối mực 2 mét tại thời điểm 13 giờ các ngày 24/2 (thời điểm trước khi xảy ra đợt nắng nóng bất thường) và ngày 25/2/2010 (thời điểm xảy ra đợt nắng nóng bất thường) được đưa ra trong hình 3.37. Trên bản đồ tái phân tích ngày 24/2 (hình 3.37, bên trái) cho thấy tại trung tâm rãnh áp thấp (khu vực thấp nhất của rãnh áp thấp) quan sát thấy một khu vực có độ ẩm rất thấp, độ ẩm tương đối giảm thấp xuống dưới 20%. Mở rộng theo hướng Bắc - Nam, độ ẩm có xu hướng tăng dần nhưng không quá nhiều. Đến khu vực vùng Tây Bắc của Việt Nam độ ẩm mới tăng lên trong khoảng 30-40%. Trong khi đó trên khu vực phía Đông (vùng núi Việt Bắc và Đông Bắc) độ ẩm lại tương đối cao lớn hơn 60% và càng đi về phía Đông độ ẩm càng tăng. Sang ngày 25/2 (Hình 3.37, bên phải), lúc này khu vực có độ ẩm rất thấp (< 20%) đã mở rộng về phía Nam theo quá trình dịch chuyển về phía Nam của rãnh áp thấp và tiến sát đến vùng biên giới phía Tây Bắc và Việt Bắc nước ta. Chạy dọc theo khu vực miền núi Tây Bắc và Việt Bắc lúc này độ ẩm trong không khí cũng giảm rất thấp xuống chỉ còn 20-30%. Khu vực vùng núi phía Đông Bắc độ ẩm cũng giảm rất nhanh xuống chỉ còn 30-40%. Rõ ràng so với 2 đợt nóng ẩm bất thường đã phân tích ở trên trong đợt nắng nóng bất thường này độ ẩm trong không khí đã giảm xuống rất thấp và mang đặc điểm là khô nóng.

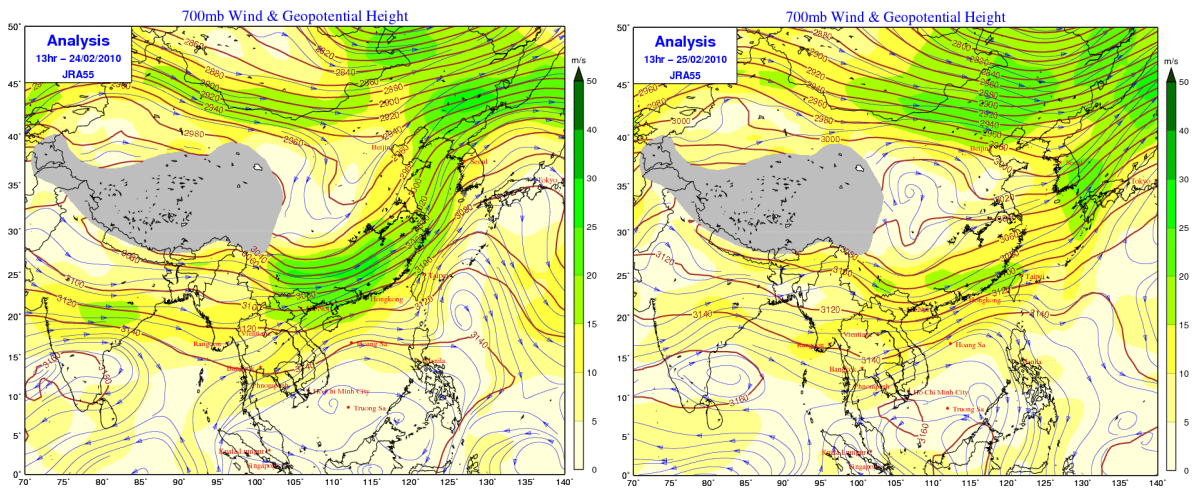


Hình 3.38. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 850mb, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010

Trên bản đồ ngày 24/2 (hình 3.38, bên trái) cho thấy một rãnh áp thấp có trục hướng Đông Bắc - Tây Nam chạy dọc từ khu vực phía Đông Bắc Trung Quốc và kéo dài đến khu vực Hoa Nam. Trên khu vực phía Bắc rãnh áp thấp này không quan sát thấy rõ lưới áp cao lục địa như trên hình 3.36, bên trái, chứng tỏ lúc này hoạt động của không khí lạnh tầng thấp chưa mạnh. Suốt dọc từ khu vực Bắc Bộ kéo dài sang đến khu vực Phúc Kiến (Trung Quốc) là một đới gió Tây Nam với vùng gió mạnh tập trung trên khu vực tỉnh Quảng Đông, cường độ gió tại trung tâm 20-25m/s mở rộng đến sát biên giới phía Đông Bắc Việt Nam. Khu vực các tỉnh Bắc Bộ nước ta bao trùm là gió có cường độ 10-15m/s. Sang ngày 25/2 (hình 3.38, bên phải) trên khu vực Tứ Xuyên (Trung Quốc) tồn tại một khối áp cao đóng kín. Rãnh áp thấp hướng Đông Bắc – Tây Nam ngày hôm qua đã dịch chuyển hoàn toàn về phía Đông Nam kéo dài từ vùng biên giới phía Đông Bắc Việt Nam qua khu vực Phú Kiến và kéo dài đến khu vực Hàn Quốc. Đới gió Tây Nam lúc này bị đẩy sang khu vực vịnh Bắc Bộ và chạy dọc ven biển tỉnh Quảng Đông (Trung Quốc) với cường độ gió suy giảm tương đối nhanh xuống chỉ còn 10-15m/s. Ở các tỉnh miền núi phía Bắc và khu vực Bắc Bộ lúc này không còn đới gió Tây Nam mà thay vào đó gió có hướng Tây Bắc đến Tây khoảng 10m/s. Điều này chứng tỏ khi dịch xuống phía nam của rãnh áp thấp độ ẩm trên khu vực Tây Bắc và Việt Bắc giảm mạnh.

Như vậy qua xem xét và phân tích các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) chúng ta cũng thấy rất rõ vai trò của rãnh áp thấp trên khu vực phía Nam lục địa Trung Quốc. Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả

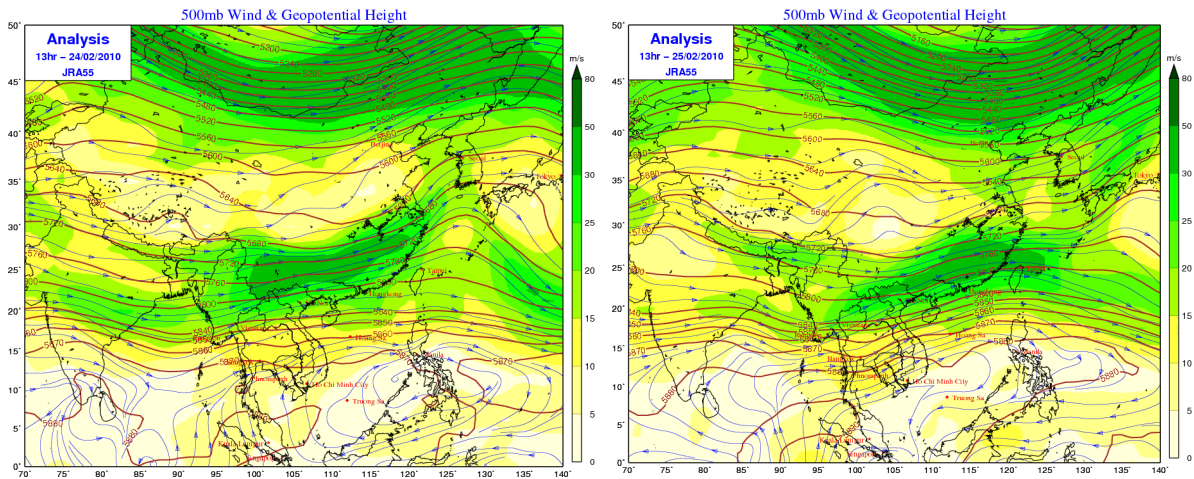
năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh, ngăn cản khả năng truyền nhiệt theo phương ngang từ phía Bắc xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây Nam tầng thấp đóng vai trò kích thích kết hợp với ảnh hưởng của địa hình gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh phía Bắc. Trong khi đó độ đứt gió theo phương thẳng đứng cũng là nguyên nhân ngăn cản khả năng thăng lên quá cao của các phân tử không khí. Chúng cũng đóng vai trò giữ nhiệt ở các lớp không khí tầng thấp, làm cho các phân tử không khí giãn nở và nhiệt độ trong không khí cũng tăng lên nhiều.



Hình 3.39. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 700mb, thời điểm 13h ngày 24/02 và 25/02/2010

Trên bản đồ tái phân tích ngày 24/2 (hình 3.39, bên trái) cho thấy một sóng áp cao đang hình thành trên khu vực phía Bắc Myanmar tạo ra trường phân kỳ yếu với gió Tây Bắc trong một phạm vi hẹp ở phía Tây Bắc khu vực Bắc Bộ Việt Nam. Trong khi đó toàn bộ khu vực Bắc Bộ chạy dài suốt sang khu vực bờ Đông lục địa Trung Quốc là một đới gió Tây Nam thuận tụy với trung tâm gió mạnh từ 15-25m/s. Sang ngày 25/2 (hình 3.39, bên phải), sóng áp cao lúc này đã dịch chuyển rất chậm sang phía Đông. Tuy nhiên trường phân kỳ do sóng áp cao này gây ra lại mở rộng nhiều về phía Đông và bao trùm toàn bộ khu vực Bắc Bộ và khu vực phía Bắc Bắc Bộ Việt Nam. Hướng gió thịnh hành trên khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc lúc này cũng chuyển hoàn toàn sang hướng Tây Bắc đến Tây với tốc độ gió cũng mạnh hơn lên đến 15m/s. Điều này chứng tỏ sang đến ngày 15/02, tốc độ phân kỳ ở mực 700mb

cũng đã mạnh lên rõ rệt. Toàn bộ trường gió Tây Nam mạnh trên khu vực tỉnh Quảng Đông Trung Quốc chuyển hoàn toàn sang hướng Tây Tây Nam những với cường độ gió giảm đi rõ rệt xuống chỉ còn 15m/s, một số nơi gió mạnh hơn nhưng cũng chỉ ở mức 15-20m/s.



Hình 3.40. Bản đồ tái phân tích trường gió và độ cao địa thế vị mực 500mb, thời điểm 13h ngày 24/2 và 25/2/2010

Bản đồ tái phân tích mô tả trường gió (hướng và tốc độ gió) và độ cao địa thế vị mực 500mb tại thời điểm 13 giờ các ngày 24/2 và ngày 25/2/2010 được đưa ra trong hình 3.40. Trên bản đồ tái phân tích trong cả 2 ngày này đều quan sát thấy hiện diện trên toàn bộ khu vực Bắc Bộ nói chung và khu vực các tỉnh miền núi phía Bắc nói riêng luôn quan sát thấy sự hiện diện của một đới gió Tây Nam mạnh với tốc độ gió luôn đạt trên 25 m/s trên suốt dọc vùng núi các tỉnh miền núi phía Bắc. Trên khu vực phía Bắc vĩ tuyến 30⁰N cũng quan sát thấy một sóng áp cao yếu di chuyển nhanh từ Tây sang Đông tuy nhiên không các tác dụng đối với khu vực các tỉnh Bắc Bộ.

Như vậy qua phân tích đợt nắng nóng bất thường này chúng ta cũng thấy rõ ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) là vai trò của rãnh áp thấp. Vị trí của rãnh áp thấp có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình tăng nhiệt ở phía Nam rãnh áp thấp này. Trong khi đó, ở các lớp không khí trên cao (trên 1500 mét), trường phân kỳ lại là nguyên nhân rõ ràng ngăn cản khả năng thăng lên cao của các lớp không khí dưới tầng thấp, ngăn cản khả năng hình thành mây trên các tầng không khí trên cao. Tuy nhiên ảnh hưởng của trường phân kỳ chỉ là nguyên nhân thứ yếu và phụ thuộc hoàn toàn vào hình thế khí áp tầng thấp.

3.5.2.4. Nhận định chung

Qua phân tích 3 đợt nóng ẩm bất thường xảy ra trong mùa đông các năm 2009, 2010 và 2016, chúng tôi nhận thấy không thể phân biệt rõ ràng cơ chế động lực và cơ chế nhiệt lực gây ra tính bất thường của các đợt nóng ẩm trong mùa đông. Chính vì vậy trong quá trình phân tích chúng tôi đã cố gắng lồng ghép các cơ chế này để người đọc có một cái nhìn tổng quan hơn về cơ chế nhiệt động lực và vật lý chi phối tính bất thường này. Trong cả 3 đợt nóng ẩm bất thường trong mùa đông, đặc biệt là đợt nắng nóng bất thường xảy ra trong mùa đông năm 2010 chúng tôi nhận thấy có chung một cơ chế nhiệt động lực đó chính là ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) là vai trò của rãnh áp thấp có hay không có vùng áp thấp trên khu vực phía Nam Trung Quốc. Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây nam tầng thấp ở phía Nam rãnh áp thấp này cũng đóng vai trò kích thích gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh miền núi phía Bắc. Trong khi đó, ở các lớp không khí trên cao (trên 1500 mét), trường phân kỳ lại là nguyên nhân rõ ràng ngăn cản khả năng thăng lên cao của các lớp không khí dưới tầng thấp, ngăn cản khả năng hình thành mây trên các tầng không khí trên cao.

3.6. Nhận dạng hình thể chi phối hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông dựa trên phương pháp SOM

Kết quả thống kê các đợt thời tiết nóng bất thường ở Bắc Bộ từ quan trắc của 84 trạm Bắc Bộ được đưa ra trong bảng 3.19 và 3.20 trong đó có các đợt nóng bất thường điển hình như tháng 11 năm 1989, 1997, 2009 và 2015 (kéo dài ít nhất 2 ngày với Nhiệt độ tối cao ngày của các ngày có ít nhất hơn 50% số trạm trên toàn bộ Bắc Bộ lớn hơn 30°C và 18 ngày xảy ra chỉ tiêu tương ứng (WS-1).

Theo các phân tích ở trên, các yếu tố PMSL và H500 trong bộ số liệu Era-Interim trên lưới kinh vĩ có độ phân giải 1.25 độ bao phủ miền địa lý từ 15-50⁰N và 80-130⁰E tương ứng với 32 x 28 điểm nút lưới sẽ tạo ra 2 x 32 x 28 = 1792 biến đầu vào/nơron của lớp đầu vào trong mạng SOM. Với số lượng biến đầu vào như này, thời gian tính toán là rất lâu và hiệu quả đem lại cũng bị giảm sút. Do đó, thay vì việc sử dụng trực tiếp các biến này trên

lưới Era-Interim, chúng tôi sẽ phân tích ma trận dữ liệu này thành chuỗi những thành phần chính dựa trên kỹ thuật phân tích thành phần chính (PCA). Cụ thể, thay sử dụng 1792 biến đầu vào cho quá trình luyện phân cụm dữ liệu, thông qua PCA, chỉ cần phân cụm dữ liệu dựa trên 15-20 thành phần chính tùy vào từng khu vực nghiên cứu.

Bảng 3.19: Nhiệt độ tối cao ngày của các ngày có ít nhất hơn 40% số trạm trên toàn bộ Bắc Bộ lớn hơn 30°C, minh họa cho nửa Tây của Bắc Bộ (kí hiệu WS-2 ứng với hai ngày liên tiếp đạt tiêu chuẩn đã nêu)

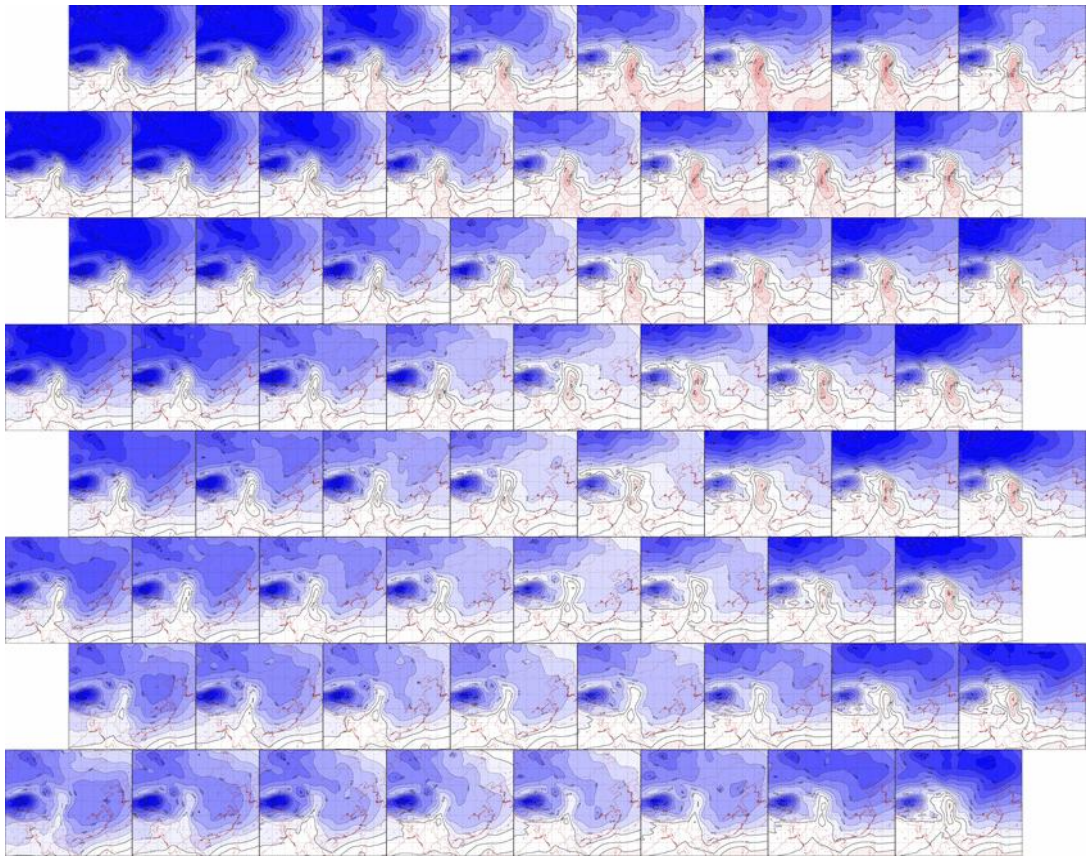
Year	1989	1989	1989	1990	1992	1992	1993	1993	1993	1996	1996	1997	1997	1997	1997	1997	1997	2002	2009	2009	2009	2009	2009	2012	2012	2012	2012	2014	2015	2015	2015	2016	2017			
Month-Day	1104	1105	1108	1102	1101	1107	1105	1108	1111	1101	1109	1115	1124	1125	1126	1127	1128	1115	1101	1109	1110	1111	1112	1108	1110	1122	1101	1116	1118	1122	1117					
#day	WS-2	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1					
%station	63%	78%	51%	66%	50%	57%	62%	56%	73%	46%	57%	52%	68%	71%	74%	67%	71%	49%	67%	77%	80%	87%	80%	60%	79%	83%	63%	73%	79%	76%	67%	77%				
Mong Te				29.1		29.0												32.5	30.5	31.8	30.7	31.5	31.7	32.5	31.0	31.8	30.7	30.2	29.5			31.4				
Mong La				29.5															35.3	36.0	35.0	35.1	35.8	35.2	32.5	35.2	36.5	35.0	33.6	33.0	32.6	35.2				
Thun Uyen				29.2																																
Quynh Nhi	30.1	31.2	29.2	30.6		29.9	29.1	29.8	31.1		29.8		31.2	30.7	30.7	30.9	31.0	32.8	32.1	34.4	33.7	34.4	33.6	35.2	32.5	35.2	36.5	35.0	33.6	33.0	32.6	35.2				
Tuan Giai	30.8	31.1	29.1	30.9		30.2	29.1	29.9	30.7		30.3		30.5	30.9	31.3	30.6	30.5	30.5																		
Yen Chan	29.9	30.2	29.5	30.4		29.9			30.7					29.7				29.3	32.8	32.1																
Song Ma	30.9	31.5	29.5	31.3		29.9	29.1	29.8	30.4		30.5		30.5	31.1	30.9	30.6	30.9																			
Yen Chan	29.6	29.7	29.3	29.8		30.1		29.2	30.7					29.2	29.1																					
Phu Yen	29.4	30.2	29.4	30.0		29.8		29.6	30.5		29.0				29.1																					
Minh Dai	30.2	30.7	29.1	29.8		29.2	29.3	30.0	30.4		29.7	29.1	29.8	35.3	31.4	30.3	29.4	31.2	30.2	32.1	32.9	33.1	32.6	31.0	32.1	33.0	32.0	33.0	32.1	31.4	31.2	33.4				
Moc Nam	29.6	30.2		29.7		30.2			30.7					29.2			29.1	29.4		30.3	32.9	32.7	33.7	32.8	32.9	32.8	35.6	33.9	32.6	32.7	32.7					
Mai Chau	31.7	31.8	29.3	30.7		31.0	29.1	29.3	30.8		30.0	31.3	31.5	31.1	31.8	31.7	31.9	29.6																		
Phu Rang	31.1	31.9	29.6	31.2		31.0		29.9	30.6		31.0	32.2	30.2	31.9	32.1	32.9	33.6	33.9	32.7	33.4																
Huong Su Phi	30.3	31.7	29.7	31.4		31.0		29.8	30.4		29.9	29.3	30.5	30.5	30.6	30.6	30.8																			
Bac Me	32.8	32.5	30.7	32.5	30.8	31.7	31.5	30.9	32.1	29.6	32.2	32.2	33.7	32.4	33.8	32.5	33.7	35.3	31.5	32.3	32.2	32.5	33.0	33.6	33.5	35.0	35.1	33.3	33.7	32.1	32.8	35.5				
Bao Lac	32.3	32.2	31.0	32.6	30.9	32.1	30.7	31.2	31.8	29.9	32.3	32.5	32.9	33.8	33.3	32.5	33.4																			
Bac Quang	32.8	32.9	31.0	31.8	30.7	32.2	30.6	31.0	32.2	30.2	31.9	32.1	32.9	33.6	33.9	32.7	33.0																			
Lac Yen	33.0	30.4	30.6	31.6	30.0	31.6	30.6	31.0	31.9	30.1	32.0	32.6	29.7	32.8	31.1	32.6	30.8																			
Ham Yen	32.4		29.8				29.4		29.8					31.3	33.7	33.1	31.8	31.8	33.5	31.5	32.2	32.6	32.5	33.8	30.4	32.4	32.2	31.6	32.3	32.8	30.8	31.3	32.0			
Chiem Hoa	30.1		29.3		29.2									29.3	29.3	30.0		29.0																		
Cho Ra	29.7	30.7		29.4		29.0	30.5	29.0	29.5		31.0		31.1	32.1	31.5	29.3	30.7																			
Nguyen Binh	29.7	31.0	29.5	30.0		29.3	30.2	29.2	30.3	29.1	30.2		30.5	30.1	31.7	29.8	30.5																			
Ngan Son	29.2	29.7				29.2	29.1							29.8	29.7		29.3																			
Trung Khanh	29.2	30.7	29.1	30.1		29.7	30.1	29.6	30.3		31.1		30.9	30.0	31.5	29.3	30.8																			
Dinh Hoa	31.5	32.3	31.5	31.9	31.3	30.9	31.9	30.7	31.1	30.3	29.5	30.2	30.6	33.7	33.3	31.6	32.0																			
Bac Son	31.4	33.0	30.8	31.2	29.2	31.5	29.2	29.5	31.4	30.4	32.2	30.8	32.8	30.6	30.5	32.0	29.2																			
Ham Lang	29.6	31.0	31.4	29.3	32.5	29.7	31.4	31.4	29.7	32.1	31.1		30.1	34.0	32.9	32.4	32.9																			
Dinh Lap	29.4	30.1	29.4	29.4	30.7		30.8	30.9	30.3	31.4	29.9		31.1	32.3	30.8	29.9	30.8																			
Quang Ha	29.3	30.2	29.4	30.1	30.3	29.5	30.5	30.7	29.9		30.2		31.0	29.1	30.3	29.3	30.5																			
Phu Ho	29.9	32.1	29.4	29.1	30.4	29.5	30.3	30.6	29.6	29.2	30.7		33.1	33.9	33.1	32.0	33.1	33.0																		
Tam Dao	29.9	30.8		29.7	31.1	29.7	30.9	32.3	30.0	30.5																										

Bảng 3.20: Nhiệt độ tối cao ngày của các ngày có ít nhất hơn 40% số trạm trên toàn bộ Bắc Bộ lớn hơn 30°C, minh họa cho nửa Đông của Bắc Bộ, ví dụ kí hiệu WS-2 ứng với hai ngày liên tiếp đạt tiêu chuẩn đã nêu

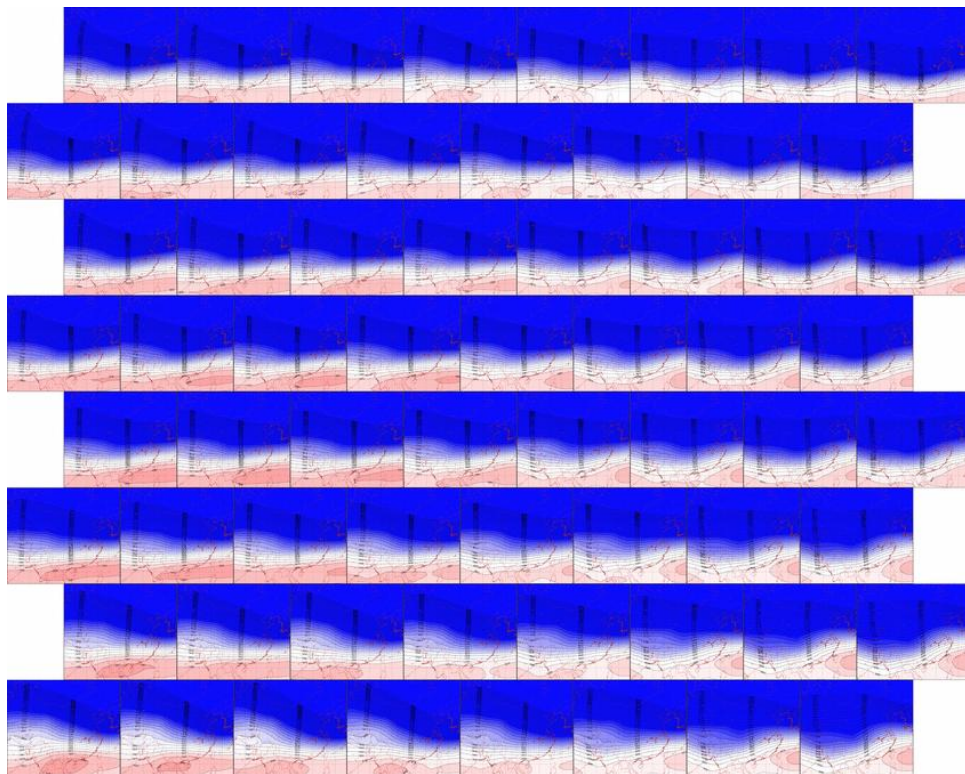
Year	1989	1989	1989	1990	1992	1992	1993	1993	1993	1996	1996	1997	1997	1997	1997	1997	1997	2002	2009	2009	2009	2009	2009	2012	2012	2012	2012	2014	2015	2015	2015	2016	2017		
Month-Day	1104	1105	1108	1102	1101	1107	1105	1108	1111	1101	1109	1115	1124	1125	1126	1127	1128	1115	1101	1109	1110	1111	1112	1108	1110	1122	1101	1116	1118	1122	1117				
#day	WS-2	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1	WS-1			
%station	63%	78%	51%	66%	50%	57%	62%	56%	73%	46%	57%	52%	68%	71%	74%	67%	71%	49%	67%	77%	80%	87%	80%	60%	79%	83%	63%	73%	79%	76%	67%	77%			
Hiep Hoa	32.7	32.7	32.3	32.6	32.2	32.3	33.0	31.6	32.3	32.4	33.5	33.0	34.0	36.0	31.0	34.1	34.1	34.5	32.7	32.7	33.7	34.6	35.0	31.1	33.7	33.5	30.1	33.3	34.2	32.1	31.6	33.5			
Bac Ninh	32.4	32.2	32.7	32.1	32.5	32.3	32.6	32.1	32.3	32.3	33.5	32.2	34.1	35.2	35.6	33.9	33.9																		
Lac Ngan	31.0	30.5	32.0	30.7	31.4	30.6	30.7	32.4	31.3	32.2	31.1	30.2	31.7	33.4	32.4	31.5	32.4	33.0	33.7	32.6	33.5	34.2	33.7	30.3	32.5	32.8	32.3	33.0	33.0	33.0	33.2	31.4	32.3		
Son Dong	30.8	30.0	30.6	30.9	29.2	29.6	30.6	32.8	31.0	31.9	29.7	30.3	30.1	32.9	32.5	31.0	31.7	32.7	30.5	30.8	33.4	33.5	32.3												
Ba Vi	31.0	31.1	29.8	29.8	30.3	30.6	30.6	29.5	30.1	32.5	30.0	30.3	32.3	35.0	31.6	32.5	30.3																		
Ha Dong	30.8	32.1	30.5	31.2	29.7	29.5	31.0	30.8	30.8	30.5	30.0	30.0	32.4	34.6	32.1	33.0	31.5	32.6	31.5	31.1	33.3	34.0	33.6	31.2	32.2	31.0	31.5	32.4	32.0	31.5	31.7	31.6			
Chi Linh	31.4	30.7	30.4	30.5	30.7	30.7	31.4	30.8	31.0	31.5	30.6	31.2	32.2	33.8	31.7	31.1	32.1																		
Gong Bi	32.7	31.4	31.1	29.5	29.2	32.3	30.2	31.0	30.9	31.5	30.3	33.0	34.0	31.2	31.3	30.4	30.6																		
Ban Bai	32.0	32.6	31.4	32.1	32.5	32.3	31.5	32.1	31.0	32.3	30.6	32.2	34.1	35.2	35.6	33.9	33.9	31.9	31.5	33.4	35.7	37.4	33.1	31.2	33.8	34.0	32.6	33.8	35.4	32.6	32.1	34.6			
Chi Ne	32.5	30.8	32.6	32.4	32.1	31.3	32.7	32.4	32.1	33.0	30.7	30.4	31.0	34.8	32.9	33.1	33.4	33.0	31.9	32.7															

Hình 3.41 và hình 3.42 minh họa cụ thể hơn dạng ma trận U của SOM ứng với từng cơn bão Kohen là trường PMSL và H500 sử dụng trong nghiên cứu thử nghiệm này. Hình 3.43 minh họa cụ thể bản đồ SOM trong trường hợp phân 2 cụm. Trong hình 3.41 có thể thấy rằng cụm 2 thể hiện rõ rệt việc tồn tại rõ và lâu hơn vùng thấp bao trùm được Bắc Bộ trong khi cụm 1 mức độ của vùng thấp được thể hiện yếu hơn. Sự khác biệt giữa cụm 1 và 2 trong trường H500 là không rõ rệt cho thấy thời kì này, vai trò của cao áp cận nhiệt là không rõ rệt trong trường hợp nghiên cứu cụ thể này. Các trường hợp kéo dài nóng dị thường từ 2-4 ngày đều được phân loại vào cụm 2. Phân tích chi tiết hơn cho thấy trong các trường hợp này đều tồn tại một rãnh nằm trên lục địa Trung Quốc, phía trên Bắc Bộ có vai trò ngăn chặn việc xâm nhập lạnh quá sớm từ phía Bắc (cao áp Siberi) trong khi các trường hợp dị thường (mức độ vừa phải, chỉ quan trắc được một phiên dị thường) đều bị xâm nhập lạnh rất nhanh.

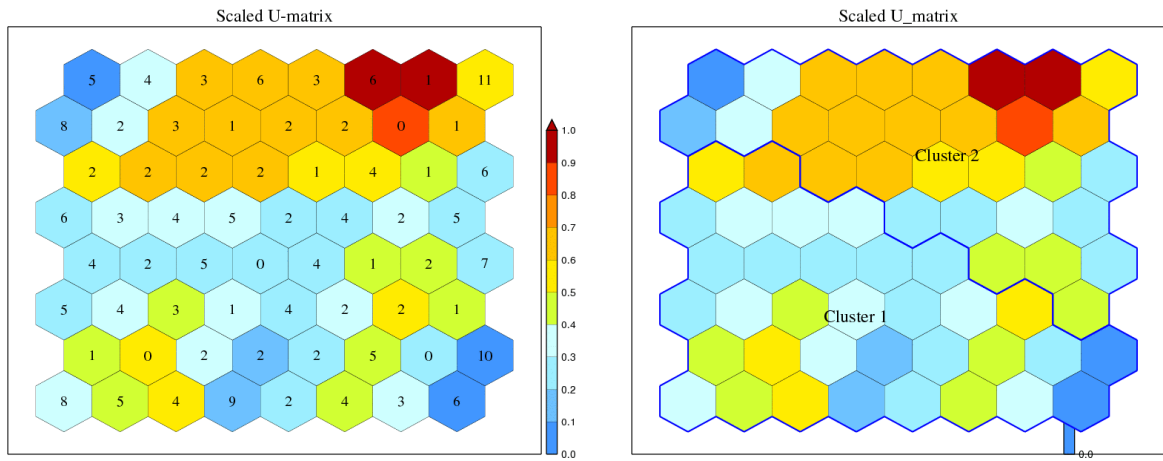
Như vậy, từ các số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình ngày và nhiệt độ tối cao ngày trên khu vực Bắc Bộ trong 30 năm trở lại đây vào các tháng 11 (giai đoạn đầu mùa đông) cho thấy trung bình 2 năm xảy ra các ngày có dị thường nhiệt độ trung bình ngày và tối cao khá lớn (trên 5°C) và tồn tại 4 đợt kéo dài hơn 2 ngày gần như một dạng đợt nóng (warm spell) với mức độ ở dạng gần như phổ biến (trên 50% số trạm ở Bắc Bộ đạt phổ biến nhiệt độ cực đại ngày từ 32°C đến 34°C). Bài nghiên cứu sử dụng phương pháp khai phá dữ liệu nhiều chiều/ bản đồ tự tổ chức SOM để phân loại các đặc trưng hoàn lưu khí quyển liên quan đến hiện tượng thời tiết nóng bất thường trên khu vực Bắc Bộ giai đoạn đầu mùa đông. So với phương pháp thần kinh nhân tạo truyền thống thì đây là mạng truyền thẳng sử dụng thuật học cạnh tranh, không giám sát. Do đó, SOM là một công cụ thích hợp trong bài toán nghiên cứu và khám phá dữ liệu nhiều chiều. Sử dụng số liệu tái phân tích ERA-Interim của ECMWF gồm áp suất bề mặt (liên quan đến hoạt động của vùng thấp nóng phía Tây có tâm nằm trên lãnh thổ Ấn Độ - Pakistan), độ cao địa thế vị mực 500hPa (liên quan đến vai trò của Cao cận nhiệt đới Tây Bắc Thái Bình Dương) cho thấy các phân loại với 2 hoặc 3 cụm điển hình đều thấy rõ nguyên nhân chủ yếu/duy nhất liên quan đến tính dị thường của hoạt động của vùng thấp nóng phía Tây cho khu vực Bắc Bộ vào thời kì đầu mùa đông.



Hình 3.41: Minh họa các trường áp suất bề mặt thể hiện trên ma trận SOM



Hình 3.42: Minh họa các trường độ cao địa thế vị mực 500hPa thể hiện trên ma trận SOM



Hình 3.43: Ma trận SOM ứng với 2 dạng hình thể cơ bản được phân loại đối với hiện tượng nóng dị thường đầu mùa đông trên khu vực Bắc Bộ

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Kết quả khảo sát tần suất xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên PA1 và PA2 cho thấy tần suất xuất hiện các hiện tượng này rất nhạy với ngưỡng xác định đưa ra. Dựa trên các kết quả khảo sát và tiêu chí xác định tính “bất thường”, đề tài đã lựa chọn các tiêu chí xác định như sau:

- Một ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng lạnh bất thường ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày ở hơn 50% số lượng trạm nghiên cứu **nhỏ hơn** 2°C so với ngưỡng chuẩn (theo PA1) hoặc so với phân vị 10 của nhiệt độ trung bình ngày (PA2). Tiêu chí này áp dụng chung cho tất cả các trạm và tháng trong mùa đông.

- Một ngày thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng nóng bất thường ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày ở hơn 50% số lượng trạm nghiên cứu **lớn hơn** 3°C nếu tháng đang xét là tháng XII hoặc 2°C cho các tháng mùa đông khác so với ngưỡng chuẩn (PA1) hoặc so với phân vị 90 của nhiệt độ trung bình ngày (PA2).

Với tiêu chí xác định như trên, đã có 216 đợt lạnh bất thường (trung bình 5.5 đợt/năm) và 25 đợt nóng bất thường (trung bình 0.6 đợt/năm) được xảy ra trong 39 mùa đông từ mùa đông 1979/1980 đến 2017/2018 (xác định theo PA1). Số lượng các đợt nóng bất thường được xác định theo PA1 và PA2 là như nhau trong khi số đợt lạnh bất thường xác định theo PA2 ít hơn so với PA1 nhưng không đáng kể nếu tính trong cả 39 mùa đông. Trong giai đoạn 1979-2017, phần lớn các đợt lạnh bất thường xảy ra trong các thập niên 1980 và 2000, trong khi các đợt nóng tập trung xảy ra trong 20 năm gần đây. Các đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng I, II và III trong khi các đợt nóng bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng II.

Về mặt xu thế, các đợt lạnh bất thường có xu thế giảm nhẹ trong giai đoạn 1979-2017 trong khi các đợt nóng có xu thế tăng nhẹ. Tuy nhiên, kết quả kiểm nghiệm giả thiết thống kê đều cho thấy các xu thế tìm được là không tin cậy ở mức 90% hoặc cao hơn.

Các hiện tượng El Nino và La Nina có ảnh hưởng tới tần suất xuất hiện các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Nhìn chung trong năm La Nina có số đợt lạnh bất thường xuất hiện với tần suất nhiều hơn năm El Nino (tương ứng là 20 đợt và 7 đợt). Đặc biệt, trong năm La Nina

mạnh như năm 2008, 2011 đã xuất hiện các đợt không khí lạnh với nhiệt độ giảm hơn so với chuẩn từ 7.0 đến 8.0°C.

Có 3 nguyên nhân chính gây ra các đợt lạnh bất thường gồm: 1) xuất phát từ nguồn gốc và cường độ khối không khí (liên quan đến cường độ của áp cao lạnh Seberian); 2) Sự tăng cường và bổ sung liên tục của khối không khí lạnh; và 3) hoạt động mạnh của dòng xiết gió tây trên cao gây ra mưa nhỏ, mưa phùn trong những xảy ra. Cơ chế động lực và vật lý chi phối tính bất thường của đợt lạnh trên các tỉnh miền núi Bắc Bộ chính là ảnh hưởng của khối không khí lạnh tầng thấp có bản chất lạnh và khô phát triển đủ dày đến độ cao trên 1000 mét và được thăng lên cưỡng bức. Sau đó bị chặn lại bởi khối không khí có bản chất nóng, ẩm trên mực 1500 mét tạo ra một lớp nghịch nhiệt trên độ cao này ngăn cản khả năng nóng lên của nhiệt độ không khí ở các tầng không khí bên dưới. Sự ngăn cản của các tầng không khí trên cao chính là nguyên nhân duy trì lớp nghịch nhiệt trên mực 1500 mét và làm nó trở nên dày hơn. Cơ chế động lực gây mức độ kéo dài của đợt lạnh bất thường này chính là do mức độ tăng cường liên tục của các sóng lạnh từ khối không khí lạnh phía Bắc.

Đối với các đợt nóng bất thường, có 2 nguyên nhân chính gây ra gồm: 1) Ảnh hưởng của rìa phía nam rãnh áp thấp bị nén bởi khối không khí lạnh phía bắc; và 2) Ảnh hưởng của trường phân kỳ trên cao. Về cơ chế nhiệt động lực học, có chung một cơ chế đó là ở các lớp không khí tầng thấp (dưới 1500 mét) là vai trò của rãnh áp thấp có hay không có vùng áp thấp trên khu vực phía Nam Trung Quốc. Chúng đóng vai trò như một nhân tố ngăn cản khả năng ảnh hưởng xuống phía Nam của khối không khí lạnh và cũng là nguyên nhân kích thích khả năng thăng lên cưỡng bức do ảnh hưởng của địa hình ở phía Nam tạo khả năng truyền nhiệt mạnh lên các tầng không khí trên cao. Gió Tây nam tầng thấp ở phía Nam rãnh áp thấp này cũng đóng vai trò kích thích gây nên các luồng gió phơn trên khu vực miền núi các tỉnh miền núi phía Bắc. Trong khi đó, ở các lớp không khí trên cao (trên 1500 mét), trường phân kỳ lại là nguyên nhân rõ ràng ngăn cản khả năng thăng lên cao của các lớp không khí dưới tầng thấp, ngăn cản khả năng hình thành mây trên các tầng không khí trên cao.

CHƯƠNG 4. DỰ TÍNH SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG TRONG GIAI ĐOẠN 2020-2100

Như đã trình bày trong chương 3, đề tài đề xuất sử dụng 2 phương pháp để xác định các đợt nóng và lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Dựa trên kết quả khảo sát và áp dụng cho chuỗi số liệu quan trắc của 39 mùa đông từ mùa đông 1979/1980 đến mùa đông 2017/2018, các ngưỡng xác định theo 2 phương pháp đã được đề xuất như trình bày trong mục 3.2.3 của chương 3. Do kết quả xác định giữa hai phương pháp này không có sự khác biệt đáng kể nên trong kết quả dự tính sự biến đổi của các đợt nóng và lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 ở đây, chúng tôi chỉ sử dụng kết quả xác định theo PA1 để minh họa. Các ngưỡng và thuật toán xác định áp dụng cho số liệu dự tính từ các mô hình khí hậu RegCM và WRFcl là tương tự như với số liệu quan trắc. Trong đó, số liệu trên lưới mô hình được nội suy về 84 điểm trạm và thực hiện khử sai số hệ thống bằng phương pháp hiệu chỉnh bias như đã trình bày trong mục 2.4.7 của chương 2. Trong các phần kết quả dưới đây, một đợt lạnh/nóng bất thường được xác định là ít nhất có một ngày hoặc nhiều ngày liên tiếp thỏa mãn điều kiện xảy ra hiện tượng lạnh/nóng bất thường. Các kết quả dưới đây chỉ xem xét xu thế biến đổi theo đại lượng số đợt, không tiến hành xem xét theo số ngày hoặc các đợt có độ dài ngày khác nhau. Mùa đông được xác định từ tháng XI đến tháng III năm sau. Các xu thế tìm được xác định theo hàm tuyến tính đơn biến và sử dụng trực tiếp số đợt lạnh/nóng bất thường được tìm thấy, không thực hiện xác định xu thế cho độ lệch so với thời kỳ chuẩn. Các xu thế được sẽ được kiểm nghiệm giả thiết thống kê theo các mức đảm bảo 90, 95 và 99%.

4.1. Kết quả tính toán cho thời kỳ chuẩn (1986-2005)

Bảng 4.1 đưa ra kết quả tính toán số đợt lạnh bất thường trung bình theo các tháng trong mùa đông dựa trên số liệu mô phỏng trong thời kỳ chuẩn (1986-2005) của các mô hình RegCM và WRFcl với đầu vào từ 5 mô hình toàn cầu gồm CNRM-CM5, CSIRO, MPI-ESM, EC-Earth và GFDL-ESM. Từ bảng 4.1 có thể thấy về mặt trung bình, các thử nghiệm cho thấy có 52 đợt lạnh bất thường xảy ra trong giai đoạn 1986-2005 với tần suất trung bình 3 đợt/năm (thấp hơn so với kết quả tính toán cho số liệu quan trắc trong giai

đoạn 1979-2018 nếu bỏ qua sự khác biệt về độ dài chuỗi số liệu). Nếu với cùng một đầu vào toàn cầu, kết quả tính toán của mô hình RegCM cho số lượng đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều hơn so với mô hình WRFcl nhưng không đáng kể (nhiều hơn trung bình khoảng từ 2-3 đợt/20 năm). Nếu so sánh giữa các đầu vào toàn cầu với cùng một mô hình khí hậu khu vực, có thể nhận thấy số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5 và ít nhất với đầu vào từ mô hình DFDL-ESM. Nếu xem xét theo tháng, có thể thấy rất khó để tìm ra quy luật chung do mỗi mô hình khí hậu khu vực với đầu vào toàn cầu khác nhau cho kết quả rất khác nhau. Ví dụ, với mô hình RegCM với đầu vào CNRM-CM5, trong thời kỳ chuẩn số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng I (19 đợt). Tuy nhiên, nếu xem xét với đầu vào CSIRO thì tháng XI là tháng xảy ra nhiều nhất (19 đợt). Tuy nhiên nếu chỉ so sánh giữa hai mô hình khu vực với cùng một đầu vào, thì lại cho cùng kết quả số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất hoặc ít nhất. Cụ thể, với đầu vào CNRM-CM5, cả hai mô hình đều cho kết quả số đợt lạnh nhiều nhất vào tháng I và ít nhất vào tháng II.

Bảng 4.1. Kết quả tính toán số đợt lạnh bất thường trung bình trong thời kỳ chuẩn theo từng tháng trong mùa đông và các mô hình khí hậu khu vực với các đầu vào toàn cầu khác nhau

Mô hình Tháng	CNRM-CM5		CSIRO		MPI-ESM		EC-Earth		GFDL-ESM	
	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl
I	19	16	13	11	14	12	13	11	9	9
II	4	4	8	8	10	9	12	11	6	6
III	7	5	13	12	10	9	8	8	9	8
XI	13	12	19	16	7	6	10	8	9	8
XII	18	16	11	11	14	12	7	6	11	10
Tổng của mùa đông	62	53	63	58	54	48	50	44	44	41
Tần suất trung bình	3.1	2.7	3.2	2.9	2.7	2.4	2.5	2.2	2.2	2.1

Tương tự bảng 4.1, bảng 4.2 đưa ra kết quả tính toán số đợt nóng bất thường trung bình theo các tháng trong mùa đông dựa trên số liệu mô phỏng trong thời kỳ chuẩn (1986-2005) của các mô hình RegCM và WRFcl với đầu vào từ 5 mô hình toàn cầu gồm CNRM-CM5, CSIRO, MPI-ESM, EC-Earth và GFDL-ESM. Từ bảng 4.2 có thể thấy kết quả tính toán số đợt nóng bất

thường theo các tháng có sự khác biệt giữa các mô hình khí hậu khu vực cũng như với các đầu vào khác nhau. Nếu với cùng một đầu vào toàn cầu, kết quả tính toán của mô hình RegCM cho số đợt nóng bất thường xảy ra nhiều hơn so với mô hình WRFcl nhưng không đáng kể (nhiều hơn khoảng từ 3-4 đợt/20 năm). Nếu so sánh giữa các đầu vào toàn cầu với cùng một mô hình khí hậu khu vực, có thể nhận thấy số đợt nóng bất thường xảy ra nhiều nhất với đầu vào từ mô hình EC-Earth và ít nhất với đầu vào từ mô hình CSIRO. Về mặt trung bình, có xấp xỉ 48 đợt nóng bất thường xảy ra trong thời kỳ chuẩn với tần suất trung bình 2.4 đợt/năm. Nếu xem xét theo tháng, mỗi mô hình khí hậu khu vực với đầu vào toàn cầu khác nhau cho kết quả rất khác nhau. Ví dụ, với mô hình RegCM với đầu vào CNRM-CM5, trong thời kỳ chuẩn số đợt nóng bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng III (11 đợt). Tuy nhiên, nếu xem xét với đầu vào CSIRO thì tháng XII là tháng xảy ra nhiều nhất (13 đợt). Tuy nhiên, với cùng một đầu vào, thì các mô hình RegCM và WRFcl lại cho cùng kết quả số đợt nóng bất thường xảy ra nhiều nhất. Cụ thể, với đầu vào CSIRO, cả hai mô hình đều cho kết quả số đợt nhiều nhất vào tháng XII.

