

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

-----***-----

ĐỖ HUY DƯƠNG

**ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG MỘT SỐ CỰC TRỊ
KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN
Ở VIỆT NAM BẰNG MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ NGÀNH KHÍ HẬU HỌC

Hà Nội - 2014

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

-----***-----

ĐỖ HUY DƯƠNG

**ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG MỘT SỐ CỰC TRỊ
KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN
Ở VIỆT NAM BẰNG MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC**

Chuyên ngành: Khí hậu học

Mã số: 62448705

LUẬN ÁN TIẾN SĨ NGÀNH KHÍ HẬU HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. GS.TS Phan Văn Tân
2. TS Trần Quang Đức

Hà Nội - 2014

Lời cam đoan

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trình bày trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận án

Đỗ Huy Dương

Lời cảm ơn

Luận án được hoàn thành tại Khoa Khí tượng - Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội dưới sự hướng dẫn khoa học của GS.TS.Phan Văn Tân và TS.Trần Quang Đức. Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới hai nhà khoa học đã hết lòng động viên, định hướng và tận tình giúp đỡ và luôn quan tâm sâu sắc tới từng kết quả của luận án.

Để thực hiện luận án, tác giả đã được giúp đỡ về thời gian và điều kiện nghiên cứu thuận lợi từ Bộ môn Khí tượng, Ban Chủ nhiệm Khoa Khí tượng-Thủy văn và Hải dương học; Phòng Sau Đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và Bộ Tài nguyên và Môi trường từ phía các Vụ Khoa học và Công nghệ; Vụ Tổ chức cán bộ; Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia: Ban Khoa học, Công nghệ và Hợp tác quốc tế, Ban Tổ chức cán bộ, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương. Qua đây, tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc nhất đến sự ủng hộ, giúp đỡ quý báu đó.

Lời tri ân xin được gửi tới GS.TS.Trần Tân Tiến, GS.TSKH.Nguyễn Đức Ngữ, GS.TS.Nguyễn Trọng Hiệu, PGS.TS.Nguyễn Hương Điền, PGS.TS.Nguyễn Văn Tuyên, PGS.TS.Nguyễn Viết Lành, PGS.TS.Nguyễn Đăng Quế, TS.Nguyễn Lê Tâm, PGS.TS.Nguyễn Minh Trường, TS.Vũ Thanh Hằng, TS.Ngô Đức Thành, TS.Lê Đức, TS.Kiều Quốc Chánh, PGS.TS.Nguyễn Văn Thắng, TS.Hoàng Đức Cường, TS.Bùi Minh Tạng, TS.Nguyễn Văn Hiệp, TS.Mai Văn Khiêm, ThS.Võ Văn Hòa, ThS.Dư Đức Tiến và các nhà khoa học khác cũng như các bạn bè đồng nghiệp đã góp ý chân tình và xây dựng về những nội dung nghiên cứu của luận án.

Tác giả sẽ không bao giờ quên sự quan tâm, chăm sóc, sẻ chia buồn vui và giúp đỡ qua bao khó khăn của người bạn đời và các con nhỏ; sự hy sinh độ lượng của gia đình đã luôn quan tâm ủng hộ, động viên và tạo điều kiện về mọi mặt. Lòng biết ơn sâu nặng nhất của tác giả xin gửi về cha mẹ, những người đã ban cho tác giả cuộc sống và dưỡng dục trưởng thành.

Tác giả

Mục lục

Lời cam đoan.....	1
Lời cảm ơn	2
Mục lục	3
Danh sách các ký hiệu và chữ viết tắt.....	6
Danh mục các bảng	7
Danh mục các hình vẽ, đồ thị.....	8
MỞ ĐẦU	10
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG MỘT SỐ CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN DỰA TRÊN MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC	15
1.1. Khái niệm về cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan.....	15
1.1.1. Khái quát chung	15
1.1.2. Định nghĩa các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan theo IPCC ...	16
1.1.3. Định nghĩa cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan theo Việt Nam ...	18
1.2. Tình hình nghiên cứu về các hiện tượng khí hậu cực đoan ngoài nước	20
1.2.1. Nghiên cứu các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan dựa trên số liệu quan trắc	20
1.2.2. Nghiên cứu các cực trị và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng mô hình khí hậu ...	24
1.2.3. Nghiên cứu các cực trị và hiện tượng khí hậu cực đoan có sử dụng phương pháp hiệu chỉnh.....	33
1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	37
Chương 2. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CHỈ TIÊU CHO CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM	42
2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	42
2.1.1. Nghiên cứu lựa chọn các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan....	42
2.1.2. Phạm vi không gian và chuỗi số liệu nghiên cứu	44
2.2. Số liệu và phương pháp xử lý số liệu	46
2.2.1. Số liệu quan trắc bề mặt từ mạng lưới quan trắc Việt Nam.....	46

2.2.2. Số liệu mô phỏng của các mô hình dự báo khí hậu khu vực	49
2.3. Phương pháp xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam	52
2.3.1. Phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống (DMO_ME).....	53
2.3.2. Phương pháp phân vị (DMO_PER).....	54
2.3.3. Phương pháp thực nghiệm (DMO_EXP).....	56
2.4. Phương pháp đánh giá kết quả	58
Chương 3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG MÔ PHỎNG CÁC CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN CỦA MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC	62
3.1. Đặc điểm phân bố thống kê của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực Việt Nam.....	63
3.1.1. Đặc điểm thống kê của các cực trị khí hậu.....	63
3.1.2. Đặc điểm thống kê của các hiện tượng khí hậu cực đoan.....	69
3.2. Kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của ba mô hình khí hậu khu vực được thử nghiệm	76
3.2.1. Kết quả đánh giá các yếu tố khí tượng sử dụng để xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan.....	77
3.2.2. Kết quả đánh giá mô phỏng các cực trị khí hậu.....	79
3.2.3. Kết quả đánh giá mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan.....	82
3.3. Kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực Việt Nam.....	91
3.3.1 Các kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan..	91
3.3.2. Kết quả đánh giá sai số xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ các chỉ tiêu được xây dựng	96
KẾT LUẬN	115
KIẾN NGHỊ	117
DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN	118

TÀI LIỆU THAM KHẢO	119
PHỤ LỤC 1. DANH SÁCH CÁC TRẠM QUAN TRẮC ĐƯỢC SỬ DỤNG	133
PHỤ LỤC 2. KẾT QUẢ KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG SỐ LIỆU QUAN TRẮC BỀ MẶT	135

Danh sách các ký hiệu và chữ viết tắt

B1, B2, B3, B4	Khu vực: Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ
CS	Các cộng sự
CTKH	Cực trị khí hậu
DMO_EXP	Phương pháp xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs bằng hàm thực nghiệm
DMO_ME	Phương pháp xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs bằng hiệu chỉnh sai số hệ thống
DMO_PER	Phương pháp xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs bằng tính toán theo giá trị phân vị tương ứng
ĐMLCB/DR	Đợt mưa lớn cục bộ/ diện rộng
ĐNNCB/DR	Đợt nắng nóng cục bộ/ diện rộng
ĐRĐCB/DR	Đợt rét đậm cục bộ/ diện rộng
ĐRHCB/DR	Đợt rét hại cục bộ/ diện rộng
ECEs	Extreme Climate Events – Các hiện tượng và cực trị khí hậu
EWEs	Extreme Weather Events – Hiện tượng thời tiết cực đoan
GCMs	Global Climate Models – Mô hình khí hậu toàn cầu
HTKHCD	Hiện tượng khí hậu cực đoan
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change-Tổ chức liên chính phủ về biến đổi khí hậu
KTTV	Khí tượng Thủy văn
MLCB/DR	Mưa lớn cục bộ/ diện rộng
NCEP	National Center for Environment Prediction-Trung tâm dự báo môi trường quốc gia của Mỹ
N1, N2, N3	Khu vực: Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ
NMLCB/DR	Ngày mưa lớn cục bộ/ diện rộng
NNMCB/DR	Nắng nóng mạnh cục bộ/ diện rộng
NNNCB/DR	Ngày nắng nóng cục bộ/ diện rộng
NRĐCB/DR	Ngày rét đậm cục bộ/ diện rộng
NRHCB/DR	Ngày rét hại cục bộ/ diện rộng
XTNĐ	Xoáy thuận nhiệt đới
RCMs	Regional Climate Models – Mô hình khí hậu khu vực
RĐCB	Rét đậm cục bộ
RĐDR	Rét đậm diện rộng
RHCB	Rét hại cục bộ
RHDR	Rét hại diện rộng

Danh mục các bảng

Bảng 2.1. Một số đặc trưng chính trong cấu hình chạy mô phỏng của mô hình RegCM, MM5CL và REMO	51
Bảng 2.2. Bảng phân loại tần suất xuất hiện các sự kiện	60
Bảng 3.1. Giá trị kỷ lục của các cực trị khí hậu	63
Bảng 3.2. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng rét đậm, rét hại	71
Bảng 3.3. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng mưa lớn	71
Bảng 3.4. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng nắng nóng	74
Bảng 3.5. Giá trị ME và RMSE cho mô phỏng Tx từ mô hình RegCM, MM5CL và mô hình REMO (tính trên chuỗi số liệu 1990 - 1999)	77
Bảng 3.6. Tương tự bảng 3.5 nhưng cho yếu tố nhiệt độ trung bình ngày	78
Bảng 3.7. Tương tự bảng 3.5 nhưng cho yếu tố lượng mưa tích lũy 24 giờ	79
Bảng 3.8. Kết quả tính chỉ số ME và RMSE cho mô phỏng các cực trị hậu của RegCM	81
Bảng 3.9. Tương tự bảng 3.8 nhưng cho mô hình MM5CL	81
Bảng 3.10. Tương tự bảng 3.8 nhưng cho mô hình REMO	81
Bảng 3.11. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNRĐCB/SĐRĐCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO	92
Bảng 3.12. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRĐDR/SĐRĐDR	92
Bảng 3.13. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRHCB/SĐRHCB	92
Bảng 3.14. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRHDR/SĐRHDR	92
Bảng 3.15. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNNNCB/SĐNNCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO	94
Bảng 3.16. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho SNNNDR/SĐNNDR	94
Bảng 3.17. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho SNNNMCB/SĐNNMCB	94
Bảng 3.18. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNMLCB/SĐMLCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO	95
Bảng 3.19. Tương tự bảng 3.18 nhưng cho SNMLDR/SĐMLDR	95

Danh mục các hình vẽ, đồ thị

Hình 2.1.1. Phân bố của 7 vùng khí hậu và các trạm quan trắc tương ứng trong từng vùng khí hậu được sử dụng trong nghiên cứu	45
Hình 2.1.2. Sơ đồ khối của hệ thống kiểm tra chất lượng quan trắc bề mặt	48
Hình 2.1.3. Miền tích phân của các mô hình RCMs được nghiên cứu	52
Hình 2.1.4. Các bước thực hiện của phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống (DMO_ME)	54
Hình 2.1.5. Biểu đồ minh họa quan hệ giữa ngưỡng xác định mưa lớn và chỉ số đánh giá BIAS cho khu vực Nam Bộ	57
Hình 2.1.6. Các bước thực hiện của phương pháp thực nghiệm	58
Hình 3.1.1. Biểu đồ tần suất xuất hiện nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn Việt Nam	64
Hình 3.1.2. Biểu đồ tần suất xuất hiện nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn Việt Nam	67
Hình 3.1.3. Biểu đồ tần suất xuất hiện lượng mưa cực đại tháng (Rx) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn Việt Nam	68
Hình 3.2.1. Sai số số ngày và số đợt RĐCB/RHCB của ba mô hình a) số ngày RĐCB; b) số đợt RĐCB; c) số ngày RHCB; d) số đợt RHCB	82
Hình 3.2.2. Sai số số ngày và số đợt rét RĐCB/RHCB của REMO cho B3	83
Hình 3.2.3. Sai số số ngày RĐCB (B4), RĐDR (B2, B3)	84
Hình 3.2.4. Sai số số ngày và số đợt RĐ, RH diện rộng khu vực B4	85
Hình 3.2.5. Sai số số ngày, số đợt nắng nóng nhẹ cục bộ	86
Hình 3.2.6. Sai số số ngày, số đợt nắng nóng mạnh cục bộ	87
Hình 3.2.7. Sai số số ngày, số đợt nắng nóng diện rộng	87
Hình 3.2.8. Sai số mô phỏng hiện tượng NNMCB tại N2, N3	88
Hình 3.2.9. Sai số mô phỏng hiện tượng NNNDR tại N2, N3	88
Hình 3.2.10. Số ngày MLCB a) và số đợt MLCB b)	89

Hình 3.2.11. Sai số số ngày, số đợt hiện tượng mưa lớn khu vực B4, N1	90
Hình 3.2.12. Sai số số ngày, số đợt MLDR vùng N2, N3	90
Hình 3.3.1. Sai số số ngày, số đợt RĐ, RH cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR	97
Hình 3.3.2. Sai số số ngày, số đợt NN cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM a) NNNCB; b) NNNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB	99
Hình 3.3.3. Sai số mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR	101
Hình 3.3.4. Sai số số ngày, số đợt RĐ, RH cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR	103
Hình 3.3.5. Sai số số ngày, số đợt NN cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL a) NNNCB; b) NNNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB	105
Hình 3.3.6. Sai số mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR	107
Hình 3.3.7. Sai số số ngày, số đợt RĐ, RH cục bộ và diện rộng của mô hình REMO a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR	109
Hình 3.3.8. Sai số số ngày, số đợt NN cục bộ và diện rộng của mô hình REMO a) NNNCB; b) NNNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB	112
Hình 3.3.9. Sai số số ngày, số đợt mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình REMO tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR	113

MỞ ĐẦU

- **Đặt vấn đề**

Khí hậu là một trong những bộ phận quan trọng của môi trường tự nhiên và xã hội. Có thể nói, khí hậu là điều kiện tự nhiên thường xuyên ảnh hưởng đến thế giới sinh vật và đến mọi lĩnh vực hoạt động kinh tế - xã hội của con người. Mặt khác, các hoạt động kinh tế - xã hội, trong đó có các hoạt động gắn với sản xuất công nghiệp là một trong những nguyên nhân chính tác động đến khí hậu khu vực và khí hậu toàn cầu, làm thay đổi cơ chế khí hậu ở từng địa phương, khu vực và toàn cầu. Hay nói cách khác, dẫn đến biến đổi khí hậu và thực tế đã cho thấy ngày càng gia tăng các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan như nắng nóng, rét đậm, rét hại, bão mạnh, mưa lớn, ... Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi dị thường của điều kiện thời tiết, khí hậu, trong đó có thể là do tác động của biến đổi khí hậu và sự nóng lên toàn cầu.