Bảng 4.2. Tương tự bảng 4.1 nhưng cho số đợt nóng bất thường

Mô hình Tháng	CNRM-CM5		CSIRO		MPI-ESM		EC-Earth		GFDL-ESM	
	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl	RegCM	WRFcl
I	10	9	11	9	17	16	16	14	12	11
II	7	5	6	4	7	7	9	8	11	10
III	11	11	3	3	10	8	10	8	10	10
XI	6	4	9	8	7	7	10	9	10	9
XII	7	6	13	11	11	9	20	18	13	11
Tổng của mùa đông	41	35	41	35	51	47	65	57	56	51
Tần suất trung bình	2.1	1.8	2.1	1.8	2.6	2.4	3.2	2.9	2.8	2.6

4.2. Dự tính sự biến đổi của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông

Các hình từ 4.1 đến 4.5 đưa ra kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ 5 mô hình toàn cầu khác nhau. Từ các hình này có thể nhận thấy:

+ Số lượng các đợt lạnh được dự tính trong từng mùa đông trong giai đoạn 2020-2100 là rất khác nhau giữa các đầu vào toàn cầu khác cũng như giữa hai kịch bản RCP;

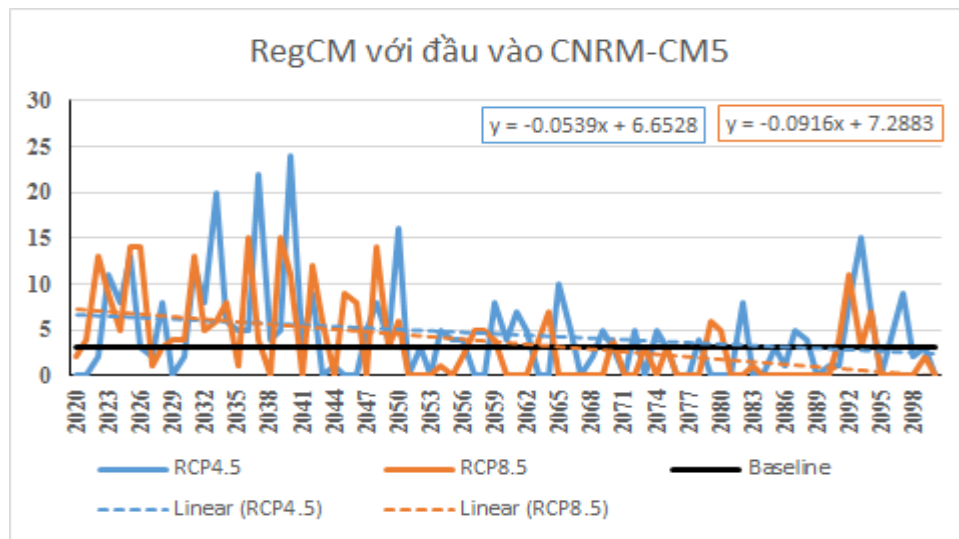
+ Tần suất xảy ra các đợt lạnh trong giai đoạn đầu thế kỷ 21 nhiều hơn nhiều so với giai đoạn cuối thập kỷ 21. Trong đó, hầu hết các thử nghiệm dự tính cho thấy sự tăng đột biến số đợt lạnh bất thường trong giai đoạn 2030-2050 theo cả hai kịch bản. Sự tăng đột biến trong giai đoạn 2080-2100 chỉ được tìm thấy khi xem kết quả dự tính từ các đầu vào EC-Earth và GFDL-ESM.

+ So với thời kỳ chuẩn (1986-2005), số đợt lạnh bất thường được dự tính từ các thử nghiệm đầu vào toàn cầu khác nhau và theo 2 kịch bản thường cao hơn nhiều trong giai đoạn 2020-2065 và thấp hơn trong giai đoạn 2070-2100. Một số dự tính cho thấy có một số năm có sự tăng đột biến với số đợt xảy ra hơn 25 đợt/năm.

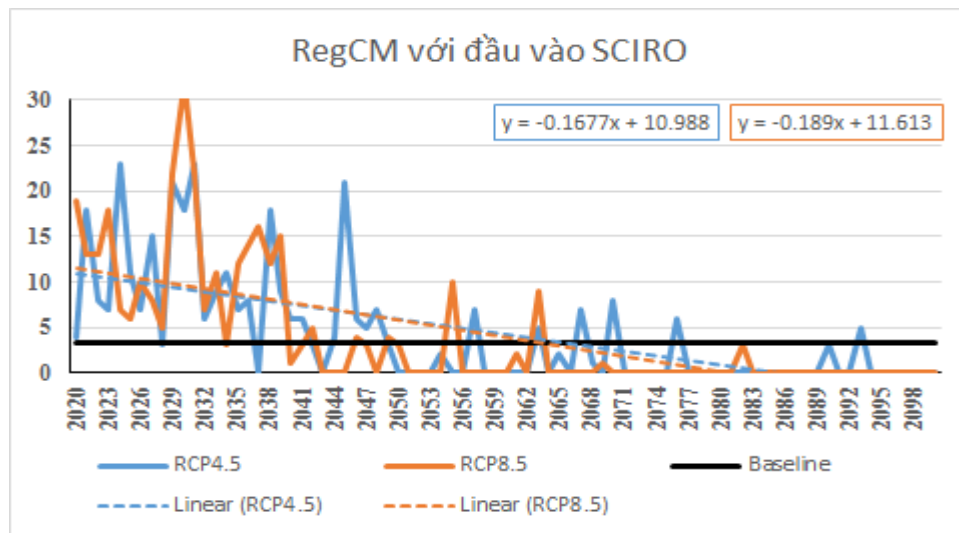
+ Sự chênh lệch giữa về số lượng các đợt lạnh xảy ra trong cùng một năm giữa các kịch bản và giữa các đầu vào toàn cầu khác nhau về mặt trung bình vào khoảng 3-4 đợt. Có một số năng sự chênh lệch giữa 2 kịch bản là rất lớn như, ví dụ như năm 2022 kết quả dự tính với đầu vào từ mô hình toàn cầu CNRM-CM5 theo kịch bản RCP4.5 chỉ là 2 đợt, trong khi theo kịch bản RCP8.5 là 22 đợt.

+ Trong giai đoạn nửa đầu của thế kỷ 21, kết quả dự tính theo kịch bản RCP4.5 với đầu vào từ các mô hình CNRM-CM5 và CSIRO cho số lượng các đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều hơn so với kịch bản RCP8.5. Tuy nhiên, các dự tính với đầu vào từ các mô hình EC-Earth, MPI-ESM và GFDL-ESM lại cho kết quả ngược lại. Đối với nửa cuối của thế kỷ 21, tất cả các kết quả dự tính từ năm đầu vào toàn cầu đều cho thấy số đợt lạnh bất thường theo kịch bản RCP4.5 xảy ra nhiều hơn so với kịch bản RCP8.5, đặc biệt là trong giai đoạn cuối của thập kỷ (2080-2100).

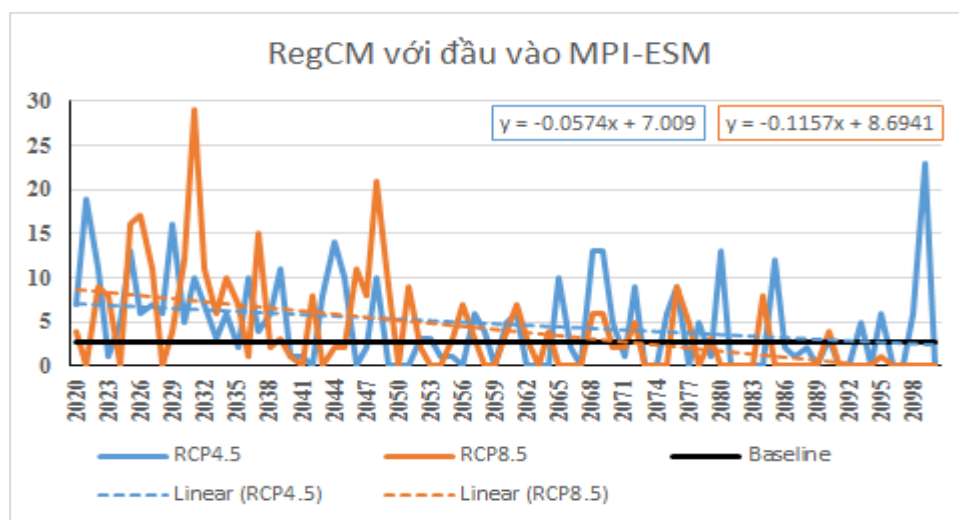
+ Xu thế biến đổi của số đợt lạnh bất thường trong cả giai đoạn 2020-2100 là ít thay đổi hoặc giảm nhẹ theo cả hai kịch bản. Các kết quả kiểm nghiệm giải thiết thống kê cho thấy hầu hết các xu thế đều thỏa mãn giả thiết thống kê với mức đảm bảo 90%, nhưng không thỏa mãn ở các mức 95 và 99%. Xu thế giảm nhanh được tìm thấy trong giai đoạn 2020-2040 và nhẹ hoặc ít thay đổi ở các năm còn lại.



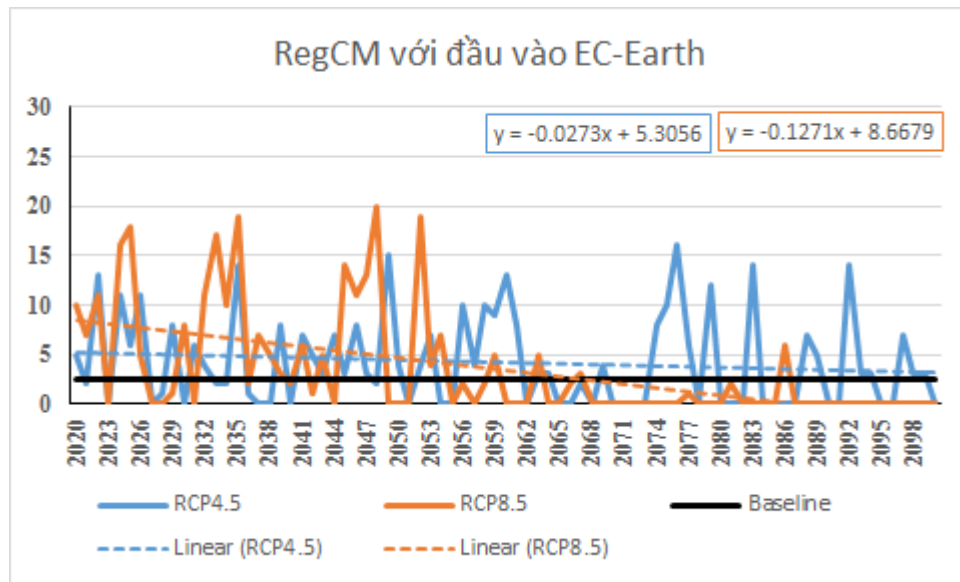
Hình 4.1. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



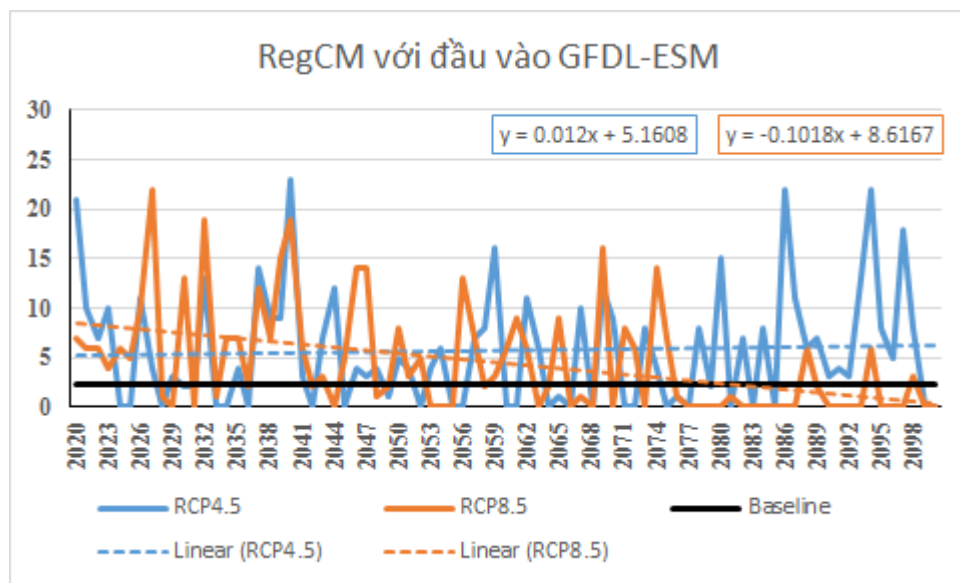
Hình 4.2. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



Hình 4.3. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM



Hình 4.4. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth

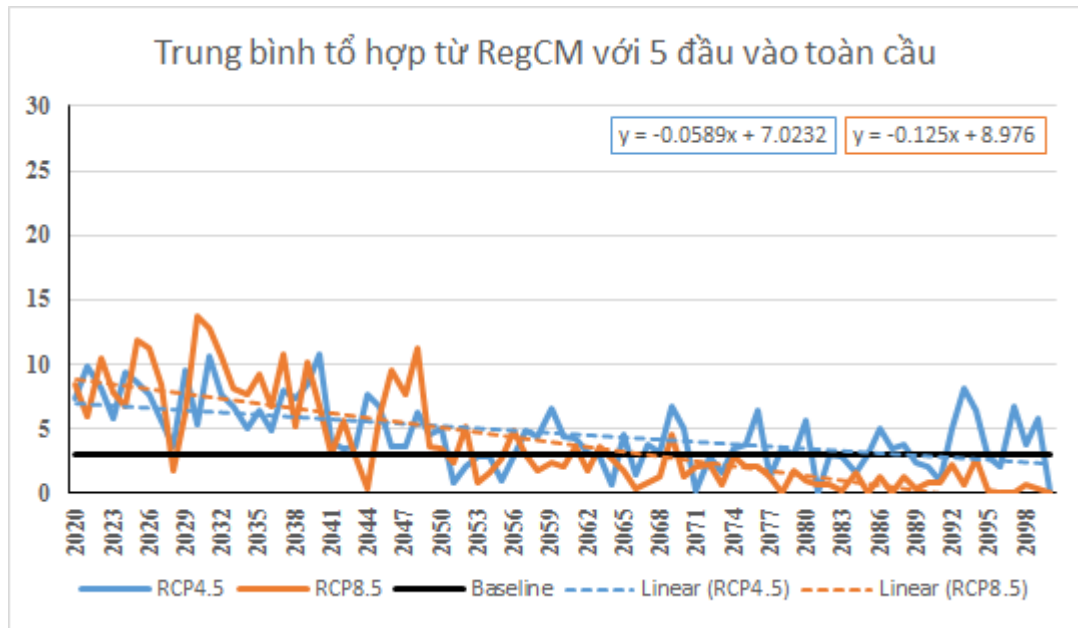


Hình 4.5. Tương tự hình 4.1 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM

Các kết quả nhận được với mô hình RegCM ở trên cũng được tìm thấy khi xem xét với kết quả dự tính từ mô hình WRFcl. Các kết quả dự tính theo WRFcl cũng chỉ khác biệt về số lượng so với RegCM và sự khác biệt thay đổi phức tạp theo từng năm, nhưng về mặt xu thế chung là hoàn toàn tương tự với RegCM.

Hình 4.6 đưa ra kết quả tính toán xu thế biến đổi trung bình tổ hợp từ 5 đầu vào toàn cầu khác nhau cho mô hình RegCM theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100. Có thể nhận thấy xu thế giảm các đợt lạnh được tìm thấy ở cả hai kịch bản trong đó mức giảm theo kịch bản RCP8.5 nhanh hơn so với kịch bản RCP4.5. Kết quả này là hoàn toàn logic do kịch bản RCP8.5 là kịch bản phát thải cao sẽ cho xu hướng ấm lên toàn cầu

nhANH, nhất là trong giai đoạn cuối của thế kỷ 21. Về mặt trung bình, theo kịch bản RCP4.5, phần lớn các mùa đông trong giai đoạn 2020-2100 được dự tính có số đợt lạnh bất thường nhiều hơn so với thời kỳ chuẩn với biên độ tăng trung bình 2-3 đợt/năm. Tuy nhiên, với kịch bản RCP8.5, sự tăng đột biến so với thời kỳ chuẩn chỉ tìm thấy trong giai đoạn 2020-2050. Đối với giai đoạn 2050-2100, số đợt lạnh bất thường giảm nhanh và ít hơn so với thời kỳ chuẩn, đặc biệt là trong giai đoạn cuối thế kỷ 21.

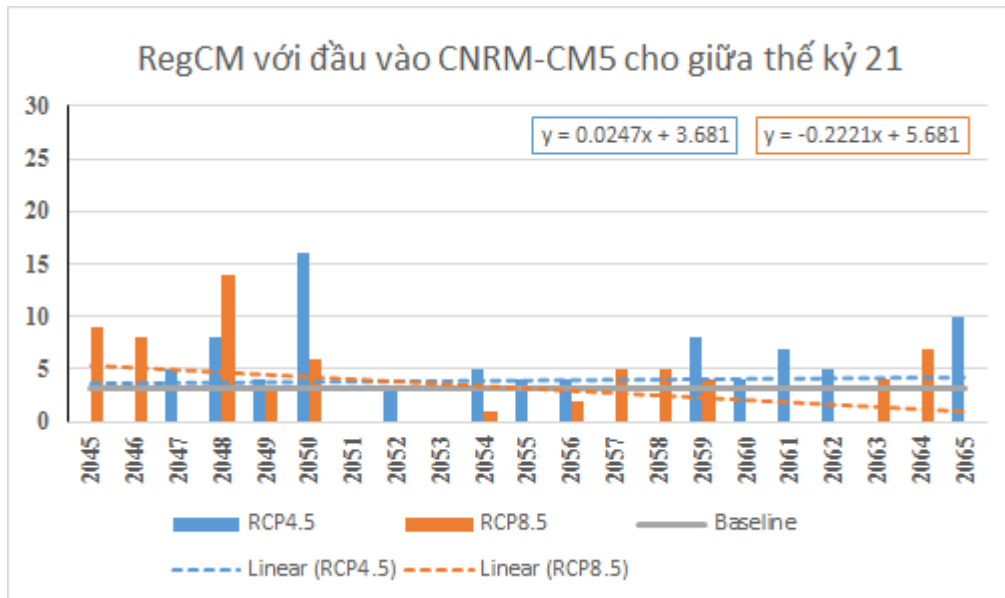


Hình 4.6. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau

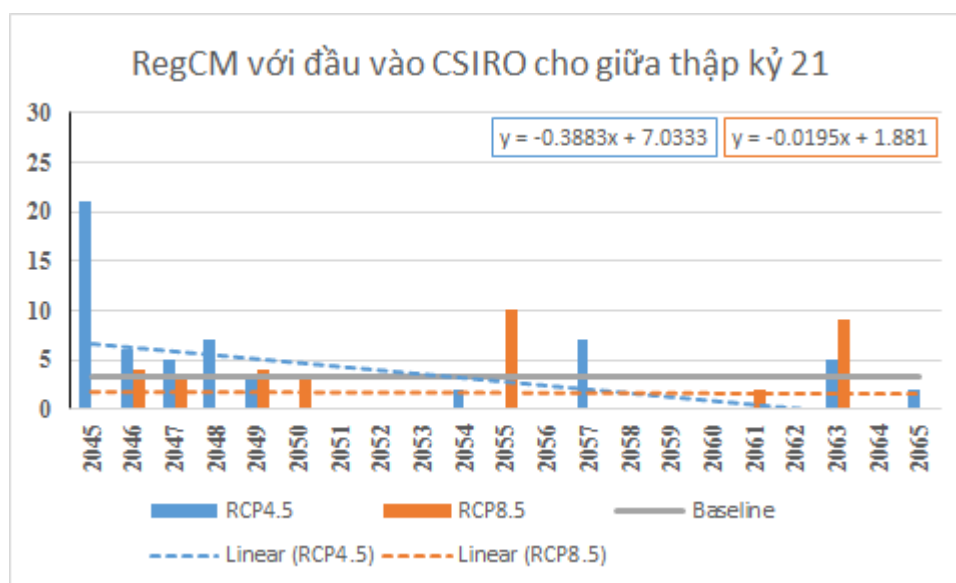
Để xem xét kỹ hơn về mặt xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, chúng tôi tiến hành tính toán các xu thế biến đổi của hiện tượng này cho các giai đoạn giữa thế kỷ 21 (từ 2045-2065) và cuối thế kỷ 21 (2080-2100). Các hình từ 4.7 đến 4.11 tương ứng đưa ra kết quả tính toán xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường cho giai đoạn giữa thế kỷ 21 theo 2 kịch bản và 5 phương án đầu vào toàn cầu khác nhau cho mô hình RegCM.

Các kết quả tính toán trên các hình 4.7 đến 4.11 cho thấy xu thế chung của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ là giảm hoặc ít biến đổi. Với cùng một đầu vào toàn cầu, số lượng các đợt lạnh bất thường được dự tính theo từng năm và theo 2 kịch bản cũng có sự khác biệt với chênh lệch trung bình 1-2 đợt. Nói chung, so với giai đoạn đầu thế kỷ 21, số lượng các đợt lạnh được dự tính theo cả hai kịch bản đều giảm nhiều cho

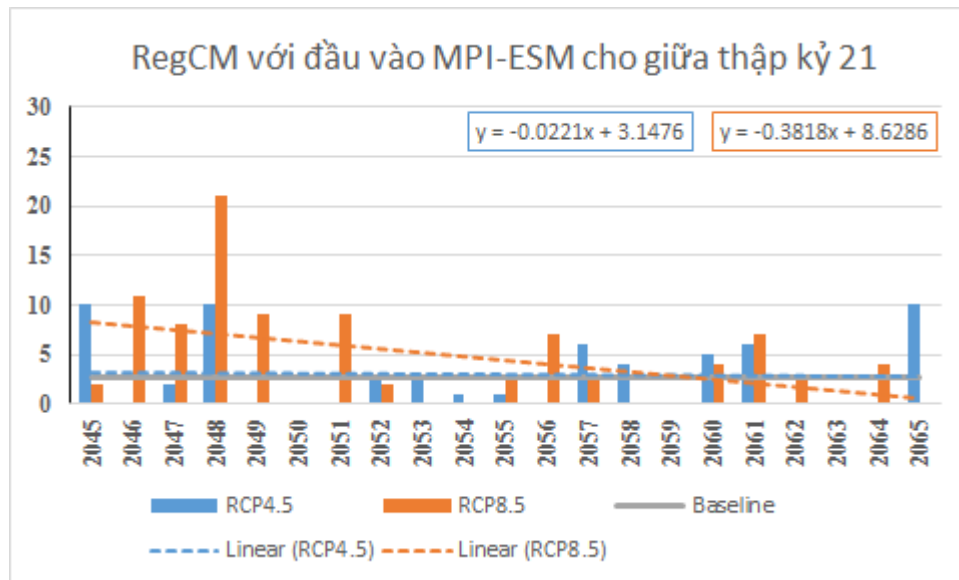
giai đoạn giữa thế kỷ 21. Hầu hết các dự tính theo các đầu vào toàn cầu khác nhau chỉ cho thấy số lượng các đợt lạnh lớn hơn thời kỳ chuẩn trong giai đoạn 2045-2050, các năm còn lại của giai đoạn giữa thế kỷ 21 hầu như dự tính số lượng ít hơn thời kỳ chuẩn, đặc biệt là theo kịch bản RCP8.5. Trong giai đoạn này, về mặt tổng số thì số đợt lạnh bất thường được dự tính theo kịch bản RCP4.5 là nhiều hơn so với kịch bản RCP8.5. Kết quả này là hoàn toàn logic với bản chất của hai kịch bản BĐKH được sử dụng. Các kết quả tương tự về mặt xu thế cũng được tìm thấy khi xem xét với mô hình WRFcl.



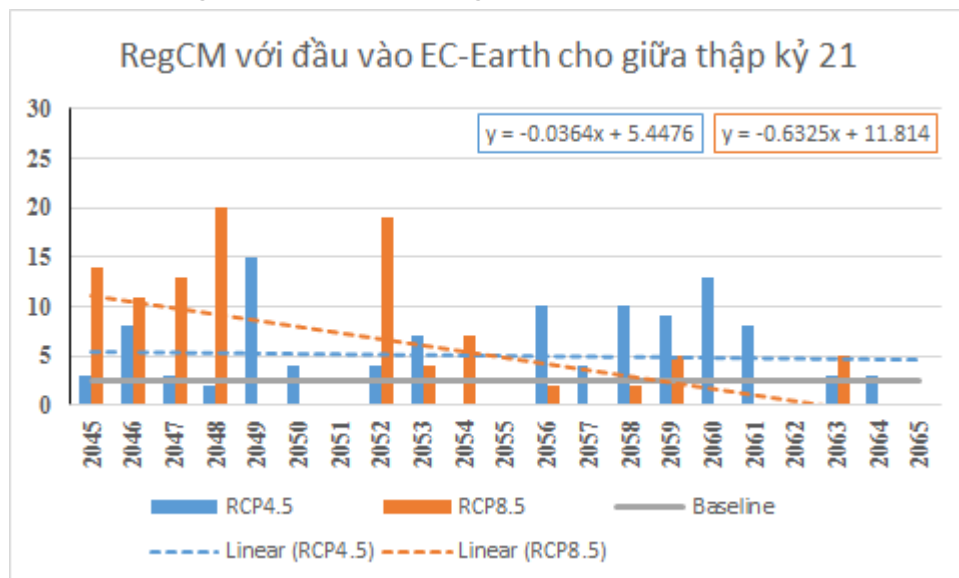
Hình 4.7. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



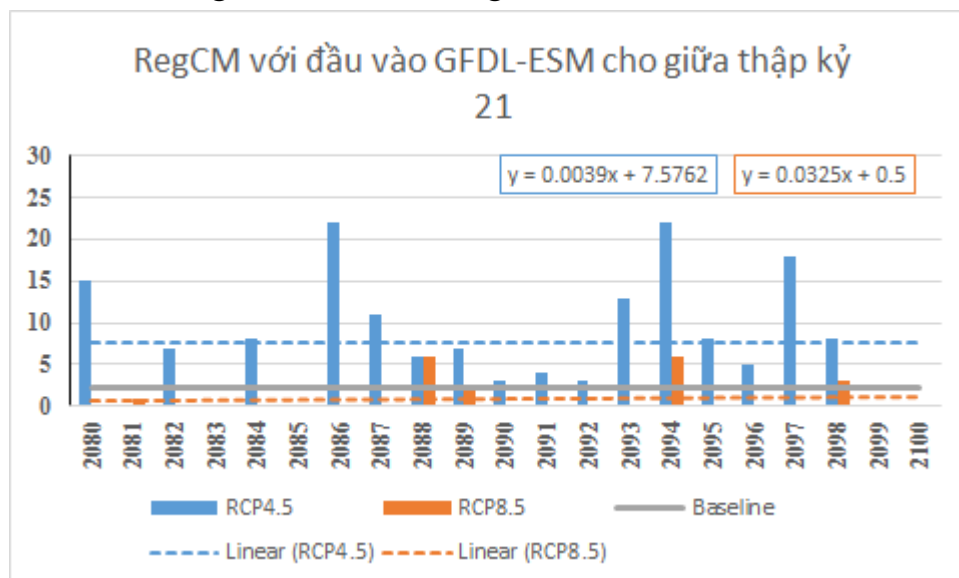
Hình 4.8. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



Hình 4.9. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM

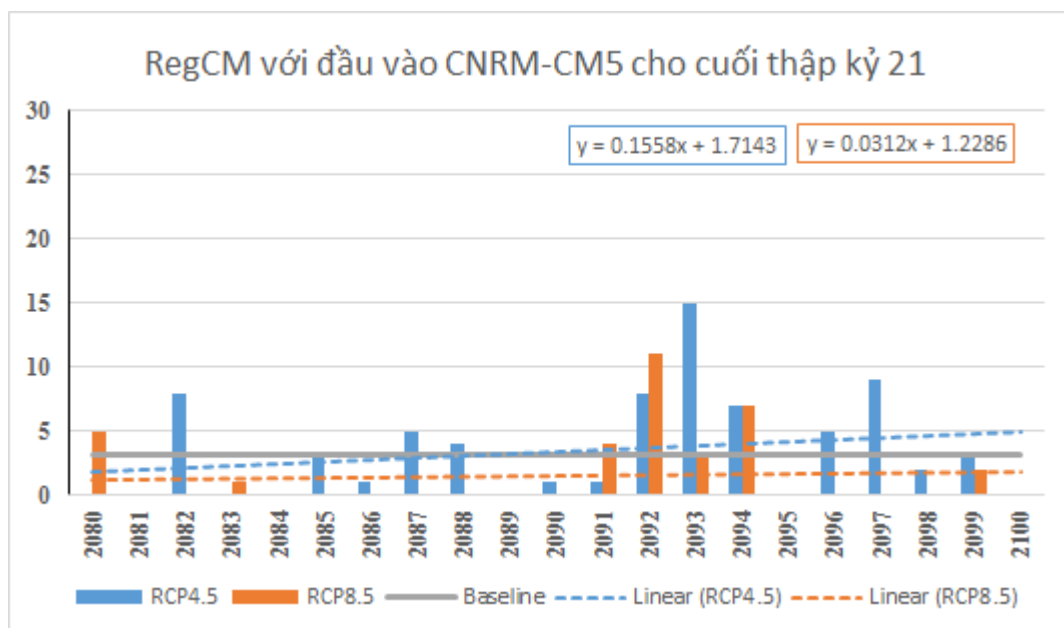


Hình 4.10. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth

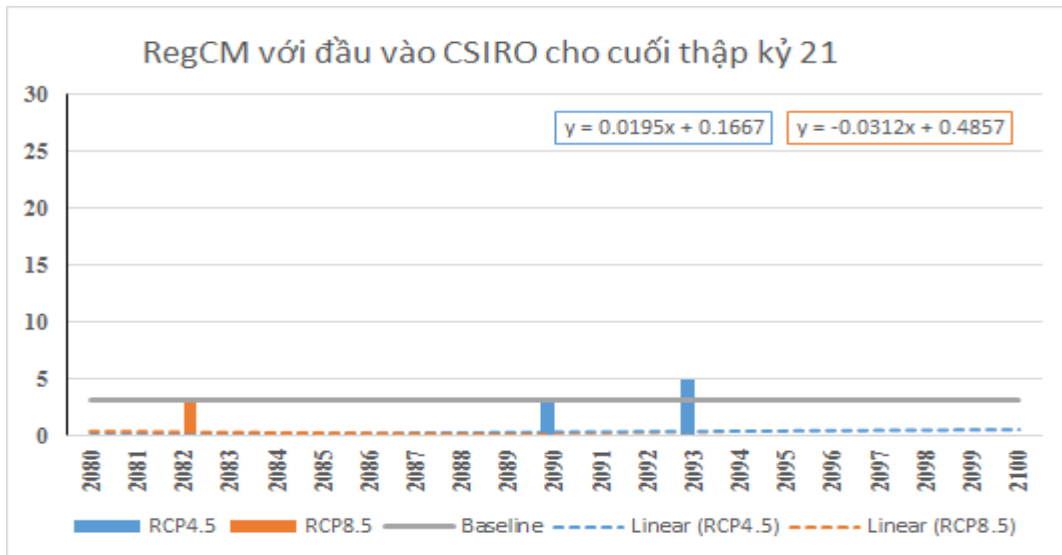


Hình 4.11. Tương tự hình 4.7 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM

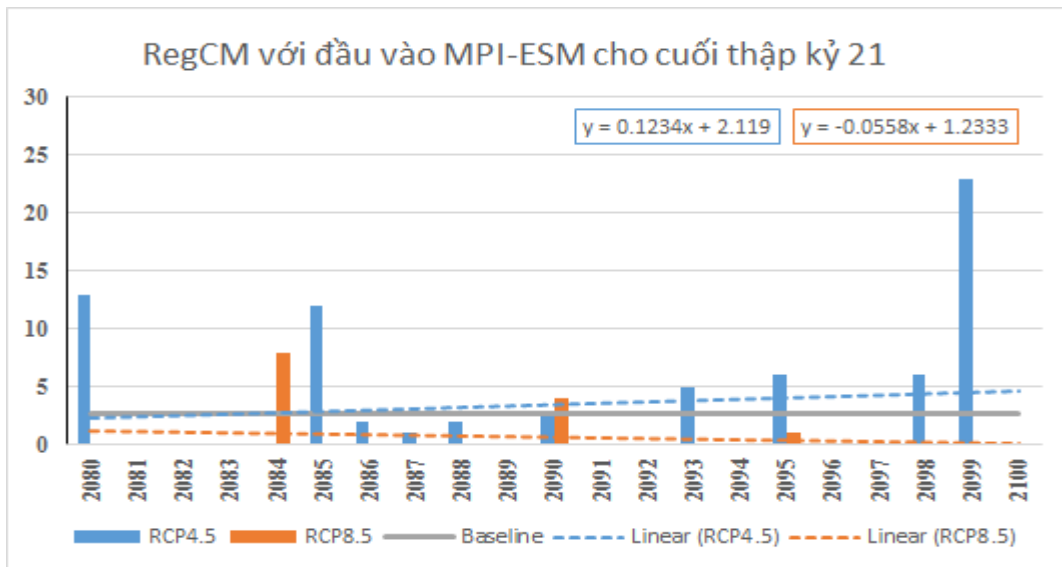
Tương tự các hình từ 4.7 đến 4.11, các hình từ 4.12 đến 4.16 lần lượt đưa ra kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn cuối thế kỷ 21 từ mô hình RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau. Một cách tổng quát, kết quả dự tính là rất khác biệt giữa các đầu vào toàn cầu khác nhau cũng như giữa hai kịch bản với cùng một đầu vào toàn cầu. Các kết quả tính toán cho thấy vào giai đoạn này, các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ hầu như ít xảy ra theo các kịch bản RCP8.5 như được thấy trong kết quả dự tính với đầu vào từ mô hình toàn cầu CSIRO (hình 4.13). Tổng số đợt lạnh bất thường được dự tính xảy ra trong giai đoạn này theo kịch bản RCP4.5 là lớn hơn rất nhiều so với kịch bản RCP8.5. Theo kịch bản RCP8.5, chỉ có một vài năm trong giai đoạn này có số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều hơn so với thời kỳ chuẩn. Trong khi đó, theo kịch bản RCP4.5 thì có khoảng 50-60% số mùa đông trong giai đoạn này có số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều hơn so với thời kỳ chuẩn. Về mặt xu thế, cả hai kịch bản cho thấy xu thế ít biến đổi hoặc tăng nhẹ. Đặc biệt là trong 10 năm cuối của thế kỷ 21, có thể thấy các dự tính từ các đầu vào toàn cầu đều cho thấy xu thế tăng nhẹ. Các kết quả gần tương tự cũng được tìm thấy khi xem xét các kết quả dự tính từ mô hình WRFcl. Các kết quả kiểm nghiệm giải thiết thông kê cho thấy các xu thế tìm được đều không thỏa mãn giả thiết thông kê với mức đảm bảo 90% hoặc hơn.



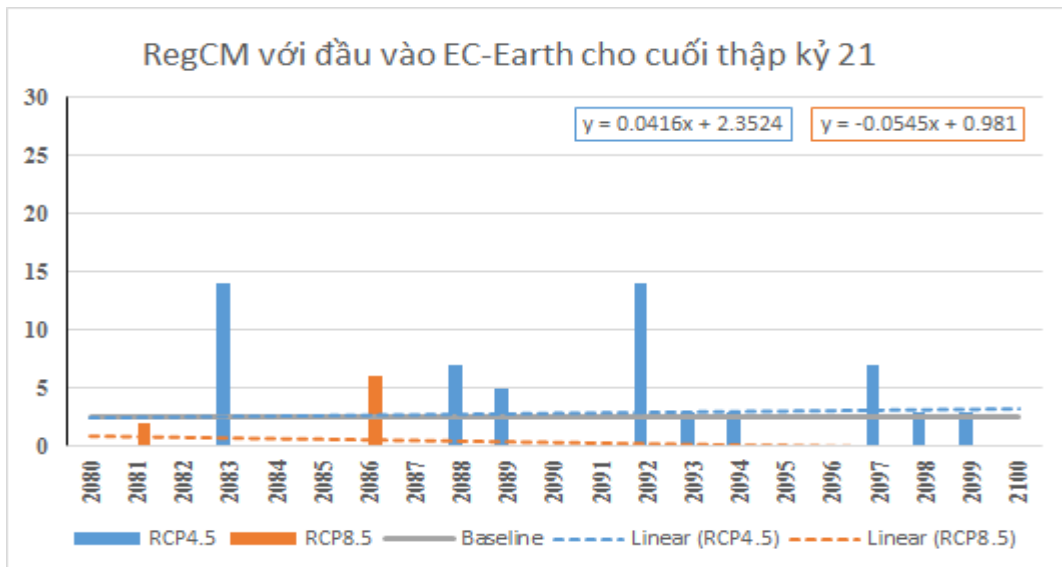
Hình 4.12. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2080-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



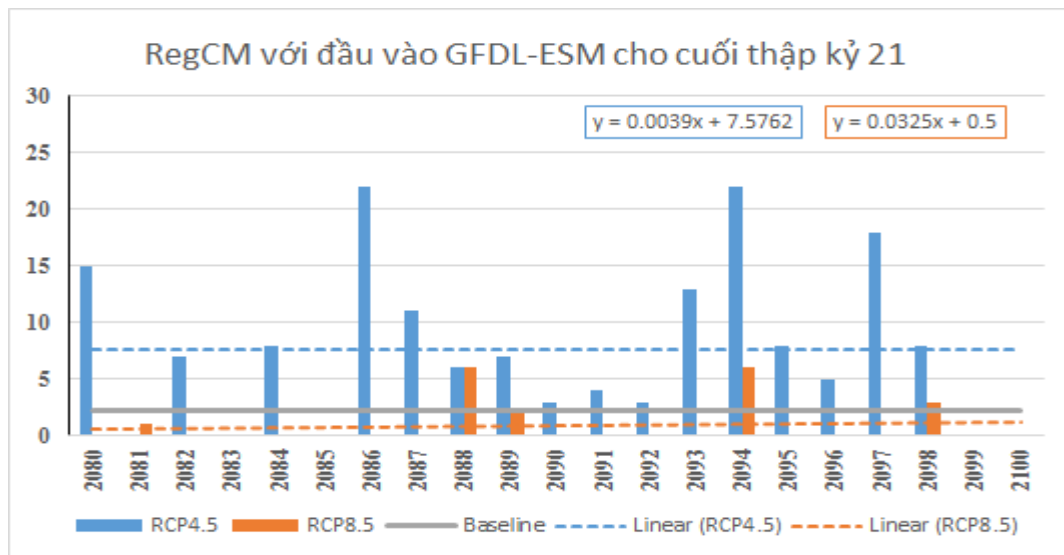
Hình 4.13. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



Hình 4.14. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM

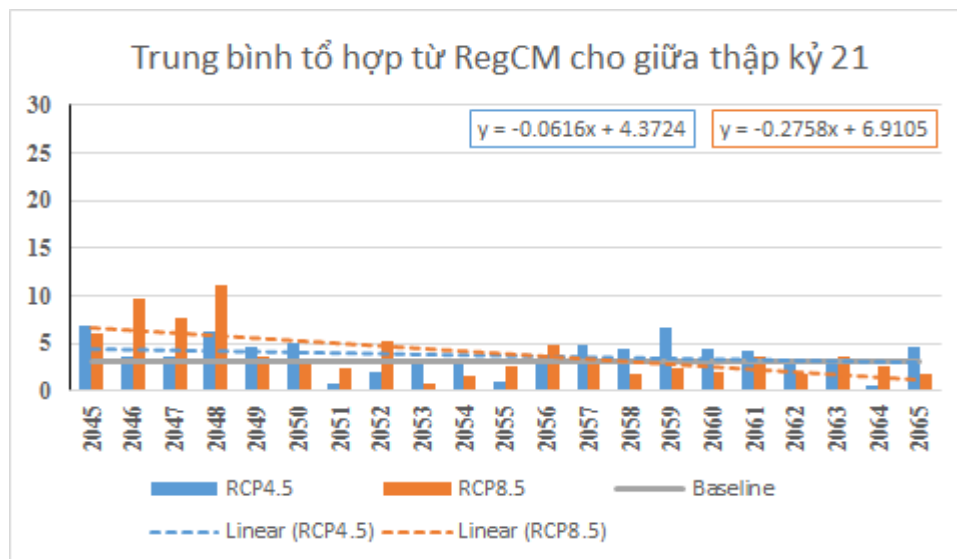


Hình 4.15. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth

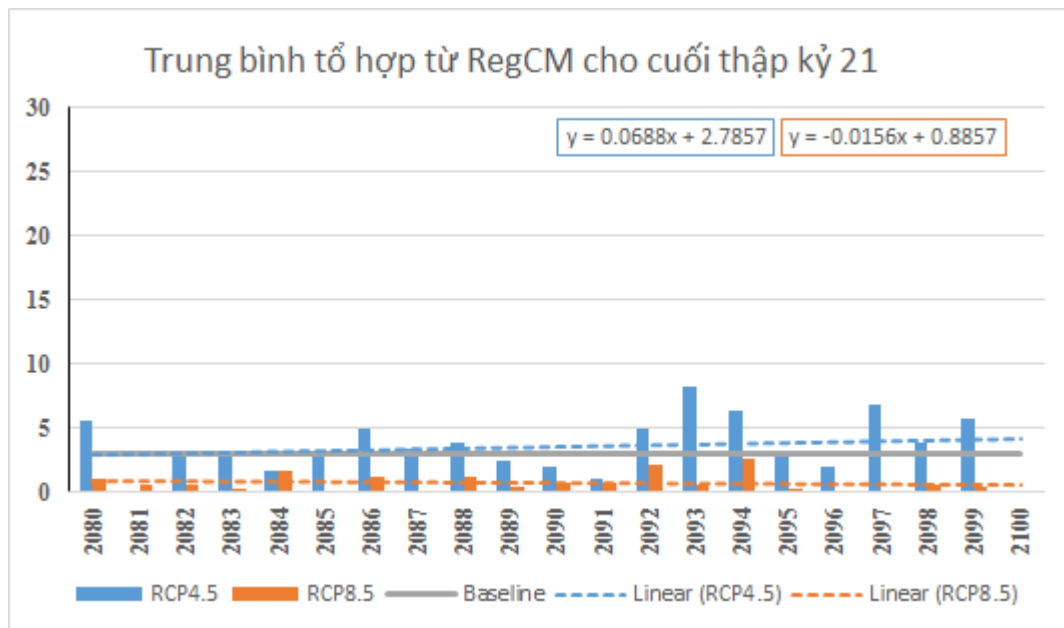


Hình 4.16. Tương tự hình 4.12 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM

Các hình 4.17 và 4.18 đưa ra kết quả tính toán và xác định xu thế biến đổi của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ được tính theo phương án trung bình tổ hợp từ 5 dự tính theo 5 đầu vào toàn cầu. Nói chung, việc tính toán trung bình tổ hợp cũng cho các thấy các đặc trưng và xu thế tương tự với các phân tích ở trên. Cụ thể, số đợt lạnh bất thường theo kịch bản RCP4.5 xảy ra nhiều hơn với kịch bản RCP8.5 ở cả hai giai đoạn xem xét. Xu thế chung là giảm hoặc ít biến đổi. Nếu so sánh giữa hai giai đoạn, thì số đợt lạnh được dự tính xảy ra theo kịch bản RCP8.5 ở giai đoạn giữa thế kỷ 21 nhiều hơn giai đoạn cuối thế kỷ 21. Tuy nhiên, theo kịch bản RCP4.5 thì lại có kết quả ngược lại.



Hình 4.17. Kết quả dự tính số đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau



Hình 4.18. Tương tự hình 4.17 nhưng cho giai đoạn 2080-2100

4.3. Dự tính sự biến đổi của các đợt nóng bất thường trong mùa đông

Kết quả tính toán xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau lần lượt đưa ra trong các hình từ 4.19 đến 4.24. Từ các hình này có thể nhận thấy một số kết quả chính như sau:

- Tất cả các dự tính theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 của 5 mô hình toàn cầu đều cho thấy xu thế tăng lên của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trong giai đoạn 2020-2100. Các xu thế tăng này hầu hết đều thỏa mãn giải thiết thống kê với mức độ tin cậy 90%.

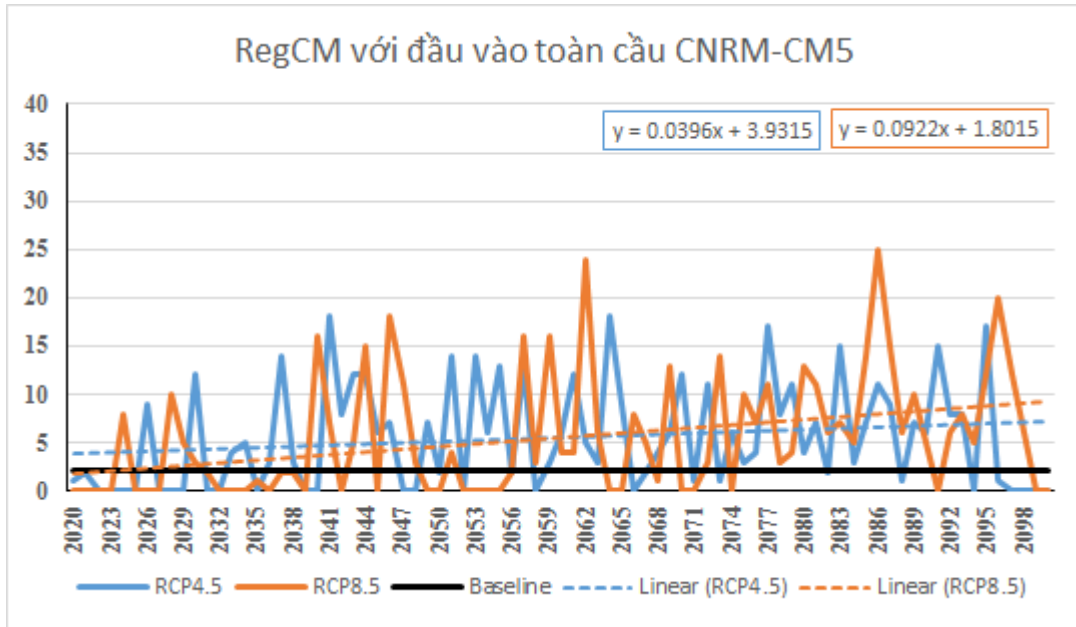
- Về mặt trung bình, các kết quả dự tính theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 đều cho thấy số lượng đợt nóng bất thường sẽ xảy ra vào các năm trong giai đoạn 2020-2100 lớn hơn so với thời kỳ chuẩn. Đặc biệt là trong giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21.

- Số lượng các đợt nóng bất thường xảy ra trong các năm trong giai đoạn 2020-2100 có sự khác biệt đáng kể giữa các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 hoặc giữa các đầu vào toàn cầu với nhau. Các giá trị cực trị cũng không thay đổi theo từng kịch bản và đầu vào toàn cầu. Vẫn có những năm xảy ra rất ít các đợt nóng bất thường đan xen với các năm dự tính xảy ra nhiều đợt. Cực trị lớn nhất được tìm thấy là kết quả dự tính xảy ra 39 đợt nóng bất

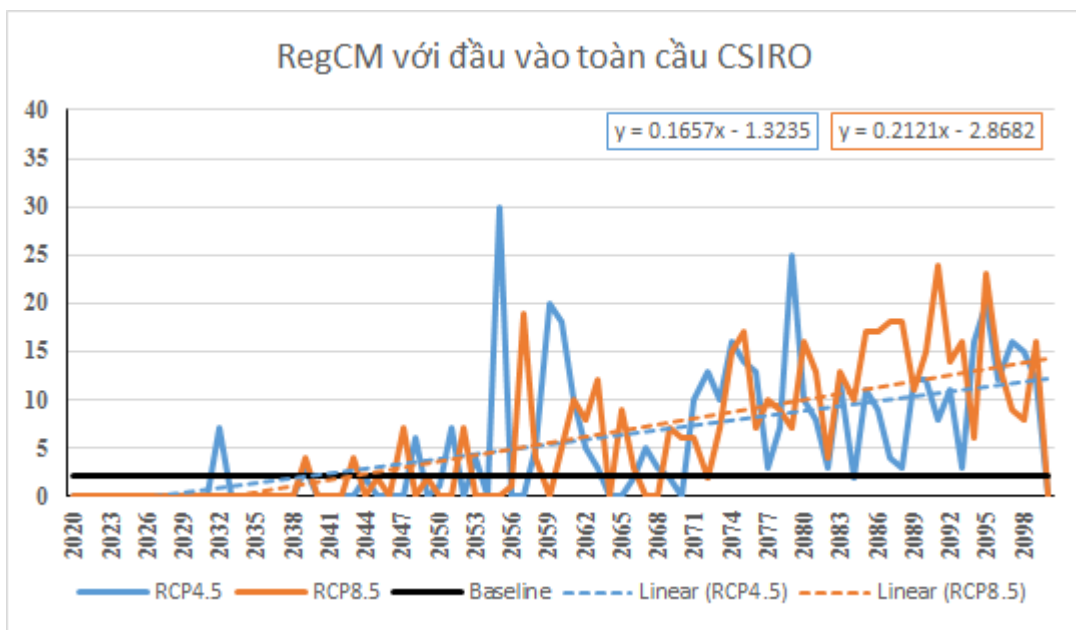
thường trong mùa đông 2083/2084 theo kịch bản RCP8.5 với đầu vào từ mô hình toàn cầu MPI-ESM.

- Tần suất xảy ra nhiều đợt nóng bất thường theo cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 được dự tính bắt đầu sau những năm 2040.

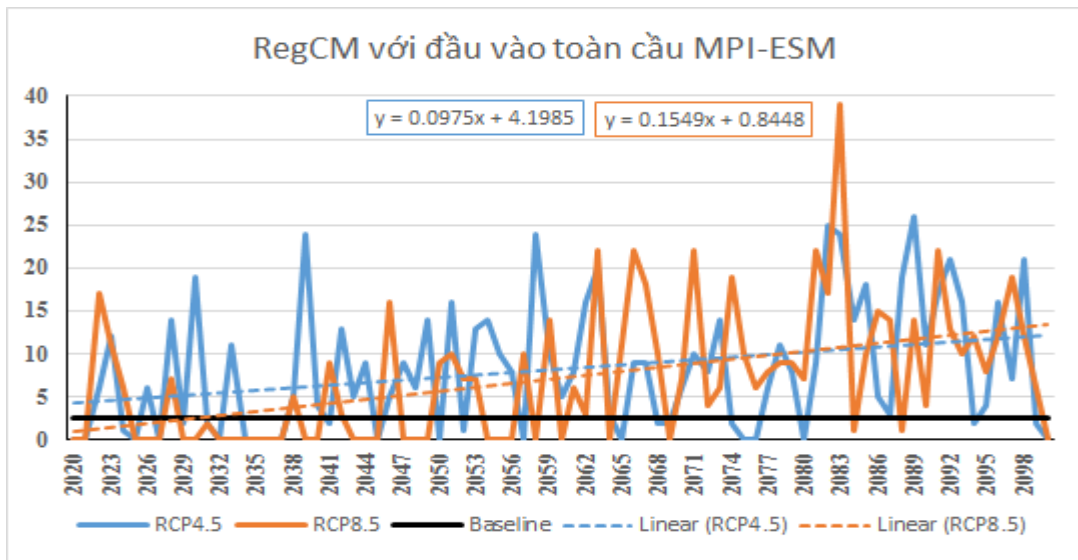
- Trong 5 đầu vào toàn cầu, các kết quả dự tính từ các đầu vào GFDL-ESM và MPI-ESM cho tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường nhiều hơn so với kết quả dự tính từ các đầu vào toàn cầu còn lại.



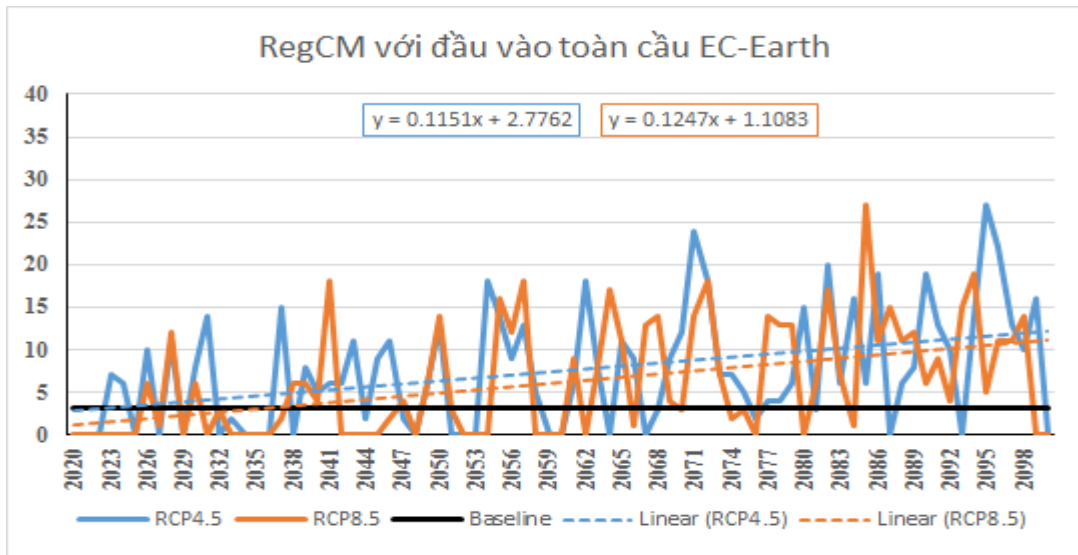
Hình 4.20. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



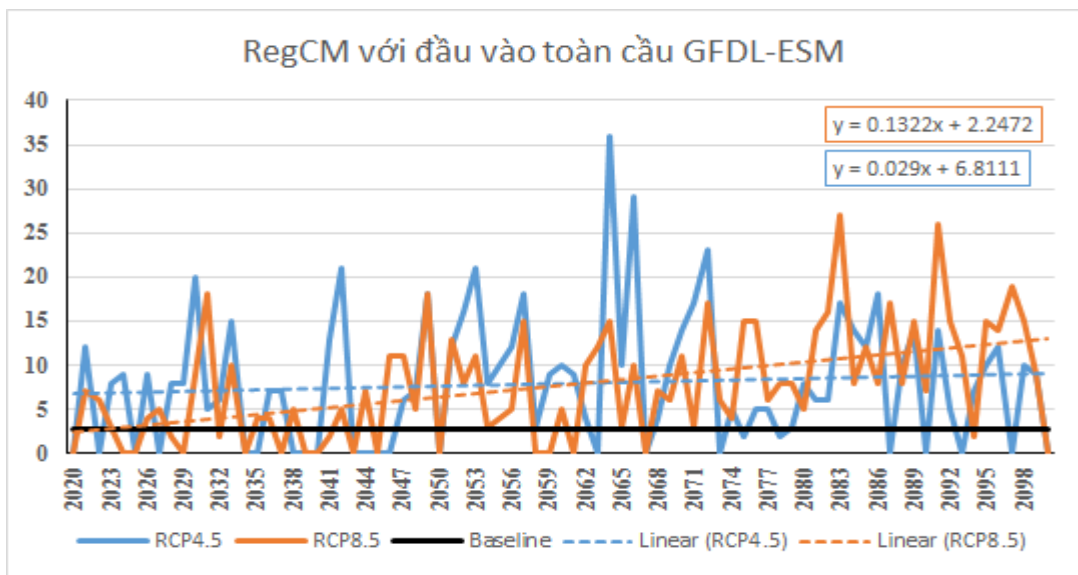
Hình 4.21. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



Hình 4.22. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM



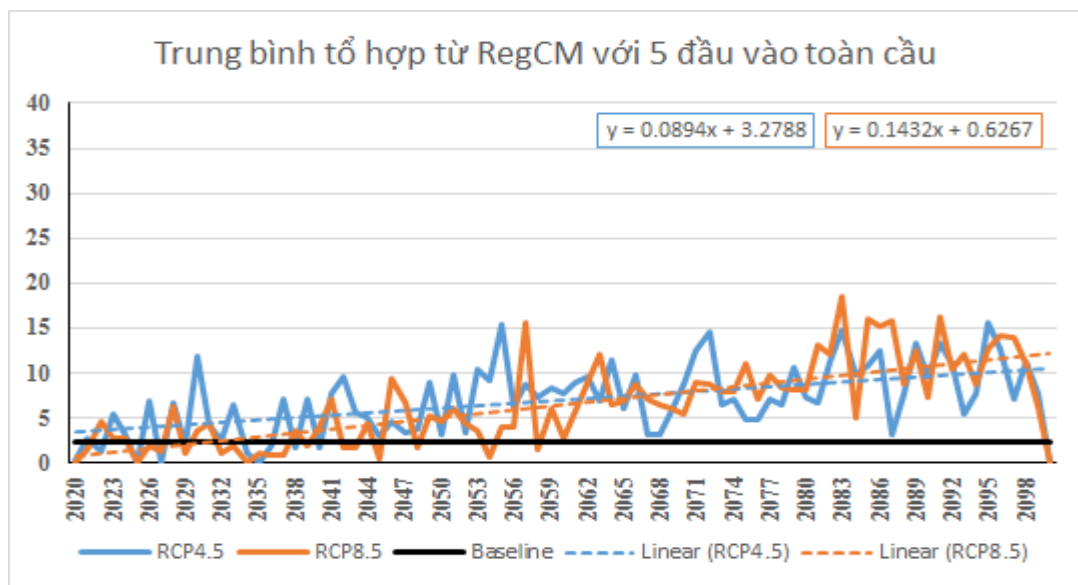
Hình 4.23. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth



Hình 4.24. Tương tự hình 4.20 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM

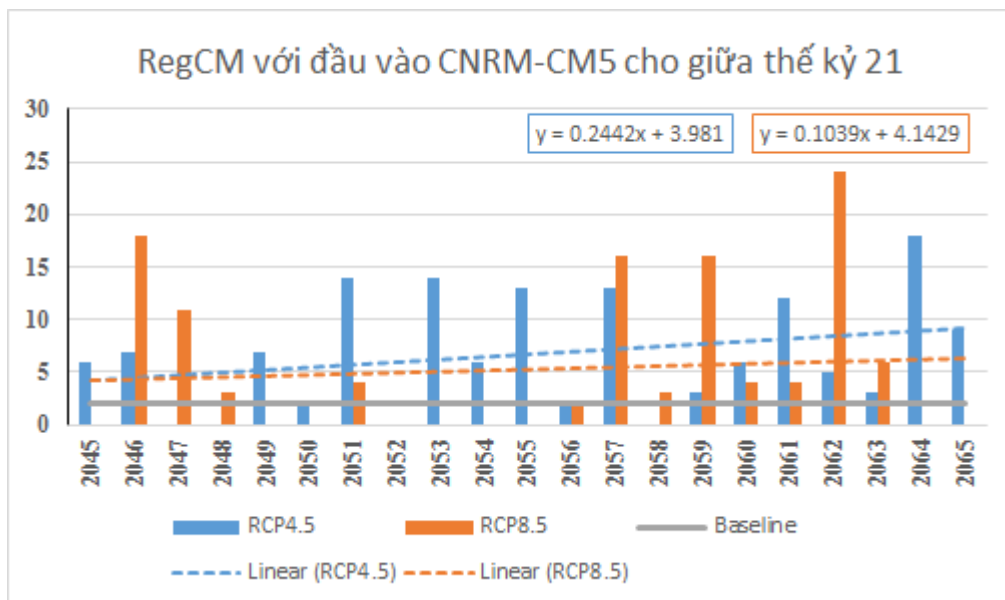
Các kết quả tính toán xu thế các đợt nóng bất thường dựa trên mô hình RegCM ở trên cũng được tìm thấy khi xem xét các kết quả dự tính từ mô hình WRFcl. Tương tự như đối với các đợt lạnh bất thường, kết quả dự báo các đợt nóng bất thường từ mô hình WRFcl chủ yếu khác với mô hình RegCM về mặt số lượng. Về mặt trung bình, dự tính số đợt nóng từ mô hình WRFcl thấp hơn 2-3 đợt so với mô hình RegCM. Nguyên nhân là do dự báo nhiệt độ trung bình ngày của WRFcl thường thấp hơn so với RegCM mặc dù về khuynh hướng sai số cả hai mô hình đều có xu hướng thiên thấp.

Kết quả tính toán trung bình tổ hợp dựa trên kết quả dự tính của RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau được đưa ra trong hình 4.25. Từ hình 4.25 nhận thấy số đợt nóng bất thường có xu thế tăng trong cả giai đoạn 2020-2100 theo cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 trong đó tăng nhanh vào sau những năm 2050, đặc biệt là giai đoạn cuối thế kỷ 21. Hầu hết các năm trong giai đoạn dự tính đều thấy số lượng đợt nóng bất thường xảy ra nhiều hơn so với thời kỳ chuẩn (trung bình vào khoảng 2-3 đợt/năm). Trong giai đoạn 2020-2050, kịch bản RCP4.5 cho tần suất xảy ra cao hơn một chút so với kịch bản RCP8.5. Nhưng trong giai đoạn 2070-2100, kết quả dự tính theo kịch bản RCP8.5 cho thấy tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường nhiều hơn so với kịch bản RCP4.5. Kết quả này cũng được tìm thấy khi xem xét xu thế trung bình tổ hợp từ mô hình WRFcl. Các xu thế này cũng thỏa mãn giả thiết thống kê ở mức đảm bảo độ tin cậy 90%.

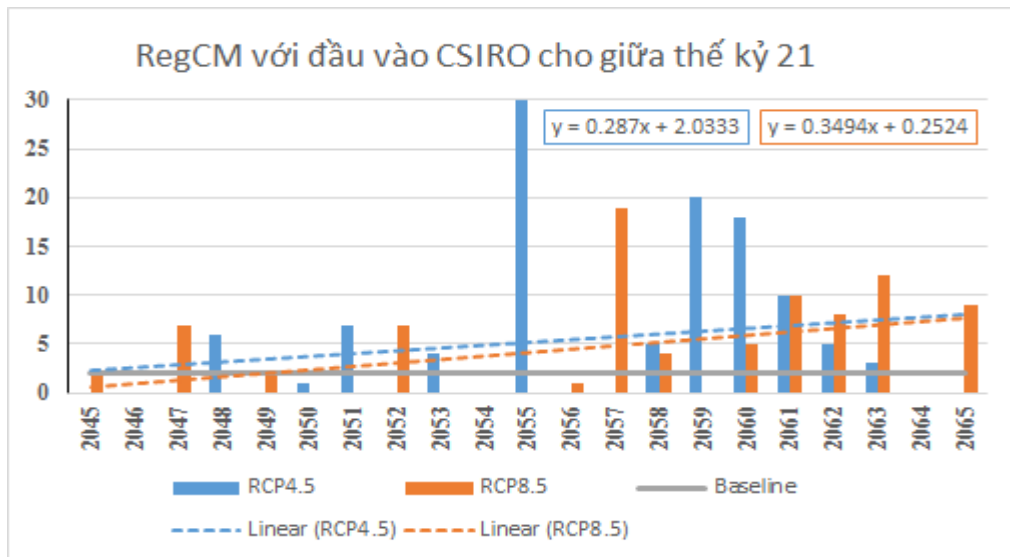


Hình 4.25. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2020-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau.

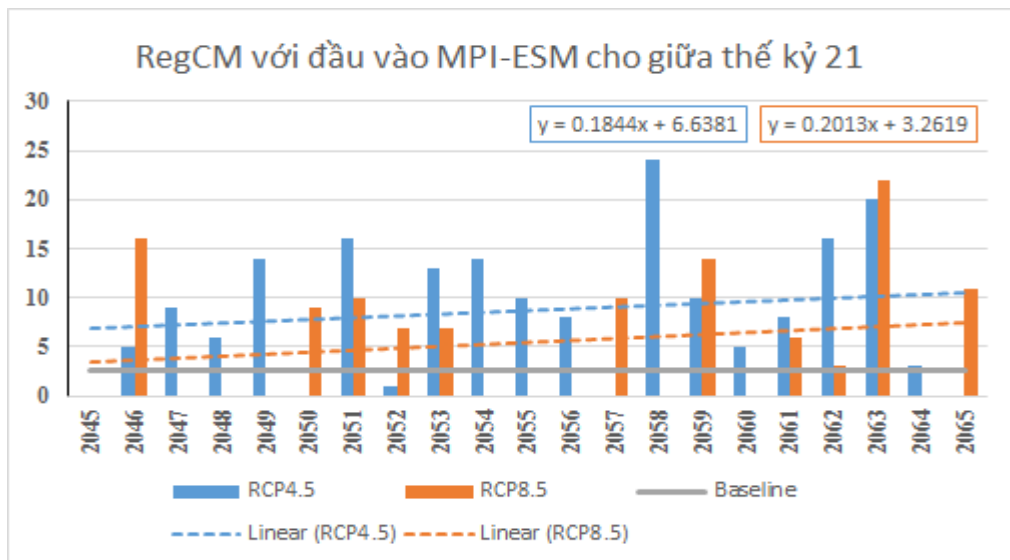
Các hình từ 4.26 đến 4.30 đưa ra kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn giữa thế kỷ 21 (2045-2065) từ mô hình RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau. Từ các kết quả dự tính này có thể thấy xu thế tăng các đợt nóng bất thường trong mùa đông chiếm phần lớn khi xem xét theo cả hai kịch bản BĐKH (ngoại trừ dự tính theo kịch bản RCP8.5 với đầu vào từ mô hình toàn cầu GFDL-ESM cho xu thế ít biến đổi hoặc giảm nhẹ trong giai đoạn này). Tuy nhiên, các kết quả kiểm nghiệm giả thiết thống kê cho thấy các xu thế này đều không đảm bảo đủ độ tin cậy ở mức 90%. Trong giai đoạn này, số lượng các đợt nóng được dự tính xảy ra trong các mùa đông từ 2045/2046 đến 2065/2066 thay đổi đáng kể giữa các kịch bản cũng như giữa các kết quả từ các đầu vào toàn cầu khác nhau. Rất khó để chỉ ra được những điểm đặc trưng nổi bật. Về mặt trung bình, số lượng các đợt nóng được dự báo từ các kịch bản và đầu vào toàn cầu khác nhau ở trong nửa cuối là nhiều hơn so với nửa đầu của giai đoạn giữa thế kỷ 21. Xem xét về một số cực trị số đợt nóng bất thường, các dự tính theo kịch bản RCP4.5 lại cho xuất hiện nhiều cực trị số lượng đợt nóng bất thường trong năm hơn kịch bản RCP8.5. Xem xét các kết quả dự tính xu thế các đợt nóng bất thường trong giai đoạn giữa thế kỷ 21 từ mô hình WRFcl cũng cho kết quả gần tương tự.



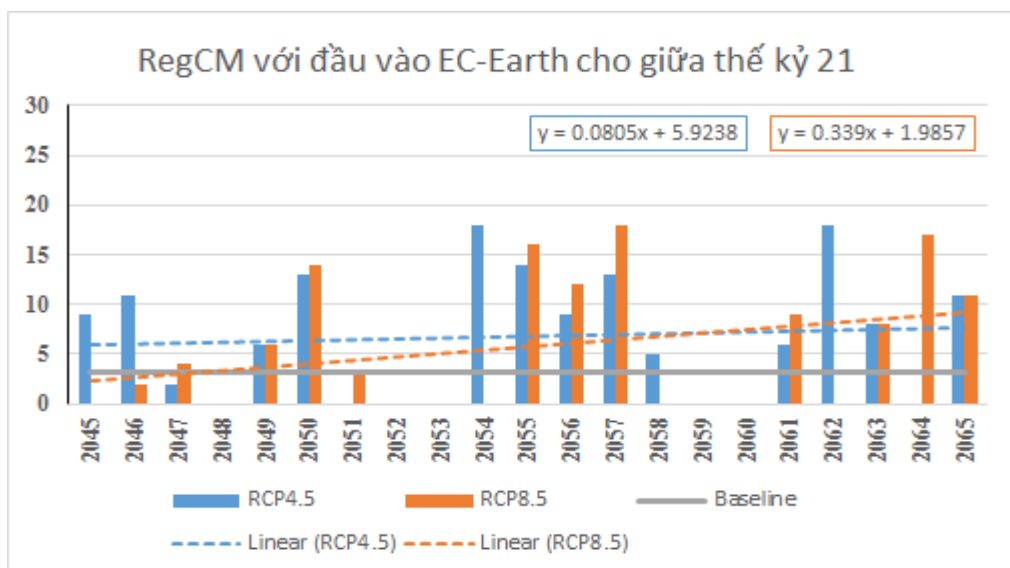
Hình 4.26. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



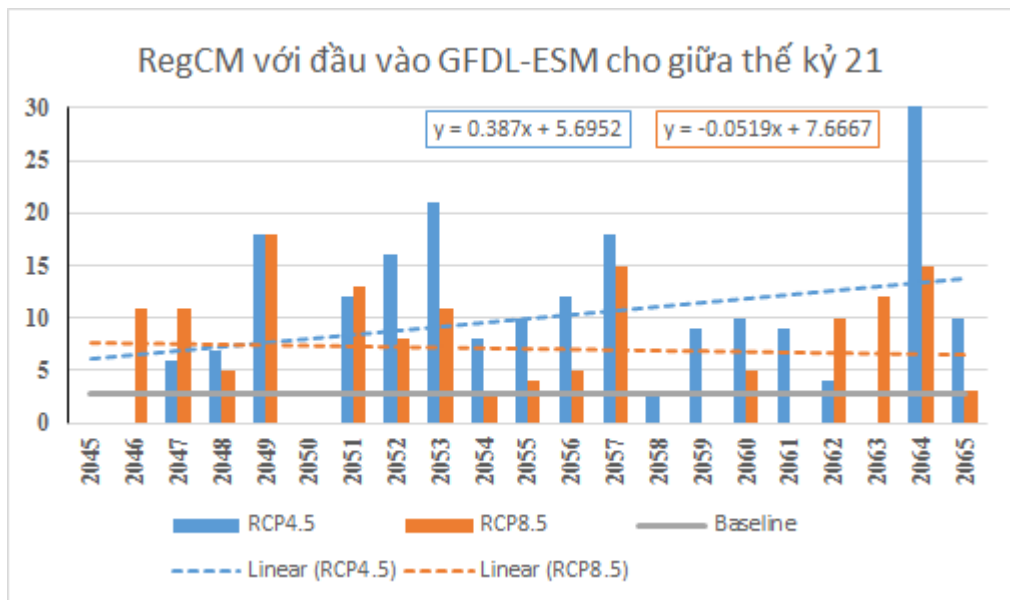
Hình 4.27. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



Hình 4.28. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM



Hình 4.29. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth

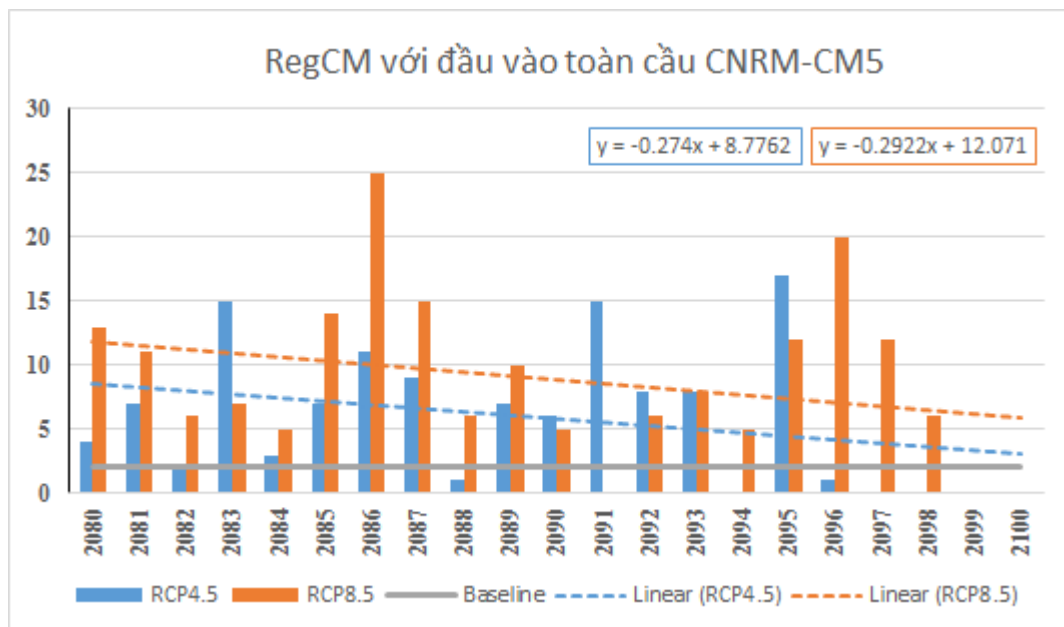


Hình 4.30. Tương tự hình 4.26 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM

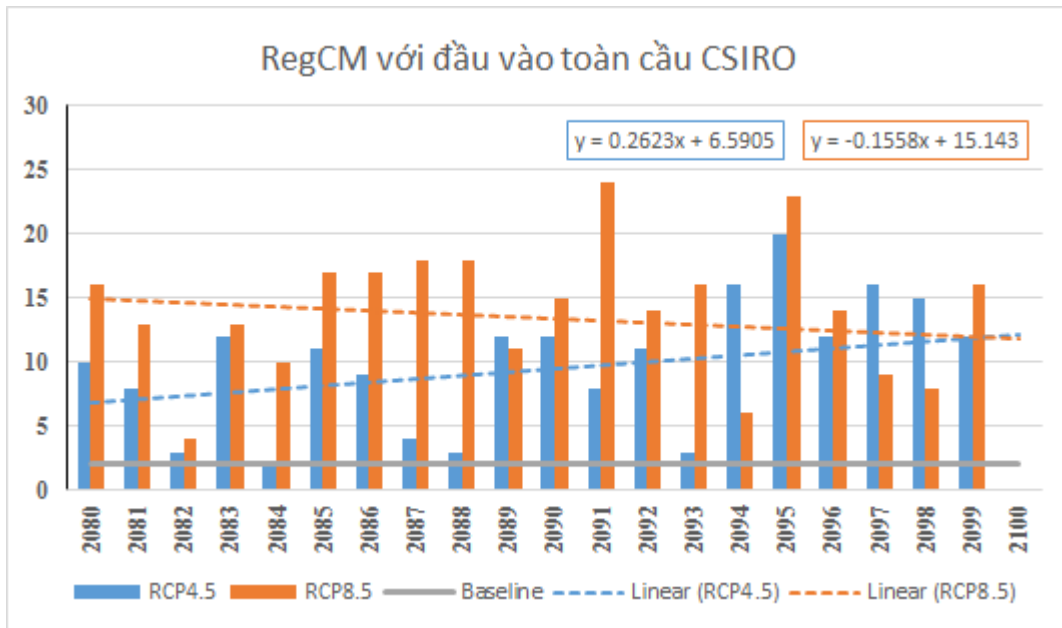
Các kết quả dự tính sự biến đổi của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ cho giai đoạn cuối thế kỷ 21 (2080-2100) theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 từ mô hình RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau được đưa ra trong các hình từ 4.31 đến 4.35. Trong giai đoạn này, các kết quả dự tính có nhiều sự khác biệt. Cụ thể, theo kịch bản RCP4.5, xu thế giảm được tìm thấy khi sử dụng số liệu đầu vào từ mô hình toàn cầu CNRM-CM5, MPI-ESM và GFDL-ESM. Với đầu vào từ mô hình toàn cầu CSIRO và EC-Earth, xu thế ít biến đổi hoặc tăng nhẹ lại được tìm thấy. Theo kịch bản RCP8.5, tất cả 5 dự tính từ mô hình RegCM với 5 đầu vào toàn cầu đều cho xu hướng giảm. Nếu xét về số lượng các đợt nóng bất thường, giai đoạn cuối thế kỷ 21 là giai đoạn được dự tính xảy ra nhiều đợt nóng bất thường nhất trong toàn bộ giai đoạn dự tính 2020-2100. Có nhiều năm được dự tính có từ 10-15 đợt nóng bất thường xảy ra trong mùa đông. Hầu hết các năm trong giai đoạn này có số đợt nóng được dự tính xảy ra nhiều hơn đáng kể so với thời kỳ chuẩn. Nếu so sánh giữa hai kịch bản, thì dễ dàng nhận thấy số đợt nóng bất thường được dự tính theo kịch bản RCP8.5 cao hơn so với kịch bản RCP4.5 và các cực trị về số lượng phần lớn rơi thuộc về kịch bản RCP8.5. Kết quả này hoàn toàn phù hợp do kịch bản RCP8.5 là kịch bản phát thải cao và tạo ra khí hậu toàn cầu ấm lên nhiều trong giai đoạn cuối thế kỷ 21. Do đó, kết quả dự tính theo kịch bản này sẽ có xu hướng cho tần xuất xảy ra các đợt nóng bất thường nhiều hơn. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi xem xét các kết quả dự tính của mô hình WRFcl cho gian đoạn này. Các kết quả kiểm

nghiệm giả thiết thống kê cũng cho thấy các xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường trong giai đoạn này đều đảm bảo tin cậy ở mức 90%.

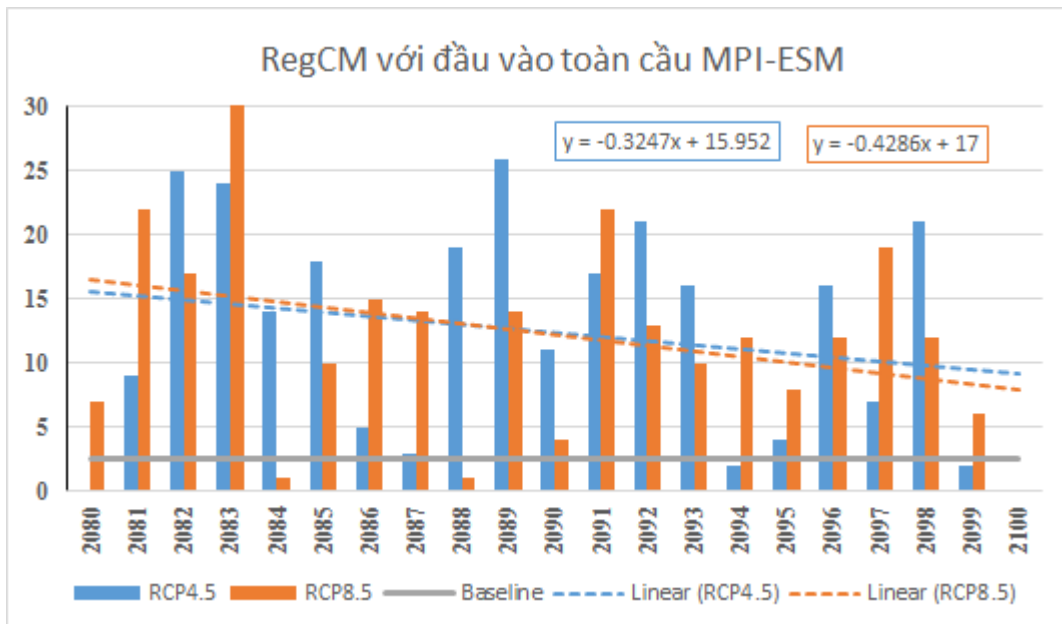
Tương tự như hình 4.25, các kết quả tính toán xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường là trung bình tổ hợp của 5 dự tính từ RegCM với 5 đầu vào toàn cầu khác nhau cho giai đoạn giữa thế kỷ 21 và cuối thế kỷ 21 được lần lượt đưa ra trong hình 4.36 và 4.37. Từ các hình này có thể thấy xu thế tăng được tìm thấy ở giai đoạn giữa thế kỷ và xu thế giảm xảy ra ở cuối thế kỷ 21 theo cả 2 kịch bản BĐKH. Ở giai đoạn giữa thế kỷ 21, tần suất xuất hiện các đợt nóng bất thường theo kịch bản RCP4.5 cao hơn so với kịch bản RCP8.5. Nhưng sang giai đoạn cuối thế kỷ 21, kết quả dự tính lại cho thấy tần suất xuất hiện các đợt nóng bất thường theo kịch bản RCP8.5 cao hơn nhiều so với kịch bản RCP4.5. Ngoài ra, số lượng các đợt nóng được dự tính xảy ra theo các mùa đông trong 2 giai đoạn này phần lớn lớn hơn so với thời kỳ chuẩn. Các xu thế biến đổi của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo kịch bản RCP4.5 và RCP8/5 trong hai giai đoạn này đều thỏa mãn giả thiết thống kê ở mức đảm bảo 90%. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi tiến hành lấy trung bình tổ hợp 5 dự tính từ mô hình WRFcl với đầu vào từ 5 mô hình toàn cầu này.



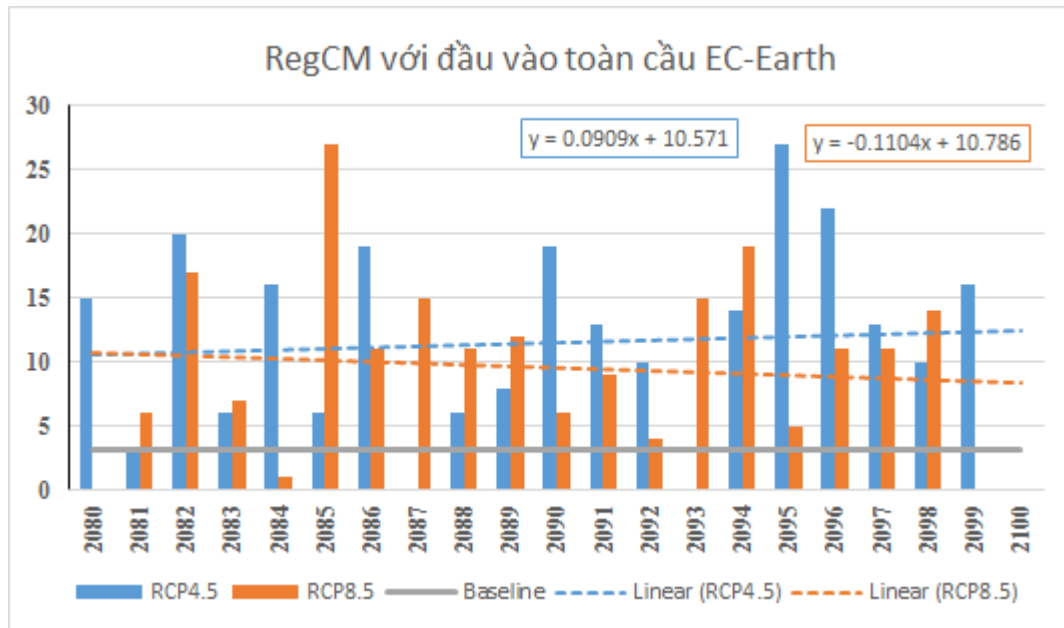
Hình 4.31. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ mô hình RegCM với đầu vào từ mô hình CNRM-CM5



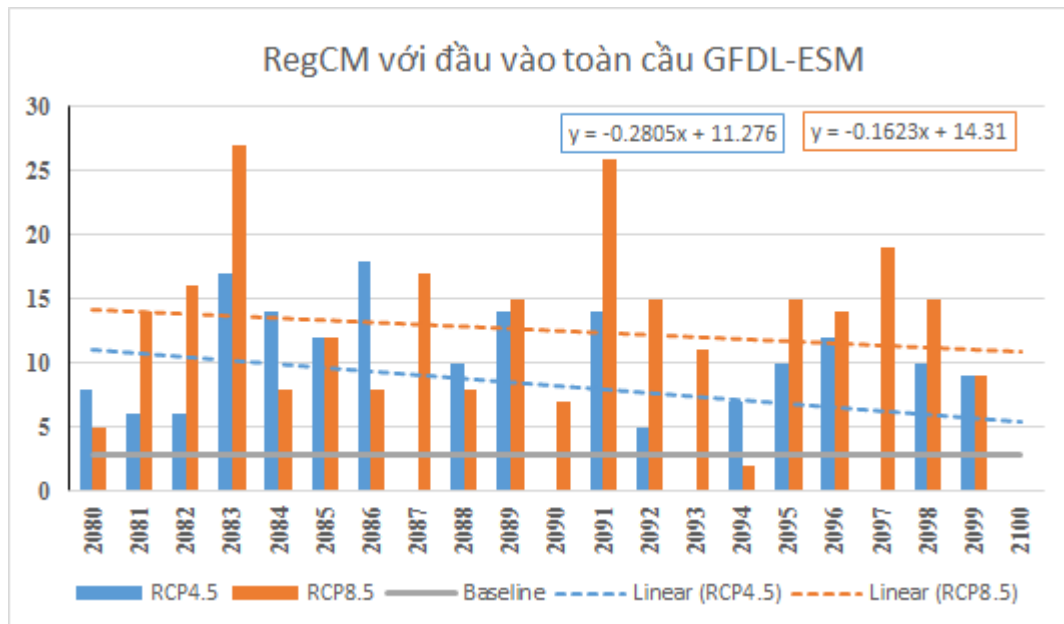
Hình 4.32. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình CSIRO



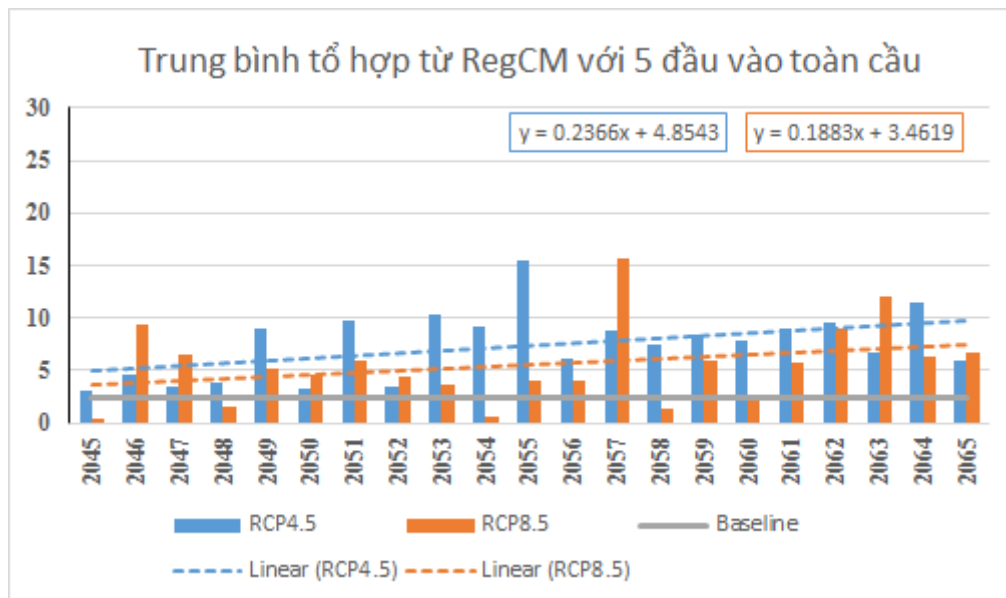
Hình 4.33. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình MPI-ESM



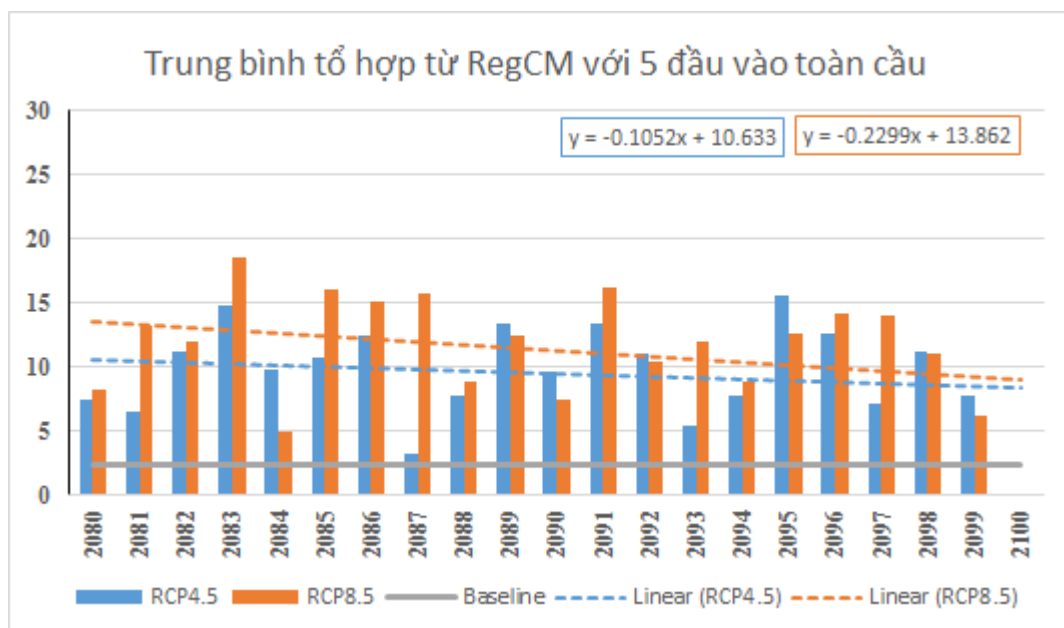
Hình 4.34. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình EC-Earth



Hình 4.35. Tương tự hình 4.31 nhưng cho đầu vào từ mô hình GFDL-ESM



Hình 4.36. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2045-2065 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau



Hình 4.37. Kết quả dự tính số đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho giai đoạn 2080-2100 từ kết quả trung bình tổ hợp của 5 đầu vào toàn cầu khác nhau

KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

Các kết quả dự tính xu thế biến đổi của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên cách tiếp cận hạ quy mô động lực từ mô hình RegCM và WRFcl với số liệu kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 toàn cầu từ 5 mô hình AOGCM đã cho thấy:

- Mức độ và xu thế biến đổi có sự khác biệt đáng kể giữa các kịch bản và giữa các đầu vào toàn cầu khác nhau. Tuy nhiên, nếu xem xét trên cùng một kịch bản và đầu vào AOGCM, kết quả dự tính từ mô hình RegCM và WRFcl chỉ khác biệt về mặt định lượng (số lượng các đợt xảy ra), còn về mặt xu thế là gần như tương tự nhau. Dự tính từ mô hình WRFcl thường cho số lượng các đợt xảy ra ít hơn so với mô hình RegCM.

- Kết quả dự tính cho thấy xu thế giảm của các đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2020-2100 theo cả 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Mức độ giảm theo kịch bản RCP8.5 lớn hơn so với kịch bản RCP4.5. Tần suất xảy ra các đợt lạnh bất thường của giai đoạn đầu thế kỷ 21 cao hơn so với giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21.

- Kết quả dự tính cho thấy xu thế tăng của các đợt nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2020-2100 theo cả 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Tuy nhiên, đến giai đoạn cuối thế kỷ 21 lại có xu thế giảm dần. Tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường tập trung vào giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21.

CHƯƠNG 5. XÂY DỰNG HỆ THỐNG DỰ BÁO VÀ CẢNH BÁO HẠN MÙA SỐ ĐỢT LẠNH VÀ NÓNG ẤM BẤT THƯỜNG TRONG MÙA ĐÔNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ỨNG PHÓ

5.1. Kết quả xây dựng hệ thống dự báo hạn mùa dựa trên các mô hình khí hậu khu vực

Như đã trình bày trong chương 2, để hướng tới dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ, đề tài lựa chọn cách tiếp cận: hạ quy mô động lực và dự báo thống kê để xây dựng các hệ thống dự báo. Với cách tiếp cận hạ quy mô động lực, các mô hình khí hậu khu vực RegCM và WRFcl được sử dụng với trường ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian được lấy từ trường phân tích và dự báo của mô hình dự báo hạn mùa toàn cầu CFS của NCEP. Ngoài ra, đề tài còn xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp hạn mùa bao gồm 36 thành phần dựa trên mô hình RegCM bằng cách nhiễu động vật lý (tại mỗi phiên dự báo chạy mô hình RegCM với 12 tùy chọn tham số hóa bức xạ, đối lưu và sơ đồ đất) kết hợp với dự báo trễ (sử dụng 2 lần dự báo trước đó). Để xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông từ các sản phẩm dự báo của các mô hình RCM nói trên, cũng như từ hệ thống dự báo tổ hợp, các tiêu chí xác định cho số liệu quan trắc được áp dụng và số liệu từ lưới mô hình sẽ được nội suy về điểm trạm bằng phương pháp nội suy điểm gần nhất. Đối với bài toán dự báo thống kê hạn mùa số đợt lạnh bất thường trong mùa đông, 6 chỉ số gió mùa Đông Á (theo nghiên cứu của Li và Yang (2010) [88]) được sử dụng để xây dựng các phương trình dự báo dựa trên cách tiếp cận “dự báo hoàn hảo”. Đối với dự báo các đợt nóng bất thường, chỉ số EFI của ECMWF được sử dụng. Trong nghiên cứu này, các dự báo thống kê hạn mùa cho các hiện tượng lạnh và nóng bất thường chỉ hướng tới dự báo có hay không xảy ra hiện tượng.

Do đối tượng nghiên cứu của đề tài là các đợt lạnh và nóng bất thường trong đó sử dụng yếu tố nhiệt độ trung bình ngày (T_{tb}) để xác định, nên trong các phân đánh giá dưới đây, chúng tôi chỉ tập trung đánh giá cho yếu tố này.

5.1.1. Kết quả đánh giá chất lượng dự báo hạn mùa trường nhiệt độ

Bảng 5.1 đưa ra kết quả tính toán chỉ số ME cho dự báo nhiệt độ trung bình ngày trong các tháng mùa đông từ mô hình RegCM và WRFcl dựa trên chuỗi số liệu dự báo hạn mùa từ mùa đông 2010/2011 đến mùa đông

2017/2018. Đây là kết quả đánh giá cho giá trị dự báo Ttb trực tiếp từ mô hình và được thực hiện tại 84 điểm trạm, sau đó lấy trung bình để ra giá trị cho toàn bộ khu vực Bắc Bộ. Từ bảng 5.1 có thể thấy cả hai mô hình RCM đều có xu hướng dự báo thiên thấp trong dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày ở tất cả các hạn dự báo. Về mặt trị số, khuynh hướng sai số dự báo nhiệt độ trung bình ngày của mô hình WRFcl rõ hơn so với mô hình RegCM. Kết quả tính toán các chỉ số MAE và RMSE được đưa ra trong các bảng 5.2 và 5.3. Từ các bảng này có thể thấy mô hình RegCM có chất lượng dự báo nhiệt độ trung bình ngày tốt hơn mô hình WRFcl do có giá trị MAE và RMSE nhỏ hơn ở tất cả các hạn dự báo. Nếu so sánh giữa MAE và RMSE của cùng một mô hình, có thể nhận thấy sự khác biệt trong giá trị giữa hai chỉ số đánh giá này không lớn. Hay nói cách khác, không tồn tại nhiều sai số lớn bất thường trong dự báo nhiệt độ trung bình ngày từ các mô hình RegCM và WRFcl. Nếu xem xét các chỉ số đánh giá tại 84 điểm trạm, kết quả đánh giá cho thấy chất lượng dự báo Ttb của cả hai mô hình tốt nhất tại khu vực đồng bằng Bắc Bộ và Đông Bắc, và kém nhất tại khu vực Tây Bắc. Như vậy, có thể thấy có ảnh hưởng của sai số địa hình tới chất lượng dự báo nhiệt độ trung bình ngày.

Bảng 5.1. Kết quả tính toán chỉ số ME cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRFcl dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018

Mô hình	Hạn dự báo					
	1	2	3	4	5	6
RegCM	-0.59	-0.15	-0.53	-0.68	-0.82	-0.68
WRFcl	-1.0	-3.74	-3.55	-0.24	-1.25	-1.32

Bảng 5.2. Kết quả tính toán chỉ số MAE cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRFcl dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018

Mô hình	Hạn dự báo					
	1	2	3	4	5	6
RegCM	3.21	2.95	3.03	3.26	3.11	3.08
WRFcl	3.30	3.00	3.06	3.29	3.45	3.72

Bảng 5.3. Kết quả tính toán chỉ số RMSE cho dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày theo các hạn dự báo khác nhau cho các mô hình RegCM và WRFcl dựa trên chuỗi số liệu từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018

Mô hình	Hạn dự báo					
	1	2	3	4	5	6
RegCM	3.96	3.61	3.74	3.69	3.88	3.94
WRFcl	4.31	3.74	3.8	3.94	4.08	4.23

5.1.2. Kết quả đánh giá dự báo trường nhiệt độ bề mặt cho hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM

Với mục tiêu khảo sát đánh giá các kết quả dự báo do ảnh hưởng của việc sử dụng các sơ đồ tham số hóa vật lý khác nhau của mô hình RegCM phù hợp với khu vực và yếu tố dự báo cần quan tâm của nghiên cứu, 3 tham số hóa vật lý được khảo sát gồm sơ đồ bề mặt, sơ đồ đối lưu và bức xạ. Bảng 5.4 đưa ra 12 cấu hình vật lý khác nhau của RegCM trong nghiên cứu này. Dự báo thử nghiệm cho các tháng chính đông (XII, I và II) của các mùa đông từ mùa đông 2010/2011 đến 2017/2018. Các tháng đứng dự báo gồm tháng 7, 8, 9 và 10 và mỗi một tháng thực hiện 6 phiên dự báo cách nhau 5 ngày bắt đầu từ ngày 1 hàng tháng. Các dự báo trung bình tổ hợp được tính từ 12 dự báo với các cấu hình vật lý khác nhau của một phiên chạy được gọi là tổ hợp đơn giản, kí hiệu là ENS12. Trong khi lấy trung bình tổ hợp từ 3 phiên chạy liên tiếp được kí hiệu là ENS36.