Những thiên tai cực đoan gây ra các thảm họa khôn lường, thiệt hại về người và tài sản cho nhiều quốc gia trên thế giới. Chính vì vậy, trong những năm gần đây đã xuất hiện nhiều công trình nghiên cứu tập trung vào giải quyết bài toán khí hậu cực đoan hay các hiện tượng khí hậu cực trị - Extreme Climate Events (ECEs) trong mối tương quan với sự biến đổi khí hậu và sự nóng lên toàn cầu. Có thể phân chia các công trình thành ba hướng chính như sau:

1. Nghiên cứu biến động và xu thế biến đổi của các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan trong mối liên hệ với sự biến đổi khí hậu và nóng lên toàn cầu. Theo hướng này, các tác giả đã sử dụng số liệu quan trắc lịch sử về các cực trị khí hậu nói chung và các hiện tượng khí hậu cực đoan nói riêng; tính toán xác định xu thế biến đổi của các cực trị khí hậu dựa trên việc phân tích các hàm phân bố xác suất, xác định cường độ và tần suất xuất hiện các hiện tượng khí hậu cực đoan.

2. Nghiên cứu ứng dụng các mô hình khí hậu toàn cầu và mô hình khí hậu khu vực để mô phỏng khí hậu quá khứ, hay có thể sử dụng để tái tạo những nơi không có số liệu qua đó đánh giá khả năng nắm bắt các hiện tượng khí hậu cực đoan.

3. Nghiên cứu dự báo và dự tính khả năng xuất hiện trong tương lai các hiện

tượng khí hậu cực đoan với các thời hạn và quy mô dự báo khác nhau.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về biến đổi khí hậu đã được đầu tư trong nhiều năm trở lại đây và thu được nhiều kết quả khả quan, trong đó phần lớn tập trung vào hướng nghiên cứu thứ nhất và thứ ba. Một số nghiên cứu theo hướng thứ hai cũng đã được thực hiện nhưng mới dừng ở mức khai thác các sản phẩm dự báo từ mô hình khí hậu toàn cầu (GCMs). Hướng nghiên cứu ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực (RCMs) để mô phỏng hoặc dự tính khí hậu còn ít và tồn tại nhiều hạn chế, đặc biệt là trong bài toán mô phỏng các ECEs. Chính vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng các RCMs để mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam là hết sức cần thiết và cấp bách.

- **Tính cấp thiết của đề tài**

Như đã trình bày ở trên, do tính chất nghiêm trọng trong hậu quả tác động của ECEs nên đã có nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới chú trọng đến vấn đề này, đặc biệt là theo hướng nghiên cứu thứ hai. Trong cách tiếp cận này, các mô hình hoàn lưu chung khí quyển - đại dương (AOGCM) và RCMs là công cụ chủ yếu được sử dụng để nghiên cứu, xác định sự biến động khí hậu trong quá khứ và để dự tính cho tương lai. Các mô hình AOGCM đã không ngừng được phát triển, hoàn thiện thông qua việc nghiên cứu nhằm tăng độ phân giải không gian cũng như các nghiên cứu cải tiến về các quá trình động lực học và các sơ đồ tham số hóa trong các tùy chọn vật lý. Nhiều quá trình mô phỏng quan trọng đã được đưa vào trong các mô hình như ảnh hưởng của xol khí tới quá trình bức xạ hay hiện tượng ENSO.

Phát triển mạnh mẽ theo hướng này là việc ứng dụng RCMs để mô phỏng các quá trình khí hậu ở quy mô khu vực và địa phương, trong đó chú trọng đến việc nghiên cứu khả năng nắm bắt ECEs của các mô hình này. Đặc biệt, sau khi mô hình RegCM ra đời và không ngừng phát triển, cải tiến trong nghiên cứu khí hậu khu vực, và đã có nhiều công trình nghiên cứu được đăng tải trên nhiều tạp chí khác nhau. Mô hình REMO của Viện Khí tượng thuộc Viện Max Planck, Cộng hòa Liên bang Đức tuy không được cung cấp phổ biến như RegCM nhưng đã được ứng dụng thành công trong nhiều công trình nghiên cứu theo hướng mô hình hóa khí hậu khu

vực. Một số mô hình khác, như PRECIS, RSM, CMM5, CWRF,... cũng đã được ứng dụng thành công trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu khu vực cũng như nghiên cứu biến đổi khí hậu. Kết quả chạy các mô hình khí hậu khu vực là các trường yếu tố khí hậu (ở đây là các trường mô phỏng quá khứ) và sự phân bố của chúng theo không gian, thời gian chi tiết hơn, đặc biệt đối với những nơi số liệu quan trắc còn thưa (vùng núi cao hoặc trên các vùng biển, đại dương).

Tại Việt Nam, việc nghiên cứu ứng dụng các RCMs trong thời gian qua đã đạt nhiều kết quả khả quan. Tuy nhiên, việc đánh giá chi tiết khả năng nắm bắt của mô hình trong việc mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan để từ đó chỉ ra mô hình nào tốt? tốt với hiện tượng nào? khu vực nào vẫn chưa được trả lời cụ thể. Vì vậy, chúng tôi thực hiện đề tài: “***Đánh giá kết quả mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam bằng mô hình khí hậu khu vực***”. Trong khuôn khổ luận án, chúng tôi chỉ tập trung giải quyết bài toán đánh giá khả năng mô phỏng ECEs của một số RCMs cho khu vực Việt Nam mà không giải quyết bài toán dự báo và dự tính khí hậu. Trên cơ sở đó, thực hiện tính toán ECEs theo định nghĩa của IPCC và Việt Nam để làm cơ sở xây dựng hệ thống chỉ tiêu xác định một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam từ sản phẩm của mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL.

- **Mục đích của luận án**

Luận án đặt ra nhằm đạt được các mục tiêu như sau:

1. Đánh giá được khả năng mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam bằng mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL;
2. Xây dựng hệ thống chỉ tiêu xác định một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam từ sản phẩm của mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL.

- **Đối tượng, phương pháp và phạm vi nghiên cứu của luận án**

Nghiên cứu về khí hậu và biến đổi khí hậu bằng các phương pháp thống kê và mô hình hóa là một bài toán lớn liên quan đến nhiều vấn đề và khía cạnh khoa

học khác nhau. Do đó, phạm vi luận án chỉ tập trung giải quyết bài toán đánh giá khả năng mô phỏng ECEs của một số RCMs cho khu vực Việt Nam với đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu như sau:

- **Đối tượng nghiên cứu:** Các ECEs theo định nghĩa của IPCC và Việt Nam được mô phỏng từ các mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL.

- **Phạm vi nghiên cứu:** 7 vùng khí hậu Việt Nam gồm Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ.

- **Phương pháp nghiên cứu:** Để thực hiện các nội dung nghiên cứu, luận án sử dụng phương pháp thống kê, phương pháp toán học và phương pháp đánh giá khách quan.

• **Những đóng góp mới của luận án**

- Luận án đã đánh giá và chỉ ra được khả năng mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan từ các mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL cho khu vực Việt Nam;

- Luận án đã xây dựng được một số phương pháp hiệu chỉnh và chỉ ra được phương pháp hiệu chỉnh tốt nhất cho một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của các mô hình RegCM, REMO và MM5CL cho từng vùng khí hậu.

• **Ý nghĩa khoa học của luận án**

Việc đánh giá năng lực và chỉ ra được những ưu, nhược điểm của các mô hình khí hậu khu vực thường được ứng dụng ở Việt Nam (RegCM, REMO, MM5CL) trong việc mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan trong luận án sẽ góp phần nâng cao sự hiểu biết về khả năng ứng dụng sản phẩm của mô hình khí hậu trong nghiên cứu mô phỏng, dự báo và dự tính khí hậu nói chung, các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan nói riêng. Những kết quả nghiên cứu của luận án cũng góp phần làm sáng tỏ tính bất định của các mô hình khí hậu khu vực, một trong những vấn đề quan trọng cần phải được tính đến khi xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu.

• **Ý nghĩa thực tiễn của luận án**

- Hệ thống phương pháp hiệu chỉnh và các chỉ tiêu, dùng trong hiệu chỉnh

sản phẩm của các mô hình khí hậu có thể được ứng dụng trong nghiên cứu khí hậu và biến đổi khí hậu ở Việt Nam.

- Những kết quả của luận án cũng có thể được tham khảo, sử dụng trong quá trình xây dựng và cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu cho từng khu vực khí hậu ở Việt Nam trong tương lai.

- **Cấu trúc của luận án**

Ngoài các phần lời cam đoan, lời cảm ơn, danh sách các từ viết tắt, bảng biểu, hình vẽ và đồ thị, mục lục, mở đầu, tài liệu tham khảo và phụ lục, nội dung chính của luận án bao gồm:

Chương 1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan dựa trên mô hình khí hậu khu vực

Chương 2. Xây dựng phương pháp xác định chỉ tiêu cho các hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam

Chương 3. Một số kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của mô hình khí hậu khu vực

Kết luận và kiến nghị: Trình bày tóm tắt các kết quả chủ yếu của luận án, những điểm mới đã đạt được; nêu những tồn tại và kiến nghị việc sử dụng kết quả luận án cũng như các vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu.

Chương 1. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG MỘT SỐ CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOẠN DỰA TRÊN MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC

Chương này trình bày một cách hệ thống khái niệm về các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoạn (ECEs) nhằm làm rõ đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án. Kế tiếp, tổng quan các công trình nghiên cứu trên thế giới về ECEs dựa trên số liệu quan trắc cũng như các nghiên cứu ứng dụng RCMs trong bài toán mô phỏng ECEs. Cuối cùng, luận án trình bày một số kết quả nghiên cứu ở Việt Nam về ECEs trong vài năm trở lại đây, trên cơ sở đó phân tích và luận giải cho hướng nghiên cứu ECEs.