Hình 5.1 thể hiện kết quả nhiệt độ trung bình tháng cho từng vùng khí hậu được dự báo từ mô hình RegCM4 với các cấu hình khác nhau, mô hình CFS và kết quả quan trắc thực tế dưới dạng biểu đồ hộp. Dựa vào hình 5.1 có thể thấy rõ nhiệt độ tháng dự báo bởi mô hình CFS ở vùng Tây Bắc Bộ (R1) và Đông Bắc Bộ (R2) đều thấp hơn quan trắc thực tế ở tất cả các hạn dự báo (4 tháng, 5 tháng và 6 tháng). Chỉ riêng với khu vực đồng bằng Bắc Bộ (R3), giá trị nhiệt độ dự báo trong tháng I và tháng II xấp xỉ so với quan trắc, đặc biệt tại các hạn dự báo 5 tháng và 6 tháng. Nhìn chung, nhiệt độ trung bình tháng cho vùng R1 dự báo từ 12 thành phần dự báo riêng lẻ đều có giá trị tiệm cận với quan trắc hơn so với dự báo từ mô hình CFS. Ngoài ra, sai số dự báo

của mô hình CFS ở các vùng R1 và R2 cao hơn so với cấu hình BATS, trong khi đó CFS cung cấp dự báo tốt hơn RegCM4 ở khu vực R3.

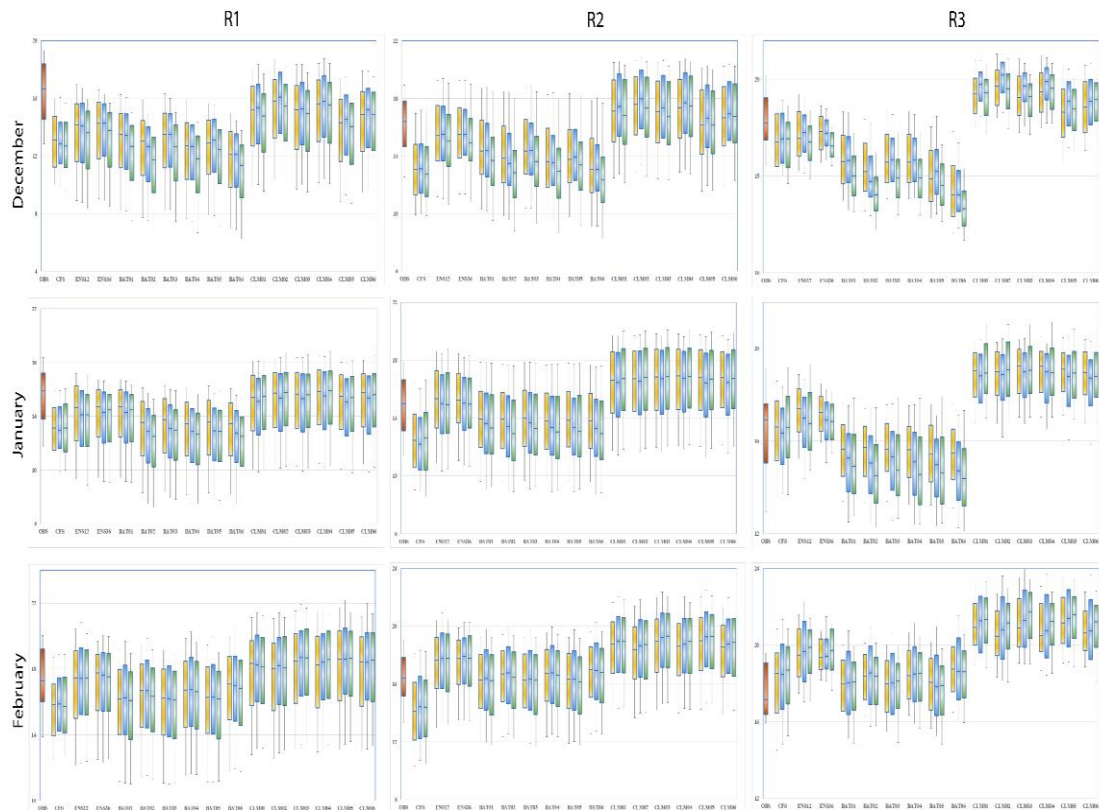
Bảng 5.4. Thông tin các thử nghiệm trong nghiên cứu

Viết tắt	Cấu hình vật lý trong mô hình		
	Sơ đồ bề mặt	Bức xạ	Đối lưu
BAT01	BATS	RRTM	Grell
BAT02	BATS	CCRM	Grell
BAT03	BATS	RRTM	Tiedtke
BAT04	BATS	CCRM	Tiedtke
BAT05	BATS	RRTM	Kain-Fritsch
BAT06	BATS	CCRM	Kain-Fritsch
CLM01	CLM45	RRTM	Grell
CLM02	CLM45	CCRM	Grell
CLM03	CLM45	RRTM	Tiedtke
CLM04	CLM45	CCRM	Tiedtke
CLM05	CLM45	RRTM	Kain-Fritsch
CLM06	CLM45	CCRM	Kain-Fritsch

Từ 12 dự báo đơn lẻ cũng cho thấy khả năng dự báo của mô hình RegCM4 với các cấu hình vật lý khác nhau hầu hết nhạy hơn với sơ đồ tham số hóa mặt đất so với sơ đồ bức xạ hay sơ đồ đối lưu. Đối với khu vực R1, phân bố dự báo sử dụng sơ đồ CLM tiến gần quan trắc hơn so với cấu hình BATS trong tất cả các tháng mùa đông, trong khi tương tự như CFS, BATS có xu hướng đưa ra các giá trị dự báo thấp hơn so với quan trắc. Ở hai khu vực còn lại là R2 và R3, dự báo CLM có thiên hướng dự báo nhiệt độ cao hơn so với dự báo BATS. So sánh dự báo trong tháng I và tháng II, cấu hình BATS có dự báo tốt hơn so với cấu hình CLM. Sự khác biệt giữa các hạn dự báo được thấy rõ rệt nhất trong tháng XII ở cả hai cấu hình BATS và CLM, đặc biệt ở khu vực R2 và R3.

Đối với dự báo nhiệt độ tháng XII, nhiều trạm đưa ra dự báo thấp hơn so với quan trắc ở cấu hình BATS. Tại các trạm ở vùng núi, sai số có thể lên tới 3-5°C do sự chênh lệch lớn giữa độ cao tại điểm lưới mô hình và độ cao trạm thực tế. Với các khu vực đồng bằng ven biển, sự khác biệt giữa cấu hình BATS và CLM cho khu vực R3 là rất lớn, gây ra độ phân tán lớn trong hệ thống ENS12 và ENS36. Xu hướng sai số của cấu hình BATS và CLM được

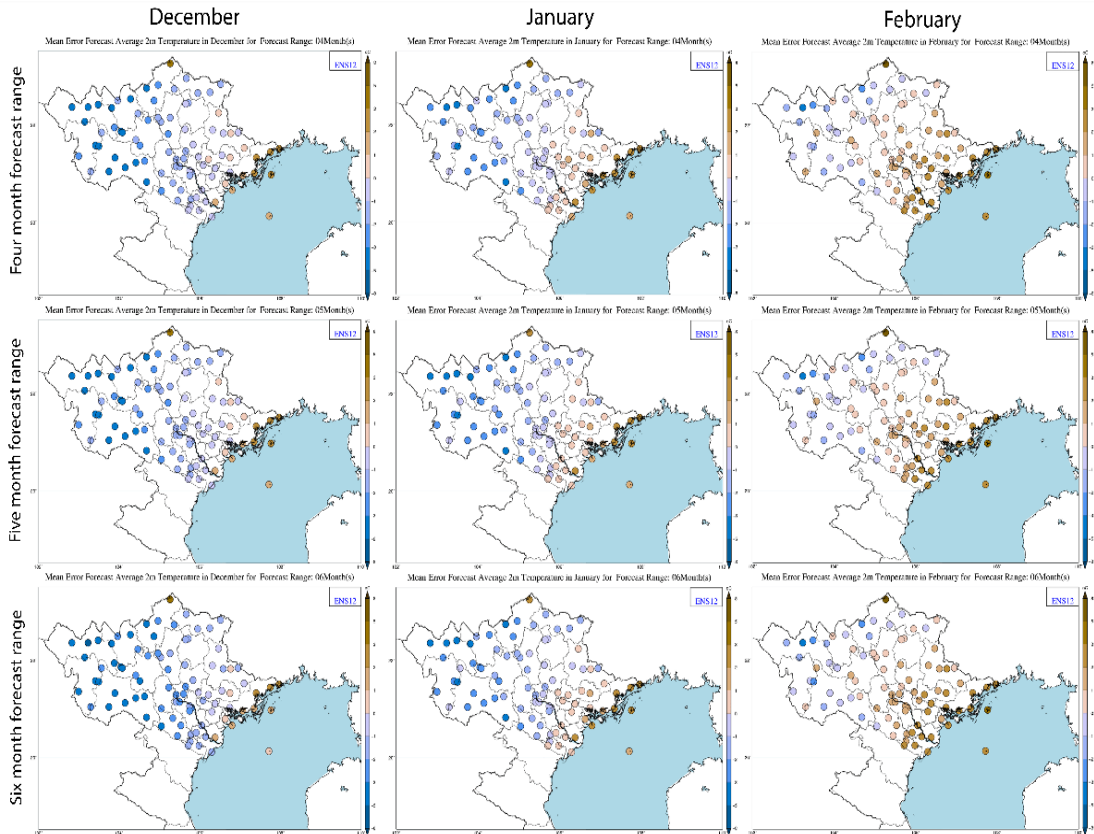
thể hiện trong phân bố sai số trung bình tại từng điểm trạm trong hình 5.2 với hạn dự báo 6 tháng cho dự báo tổ hợp từ 12 dự báo vật lý khác nhau.



Hình 5.1. Nhiệt độ trung bình tháng giai đoạn 2011-2018 cho từng vùng khí hậu R1, R2, và R3 tại các tháng 12, 1 và 2 từ mô hình (CFS), các dự báo sử dụng BATS, sử dụng CLM, trung bình tổ hợp từ 12 dự báo với các cấu hình khác nhau (ENS12), trung bình tổ hợp từ 3 lần chạy liên tiếp (ENS36) tại các hạn 4,5,6 (màu vàng, xanh da trời và xanh lá cây) và quan trắc (đỏ). Biểu đồ hợp thể hiện giá trị phân vị 25 và 75, biểu đồ râu thể hiện phân vị 10 và 90

Về các sai số dự báo, chỉ số RMSE của dự báo BATS trong khoảng 3,5 - 4°C đối với R1 và từ 2,3 - 3,5°C đối với R2 và R3, trong khi đó con số này đối với dự báo CLM là từ 2,5 - 3°C cho R1 và R2, và từ 2,5 - 4°C cho R3 (Bảng 5.5). Đánh giá thêm về dự báo BATS khi chuyển đổi sơ đồ tham số hóa bức xạ hoặc tích lũy cho thấy, trong R1 và R2 cho các tháng mục tiêu của tháng 12 và tháng 1, sơ đồ RRTM cung cấp kết quả tốt hơn so với CCRM với mức giảm 10% - 20% trong RSME. Độ nhạy trong tháng hai và cho R3 nhỏ hơn. BATS với sơ đồ KF cho thấy sai số cao hơn so với các sơ đồ GR và TD (RMSE tăng 5% - 10%). Đối với CLM, độ nhạy của các sơ đồ bức xạ khác nhau không lớn và rõ ràng như với BATS. Tuy nhiên, sự kết hợp với CCRM có xu hướng sai số thấp hơn so với RRTM.

Việc đánh giá các hệ vật lý khác nhau cho thấy sự không chắc chắn trong các dự báo, đặc biệt là với hai quá trình trên mặt đất khác nhau, từ đó tạo điều kiện cho việc tạo ra các khoảng tin cậy của dự báo với RegCM4 cho nhiệt độ mùa đông miền Bắc Việt Nam trong phạm vi dự báo theo mùa.

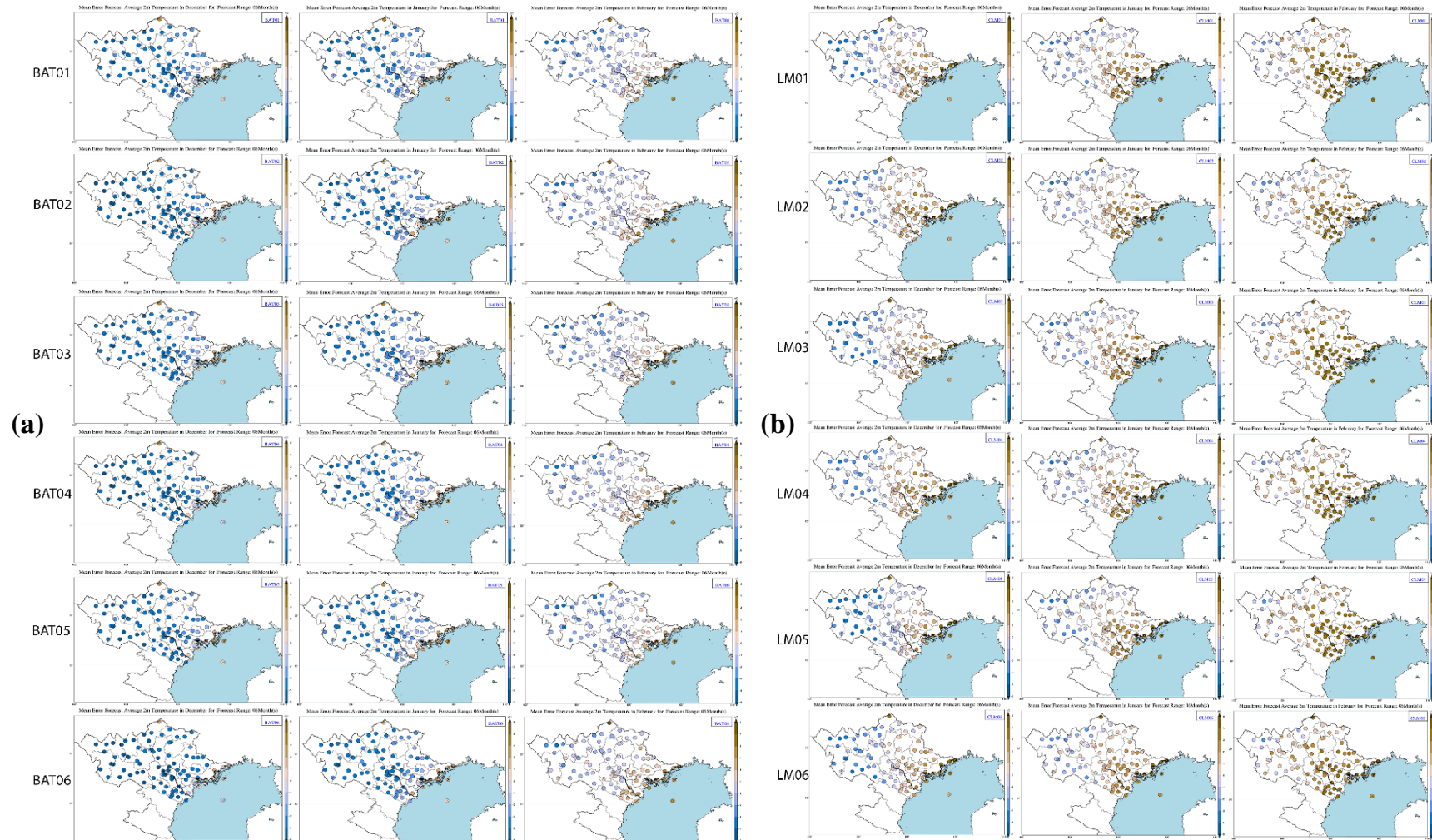


Hình 5.2. Sai số trung bình (ME) của giai đoạn 2011-2018 tại từng trạm trên Bắc bộ cho dự báo tháng 12. 1 và 2 hạn dự báo 6 tháng cho dự báo tổ hợp từ 12 dự báo vật lý khác nhau ENS12

Trong hình 5.1, giá trị trung bình chung của ENS12 và ENS36 được vẽ cùng với các dự báo duy nhất. Đối với vùng cận khí hậu R1, vào tháng 12, cả ENS12 và ENS36 đều không thể cải thiện dự báo do dự báo sai lệch âm lớn từ các cấu hình BATS. Tuy nhiên, đối với các dự báo tháng 1 và tháng 2, các dự báo có nghĩa là đồng nhất rõ ràng phù hợp với các biến thể quan sát. Trong các dự báo có nghĩa là đồng nhất, vẫn còn nhiều giá trị dự báo lạnh hơn so với các dự báo. RMSEs (Bảng 5.5) cho R1 trong tháng 1 và tháng 2 là khoảng 2 - 3°C và thấp hơn so với các dự báo đơn lẻ. Chỉ số RMSE của ENS36 thấp hơn 5% - 10% so với ENS12. Đối với R2 và R3, RMSE đã được cải thiện rõ ràng, khoảng 2 - 2,5°C đối với ENS12 và ENS36 thấp hơn khoảng 20% so với ENS12. Các bản phân phối ME cho ENS12 trong Hình 3 cho thấy sự cải thiện của ENS12 so với các dự báo đơn lẻ (Hình 5.3).

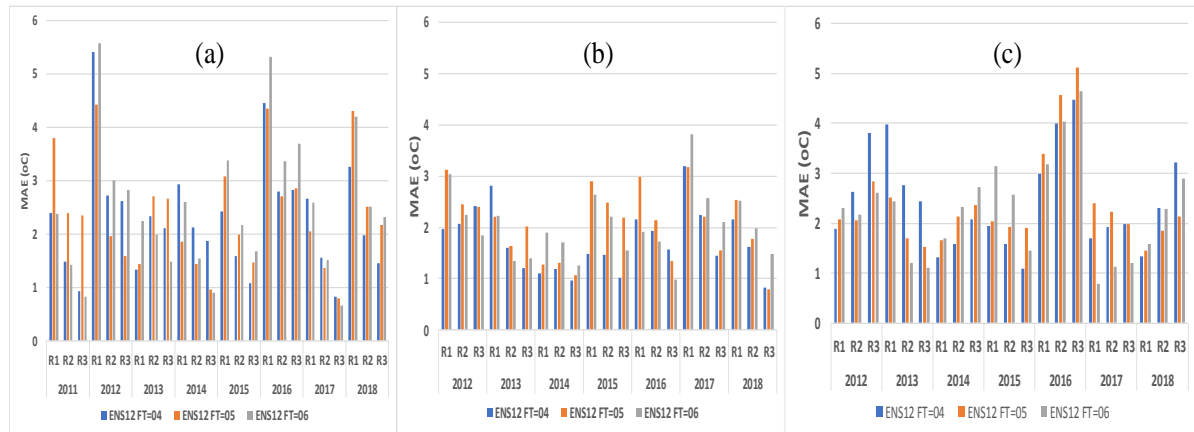
Bảng 5.5. Sai số RMSE trong giai đoạn 2011-2018 cho dự báo nhiệt độ trung bình tháng 12, 1 và 2 của các cấu hình dự báo khác nhau với hạn dự báo 4,5,6 tháng tại từng vùng khí hậu

Vùng	Tháng	Hạn dự báo	ENS12	ENS36	BAT01	BAT02	BAT03	BAT04	BAT05	BAT06	CLM01	CLM02	CLM03	CLM04	CLM05	CLM06
R1	Tháng 12	4	3,61	3,43	4,06	4,54	4,05	4,72	4,51	5,24	2,93	2,52	3	2,64	3,6	3,05
	Tháng 12	5	3,66	3,48	4,17	4,97	4,14	4,87	4,48	5,36	2,78	2,4	2,89	2,56	3,31	2,88
	Tháng 12	6	4,07	3,86	4,86	5,65	4,9	5,54	5,04	6,03	3,16	2,75	3,08	2,71	3,65	3,05
R2	Tháng 12	4	2,52	2,33	3,02	3,33	3,02	3,5	3,38	3,85	2,61	2,64	2,64	2,62	2,62	2,48
	Tháng 12	5	2,62	2,43	3,16	3,74	3,15	3,65	3,41	4	2,62	2,83	2,73	2,79	2,62	2,57
	Tháng 12	6	2,75	2,53	3,64	4,2	3,67	4,16	3,83	4,54	2,57	2,71	2,51	2,65	2,52	2,48
R3	Tháng 12	4	2,13	1,86	2,92	3,27	2,92	3,54	3,53	4,14	2,4	2,57	2,41	2,45	2,24	2,21
	Tháng 12	5	2,29	2,04	3,16	3,83	3,15	3,72	3,56	4,32	2,5	2,85	2,57	2,7	2,29	2,36
	Tháng 12	6	2,42	2,12	3,69	4,4	3,8	4,41	4,05	5,01	2,34	2,55	2,13	2,43	1,94	2,17
R1	Tháng 1	4	2,68	2,51	3,41	3,56	3,39	3,6	3,49	3,6	2,3	2,15	2,2	2,08	2,22	2,06
	Tháng 1	5	3,09	2,8	3,87	4,13	3,86	4,07	3,96	4,16	2,59	2,46	2,51	2,32	2,64	2,42
	Tháng 1	6	3,08	2,77	3,99	4,4	4,03	4,29	4,09	4,47	2,33	2,22	2,3	2,14	2,41	2,25
R2	Tháng 1	4	2,17	2	2,72	2,78	2,71	2,77	2,74	2,77	2,52	2,53	2,56	2,56	2,49	2,48
	Tháng 1	5	2,43	2,08	3,05	3,19	3,04	3,14	3,13	3,22	2,64	2,66	2,68	2,6	2,68	2,58
	Tháng 1	6	2,48	2,12	3,2	3,42	3,25	3,4	3,36	3,52	2,6	2,64	2,59	2,62	2,57	2,64
R3	Tháng 1	4	1,69	1,44	2,21	2,22	2,19	2,19	2,19	2,32	2,67	2,7	2,74	2,76	2,66	2,64
	Tháng 1	5	2,02	1,51	2,71	2,76	2,69	2,72	2,83	3	2,74	2,81	2,81	2,74	2,82	2,71
	Tháng 1	6	2,02	1,54	2,82	3,06	2,92	3,09	3,1	3,27	2,77	2,81	2,76	2,82	2,67	2,76
R1	Tháng 2	4	2,84	2,39	3,14	2,91	3,14	3,08	3,22	2,84	2,81	2,86	3,04	3,02	3,05	2,85
	Tháng 2	5	2,75	2,27	3,2	2,95	3,21	2,99	3,2	2,82	2,71	2,79	2,86	2,81	2,85	2,83
	Tháng 2	6	2,66	2,5	3,19	3,03	3,18	2,94	3,19	2,81	2,69	2,71	2,81	2,75	2,73	2,81
R2	Tháng 2	4	2,96	2,58	2,91	2,75	2,89	2,87	2,93	2,76	3,51	3,36	3,73	3,54	3,77	3,32
	Tháng 2	5	2,9	2,5	2,89	2,71	2,9	2,77	2,9	2,72	3,47	3,42	3,67	3,46	3,69	3,45
	Tháng 2	6	2,73	2,64	2,72	2,57	2,71	2,6	2,77	2,59	3,46	3,31	3,67	3,41	3,64	3,42
R3	Tháng 2	4	3,17	2,76	2,7	2,62	2,69	2,79	2,73	2,79	4,11	3,84	4,3	4,01	4,43	3,92
	Tháng 2	5	3,06	2,66	2,58	2,49	2,58	2,59	2,62	2,6	4,12	3,95	4,32	4	4,36	3,95
	Tháng 2	6	2,89	2,82	2,28	2,2	2,26	2,32	2,33	2,38	4,16	3,9	4,36	3,99	4,33	4,01



Hình 5.3. Sai số trung bình (ME) của giai đoạn 2011-2018 tại từng trạm trên Bắc bộ cho dự báo tháng 12. 1 và 2 hạn dự báo 6 tháng, đối với 6 dự báo sử dụng BATS (a) và sử dụng CLM (b)

Trong Hình 5.6, các chỉ số MAE hàng năm của ENS12 ở tất cả các vùng dự báo cho thấy rằng các sai số xảy ra rất lớn trong năm 2012 (đối với R1 với các giá trị ~4.5 - 5.5°C cho tháng 12), vào năm 2016 (R1, R2 và R3 với các giá trị ~3 - 5°C) và năm 2018 (đối với R1 có giá trị ~3 - 4°C cho tháng 12).



Hình 5.6. Sai số trung bình tuyệt đối tại từng năm của dự báo ENS12 với các cấu hình vật lý khác nhau tại từng vùng ở từng hạn dự báo 4.5.6

Các kết quả được đánh giá trực tiếp với các quan trắc của Việt Nam trong giai đoạn này cho thấy dự báo có độ nhạy lớn nhất đối với sự thay đổi sơ đồ bề mặt. Việc sử dụng sơ đồ BATS có xu thế dự báo sai số thiên âm còn sử dụng CLM4.5 có xu thế dự báo thiên dương. Việc tổ hợp các 12 dự báo khác nhau cũng cho phép có kết quả với sai số giảm hơn so với việc sử dụng từng dự báo đơn lẻ. Sai số dự báo nhiệt độ trung bình các tháng mùa đông còn lớn ở tất cả các cấu hình vật lý thử nghiệm. Tuy nhiên, với hệ số tương quan cao cho từng vùng khí hậu cho thấy khả năng áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh thống kê.

5.1.3. Kết quả thử nghiệm dự báo số đợt lạnh và nóng bất thường

Trong phần dưới đây, chúng tôi đưa ra kết quả đánh giá khả năng dự báo sự xuất hiện của các đợt lạnh và nóng ấm bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ từ sản phẩm dự báo nhiệt độ trung bình ngày của các mô hình RegCM và WRFcl. Quá trình đánh giá được thực hiện trên chuỗi số liệu dự báo thử nghiệm của 2 mô hình RCM này trong các mùa đông từ mùa đông 2010/2011 đến mùa đông 2017/2018. Bảng 5.6 và 5.7 đưa ra kết quả xác định các đợt lạnh và nóng bất thường xảy ra ở Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018. Từ các bảng này có thể thấy trong giai đoạn 2010-2018, đã có 27 đợt lạnh bất thường xảy ra trong đó các mùa đông 2011/2012, 2012/2013 và 2016/2017 có

nhieu nhất với 5 đợt, các mùa đông 2013/2014 và 2017/2018 chỉ có duy nhất 1 đợt lạnh bất thường xảy ra. Trong 27 đợt lạnh bất thường được xác định, có 4 đợt xảy ra vào tháng XI, 6 đợt vào tháng XII và II, 8 đợt vào tháng III và chỉ có 3 đợt vào tháng I (xem bảng 5.6). Đối với các đợt nóng bất thường, trong giai đoạn 2010-2018 chỉ ghi nhận thấy có 5 đợt xảy ra vào các mùa đông 2010/2011 (2 đợt), 2015/2016 (2 đợt) và 2016/2017 (1 đợt). Tất cả các đợt nóng bất thường đều xảy ra vào các tháng chính đông trong đó có 1 đợt vào tháng XII và các tháng I, II mỗi tháng có 2 đợt xảy ra.

Bảng 5.6. Kết quả xác định các đợt lạnh bất thường xảy ra ở Bắc Bộ theo các tháng trong giai đoạn 2010-2018

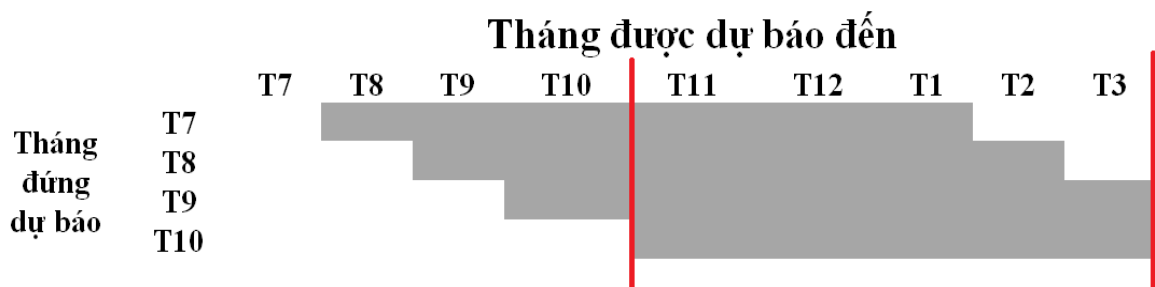
Mùa đông	Tháng					Tổng theo mùa
	XI	XII	I	II	III	
2010/2011	0	1	0	1	1	3
2011/2012	0	2	0	0	3	5
2012/2013	1	1	1	1	1	5
2013/2014	1	0	0	0	0	1
2014/2015	0	1	1	0	2	4
2015/2016	1	0	1	1	0	3
2016/2017	1	0	0	3	1	5
2017/2018	0	1	0	0	0	1
Tổng cả giai đoạn	4	6	3	6	8	27

Bảng 5.7. Kết quả xác định các đợt lạnh bất thường xảy ra ở Bắc Bộ theo các tháng trong giai đoạn 2010-2018

Mùa đông	Tháng			Tổng theo mùa
	XII	I	II	
2010/2011	0	1	1	2
2011/2012	0	0	0	0
2012/2013	0	0	0	0
2013/2014	0	0	0	0
2014/2015	0	0	0	0

2015/2016	1	0	1	2
2016/2017	0	1	0	1
2017/2018	0	0	0	0
Tổng cả giai đoạn	1	2	2	5

Để có đánh giá khách quan, đảm bảo tính thống kê trong các chỉ số đánh giá, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng tất cả các dự báo được dự báo tới tháng mùa đông để đánh giá khả năng dự báo sự xuất hiện của hiện tượng. Khác với bài toán dự báo thời tiết, khái niệm hạn dự báo trong bài toán dự báo hạn mùa ám chỉ tháng được dự báo. Do đó, tất cả các thông tin dự báo đến tháng được dự báo đề có thể coi là xác định cùng một thời điểm mặc dù các dự báo này có thể có thời điểm phân tích ban đầu khác nhau. Cụ thể, với các tháng đứng dự báo là tháng VII, VIII, IX và X trong đó mỗi tháng sẽ có 6 dự báo thực hiện vào các ngày 1, 6, 11, 16, 21 và 26 trong tháng (cần lưu ý là hạn dự báo là 6 tháng không hàm ý dự báo đủ 6 tháng từ thời điểm ban đầu, hạn dự báo 6 tháng ở đây được hiểu là dự báo cho 6 tháng tiếp theo tính từ tháng đứng dự báo), khi đó tổng số dự báo đến tháng XI sẽ là $4 \times 6 = 24$, tương tự như vậy với tháng XII và tháng I, với tháng II sẽ chỉ có $3 \times 6 = 18$ dự báo và với tháng III sẽ chỉ có $2 \times 6 = 12$ dự báo (xem hình 5.7).



Hình 5.7. Sơ đồ minh họa cách thức dự báo mùa và thống kê xác định số lượng dung lượng mẫu để đánh giá

Với cách thức dự báo này, tổng dung lượng mẫu được sử dụng để đánh giá cho 1 hiện tượng xảy ra trong tháng XI trong cả giai đoạn thử nghiệm từ mùa đông 2010/2011 đến mùa đông 2017/2018 sẽ là $4 \times 6 \times 9 = 216$ mẫu. Như vậy, tổng dung lượng mẫu đánh giá cho các tháng XI, XII và I sẽ là 216 mẫu, cho tháng II là 162 và cho tháng III là 108. Trong nghiên cứu này, chúng tôi không thực hiện đánh giá riêng lẻ cho từng tháng mà sử dụng toàn bộ các tháng trong mùa đông để đưa vào đánh giá. Do đó, tổng dung lượng

mẫu đưa vào để tính toán các chỉ số đánh giá pha sẽ là 918. Cách thức gộp dữ liệu dự báo này không chỉ làm tăng dung lượng mẫu, mà còn cho phép xem xét về tỷ lệ dự báo đúng hiện tượng có xảy ra, tỷ lệ dự báo không và tỷ lệ dự báo sót.

Bảng 5.8 đưa ra kết quả đánh giá khả năng dự báo có hay không có xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ mô hình RegCM, WRFcl và hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM trong đó chỉ sử dụng thành phần dự báo trung bình tổ hợp (ký hiệu là RegCM_ENS). Từ bảng 5.18 có thể thấy dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh bất thường của mô hình RegCM có xu thế thiên cao do có chỉ số BIAS >1. Về khả năng dự báo đúng đợt lạnh có xảy ra, chỉ số POD khá cao. Cụ thể, trong 27 đợt lạnh bất thường đã xảy ra trong giai đoạn 2010-2018, mô hình RegCM đã dự báo đúng được 22 lần và dự báo sót 5 lần (hiện tượng có xảy ra nhưng mô hình dự báo không xảy ra). Tuy nhiên, nếu xem xét chỉ số FAR có thể thấy tỷ lệ dự báo không của RegCM vẫn còn khá cao. Theo số liệu đánh giá, có 30 lần dự báo không (dự báo xảy ra hiện tượng nhưng thực tế hiện tượng không xảy ra) trong giai đoạn 2010-2018.

Bảng 5.8. Kết quả đánh giá khả năng dự báo xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ mô hình RegCM, WRFcl và dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM

Chỉ số đánh giá	RegCM	RegCM_ENS	WRFcl
BIAS	1.93	1.89	2.15
POD	0.81	0.93	0.67
FAR	0.57	0.49	0.69
TS	0.38	0.49	0.27

Đối với mô hình WRFcl, xu thế dự báo thiên cao cũng được tìm thấy. Tỷ lệ dự báo đúng đợt lạnh bất thường xảy ra của WRFcl cũng kém hơn so với RegCM. Cụ thể, trong cả giai đoạn 2010-2018, mô hình WRFcl chỉ dự báo đúng được 18 đợt lạnh bất thường, có 9 đợt dự báo sót. Tỷ lệ dự báo không của mô hình WRFcl cũng cao hơn so với RegCM. Nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ dự báo không cao ở hai mô hình là do dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày của 2 mô hình RCM này có xu hướng thiên thấp (tức là dự báo nền

hiệt độ trung bình ngày thấp hơn so với thực tế) dẫn đến tăng tỷ lệ dự báo hiện tượng có xảy ra. Chuyển sang kết quả đánh giá cho hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM, kết quả đánh giá cho thấy việc sử dụng giá trị trung bình tổ hợp đã cải thiện được khả năng dự báo đúng hiện tượng có xảy ra ($POD=0.93$) và cũng làm giảm phần nào tỷ lệ dự báo không. Theo phương án dự báo RegCM_ENS, số đợt lạnh bất thường được dự báo đúng là 25 và số dự báo sót là 2, trong khi số trường hợp dự báo không là 24. Trong số 3 phương án thử nghiệm dự báo, chỉ số TS của phương án RegCM_ENS là cao nhất, kế tiếp là RegCM và cuối cùng là WRFcl. Như vậy, sử dụng dự báo tổ hợp đã cho thấy sự cải thiện trong chất lượng dự báo khả năng xuất hiện hiện tượng lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ.

Tương tự bảng 5.8, bảng 5.9 đưa ra kết quả đánh giá khả năng dự báo hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ từ 3 phương án dự báo như trên. Từ bảng 5.9 có thể thấy cả 3 phương án đều cho xu hướng dự báo thiên cao. Đối với dự báo từ mô hình RegCM, trong 5 lần xảy ra hiện tượng nóng bất thường trong các mùa đông từ 2010-2018, chỉ có 3 lần được mô hình RegCM dự báo đúng, 2 lần còn lại là dự báo sót. Mặc dù chỉ có 5 lần dự báo không nhưng do dung lượng mẫu xảy ra đợt nóng bất thường thấp nên chỉ số FAR vẫn ở mức cao. Nguyên nhân dẫn đến khả năng dự báo đúng hiện tượng xảy ra và dự báo không thấp cũng liên quan tới lý do dự báo trường nhiệt độ trung bình ngày của mô hình RegCM có xu hướng thiên thấp. So với mô hình RegCM, chất lượng dự báo của mô hình WRFcl ở mức thấp hơn nhiều. Dự báo từ mô hình WRFcl chỉ dự báo đúng duy nhất 1 lần hiện tượng có xảy ra, còn 4 lần là dự báo sót. Trong cả giai đoạn 2010-2018, WRFcl cũng chỉ cho 6 lần dự báo không (cao hơn 1 lần so với RegCM). Đối với phương án dự báo trung bình tổ hợp, mặc dù không làm tăng chất lượng dự báo đúng hiện tượng có xảy ra nhưng phần nào đã làm giảm được tỷ lệ dự báo không (chỉ có 2 lần dự báo không so với 5 lần dự báo không khi sử dụng sản phẩm dự báo trực tiếp từ RegCM). Nếu xem xét chỉ số TS trong đánh giá khả năng dự báo hiện tượng nóng bất thường, thì phương án dự báo trung bình tổ hợp từ mô hình RegCM vẫn cho chất lượng dự báo cao nhất, kế tiếp là phương án sử dụng trực tiếp trường dự báo nhiệt độ trung bình ngày từ mô hình RegCM. Mô hình WRFcl cho chất lượng dự báo kém nhất, thậm chí có thể coi là không có kỹ năng dự báo.

Bảng 5.9. Tương tự bảng 5.8 nhưng cho hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ

Chỉ số đánh giá	RegCM	RegCM_ENS	WRFcl
BIAS	1.60	1.60	1.4
POD	0.60	0.60	0.2
FAR	0.63	0.40	0.86
TS	0.30	0.43	0.09

5.2. Kết quả thử nghiệm dự báo hạn mùa khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường dựa trên cách tiếp cận thống kê

Như đã trình bày trong mục 2.4.6 chương II, 6 chỉ số gió mùa Đông Á (EAWMI) theo nghiên cứu của Li và Yang (2010) [88] được sử dụng để xây dựng các phương trình thống kê tuyến tính dự báo hạn mùa khả năng xảy ra hiện tượng lạnh bất thường. Cụ thể, sẽ có 7 phương trình dự báo được xây dựng trong đó có 6 phương trình dạng hồi quy tuyến tính đơn biến áp dụng riêng rẽ cho từng chỉ số EAWMI (xem bảng 2.11 ở chương 2) và một phương trình hồi quy tuyến tính đa biến với số nhân tố dự tuyển là 6 chỉ số nói trên. Quá trình tuyển chọn nhân tố được thực hiện bằng phương pháp hồi quy từng bước tiến. Cụ thể, nếu một nhân tố đưa vào không làm tăng được chất lượng dự báo quá 10% thì nhân tố đó không được lựa chọn. Do đó yếu tố dự báo là xác suất xảy ra hiện tượng, nên chỉ số đánh giá chất lượng của phương trình dự báo là chỉ số BSS (Brier Skill Score) và chuẩn sai thặng dư (mức độ giảm sai số) được tính toán dựa trên chỉ số BSS.

Các phương trình dự báo được xây dựng riêng rẽ cho các tháng dự báo (gồm tháng XI cho đến tháng III năm sau). Như vậy, tổng số sẽ có 7 phương trình (6 đơn biến + 1 đa biến) x 5 tháng = 35 phương trình. Bộ số liệu phụ thuộc sẽ sử dụng số liệu tái phân tích ERA-Interim trong giai đoạn 1979-2010. Sau khi các phương trình dự báo đã được xây dựng, quá trình thử nghiệm cho bộ số liệu độc lập sẽ sử dụng dự báo hạn mùa của mô hình CFS cho các mùa đông từ 2010/2011 đến 2017/2018 (sử dụng giải thiết dự báo hoàn hảo). Để đảm bảo tính thống nhất về dung lượng mẫu khi so sánh chất lượng dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh bất thường từ phương pháp hạ quy

mô động lực dựa trên các mô hình RegCM và WRFcl, các sản phẩm dự báo hạn mùa của mô hình CFS chỉ được lấy vào các ngày 1, 6, 11, 16, 21 và 26 của các tháng VII, VIII, IX và X.

Tương tự như cách áp dụng đánh giá cho mô hình RegCM và WRFcl, nếu coi mỗi dạng phương trình là một mô hình dự báo thống kê thì 5 phương trình dự báo cho các tháng XI, XII, I, II và III của chỉ số I_{Chen} có thể gộp vào coi như một dự báo. Phần đánh giá kết quả dưới đây chúng tôi sử dụng cách tiếp cận này để đảm bảo có đủ lượng mẫu đánh giá.

Bảng 5.10. Kết quả đánh giá khả năng dự báo xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ 7 phương án dự báo thống kê dựa trên các chỉ số gió mùa Đông Á

Chỉ số	Phương trình dự báo						
	I_{CHEN}	I_{Yang}	I_{Jhun}	I_{Shi}	I_{SUN}	$I_{Li\&Yang}$	Đa biến
BIAS	2.63	2.41	2.00	1.96	2.11	1.85	2.0
POD	0.78	0.85	0.85	0.78	0.81	0.74	0.89
FAR	0.70	0.65	0.58	0.60	0.61	0.60	0.56
TS	0.27	0.33	0.39	0.36	0.35	0.35	0.42

Bảng 5.10 ở trên đưa ra kết quả tính toán các chỉ số BIAS, POD, FAR và TS cho dự báo xảy ra đợt lạnh bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 từ 7 phương án dự báo thống kê dựa trên các chỉ số gió mùa Đông Á. Từ bảng 3.10 có thể thấy tất cả các phương án dự báo thống kê được thử nghiệm đều cho xu hướng dự báo thiên cao (tần suất xảy ra nhiều hơn so với tần suất xảy ra hiện tượng được quan trắc) . Về mặt chất lượng dự báo, khả năng dự báo đúng các hiện tượng xảy ra cũng không có nhiều khác biệt quá lớn. Phương án sử dụng phương trình đa biến cho kết quả dự báo đúng số đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất (24/27 đợt), trong khi các phương án chỉ sử dụng các chỉ số I_{Chen} và I_{Shi} cho dự báo đúng được 21/27 đợt. Chỉ số POD thấp nhất khi sử dụng phương trình dự báo dựa trên chỉ số $I_{Li\&Yang}$. Từ bảng 5.10 cũng thế có thể thấy tỷ lệ dự báo không vẫn còn cao. Nguyên nhân có thể do các trường gió, nhiệt và áp được dự báo từ mô hình CFS có cường độ mạnh hơn so với thực tế. Xét một cách tổng thể,

phương án dự báo sử dụng tổ hợp các chỉ số EAWMI cho chất lượng tốt nhất (tỷ lệ dự báo đúng hiện tượng có xảy ra cao nhất và có tỷ lệ dự báo không thấp nhất). Phương án này cũng có giá trị TS cao hơn so với các phương án còn lại.

Đối với dự báo khả năng xảy ra các đợt nóng bất thường trong mùa đông, đề tài sử dụng chỉ số EFI của ECMWF. Do chỉ số này được tính dựa trên khái niệm “khí hậu mô hình”, trong khi hệ thống dự báo hạn mùa của ECMWF thường xuyên được liên tục và cải tiến, nên việc xây dựng quan hệ thống kê sẽ gặp nhiều bất lợi khi bản chất sai số hệ thống liên tục thay đổi. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi không tiến hành xây phương trình dự báo thống kê mà tiến hành xác định ngưỡng cho chỉ số EFI để căn cứ vào đây đưa ra thông tin dự báo là có hay không có xảy ra hiện tượng nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ.

Dựa trên chuỗi số liệu về chỉ số EFI cho dự báo hạn mùa được thu thập từ ECMWF trong giai đoạn 1979-2010 (sử dụng số liệu Hintcast để tính toán khí hậu mô hình) và số liệu xảy ra các đợt nóng bất thường trong mùa đông đã được xác định trong giai đoạn này, chúng tôi xây dựng biểu đồ tần suất xảy ra hiện tượng nóng bất thường. Dựa trên giá trị giao nhau giữa đường tần suất xảy ra và không xảy ra, chúng tôi đã lựa chọn được ngưỡng xác định là 0.65. Cụ thể, nếu ngày nào đó trong mùa đông có chỉ số EFI cho trường nhiệt độ không khí bề mặt lớn hơn 0.65 thì được coi là có xảy ra hiện tượng nóng bất thường. Ngưỡng xác định này được áp dụng cho số liệu dự báo hạn mùa từ hệ thống VarEPS của ECMWF. Ở đây, chúng tôi chỉ lấy trường trung bình tổ hợp để thử nghiệm dự báo cho giai đoạn 2010-2018. Kết quả thử nghiệm cho thấy trong 5 lần xảy ra các đợt nóng bất thường, dự báo dựa trên chỉ số EFI cho dự báo đúng 3 lần. Tuy nhiên, số lần dự báo không của EFI cũng tương đối nhiều vào phần lớn rơi vào các tháng XI và tháng III.

5.3. Xây dựng hệ thống giám sát, dự báo và cảnh báo và trang thông tin chia sẻ kiến thức cho cộng đồng

Trong Luật KTTV, hệ thống giám sát BDKH bao hàm các nội dung từ xây dựng quản lý mạng lưới trạm giám sát; thu thập dữ liệu; phân tích theo dõi xu thế biến đổi; xây dựng kịch bản; ... Trong dự báo tác nghiệp, khái niệm “giám sát” được hiểu là việc theo dõi liên tục diễn biến của hiện tượng quan tâm và liên tục cung cấp thông tin dự báo về hiện tượng đó. Do đó, hệ

thống giám sát số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong nghiên cứu này sẽ được xây dựng theo cách tiếp cận nói trên. Cụ thể, từ hệ thống dự báo dự hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc được xây dựng dựa trên cả cách tiếp cận động lực và thống kê để cung cấp đa dạng các sản phẩm phục vụ nghiệp vụ dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường. Đối với cách tiếp cận động lực, mô hình RegCM được sử dụng với số liệu đầu vào từ mô hình CFS, đối với cách tiếp cận thống kê, các phương trình dự báo thống kê được sử dụng. Cuối cùng, phương pháp dự báo tổ hợp được sử dụng để kết hợp 2 nguồn dự báo này cho mục đích cảnh báo có hay không có xảy ra hiện tượng và tạo ra các bản đồ dự báo xác suất xảy ra.

5.3.1. Xây dựng các qui trình nghiệp vụ

5.3.1.1. Qui trình thu thập số liệu CFS

Hình 5.8 đưa ra qui trình thu thập số liệu CFS để cung cấp số liệu đầu vào cho mô hình RegCM. Toàn bộ qui trình được vận hành tự động trên hệ thống máy chủ từ khâu tìm kiếm số liệu, tải số liệu về và xử lý số liệu để tạo ra các trường đầu vào cho mô hình RegCM. Qui trình bày gồm các bước thực hiện như sau:

1. Xác định thời gian: hệ thống được thiết lập để cứ 1 tiếng một lần xác định thời gian xem đã đến phiên làm việc hay chưa. Nếu đến phiên làm việc thì sẽ chuyển sang bước 2. Cụ thể, số liệu CFS sẽ được lấy vào phiên 00UTC của các ngày 1, 5, 11, 16, 21 và 26 hàng tháng;

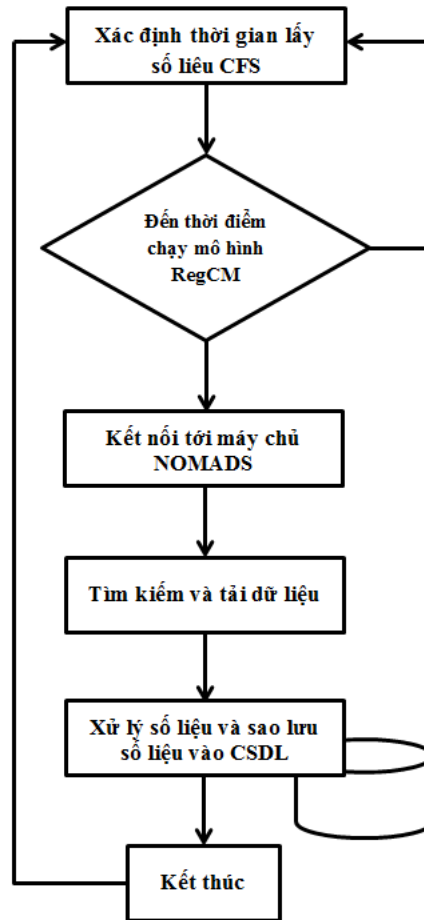
2. Kết nối tới máy chủ: sau khi đã xác định đến phiên làm việc, phần mềm sẽ tự động kết nối tới máy chủ CFS, việc kết nối chỉ dừng lại sau khi đã truy cập thành công;

3. Tìm kiếm và tải dữ liệu: tìm kiếm các dữ liệu cần thiết theo qui định và tải về máy chủ (chi tiết xem mục 2.4.2.3 của Chương II và hình 2.9);

4. Xử lý số liệu và sao lưu vào CSDL: sau khi đã thu thập đầy đủ số liệu cần thiết, phần mềm sẽ tự động giải mã, xử lý (cắt miền, tính toán biến dẫn xuất, mã hóa, ...) và sao lưu dữ liệu đã thu thập vào CSDL (chi tiết xem mục 2.4.2.3 của Chương II);

5. Kết thúc phiên làm việc và tiếp tục quay lại chờ phiên làm việc tiếp theo.

Quy trình thu thập số liệu CFS được thực hiện hoàn toàn tự động và vận hành trên môi trường Linux.



Hình 5.8. Quy trình thu thập số liệu CFS trong nghiệp vụ

5.3.1.2. Quy trình vận hành mô hình RegCM

Kết quả của chương trình tiền xử lý ICBC được RegCM sử dụng làm đầu vào. Để chạy quá trình này, ta cần chạy chương trình icbc nằm trong thư mục Bin tại thư mục chứa bộ chạy (REGCM_RUN) và tập tin chứa thông tin cấu hình chạy (ví dụ: vietnam_001.in). Cụ thể như sau:

```

$> cd $REGCM_RUN
$> ./Bin/icbc vietnam_001.in
  
```

Chương trình thực hiện thành công sẽ đưa ra thông báo với dòng cuối cùng là: “Successfully completed ICBC”. Đồng thời, trong thư mục đầu vào (input) sẽ có các tập tin đầu vào tương ứng được tạo ra bao gồm:

```

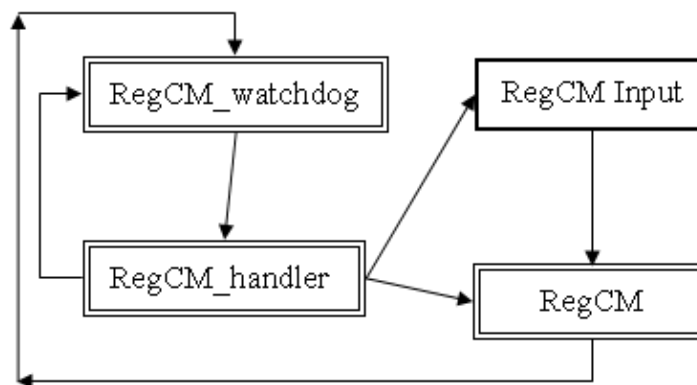
vietnam_001_DOMAIN000.nc
vietnam_001_ICBC.yyyymmddhh.nc
vietnam_001_LANDUSE
  
```

vietnam_001_SST.nc

Trong đó, các tập tin này chứa thông tin về khí áp bề mặt, nhiệt độ bề mặt, trường gió, trường nhiệt độ và độ ẩm cho khu vực RegCM với thời gian tương ứng. Ở đây, yyyy là 4 số cho năm, mm là 2 số cho tháng, dd là 2 số cho ngày và hh là 2 số chỉ giờ (UTC). Bên cạnh đó là các tập tin về nhiệt độ mặt nước biển, loại đất sử dụng, miền tính.

Với các đặc điểm yêu cầu của RegCM, chúng tôi đã xây dựng quy trình tự động chạy mô hình được minh họa trong 5.9 dưới đây. Quy trình được vận hành dựa trên 2 chương trình con regcm_watchdog và regcm_handler. Các bước thực thi như sau:

- 1) Kích hoạt regcm_watchdog cứ sau một khoảng thời gian nhất định
- 2) Kiểm tra tham số thời gian kết thúc chạy mô hình, so sánh với thời gian mô hình đã kết xuất kết quả. Nếu thời gian kết xuất kết quả bằng với thời gian kết thúc chạy mô hình, chương trình tự động thoát
- 3) Tính toán bước thời gian mô hình sẽ phải chạy, kiểm tra thư mục kết quả kết xuất tương ứng của ICBC, nếu không tìm thấy tệp tin đầu vào, chương trình chờ cho đến khi tệp tin đó được tạo
- 4) Gọi regcm_handler, tạo tệp tin cấu hình regcm.in
- 5) Chạy mô hình rồi quay lại bước thứ 2



Hình 5.9: Quy trình chạy mô hình RegCM (tự động hoặc thủ công)

Quy trình tự động trên được cài đặt bằng ngôn ngữ kịch bản Bash trên nền hệ điều hành Linux. Chi tiết hóa cho các bước thực hiện nói trên như sau:

- 1) Kích hoạt regcm_watchdog cứ sau một khoảng thời gian nhất định: Công việc này được thực hiện bởi Cron - một tiện ích trong Linux, cho phép

kích hoạt một lệnh tại một thời điểm xác định. Mỗi dòng trong tệp tin cấu hình Cron (có thể biên tập được bằng lệnh: `crontab -e`) chứa 6 trường:

- Phút (0, 1, 2, 3, ..., 59)
- Giờ (0, 1, 2, ..., 23)
- Ngày trong tháng (1, 2, 3, ..., 31)
- Tháng (1, 2, ..., 12)
- Ngày trong tuần (Sun, Mon, ..., Sat)
- Lệnh cần thực thi

Cấu hình Cron để hệ thống tự động kích hoạt `regcm_watchdog` cứ sau một khoảng thời gian, ví dụ 5 phút, như sau:

```
* /5 * * * * /nwp/regcm/bin/regcm_watchdog
```

Việc kích hoạt `regcm_watchdog` cứ sau một khoảng thời gian cho phép qui trình liên tục cập nhật được kết quả từ ICBC, thêm nữa tăng khả năng chống lỗi trong trường hợp node thực thi qui trình vì một lý do nào đó phải khởi động lại. Tuy nhiên, việc này dẫn đến nguy cơ hệ thống bị tràn ngập lệnh gọi `regcm_watchdog` sau một khoảng thời gian ngắn. Chú ý rằng, trong một thời điểm, chỉ cần 1 tiến trình `regcm_watchdog` hoạt động là đủ nên mỗi khi được hệ thống kích hoạt, `regcm_watchdog` cần kiểm tra xem đã có tiến trình nào mang tên nó đang chạy hay không. Nếu thấy một tiến trình cùng tên đang chạy, `regcm_watchdog` tự động thoát, ngược lại, nó ghi nhớ định danh tiến trình (process ID) của nó vào 1 tệp tin xác định trước. Công việc này được thực hiện bởi hàm `checkrun`, được gọi ngay trong `regcm_watchdog`:

```
checkrun /tmp/REGCM.PID regcm_watchdog
```

2) Kiểm tra tham số thời gian kết thúc chạy mô hình, so sánh với thời gian mô hình đã kết xuất kết quả. Nếu thời gian kết xuất kết quả bằng với thời gian kết thúc chạy mô hình, chương trình tự động thoát

3) Tính toán bước thời gian mô hình sẽ phải chạy, kiểm tra thư mục kết quả kết xuất tương ứng của ICBC, nếu không tìm thấy tệp tin input, chương trình chờ cho đến khi tệp tin đó được tạo thành

4) Gọi `regcm_handler`, tạo tệp tin cấu hình `regcm.in`: `regcm_handler` sau đó sẽ được gọi để tạo tệp tin cấu hình `regcm.in`. Nếu phiên chạy này là khởi tạo từ tháng đầu tiên, `IFREST` sẽ được gán bằng `FALSE`, nếu là chạy

tiếp (tái khởi động) cho các tháng sau, IFREST sẽ được gán bằng TRUE. Các biến MDATE0, MDATE1, MDATE2 cũng được cấu hình.

5) Chạy mô hình rồi quay lại bước thứ 2: Sau khi các bước cấu hình đã hoàn tất, tệp tin thực thi của mô hình REGCM – regcmMPI được đặt vào hàng đợi công việc để chạy trên cluster bằng lệnh: qsub regcm.pbs. Sau khi quá trình tính toán của REGCM kết thúc, chương trình regcm_watchdog sẽ được gọi để chờ đầu vào cho tháng tiếp theo.

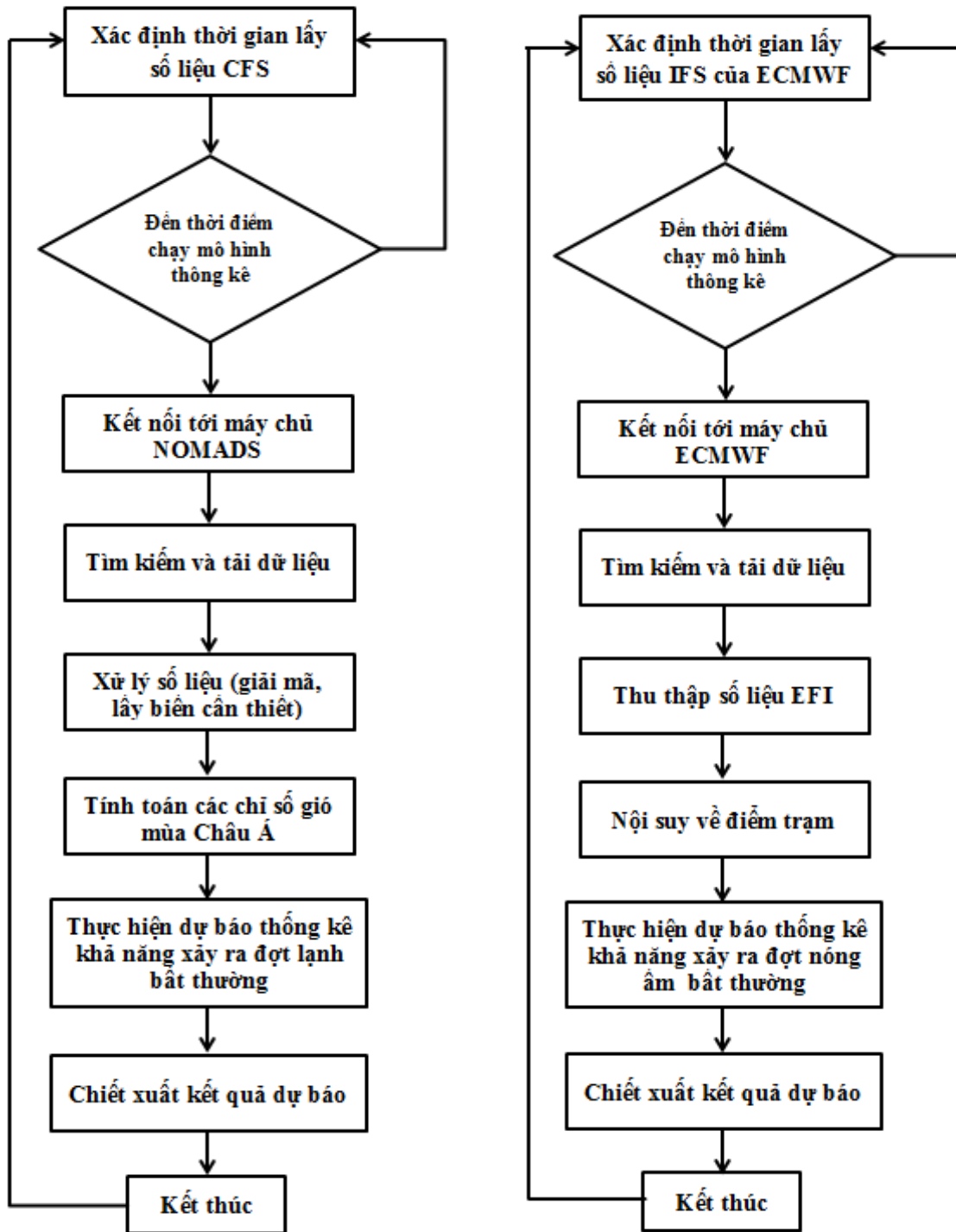
5.3.1.3. Quy trình vận hành hệ thống dự báo thống kê

Quy trình dự báo thống kê hạn mùa khả năng xảy ra hiện tượng lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ được đưa ra trong hình 5.10. Quy trình này được vận hành bởi chương trình dạng script được chạy trên môi trường Linux từ khâu thu thập số liệu đầu vào cho đến tạo ra kết quả dự báo. Quy trình này có thể chạy tự động hoặc bán tự động.

Đối với quy trình vận hành dự báo thống kê khả năng xảy ra hiện tượng lạnh bất thường, số liệu dự báo CFS sẽ được khai thác hàng ngày thay vì chỉ lấy vào các hàng 1, 5, 11, 16, 21 và 26 như trong vận hành mô hình RegCM. Do các phương trình dự báo thống kê dựa trên các chỉ số gió mùa Châu Á (EAWMI), nên chỉ một số dữ liệu cần thiết của mô hình CFS ở trên một số mực đẳng áp sẽ được thu thập. Cụ thể, các trường gió tại độ cao 10 mét, mực 850mb, 300mb và 200mb, trường khí áp qui về mực biển trung bình và trường độ cao địa thế vị tại mực 500mb (chi tiết xem bảng 2.11). Sau khi số liệu các trường nói trên được thu thập xong, các chỉ số EAWMI được tính toán theo các công thức có sẵn. Cuối cùng, dựa trên các phương trình thống kê đã được xây dựng, việc thực hiện dự báo được thực hiện và đưa ra kết quả dự báo vào các tệp tin có dạng dạng text cho trước. Khi triển khai nghiệp vụ, quy trình dự báo thống kê khả năng xảy ra hiện tượng lạnh bất thường dựa trên số liệu dự báo CFS có thể được vận hành hàng ngày cho phiên dự báo 00UTC nếu việc thu thập số liệu CFS đảm bảo được thời gian nghiệp vụ.

Đối với quy trình vận hành dự báo thống kê khả năng xảy ra hiện tượng nóng ẩm bất thường, số liệu chỉ số EFI từ hệ thống dự báo IFS của ECMWF được thu thập trên lưới mô hình. Sau khi việc thu thập số liệu được hoàn tất, quá trình nội suy số liệu EFI từ lưới về điểm trạm được thực hiện bằng phương pháp nội suy điểm gần nhất. Kế tiếp, việc dự báo khả năng xảy ra hiện tượng nóng ẩm bất thường được thực hiện dựa trên ngưỡng chỉ tiêu đã

xây dựng ở trên (ngưỡng 0.65). Cuối cùng, kết quả dự báo tại từng điểm trạm được sao lưu vào các tệp tin có dạng dạng text cho trước. Qui trình dự báo thống kê khả năng xảy ra hiện tượng nóng ẩm bất thường dựa trên chỉ số EFI chỉ được thực hiện 1 lần/tháng do số liệu dự báo hạn mùa của ECMWF chỉ cung cấp 1 lần duy nhất vào ngày 9 hàng tháng.



Hình 5.10. Qui trình vận hành phần mềm dự báo thống kê khả năng xảy ra đợt lạnh (bên trái) và nóng ẩm bất thường (bên phải)

5.3.1.4. Quy trình tạo sản phẩm dự báo hạn mùa từ mô hình RegCM và đưa lên trang web

Hình 5.11 đưa ra quy trình tạo sản phẩm hỗ trợ dự báo hạn mùa từ mô hình dự báo khí hậu khu vực RegCM và đưa lên trang web trong đó có 4 bước cơ bản gồm:

1. Tìm kiếm và thu thập sản phẩm dự báo từ RegCM
2. Xử lý số liệu dự báo: giải mã số liệu, tính toán các biến dẫn xuất, nội suy về điểm trạm, tính toán dự báo tổ hợp, ...
3. Hiển thị sản phẩm: gồm các dạng phẩm dạng tắt định và tổ hợp (phân bố theo không gian hoặc tại điểm trạm)
4. Truyền sản phẩm lên trang web

Toàn bộ quy trình này được điều khiển bởi script `display_products.py` và được đặt chạy ở chế độ tự động trên môi trường Linux. Phần mềm đồ họa được sử dụng để hiển thị ra các sản phẩm dạng ảnh là GMT. Các sản phẩm dạng ảnh được tạo ra dưới dạng tệp tin ảnh dạng gif để giảm dung lượng. Quy trình hiển thị sản phẩm được đưa ra trong hình 5.12.

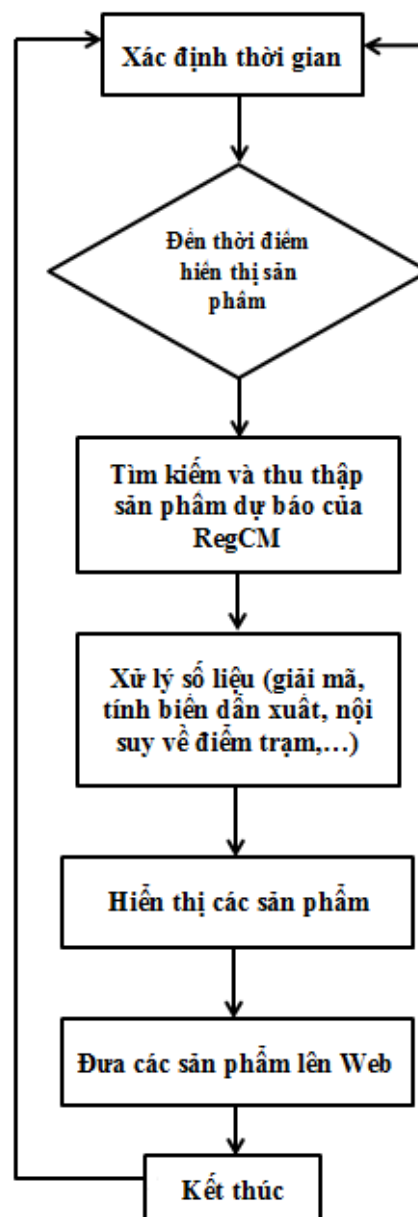
Các sản phẩm dạng tắt định được tạo ra từ mỗi lần dự báo hạn mùa của mô hình RegCM dưới dạng bản đồ phân bố theo không gian gồm:

- Tại bề mặt: tổng lượng mưa tháng, Nhiệt độ trung bình ngày trung bình tháng, Nhiệt độ tối cao ngày trung bình tháng, Nhiệt độ tối thấp ngày trung bình tháng, Nhiệt độ điểm sương trung bình tháng, Độ ẩm ngày trung bình tháng, Khí áp và gió trung bình tháng;

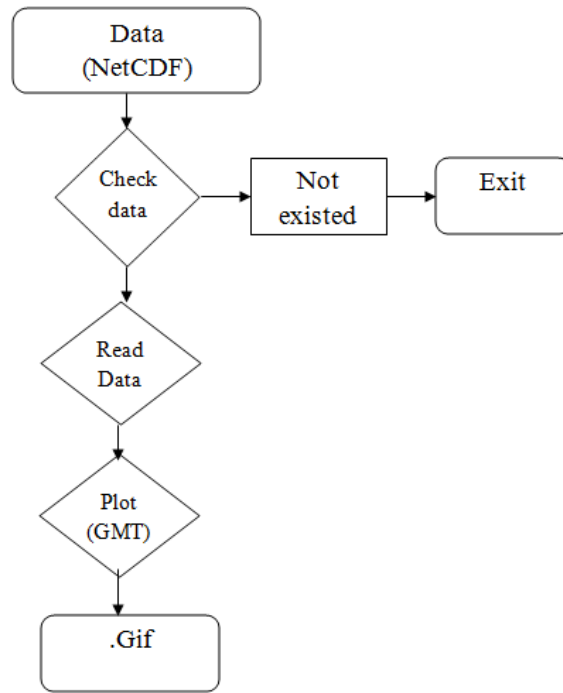
- Tại các mực 850, 700, 500, 300 và 200mb: Độ cao địa thế vị và gió trung bình tháng, Nhiệt độ trung bình tháng, Độ ẩm riêng trung bình tháng, Độ hội tụ trung bình tháng, Độ phân kỳ trung bình tháng

Ngoài các sản phẩm dạng tắt định phân bố theo không gian nói trên, sản phẩm dự báo biến trình theo thời gian của các yếu tố bề mặt (meteogram) cũng được cung cấp tại các điểm trạm. Cụ thể, các trường khí quyển bề mặt được hiển thị trong các biểu đồ meteogram tại điểm trạm gồm: tổng lượng mưa tháng, nhiệt độ trung bình ngày trung bình tháng, nhiệt độ tối cao ngày trung bình tháng, nhiệt độ tối thấp ngày trung bình tháng, độ ẩm tương đối trung bình tháng, tốc độ và hướng gió trung bình tháng.

Các sản phẩm dạng tổ hợp cũng được cung cấp bên cạnh các sản phẩm dự báo tất định bằng cách dựa trên 36 dự báo thành phần từ mô hình RegCM (tại mỗi phiên dự báo thực hiện dự báo hạn mùa bằng RegCM với 12 tùy chọn tham số hóa bức xạ, đối lưu và sơ đồ đất, sau đó kết hợp với dự báo trễ (sử dụng 2 lần dự báo trước đó) để tạo ra 36 dự báo từ 3 phiên dự báo liên tiếp). Từ 36 dự báo thành phần này, các sản phẩm dự báo xác suất sẽ được tính toán và hiển thị. Cụ thể, các bản đồ phân bố xác suất theo không gian được hiển thị cho các trường gồm tổng lượng mưa tháng, nhiệt độ trung bình ngày trung bình tháng, nhiệt độ tối cao ngày trung bình tháng, nhiệt độ tối thấp ngày trung bình tháng và tốc độ gió trung bình tháng.



Hình 5.11. Quy trình tạo sản phẩm hỗ trợ dự báo hạn mùa từ mô hình dự báo khí hậu khu vực RegCM và đưa lên trang web



Hình 5.12: Sơ đồ khối chương trình hiển thị sản phẩm dự báo hạn mùa từ mô hình RegCM

5.3.2. Xây dựng trang web chia sẻ sản phẩm và phổ biến kiến thức

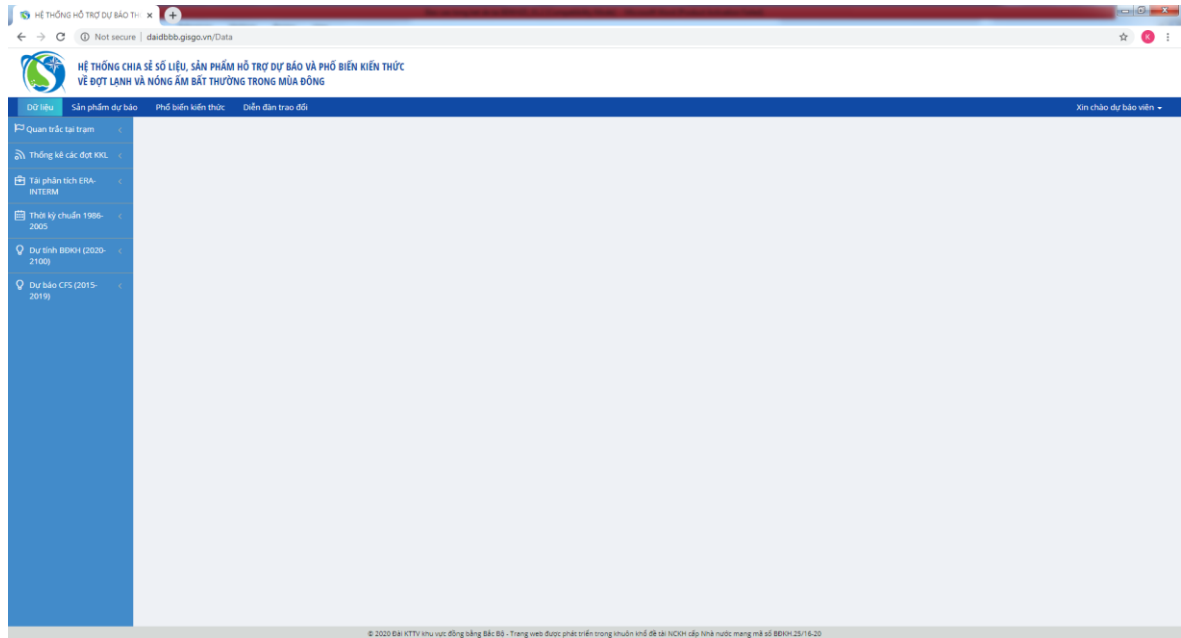
Hệ thống được thiết kế gồm 4 thành phần chính gồm:

- Dữ liệu
- Sản phẩm dự báo
- Phổ biến kiến thức
- Diễn đàn trao đổi

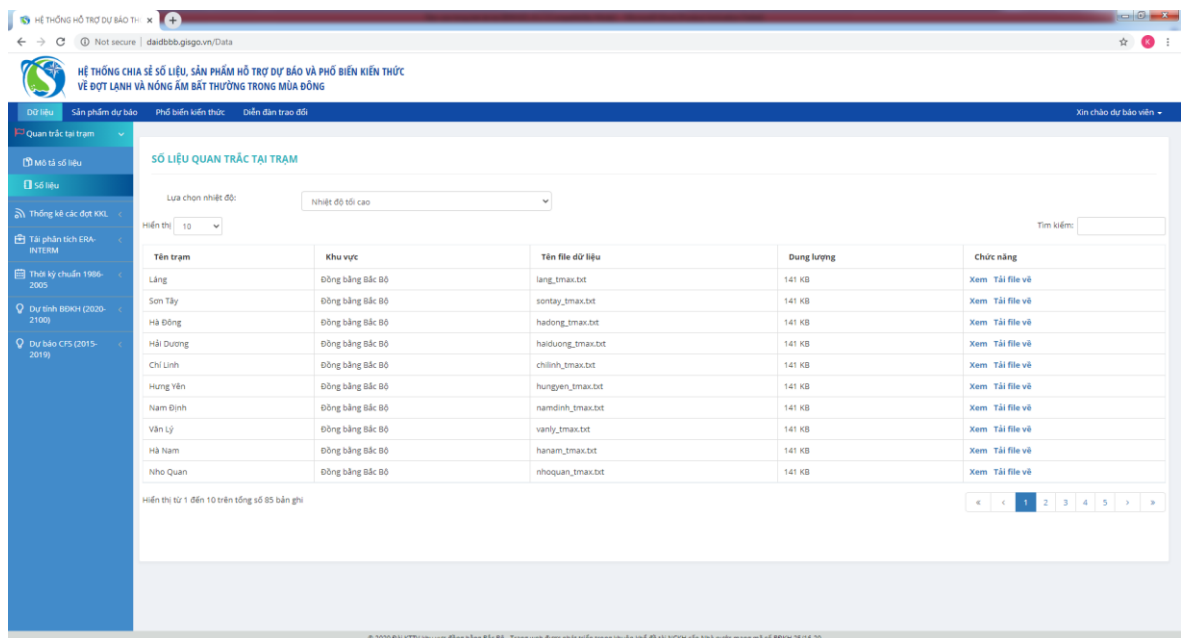
Hệ thống giao tiếp với người sử dụng thông qua trang thông tin điện tử có địa chỉ: daidbbb.gisgo.vn và có bảo mật người dùng. Hiện tại, hệ thống đã được vận hành trên hệ thống máy chủ được trang bị trong quá trình thực hiện đề tài. Hình 5.13 dưới đây đưa ra giao diện của trang thông tin điện tử này sau khi đã đăng nhập.

Trong phần dữ liệu, các nguồn số liệu được thu thập và sử dụng trong quá trình nghiên cứu đề tài như số liệu quan trắc tại trạm, số liệu tái phân tích, số liệu thời kỳ chuẩn và dự tính BĐKH RCP4.5 và RCP8.5 của 5 mô hình AOGCM toàn cầu, số liệu dự báo hạn mùa của CFS sẽ được chia sẻ theo phân quyền quản lý. Phần dữ liệu này sẽ hạn chế người sử dụng và chỉ cho phép người sử dụng truy cập và khai thác sau khi đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt và cấp quyền. các dữ liệu này được đang được sao lưu trên hệ thống lưu

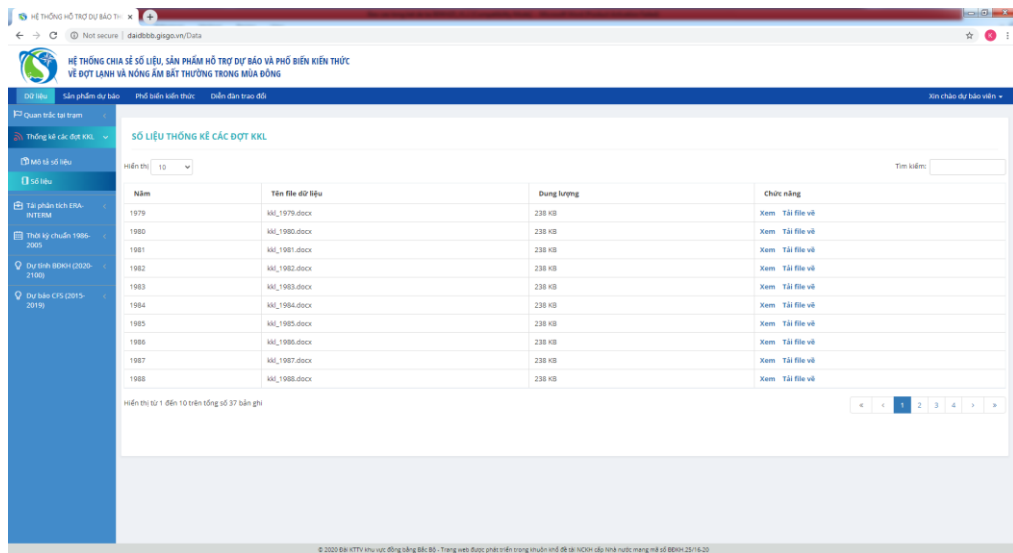
trữ SAN được trang bị trong quá trình thực hiện đề tài. Các hình từ 5.13 cho đến 5.17 dưới đây mô tả một số giao diện chính tương tác với người sử dụng trong hợp phần dữ liệu của hệ thống hệ thống chia sẻ thông tin dự báo, cảnh báo và phổ biến kiến thức của đề tài.



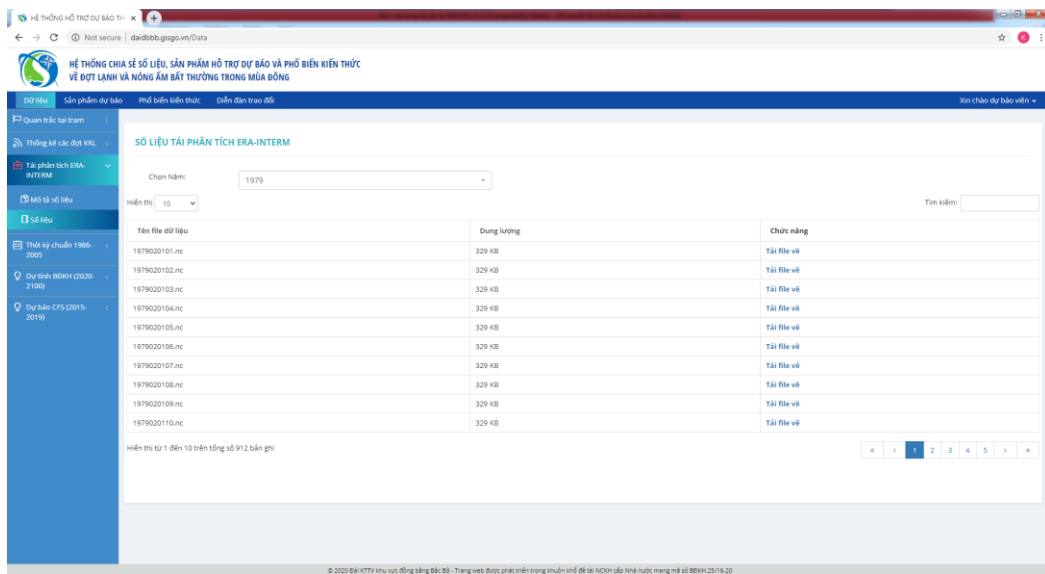
Hình 5.13. Giao diện chính của hệ thống chia sẻ thông tin dự báo, cảnh báo và phổ biến kiến thức của đề tài



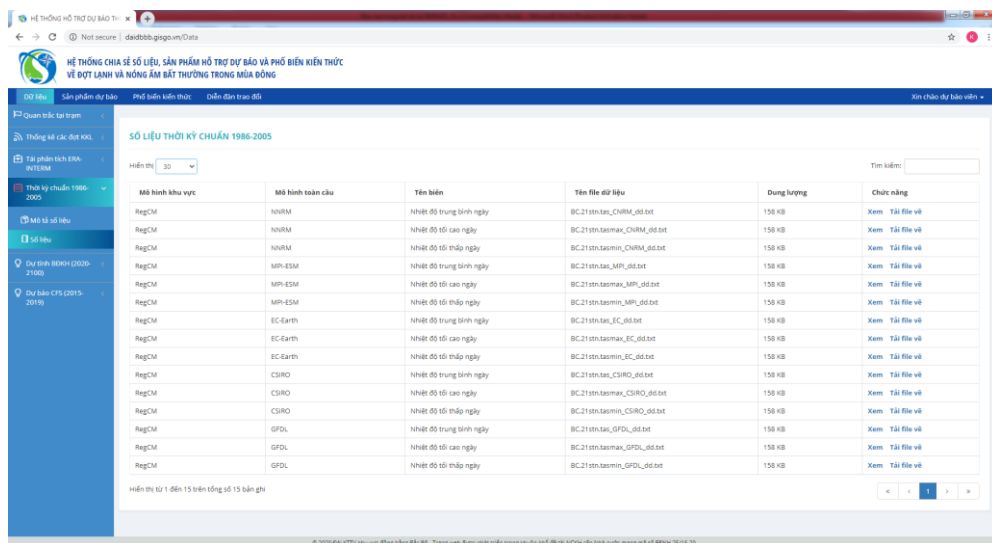
Hình 5.14. Giao diện khai thác số liệu quan trắc tại trạm



Hình 5.15. Giao diện khai thác số liệu các đợt không khí lạnh



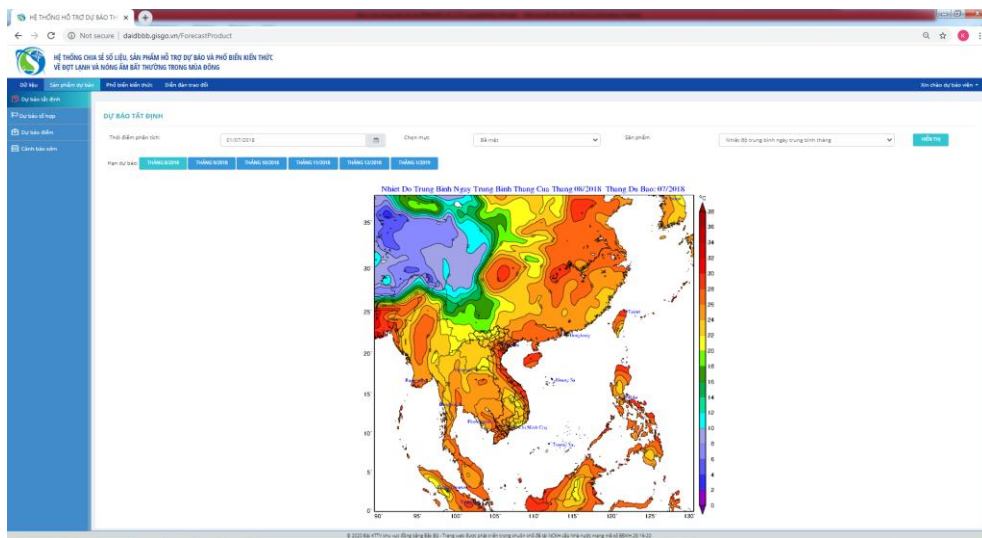
Hình 5.16. Giao diện khai thác số liệu tái phân tích ERA-Interim



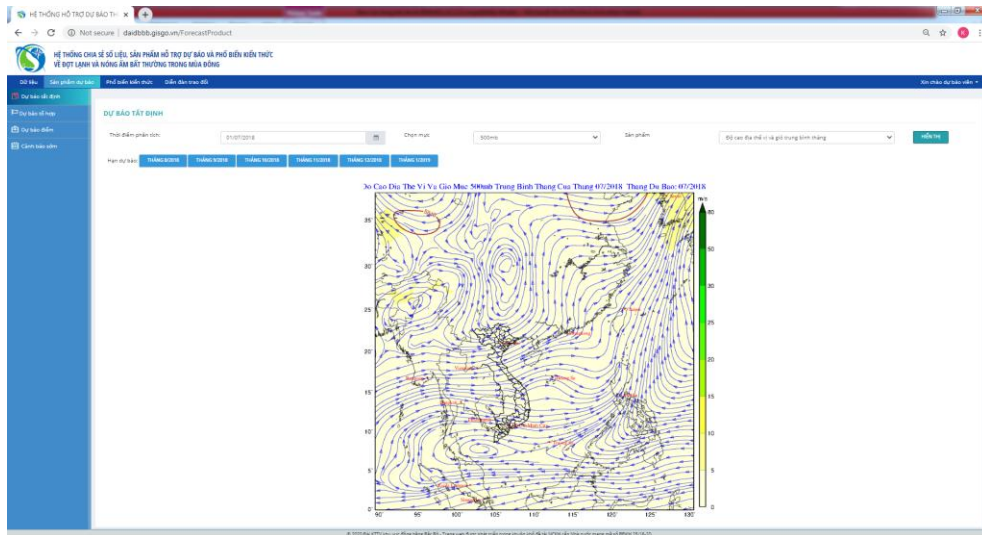
Hình 5.17. Giao diện khai thác số liệu thời kỳ chuẩn (1986-2005) của năm mô hình AOGCM

Trong hợp phần Sản phẩm dự báo, 4 dạng sản phẩm dự báo được cung cấp để hỗ trợ dự báo viên trong quá trình tác nghiệp dự báo hạn mùa, đây là những sản phẩm được tạo ra từ các hệ thống dự báo hạn mùa đã được nghiên cứu và thử nghiệm trong đề tài. Cụ thể, là các sản phẩm dự báo từ mô hình khí hậu khu vực RegCM và các sản phẩm dự báo tổ hợp từ hệ thống dự báo tổ hợp hạn mùa dựa trên mô hình RegCM. Bốn dạng sản phẩm phục vụ công tác dự báo được cung cấp trên trang thông tin điện tử bao gồm:

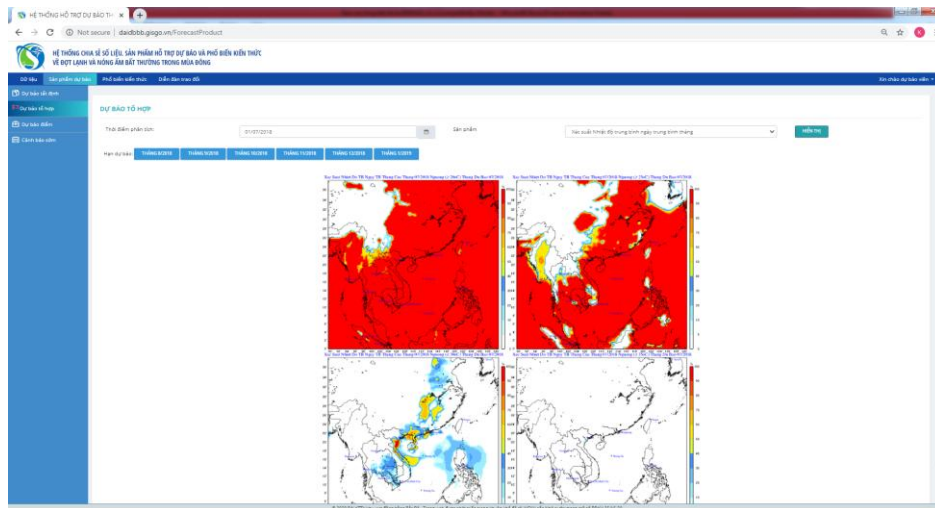
- Các sản phẩm dự báo tất định: cung cấp các bản đồ dự báo các trường khí quyển trung bình tuần, trung bình tháng (xem hình 5.18 và 5.19)
- Các sản phẩm dự báo tổ hợp: cung cấp các bản đồ xác suất, các bản đồ trường trung bình tổ hợp (xem hình 5.20 và 5.21)
- Các sản phẩm dự báo điểm: cung cấp các sản phẩm biến trình theo thời gian của một số biến khí quyển bề mặt cho 84 điểm trạm thuộc khu vực Bắc Bộ (xem hình 5.22)
- Bản đồ cảnh báo: cung cấp bản đồ cảnh báo khả năng xảy ra đợt lạnh hoặc nóng bất thường trong mùa đông dựa trên các kết quả dự báo nghiệp vụ từ hệ thống mô hình RegCM và các phương trình dự báo thống kê. Các thông tin cảnh báo được cụ thể hóa về từng điểm trạm.



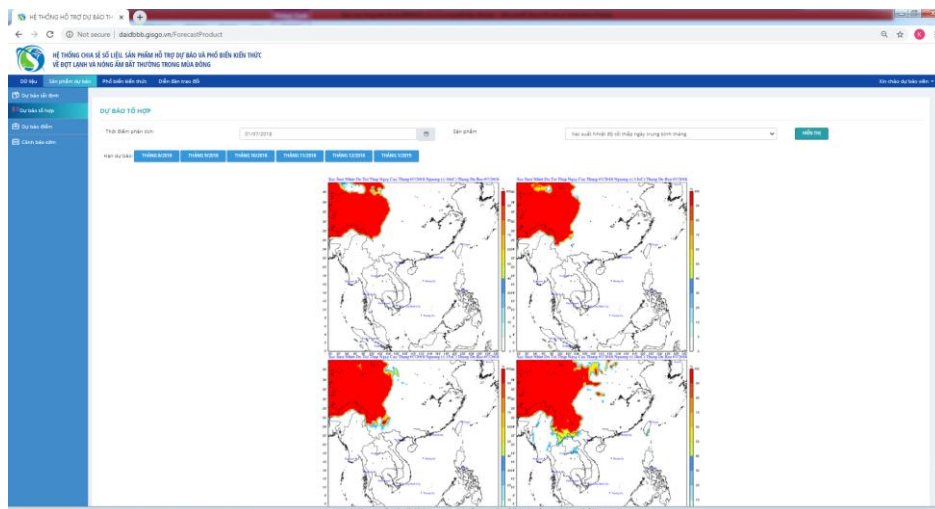
Hình 5.18. Giao diện xem sản phẩm dự báo trường nhiệt độ trung bình tháng được dự báo từ mô hình RegCM



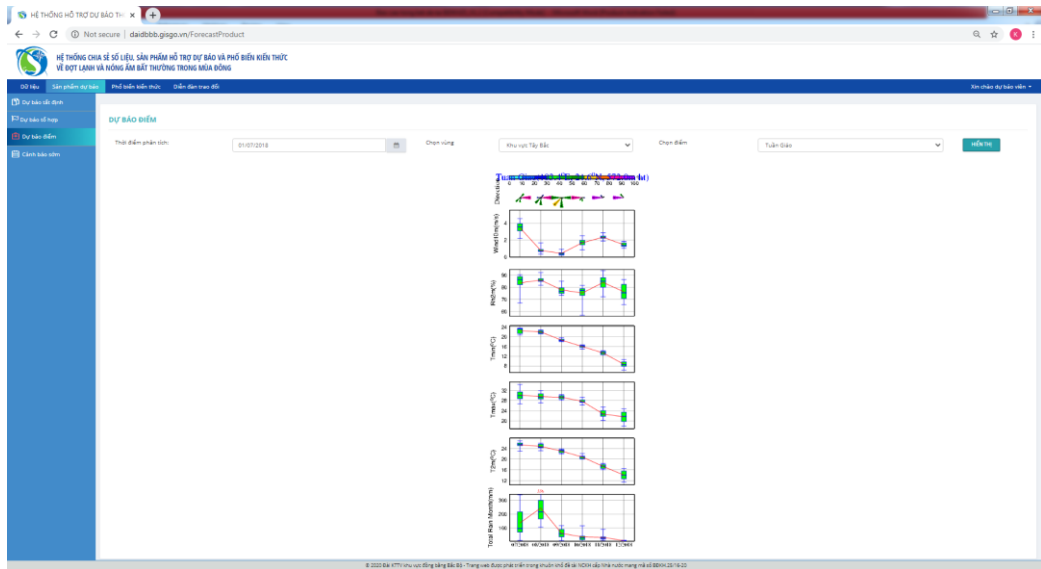
Hình 5.19. Giao diện xem sản phẩm dự báo trường gió và độ cao địa thế vị trung bình tháng được dự báo từ mô hình RegCM



Hình 5.20. Giao diện xem sản phẩm bản đồ xác suất dự báo nhiệt độ trung bình tháng từ hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM

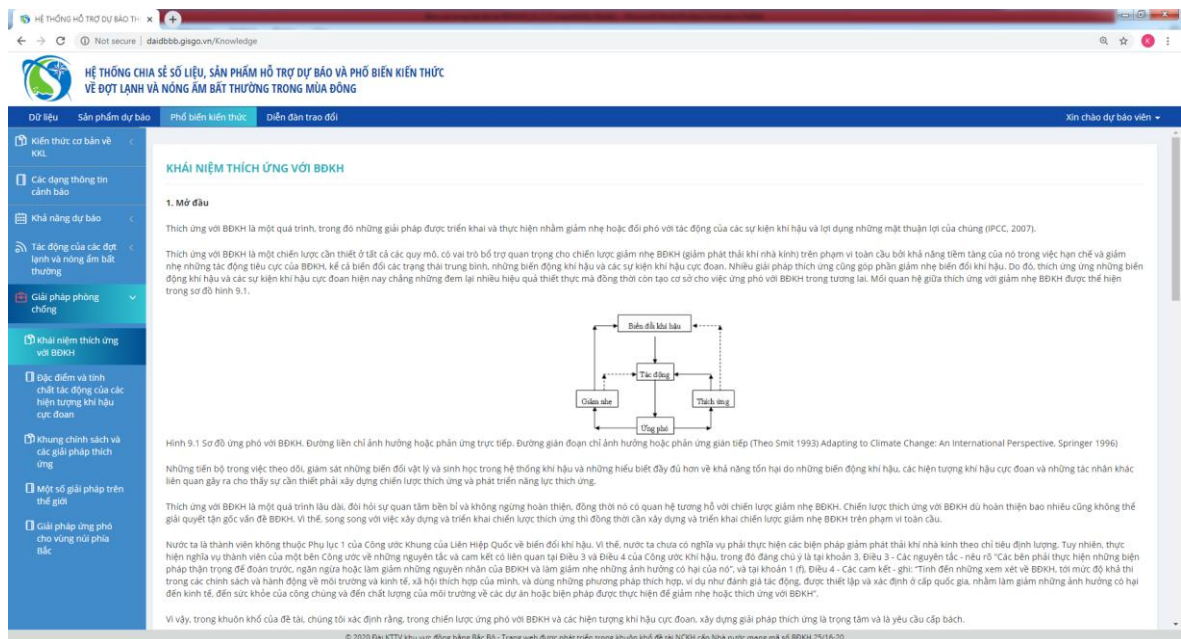


Hình 5.21. Giao diện xem sản phẩm bản đồ xác suất dự báo nhiệt độ tối thấp trung bình tháng từ hệ thống dự báo tổ hợp dựa trên mô hình RegCM



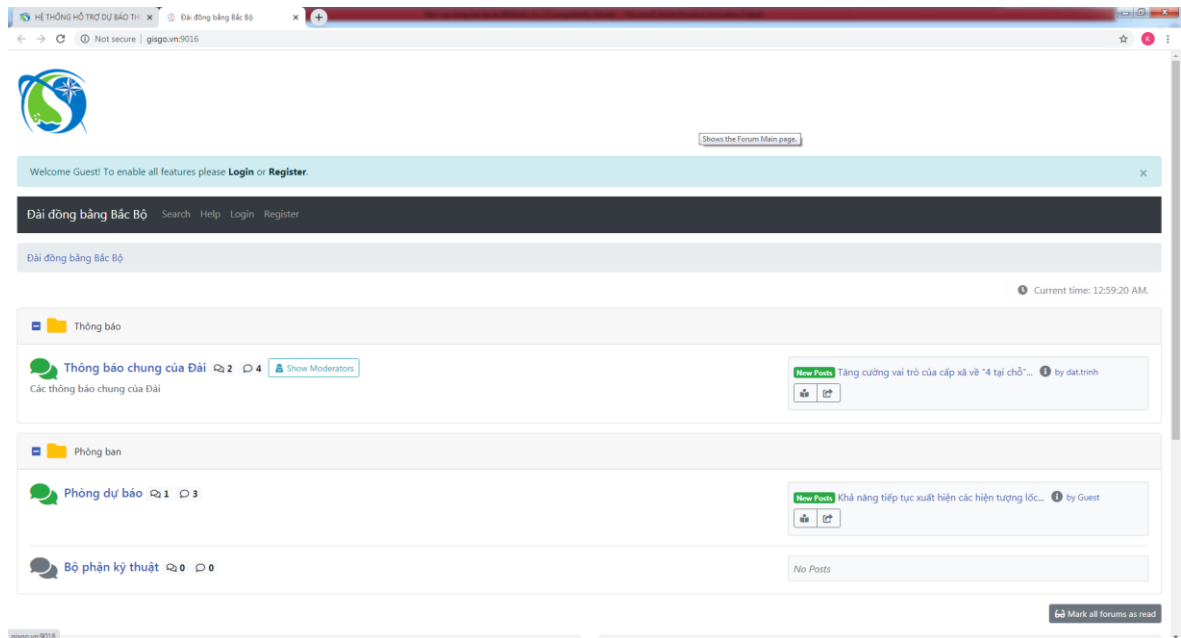
Hình 5.22. Giao diện xem sản phẩm dự báo chi tiết một số trường khí quyển bề mặt tại điểm trạm từ mô hình RegCM

Trong phần phổ biến kiến thức, rất nhiều thông tin cơ bản về thiên tai KTTV, biến đổi khí hậu, phương pháp dự báo, ... được chia sẻ. Đặc biệt là các kết quả nghiên cứu về các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Các thông tin, tài liệu, bằng chứng khoa học về tác động của các hiện tượng này cũng được đưa ra trong mục thông tin này. Phần thông tin này được chia sẻ rộng rãi và không yêu cầu phải có tài khoản để truy cập như trong các hợp phần dữ liệu hay sản phẩm dự báo. Hình 5.23 dưới đây đưa ra ví dụ minh họa về giao diện tương tác với người sử dụng của hợp phần thông tin phổ biến kiến thức cho cộng đồng.