1.1. Khái niệm về cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoạn

1.1.1. Khái quát chung

Trong khí tượng, ngoài những giá trị trung bình ngày từ các biến quan trắc được, đối với các cực trị quan trắc của một số yếu tố: Ví dụ chẳng hạn đối với nhiệt độ, ngoài giá trị trung bình ngày, còn có các giá trị cực đại ngày hoặc cực tiểu ngày và qua đó xác định được giá trị trung bình tháng, cực đại tháng hoặc cực tiểu tháng và tương tự xác định được giá trị trung bình năm, cực đại năm hoặc cực tiểu năm. Như đã biết, các cực trị khí hậu đã được chứng minh theo một trong ba loại hàm phân bố (Gumbel, Fr'echet hay Weibull) và có thể được viết trong biểu thức đơn giản như sự phân bố tương tự liên quan đến sự phân bố chung giá trị cực trị (GEV). Ở đây, một số phân bố lý thuyết áp dụng để tính toán sự phân bố cực trị khí hậu, bao gồm các phân bố Weibull, Fr'echet, Gumbel. Theo đó, các cực trị khí hậu được lựa chọn bao gồm giá trị cực đại/cực tiểu đã cho cố định trong một khoảng nào đó và được xác định bởi phương trình:

$$F(x, \mu, \sigma, \xi) = \exp\left(-\left[1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right]^{\frac{-1}{\xi}}\right)$$

Trong đó:

F là hàm phân bố tích lũy

μ là tham số địa phương xác định vị trí đỉnh của hàm phân bố

σ là tham số quy mô xác định độ rộng của hàm phân bố

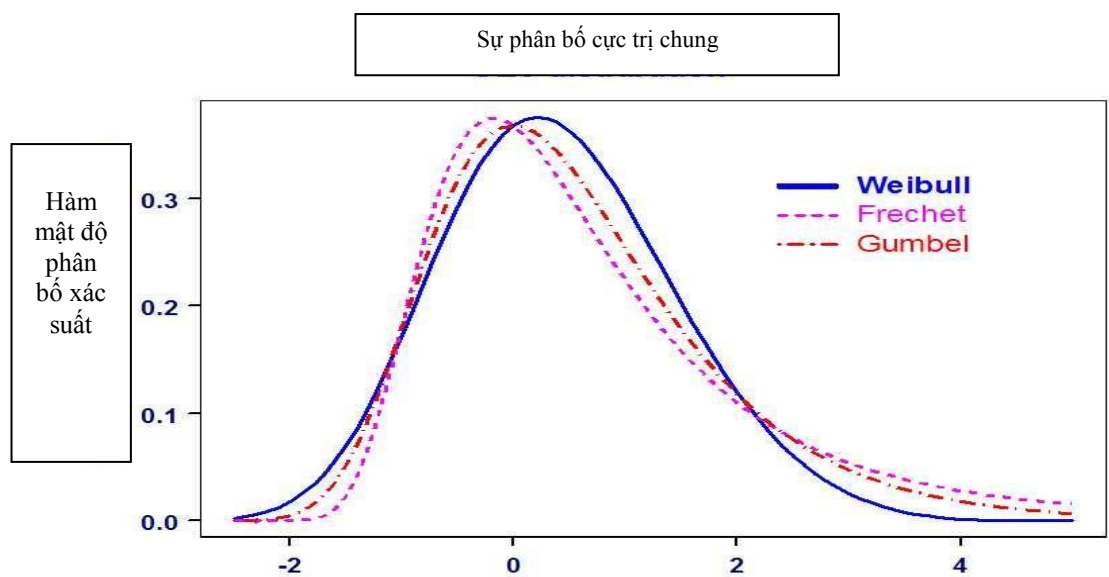
ξ là tham số xác định hình dạng của hàm phân bố

Với ba loại ξ có thể xác định ba loại hàm phân bố

Khi $\xi < 0$ hàm phân bố GEV được gọi là phân bố Weibull

Khi $\xi > 0$ hàm phân bố GEV được gọi là phân bố Fr'echet

Khi $\xi = 0$ hàm phân bố GEV là phân bố Gumbel



Hình 1.1. Phân bố lý thuyết GEV

1.1.2. Định nghĩa các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan theo IPCC

Năm 1998, trong cuộc họp lần thứ 3 của IPCC, các nhà khoa học đã đề xuất ra 27 chỉ số khí hậu căn bản để sử dụng trong nghiên cứu các cực trị khí hậu và biến đổi khí hậu (Peterson và CS, 2001) [94]. Có thể nói, trong 27 chỉ số này liên quan chủ yếu đến trường nhiệt độ, trường mưa và có thể được nghiên cứu ứng dụng cho cả vùng nhiệt đới và ngoại nhiệt đới. Cụ thể bao gồm:

- 1) **FD** - Số ngày có sương mù
- 2) **SU** - Số ngày mùa hè
- 3) **ID** - Số ngày đóng băng

- 4) **TR** - Số đêm nhiệt đới
- 5) **GSL** - Độ dài mùa sinh trưởng (tính từ ngày 01/01 đến ngày 31/12 ở Bắc Bán cầu và từ ngày 01/7 đến ngày 30/6 năm sau ở Nam Bán cầu)
- 6) **TXx** - Nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng
- 7) **TNx** - Nhiệt độ tối thấp ngày cực đại tháng
- 8) **TXn** - Nhiệt độ tối cao ngày cực tiểu tháng
- 9) **TNn** - Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng
- 10) **TN10p** - Phần trăm số ngày có nhiệt độ tối thấp nhỏ hơn phân vị 10
- 11) **TX10p** - Phần trăm số ngày có nhiệt độ tối cao nhỏ hơn phân vị 10
- 12) **TN90p** - Phần trăm số ngày có nhiệt độ tối thấp lớn hơn phân vị 90
- 13) **TX90p** - Phần trăm số ngày có nhiệt độ tối cao lớn hơn phân vị 90
- 14) **WSDI** - Số đợt trong năm có ít nhất 6 ngày liên tiếp có nhiệt độ tối cao ngày lớn hơn phân vị 90
- 15) **CSDI** - Số đợt trong năm có ít nhất 6 ngày liên tiếp có nhiệt độ tối thấp ngày nhỏ hơn phân vị 10
- 16) **DTR** - Dao động nhiệt độ ngày
- 17) **Rx1day** - Lượng mưa ngày cao nhất tháng
- 18) **Rx5day** - Lượng mưa tích lũy 5 ngày liên tiếp cao nhất tháng
- 19) **SDII** - Chỉ số cường độ mưa
- 20) **R20mm** - Tổng số ngày trong năm có lượng mưa ngày lớn hơn 20mm
- 21) **R10mm** - Tổng số ngày trong năm có lượng mưa ngày lớn hơn 10mm
- 22) **Rnmm** - Tổng số ngày trong năm có lượng mưa ngày lớn hơn ngưỡng nn do người sử dụng đưa ra, cách tính tương tự như R10mm và R20mm
- 23) **CDD** - Số ngày liên tiếp cực đại có lượng mưa ngày nhỏ hơn 1mm
- 24) **CWD** - Số ngày liên tiếp cực đại có lượng mưa ngày lớn hơn 1mm
- 25) **R95p** - Tổng lượng mưa năm lớn hơn phân vị 95 (%)
- 26) **R99p** - Tổng lượng mưa năm lớn hơn phân vị 99 (%)
- 27) **PRCPTOT** - Tổng lượng mưa năm

Nhìn chung, 27 chỉ số nêu trên có thể ứng dụng cho cả vùng nhiệt đới và

ngoại nhiệt đới. Các chỉ số này ban đầu thường được sử dụng trong nghiên cứu khí hậu và biến đổi khí hậu dựa trên chuỗi số liệu quan trắc nhiều năm để tìm ra các khuynh hướng biến đổi theo thời gian của các chỉ số này. Tuy nhiên, khi các mô hình GCMs và RCMs được sử dụng, đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng tính toán các chỉ số này từ sản phẩm mô phỏng hoặc dự tính của GCMs và RCMs, đặc biệt là trong bài toán dự tính biến đổi khí hậu.

1.1.3. Định nghĩa cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan theo Việt Nam

Trong báo cáo lần thứ 4 (AR4) [62] của Tổ chức Liên Chính phủ về biến đổi khí hậu - IPCC (2007), hiện tượng khí hậu cực đoan (ECEs) được hiểu là những hiện tượng thỏa mãn điều kiện (hiếm – nghĩa là với xác suất xuất hiện nhỏ, trong nghiên cứu thông thường được chọn nhỏ hơn 10%; cường độ lớn và khắc nghiệt – tức là có khả năng gây ra những tổn thất nặng nề hoặc dữ dội mà tác động của chúng có thể ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến hoạt động sống của nhân loại).

Nhìn chung, ECEs phần lớn không được quan trắc trực tiếp mà người ta thường dựa vào số liệu quan trắc của các yếu tố khí hậu kết hợp với một số chỉ tiêu quy ước cụ thể nào đó được đưa ra tùy theo mục đích nghiên cứu. Cụ thể, nếu coi rét hại là một ECEs thì ở Việt Nam theo chỉ tiêu xác định rét hại (nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn 13°C) ngày mà thỏa mãn điều kiện này thì được coi là ngày có hiện tượng rét hại xuất hiện.

Như đã biết, khi nghiên cứu về hiện tượng cực đoan, có rất nhiều biến khí quyển có thể được xem xét, khảo sát. Tuy nhiên, để ứng dụng trong thực tế, tác động của các yếu tố về nhiệt, ẩm, mưa,... là rất quan trọng đối với điều kiện khí hậu của một khu vực bất kỳ. Nhiệt độ đặc trưng cho chế độ nhiệt của khí quyển và phụ thuộc vào địa hình hay vị trí địa lý mà điều kiện khí hậu mỗi nơi cũng có sự khác nhau. Để thể hiện đặc trưng cho tính cực đoan của nhiệt độ, cách tiếp cận thường được xem xét đến các đại lượng nhiệt độ cực trị. Có hai cực trị khí hậu cần khảo sát tính cực đoan của trường nhiệt khí quyển gồm nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) và nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn).

Bên cạnh đại lượng nhiệt độ, mưa cũng là một biến khí hậu quan trọng. Khi

ngiên cứu các đặc trưng về mưa, thông thường địa điểm xảy ra mưa, thời điểm xuất hiện, thời gian kéo dài, cường độ mưa, tổng lượng mưa.v.v.. thường được quan tâm đặc biệt. Tuy vậy, khi xem xét dưới khía cạnh cực đoan của hiện tượng mưa người ta lại thường quan tâm đến cường độ mưa và diện mưa, được đặc trưng bởi hiện tượng mưa lớn. Tùy theo mục đích khác nhau của bài toán mà việc xem xét, lựa chọn ngưỡng mưa lớn cho phù hợp. Hiện tại ở Việt Nam, chỉ tiêu xác định mưa vừa khi đạt đến cường độ 25mm/ngày và khi đạt đến cường độ 50mm/ngày thì được gọi là mưa lớn. Trong phạm vi của luận án, biên lượng mưa ngày cực đại tháng (Rx) sẽ được sử dụng.

Dựa trên cơ sở khoa học về khái niệm của các hiện tượng khí hậu cực đoan mà IPCC đã đề ra và tương ứng trong phạm vi khuôn khổ của luận án các hiện tượng khí hậu cực đoan được cân nhắc, xem xét, lựa chọn phải là những hiện tượng có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến các điều kiện tự nhiên, môi trường và kinh tế xã hội. Căn cứ vào quy mô, tần suất và phạm vi tác động, các hiện tượng sau đây có thể được xem xét là hiện tượng khí hậu cực đoan như: Bão và ATNĐ, mưa lớn, rét đậm, rét hại, và nắng nóng... Trên thực tế, không thể quan trắc trực tiếp các hiện tượng này (trừ bão và ATNĐ) mà việc xác định được thực hiện thông qua các yếu tố khí tượng được quan trắc tại điểm trạm và các tiêu chí khác. Nói chung, điểm khác biệt giữa các hiện tượng khí hậu cực đoan theo định nghĩa của Việt Nam là có tính đến yếu tố không gian.

Mưa lớn là hiện tượng mưa với tổng lượng mưa đạt trên 50mm trong 24 giờ, trong đó mưa với tổng lượng mưa từ 51 mm đến 100 mm trong 24 giờ là mưa to, mưa với tổng lượng mưa trên 100 mm trong 24 giờ là mưa rất to [29]. Mưa lớn có tác động sâu, rộng đến mọi hoạt động sản xuất của con người. Mưa lớn kéo dài là một trong những nguyên nhân gây ra lũ lụt, úng ngập, trượt lở đất, đá, gây tình trạng tắc nghẽn giao thông, thậm chí hủy hoại cơ sở hạ tầng và đe dọa đến cả tính mạng con người. Trong công tác dự báo KTTV, mưa lớn, đặc biệt ở những vùng nhiệt đới là một hiện tượng thời tiết nguy hiểm, dẫn đến lũ quét, lũ ống, sạt lở đất.v.v..tại các khu vực có địa hình dốc, sông ngòi, hẹp và gây ra những thảm họa

khôn lường. Tại Việt Nam, ngưỡng mưa ngày lớn hơn 50mm thường được sử dụng để xác định mưa lớn và các hiện tượng như mưa lớn cục bộ và diện rộng có thể được coi như là các hiện tượng khí hậu cực đoan.

Rét đậm/rét hại dạng thời tiết đặc biệt xảy ra trong mùa đông ở miền Bắc khi nhiệt độ không khí trung bình ngày xuống dưới 15°C/13°C [29]. Sự xuất hiện rét đậm, rét hại có ảnh hưởng xấu đến sản xuất nông nghiệp và sức khỏe cộng đồng, đặc biệt đối với trẻ em và người cao tuổi. Theo chỉ tiêu hiện đang được áp dụng ở Việt Nam, hiện tượng rét đậm, rét hại được xác định dựa trên nhiệt độ trung bình ngày (T_{tb}): 1) Nếu $T_{tb} \leq 15^\circ\text{C}$: Có rét đậm xuất hiện và 2) Nếu $T_{tb} \leq 13^\circ\text{C}$: Có rét hại xuất hiện. Hiện tượng rét đậm, rét hại có thể kéo dài nhiều ngày, thành đợt, và có thể xuất hiện trên diện rộng hoặc cục bộ.

Nắng nóng là dạng thời tiết đặc biệt trong mùa hè, khi nhiệt độ không khí cao nhất trong ngày vượt quá 35°C và độ ẩm không khí xuống dưới 65% [29]. Theo chỉ tiêu hiện đang áp dụng trong nghiệp vụ tại Việt Nam, một đợt nắng nóng xuất hiện trên khu vực nào đó khi trong khu vực đó có một nửa số trạm trở lên thỏa mãn điều kiện có $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ và $RH \leq 65\%$, và thỏa mãn điều kiện xuất hiện từ hai ngày trở lên. Khi xảy ra một chuỗi ngày nắng nóng mà trong đó có xen kẽ một ngày chưa đạt tiêu chuẩn nắng nóng như chỉ tiêu xác định nêu trên, nhưng trong ngày đó thỏa mãn có ít nhất một nửa số trạm có T_x xấp xỉ 35°C và $RH \leq 65\%$ thì vẫn được xem là một đợt nắng nóng liên tục.

1.2. Tình hình nghiên cứu về các hiện tượng khí hậu cực đoan ngoài nước

1.2.1. Nghiên cứu các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan dựa trên số liệu quan trắc

Trên thực tế, việc phát hiện ra ECEs thông thường được dựa vào chuỗi số liệu quan trắc lịch sử theo không gian và thời gian. Để khảo sát tính chất, mức độ và xu thế biến đổi của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan, các phương pháp thống kê thường được áp dụng cho chuỗi số liệu này. Kết quả tính toán, phân tích sẽ chỉ ra được đặc trưng thống kê của các yếu tố khí hậu, qua đó sẽ tách biệt hay phân loại được các thời điểm, khu vực có điều kiện thời tiết, khí hậu đặc biệt

hay đó chính là ECEs. Việc xác định được ECEs cho phép xem xét các quy luật khí hậu, và các đặc trưng của chúng. Dựa vào số liệu quan trắc, các tập ngưỡng giá trị, mẫu đặc trưng sẽ được xác định để phân loại và phát hiện ECEs. Dưới đây là một số tổng quan về các nghiên cứu, phân loại hay phân biệt ra ECEs dựa trên số liệu quan trắc.

Mearns và CS (2001) [86] đã tính toán sự phân bố các yếu tố khí hậu, chẳng hạn như 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 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. Đồng quan điểm với nhận định trên, tác giả Katz và Brown (1992) [114] cũng đã đưa ra nhận xét: một sự thay đổi giá trị của hàm phân bố sẽ làm ảnh hưởng đến tần suất các hiện tượng cực đoan hơn là biến đổi trung bình.

Trong các nghiên cứu của Groisman và Eaterling (2000) [49] cho thấy ngoài việc thể hiện bằng sự phân bố trên còn thể hiện tốt hơn bằng sự phân bố gamma. Davison và Smith (1990) [45] sử dụng phương pháp phân bố Gumbel và dựa vào việc xem xét giá trị vượt quá các ngưỡng cao để phân tích giá trị cực đoan. Ngoài ra, các tác giả này cũng phân tích mối tương quan tổng quát trong khí tượng, khí hậu và thủy văn để dự báo các hiện tượng thời tiết/khí hậu cực đoan, các sự kiện hiếm. Dupuis và CS (1998) [47] vẫn đang tiếp tục phát triển theo hướng nghiên cứu này.

Tác giả Serreze MC (1995) [100] đã chỉ ra rằng: Tần suất của các xoáy thuận dị thường có liên quan chặt chẽ với sự thay đổi trạng thái trung bình mùa ở phía trên tầng đối lưu, gió và khí áp ở dưới tầng đối lưu; việc kết hợp giữa sự biến đổi trạng thái trung bình với tần số xoáy thuận dị thường, có khả năng đưa ra đặc trưng chi tiết hơn giữa các thành phần của xoáy.

Parker và CS (1999) [67] so sánh sự thay đổi nhiệt độ trung bình mùa từ năm 1954 đến 1973 trong khoảng thời kỳ từ năm 1974 đến 1993 đã tìm ra một sự gia

tăng nhỏ toàn diện và đặc biệt sự gia tăng lớn ở trung tâm Bắc Mỹ. Parker và CS (1999) [67] cũng phân tích dữ liệu toàn cầu và chỉ ra không có sự biến đổi, nhưng từ năm 1951 sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu có thể quy cho là sự tăng (giảm) trong các khu vực ở mực cao hơn hoặc thấp hơn nhiệt độ thường. Họ cũng đã phân tích tổng thể sự biến đổi trên/dưới phân vị 10. Các tác giả này đã tìm ra một sự biến đổi nhỏ toàn diện, ngoại trừ sự giảm đi số ngày trên/dưới mức bình thường trong suốt những năm 1960 và 1970. Michaels và CS (1998) [90] đã tìm ra sự giảm đi tổng thể trong dao động mùa suốt từ 50 - 100 năm qua. SAR, Karl và CS (1995b) [68] đã tìm ra sự biến động từng ngày trong suốt thế kỷ 20 ở Bắc Bán Cầu. Gần đây Collins và CS (2000) [43] cũng đã chứng minh các xu hướng tương tự ở Úc. Bằng sự phân tích chỉ số nhiệt độ ngày trong chuỗi dài tương ứng cho 4 trạm ở Bắc Âu, Moberg và CS (2000) [91] cũng đã tìm ra sự giảm dần trong tất cả các mùa với xu hướng biến thiên ngày vào khoảng 7% giữa năm 1880 và 1998.

Có một số khu vực mới nghiên cứu liên quan đến sự biến đổi các cực trị nhiệt trong thế kỷ 20. Gruza và CS (2001) [94] đã chỉ ra sự gia tăng đáng kể trong các ngày có nhiệt độ cực đoan ở dọc nước Nga sử dụng bộ số liệu từ năm 1961 - 1990. Frich và CS (2002) [51] phân tích số liệu nửa cuối thế kỷ 20 dọc Bắc Bán cầu ở các vĩ độ vừa và cao và tìm ra sự gia tăng đáng kể (5 đến >15%) về độ dài mùa sinh trưởng ở nhiều vùng. Heino và CS (1999) 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 CS (2000) [49,50] chỉ 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 CS (2001) [36] 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 CS (1999) [95]; Collins và CS (2000) [43] chỉ 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 CS (2002) [51] chỉ ra sự giảm số ngày có tuyết dọc

khấp quy mô toàn cầu. Frich và CS (2002) 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 CS 2003) [121] từ năm 1950. Wang và Gaffen (2001) [116] 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 (Steadman, 1984) [103]. Số lượng các ngày lạnh cực đoan đã được chỉ ra cũng giảm đi ở Trung Quốc (Zhai và CS 2003) [121]. Manton và CS (2001) [84] chỉ ra sự gia tăng các ngày nóng và đêm lạnh, sự giảm các ngày mát và đêm lạnh từ năm 1996 ở phía Nam châu Á và khu vực Nam Thái Bình Dương. Jones và CS (1999c) cũng đã phân tích độ dài 230 ngày trong năm ở trung tâm nước Anh và 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.

Sử dụng chuỗi số liệu của 45 trạm quan trắc từ năm 1961 đến năm 2000, Dubrovsky và CS (2009) [46] đã xây dựng được mối tương quan giữa chỉ số chuẩn hóa giáng thủy (SPI - Standardized Precipitation Index) và chỉ số hạn theo Palmer (PDSI - Palmer Drought Severity Index) để dự tính sự biến đổi của khí hậu tại Cộng hòa Séc (thời kỳ từ năm 2060 đến năm 2099). Qua đó, các tác giả đã cho thấy hệ số tương quan lớn nhất giữa SPI và PDSI khi dự tính với thời hạn từ 9 - 12 tháng là 0.73.

Nghiên cứu sự biến đổi nhiệt độ cực trị ngày vào các tháng mùa đông và mùa hè tại Belgrade - Serbia, Unkas và CS (2008) [112] cho thấy Belgrade chịu ảnh hưởng khí hậu lục địa, nhiệt độ ngày cực tiểu thường xảy ra vào tháng 1 và tháng 2, trong khi nhiệt độ ngày cực đại thường xảy ra vào tháng 7 và tháng 8. Các tác giả đã chỉ ra xu hướng gia tăng nhiệt độ cực trị trong các tháng mùa đông và mùa hè, đặc biệt sự gia tăng biên độ nhiệt độ tối thấp tuyệt đối trong các tháng mùa đông cao hơn nhiệt độ tối cao tuyệt đối trong các tháng mùa hè.

Sử dụng các chỉ số nhiệt độ cực trị trong các năm 1960-2000 từ 66 trạm quan trắc, Zhang và CS (2008) [96] phân tích xu hướng tần suất và cường độ của hiện tượng nắng nóng và rét đậm trên phạm vi sông Hoàng Hà. Kết quả cho thấy, xu

hướng tăng về tần suất và cường độ của nhiệt độ tối cao xảy ra tại khu vực phía Tây và phía Bắc của sông Hoàng Hà, còn khu vực trung và hạ lưu ít thay đổi hơn.

Easterling D.R. và CS (2000) [69] thực hiện việc khảo sát các chỉ số khí hậu cực đoan bằng cách sử dụng các chuỗi số liệu quan trắc để phân tích và phát hiện ra những tính chất cực đoan của nhiệt độ và lượng mưa ở các vùng khác nhau thuộc lãnh thổ Hoa Kỳ.

Manton và CS (2001) [84] phân tích, đánh giá 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. Trong một phân tích 22 trạm ở phía Đông Bắc nước Mỹ từ năm 1948-1993, DeGaetano (1996) đã tìm thấy có xu hướng đáng kể xuất hiện ít hơn các ngày lạnh cực trị nhưng cũng xuất hiện ít hơn các ngày nóng cực đại.

Phân tích sự biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ cực trị ở Canada trong thời kỳ 1950-1998, Bonsal và CS (2001) [36] đã chỉ ra có sự khác biệt lớn giữa các khu vực và theo mùa. Toreti A và Desiato F. (2008) [111] phân tích số liệu nhiệt độ trung bình, cực trị trung bình trong ngày và sử dụng số liệu từ 49 trạm quan trắc ở Italia trong giai đoạn 1961-2004. Các tác giả đã chỉ ra, xu thế âm xảy ra trong thời kỳ từ 1961-1981 và ngược lại, xu thế dương xảy ra rõ rệt trong thời kỳ 1981-2004 và trong toàn bộ thời kỳ, biên độ nhiệt độ trung bình ngày tăng lên.

Như vậy, bằng việc phân tích thống kê số liệu quan trắc khí tượng, khí hậu, các ngưỡng hay mẫu đặc trưng cho ECEs sẽ được xác định. Việc xác định được các tập giá trị ngưỡng, mẫu đặc trưng này chính là tiền đề để phát triển các nghiên cứu ECEs dựa trên các giá trị mô phỏng và dự báo từ các mô hình khí hậu.

1.2.2. Nghiên cứu các cực trị và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng mô hình khí hậu

Bên cạnh việc nghiên cứu các ECEs thông qua chuỗi số liệu quan trắc, hiện nay việc sử dụng các mô hình khí hậu toàn cầu và mô hình khí hậu khu vực để nghiên cứu về các ECEs được chú trọng phát triển, qua đó đánh giá khả năng nắm bắt của các mô hình về hiện tượng khí hậu cực đoan. Việc đánh giá được khả năng nắm bắt ECEs của các mô hình khí hậu toàn cầu hay mô hình khí hậu khu vực sẽ cho phép ứng dụng các kết quả mô phỏng và dự báo đối với các hiện tượng cực

đoan từ các lớp mô hình này. Khi ứng dụng nghiên cứu ECEs trên các mô hình khí hậu toàn cầu hay khu vực, chúng ta phải lưu ý đến từng quy mô hiện tượng cực đoan mà từng loại mô hình có thể nắm bắt được, qua đó việc ứng dụng sẽ hạn chế tối thiểu mức độ sai lệch. Chẳng hạn như việc nghiên cứu số lượng áp thấp nhiệt đới sẽ rất hạn chế nếu chỉ sử dụng mô hình khí hậu có quy mô toàn cầu, bởi lẽ ở độ phân giải của các mô hình khí hậu toàn cầu thường từ 1° - 2° địa lý sẽ rất dễ bỏ sót các xoáy, vùng thấp có quy mô không gian nhỏ hơn. Dưới đây là một số nghiên cứu về ECEs sử dụng các mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực.