Hình 5.23. Giao diện chính của mục phổ biến kiến thức cho cộng đồng

Để tăng cường khả năng trao đổi về mặt chuyên môn cũng như chia sẻ, giải đáp các thông tin từ cộng đồng về các vấn đề thiên tai KTTV nói chung và các đợt lạnh, nóng bất thường trong mùa đông nói riêng, đề tài đã xây dựng diễn đàn trao đổi và tích hợp vào trang thông tin điện tử như trong hình 5.24 dưới đây.



Hình 5.24. Giao diện chính của chức năng diễn đàn trao đổi

5.4. Đề xuất các giải pháp ứng phó với các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông

5.4.1. Các tiêu chí để lựa chọn giải pháp

Trong khuôn khổ đề tài, từ đặc điểm và tính chất của biến động khí hậu và các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở khu vực Bắc Bộ đã trình bày ở phần trước, chúng tôi xây dựng các tiêu chí lựa chọn các giải pháp chiến lược thích ứng cho các lĩnh vực bao gồm các tiêu chí sau đây:

- Tính đa mục tiêu của giải pháp
- Tính phù hợp với những định hướng ưu tiên và hỗ trợ cho việc thực hiện các mục tiêu phát triển quốc gia, lĩnh vực, địa phương.
- Tính hiệu quả nhiều mặt (kinh tế, xã hội, môi trường)
- Tính bền vững.
- Tính khả thi, khả năng lồng ghép với các chiến lược, chính sách và kế hoạch phát triển.

5.4.2. Lựa chọn các giải pháp chiến lược thích ứng

5.4.2.1. Các giải pháp chiến lược chung

- Tăng cường hệ thống theo dõi, giám sát, cảnh báo sớm các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông nói riêng, bao gồm cả hệ thống thông tin trên cơ sở trang thiết bị hiện đại và trình độ kỹ thuật, nghiệp vụ của cán bộ chuyên môn được nâng lên.

- Nâng cao năng lực dự báo các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông, áp dụng và phát triển các phương pháp dự báo hạn nội mùa và hạn mùa cho các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

- Điều chỉnh quy hoạch nông nghiệp và dân cư trên cơ sở đánh giá tác động và khả năng rủi ro trước các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông đối với từng lĩnh vực và vùng, nhằm tránh rủi ro và hạn chế thiệt hại, đồng thời khai thác các điều kiện thuận lợi, đặc biệt chú trọng vùng miền núi xa xôi, hẻo lánh, không thuận lợi về giao thông và các hoạt động KT-XH khác.

- Điều chỉnh, bổ sung và hoàn thiện chiến lược phòng chống và giảm nhẹ thiên tai có xét đến tác động trước mắt và tiềm tàng của các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

- Tuyên truyền, giáo dục, nâng cao nhận thức cho toàn xã hội về các hiện tượng các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông gắn với huấn luyện, đào tạo, tăng cường kỹ năng và năng lực ứng phó của các cộng đồng dân cư, đặc biệt ở những vùng có nguy cơ tổn hại và rủi ro cao.

- Ban hành các cơ chế, chính sách nhằm khuyến khích, thu hút đầu tư vào các hoạt động thích ứng với các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở từng lĩnh vực, khu vực có nhiều rủi ro.

5.4.2.2. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực nông nghiệp

Các giải pháp mang tính dài hạn:

- Bố trí lại cơ cấu sản xuất, cơ cấu cây trồng, vật nuôi để hạn chế tối đa tác động tiêu cực của các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

- Phát triển giống cây trồng, vật nuôi có khả năng chống chịu với điều kiện nhiệt độ thấp, có khả năng chống sốc nhiệt cao khi thời tiết thay đổi đột ngột, đi đôi với việc tăng cường các ngân hàng giống.

- Điều chỉnh thời vụ sản xuất và đổi mới kỹ thuật canh tác phù hợp với đặc điểm và tính chất hoạt động của các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở địa phương.

- Cung cấp các bảo hiểm nông nghiệp trước các rủi ro do các các hiện tượng lạnh và nóng bất thường đem lại

Các giải pháp cụ thể và trước mắt:

a. Đối với lúa, cây rau, màu nói chung:

- Theo dõi sát tình hình rét đậm, rét hại trên phương tiện thông tin đại chúng, chủ động che chắn cây trồng bằng ni long tránh mưa, rét, thực hiện biện pháp phòng, chống rét theo hướng dẫn kỹ thuật của cơ quan khuyến nông;

- Với những diện tích thiệt hại nhẹ có thể khắc phục được: tăng cường các biện pháp chăm sóc, tưới nước, bón phân hữu cơ hoại mục, phân NPK để cây ra thêm rễ mới, sinh trưởng phát triển khỏe mạnh, tăng sức chống chịu với điều kiện thời tiết.

- Đối với mạ, lúa: Đối với những ruộng mạ mới gieo nhất thiết phải làm khum vòm phủ kín bằng nilon trắng cho mạ

- + Tuyệt đối không gieo mạ những ngày nhiệt độ dưới 15⁰C hoặc và có cảnh báo sắp xảy ra đợt lạnh bất thường.

- + Đối với những ruộng mạ mới gieo cần: làm khum vòm phủ kín bằng nilon trắng cho mạ; Luôn giữ ẩm đủ ẩm cho mạ bằng cách giữ nước ở rãnh (đối với mạ được non), tuyệt đối không để mạ bị khô hạn; Rắc tro bếp mục lên trên mặt luống để giữ ẩm cho mạ.

- + Đối với mạ đã lên xanh tốt, cần đưa nước vào ngập 1/3-1/2 cây mạ đối với mạ được và tưới ẩm đối với mạ sên, đồng thời cũng cần phải che phủ kín bằng nilon trắng.

- + Khi nhiệt độ tăng trên 15⁰C, cần tiến hành gieo đối với thóc giống đã ngâm ủ nảy mầm. Sau gieo cần che kín nilon trắng để giữ ẩm và ẩm tạo điều kiện cho mạ nhanh mọc; Khi mạ được 1 lá thật, thường xuyên giữ đủ ẩm; tiến hành mở dần nilon 2 đầu luống mạ; Phun hoặc tưới một số chế phẩm sinh học như KH, PenacP... để tăng khả năng chống chịu cho mạ; Tuyệt đối không bón đạm, NPK cho mạ Trước cấy 2-3 ngày phải mở hết nilon để mạ được tôi luyện với môi trường tự nhiên. Cấy khi mạ đã hồi phục ra rễ trắng và đủ tuổi.

+ Trong những ngày có sương muối giá buốt, cần tưới nước trên mặt lá làm tan sương để tránh hiện tượng cháy lá khi có ánh nắng.

+ Cần dự phòng giống lúa có thời gian sinh trưởng cực ngắn để sẵn sàng gieo cấy bổ sung cho những diện tích mạ, lúa mới cấy chết rét.

- Đối với rau màu:

+ Đối với diện tích rau màu đã đến kỳ thu hoạch cần khẩn trương thu hoạch ngay.

+ Đối với nhóm rau ăn lá cần che bằng nilon trắng để tránh mưa rét.

+ Tưới đủ ẩm theo nhu cầu dinh dưỡng của từng cây trong những ngày rét đậm.

+ Bón thêm phân kali, phân lân, giảm bón đạm, phun hoặc tưới một số chế phẩm sinh học như KH, PenacP,... để cây khỏe mạnh tăng cường khả năng chống rét.

+ Theo dõi sát tình hình sâu bệnh trên cây trồng để có biện pháp phòng chống kịp thời.

+ Những ngày có sương muối giá buốt dùng thùng ô doa hay vòi bơm tưới, phun nước trên mặt lá làm rụng, tan hạt sương tránh hiện tượng cháy lá khi có ánh nắng xuyên qua.

+ Đối với cây lạc, đậu tương, ớt, ngô xuân chú ý không gieo trồng khi nhiệt độ thấp dưới 13°C cho dù thời vụ đã đến hoặc và có cảnh báo sắp xảy ra đợt lạnh bất thường.

+ Tỉa thưa hợp lý cành, nhánh (nhất là đối với cây cà chua), làm bộ tán thông thoáng, hạn chế sâu bệnh hại. Tiến hành thụ phấn nhân tạo, thụ phấn bổ sung cho các loại rau ăn quả (cà chua, bí đỏ...).

+ Các loại rau màu như hành, ớt, cà chua, khoai tây xuân, bắp cải, su hào, súp lơ... khi thời tiết có rét đậm, rét hại cũng cần tưới đủ ẩm và phun chất tăng trưởng cho rau màu 5-10 ngày/lần để tăng khả năng chống chịu rét, sâu bệnh gây hại.

b. Đối với vật nuôi

- Che chắn chuồng trại cẩn thận, sử dụng những vật liệu có sẵn như bạt, phen nứa, bao tải, ... để che chắn tránh gió lùa.

- Tuyệt đối không thả rông gia súc trong những ngày rét đậm, rét hại, mưa tuyết, không thả đàn gia súc trên núi cao, cần đưa đàn gia súc xuống

khu vực thấp hơn, nuôi nhốt trong chuồng kín, tránh gió lùa; nếu bắt buộc phải thả gia súc thì cần chú ý: thời gian tốt nhất để đưa gia súc ra ngoài là khoảng sau 8 giờ sáng, khi thời tiết không có mưa phùn, gió lạnh. Gia súc cần được giữ ấm bằng cách mặc áo ấm trước khi đưa chúng ra ngoài đặc biệt những gia súc yếu và còn non.

- Che chắn chuồng trại cẩn thận, sử dụng những vật liệu có sẵn như bạt, phen nứa, bao tải... để che chắn tránh gió lùa, mưa hắt; tránh để nền trại ẩm ướt, lầy lội (sử dụng rơm, cỏ, lá chuối khô, bẹ ngô... khô để lót nền chuồng);

- Dự trữ chất đốt như củi, trấu, rơm rạ..., đốt lửa sưởi ấm cho trâu, bò trong những ngày rét đậm, rét hại, lưu ý chuồng trại cần có lỗ thoáng phía trên để lưu thông khí, tránh ngạt khí độc khi đốt lửa sưởi cho trâu bò; làm áo khoác ấm (tận dụng áo cũ, chăn cũ, bạt dứa...) cho trâu bò, nhất là con yếu và non; đối với gia cầm có thể dùng đèn sưởi ấm;

- Thực hiện tiêm phòng các loại vắc xin phòng bệnh cho gia súc, gia cầm theo quy định, thường xuyên vệ sinh, tiêu độc, khử trùng chuồng trại, xử lý chất thải vật nuôi tránh dịch bệnh;

- Chủ động dự trữ thức ăn thô xanh (rơm rạ, cỏ khô, tận dụng phụ phẩm nông nghiệp...) từ trước và cung cấp thức ăn, nước uống đầy đủ cho gia súc trong những ngày mưa rét không chăn thả được, cần bổ sung thức ăn tinh (ngô, sắn, cám gạo...), muối khoáng, vitamin, cho uống nước ấm, thực hiện các biện pháp chăm sóc, nuôi dưỡng theo hướng dẫn của cơ quan thú y, khuyến nông để tăng cường sức đề kháng cho đàn gia súc, gia cầm.

5.4.2.3. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực lâm nghiệp

Các giải pháp mang tính dài hạn:

- Phát triển giống cây trồng lâu năm có khả năng chống chịu với điều kiện nhiệt độ thấp, có khả năng chống sốc nhiệt cao khi thời tiết thay đổi đột ngột, nhất là khi xảy ra các đợt nóng bất thường trong mùa đông.

- Tăng cường hệ thống kiểm soát, dự báo phòng chống cháy rừng, ngăn chặn những tác động của các đợt nóng bất thường trong mùa đông.

- Thành lập ngân hàng giống cây trồng, nhất là các giống cây trồng á nhiệt đới, ôn đới có giá trị, giống cây trồng có khả năng chống chịu tốt dưới tác động của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

Các giải pháp cụ thể và trước mắt:

- Nếu nhiệt độ xuống dưới 15⁰C và có cảnh báo sắp xảy ra đợt lạnh bất thường, cần thực hiện:

+ Dùng cỏ khô, rơm rạ, nilon... tủ gốc, che phủ giữa ẩm cho cây.

+ Với vườn cây giống dùng nilon che phủ hoặc sáng sớm dùng nước tưới rửa lá.

+ Với diện tích bị thiệt hại có thể phục hồi: Tiến hành cưa gốc, quét vôi vào gốc, tủ gốc, chăm sóc, bón phân hợp lý để cây nhanh phục hồi.

+ Với những diện tích không thể phục hồi: Tiến hành trồng dặm để đảm bảo mật độ và trồng xen cây màu ngắn ngày, sớm ổn định sản xuất.

5.4.2.4. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực giao thông

Các giải pháp mang tính dài hạn:

- Quy hoạch điều chỉnh lại mạng lưới giao thông, đặc biệt là mạng lưới giao thông ở các khu vực chịu nhiều rủi ro của các thiên tai đi kèm theo hiện tượng lạnh bất thường.

- Nghiên cứu sử dụng các vật liệu làm đường có khả năng chống chịu tốt với sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ.

- Tăng cường biển báo và vạch đường phản quang để tăng khả năng quan sát khi có các điều kiện sương mù kèm theo.

- Tăng cường ứng dụng công nghệ để đưa thông tin cảnh báo về khả năng xảy ra các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như mưa lớn, sương mù, gió mạnh, ... kèm theo khi xảy ra các đợt lạnh bất thường một cách kịp thời tới người điều khiển phương tiện giao thông trong khu vực chịu ảnh hưởng

Các giải pháp cụ thể và trước mắt:

- Liên tục cập nhật bản tin dự báo thời tiết, nhất là các bản tin cảnh báo các thiên tai như mưa lớn, sương mù, gió mạnh kèm theo các bản tin cảnh báo về khả năng xảy ra các đợt lạnh bất thường.

- Giảm tốc độ và tăng cường quan sát khi có điều kiện sương mù đi kèm theo các đợt lạnh bất thường.

- Không di chuyển vào những khu vực có nguy cơ sạt lở cao

5.4.2.5. Các giải pháp chiến lược thích ứng trong lĩnh vực y tế và sức khỏe cộng đồng

Các giải pháp mang tính dài hạn:

- Tăng cường công tác tuyên truyền về tác động tiêu cực của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông tới sức khỏe con người.

- Tăng cường công tác tiêu, khử khuẩn trong cộng đồng trước, trong và sau khi xảy ra các đợt nóng bất thường.

- Vận động người dân thường xuyên rèn luyện thân thể, tập thể thao thường xuyên giúp làm ấm cơ thể, nâng cao sức đề kháng và sức chống chịu của bản thân với điều kiện thời tiết lạnh cũng như sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ không khí.

- Thường xuyên cung cấp thông tin về thời tiết nói chung, các đợt lạnh và nóng bất thường nói riêng trên tất cả các phương tiện truyền thông sẵn có.

Các giải pháp cụ thể và trước mắt:

- Đối với người dân, đặc biệt là người già và trẻ em

+ Hạn chế đi ra ngoài trời khi thời tiết quá lạnh và gió mạnh, đặc biệt trong khoảng thời gian từ 9h đêm đến 6h sáng;

+ Khi ra ngoài thì nên trang bị đủ trang phục ấm che chắn được gió lùa như áo khoác, quần dài đủ dày để giữ nhiệt, khăn choàng, mũ, găng tay, tất, khẩu trang...;

+ Luôn giữ cơ thể khô ráo, tránh bị ẩm ướt đặc biệt là vùng cổ, tay, chân mỗi khi ra đường và khi ngủ để hạn chế các bệnh do cảm lạnh;

+ Tránh tiếp xúc với khói thuốc, khói bếp than, không nên uống rượu bia đặc biệt là người dân ở miền núi cần chú ý vì uống rượu càng làm co thắt mạch máu gây tăng huyết áp, có thể dẫn tới đột quỵ, tử vong. Tránh các đồ uống có chứa chất kích thích như cafein;

+ Không nên tắm khuya sau 22h00, tắm quá lâu hoặc tắm nơi không kín gió vì dễ bị sốc nhiệt, nguy hiểm đến tính mạng. Sử dụng nước ấm để tắm, vệ sinh thân thể;

+ Cần vệ sinh miệng, họng sạch sẽ thường xuyên hằng ngày như đánh răng đều đặn trước và sau khi ngủ dậy; Súc miệng bằng nước ấm có pha muối loãng giúp sát trùng cổ, họng và hạn chế viêm họng;

+ Thường xuyên rửa tay với xà phòng để loại bỏ vi khuẩn; tiêm vắc xin để phòng ngừa bệnh cúm;

+ Ăn, uống đủ chất đảm bảo năng lượng cho cơ thể chống rét. Trong bữa ăn hàng ngày cần bổ sung đầy đủ 4 nhóm chất cơ bản (tinh bột, chất đạm,

chất béo, vitamin và khoáng chất). Đối với người lao động nặng, người cao tuổi, trẻ em cần cung cấp lượng tinh bột, chất đạm, chất béo, vitamin nhiều hơn so với những mùa khác nhằm tăng cường nhiệt lượng cho cơ thể chống rét, đặc biệt là bổ sung vitamin A, E tăng cường sức đề kháng cho cơ thể. Tránh ăn uống đồ lạnh, đồ ăn vừa lấy từ tủ lạnh ra vì dễ làm cơ thể nhiễm lạnh;

+ Những người bị cao huyết áp, mắc các bệnh tim mạch, mắc các bệnh hô hấp mạn tính, cơ xương khớp... đã được chẩn đoán thì phải chú ý tuân thủ nguyên tắc dùng thuốc, có chế độ vận động và dinh dưỡng hợp lý theo hướng dẫn của bác sĩ;

+ Thường xuyên cập nhật thông tin về thời tiết trên tất cả các phương tiện truyền thông.

- Đối với những người phải làm việc trong thời tiết lạnh

+ Nếu phải làm việc ngoài trời cần giữ ấm cơ thể và làm việc với cường độ chậm;

+ Cần phải giữ người, tay chân khô ráo, tránh ẩm ướt đặc biệt công nhân làm việc ngoài trời, trong hầm lò... Đeo khẩu trang trong khi làm việc để bảo vệ đường hô hấp

+ Những ngày mưa rét, làm việc ngoài trời, phải trang bị và sử dụng đầy đủ đồ bảo hộ lao động áo chống nước, áo mưa, mũ, găng tay đệm bông và lớp ngoài chống nước; giày ủng ấm và chống nước... vì quần áo, đầu tóc ướt sẽ làm mất nhiệt nhanh chóng khiến cơ thể bị nhiễm lạnh;

+ Khi ra ngoài trời lạnh, nhất thiết phải mặc ấm đặc biệt cần giữ ấm cổ và ngực. Trong lúc lao động, nếu thấy người nóng lên thì nên cởi bớt áo dần dần;

+ Để có đủ nhiệt lượng lao động và chống rét, người lao động cần ăn uống đầy đủ chất đặc biệt là chất béo, glucit và nên ăn uống nóng.

- Tuyệt đối không sử dụng than củi, than tổ ong để đốt và sưởi ấm trong phòng kín. Nếu thời tiết quá lạnh buộc phải sử dụng than thì chỉ sử dụng trong thời gian ngắn, cần mở hé cửa để đảm bảo thông khí và chỉ sưởi ấm khi mọi người còn thức; không dùng sưởi qua đêm và đóng kín cửa phòng;

- Không nên để các loại máy sưởi bức xạ hồng ngoại (quạt sưởi, đèn sưởi, lò sưởi...) gần trẻ nhỏ, người già vì tia hồng ngoại mang nhiệt tác động

trực tiếp lên bề mặt da, vừa gây khô da, khô mũi, nguy cơ bỏng và cháy cao. Khoảng cách tốt nhất khi đặt các máy sưởi này khoảng 1-2m và nên để chế độ quay với mục đích làm ấm phòng là chính, không nên chiếu sưởi trực tiếp vào người bởi các nguy cơ nói trên;

- Khi sử dụng chần điện phải kiểm tra kỹ trước khi sử dụng để phòng hư hỏng, đảm bảo cách điện và cách nhiệt của dây. Không giặt ướt để tránh tình trạng chập điện. Bật chế độ ấm vừa đủ và khi đủ ấm thì tắt trước khi sử dụng.

- Chú ý các biểu hiện: đau đầu, chóng mặt, tức ngực, khó chịu, tê bì chân tay... Khi có xuất hiện các triệu chứng cần lưu ý giữ ấm cơ thể ngay và đến cơ sở y tế kiểm tra sức khỏe;

- Chú ý khi tiếp xúc kéo dài với nhiệt độ rất lạnh có thể gây giảm thân nhiệt, nhất là người già, gầy ốm, bị bệnh mãn tính, trẻ em suy dinh dưỡng, trẻ sơ sinh; Biểu hiện giảm thân nhiệt: run, kiệt sức, nhầm lẫn, mất trí nhớ, nói lơ và buồn ngủ... ở trẻ sơ sinh có dấu hiệu da đỏ tươi hoặc da lạnh. Run rẩy là một dấu hiệu quan trọng đầu tiên cho thấy cơ thể đang mất nhiệt vì vậy cần phải sưởi ấm ngay;

- Khi bị nhiễm lạnh xuất hiện ho, sốt cần đi khám bác sỹ để có chẩn đoán và điều trị phù hợp. Không nên tự ý mua thuốc đặc biệt là thuốc kháng sinh để uống.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 5

Đề hướng tới dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ, đề tài lựa chọn cách tiếp cận: hạ quy mô động lực và dự báo thống kê để xây dựng các hệ thống dự báo. Các kết quả đánh giá chất lượng dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 đã cho thấy các mô hình RegCM và WRFcl có khả năng dự báo tốt. Tuy nhiên, chất lượng dự báo của mô hình RegCM tốt hơn nhiều so với mô hình WRFcl. Bên cạnh đó, việc ứng dụng dự báo tổ hợp dựa trên cách tiếp cận đã vật lý với dự báo trung bình trễ đã cải thiện được khả năng dự báo đúng hiện tượng có xảy ra và giảm được tỷ lệ dự báo không. Các thử nghiệm ứng dụng phương pháp thống kê đơn giản để dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường dựa trên các chỉ số gió mùa mùa đông (EAWMI) và chỉ số EFI cũng cho thấy kết quả khả quan. Tuy nhiên, cả hai cách tiếp cận vẫn còn cho thấy tỷ lệ dự báo không cao. Kết quả đánh giá cũng cho thấy ảnh hưởng của sai số dự báo nhiệt độ tới chất lượng dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Việc sử dụng nhiệt độ trung bình ngày để xác định cả hai hiện tượng cũng là một bất cập. Để cung cấp và chia sẻ các sản phẩm nghiên cứu của đề tài, phục vụ cho công tác dự báo nghiệp vụ cũng như phổ biến kiến thức cho cộng đồng, đề tài đã phát triển trang thông tin điện tử trong đó chia các nguồn số liệu, sản phẩm dự báo và các thông tin hữu ích khác về thiên tai, BDKH, ... Căn cứ theo xu thế, mức độ và tính chất hoạt động của các hiện tượng lạnh và nóng bất thường trong mùa đông ở khu vực Bắc Bộ trong quá khứ cũng như kết quả dự tính biến đổi trong giai đoạn 2020-2100 và khả năng dự báo của các hệ thống dự báo, đề tài đã đề xuất các giải pháp ứng phó cụ thể cho từng lĩnh vực KT-XH.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Đề tài nghiên cứu khoa học “*Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu tới sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc phục vụ phát triển kinh tế - xã hội*” được thực hiện với mục tiêu đánh giá được mức độ, xu thế, tính chất hoạt động của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông trên khu vực miền núi phía Bắc cũng như tác động của chúng trong những thập kỷ gần đây. Đồng thời, xây dựng được các hệ thống dự báo, cảnh báo sớm các hiện tượng từ ở quy mô hạn mùa và dự tính được sự biến đổi của các hiện tượng này trong tương lai. Qua đó, đề xuất được các giải pháp ứng phó với các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường vào mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc trong một số lĩnh vực kinh tế - xã hội trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Dựa trên các kết quả nghiên cứu và thử nghiệm, đề tài đã thu được một số kết quả khoa học chính như sau:

1. Đã lựa chọn được các tiêu chí xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên mức độ giảm nhiệt và thỏa mãn các tiêu chí sự kiện hiếm, có cường độ mạnh và có tác động tiêu cực tới đời sống KT-XH và con người

2. Đã thống kê và xác định được 216 đợt lạnh bất thường (trung bình 5.5 đợt/năm) và 25 đợt nóng bất thường (trung bình 0.6 đợt/năm) đã xảy ra trong 39 mùa đông từ mùa đông 1979/1980 đến 2017/2018. Phần lớn các đợt lạnh bất thường xảy ra trong các thập niên 1980 và 2000, trong khi các đợt nóng tập trung xảy ra trong 20 năm gần đây. Các đợt lạnh bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng I, II và III trong khi các đợt nóng bất thường xảy ra nhiều nhất vào tháng I.

3. Về mặt xu thế, các đợt lạnh bất thường có xu thế giảm nhẹ trong giai đoạn 1979-2017. Các đợt nóng có xu thế tăng lên trong các năm trở lại đây.

4. Các hiện tượng El Nino và La Nina có ảnh hưởng tới tần suất xuất hiện các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ. Nhìn chung trong năm xảy ra La Nina, số đợt lạnh bất thường xuất hiện với tần suất nhiều hơn năm El Nino. Đặc biệt, trong năm La Nina mạnh đã xuất hiện các đợt lạnh bất thường có cường độ rất mạnh, gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan rất hiếm khi xảy ra trong quá khứ.

5. Có 3 nguyên nhân chính gây ra các đợt lạnh bất thường gồm: 1) xuất phát từ nguồn gốc và cường độ khối không khí (liên quan đến cường độ của áp cao lạnh Seberian); 2) Sự tăng cường và bổ sung liên tục của khối không khí lạnh; và 3) hoạt động mạnh của dòng xiết gió tây trên cao gây ra mưa nhỏ, mưa phùn trong những xảy ra. Đối với các đợt nóng bất thường, có 2 nguyên nhân chính gây ra gồm: 1) Ảnh hưởng của rìa phía nam rãnh áp thấp bị nén bởi khối không khí lạnh phía bắc; và 2) Ảnh hưởng của trường phân kỳ trên cao.

6. Các kết quả dự tính xu thế biến đổi của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ dựa trên cách tiếp cận hạ quy mô động lực từ mô hình RegCM và WRFcl với số liệu kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 từ 5 mô hình AOGCM đã cho thấy:

+ Xu thế giảm của các đợt lạnh bất thường trong giai đoạn 2020-2100. Mức độ giảm theo kịch bản RCP8.5 lớn hơn so với kịch bản RCP4.5. Tần suất xảy ra các đợt lạnh bất thường của giai đoạn đầu thế kỷ 21 cao hơn so với giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21.

+ Xu thế tăng của các đợt nóng bất thường trong giai đoạn 2020-2100 theo cả 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Tuy nhiên, đến giai đoạn cuối thế kỷ 21 lại có xu thế giảm dần. Tần suất xảy ra các đợt nóng bất thường tập trung vào giai đoạn giữa và cuối thế kỷ 21.

7. Các kết quả đánh giá chất lượng dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông trên khu vực Bắc Bộ trong giai đoạn 2010-2018 đã cho thấy các mô hình RegCM và WRFcl có khả năng dự báo tốt. Tuy nhiên, chất lượng dự báo của mô hình RegCM tốt hơn nhiều so với mô hình WRFcl. Bên cạnh đó, việc ứng dụng dự báo tổ hợp dựa trên cách tiếp cận đã vật lý với dự báo trung bình trễ đã cải thiện được khả năng dự báo đúng hiện tượng có xảy ra và giảm được tỷ lệ dự báo không.

8. Các thử nghiệm ứng dụng phương pháp thống kê đơn giản để dự báo khả năng xảy ra các đợt lạnh và nóng bất thường dựa trên các chỉ số gió mùa mùa đông (EAWMI) và chỉ số EFI cũng cho thấy kết quả khả quan. Tuy nhiên, cả hai cách tiếp cận vẫn còn cho thấy tỷ lệ dự báo không cao.

9. Đã xây dựng được được hệ thống giám sát và đề xuất được các giải pháp ứng phó với các tác động tiêu cực từ hoạt động của các đợt lạnh và nóng

bất thường cho một số lĩnh vực kinh tế - xã hội trọng điểm ở khu vực Bắc Bộ nói chung và khu vực miền núi phía Bắc nói riêng.

10. Đề tài đã phát triển và triển khai trang thông tin điện tử trong đó chia các nguồn số liệu, sản phẩm dự báo và các thông tin hữu ích khác về thiên tai, BDKH, ... để cung cấp và chia sẻ các sản phẩm nghiên cứu của đề tài, phục vụ cho công tác dự báo nghiệp vụ cũng như phổ biến kiến thức cho cộng đồng.

Bên cạnh các kết quả khoa học chính nói trên, một số nội dung nghiên cứu của đề tài cũng đã được công bố trên một số tạp chí uy tín ở trong và ngoài nước. Đề tài đã tham gia hỗ trợ đào tạo sau đại học cho một số nghiên cứu sinh và học viên cao học chuyên ngành khí tượng và khí hậu học.

Mặc dù đạt được nhiều kết quả khoa học đáng khích lệ nói trên, các kết quả nghiên cứu vẫn còn nhiều khiếm khuyết cần phải bổ sung, điều chỉnh. Để đạt được mục tiêu này, nhóm thực hiện đề tài có một số kiến nghị về mặt khoa học như sau:

- Tiếp tục nghiên cứu điều chỉnh chỉ tiêu xác định các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông để khắc phục các hạn chế do việc sử dụng cùng yếu tố nhiệt độ trung bình ngày.

- Cần nghiên cứu ảnh hưởng của các hiệu ứng địa phương như làm lạnh bức xạ tới cường độ của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

- Tiếp tục phân tích thêm nhiều trường hợp khác để làm rõ hơn về cơ chế nhiệt động lực chi phối cũng như giải thích rõ hơn về mối quan hệ với các chu kỳ hoạt động của ENSO.

- Nghiên cứu làm rõ hơn ảnh hưởng của tham số hóa bức xạ và đất trong các mô hình khí hậu khu vực tới tần suất và cường độ của các đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông.

- Nghiên cứu ứng dụng các phương pháp để dự báo hạn mùa số đợt lạnh và nóng bất thường trong mùa đông

Tài liệu tham khảo*Tài liệu tiếng Việt:*

1. Phạm Vũ Anh, Nguyễn Việt Lành, 2010: Giáo trình Khí tượng synop, Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.
2. Trần Duy Bình, 2000: Chương trình quốc gia thực hiện Công ước khung của Liên hiệp quốc về Biến đổi khí hậu. Viện KTTV.
3. Đinh Hữu Dương, 2019: Nghiên cứu mối liên hệ giữa hoạt động xâm nhập lạnh với các trường khí quyển qui mô lớn trong các tháng mùa đông ở Việt Nam. Luận án thạc sĩ, 69tr.
4. Đỗ Huy Dương, 2014: Nghiên cứu mô phỏng một số yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng mô hình khí hậu khu vực, Luận án tiến sĩ Ngành Khí tượng và khí hậu học.
5. Nguyễn Trọng Hiệu, Đào Đức Tuấn: Về các trạng huống biến đổi khí hậu ở Đông Nam Á và Việt Nam. Viện KTTV, 1993.
6. Chu Thị Thu Hường (2015), Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến cường độ vi phạm hoạt động của áp cao Siberia, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số 651, pp.15-21.
7. Chu Thị Thu Hường và Phạm Văn Tân (2014), Hoạt động của áp cao Siberia với nhiệt độ trên khu vực Bắc Bộ Việt Nam Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 599, pp. 30-38.
8. Mai Văn Khiêm và cộng sự, 2019: Nghiên cứu xây dựng hệ thống nghiệp vụ dự báo khí hậu hạn mùa cho Việt Nam bằng các mô hình động lực. Báo cáo tổng kết Đề tài NCKH cấp Nhà nước mã số KC.08.01/16-20, 180tr.
9. Nguyễn Việt Lành, 2007: Một số kết quả nghiên cứu về biến đổi khí hậu trên khu vực Việt Nam, Tạp chí khí tượng Thủy văn, số 560, 33.
10. Nguyễn Việt Lành và Chu Thị Thu Hường (2005), Xây dựng trường độ cao địa thế vị trên khu vực Châu Á và lân cận trong các tháng mùa đông, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số 537, tháng 9/2005, pp 11-22.
11. Trần Việt Liễn, Hoàng Đức Cường, Trương Anh Sơn: Xây dựng các kịch bản khí hậu cho các vùng khí hậu ở Việt Nam giai đoạn 2010-2100. Tạp chí KTTV, tháng 1, Hà Nội 2007.

12. Trần Việt Liên: Tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến vùng ven biển Việt nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 2000.
13. Trần Công Minh, 2003: Giáo trình Khí tượng synop nhiệt đới, Đại học Quốc gia Hà Nội.
14. Bùi Yến Nhi, 2016: Nghiên cứu đặc điểm hoạt động của không khí lạnh xâm nhập xuống Việt Nam trong các tháng cuối đông. Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ, 45tr.
15. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, 1991: Biến đổi khí hậu và tác động của chúng ở Việt Nam trong khoảng 100 năm qua - Thiên nhiên và con người. Nhà XB Sự thật, Hà Nội.
16. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, 1993: Biến đổi khí hậu ở Việt Nam. Hội thảo quốc gia về biến đổi khí hậu và chiến lược ứng phó. Viện QHVQLN. Hà Nội, 1993.
17. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, 1999: Các trạng huống biến đổi khí hậu ở Việt Nam trong các thập kỷ tới. Viện KTTV.
18. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, 2004: Khí hậu và Tài nguyên khí hậu Việt Nam. NXB Nông Nghiệp Hà Nội.
19. Nguyễn Đức Ngữ: Tác động của ENSO đến thời tiết khí hậu, môi trường và kinh tế xã hội. Đề tài NCKH cấp nhà nước, 2002.
20. Hồ Thị Minh Hà, 2008: Nghiên cứu khả năng mô phỏng mùa các yếu tố khí tượng trên lãnh thổ Việt Nam bằng phương pháp thủy động và thống kê. Luận án Tiến sĩ Khí tượng học, Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội.
21. Phan Văn Tân và cộng sự, 2008: Nghiên cứu ứng dụng mô hình khí hậu khu vực mô phỏng/dự báo mùa các trường khí hậu bề mặt phục vụ qui hoạch phát triển và phòng tránh thiên tai. Báo cáo Tổng kết đề tài GTĐ.06.05, ĐHQG Hà Nội, 121 trang.
22. Phan Văn Tân và cộng sự, 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 KH-CN cấp Nhà nước, mã số KC08.29/06-10.
23. Phan Văn Tân và cộng sự, 2014: Nghiên cứu xây dựng hệ thống mô hình dự báo hạn mùa cho một số hiện tượng khí hậu cực đoan phục vụ phòng

- tránh thiên tai ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết Đề tài KHCN cấp Nhà nước, mã số ĐT.NCCB-ĐHUD.2011-G/09, 350tr.
24. Nguyễn Văn Thắng và nnk, 2006: Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo khí hậu cho Việt Nam dựa trên kết quả của mô hình động lực toàn cầu. Tóm tắt đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ:
http://www.imh.ac.vn/c_tt_chuyen_nganh/ce_detai_duan/researchtopic.2010-04-08.0230629346/researchtopic_view
 25. Nguyễn Văn Thắng và nnk, 2007: Nghiên cứu và xây dựng công nghệ dự báo và cảnh báo sớm hạn hán ở Việt Nam. Tóm tắt đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ:
http://www.imh.ac.vn/c_tt_chuyen_nganh/ce_detai_duan/researchtopic.2010-03-19.5547813550/researchtopic_view.
 26. Nguyễn Văn Thắng, 2001: Thử nghiệm bước đầu dự báo mưa mùa ở Việt Nam, *Tạp chí KTTV* (488), tr. 22-29.
 27. Nguyễn Văn Thắng và cộng sự, 2010: Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế xã hội ở Việt Nam. Báo cáo Tổng kết đề tài KC.08.13/06-10. Viện Khoa học KTTV và Môi trường, Hà Nội, 330 trang.
 28. Đỗ Thị Thanh Thủy, 2013: Một số đặc điểm hoạt động của gió mùa mùa đông trên khu vực Việt Nam. Luận văn thạc sỹ chuyên ngành khí tượng.
 29. Lê Anh Tú, 2015: Hoạt động của một số trung tâm khí áp ảnh hưởng đến Việt Nam trong các tháng chuyển mùa từ đông sang hè giai đoạn 1961 – 2010, Khóa luận tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
 30. Vũ Anh Tuấn và cộng sự, 2016: Nghiên cứu xây dựng hệ thống xác định khách quan các hình thái gây mưa lớn điển hình cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH Cấp Bộ mang mã số TNMT.05.26, 128tr.
 31. Kiều Thị Xin và cộng sự, 2015: Nghiên cứu xây dựng kịch bản về các hiện tượng thời tiết cực đoan trung hạn (2015-2030) cho khu vực Việt Nam - Biển Đông sử dụng kịch bản BĐKH trong chương trình

Kakushin, Báo cáo tổng kết Đề tài NCKH cấp NN, mã số BDKH-01, thuộc chương trình BDKH/10-15.

Tài liệu tiếng Anh

32. Acharya P., Boggess B., Zhang K., 2018: Assessing heat stress and health among construction workers in a changing climate: A review. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2018;15:247. doi: 10.3390/ijerph15020247.
33. Alexander, L. V., et al. (2006), Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res.*, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
34. Arkadiusz M. Tomczyk¹, Agnieszka Sulikowska, Ewa Bednorz, Marek Pótrolniczak, 2019: Atmospheric circulation conditions during winter warm spells in Central Europe. *Nat Hazards* 96, 1413–1428 (2019). doi:10.1007/s11069-019-03621-4.
35. Basu R., 2009: High ambient temperature and mortality: A review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ. Health.* 2009;8:40. doi: 10.1186/1476-069X-8-40.
36. Beniston, M. (2005), Warm winter spells in the Swiss Alps: Strong heat waves in a cold season? A study focusing on climate observations at the Saentis high mountain site, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L01812, doi:10.1029/2004GL021478.
37. Beniston M, Stephenson DB (2004) Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Glob Planet Change* 44:1–9.
38. Bin Wang, Renguang Wu, K. M. Lau, 2001: Interannual Variability of the Asian Summer Monsoon: Contrasts between the Indian and the Western North Pacific–East Asian Monsoons. *Journal of Climate*, Volume 14, pp 4073–4090.
39. Bingyi Wu và Jia Wang, 2002: Winter Arctic Oscillation, Siberian high and East Asian Winter Monsoon. *Geo. Res. Letters*, Vol 29, No 9, 1-3.
40. Bonsal B.R., X. Zhang, L.A. Vincent, W.D. Hogg, 2001: Characteristics of daily extreme temperatures over Canada, *J. Climate* 14, 1959–1976.
41. Boyle, J. S., and T.-J. Chen (1987), Synoptic aspects of the wintertime

- East Asian monsoon, in *Monsoon Meteorology*, edited by C.-P. Chang and T. N. Krishnamurti, pp. 125–160, Oxford Univ. Press, Oxford, U. K.
42. Bulygina O. N., V N Razuvaev, N N Korshunova and P Ya Groisman, 2007: Climate variations and changes in extreme climate events in Russia, *Environ. Res. Lett.* 2, 045020.
 43. Castellani J.W., Young A.J., 2016: Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton. Neurosci.* 2016;196:63–74. doi: 10.1016/j.autneu.2016.02.009.
 44. Chang C. P., Zhuo Wang và Harry Hendon (2006): *The Asian winter monsoon*. Springer Berlin Heidelberg.
 45. Chen T-C, Ming-Cheng Yen, Wan-Ru Huang và William A. Gallus Jr (2002): An East Asian Cold Surge: Case Study. *Monthly Weather Review* 130 (2002): 2271.
 46. Chmielewski FM, Muller A, Bruns E, 2004: Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany 1961–2000. *Agr. For Meteorol.*, 121(1–2): 69–78.
 47. Choi, Y.-S., C.-H. Ho, D.-Y. Gong, J.-H. Jeong, and T.-W. Park (2009), Adaptive change in intra-winter distribution of relatively cold events to East Asian warming, *Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, 20,807–816, doi:10.3319/TAO.2008.11.20.01(A).
 48. Chmielewski FM, Muller A, Bruns E (2004) Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany 1961–2000. *Agr For Meteorol* 121(1–2):69–78.
 49. Compo, G. P., G. N. Kiladis, and P. J. Webster (1999), The horizontal and vertical structure of east Asian winter monsoon pressure surges, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 125,29–54, doi:10.1002/qj.49712555304.
 50. Conlon K.C., Rajkovich N.B., White-Newsome J.L., Larsen L., O’Neill M.S., 2011: Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas.* 2011;69:197–202. doi: 10.1016/j.maturitas.2011.04.004.
 51. Dan Cayan, Ed Maurer, Mike Dettinger, Mary Tyree, Katharine Hayhoe, Celine Bonfils, Phil Duffy, and Ben Santer, 2006: *Climate scenarios for*

- California. California Climate Change Center.
52. Déqué M. and Braun A., 2005: Temperature and precipitation extremes over France: climate change response with ARPEGE RCM. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 01760.
 53. Duffy P. B., Arritt R. W., Coquard J., Gutowski W., Han J., Iorio J., Kim J., Leung L. R., Roads J., Zeledon E., 2006: Simulations of Present and Future Climates in the Western United States with Four Nested Regional Climate Models. *Journal of Climate*, Volume 19, pp 873–895.
 54. Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P. Ya., Karl T.R., Kunkel K.E., Ambenje P., 2000: Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 417-425.
 55. Enander A., 2007: Performance and sensory aspects of work in cold environments: A review. *Ergonomics*. 1984;27:365–378. doi: 10.1080/00140138408963501.
 56. Forzieri G., Cescatti A., e Silva F.B., Feyen L., 2017: Increasing risk over time of weather-related hazards to the European population: A data-driven prognostic study. *Lancet Planet. Health*. 2017;1:e200–e208. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30082-7.
 57. Founda D., K.H. Papadopoulos, M. Petrakis, C. Giannakopoulos, P. Good, 2004: Analysis of mean, maximum, minimum temperature in Athens from 1897-2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events and cold events, *Global Planet Change* 44, 27.
 58. Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A. M. G. K. and Peterson, T., 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.* 19, 193–212.
 59. Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M., Lavigne E., Zanobetti A., Schwartz J., Tobias A., Tong S., Rocklöv J., Forsberg B., 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386:369–375. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0.
 60. Gerald A. Meehl, Thomas Karl, David R. Easterling, Stanley Changnon,

- Roger Pielke Jr., David Changnon, Jenni Evans, Pavel Ya. Groisman, Thomas R. Knutson, Kenneth E. Kunkel, Linda O. Mearns, Camille Parmesan, Roger Pulwarty, Terry Root, Richard T. Sylves, Peter Whetton, and Francis Zwiers, 2000: An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events: Observations, Socioeconomic Impacts, Terrestrial Ecological Impacts, and Model Projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 81, No. 3.
61. Gong D. và S. Wang, 1999: Impacts of ENSO on rainfall of global land and China precipitation. *Chinese Sci. Bull.*, 44, 852-856.
 62. Gong D. Y và C. H. Ho, 2002: The Siberia high and climate change over middle to high latitude Asia. *Theor. Appl. Climatol.* 72, 1-9.
 63. Gong, D.-Y., and C.-H. Ho (2004), Intra-seasonal variability of wintertime temperature over East Asia, *Theor. Appl. Climatol.*, 24, 131–144.
 64. Goutam D., 2018: Disaster and its impact on Human Health. National Risk Reduction Center, WHO; Lalitpur, Nepal: 2014. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 445; doi:10.3390/ijerph15030445.
 65. Hansen J., R. Ruedy, M. Sato and K. Lo, 2010: Global surface temperature change, *Reviews of Geophysics*, Vol. 48, pp. RG4004.
 66. Heino, R., and Coauthors, 1999: Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe. *Climatic Change*, 42, 151–181.
 67. Holmér I., Hassi J., Ikäheimo T.M., Jaakkola J.J., 2012: Cold stress: Effects on performance and health. *Patty's Toxicol.* 2001:1–26. doi: 10.1002/0471435139.tox097.pub2.
 68. Hu Yichang, He Yong, and Dong Wenjie, 2009: Changes in Temperature Extremes Based on a 6-Hourly Dataset in China from 1961-2005. *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol. 26, No. 6, 1215-1225.
 69. Huth Radan, 2004: Sensitivity of Local Daily Temperature Change Estimates to the Selection of Downscaling Models and Predictors. *J. Climate*, 17, 640–652.
 70. IPCC Fourth Assessment Report, 2007a: Working Group I Report “The Physical Science Basis”. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments->

- reports.htm.
71. IPCC Fourth Assessment Report, 2007b: Working Group II Report “Impacts, Adaptation and Vulnerability”. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>.
 72. IPCC (2013) Climate change: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel in climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
 73. Jan Null, 2020: El Nino and La Nina Years and Intensities based on Oceanic Nino index (ONI). <https://ggweather.com/enso/oni.htm>
 74. Jeong, J.-H., and C.-H. Ho (2005), Changes in occurrence of cold surges over East Asia in associated with Arctic Oscillation, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L14704, doi:10.1029/2005GL023024.
 75. Jeong, J.-H., B.-M. Kim, C.-H. Ho, D. Chen, and G.-H. Lim (2006), Stratospheric origin of cold surge occurrence in East Asia, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L14710, doi:10.1029/2006GL026607.
 76. Jones P.D., New M., Parker D.E., Martin S., Rigor I.G., 1999: Surface air temperature and its variations over the last 150 years, *Reviews of Geophysic Vol. 37*, pp. 173-199.
 77. Juopperi K., Hassi J., Ervasti O., Drebs A., Näyhä S., 2002: Incidence of frostbite and ambient temperature in Finland, 1986–1995. A national study based on hospital admissions. *Int. J. Circumpolar Health*. 2002;61:352–362. doi: 10.3402/ijch.v61i4.17493.
 78. Kattenberg A., F. Giorgi, H. Grassl, G.E. Meehl, J.F.B Mitchell, R.J. Stouffer, T. Tokioka, A.J. Weaver, T.M.I Wigley, 1996: Climate models - projections of future climate. *Climate change 1995*, Cambridge University Press, Cambridge.
 79. Kiktev, D., D. M. H. Sexton, L. Alexander, and C. K. Folland, 2003: Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes. *J. Climate*, 16, 3560–3571.
 80. Kjellstrom T., Holmer I., Lemke B., 2009a: Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Glob. Health Action*. 2009;2:2047. doi: 10.3402/gha.v2i0.2047.

81. Kjellstrom T., Kovats R.S., Lloyd S.J., Holt T., Tol R.S., 2009b: The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Arch. Environ. Occup. Health.* 2009;64:217–227. doi: 10.1080/19338240903352776.
82. Klein Tank AMG, Winjgaard JB, Können GP, Böhm R, Demarée G, Gocheva A, Mileta M, Pashiardis S, Hejkrlik L, Kern-Hansen C, Heino R, Bessemoulin P, Müller-Westermeier G, Tzanakou M, Szalai S, Pálsdóttir T, Fitzgerald D, Rubin S, Capaldo M, Maugeri M, Leitass A, Bukantis A, Aberfeld R, van Engelen AFV, Forland E, Miletus M, Coelho F, Mares C, Razuvaev V, Nieplova E, Cegnar T, Antonio López J, Dahlström B, Moberg A, Kirchhofer W, Ceylan A, Pachaliuk O, Alexander LV, Petrovic P, (2002) Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int J Climatol* 22(12):1441–1453.
83. Kharin, Viatcheslav V., Francis W. Zwiers, 2005: Estimating Extremes in Transient Climate Change Simulations. *J. Climate*, 18, 1156–1173.
84. Kovats R.S., Hajat S., 2012: Heat stress and public health: A critical review. *Annu. Rev. Public Health.* 2008;29:41–55. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843.
85. Kunkel K.E., R.A. Pritke, S.A. Changnon, 1999: Temporal fluctuation in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts – a review, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 80, 1077.
86. Kysely J., Pokorna L., Kyncl J., Kriz B., 2009: Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *Bmc Public Health.* 2009;9:19. doi: 10.1186/1471-2458-9-19.
87. Lalaurette, F., 2003: Early detection of abnormal weather conditions using a probabilistic extreme forecast index. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **129**, 3037–3057, doi: <https://doi.org/10.1256/qj.02.152>
88. Li Yueqing and Yang Song, 2010: A dynamical index for the East Asian Winter Monsoon. *Journal of Climate*, Vol. 23, issue 15, pp 4255-4262.
89. Lundgren K., Kuklane K., Gao C., Holmer I., 2013: Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Ind. Health.* 2013;51:3–15. doi: 10.2486/indhealth.2012-0089.