Các tác giả như: Bates, Giorgi và CS (1993) [52,53,60]; Walsh và McGregor (1995) [115]; Leung và CS (1999a, 1999b) [80,82] nghiên cứu về biến đổi khí hậu khu vực trong tương lai (Bell và CS 2004 [34]; Liang và CS 2004) [83]. Ngoài ra, Messenger và CS (2004) [89] đã từng công bố trên các bài báo nghiên cứu về mối quan hệ giữa nhiệt độ mặt nước biển (Sea surface temperature - SST) với khí hậu khu vực và sử dụng như là chỉ số dao động mùa.

Kiktev và CS (2003) [74] sử dụng mô hình HadAM3 (Hadley Centre Atmospheric Model version 3) 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 CS (2002) để đánh giá kết quả mô phỏng ECEs. Các tác giả chỉ ra việc sử dụng điều kiện biên bức xạ 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 ẩm trên toàn bộ vùng Âu - Á không được mô phỏng tốt do không sử dụng điều kiện biên bức xạ.

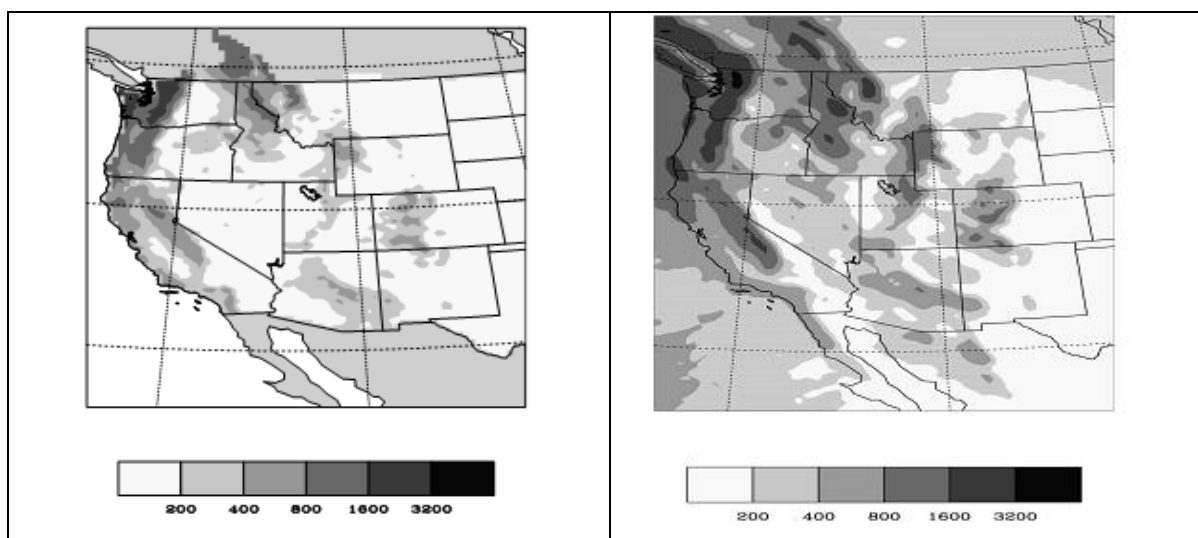
Huth và CS (2004), [61] sử dụng mô hình khí hậu khu vực để ước tính sự thay đổi trong tương lai và sự biến đổi các chỉ số nhiệt độ như TX_x, TX_n, TN_x, TN_n, tần suất của các thời kỳ nóng và lạnh cũng như phân vị cơ bản của các chỉ số nhiệt độ cực trị. Dữ liệu ngày đầu ra từ mô hình được sử dụng để phân tích nhiệt độ cực trị. Kết quả cho thấy xu hướng của các chỉ số nhiệt độ là như nhau.

Kharin và CS (2005) [73] đã sử dụng 15 mô hình GCM để đánh giá kỹ năng

mô phỏng trường nhiệt độ và trường mưa từ ECEs. Kết quả đưa ra các GCM mô phỏng tốt cho các cực trị về nhiệt, đối với cực trị về mưa, kết quả mô phỏng chưa tốt, nhất là vùng nhiệt đới.

Với cách tiếp cận sử dụng hệ các mô hình GCM để mô phỏng ECEs, Vavrus và CS (2006) [113] 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.

Leung và CS (1999a,b) [80,81] đã sử dụng RCM và WRF để đưa ra các so sánh đặc trưng khí hậu với quan trắc ở quy mô khu vực. Sử dụng mô hình WRF với lưới lồng đến 40km để mô phỏng khí hậu trong 20 năm với bộ số liệu tái phân tích của NCEP - NCAR (Leung và CS 2003) [65] để chỉ ra khả năng nắm bắt của mô hình trong việc mô phỏng khí hậu ở phía Tây nước Mỹ. Giáng thủy trung bình từ tháng 12, tháng 01 và tháng 02 trong 20 năm được mô phỏng khá tốt ở phía Bắc Rockies nhưng đặc biệt là khả năng nắm bắt khá tốt của mô hình ở các lưu vực và phía tây giữa các dãy núi (xem hình 1.2).

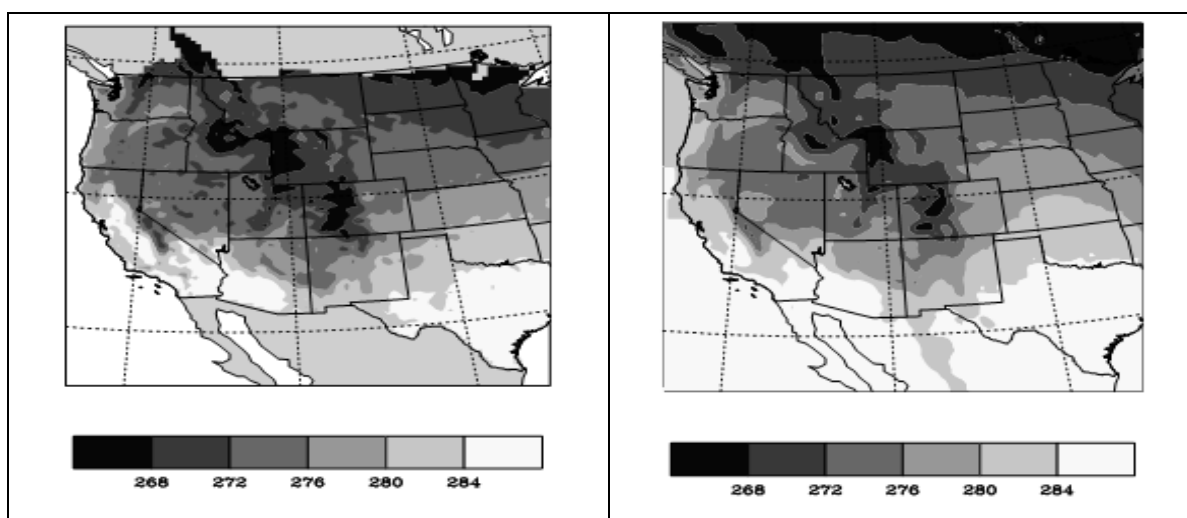


Hình 1.2. So sánh lượng mưa tích lũy giữa quan trắc (trái) và mô phỏng (phải). (Trích từ James M. Done và cs: Regional climate simulation using the WRF model)

Giá trị quan trắc mưa cho thấy ảnh hưởng của gió trong khu vực Sierra được mô

phông tốt, tuy nhiên độ cao địa hình trong mô hình đòi hỏi khả năng nắm bắt rất tinh ở khoảng cách bước lưới 40km. Thực tế mô hình nắm bắt khá tốt chi tiết về sự phân bố của nhiệt độ bề mặt ở quy mô vừa và quy mô lớn khi so sánh với các giá trị quan trắc.

Mặc dù vậy, mô hình cũng đã chỉ ra một sai số về nhiệt độ, điển hình với 3°C (xem hình 1.3). Kết quả mô phỏng lượng giáng thủy tích lũy trong mùa lạnh khá tốt với quan trắc cả về phân bố không gian và trường nhiệt độ trung bình bề mặt so sánh với quan trắc cũng được nắm bắt khá tốt về cả phân bố và biên độ.



Hình 1.3. So sánh trường nhiệt độ, quan trắc (trái) và mô phỏng (phải). (Trích từ James M.

Done và cs: Regional climate simulation using the WRF model)

Với mục đích nghiên cứu mức độ biến đổi lượng mưa cho khu vực châu Âu trong giai đoạn từ năm 1960 đến năm 1990, Tapiador và Enrique (2008) [104] sử dụng phương pháp tổ hợp các kết quả mô phỏng của 7 mô hình RCMs. Kết quả cho thấy tổ hợp đa mô hình RCMs đã mô phỏng tương đối tốt khí hậu hiện tại ở châu Âu. Phân tích và đánh giá cường độ mưa ngày được mô phỏng từ 18 mô hình AOGCM, Sun và CS (2006) đã đưa ra nhận định hầu hết các mô hình cho lượng mưa mô phỏng ít hơn so với quan trắc, sai số hệ thống là không rõ ràng dẫn đến lượng mưa trung bình theo mùa không đáng tin cậy. Tóm lại, kết quả mô phỏng về mưa còn sai lệch và không nhất quán.

Sử dụng kết quả mô phỏng lượng mưa ngày cho khu vực Nhật Bản dựa trên một mô hình AOGCM được thử nghiệm với độ phân giải thô và cao, Kimoto và CS

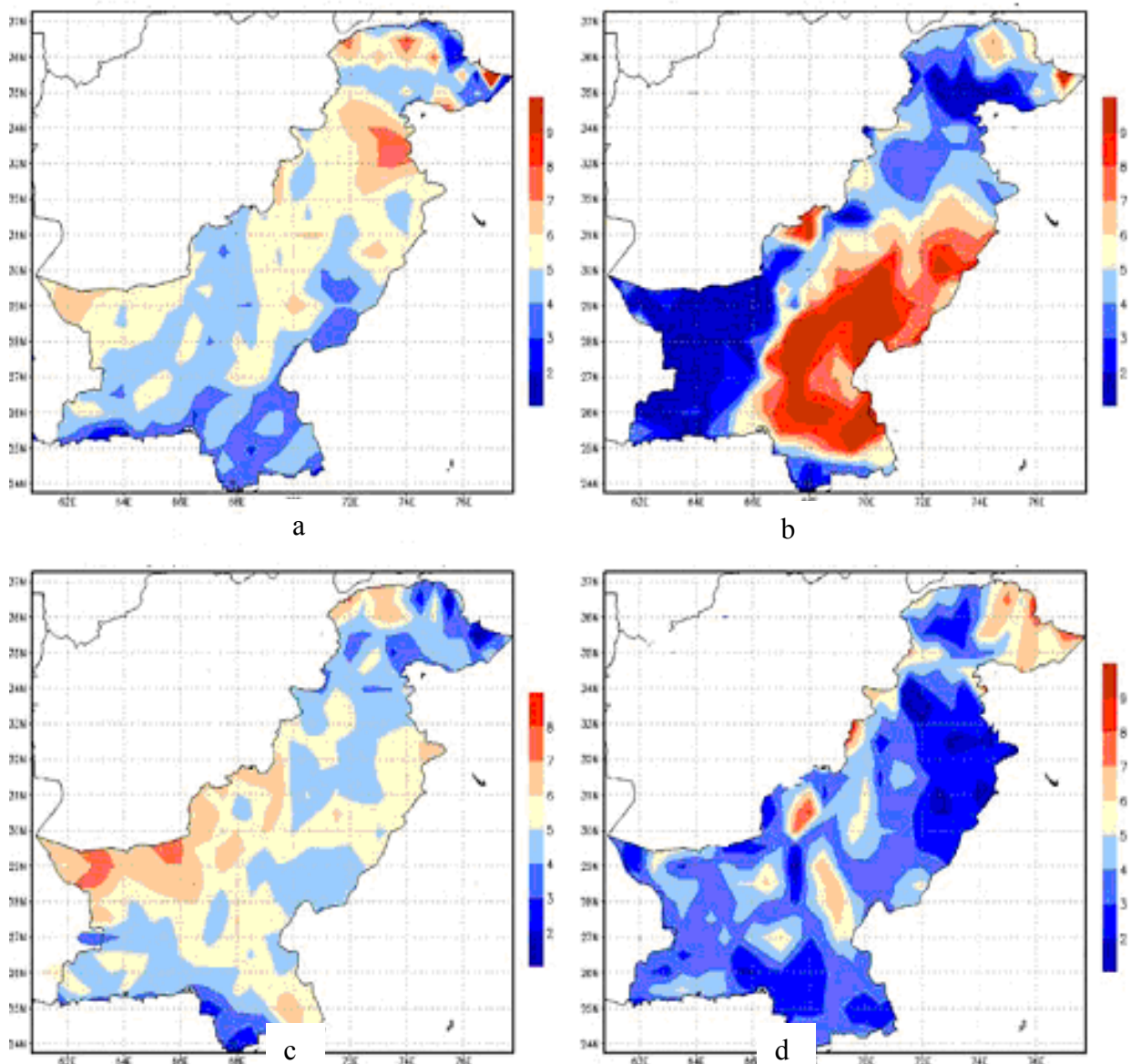
(2005) [75] đã chỉ ra phân bố mưa trong trường hợp sử dụng phân giải cao đáng tin cậy hơn độ phân giải thô. Kiktev và CS (2003) [74] đã chỉ ra cực trị mưa được mô phỏng từ các GCM rất nhạy với các sơ đồ tham số hóa đối lưu. Các tác giả đã sử dụng mô hình HadAM3 GCM để mô phỏng cực trị mưa, kết quả chỉ ra kỹ năng mô phỏng sự thay đổi các cực trị mưa là rất kém.

Để nghiên cứu sự biến đổi các cực trị mưa ngày, May (2004) đã sử dụng kết quả mô phỏng từ mô hình ECHAM4 GCM và đã đưa ra nhận định mô hình mô phỏng khá tốt cho hầu hết các khu vực thuộc Ấn Độ nhưng lại thiên cao cho khu vực trung tâm của Ấn Độ. Cũng tiếp cận theo hướng nghiên cứu này, tác giả Iorio và CS (2004) [63] sử dụng mô hình CCM3 để nghiên cứu tác động của độ phân giải mô hình tới kết quả mô phỏng lượng mưa tại Mỹ và đưa ra các mô phỏng với độ phân giải cao sẽ tạo ra các phân bố mưa ngày tin cậy hơn độ phân giải thô.

Mặc dù vậy, trong quá trình khai thác, sử dụng các mô hình với độ phân giải khác nhau, các kết quả đưa ra còn phụ thuộc vào sự cải tiến hoặc kết hợp giữa các tùy chọn vật lý cũng như sơ đồ tham số hóa khác nhau. Cụ thể trong trường hợp tác giả Yanjun Jiao (2006) [64] đã sử dụng mô hình CRCM, trong đó có sự kết hợp việc cải tiến các sơ đồ tham số hóa đối lưu và mây để mô phỏng hoàn lưu, nhiệt độ và giáng thủy trên khu vực Bắc Mỹ thời kỳ 1987 - 1991. Tác giả đưa ra CRCM đã tái tạo tốt hoàn lưu quy mô lớn, kết quả mô phỏng khá gần với thực tế biến động mùa của nhiệt độ và giáng thủy mùa đông trên khu vực Bắc Mỹ. Tuy nhiên, mô hình cũng cho kết quả mô phỏng vượt quá quan trắc một cách có hệ thống lượng giáng thủy mùa hè. Sử dụng chỉ số PDSI, Dai và CS (2004) [44] chỉ ra rằng, chỉ số PDSI lớn hơn 3 và nhỏ hơn -3 tương ứng sẽ là các vùng khô và ẩm đã tăng từ 20% đến 38% từ năm 1972. Sử dụng mô hình HadAM3 với chỉ tiêu đưa ra số ngày ẩm ướt là số ngày trong năm có lượng mưa ngày lớn hơn 10mm, Kiktev và CS (2003) [74] chỉ ra mô hình không có kỹ năng mô phỏng số ngày ẩm ướt. Burke và CS (2006) [39] cũng sử dụng mô hình HadCM3 và chỉ ra mô hình mô phỏng tốt các phân bố trên quy mô khu vực của các vùng khô.

Zhang và CS 2004 [122] sử dụng mô hình PRECIS để mô phỏng khí hậu

trong thời kỳ cơ bản, và sau đó phân tích biến đổi về các cực trị trong tương lai với độ phân giải là $0,44^0$ (tương ứng với 50km), miền bao phủ phía Nam châu Á từ 5 - 50 và phía Bắc từ 55 - 100. Các chỉ số quan trắc được tính toán dựa vào dữ liệu ngày suốt thời kỳ 1961 - 1990 trong 17 trạm ở Pakistan. Sự biến đổi tương lai nhiệt độ cực trị hạn dài được đánh giá bởi sự biến đổi phân vị của các chỉ số nhiệt độ TN10p, TX10p, TX90p và TN90p.

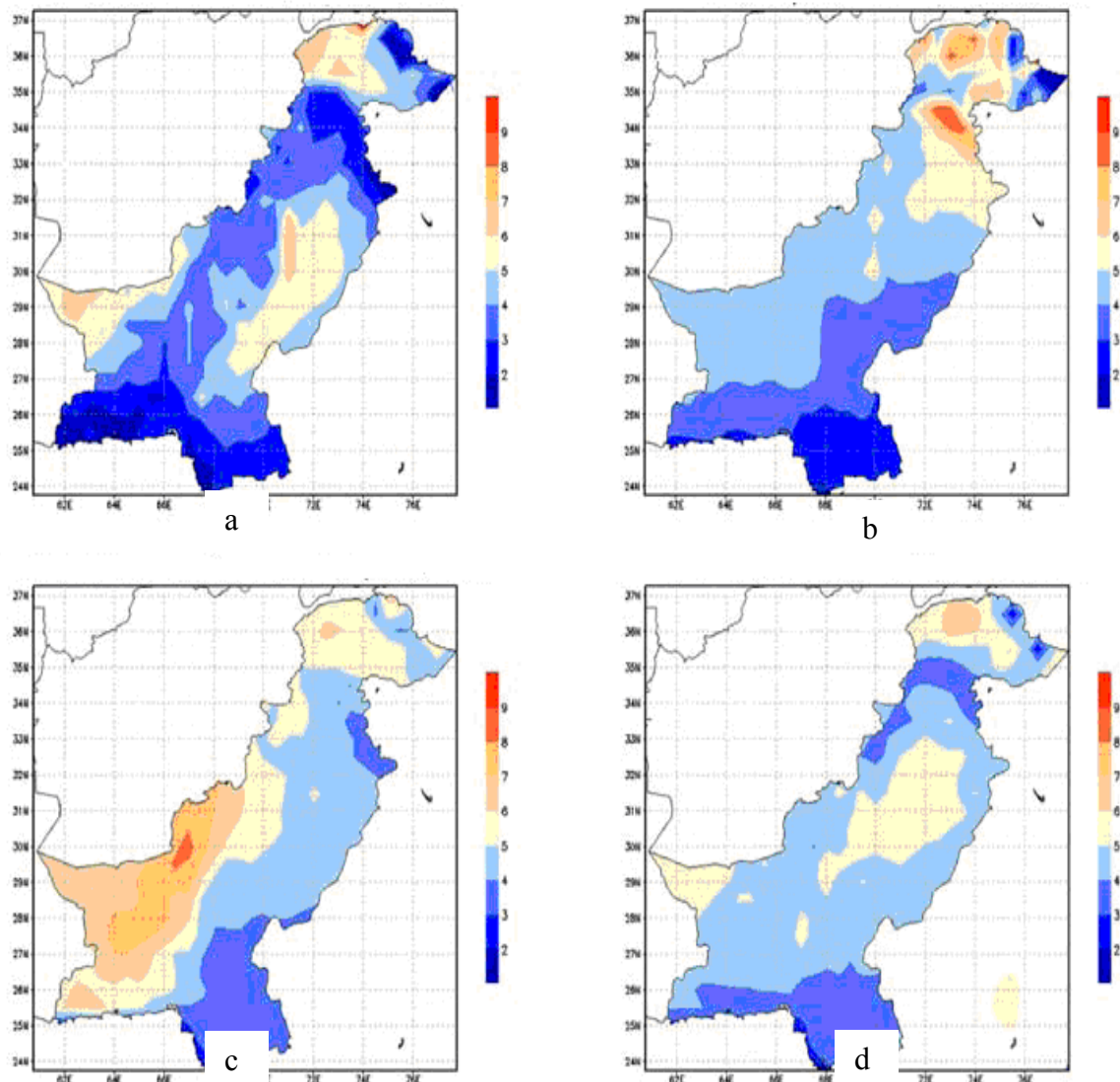


Hình 1.4. Sự biến đổi các chỉ số nhiệt độ a) TXx, b) TXn, c) TNx và d) TNn. (Trích dẫn từ Zhang và Yang, 2004)

Hình 1.4 chỉ ra biến đổi tương lai của các chỉ số khí hậu tại mỗi điểm lưới

của mô hình: TXx, TXn, TNx và TNn trên lãnh thổ Pakistan. Sự ấm lên của nhiệt độ trung bình trong tương lai nhận được từ các chỉ số nhiệt độ cực trị. Giá trị (TXx) tăng lên đến 8°C trên hầu hết lãnh thổ Pakistan trong khi TNn tăng lên 5°C .

Khi tính toán nhiệt độ cực trị trong mùa hè và mùa đông, các phân vị cơ bản (phân vị 90th và phân vị 10th) biến đổi nhiệt độ ngày tương ứng với cả hai mùa trong thời kỳ 30 năm được phân tích trong hình 1.5.a và 1.5.b dưới đây.

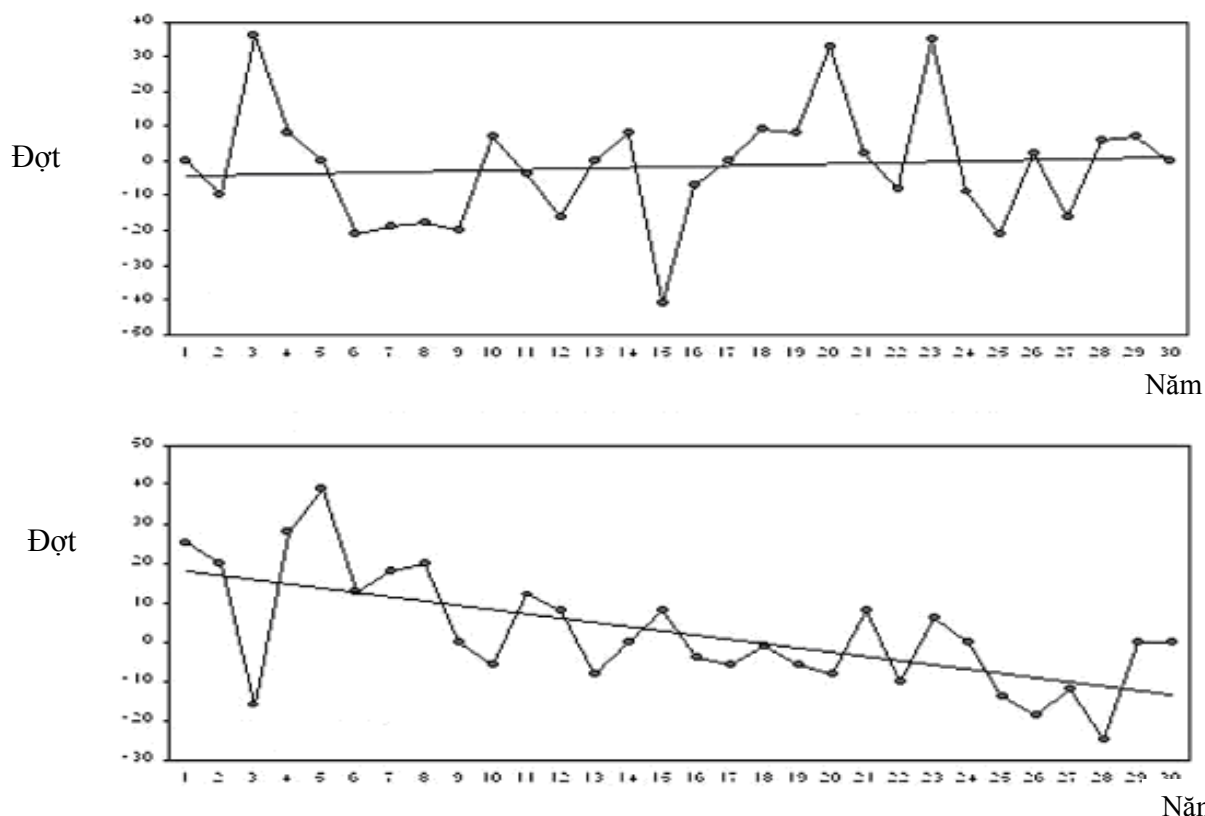


Hình 1.5. (a) Sự biến đổi trong mùa hè cao hơn và thấp hơn các phân vị nhiệt độ ($T_{\max} 10^{\text{th}}$, $T_{\max} 90^{\text{th}}$, $T_{\min} 10^{\text{th}}$ và $T_{\min} 90^{\text{th}}$); (b) sự biến đổi trong mùa đông cao hơn và thấp hơn các phân vị nhiệt độ ($T_{\max} 10^{\text{th}}$, $T_{\max} 90^{\text{th}}$, $T_{\min} 10^{\text{th}}$ và $T_{\min} 90^{\text{th}}$). (Trích dẫn từ Zhang và Yang, 2004)

Kết quả tính này chứng minh quy mô thời gian phù hợp với những thay đổi

được miêu tả về độ nhạy cực đoan (Zhang và CS 2004) [122]. Từ hình vẽ cho thấy sự biến đổi phân vị 90th của nhiệt độ cực đại trong mùa đông lớn hơn mùa hè, trong khi một số trường hợp phân vị 10th 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 10th) 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 Pakistan.