90. Luterbacher J, Liniger MA, Menzel A, Estrella N, Della-Marta PM, Pfister C, Rutishauser T, Xoplaki E (2007) The exceptional European warmth of autumn 2006 and winter 2007: historical context, the underlying dynamics and its phenological impacts. *Geophys Res Lett* 34: L12704. <https://doi.org/10.1029/2007GL029951>
91. Manton M.J., P.M. Della-Marta, M.R. Haylock, K.J. Hennessy, N. Nicholls, L.E. Chambers, D.A. Collins, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isobe, T.S. Kestin, P. Lafale, C.H. Leyu, T. Lwin, L. Maitrepierre, N. Ouprasitwong, C.M. Page, J. Pahalad, N. Plummer, M.J. Salinger, R. Suppiah, V.L. Tran, B. Trewin, I. Tibig, D. Yee, 2001: Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southern Asia and the South Pacific: 1961-1998, *Int. J. Climatol.* 21, 269.
92. Martin Beniston & David B. Stephenson & Ole B. Christensen & Christopher A. T. Ferro & Christoph Frei & Stéphane Goyette & Kirsten Halsnaes & Tom Holt & Kirsti Jylhä & Brigitte Koffi & Jean Palutikof & Regina Schöll & Tido Semmler & Katja Woth, 2007: Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections. Springer Science + Business Media B.V.
93. Mäkinen T.M., Hassi J., 2009: Health problems in cold work. *Ind. Health.* 2009;47:207–220. doi: 10.2486/indhealth.47.207.
94. May W. and Christensen O. B., 2005: Potential future change in extreme wet and dry spells in Europe simulated by the HIRHAM regional climate model. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 02237.
95. Mearns L., Fu C. (2001), “Regional climate information: evaluation and projections”, In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge Univ. Press, New York, pp. 583–638.
96. Menzel A, Seifert H, Estrella N (2011) Effects of recent warm and cold spells on European plant phenology. *Int J Biometeorol* 55(6):921–932.
97. Nanda K. B. and Zander K. K. 2019: Socio-Economic Impact of and Adaptation to Extreme Heat and Cold of Farmers in the Food Bowl of Nepal. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 May; 16(9): 1578. doi: 10.3390/ijerph16091578.

98. Nairn JR, Fawcett RJ (2011) Defning heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia. CAWCR technical report No. 060, The Centre for Australian Weather and Climate Research, Australia.
99. Nasrallah H.A., E. Nieplova, E. Ramadan, 2004: Warm season extreme temperature events in Kuwait, *J. Arid. Environ.* 56, 357.
100. Park, T.-W., J.-H. Jeong, C.-H. Ho, and S.-J. Kim (2008), Characteristics of atmospheric circulation associated with cold surge occurrences in East Asia: A case study during 2005/06 winter, *Adv. Atmos. Sci.*,25, 791–804, doi:10.1007/s00376-008-0791-0.
101. Park, T.-W., C.-H. Ho, S. Yang, and J.-H. Jeong (2010), Influences of Arctic Oscillation and Madden-Julian Oscillation on cold surges and heavy snowfalls over Korea: A case study for the winter of 2009–2010, *J. Geophys. Res.*, 115, D23122, doi:10.1029/2010JD014794.
102. Park, T.-W., C.-H. Ho, and S. Yang (2011a), The relationship between Arctic Oscillation and cold surges over East Asia, *J. Clim.*, 24,68–83, doi:10.1175/2010JCLI3529.1
103. Park, T.-W., C.-H. Ho, S.-J. Jeong, Y.-S. Choi, S. K. Park, and C.-K. Song, 2011b: Different characteristics of cold day and cold surge frequency over East Asia in a global warming situation, *J. Geophys. Res.*, 116, D12118, doi:10.1029/2010JD015369.
104. Parsons K., 2014: Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 2014.
105. Pavel Ya. Groisman, et al., 1999: Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. *Climatic Change*, 42, 243-283.
106. Perkins SE (2015) A review on the scientific understanding of heatwaves-their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmos Res* 164:242–267.
107. Perkins SE, Alexander LV, Nairn JR (2012) Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells. *Geophys Res Lett* 39: L20714.

108. Perkins SE, Alexander LV (2013) On the measurement of heat waves. *J Clim* 26(13):4500–4517
109. Plummer, N., and Coauthors, 1999: Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Climatic Change*, 42, 182–202.
110. Prates, F., and R. Buizza, 2011: Pret, the probability of return: A new probabilistic product based on generalized extreme-value theory. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **137**, 521–537, doi: <https://doi.org/10.1002/qj.759>
111. Qi L., Bravo-Ureta B.E., Cabrera V.E., 2015: From cold to hot: Climatic effects and productivity in Wisconsin dairy farms. *J. Dairy Sci.* 2015;98:8664–8677. doi: 10.3168/jds.2015-9536.
112. Ranhoff A. Accidental hypothermia in the elderly. *Int. J. Circumpolar Health*. 2000;59:255–259
113. Rowlinson S., Yunyanjia A., Li B., Chuanjingju C., 2014: Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research. *Accid. Anal. Prev.* 2014;66:187–198. doi: 10.1016/j.aap.2013.08.011.
114. Sahu S., Sett M., Kjellstrom T., 2013: Heat exposure, cardiovascular stress and work productivity in rice harvesters in India: Implications for a climate change future. *Ind. Health*. 2013;51:424–431. doi: 10.2486/indhealth.2013-0006.
115. Shabbar A, Bonsal B (2003) An assessment of changes in winter cold and warm spells over Canada. *Nat Hazards* 29(2):173–188.
116. Singh S., Hanna E.G., Kjellstrom T., 2013: Working in Australia's heat: Health promotion concerns for health and productivity. *Health Promot. Int.* 2013;30:239–250. doi: 10.1093/heapro/dat027.
117. Sirapong Sooktawee, Usa Humphries, Atsamon Limsakul, Prungchan Wongwises, 2014: Spatio-Temporal Variability of Winter Monsoon over the Indochina Peninsula. *Atmosphere* 5, 101-121.
118. Smith TT, Zaitchik BF, Gohlke JM, 2013: Heat waves in the United States: definitions, patterns and trends. *Clim Change* 118(3–4):811–825.
119. Smith K., Woodward A., Campell-Lendrum D., 2014: Human Health—Impacts Adaptation and Co-Benefits. *Climate Change 2014: Impacts,*

- Adaptation, and Vulnerability Working Group II Contribution to the IPCC 5th Assessment Report. Cambridge University Press; Cambridge, UK: New York, NY, USA: 2014.
120. Somanathan E., Somanathan R., Sudarshan A., Tewari M., 2018: The Impact of Temperature on Productivity and Labor Supply: Evidence from Indian Manufacturing. Indian Statistical Institute; New Delhi, India: 2015.
121. Statistics Canada, 1998: Canadian Centre for Health Information, causes of death. Catalogue No. 84-208, Minister of Supply and Services Canada, 335 pp.
122. Tae-Won Park, Chang-Hoi Ho, Jee-Hoon Jeong, Jin-Woo Heo, Yi Deng (2015): A new dynamical index for classification of cold surge types over East Asia. *Climate Dynamics*, 45(9). DOI: 10.1007/s00382-015-2483-7
123. Takaya, K., and H. Nakamura (2005), Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold Siberian high, *J. Atmos. Sci.*, 62, 4423–4440, doi:10.1175/JAS3629.1.
124. Tawatsupa B., Lim L.L.Y., Kjellstrom T., Seubsman S.A., Sleigh A., Chokhanapitak J., Churewong C., Hounthasarn S., Khamman S., Pandee D., et al., 2012: Association between occupational heat stress and kidney disease among 37 816 workers in the thai cohort study (TCS) *J. Epidemiol.* 2012;22:251–260. doi: 10.2188/jea.JE20110082.
125. Thomas R. Karl, Richard W. Knight David R. Easterling, and Robert G. Quayle, 1996: Indices of Climate change for the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 77, No. 2, 279-292.
126. Toreti A. and F. Desiato, 2008: Temperature trend over Italy from 1961 to 2004. *Theor Appl Climatol.* 91, 51–58.
127. Tsing-Chang Chen, Ming-Cheng Yen, Wan-Ru Huang và William A. Gallus Jr (2002): An East Asian Cold Surge: Case Study. *Mon. Wea. Rev.* (2002) **130** (9): 2271–2290.
128. Trenberth, K. E., et al. (2007), Observations: Surface and atmospheric climate change, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, edited by S. Solomon et al., pp. 235–336, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.

129. Urban A., Davidkovová H., Kyselý J., 2013: Heat- and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic. *Int. J. Biometeorol.* 2014;58:1057–1068. doi: 10.1007/s00484-013-0693-4.
130. Vavrus, S., J.E. Walsh, W.L. Chapman, and D. Portis, 2006: The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. *Int. J. Climatol.*, 26, 1133–1147.
131. Venugopal V., Chinnadurai J., Lucas R., Vishwanathan V., Rajiva A., Kjellstrom T., 2016: The social implications of occupational heat stress on migrant workers engaged in public construction: A case study from southern India. *Int. J. Constr. Environ.* 2016;7:25–36. doi: 10.18848/2154-8587/CGP/v07i02/25-36.
132. Wallace và Gutzle, 1981: Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784-812pp.
133. Walsh, J. E., A. S. Phillips, D. H. Portis, and W. L. Chapman (2001), Extreme cold outbreaks in the United States and Europe, 1948–99, *J. Clim.*, 14, 2642–2658, doi:10.1175/1520-0442(2001)014<2642:ECOITU>2.0.CO;2
134. Wallace và Gutzler (1981): Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Monthly weather review* 109: 784-812pp.
135. Wibig J (2007): Waves of warmth and coldness in Central Poland on the example of Łódź). *Acta Univ Lod Folia Geogr Phys* 8:27–61.
136. Xu Ying, Gao Xuejie, Shen Yan, Xu Chonghai, Shi Ying, and F. Giorgi, 2009: A Daily Temperature Dataset over China and Its Application in Validating a RCM Simulation. *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol. 26, No. 4, 763–772.
137. Yan Zhongwei, Steven Bate, Richard E. Chandler, and Valerie Isham, Howard Wheater, 2002: An Analysis of Daily Maximum Wind Speed in Northwestern Europe Using Generalized Linear Models. *Journal of Climate*, Vol. 15, 2073-2088
138. Yi Zhang, Kenneth R. Sperber, và James S. Boyle, 1997: *Climatology*

- and Interannual Variation of the East Asian Winter Monsoon: Results from the 1979 – 1995 NCEP/NCAR Reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2605-2619.
139. You Q, Jiang Z, Kong L, Wu Z, Bao Y, Kang S, Pepin N (2017) A comparison of heat wave climatologies and trends in China based on multiple definitions. *Clim Dyn* 48(11–12):3975–3989.
140. Yueqing Li and Song Yang, 2010: A Dynamical Index for the East Asian Winter Monsoon. *J. Climate* (2010) **23** (15): 4255–4262.
141. Zander K.K., Mathew S., 2009: Estimating economic losses from perceived heat stress in urban Malaysia. *Ecol. Econ.* 2019;159:84–90. doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.01.023.
142. Zhai, P., and X. Pan (2003), Trends in temperature extremes during 1951–1999 in China, *Geophys. Res. Lett.*, 30(17), 1913, doi:10.1029/2003GL018004.
143. Zhang, Y., and W.-C. Wang (1997), Model-simulated northern winter cyclone and anticyclone activity under a greenhouse warming scenario, *J. Clim.*, 10, 1616–1634.
144. Zhang, Y., K. R. Sperber, and J. S. Boyle (1997a), Climatology and interannual variation of East Asian winter monsoon: Result from the 1979–95 NCEP/NCAR reanalysis, *Mon. Weather Rev.*, 125, 2605–2619, doi:10.1175/1520-0493(1997)125<2605:CAIVOT>2.0.CO;2.
145. Zhang Y., Nitschke M., Krackowizer A., Dear K., Pisaniello D., Weinstein P., Tucker G., Shakib S., Bi P., 2017: Risk factors for deaths during the 2009 heat wave in Adelaide, Australia: A matched case-control study. *Int. J. Biometeorol.* 2017;61:35–47. doi: 10.1007/s00484-016-1189-9.
146. Zhang, Y., et al. (1997b), East Asian winter monsoon: Results from eight AMIP models, *Clim. Dyn.*, 13, 797–820, doi:10.1007/s003820050198.

Phụ lục 1. Danh sách 84 trạm quan trắc khí tượng bề mặt thuộc khu vực Bắc Bộ được sử dụng trong nghiên cứu

1. Khu vực Tây Bắc

TT	Tên trạm	Vị trí			Thời gian bắt đầu QT
		K.độ	Vĩ độ	h(m)	
1	Tam Đường	103 ⁰ 29'	22 ⁰ 25'	964.846	01/05/1973
2	Mường Tè	102 ⁰ 50	22 ⁰ 22	329.440	01/02/1961
3	Sìn Hồ	103 ⁰ 14	22 ⁰ 22	1533.732	01/03/1961
4	Mường Lay	103 ⁰ 09	22 ⁰ 04	243.185	01/04/1956
5	Tuần Giáo	103 ⁰ 25	21 ⁰ 35	571.793	01/01/1961
6	Pha Đin	103 ⁰ 31	21 ⁰ 34	1377.700	01/01/1964
7	Điện Biên	103 ⁰ 00	21 ⁰ 22	475.105	01/06/1958
8	Phieng Lanh	103 ⁰ 34	21 ⁰ 51	155.287	01/02/1961
9	Sơn La	103 ⁰ 54	21 ⁰ 20	675.342	01/11/1960
10	Phù Yên	104 ⁰ 38	21 ⁰ 16	169.004	01/01/1961
11	Bắc Yên	104 ⁰ 25	21 ⁰ 15	642.919	01/06/1973
12	Cò Nòi	104 ⁰ 09	21 ⁰ 08	670.767	01/07/1963
13	Sông Mã	103 ⁰ 44	21 ⁰ 04	359.468	01/01/1962
14	Yên Châu	104 ⁰ 18	21 ⁰ 03	313.989	01/01/1961
15	Mộc Châu	104 ⁰ 41	20 ⁰ 50	971.972	01/06/1961
16	Hoà Bình	105 ⁰ 20	20 ⁰ 49	22.692	01/09/1955
17	Kim Bôi	105 ⁰ 32	20 ⁰ 40	61.102	01/08/1962
18	Mai Châu	105 ⁰ 03	20 ⁰ 39	165.477	01/01/1961
19	Chi Nê	105 ⁰ 47	20 ⁰ 29	11.317	01/01/1973
20	Lạc Sơn	105 ⁰ 27	20 ⁰ 27	41.173	01/02/1961
21	Than Uyên	103 ⁰ 53	21 ⁰ 57	601.237	01/02/1961

2. Khu vực Đông Bắc

TT	Tên trạm	Vị trí			Thời gian bắt đầu QT
		K.độ	Vĩ độ	h(m)	
1	Bảo Lạc	105 ⁰ 40	22 ⁰ 57	209.706	01/01/1961
2	Trùng Khánh	106 ⁰ 31	22 ⁰ 50	531.458	01/01/1961
3	Nguyễn Bình	105 ⁰ 57	22 ⁰ 39	491.360	01/01/1961
4	Cao Bằng	106 ⁰ 15	22 ⁰ 40	244.130	01/08/1956
5	Thất Khê	106 ⁰ 28	22 ⁰ 15	162.452	30/12/1959
6	Bắc Sơn	106 ⁰ 19	21 ⁰ 54	392.610	01/12/1962

7	Lạng Sơn	106 ⁰ 46	21 ⁰ 50	257.881	01/07/1955
8	Đình Lập	107 ⁰ 06	21 ⁰ 32	190.645	01/01/1963
9	Hữu Lũng	106 ⁰ 21	21 ⁰ 30	41.479	01/01/1961
10	Móng Cái	107 ⁰ 58	21 ⁰ 31	6.947	01/01/1955
11	Tiên Yên	107 ⁰ 24	21 ⁰ 20	13.628	01/02/1956
12	Uông Bí	106 ⁰ 45	21 ⁰ 02	2.361	01/01/1965
13	Cửa Ông	107 ⁰ 21	21 ⁰ 01	57.171	01/01/1960
14	Cô Tô	107 ⁰ 46	20 ⁰ 59	(70)	08/10/1958
15	Bãi Cháy	107 ⁰ 04	20 ⁰ 58	37.812	01/01/1960
16	Quảng Hà	107 ⁰ 45	21 ⁰ 27	6.284	01/03/1979
17	Hiệp Hoà	105 ⁰ 58	21 ⁰ 21	20.565	01/01/1970
18	Lục Ngạn	106 ⁰ 33	21 ⁰ 23	14.646	01/01/1961
19	Sơn Động	106 ⁰ 51	21 ⁰ 20	58.473	01/01/1961
20	Bắc Giang	106 ⁰ 13	21 ⁰ 18	7.501	01/01/1960
21	Hòn Dấu	106 ⁰ 48	20 ⁰ 40	37.233	26/12/1955
22	Bạch Long Vĩ	107 ⁰ 43	20 ⁰ 08	55.626	01/05/1958
23	Phủ Liễn	106 ⁰ 38	20 ⁰ 48	112.409	01/08/1957
24	Bắc Ninh	106 ⁰ 05	21 ⁰ 11		01/01/1960

3. Khu vực Việt Bắc

TT	Tên trạm	Vị trí			Thời gian Bắt đầu QT
		K.độ	Vĩ độ	h(m)	
1	Chợ Rã	105 ⁰ 43	22 ⁰ 27	182.575	01/06/1961
2	Ngân Sơn	105 ⁰ 59	22 ⁰ 26	517.232	01/05/1961
3	Mù Cang Chải	104 ⁰ 03	21 ⁰ 52	955.011	01/05/1962
4	Bắc Hà	104 ⁰ 17	22 ⁰ 32	928.718	01/02/1961
5	Lao Cai	103 ⁰ 58	22 ⁰ 30	103.625	01/05/1955
6	Phổ Ràng	104 ⁰ 28	22 ⁰ 14	97.785	01/05/1974
7	Sa Pa	103 ⁰ 49	22 ⁰ 21	1584.209	01/10/1957
8	Lục Yên	104 ⁰ 43	22 ⁰ 06	105.468	01/12/1960
9	Yên Bái	104 ⁰ 52	21 ⁰ 42	55.583	01/09/1955
10	Văn Chấn	104 ⁰ 31	21 ⁰ 35	274.688	01/01/1961
11	Hà Giang	104 ⁰ 58	22 ⁰ 49	116.994	01/07/1956
12	Hoàng Su Phì	104 ⁰ 41	22 ⁰ 45	539.364	01/06/1961
13	Bắc Mê	105 ⁰ 22	22 ⁰ 44	199.758	01/01/1964
14	Bắc Quang	104 ⁰ 52	22 ⁰ 30	73.033	01/06/1961
15	Chiêm Hoá	105 ⁰ 16	22 ⁰ 09	60.305	01/01/1961
16	Hàm Yên	105 ⁰ 02	22 ⁰ 04	46.192	01/01/1961
17	Tuyên Quang	105 ⁰ 13	21 ⁰ 49	40.842	01/01/1960

18	Bắc Cạn	105 ⁰ 50	22 ⁰ 09	173.957	01/05/1956
19	Định Hoá	105 ⁰ 38	21 ⁰ 55	106.878	01/02/1961
20	Thái Nguyên	105 ⁰ 50	21 ⁰ 36	35.322	01/10/1958
21	Phú Hộ	105 ⁰ 14	21 ⁰ 27	54.060	01/01/1960
22	Tam Đảo	105 ⁰ 39	21 ⁰ 28	933.765	01/12/1961
23	Việt Trì	105 ⁰ 25	21 ⁰ 18	30.476	01/11/1960
24	Vĩnh Yên	105 ⁰ 36	21 ⁰ 19	9.941	01/01/1960
25	Minh Đài	105 ⁰ 03	21 ⁰ 10	91.596	01/06/1972

4. Khu vực đồng bằng Bắc Bộ

TT	Tên trạm	Vị trí			Thời gian Bắt đầu QT
		K.độ	Vĩ độ	h(m)	
1	Sơn Tây	105 ⁰ 30	21 ⁰ 08	16.40	01/05/1958
2	Ba Vì	105 ⁰ 25	21 ⁰ 09	30.258	01/11/1969
3	Láng	105 ⁰ 51	21 ⁰ 02	5.970	20/01/1956
4	Hà Đông	105 ⁰ 45	20 ⁰ 58	5.634	01/05/1973
5	Thái Bình	106 ⁰ 21	20 ⁰ 27	1.808	17/01/1960
6	Hà Nam	105 ⁰ 55	20 ⁰ 33	2.825	01/02/1960
7	Nam Định	106 ⁰ 09	20 ⁰ 24	1.874	01/08/1956
8	Nho Quan	105 ⁰ 44	20 ⁰ 20	3.609	01/01/1960
9	Ninh Bình	105 ⁰ 58	20 ⁰ 14	3.010	01/01/1960
10	Văn Lý	106 ⁰ 18	20 ⁰ 07	1.815	01/01/1959
11	Chí Linh	106 ⁰ 23	21 ⁰ 05	33.583	01/11/1960
12	Hải Dương	106 ⁰ 18	20 ⁰ 56	2.234	01/01/1960
13	Hưng Yên	106 ⁰ 03	20 ⁰ 39	2.939	01/01/1960
14	Cúc Phương				

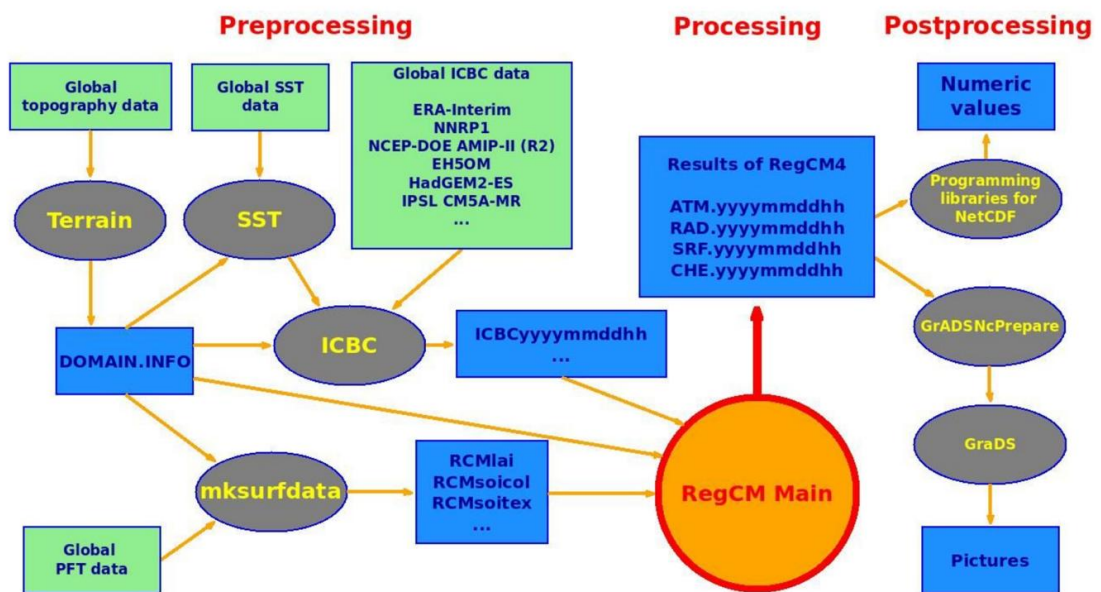
Phụ lục 2. Khái quát về các mô hình RegCM và WRFcl

P2.1. Giới thiệu về mô hình RegCM

RegCM (*Regional Climate Model*) là mô hình khí hậu khu vực, do Trung tâm quốc tế về Vật lý lý thuyết phát triển từ sự kết hợp giữa mô hình khí hậu toàn cầu (*Community Climate Model - CCM*) của NCAR và phiên bản 4 của mô hình quy mô vừa (MM4) (Marshall và Henson, 1997). Mô hình khí hậu khu vực RegCM, ban đầu được phát triển bởi Trung tâm quốc gia nghiên cứu khí quyển Hoa Kỳ (NCAR) sau đó được kế thừa và phát triển bởi trung tâm nghiên cứu vật lý lý thuyết (ICTP). Phiên bản đầu tiên RegCM1 được xây dựng năm 1989 và được cập nhật trong các phiên bản mới hơn năm 1993 (RegCM2), năm 1999 (RegCM2.5), năm 2006 (RegCM3) và gần đây nhất năm 2010 (RegCM4). Phiên bản mới nhất RegCM4 được hỗ trợ toàn diện bởi ICTP. Cấu trúc chương trình của phiên bản này được tổ chức dưới dạng modul nhằm tạo thuận lợi để người dùng có thể dự phát triển. Ngoài ra một số tùy chọn tham số hóa cũng được bổ sung. Đây là mô hình linh hoạt, có thể áp dụng trong nghiên cứu khí hậu đối với các khu vực khác nhau. Sau nhiều bổ sung và cải tiến các sơ đồ tham số hóa vật lý, sơ đồ truyền bức xạ, vật lý bề mặt đất, RegCM có thể áp dụng trong mô phỏng, dự báo khí hậu. Hệ thống mô hình RegCM bao gồm 4 thành phần chính là Terrain, ICBC, RegCM và PostProc. Trong đó Terrain và ICBC thuộc bộ phận tiền xử lý dữ liệu địa hình như độ cao, sử dụng đất, bề mặt biển,... các điều kiện ban đầu và điều kiện biên. RegCM có thể chạy với điều kiện biên từ các mô hình khí hậu toàn cầu GCM. Các số liệu tái phân tích làm đầu vào được sử dụng như Era40 và Era-Interim từ ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts), NNRP1 và NNRP2 từ NCEP (National Centre for Environmental Prediction), JRA25 từ JMA (Japan Meteorological Agency), SST trung bình tuần (OISST) và trung bình tháng (sst_mnmean) từ NOAA (*National Ocean and Atmosphere Administration*). Phiên bản RegCM4 được cải tiến hơn, bao gồm: một số sơ đồ tham số hóa mới như sơ đồ quá trình đất bề mặt CML, sơ đồ lớp biên hành tinh UW và sơ đồ biến trình SST, thay đổi một số sơ đồ gồm lớp biên Holtslag, sơ đồ chuyển đổi phát xạ và một số cấu hình mới

Hiện nay, mô hình khí hậu khu vực RegCM đã được ứng dụng để nghiên cứu khí hậu quá khứ, hiện tại và tương lai tại nhiều nơi khác nhau trên

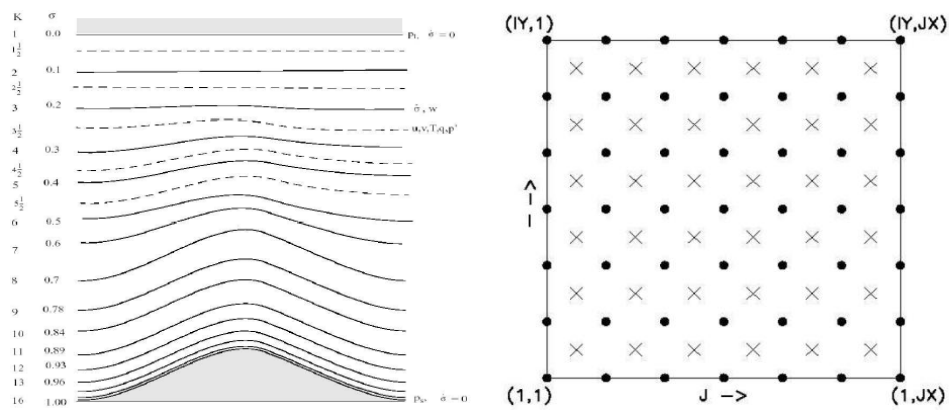
thế giới, từ Châu Mỹ, Châu Âu đến Châu Á, Châu Phi. Phiên bản NCAR RegCM (NCAR Regional Climate Model) đầu tiên được xây dựng dựa trên MM4 Mesoscale Model Version 4) của Trung tâm quốc gia nghiên cứu khí quyển (NCAR) và Trường đại học Tổng hợp Pennsylvania (PSU), Hoa Kỳ, vào cuối thập niên 1980. Phiên bản RegCM đầu tiên đã đưa vào sơ đồ trao đổi sinh – khí quyển (Biosphere Atmosphere Transfer Scheme – BATS) để biểu diễn các quá trình bề mặt và sơ đồ truyền bức xạ của NCAR–CCM phiên bản 1 (CCM1). Tiếp sau đó, kết quả của những cải tiến quan trọng về vật lý và các sơ đồ số hóa của RegCM đã dẫn đến sự hình thành phiên bản thứ hai của RegCM, gọi là RegCM2. Một phiên bản cũng đã được sử dụng rộng rãi, khá phổ biến và được sử dụng trong nhiều nghiên cứu khí hậu khu vực là RegCM phiên bản 3 (RegCM3) với những cải tiến và bổ sung đáng kể so với các phiên bản trước. Đó là những thay đổi trong vật lý mô hình bao gồm sơ đồ giáng thủy qui mô lưới, các sơ đồ tham số hóa vật lý như sơ đồ tính các dòng từ bề mặt biển của Zeng, sơ đồ đối lưu mây tích Betts... Phiên bản thứ 4 (RegCM4) được sử dụng từ tháng 5 năm 2011, so với RegCM3, phiên bản 4 đã được phát triển để thân thiện hơn với người dùng. Tất cả các tham số cấu hình, tùy chọn được đưa về một file namelist, các dữ liệu đầu vào và đầu ra đều sử dụng định dạng netcdf, cùng với đó là sự hỗ trợ nhiều thư viện giúp người dùng dễ dàng thao tác.



Hình P2.1. Sơ đồ khối cấu trúc vận hành mô hình RegCM

Mô hình RegCM4 sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng thủy tĩnh theo địa hình, ký hiệu là σ , được định nghĩa bởi $\sigma = (p - p_t) / (p_s - p_t)$ trong đó p là áp

suất, p_t là áp suất tại đỉnh mô hình, và p_s là áp suất tại bề mặt. σ bằng 0 tại đỉnh và bằng 1 tại bề mặt. Thông thường, độ phân giải thẳng đứng trong lớp biên mịn hơn các lớp trên cao và số mực thay đổi tùy theo yêu cầu người sử dụng. Lưới ngang có dạng xen kẽ Arakawa–B (Hình P2.2). Các biến vô hướng (T, q, p, \dots) được xác định tại tâm các ô lưới trong khi các thành phần vận tốc gió hướng đông (u) và hướng bắc (v) được xác định tại các nút lưới. Vị trí tâm ô lưới ký hiệu bằng dấu nhân, còn các nút lưới được ký hiệu bằng dấu chấm tròn. Theo phương thẳng đứng các biến vô hướng và thành phần gió ngang (u, v) được xác định tại mực giữa mỗi lớp, gọi là các mực phân, còn thành phần vận tốc thẳng đứng được xác định trên các mực nguyên.



Hình P2.2. Cấu trúc lưới thẳng đứng (bên trái) và lưới ngang dạng xen kẽ

Hệ phương trình cơ bản của RegCM4 bao gồm các phương trình động lượng ngang, phương trình liên tục, phương trình nhiệt động học, phương trình thủy tĩnh và phương trình ẩm. Về điều kiện ban đầu và điều kiện biên, mô hình khí hậu khu vực RegCM được xây dựng dựa trên nguyên tắc cân bằng giữa các quá trình qui mô lớn (thường là các trường khí tượng toàn cầu và được gọi là các trường điều khiển), được cập nhật thường xuyên theo thời gian trên vùng biên, với các quá trình qui mô khu vực (được xác định bởi động lực học và vật lý của chính mô hình khu vực) tại vùng biên xung quanh gọi là vùng đệm. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên của mô hình được cung cấp bởi trường điều khiển là số liệu tái phân tích hay trường dự báo của GCM tùy theo mục đích mô phỏng hay dự báo. Mô hình sẽ cập nhật thông tin từ trường điều khiển sau từng bước thời gian tích phân. Giá trị biên tại mỗi bước thời gian tích phân là giá trị nội suy từ các trường điều khiển được cập nhật từng 3h, 6h hoặc 12h một. Mô hình RegCM cho phép chọn một trong các phương pháp cập nhật biên là: (1) biên cố định, (2) biên biến đổi theo thời

gian, (3) biên giả và (4) biên lỏng dần (hay biên giảm dư). Trên các vùng đại dương, nhiệt độ mặt nước biển (SST) được cung cấp như là điều kiện biên dưới. Trên bề mặt đất, sơ đồ BATS khi chạy kết hợp (couple) sẽ cung cấp các dòng trao đổi đất – khí quyển. Ngoài ra để chạy RegCM4.2 cần phải có độ cao địa hình, lớp phủ thực vật, đất và các tính chất vật lý của đất.

Về tham số hóa đôi lưu, trong mô hình RegCM4.2 có thể sử dụng một trong bảy tùy chọn sau đây thay vì với chỉ 3 tùy chọn ở phiên bản RegCM3 để tính giáng thủy đôi lưu: (1) Sơ đồ Kuo sửa đổi; (2) Sơ đồ Grell; Trong đó, sơ đồ Grell có thể áp dụng với một trong hai giả thiết khép kín: (1) khép kín Arakawa và Schubert và (2) khép kín Fritsch và Chappell. (3) Sơ đồ Betts-Miller; (4) Sơ đồ Emanuel (5) Sơ đồ Tiedtke. Ngoài ra phiên 4.2 đã cải tiến so với phiên bản 3 khi đưa thêm 2 lựa chọn kết hợp (6) sử dụng sơ đồ Grell trên đất liền và sơ đồ Emanuel trên biển và (7) Sử dụng sơ đồ Emanuel trên đất liền và sơ đồ Grell trên biển.

Tất cả nguồn số liệu đầu vào cần để cung cấp cho mô hình RegCM4 (bao gồm số liệu về độ cao địa hình, các loại bề mặt, nhiệt độ mặt nước biển và số liệu tái phân tích làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cập nhật theo thời gian) có thể được tải về từ trang web:

<http://www.ictp.trieste.it/pubregcm/RegCM4>.

Bộ số liệu lớp phủ (Global Landuse Cover Characteric:GLCC) cung cấp thông tin về thực vật/mặt đệm, nhận được từ số liệu Bức xạ phân giải rất cao tiên tiến (Advanced Very High Resolution Radiation: AVHRR) từ tháng 4/1992 đến tháng 3/1993 và được chia thành 18 loại đất phủ/thực vật được định nghĩa trong sơ đồ tương tác sinh quyển-khí quyển BATS. Mặt đệm của mỗi ô lưới của mô hình được xác định thuộc 1 trong số 18 loại này. Số liệu độ cao địa hình được lấy từ USGS. Các tập tin số liệu mặt đệm và độ cao địa hình đều có sẵn tại các độ phân giải 30 và 10 phút. Ở đây sử dụng tập số liệu độ phân giải 10 phút.

Chương trình nguồn của RegCM bao gồm 3 phần chính: Tiền xử lý (PreProc); Chương trình chính (Main) và Hậu xử lý (PostProc). Trong phần tiền xử lý, chương trình terrain nội suy ngang số liệu mặt đệm và elevation từ lưới vĩ độ-kinh độ về lưới vuông góc của miền được chọn. Hiện nay, RegCM sử dụng bộ số liệu Đặc trưng đất phủ toàn cầu (Global Land Cover

Characterization : GLCC) đối với số liệu thực vật/mặt đệm. Các tham số như kích thước miền, số liệu đầu vào và độ dài mô phỏng được xác định trong file RegCM/PreProc/Terrain/domain.param. Sau khi sửa file này, chạy terrain.x sẽ biên dịch và thực hiện chương trình terrain. Việc làm này sẽ tạo ra file output DOMAIN.INFO chứa elevation, loại mặt đệm và các biến khác trong thư mục con RegCM/Input. Trong file RegCM/PreProc/Terrain domain.param có các lựa chọn đối với việc chọn từ số liệu phân tích toàn cầu để sử dụng đối với các điều kiện ban đầu và biên. Cách xử lý số của các biên xung quanh là một khía cạnh khó nhưng rất quan trọng của mô hình hoá khí hậu khu vực. Có 5 loại điều kiện biên có thể được dùng trong mô hình.

Chương trình ICBC nội suy nhiệt độ mặt biển (SST) và số liệu phân tích khách quan về lưới của mô hình. Những file này được dùng cho các điều kiện ban đầu và biên trong mô phỏng. Trong file RegCM/PreProc/Terrain domain.param có 2 lựa chọn đối với số liệu SST. Sau bước tiền xử lý này, điều kiện biên và điều kiện ban đầu của mô hình RegCM bao gồm các yếu tố: nhiệt độ không khí (T), các thành phần gió ngang (U, V), Độ ẩm tuyệt đối (Q), áp suất bề mặt (Px), nhiệt độ không khí bề mặt (Ts) được lưu trong thư mục Input với các file có tên bắt đầu bằng ICBC.YYYYMMDDHH.NC

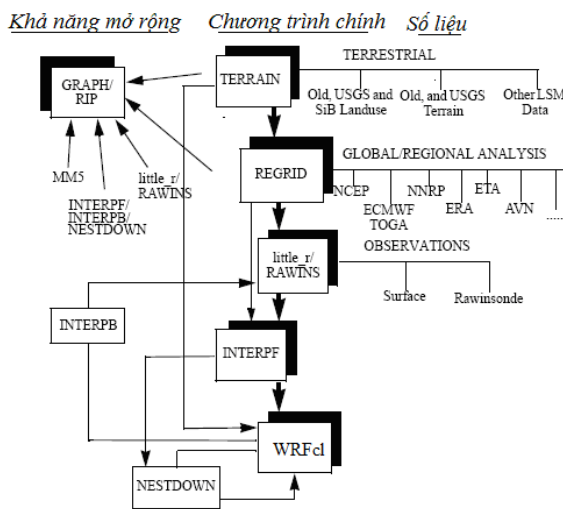
Sản phẩm đầu ra phiên bản RegCM 4 đều được lưu trữ với định dạng chuẩn NetCDF, với định dạng này có thể dễ dàng truy xuất dữ liệu cũng như tiết kiệm bộ nhớ. Sản phẩm đầu ra của mô hình RegCM bao gồm 3 nhóm sản phẩm chính bao gồm (1) ATM: nhóm biến khí quyển, (2) SRF: nhóm biến bề mặt, (3) RAD: nhóm biến bức xạ tại đỉnh khí quyển và (4) STS: là nhóm biến thống kê. Kết quả RegCM thường được lưu trữ dạng hàng tháng với độ phân giải thời gian là 3 giờ một đối với nhóm SRF, 6 giờ một đối với nhóm ATM và một ngày một đối với nhóm STS.

P2.2. Giới thiệu về mô hình WRFcl

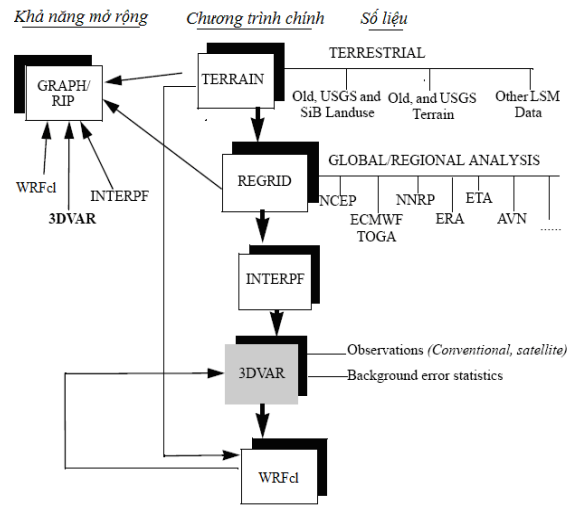
WRFcl được sử dụng ở đây là phiên bản khí hậu của WRF được phát triển bởi nhóm chuyên gia của NCEP. Động lực học và vật lý của WRFcl nói chung gần tương tự như MM5CL. Sự khác nhau cơ bản giữa chúng là việc lựa

chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý và phương pháp xử lý điều kiện biên. WRFcl là phiên bản cuối cùng trong loạt các phiên bản của mô hình khí quyển quy mô vừa của NCAR/PSU được phát triển bởi Anthes vào đầu thập niên 70 của thế kỷ 20 và sau đó đã được Anthes và Warner công bố. Kể từ đó WRFcl đã trải qua nhiều lần thay đổi, cải tiến, từ động lực học, tham số hóa vật lý đến cả 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 tùy chọn tham số hóa vật lý; 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, WRFcl đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, cả trong dự báo nghiệp vụ lẫn nghiên cứu.

Trên hình P2.3a mô tả sơ đồ hệ thống mô hình WRFcl trong đó thể hiện ba khối chính: 1) Khối số liệu liệt kê các loại số liệu có thể được khai thác và sử dụng cho mô hình, bao gồm số liệu địa hình, các trường khí quyển toàn cầu hoặc khu vực, nhiệt độ bề mặt biển, số liệu quan trắc; 2) Khối chương trình chính bao gồm các chương trình tiền xử lý, các chương trình tiện ích và chương trình dự báo (WRFcl); và 3) Khối xử lý sau mô hình bao gồm các chương trình chiết xuất, hiển thị đồ họa.



Hình P2.3a Sơ đồ hệ thống mô hình WRFcl

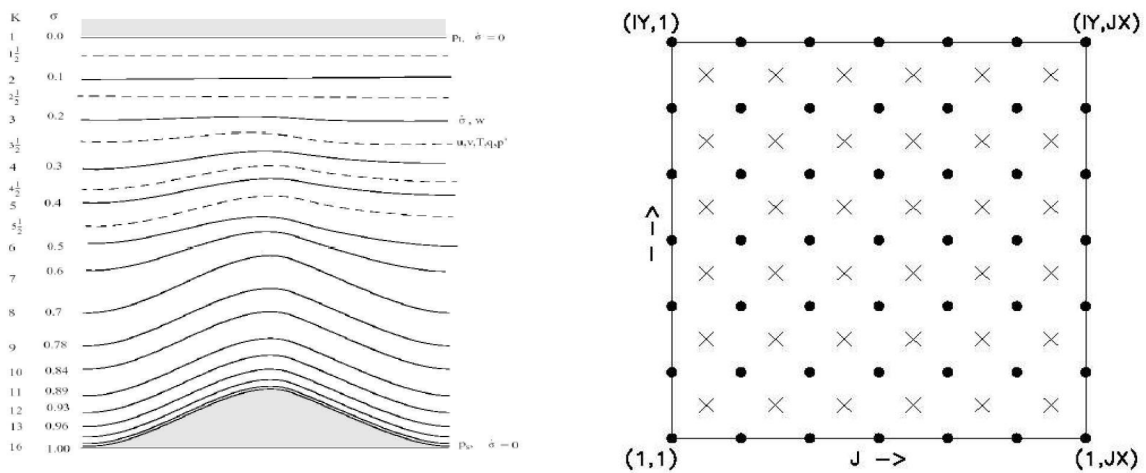


Hình 2.3b Sơ đồ hệ thống mô hình WRFcl có sử dụng đồng hóa số liệu ba chiều

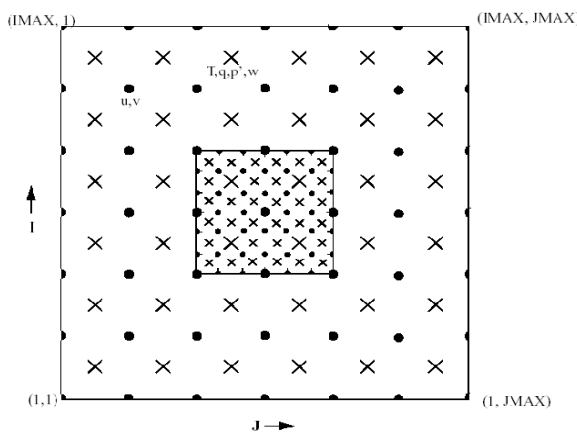
Hình P2.3b là sơ đồ hệ thống mô hình sau khi đã đưa vào modul đồng hóa số liệu ba chiều (3DVAR) như là một bước cải tiến của việc phát triển WRFcl. Về nguyên lý, modul 3DVAR được xem như bộ phận thay thế modul

RAWINS/Little_R trong sơ đồ 2.1a, nghĩa là làm chức năng “bổ sung thông tin” cho trường ban đầu bằng cách cập nhật số liệu quan trắc. Tuy nhiên phương pháp tiếp cận của chúng hoàn toàn khác nhau. Trong khi RAWINS/Little_R dựa trên nền phân tích khách quan thì 3DVAR sử dụng phương pháp biến phân.

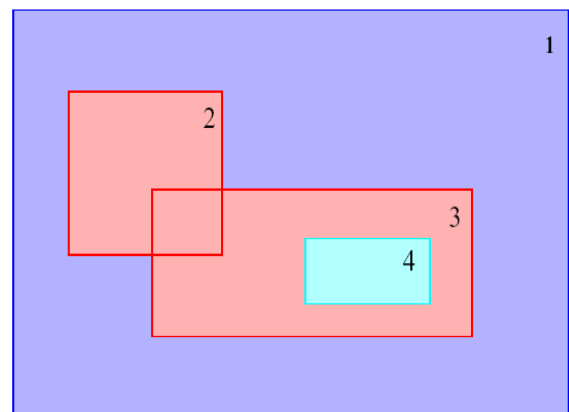
Cấu trúc lưới ngang và lưới thẳng đứng của mô hình WRFcl hoàn toàn tương tự như của mô hình RegCM. Nghĩa là WRFcl cũng sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng xicma (σ) và lưới ngang xen kẽ kiểu Akarawa-B (hình P2.4). Sự khác biệt cơ bản ở đây là WRFcl có khả năng lồng nhiều lưới ứng với nhiều miền tính khác nhau với độ phân giải ngang của các miền con đối với miền mẹ được qui định theo tỷ lệ 3:1, nghĩa là miền con có độ phân giải ngang mịn hơn miền mẹ ba lần (hình P2.5).



Hình P2.4. Cấu trúc lưới thẳng đứng (bên trái) và lưới ngang dạng xen kẽ Arakawa-B (bên phải) của mô hình WRFcl



Hình P2.5. Sơ đồ lưới lồng trong WRFcl



Hình P2.6. Sơ đồ mô tả các miền lồng nhau của WRFcl

Kỹ thuật lưới lồng của WRFcl có thể được thực hiện theo nguyên tắc tương tác một chiều (không có hồi tiếp từ miền con ra miền mẹ) hoặc hai

chiều (có sự hội tiếp từ miền con ra miền mẹ). Ngoài ra các miền con lồng trong miền mẹ còn có thể di chuyển trong quá trình tính toán. Trường hợp này thường được áp dụng khi dự báo bão trong đó miền con di chuyển theo sự di chuyển của bão. Các lưới lồng nhau phải bảo đảm sao cho miền con phải nằm trọn vẹn trong miền mẹ, tức là không được đè lên biên miền mẹ, nhưng các miền con đồng cấp trong một miền mẹ có thể được phép đè lên nhau (hình P2.6).

Trong lịch sử phát triển của WRFcl, những phiên bản đầu tiên của mô hình dựa trên động lực học thủy tĩnh, vì kích thước lưới ngang thường tương đương hoặc lớn hơn qui mô thẳng đứng của các hiện tượng được quan tâm. Do đó gần đúng thủy tĩnh là thỏa mãn và khí áp hoàn toàn có thể được xác định bởi khối lượng cột không khí phía trên. Tuy nhiên, khi qui mô của những hiện tượng có thể giải được trong mô hình tương đương với kích thước ngang của lưới, hoặc khi qui mô ngang nhỏ hơn qui mô thẳng đứng thì không thể bỏ qua động lực học phi thủy tĩnh. Từ phiên bản thứ 3 (MM5 V3.*) trở đi chỉ hỗ trợ động lực học phi thủy tĩnh. Trong phiên bản phi thủy tĩnh chỉ có một hạng tử thêm vào trong động lực học là gia tốc thẳng đứng mà nó đóng góp vào gradient khí áp thẳng đứng sao cho cân bằng thủy tĩnh không còn thỏa mãn nữa. Thêm vào đó nhiều động khí áp khởi trạng thái tham chiếu cùng với động lượng thẳng đứng sẽ là các biến dự báo ba chiều cần phải được ban đầu hóa. Trạng thái tham chiếu trong phiên bản phi thủy tĩnh là profile nhiệt độ lý tưởng trong cân bằng thủy tĩnh. Nó được chỉ rõ bởi phương trình:

$$T_0 = T_{s0} + A \log_e (P_0 / (P_{00})) \quad (P2.1)$$

$T_0(p_0)$ được xác định bởi 3 hằng số: p_{00} là khí áp mực biển được lấy bằng 10^5 pa, T_{s0} là nhiệt độ tham chiếu tại p_{00} , và A là độ đo sự suy giảm nhiệt độ thường nhận giá trị bằng 50K, biểu thị sự khác biệt nhiệt độ giữa p_{00} và $p_{00}/e = 36788$ Pa. Các hằng số này được chọn trong chương trình INTERP. Thông thường chính T_{s0} cần được chọn dựa trên phân bố thẳng đứng tiêu biểu trong miền mô hình. Profile tham chiếu biểu diễn một đường thẳng trên giản đồ nhiệt động T-logp. Độ chính xác của sự trùng khớp là không quan trọng, và điển hình T_{s0} được lấy tròn số đến 10K (chẳng hạn 270, 280, 290, 300 tương ứng với các điều kiện ở cực, mùa đông vĩ độ trung bình, mùa hè vĩ độ trung bình và nhiệt đới). Tuy nhiên, càng trùng khớp càng làm giảm sai số của lực gradient khí áp liên quan với các mặt tọa độ bị nghiêng trên địa hình, do đó

T_{s0} nên được chọn bằng cách so sánh với profile tầng đối lưu dưới. Do đó khí áp bề mặt tham chiếu phụ thuộc hoàn toàn vào độ cao địa hình. Điều này có thể nhận được từ phương trình (P2.1) khi sử dụng hệ thủy tĩnh:

$$Z = -\frac{RA}{2g} \left(\ln \frac{p_0}{p_{00}} \right)^2 - \frac{RT_{s0}}{g} \left(\ln \frac{p_0}{p_{00}} \right) \quad (P2.2)$$

và phương trình bậc hai này có thể được giải đối với p_0 (bề mặt) khi cho trước Z , độ cao địa hình. Khi việc này hoàn tất, độ cao của các mực mô hình (σ) được nhận từ:

$$p_0 = p_{s0}\sigma + p_{top} \quad (P2.3)$$

trong đó

$$p_{s0} = p_0(\text{surface}) - p_{top} \quad (P2.4)$$

và sau đó (P2.2) được sử dụng để tìm Z từ p_0 .