Các xu hướng biến đổi liên quan với thời kỳ chuẩn được tính toán cho tương lai trong các thời kỳ nóng và thời kỳ lạnh (WSDI, CSDI) được chỉ ra trong hình 1.6. Kết quả trong các xu hướng này là dự tính thời kỳ nóng và thời kỳ lạnh dường như tăng nhẹ trong khi một số trường hợp thời kỳ lạnh có xu hướng giảm rất nhanh. Điều đó có nghĩa là xu hướng biến đổi tương lai của nhiệt độ trong mùa đông cao hơn mùa hè và sự giảm các thời kỳ lạnh xảy ra trong tương lai.



Hình 1.6. Xu hướng biến đổi thời kỳ nóng và thời kỳ lạnh (WSDI và CSDI). (Trích dẫn từ Tebaldi và cs, 2006)

Các chỉ số phân vị chuẩn chỉ ra cho thấy có sự tăng nhẹ số ngày nóng và lạnh.

Trường hợp nóng và lạnh vào ban đêm, có sự giảm đi số đêm lạnh nhiều hơn số đêm ấm so với trong năm 2080. Sự biến đổi hầu hết tương tự với các chỉ số nhiệt độ ngày và đêm trong mùa đông và mùa hè. Đây là bằng chứng mô phỏng tương lai do sự gia tăng CO₂. Các xu hướng được mô phỏng ở đây theo xu hướng toàn cầu được đưa ra bởi Tebaldi và CS (2006).

Có thể nói phát triển mạnh mẽ nhất theo hướng mô hình hóa là việc ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực để mô phỏng các quá trình khí hậu có quy mô nhỏ (khu vực và địa phương), đặc biệt tập trung đến việc nghiên cứu khả năng của mô hình khí hậu khu vực trong việc nắm bắt các hiện tượng cực đoan. Đặc biệt, sau khi mô hình RegCM (Regional Climate Model) ra đời và luôn được cải tiến phát triển phục vụ nghiên cứu khí hậu. Với mục đích giúp các nước phát triển tiếp cận hướng mô hình hóa trong nghiên cứu khí hậu, mô hình RegCM đã được cung cấp miễn phí trên mạng Internet, vì vậy nhiều nhà khoa học đã quan tâm nghiên cứu, thử nghiệm ứng dụng và đã đạt nhiều kết quả rất đáng khích lệ.

Sử dụng mô hình RegCM3 với hai lưới ngang độ phân giải 50km và 25km với các sơ đồ tham số hóa Arakawa-Schubert, Fritsch-Chappell và sơ đồ Anthes-Kuo, Castro và CS (2006) [41] đã nghiên cứu và đánh giá sự biến đổi của lượng mưa, nhiệt độ và trường gió trong khu vực Caribbean vào các tháng mùa hè (tháng 7 tháng 8 và tháng 9) dưới tác động của địa hình. Các tác giả đã đưa ra, trên cả hai miền tính, với sơ đồ tham số hóa Arakawa-Schubert, Fritsch-Chappell và sơ đồ Anthes-Kuo, mô hình RegCM3 đều mô phỏng khá tốt trường nhiệt độ.

Boroneant và CS năm 2006 [38] sử dụng mô RegCM với độ phân giải ngang 50×50km, phạm vi từ 39W - 70E, từ 16N - 65N bao phủ Châu Âu và Đông Bắc Đại Tây Dương, với nguồn số liệu từ mô hình trong 30 năm (1991-1990) và được so sánh với số liệu lượng mưa quan trắc từ năm 1996-1999, dựa trên hai kịch bản biến đổi khí hậu A2 và B2 của IPCC, các tác giả đã dự báo lượng mưa cực đoan trên khu vực ven biển Alps - của Pháp. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, với kịch bản B2 thì lượng mưa tháng gia tăng từ tháng 8 đến tháng giêng, ngoại trừ tháng 9 trong khi

không có sự thay đổi đáng kể đối với kịch bản A2 và mùa khô đến chậm hơn (từ tháng 4 đến tháng 5).

Halenka và CS (2006) [57] đã sử dụng chuỗi số liệu phân tích từ mô hình khí hậu RegCM về nhiệt độ và lượng mưa trong 40 năm (1961-2000) với các trường ban đầu được lấy từ NCEP, độ phân giải của lưới là 45km, số liệu đầu ra từ mô hình được so sánh với số liệu quan trắc. Các tác giả chỉ ra, mô hình RegCM có khả năng dự báo khá tốt với sự biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa ngày trong thời kỳ dự báo mùa, đặc biệt là lượng mưa trung bình. Tuy nhiên, kết quả chưa được tốt ở những vùng núi cao, và nhiệt độ tối cao vào mùa hè.

1.2.3. Nghiên cứu các cực trị và hiện tượng khí hậu cực đoan có sử dụng phương pháp hiệu chỉnh

Themeßl và CS (2011) đã sử dụng chuỗi số liệu tái phân tích ERA-40 từ mô hình khí hậu khu vực MM5, miền tính bao phủ toàn nước Úc, độ phân giải mô hình từ 10km đến quy mô trạm để tính toán trung vị và một số cực trị khí hậu [107]. Các tác giả sử dụng chỉ số Bias để đánh giá mưa với khoảng thời gian tính toán 11 năm (1981-1990, 1999). Kết luận cho thấy các bản đồ phân vị chỉ ra khá tốt, đặc biệt là các phân vị trên. Durman và CS (2001) [48] đánh giá kỹ năng mô phỏng lượng mưa ngày cho khu vực châu Âu dựa trên mô hình HadCM2 GCM và chỉ ra các mô hình GCM có khả năng mô phỏng tốt các hiện tượng mưa ngày cho ngưỡng nhỏ hơn 15mm và ở các ngưỡng lớn hơn, kết quả mô phỏng chưa thực sự được tốt.

Berg và CS (2012) sử dụng mô hình khí hậu khu vực COSMO-CLM với độ phân giải từ 7km đến quy mô các điểm quan trắc (1km), miền tính bao phủ nước Đức và các khu vực xung quanh [35]. Dữ liệu trong 30 năm (1971-2000) được sử dụng để đánh giá việc hiệu chỉnh các biến mưa và nhiệt độ. Kết quả cho thấy phương pháp hiệu chỉnh không những cao hơn trung bình mà còn cao hơn hiện tại và với khoảng thời gian dùng để hiệu chỉnh trong 30 năm đòi hỏi xấp xỉ bằng một hàm phân bố phù hợp vì vậy khi áp dụng số liệu mới cần thiết phải sử dụng hàm chuyên.

Teutschbein và Selibert (2012, 2013) [105,106] đã kết hợp 11 mô hình khu vực với các mô hình toàn cầu khác nhau và mô phỏng dòng chảy bởi các mô hình

thủy văn để tính toán trung bình, độ lệch chuẩn và các phân vị 10, phân vị 90 đối với nhiệt độ ngày trong suốt mùa hè và mùa đông; phân vị 90, xác suất những ngày ẩm và cường độ trung bình những ngày ẩm trong suốt mùa hè và mùa đông đối với mưa. Độ phân giải mô hình từ 25km đến quy mô lưu vực. Các tác giả sử dụng số liệu trong 40 năm (1961-1990) để hiệu chỉnh và tính toán những ngày đầu phân chia các năm ẩm/lạnh và các năm khô/ướt. Phương pháp đánh giá được các tác giả sử dụng gồm MAE với nhiệt độ và CDFs với mưa. Kết quả cho thấy bản đồ phân bố tốt nhất cho cả dự tính khí hậu và khả năng tác động đến các chu trình thủy văn, đặc biệt trong việc mô phỏng cực trị thủy văn. Các bản đồ phân bố cũng chỉ ra khá tốt đến sự dịch chuyển trong các điều kiện biến đổi khí hậu.

Gudmundsson và CS (2012) sử dụng phương pháp MAE để hiệu chỉnh mưa trong đó sử dụng mô hình HIRHAM với số liệu tái phân tích ERA40 trong 41 năm (1960)-2000), độ phân giải mô hình từ 25km đến quy mô trạm, miền tính bao phủ Na Uy và Bắc Âu [55]. Kết quả thấy khi không tham số hóa chỉ ra tốt nhất trong việc làm giảm sai số hệ thống theo đó sự thay đổi các tham số cho thấy hàm phân bố hình thành với dải thấp nhất.

Lafon và CS (2013) sử dụng mô hình HadRM3-PPE-UL, độ phân giải từ 25km đến quy mô lưu vực với GCM (HadCM3) để tính toán trung bình, độ lệch chuẩn, hệ số biến thiên và độ nhọn trong việc đánh giá mưa từ. Số liệu sử dụng trong 40 năm (1961-2000) [77]. Kết quả cho thấy cả số liệu mưa mô hình và quan trắc có thể xấp xỉ bằng hàm phân bố gamma thông qua kết hợp các bản đồ phân vị, ngược lại các phương pháp phi tuyến lại cho hiệu quả hơn trong việc giảm sai số. Các bản đồ phân vị thực nghiệm có thể cho độ chính xác cao nhưng các kết quả cũng rất nhạy với việc lựa chọn thời gian hiệu chỉnh.

Chen và CS (2013) sử dụng mô hình CRCM, HRM3, RCM3 và WRFG với số liệu phân tích của NCEP để dự tính mưa và mô phỏng trong thủy văn [42]. Độ phân giải mô hình từ 50 km đến quy mô lưu vực, số liệu sử dụng trong 20 năm (1981-2000). Các biến sử dụng tính toán gồm trung bình, độ lệch chuẩn và phân vị 95 đối

với mưa trong những ngày ẩm. Phương pháp đánh giá gồm MAE, RMSE. Kết quả cho thấy việc hiệu chỉnh sai số phụ thuộc vào các vị trí khác nhau.

Gutjahr và Helnemann (2013) sử dụng mô hình COSMO-CLIM và GCM (ECHAM5) với độ phân giải từ 4.5km đến quy mô trạm, miền tính bao phủ nước Đức và các khu vực lân cận, số liệu 10 năm (1991-2000) được sử dụng để đánh giá mưa và nhiệt độ [56]. Phương pháp đánh giá MAE được các tác giả sử dụng. Kết quả cho thấy phương pháp thực nghiệm cho kết quả tốt hơn với hai tham số.

Jurg Schmidli và các cộng sự (2006) sử dụng sản phẩm từ số liệu tái phân tích của ECMWF, NCEP cho khu vực Châu Âu, trong đó có sử dụng chỉ số Bias với tần suất ngày ẩm và cường độ mưa. Các tác giả sử dụng phương pháp LOCI (Local intensity scalling). Kết quả cho thấy phương pháp hiệu chỉnh đã làm giảm sai số lớn trong sự phân bố tần suất giáng thủy. Tuy nhiên, hạn chế của phương pháp chưa cho kết quả tốt với phạm vi nhỏ cũng như việc ảnh hưởng của sai số địa hình. Phương pháp LOCI có kỹ năng tốt với GCMs. Tuy nhiên, có sự thay đổi lớn giữa các vùng khác nhau hay sự chuyển tiếp giữa các mùa [66].

S. C. van Pelt và các cộng sự (2012) tính toán sự biến đổi trong tương lai của các hiện tượng cực đoan liên quan đến mưa thông qua đánh giá kết quả mô phỏng của mô hình khí hậu khu vực và sử dụng chỉ số bias. Kết quả cho thấy sự phạm vi biến đổi trong tương lai của các hiện tượng cực đoan liên quan đến mưa dọc theo năm thành phần tổ hợp từ RCM tương đồng với kết quả nhận được từ việc tổ hợp mười ba thành phần của GCM. Ngoài ra, kết quả tổ hợp từ RCM cũng cho thấy hiệu quả giảm rõ rệt so với kết quả mô phỏng trực tiếp từ mô hình [98].