Có thể nhận thấy rằng trạng thái tham chiếu là độc lập với thời gian, độ cao của một điểm lưới cho trước là không đổi. Từ phiên bản 5.3.1 trạng thái tham chiếu có thể bao gồm một lớp đẳng nhiệt ở đỉnh để khí quyển gần đúng tốt hơn. Điều đó được xác định bởi nhiệt độ cộng thêm (T_{iso}) mà nó có tác động như là giới hạn dưới đối với nhiệt độ trạng thái nền. Khi sử dụng một cách hiệu quả điều đó sẽ làm nâng độ cao đỉnh mô hình. Mô tả chi tiết về việc lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý trong mô hình có thể xem, chẳng hạn, tại Haagenon và cộng sự (1994).

Phụ lục 3. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường theo PA1 trong các tháng chính đông theo các ngưỡng xác định khác nhau

Bảng P3.1. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng I cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 3.5⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1980	1	3.6	22.6	22.8	23	23	22.3	21.8	17.4	16.3
	1980	2	3.9	22.9	23	22.8	23.6	23	22.2	17.4	16.8
2	1980	28	3.7	22.7	21.4	22.4	22	22.6	21.4	19.1	18.2
	1980	29	3.7	22.7	21.3	22.5	20.5	21.7	21	18.5	17
3	1993	3	3.6	22.6	22.5	22.4	21.4	22.7	21.6	18.7	20.5
	1993	4	4.1	23.1	22.4	22.5	23.3	22.6	21.3	18.4	20.7
4	1998	8	3.8	22.8	22.7	22.9	21.6	23.3	23	19.4	21.1
	1998	9	5.4	24.4	23.8	23.9	23.7	24.4	23.8	19.7	22.8
	1998	10	5.4	24.4	24.8	25.1	24.3	24.9	24	19.1	21.4
	1998	11	4.2	23.2	23	22.1	23.6	21.7	23.1	18.8	20.3
5	2000	11	4.2	23.2	22.8	22.3	23	22.8	21	19.5	21.9
	2000	12	5.2	24.2	23.5	23.5	23.9	23.5	21.6	19.2	21.2
	2000	13	3.6	22.6	20.9	22.9	24.3	22.4	20.2	17.6	20.5
	2000	15	4.8	23.8	23.5	23.2	23	23.2	22	16.4	19.7
	2000	16	4.4	23.4	22.4	23	23.3	22.9	21.4	16.4	19.4
6	2001	7	4.4	23.4	23.1	22.4	22.6	22.3	21.7	18.8	20
	2001	8	4.5	23.5	23.7	23.5	23.7	23.8	21.5	18.5	17.8
7	2001	22	4.1	23.1	22.9	22.3	22.7	22.8	21.5	19.2	21.6
	2001	23	4.6	23.6	23.1	23.5	24.6	22.8	21.7	19.3	19.8
	2001	24	4.6	23.6	23	22.7	24.5	22.9	21.8	21.1	22.5
	2001	25	4.2	23.2	23.2	22.8	25.5	22.7	21.5	21.1	21.8
8	2002	17	4.2	23.2	22.6	22.1	22.3	22.6	21.9	17.6	17.8
	2002	18	3.9	22.9	22.6	22.4	22.1	22.4	22.5	18.5	17.8
9	2003	25	4.3	23.3	23.2	22.7	21.8	23.2	22	18.8	17.6
	2003	26	4.7	23.7	22.9	23.7	23.3	23.3	22.5	19.5	18.5
10	2005	25	3.7	22.7	21.8	22.1	22.4	22.3	20.3	19.8	19
	2005	26	4.1	23.1	22.3	23.1	23.3	23	21.3	19.3	18.9
	2005	27	3.8	22.8	21.4	23	23.8	22.9	20.5	19.6	18.9
11	2006	18	4.9	23.9	23.2	22.9	24.4	22.9	21.5	19.4	18.4
	2006	19	4.7	23.7	22.9	23.3	23.4	23.1	21.4	17.9	18.2
12	2008	11	4.8	23.8	23.2	23.4	23.4	23.5	22	19.8	17.9
	2008	12	4.2	23.2	22.9	23.2	21.7	22.8	22.5	18.7	17.9
	2008	13	3.7	22.7	22	22	23.4	21.4	20.9	18.3	18

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
13	2010	30	3.7	22.7	22	21.7	22.2	21.9	20.8	19.5	19.2
	2010	31	4.9	23.9	23.7	23.5	24.2	23.6	22	20	19.6

Bảng P3.2. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng I cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 4.0⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1998	9	5.4	24.4	23.8	23.9	23.7	24.4	23.8	19.7	22.8
	1998	10	5.4	24.4	24.8	25.1	24.3	24.9	24	19.1	21.4
	1998	11	4.2	23.2	23	22.1	23.6	21.7	23.1	18.8	20.3
2	2000	11	4.2	23.2	22.8	22.3	23	22.8	21	19.5	21.9
	2000	12	5.2	24.2	23.5	23.5	23.9	23.5	21.6	19.2	21.2
3	2000	15	4.8	23.8	23.5	23.2	23	23.2	22	16.4	19.7
	2000	16	4.4	23.4	22.4	23	23.3	22.9	21.4	16.4	19.4
4	2001	7	4.4	23.4	23.1	22.4	22.6	22.3	21.7	18.8	20
	2001	8	4.5	23.5	23.7	23.5	23.7	23.8	21.5	18.5	17.8
5	2001	22	4.1	23.1	22.9	22.3	22.7	22.8	21.5	19.2	21.6
	2001	23	4.6	23.6	23.1	23.5	24.6	22.8	21.7	19.3	19.8
	2001	24	4.6	23.6	23	22.7	24.5	22.9	21.8	21.1	22.5
	2001	25	4.2	23.2	23.2	22.8	25.5	22.7	21.5	21.1	21.8
6	2003	25	4.3	23.3	23.2	22.7	21.8	23.2	22	18.8	17.6
	2003	26	4.7	23.7	22.9	23.7	23.3	23.3	22.5	19.5	18.5
7	2006	18	4.9	23.9	23.2	22.9	24.4	22.9	21.5	19.4	18.4
	2006	19	4.7	23.7	22.9	23.3	23.4	23.1	21.4	17.9	18.2
8	2008	11	4.8	23.8	23.2	23.4	23.4	23.5	22	19.8	17.9
	2008	12	4.2	23.2	22.9	23.2	21.7	22.8	22.5	18.7	17.9

Bảng P3.3. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng II cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 1.5⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1973	23	2.2	23.9	23.1	23.7	22.3	23.9	23.5	19.3	17.2
	1973	24	2.3	24.0	23.4	24.7	24.4	24.2	23.0	20.0	16.4
	1973	25	2.9	24.6	23.3	24.8	25.3	24.4	22.9	20.8	16.2
	1973	26	3.7	25.4	24.5	25.4	26.3	24.1	23.0	23.8	16.4
	1973	27	3.1	24.8	23.9	25.8	25.8	24.9	24.0	21.6	15.9

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	1973	28	4.6	26.3	23.9	26.5	26.2	25.3	23.6	22.9	16.0
2	1975	5	2.0	23.7	22.6	23.9	24.5	23.4	21.7	20.0	14.5
	1975	6	2.4	24.1	23.0	24.1	25.0	23.7	21.9	20.3	15.7
	1975	7	1.8	23.5	22.2	23.7	25.1	22.9	21.0	19.7	17.3
3	1978	9	2.1	23.8	22.4	23.6	24.0	23.3	21.4	18.3	17.3
	1978	10	2.2	23.9	22.9	24.2	24.4	24.0	22.7	18.8	16.8
	1978	11	2.0	23.7	22.7	23.7	24.5	23.7	21.6	18.8	15.0
4	1979	21	3.5	25.2	24.8	24.5	24.5	24.8	24.2	21.0	19.2
	1979	22	4.6	26.3	25.5	24.2	22.9	24.9	24.5	21.2	20.1
	1979	23	3.2	24.9	24.1	24.5	22.6	24.1	24.6	19.5	19.9
	1979	24	3.8	25.5	25.0	24.0	21.9	24.7	24.4	19.3	19.4
	1979	25	2.6	24.3	23.4	24.2	23.2	23.9	24.4	18.3	19.0
5	1981	15	2.2	23.9	23.6	23.6	25.0	23.6	22.3	19.7	14.0
	1981	16	2.7	24.4	23.3	24.2	23.7	23.9	22.8	19.2	15.8
6	1987	13	1.7	23.4	23.3	23.4	22.9	23.0	22.3	18.1	17.1
	1987	14	2.0	23.7	23.3	23.5	24.2	23.3	22.1	19.1	17.5
	1987	15	1.7	23.4	23.0	23.7	23.9	23.5	22.2	19.7	19.1
7	1990	18	2.1	23.8	23.3	24.2	23.3	24.3	22.3	19.5	19.6
	1990	20	2.3	24.0	23.7	23.7	24.3	23.5	21.8	20.2	19.3
	1990	21	1.7	23.4	23.8	21.6	22.1	22.8	22.6	18.7	17.0
	1990	22	2.6	24.3	24.2	24.1	23.1	24.5	22.9	19.2	18.9
8	1991	12	1.6	23.3	22.2	22.7	24.2	22.2	20.8	19.8	14.6
	1991	13	3.0	24.7	23.6	24.4	25.3	24.0	22.5	20.7	14.6
	1991	14	3.4	25.1	23.4	25.2	24.6	24.4	22.9	20.5	15.1
9	1996	16	1.6	23.3	22.8	23.3	24.6	22.9	21.6	19.6	14.9
	1996	17	2.4	24.1	22.5	24.8	24.9	24.5	22.9	21.0	16.1
10	1998	13	1.6	23.3	22.7	22.5	23.4	22.9	21.6	17.3	19.5
	1998	14	2.7	24.4	24.0	24.2	24.5	24.1	23.3	17.0	22.3
	1998	15	2.1	23.8	23.2	23.5	24.0	23.1	21.7	16.6	15.6
	1998	16	2.9	24.6	24.4	24.7	24.8	24.8	22.7	18.0	17.6
	1998	17	2.2	23.9	22.9	24.8	23.7	23.9	22.8	18.6	16.4
	1998	20	2.3	24.0	21.8	24.0	24.5	23.4	22.9	21.7	13.3
11	1999	26	1.6	23.3	22.4	23.6	24.2	23.2	22.0	22.2	19.2
	1999	27	2.0	23.7	22.7	23.9	24.6	23.8	23.1	22.9	19.9
12	2003	21	2.4	24.1	23.4	23.4	24.1	23.4	22.1	19.6	17.4
	2003	22	2.7	24.4	23.5	23.8	23.5	23.3	22.0	20.9	17.2
	2003	23	3.5	25.2	23.8	24.7	24.6	24.3	22.8	21.1	18.0
	2003	24	3.4	25.1	24.1	24.4	24.4	24.2	23.0	19.6	18.2
	2003	25	2.8	24.5	24.1	24.1	25.8	24.2	23.3	19.6	17.6
	2003	26	2.3	24.0	23.6	23.2	24.7	23.7	23.0	20.6	18.5

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	2003	27	2.7	24.4	23.9	23.6	24.4	23.6	22.9	21.0	18.0
	2003	28	2.4	24.1	24.0	23.5	24.7	23.6	23.4	21.2	16.8
13	2005	15	1.6	23.3	23.3	22.7	21.6	22.8	21.3	21.5	11.7
	2005	16	2.0	23.7	23.1	23.6	24.5	23.7	22.0	21.4	13.0
14	2007	13	1.6	23.3	22.7	22.7	24.0	22.6	21.1	22.0	15.9
	2007	14	1.6	23.3	22.5	23.5	24.3	23.5	21.8	20.4	17.4
	2007	16	2.5	24.2	23.1	23.4	24.0	22.8	21.1	21.7	19.1
	2007	17	2.7	24.4	23.2	24.1	25.4	23.7	22.2	21.9	18.9
	2007	18	3.4	25.1	24.0	24.9	25.9	24.3	22.4	21.1	19.8
	2007	19	1.9	23.6	23.0	23.9	25.1	23.6	22.1	20.3	17.9
	2007	20	2.8	24.5	23.5	24.5	25.3	24.1	23.2	20.5	19.3
	2007	22	2.2	23.9	23.2	24.5	25.8	24.2	23.1	20.6	18.9
	2007	24	2.4	24.1	23.6	24.1	24.9	23.3	23.1	19.8	18.1
	2007	25	2.9	24.6	23.4	24.7	25.7	24.3	23.3	19.2	15.4
15	2009	13	3.7	25.4	23.8	25.1	25.1	23.9	23.1	21.8	15.2
	2009	14	3.2	24.9	23.5	23.8	23.3	23.7	23.0	21.0	12.7
	2009	15	2.7	24.4	24.0	23.8	24.1	23.6	22.2	20.8	14.3
	2009	16	3.8	25.5	24.4	24.8	25.9	24.7	23.2	21.7	13.3
	2009	17	3.5	25.2	24.4	24.5	25.7	24.1	23.0	21.2	14.4
	2009	18	2.8	24.5	23.7	23.9	24.9	23.5	22.0	21.5	14.7
	2009	19	3.1	24.8	23.9	23.6	25.0	23.8	22.0	21.8	16.3
16	2009	23	2.1	23.8	23.8	23.3	23.8	23.8	22.8	22.9	18.3
	2009	24	3.3	25.0	24.5	24.3	24.6	25.6	24.0	22.7	17.3
	2009	25	2.7	24.4	24.1	23.9	25.6	24.2	23.3	21.6	15.7
	2009	26	2.6	24.3	24.2	23.5	25.1	24.2	23.6	21.8	15.7
	2009	27	2.7	24.4	24.3	24.0	25.3	24.6	23.9	22.3	14.4
	2009	28	1.6	23.3	22.5	20.7	23.2	21.8	21.9	22.5	16.4
17	2010	1	2.5	24.2	23.9	23.9	24.6	23.5	21.8	19.9	19.6
	2010	2	2.5	24.2	23.7	23.9	24.9	23.7	21.6	20.7	20.4
	2010	3	3.1	24.8	24.5	24.5	25.6	24.5	22.8	21.0	18.4
	2010	4	2.8	24.5	23.4	24.7	25.7	24.5	22.7	21.0	16.1
	2010	6	3.3	25.0	23.8	24.3	25.9	23.6	22.0	22.1	19.2
	2010	7	4.1	25.8	24.9	25.2	26.3	24.5	23.3	20.4	19.6
	2010	8	4.4	26.1	24.9	25.3	26.0	24.7	23.3	19.3	21.9
	2010	9	4.5	26.2	25.0	25.7	26.4	25.6	23.7	20.5	20.0
	2010	10	5.0	26.7	25.1	26.1	26.3	25.4	23.7	20.9	19.1
	2010	11	5.3	27.0	25.6	26.6	25.8	25.7	24.3	21.3	17.8
18	2010	25	4.0	25.7	24.5	24.2	23.1	24.2	23.9	22.3	21.8
	2010	26	4.7	26.4	26.7	24.4	24.1	24.4	24.0	22.6	20.2
	2010	27	3.7	25.4	24.7	24.2	23.6	23.7	23.2	22.2	19.8

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	2010	28	3.2	24.9	24.2	24.6	25.1	24.6	22.7	22.5	19.8
19	2013	6	2.4	24.1	23.6	23.4	23.1	23.7	21.8	20.3	18.6
	2013	7	3.4	25.1	24.3	24.7	25.1	24.1	22.9	20.9	19.2
	2013	8	2.3	24.0	23.0	23.1	25.2	23.0	22.4	21.2	18.5
20	2013	27	1.9	23.6	22.4	23.2	22.5	23.1	21.7	23.4	19.8
	2013	28	2.8	24.5	23.3	24.1	24.9	23.7	21.9	23.5	18.6
21	2015	21	2.2	23.9	22.3	22.9	24.5	23.0	21.5	20.8	14.9
	2015	23	2.0	23.7	22.1	23.7	24.9	23.4	21.8	20.8	15.9
	2015	24	2.5	24.2	23.1	24.4	25.2	23.8	22.6	20.9	15.3
	2015	25	3.0	24.7	23.1	24.4	25.4	24.5	22.7	21.4	17.7
	2015	26	3.2	24.9	23.2	24.6	25.6	24.7	22.4	21.6	17.2
	2015	27	3.2	24.9	23.1	24.2	26.0	23.6	21.9	21.9	17.0
	2015	28	3.3	25.0	23.8	24.9	26.3	25.1	23.5	21.8	17.3
22	2016	13	2.4	24.1	25.2	22.6	21.6	21.7	23.3	20.2	15.7
	2016	14	2.5	24.2	23.4	22.0	22.7	22.4	22.3	20.9	18.9

Bảng P3.4. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng II cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 2.0⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1973	23	2.2	23.9	23.1	23.7	22.3	23.9	23.5	19.3	18.6
	1973	24	2.3	24.0	23.4	24.7	24.4	24.2	23	20	19.4
	1973	25	2.9	24.6	23.3	24.8	25.3	24.4	22.9	20.8	20
	1973	26	3.7	25.4	24.5	25.4	26.3	24.1	23	23.8	22.2
	1973	27	3.1	24.8	23.9	25.8	25.8	24.9	24	21.6	20.8
	1973	28	4.6	26.3	23.9	26.5	26.2	25.3	23.6	22.9	21.9
2	1978	9	2.1	23.8	22.4	23.6	24	23.3	21.4	18.3	17.6
	1978	10	2.2	23.9	22.9	24.2	24.4	24.0	22.7	18.8	17.9
3	1979	21	3.5	25.2	24.8	24.5	24.5	24.8	24.2	21	19.7
	1979	22	4.6	26.3	25.5	24.2	22.9	24.9	24.5	21.2	19.7
	1979	23	3.2	24.9	24.1	24.5	22.6	24.1	24.6	19.5	18.2
	1979	24	3.8	25.5	25	24	21.9	24.7	24.4	19.3	18.2
	1979	25	2.6	24.3	23.4	24.2	23.2	23.9	24.4	18.3	17.9
4	1981	15	2.2	23.9	23.6	23.6	25	23.6	22.3	19.7	19.4
	1981	16	2.7	24.4	23.3	24.2	23.7	23.9	22.8	19.2	18.6
5	1990	18	2.1	23.8	23.3	24.2	23.3	24.3	22.3	19.5	19
	1990	20	2.3	24.0	23.7	23.7	24.3	23.5	21.8	20.2	19.7
	1990	22	2.6	24.3	24.2	24.1	23.1	24.5	22.9	19.2	16.9

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liên	Lai Châu	Điện Biên
6	1991	13	3.0	24.7	23.6	24.4	25.3	24.0	22.5	20.7	21.5
	1991	14	3.4	25.1	23.4	25.2	24.6	24.4	22.9	20.5	20.7
7	1998	14	2.7	24.4	24	24.2	24.5	24.1	23.3	17	19.1
	1998	15	2.1	23.8	23.2	23.5	24	23.1	21.7	16.6	19.6
	1998	16	2.9	24.6	24.4	24.7	24.8	24.8	22.7	18	21.1
	1998	17	2.2	23.9	22.9	24.8	23.7	23.9	22.8	18.6	19.9
8	2003	21	2.4	24.1	23.4	23.4	24.1	23.4	22.1	19.6	21.4
	2003	22	2.7	24.4	23.5	23.8	23.5	23.3	22	20.9	21.2
	2003	23	3.5	25.2	23.8	24.7	24.6	24.3	22.8	21.1	19.4
	2003	24	3.4	25.1	24.1	24.4	24.4	24.2	23	19.6	18.8
	2003	25	2.8	24.5	24.1	24.1	25.8	24.2	23.3	19.6	22.1
	2003	26	2.3	24.0	23.6	23.2	24.7	23.7	23	20.6	21.2
	2003	27	2.7	24.4	23.9	23.6	24.4	23.6	22.9	21	21.3
9	2003	28	2.4	24.1	24	23.5	24.7	23.6	23.4	21.2	21
	2007	16	2.5	24.2	23.1	23.4	24	22.8	21.1	21.7	22.2
	2007	17	2.7	24.4	23.2	24.1	25.4	23.7	22.2	21.9	20.6
	2007	18	3.4	25.1	24	24.9	25.9	24.3	22.4	21.1	20.4
	2007	20	2.8	24.5	23.5	24.5	25.3	24.1	23.2	20.5	19.9
	2007	22	2.2	23.9	23.2	24.5	25.8	24.2	23.1	20.6	19.2
	2007	24	2.4	24.1	23.6	24.1	24.9	23.3	23.1	19.8	19.3
10	2007	25	2.9	24.6	23.4	24.7	25.7	24.3	23.3	19.2	19.2
	2009	13	3.7	25.4	23.8	25.1	25.1	23.9	23.1	21.8	21
	2009	14	3.2	24.9	23.5	23.8	23.3	23.7	23	21	19.2
	2009	15	2.7	24.4	24	23.8	24.1	23.6	22.2	20.8	19.6
	2009	16	3.8	25.5	24.4	24.8	25.9	24.7	23.2	21.7	20.4
	2009	17	3.5	25.2	24.4	24.5	25.7	24.1	23	21.2	20.6
	2009	18	2.8	24.5	23.7	23.9	24.9	23.5	22	21.5	20.6
11	2009	19	3.1	24.8	23.9	23.6	25	23.8	22	21.8	21.9
	2009	23	2.1	23.8	23.8	23.3	23.8	23.8	22.8	22.9	23.1
	2009	24	3.3	25	24.5	24.3	24.6	25.6	24	22.7	22.9
	2009	25	2.7	24.4	24.1	23.9	25.6	24.2	23.3	21.6	20.8
	2009	26	2.6	24.3	24.2	23.5	25.1	24.2	23.6	21.8	21.3
12	2009	27	2.7	24.4	24.3	24	25.3	24.6	23.9	22.3	21.2
	2010	1	2.5	24.2	23.9	23.9	24.6	23.5	21.8	19.9	19.7
	2010	2	2.5	24.2	23.7	23.9	24.9	23.7	21.6	20.7	20.3
	2010	3	3.1	24.8	24.5	24.5	25.6	24.5	22.8	21	19.7
	2010	4	2.8	24.5	23.4	24.7	25.7	24.5	22.7	21	20
	2010	6	3.3	25	23.8	24.3	25.9	23.6	22	22.1	21.3
	2010	7	4.1	25.8	24.9	25.2	26.3	24.5	23.3	20.4	19.6
2010	8	4.4	26.1	24.9	25.3	26	24.7	23.3	19.3	19.1	

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	2010	9	4.5	26.2	25	25.7	26.4	25.6	23.7	20.5	19.3
	2010	10	5.0	26.7	25.1	26.1	26.3	25.4	23.7	20.9	20.7
	2010	11	5.3	27	25.6	26.6	25.8	25.7	24.3	21.3	19.2
13	2010	25	4.0	25.7	24.5	24.2	23.1	24.2	23.9	22.3	20.1
	2010	26	4.7	26.4	26.7	24.4	24.1	24.4	24	22.6	20
	2010	27	3.7	25.4	24.7	24.2	23.6	23.7	23.2	22.2	19.7
	2010	28	3.2	24.9	24.2	24.6	25.1	24.6	22.7	22.5	20.6
14	2013	6	2.4	24.1	23.6	23.4	23.1	23.7	21.8	20.3	21.4
	2013	7	3.4	25.1	24.3	24.7	25.1	24.1	22.9	20.9	20.4
	2013	8	2.3	24	23	23.1	25.2	23	22.4	21.2	20.4
15	2015	24	2.5	24.2	23.1	24.4	25.2	23.8	22.6	20.9	20.4
	2015	25	3.0	24.7	23.1	24.4	25.4	24.5	22.7	21.4	20.2
	2015	26	3.2	24.9	23.2	24.6	25.6	24.7	22.4	21.6	20.7
	2015	27	3.2	24.9	23.1	24.2	26	23.6	21.9	21.9	21.7
	2015	28	3.3	25	23.8	24.9	26.3	25.1	23.5	21.8	21
16	2016	13	2.4	24.1	25.2	22.6	21.6	21.7	23.3	20.2	19.8
	2016	14	2.5	24.2	23.4	22	22.7	22.4	22.3	20.9	20.1

Bảng P3.5. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng II cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 2.5⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1973	25	2.9	24.6	23.3	24.8	25.3	24.4	22.9	20.8	20
	1973	26	3.7	25.4	24.5	25.4	26.3	24.1	23	23.8	22.2
	1973	27	3.1	24.8	23.9	25.8	25.8	24.9	24	21.6	20.8
	1973	28	4.6	26.3	23.9	26.5	26.2	25.3	23.6	22.9	21.9
2	1979	21	3.5	25.2	24.8	24.5	24.5	24.8	24.2	21	19.7
	1979	22	4.6	26.3	25.5	24.2	22.9	24.9	24.5	21.2	19.7
	1979	23	3.2	24.9	24.1	24.5	22.6	24.1	24.6	19.5	18.2
	1979	24	3.8	25.5	25	24	21.9	24.7	24.4	19.3	18.2
	1979	25	2.6	24.3	23.4	24.2	23.2	23.9	24.4	18.3	17.9
2	1991	13	3.0	24.7	23.6	24.4	25.3	24	22.5	20.7	21.5
	1991	14	3.4	25.1	23.4	25.2	24.6	24.4	22.9	20.5	20.7
4	1998	14	2.7	24.4	24	24.2	24.5	24.1	23.3	17	19.1
	1998	16	2.9	24.6	24.4	24.7	24.8	24.8	22.7	18	21.1
5	2003	22	2.7	24.4	23.5	23.8	23.5	23.3	22	20.9	21.2
	2003	23	3.5	25.2	23.8	24.7	24.6	24.3	22.8	21.1	19.4
	2003	24	3.4	25.1	24.1	24.4	24.4	24.2	23	19.6	18.8

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễu	Lai Châu	Điện Biên
	2003	25	2.8	24.5	24.1	24.1	25.8	24.2	23.3	19.6	22.1
	2003	27	2.7	24.4	23.9	23.6	24.4	23.6	22.9	21	21.3
6	2007	17	2.7	24.4	23.2	24.1	25.4	23.7	22.2	21.9	20.6
	2007	18	3.4	25.1	24	24.9	25.9	24.3	22.4	21.1	20.4
	2007	20	2.8	24.5	23.5	24.5	25.3	24.1	23.2	20.5	19.9
7	2009	13	3.7	25.4	23.8	25.1	25.1	23.9	23.1	21.8	21
	2009	14	3.2	24.9	23.5	23.8	23.3	23.7	23	21	19.2
	2009	15	2.7	24.4	24	23.8	24.1	23.6	22.2	20.8	19.6
	2009	16	3.8	25.5	24.4	24.8	25.9	24.7	23.2	21.7	20.4
	2009	17	3.5	25.2	24.4	24.5	25.7	24.1	23	21.2	20.6
	2009	18	2.8	24.5	23.7	23.9	24.9	23.5	22	21.5	20.6
	2009	19	3.1	24.8	23.9	23.6	25	23.8	22	21.8	21.9
8	2009	24	3.3	25	24.5	24.3	24.6	25.6	24	22.7	22.9
	2009	25	2.7	24.4	24.1	23.9	25.6	24.2	23.3	21.6	20.8
	2009	26	2.6	24.3	24.2	23.5	25.1	24.2	23.6	21.8	21.3
	2009	27	2.7	24.4	24.3	24	25.3	24.6	23.9	22.3	21.2
9	2010	3	3.1	24.8	24.5	24.5	25.6	24.5	22.8	21	19.7
	2010	4	2.8	24.5	23.4	24.7	25.7	24.5	22.7	21	20
	2010	6	3.3	25	23.8	24.3	25.9	23.6	22	22.1	21.3
	2010	7	4.1	25.8	24.9	25.2	26.3	24.5	23.3	20.4	19.6
	2010	8	4.4	26.1	24.9	25.3	26	24.7	23.3	19.3	19.1
	2010	9	4.5	26.2	25	25.7	26.4	25.6	23.7	20.5	19.3
	2010	10	5.0	26.7	25.1	26.1	26.3	25.4	23.7	20.9	20.7
10	2010	11	5.3	27	25.6	26.6	25.8	25.7	24.3	21.3	19.2
	2010	26	4.7	26.4	26.7	24.4	24.1	24.4	24	22.6	20
	2010	27	3.7	25.4	24.7	24.2	23.6	23.7	23.2	22.2	19.7
11	2010	28	3.2	24.9	24.2	24.6	25.1	24.6	22.7	22.5	20.6
	2015	25	3.0	24.7	23.1	24.4	25.4	24.5	22.7	21.4	20.2
	2015	26	3.2	24.9	23.2	24.6	25.6	24.7	22.4	21.6	20.7
	2015	27	3.2	24.9	23.1	24.2	26	23.6	21.9	21.9	21.7
	2015	28	3.3	25	23.8	24.9	26.3	25.1	23.5	21.8	21

Bảng P3.6. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng II cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 3.0⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

SST	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễu	Lai Châu	Điện Biên
1	1973	26	3.7	25.4	24.5	25.4	26.3	24.1	23.0	23.8	22.2
	1973	27	3.1	24.8	23.9	25.8	25.8	24.9	24.0	21.6	20.8
	1973	28	4.6	26.3	23.9	26.5	26.2	25.3	23.6	22.9	21.9

SST	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
2	1979	21	3.5	25.2	24.8	24.5	24.5	24.8	24.2	21.0	19.7
	1979	22	4.6	26.3	25.5	24.2	22.9	24.9	24.5	21.2	19.7
	1979	23	3.2	24.9	24.1	24.5	22.6	24.1	24.6	19.5	18.2
	1979	24	3.8	25.5	25.0	24.0	21.9	24.7	24.4	19.3	18.2
3	2003	23	3.5	25.2	23.8	24.7	24.6	24.3	22.8	21.1	19.4
	2003	24	3.4	25.1	24.1	24.4	24.4	24.2	23.0	19.6	18.8
4	2009	13	3.7	25.4	23.8	25.1	25.1	23.9	23.1	21.8	21.0
	2009	14	3.2	24.9	23.5	23.8	23.3	23.7	23.0	21.0	19.2
	2009	16	3.8	25.5	24.4	24.8	25.9	24.7	23.2	21.7	20.4
	2009	17	3.5	25.2	24.4	24.5	25.7	24.1	23.0	21.2	20.6
	2009	19	3.1	24.8	23.9	23.6	25.0	23.8	22.0	21.8	21.9
5	2010	6	3.3	25.0	23.8	24.3	25.9	23.6	22.0	22.1	21.3
	2010	7	4.1	25.8	24.9	25.2	26.3	24.5	23.3	20.4	19.6
	2010	8	4.4	26.1	24.9	25.3	26.0	24.7	23.3	19.3	19.1
	2010	9	4.5	26.2	25.0	25.7	26.4	25.6	23.7	20.5	19.3
	2010	10	5.0	26.7	25.1	26.1	26.3	25.4	23.7	20.9	20.7
	2010	11	5.3	27.0	25.6	26.6	25.8	25.7	24.3	21.3	19.2
6	2010	25	4.0	25.7	24.5	24.2	23.1	24.2	23.9	22.3	20.1
	2010	26	4.7	26.4	26.7	24.4	24.1	24.4	24.0	22.6	20.0
	2010	27	3.7	25.4	24.7	24.2	23.6	23.7	23.2	22.2	19.7
	2010	28	3.2	24.9	24.2	24.6	25.1	24.6	22.7	22.5	20.6
7	2015	26	3.2	24.9	23.2	24.6	25.6	24.7	22.4	21.6	20.7
	2015	27	3.2	24.9	23.1	24.2	26.0	23.6	21.9	21.9	21.7
	2015	28	3.3	25.0	23.8	24.9	26.3	25.1	23.5	21.8	21.0

Bảng P3.7. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng XII cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 1.5⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1975	3	2.0	23.5	23.3	22.4	22	22.3	21.4	18.1	17.3
	1975	4	3.3	24.8	24.2	24.4	23.3	24	22.3	18.3	17.7
	1975	5	2.9	24.4	24.1	24.5	23.1	24.7	23.1	18	17.1
	1975	6	2.5	24	24.2	24.3	23	24.7	23.5	18.7	17.2
	1975	7	3.2	24.7	23.7	24.7	24.5	24.5	22.5	19.1	17.8
	1975	8	3.3	24.8	24.5	24.5	25.2	24.9	23.5	18.9	17.2
2	1976	24	1.8	23.3	23.4	23.2	21.8	23.5	23	18.3	16.7
	1976	25	1.9	23.4	23.3	23.7	22.5	23.2	22.7	18	16.7
3	1980	4	1.6	23.1	22.5	22.3	23.4	22.6	22	18.4	18.1
	1980	5	2.0	23.5	23.4	22.3	22.7	22.4	22.4	19.1	18.3

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
	1980	6	2.0	23.5	24.6	24	23.1	23.9	23.5	18.7	17.6
4	1984	14	1.6	23.1	22.5	22.5	21.2	22	22.7	20	18.5
	1984	15	1.7	23.2	23	22.9	23.4	22.9	22.2	19.3	18
	1984	16	1.8	23.3	23.4	23.3	23.3	23.2	22.8	18.9	17.7
	1984	17	1.8	23.3	23.1	23.1	24	22.8	22.3	18.8	17.4
5	1990	13	1.8	23.3	23.2	22.5	22.4	22.7	22.4	17.7	18.2
	1990	14	1.8	23.3	22.7	23.4	24	23	22.2	18.3	18
6	1991	24	1.8	23.3	23.1	22.3	21.7	23	21.9	16.4	19.2
	1991	26	1.9	23.4	22.6	23	21.9	23.1	22.3	16.1	20
7	1992	12	1.9	23.4	23.1	23	23.4	22.3	21.9	17.2	19.9
	1992	13	2.4	23.9	23.6	23.8	23.9	24.2	22.8	17.9	20.2
8	1993	1	1.7	23.2	21.5	22.7	23	22.7	22	20.8	20.4
	1993	3	2.2	23.7	23.2	23.4	23.7	23.5	22.5	21.3	21.9
9	1994	10	2.0	23.5	23.3	23.1	21.1	23.4	23.2	18.2	19.9
	1994	11	2.3	23.8	24	23.8	21	24.3	24.1	18.2	20.6
	1994	12	2.0	23.5	23.8	23.9	21.6	24.4	24.1	17.4	18.9
10	1997	18	2.2	23.7	23.1	22.4	21.3	23	22.4	20.4	21.6
	1997	19	2.6	24.1	23.8	23.3	21.9	23.3	22.6	21	22.4
	1997	20	2.9	24.4	23.8	23.6	23.6	23.9	22.8	18.8	22.1
	1997	21	3.3	24.8	23.6	23.7	24.9	23.9	23.1	20	22.8
11	1998	1	5.1	26.6	26.2	25.6	25.9	25.8	25.1	23.9	24.9
	1998	2	4.9	26.4	25.4	26.2	26.9	25.7	24.1	22.3	23.6
12	2000	19	1.9	23.4	22.9	22.9	22.7	22.5	22.1	19	20.2
	2000	20	1.6	23.1	22.7	22.9	23.2	22.2	21.8	19.2	19.9
13	2001	1	2.0	23.5	23.5	22	20.6	22.1	23	15.2	14.2
	2001	2	3.0	24.5	23.7	23.3	21.8	23.4	22.9	16.4	18
	2001	3	2.7	24.2	23.4	22.9	23.1	23.1	22.5	17.1	18.4
	2001	4	2.5	24	23.5	22.5	23.2	22.8	22.8	18	19.2
	2001	5	3.0	24.5	23.7	23.8	23.3	22.9	23.2	18.2	19.1
14	2002	3	2.7	24.2	24.4	23.8	23.1	24.5	24	21	21.4
	2002	4	3.6	25.1	24.3	24.2	23.5	24.3	23.9	19.8	20
	2002	5	3.4	24.9	25.3	24.9	24.8	25.1	24.3	19.7	20.9
	2002	6	4.7	26.2	26.1	26	25	25.9	25	19	21.3
	2002	7	4.9	26.4	26.4	26.2	25.8	26.1	25.4	20.7	21.8
15	2002	18	2.7	24.2	23.9	23.3	24.2	23.2	22.8	19.7	20
	2002	19	3.4	24.9	23.6	24.5	24.7	24.6	23.2	18.3	18.8
16	2005	1	3.0	24.5	23.9	23.5	23.7	23.5	23.6	20.9	19.1
	2005	2	2.6	24.1	23.7	23.7	23.3	23.4	22.9	20.8	19.6
	2005	3	2.8	24.3	24	23.4	23.7	23.5	23.3	21.5	19.7
17	2006	7	2.0	23.5	23.9	22.2	23	21.8	22.6	20.6	19.8
	2006	8	3.4	24.9	24.4	25	24.5	24.4	23.9	20.7	20.7

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liên	Lai Châu	Điện Biên
18	2007	10	1.8	23.3	22.9	22.2	22.5	22	21.8	19.3	18.4
	2007	11	1.9	23.4	22.9	22.9	23.5	22.4	21.7	19	17.9
	2007	12	2.1	23.6	23.3	23.3	23.8	22.8	22	19.1	17.4
	2007	13	2.4	23.9	23.1	23.5	22.7	23.1	22.7	18.5	17.6
19	2009	11	2.3	23.8	23	23.3	23.4	22.7	21.7	18.9	16.4
	2009	12	2.2	23.7	23.5	22.9	22.5	22.6	22.1	18.1	16.3
	2009	13	2.0	23.5	23.1	22.7	23.3	22.1	22.1	18.2	15.9
	2009	14	2.3	23.8	22.9	23.2	23.8	22.7	21.8	19.5	16.8
	2009	15	3.0	24.5	24.4	24.2	24.5	23.8	23	20.6	17.4
20	2010	12	2.1	23.6	23.5	22.9	22.5	22.6	22.1	18.1	16.3
	2010	13	3.1	24.6	23.1	22.7	23.3	22.1	22.1	18.2	15.9
21	2012	15	2.5	24	23.5	23.2	22.8	23	23	20.6	19.7
	2012	16	2.4	23.9	24.3	23.9	22.5	24	23.8	19.2	18.6
	2012	17	3.0	24.5	25.1	24.2	22.2	25.1	23.7	18.5	18.2
22	2015	1	3.1	24.6	24.2	23.4	21.2	23.2	23.7	22.5	22.2
	2015	2	4.3	25.8	26.1	25.8	24.3	25.6	25.2	22.7	22.4
23	2016	4	1.7	23.2	22.7	22	20.8	22.4	22.1	19.5	18.3
	2016	5	2.1	23.6	22.8	21.7	19.8	22.5	22.7	19.3	18.4
	2016	6	2.2	23.7	22.5	22.1	21.4	21.7	21.9	20.2	19.9
24	2016	12	2.5	24	23.7	23.3	21.9	23.8	23.2	18.7	16.8
	2016	13	3.5	25	24.2	24.8	23.4	23.6	24	19.4	17.9
25	2016	20	2.0	23.5	22.6	22.6	20.7	22.7	22.2	20.4	19.7
	2016	21	3.0	24.5	24	24.2	23.7	24.3	23.3	20.6	19.5
26	2016	25	1.6	23.1	22.5	22.6	23.1	22.6	22.2	21.3	19.1
	2016	26	3.0	24.5	23.3	24	24.9	23.7	23	21	19.8

Bảng P3.8. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng XII cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 2.0⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liên	Lai Châu	Điện Biên
1	1975	4	3.3	24.8	24.2	24.4	23.3	24	22.3	18.3	17.7
	1975	5	2.9	24.4	24.1	24.5	23.1	24.7	23.1	18	17.1
	1975	6	2.5	24	24.2	24.3	23	24.7	23.5	18.7	17.2
	1975	7	3.2	24.7	23.7	24.7	24.5	24.5	22.5	19.1	17.8
	1975	8	3.3	24.8	24.5	24.5	25.2	24.9	23.5	18.9	17.2
2	1997	18	2.2	23.7	23.1	22.4	21.3	23	22.4	20.4	21.6
	1997	19	2.6	24.1	23.8	23.3	21.9	23.3	22.6	21	22.4
	1997	20	2.9	24.4	23.8	23.6	23.6	23.9	22.8	18.8	22.1
	1997	21	3.3	24.8	23.6	23.7	24.9	23.9	23.1	20	22.8

3	1998	1	5.1	26.6	26.2	25.6	25.9	25.8	25.1	23.9	24.9
	1998	2	4.9	26.4	25.4	26.2	26.9	25.7	24.1	22.3	23.6
4	2001	2	3.0	24.5	23.7	23.3	21.8	23.4	22.9	16.4	18
	2001	3	2.7	24.2	23.4	22.9	23.1	23.1	22.5	17.1	18.4
	2001	4	2.5	24	23.5	22.5	23.2	22.8	22.8	18	19.2
	2001	5	3.0	24.5	23.7	23.8	23.3	22.9	23.2	18.2	19.1
5	2002	3	2.7	24.2	24.4	23.8	23.1	24.5	24	21	21.4
	2002	4	3.6	25.1	24.3	24.2	23.5	24.3	23.9	19.8	20
	2002	5	3.4	24.9	25.3	24.9	24.8	25.1	24.3	19.7	20.9
	2002	6	4.7	26.2	26.1	26	25	25.9	25	19	21.3
	2002	7	4.9	26.4	26.4	26.2	25.8	26.1	25.4	20.7	21.8
6	2002	18	2.7	24.2	23.9	23.3	24.2	23.2	22.8	19.7	20
	2002	19	3.4	24.9	23.6	24.5	24.7	24.6	23.2	18.3	18.8
7	2005	1	3.0	24.5	23.9	23.5	23.7	23.5	23.6	20.9	19.1
	2005	2	2.6	24.1	23.7	23.7	23.3	23.4	22.9	20.8	19.6
	2005	3	2.8	24.3	24	23.4	23.7	23.5	23.3	21.5	19.7
8	2007	12	2.1	23.6	23.3	23.3	23.8	22.8	22	19.1	17.4
	2007	13	2.4	23.9	23.1	23.5	22.7	23.1	22.7	18.5	17.6
9	2009	11	2.3	23.8	23	23.3	23.4	22.7	21.7	18.9	16.4
	2009	12	2.2	23.7	23.5	22.9	22.5	22.6	22.1	18.1	16.3
	2009	14	2.3	23.8	22.9	23.2	23.8	22.7	21.8	19.5	16.8
	2009	15	3.0	24.5	24.4	24.2	24.5	23.8	23	20.6	17.4
10	2010	12	2.1	23.6	24	21.6	23	22.4	21.7	21.1	23
	2010	13	3.1	24.6	24.6	22.9	23.9	23.7	22.9	22.7	22.5
11	2012	15	2.5	24	23.5	23.2	22.8	23	23	20.6	19.7
	2012	16	2.4	23.9	24.3	23.9	22.5	24	23.8	19.2	18.6
	2012	17	3.0	24.5	25.1	24.2	22.2	25.1	23.7	18.5	18.2
12	2015	1	3.1	24.6	24.2	23.4	21.2	23.2	23.7	22.5	22.2
	2015	2	4.3	25.8	26.1	25.8	24.3	25.6	25.2	22.7	22.4
13	2016	5	2.1	23.6	22.8	21.7	19.8	22.5	22.7	19.3	18.4
	2016	6	2.2	23.7	22.5	22.1	21.4	21.7	21.9	20.2	19.9
14	2016	12	2.5	24	23.7	23.3	21.9	23.8	23.2	18.7	16.8
	2016	13	3.5	25	24.2	24.8	23.4	23.6	24	19.4	17.9

Bảng P3.9. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng XII cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 2.5⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phù Lãng	Lai Châu	Điện Biên
1	1975	4	3.3	24.8	24.2	24.4	23.3	24	22.3	18.3	17.7
	1975	5	2.9	24.4	24.1	24.5	23.1	24.7	23.1	18	17.1
	1975	7	3.2	24.7	23.7	24.7	24.5	24.5	22.5	19.1	17.8

	1975	8	3.3	24.8	24.5	24.5	25.2	24.9	23.5	18.9	17.2
2	1997	19	2.6	24.1	23.8	23.3	21.9	23.3	22.6	21	22.4
	1997	20	2.9	24.4	23.8	23.6	23.6	23.9	22.8	18.8	22.1
	1997	21	3.3	24.8	23.6	23.7	24.9	23.9	23.1	20	22.8
3	1998	1	5.1	26.6	26.2	25.6	25.9	25.8	25.1	23.9	24.9
	1998	2	4.9	26.4	25.4	26.2	26.9	25.7	24.1	22.3	23.6
4	2001	2	3.0	24.5	23.7	23.3	21.8	23.4	22.9	16.4	18
	2001	3	2.7	24.2	23.4	22.9	23.1	23.1	22.5	17.1	18.4
	2001	5	3.0	24.5	23.7	23.8	23.3	22.9	23.2	18.2	19.1
5	2002	3	2.7	24.2	24.4	23.8	23.1	24.5	24	21	21.4
	2002	4	3.6	25.1	24.3	24.2	23.5	24.3	23.9	19.8	20
	2002	5	3.4	24.9	25.3	24.9	24.8	25.1	24.3	19.7	20.9
	2002	6	4.7	26.2	26.1	26	25	25.9	25	19	21.3
	2002	7	4.9	26.4	26.4	26.2	25.8	26.1	25.4	20.7	21.8
6	2002	18	2.7	24.2	23.9	23.3	24.2	23.2	22.8	19.7	20
	2002	19	3.4	24.9	23.6	24.5	24.7	24.6	23.2	18.3	18.8
7	2005	1	3.0	24.5	23.9	23.5	23.7	23.5	23.6	20.9	19.1
	2005	2	2.6	24.1	23.7	23.7	23.3	23.4	22.9	20.8	19.6
	2005	3	2.8	24.3	24	23.4	23.7	23.5	23.3	21.5	19.7
8	2015	1	3.1	24.6	24.2	23.4	21.2	23.2	23.7	22.5	22.2
	2015	2	4.3	25.8	26.1	25.8	24.3	25.6	25.2	22.7	22.4

Bảng P3.10. Kết quả xác định các đợt nóng bất thường xảy ra trong tháng XII cho giai đoạn 1979-2017 dựa trên ngưỡng xác định tăng hơn 3.0⁰C và giá trị nhiệt độ trung bình ngày (Ttb) được quan trắc tại một số trạm ở Bắc Bộ

STT	Năm	Ngày	Độ lệch	Láng	Nam Định	Thái Nguyên	Tuyên Quang	Bắc Giang	Phủ Liễn	Lai Châu	Điện Biên
1	1975	7	3.2	24.7	23.7	24.7	24.5	24.5	22.5	19.1	17.8
	1975	8	3.3	24.8	24.5	24.5	25.2	24.9	23.5	18.9	17.2
2	1998	1	5.1	26.6	26.2	25.6	25.9	25.8	25.1	23.9	24.9
	1998	2	4.9	26.4	25.4	26.2	26.9	25.7	24.1	22.3	23.6
3	2002	4	3.6	25.1	24.3	24.2	23.5	24.3	23.9	19.8	20.0
	2002	5	3.4	24.9	25.3	24.9	24.8	25.1	24.3	19.7	20.9
	2002	6	4.7	26.2	26.1	26.0	25.0	25.9	25	19	21.3
	2002	7	4.9	26.4	26.4	26.2	25.8	26.1	25.4	20.7	21.8
4	2015	1	3.1	24.6	24.2	23.4	21.2	23.2	23.7	22.5	22.2
	2015	2	4.3	25.8	26.1	25.8	24.3	25.6	25.2	22.7	22.4