Một mô hình khác không được cung cấp rộng rãi như RegCM là mô hình REMO (Regional Model) của Viện Khí tượng thuộc Viện Max Planck, Cộng hòa Liên bang Đức. REMO cũng đã được ứng dụng rất thành công trong nhiều công trình nghiên cứu mô hình hóa khí hậu khu vực, và các kết quả đã được đăng trên nhiều tạp chí khoa học, trong đó như Tido Semmler và CS (2004) [110] sử dụng mô hình khí hậu khu vực REMO 5.1, với độ phân giải 0.5^0 để mô phỏng mưa lớn cho khu vực châu Âu. Kết quả cho thấy, mô hình đã tái tạo tốt được lượng mưa hiện tại,

còn khi dự tính cho tương lai, mô hình cho kết quả thiên cao (gấp đôi ở khu vực Baltich, còn ở các nơi khác cao hơn 1,5 lần). Ngoài ra các mô hình khác, như PRECIS, RSM, CMM5, CWRP,... cũng đã được ứng dụng thành công trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu khu vực cũng như nghiên cứu biến đổi khí hậu. Kết quả chạy các mô hình khí hậu khu vực là các trường yếu tố khí hậu (trong trường hợp này là các trường mô phỏng quá khứ) và sự phân bố của chúng theo không gian, thời gian chi tiết hơn, đặc biệt đối với những nơi số liệu quan trắc còn thưa như các vùng núi cao, điều kiện khó khăn hoặc trên các vùng biển, đại dương.

Có thể nói, cho đến nay các mô hình AGCM, AOGCM, RCM đã luôn được quan tâm phát triển, qua đó đã đạt được những kết quả rất đáng khích lệ trong mô phỏng ở nhiều khía cạnh của khí hậu. Mặc dù kết quả về các mô phỏng giáng thủy, khí áp mực biển và nhiệt độ bề mặt nhìn chung đã được cải thiện tuy nhiên vẫn còn một số hạn chế nhất định, đặc biệt là đối với giáng thủy vùng nhiệt đới. Điển hình nhất là kết quả mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan (liên quan đến nhiệt độ cực trị) từ các AGCM, AOGCM, RCM đã được cải thiện một cách rõ nét, còn đối với giáng thủy, các mô hình nói chung vẫn cho mô phỏng thấp hơn thực tế trong hầu hết các hiện tượng cực đoan.

Như vậy, ta có thể thấy rằng việc nghiên cứu ECEs bằng các hệ thống mô hình dự báo khí hậu toàn cầu sẽ cho phép không chỉ mô phỏng lại các hiện tượng cực đoan mà còn cho phép dự báo được ECEs. Song song với việc ứng dụng các mô hình khí hậu quy mô toàn cầu là kỹ thuật lồng ghép để hạ quy mô bằng các mô hình khí hậu khu vực. Các nghiên cứu với hệ thống mô hình khí hậu khu vực có thể tái mô phỏng các hiện tượng có quy mô không gian, thời gian mà các mô hình toàn cầu không có khả năng nắm bắt được [Giorgi 1998]. Việc hạ quy mô này cho thấy khả năng mô phỏng, dự báo các hiện tượng cực đoan được chi tiết hơn, hay nói cách khác là các hiện tượng cực đoan ở quy mô khu vực sẽ được mô phỏng/dự báo chi tiết hơn khi sử dụng các sản phẩm hạ quy mô động lực từ các mô hình khí hậu khu vực. Đây cũng chính là luận cứ của luận án trong việc xây dựng các phương pháp phát hiện, dò tìm ECEs trong sản phẩm mô phỏng từ các mô hình khí hậu khu vực.

1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước

Nhìn chung các nhà khoa học vẫn thường dựa vào số liệu quan trắc và các phương pháp thống kê cổ điển khi nghiên cứu về ECEs qua đó xem xét các quy luật của ECEs hoặc đánh giá xu thế của chúng. Các yếu tố nhiệt độ bề mặt, lượng mưa và một số chỉ số dẫn suất từ các yếu tố cơ bản này được chú trọng quan tâm.

Có thể nói, đã có khá nhiều nghiên cứu về ECEs và vấn đề nghiên cứu các hiện tượng khí hậu cực đoan nói chung ở mỗi giai đoạn khác nhau có cách tiếp cận, xử lý khác nhau theo mục tiêu mà các tác giả đặt ra và chưa được đề cập đến bài toán sử dụng mô hình số một cách hệ thống.

Nguyễn Đức Ngữ và CS (2009) [18] đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến kinh tế đã chỉ ra xu thế biến đổi lượng mưa trên toàn lãnh thổ Việt Nam rất khác nhau giữa các khu vực. Các tỉnh Nam Trung Bộ, lượng mưa có xu thế giảm và tình trạng khô hạn gia tăng. Số ngày nắng nóng xảy ra trong thập kỷ 1990-2000 nhiều hơn so với các thập kỷ trước, điển hình là ở các khu vực Trung Bộ và Nam Bộ. Mặc dù vậy, hiện tượng mưa lớn dị thường xảy ra nhiều hơn, điển hình là các đợt mưa xảy ra ở Hà Nội và khu vực lân cận vào tháng 11 trong các năm 1984, năm 1996 và năm 2008.

Chu Thị Thu Hương và CS (2012) [3] sử dụng chuỗi số liệu OLR được phân tích bởi NCEP/NCAR thời kỳ 1961 - 2009 và chuỗi số liệu quan trắc Tx, Ttb tại 67 trạm trên lãnh thổ Việt Nam thời kỳ 1961 - 2007 để phân tích mối quan hệ giữa OLR với hiện tượng rét đậm và nắng nóng trên lãnh thổ Việt Nam. Tác giả đã chỉ ra OLR biến đổi phụ thuộc rất lớn vào lượng mây và nhiệt độ không khí bề mặt. Vùng có lượng mây càng lớn hoặc nhiệt độ không khí bề mặt càng nhỏ hoặc thỏa mãn cả hai thì OLR sẽ càng nhỏ và ngược lại. Năm 2010, tác giả và các cộng tác viên sử dụng số liệu nhiệt độ cực đại (Tx) ngày tại 58 trạm quan trắc trên 7 vùng khí hậu để nghiên cứu mức độ và xu thế biến đổi của nắng nóng ở Việt Nam giai đoạn 1961 - 2007. Tác giả đã chỉ ra nắng nóng thường xuất hiện từ tháng 3 đến tháng 9 (ở các vùng khí hậu từ B1 đến N1) và từ tháng 02 đến tháng 6 (ở vùng khí hậu N2 và N3). Trên toàn lãnh thổ, nắng nóng xảy ra nhiều nhất ở vùng khí hậu Bắc Trung Bộ (B4)

và có xu hướng giảm dần về phía Bắc và phía Nam.

Bên cạnh các phương pháp thống kê truyền thống áp dụng vào chuỗi các số liệu quan trắc, trong một vài năm trở lại đây ở Việt Nam hướng nghiên cứu bằng các mô hình số đã được đẩy mạnh và đạt được những kết quả rất đáng khích lệ, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang làm gia tăng các hiện tượng thời tiết/khí hậu cực đoan (cả về tần suất lẫn cường độ), các nhà khoa học đã quan tâm, chú trọng tới hướng nghiên cứu về ECEs bằng các mô hình khí hậu. Các mô hình khác, như PRECIS, RSM, CMM5, CWRF,... đã được ứng dụng thành công trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu khu vực cũng như nghiên cứu biến đổi khí hậu. Kết quả chạy các mô hình khí hậu khu vực là các trường yếu tố khí hậu (trong trường hợp này là các trường mô phỏng quá khứ) và sự phân bố của chúng theo không gian và thời gian chi tiết hơn, đặc biệt đối với những nơi số liệu quan trắc còn thưa như các vùng núi cao, điều kiện khó khăn hoặc trên các vùng biển, đại dương. Nhóm tác giả Kiều Thị Xin và Hồ Thị Minh Hà (2009) [10] chỉ ra rằng, mô hình RegCM3 có thể sử dụng cho các mục đích dự báo khí hậu mùa khu vực Đông Nam Á. Luận án Tiến sĩ: *“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”* do NCS. Hồ Thị Minh Hà thực hiện đã mang lại kết quả cải thiện khả năng mô phỏng của RegCM3 bằng cách đưa thêm sơ đồ tham số hóa đối lưu Tiedtke (1989) vào mô hình như là một tùy chọn bổ sung. Tác giả đã đưa ra kết luận về mô hình RegCM3 chạy ổn định với sơ đồ này và cải thiện đáng kể chất lượng mô phỏng nhiệt độ bề mặt trung bình tháng. Sai số bình phương trung bình (RMSE) của nhiệt độ tính theo phiên bản cải tiến (Reg+TieB) trên toàn Việt Nam giảm 0.4°C so với Reg+GAB còn khoảng $1,8^{\circ}\text{C}$. Reg+TieB cũng cho lượng mưa mô phỏng lớn hơn và diện mưa rộng hơn thực tế, các tâm mưa lớn điển hình trong mùa hè khu vực Đông Nam Á cũng được tái tạo tốt hơn so với Reg+GAB. Sai số RMSE tính trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam khoảng 9mm/ngày.

Thời gian qua, các nhà khoa học của Bộ môn Khí tượng, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên đã hợp tác, trao đổi khoa học với Viện Khí tượng, Trường Đại

học Tổng hợp Munich, Cộng hòa Liên bang Đức và đã tiến hành nghiên cứu cải tiến và phát triển mô hình MM5 thành phiên bản mô hình khí hậu khu vực (ký hiệu là MM5CL), có thể được ứng dụng làm công cụ nghiên cứu dự báo khí hậu và biến đổi khí hậu.

Đặc biệt trong đề tài cấp nhà nước mã số KC08.29/06-10 “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” do Phan Văn Tân làm Chủ nhiệm đề tài đã phát triển một 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 ECEs cho khu vực Việt Nam cũng như đưa ra được một số đánh giá về xu thế của ECEs cho khu vực Việt Nam. Tuy nhiên chỉ tiêu xác định các ECEs chưa được đưa ra giải quyết [27].

Bên cạnh đó, tại Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (nay là viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu) cũng đã ứng dụng sản phẩm dự báo của các hệ thống mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực. Trong khuôn khổ hợp tác với Trung tâm khí hậu Hadley (Anh), hệ thống mô hình khu vực PRECIS đã được chuyển giao và đưa vào sử dụng để xây dựng các kịch bản khí hậu. Với việc xử lý đầu ra của hệ thống này, các nghiên cứu, đánh giá về sự biến đổi của ECEs trong các kịch bản khí hậu cũng đã bước đầu được đưa ra.

Hoàng Đức Cường và CS (2011) [9] sử dụng mô hình PRECIS để đánh giá khả năng mô phỏng khí hậu mùa cho khu vực Việt Nam. Kết quả chỉ ra mô hình biểu diễn khá tốt các hình thái không gian chính của khí hậu địa phương. Tuy vậy, tổng lượng mưa mô phỏng thấp hơn chút ít so với quan trắc trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 6, và nhiệt độ trong khoảng tháng 9 đến tháng 2 năm sau, đặc biệt là các tỉnh Bắc Bộ và Trung Bộ. Ngoài ra, Hoàng Đức Cường và CS (2011) đã xây dựng bản đồ nhiệt độ, lượng mưa cho khu vực Hà Nội trên cơ sở phân tích số liệu nhiệt độ, lượng mưa thời kỳ 1961 - 2010 để xây dựng các bản đồ phân bố nhiệt độ (tháng I, tháng VII, năm) và lượng mưa (mùa khô, mùa mưa, năm) cho thành

phố Hà Nội. Nhóm tác giả cũng đưa ra kết luận trên phần lớn diện tích Hà Nội, nhiệt độ trung bình năm dao động từ dưới 23 đến trên 24 °C, lượng mưa năm tăng dần từ Bắc xuống Nam và từ Đông sang Tây trong khoảng từ 1400mm đến trên 1800mm/năm, riêng khu vực núi thuộc Ba Vì có lượng mưa năm cao hơn, vào khoảng 2200 - 2400mm.

Để dự báo nhiệt độ, mưa, số lần xuất hiện KKL, nắng nóng, Nguyễn Văn Thắng và CS (2001, 2004) [15,20] 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. Năm 2005, Nguyễn Văn Thắng với nghiên cứu các hiện tượng cực đoan phục vụ phòng chống và giảm nhẹ thiệt hại thiên tai ở thành phố Hà Nội đã xác định được quy luật phân bố theo không gian và diễn biến theo thời gian của các đặc trưng hiện tượng khí tượng cực đoan trên khu vực Hà Nội.

Mai Văn Khiêm và CS (2011) [16] sử dụng mô hình PRECIS và RegCM để đánh giá khả năng mô phỏng một số đặc trưng nhiệt độ cực trị. Kết quả cũng chỉ rõ mô hình mô phỏng tốt các cực trị nhiệt và PRECIS cho sai số mô phỏng nhiệt độ thấp hơn RegCM.

Đỗ Huy Dương và CS (2009) [5] sử dụng mô hình RegCM để đánh giá khả năng mô phỏng một số cực trị khí hậu. Kết quả cho thấy mô hình mô phỏng tốt các cực trị về nhiệt độ. Cũng theo tác giả và các cộng sự (2010) [7] đã đánh giá và so sánh kỹ năng mô phỏng hạn mùa của mô hình RegCM và REMO. Kết quả cho thấy cả hai mô hình có kỹ năng mô phỏng tốt cho một số cực trị nhiệt tại hầu hết các trạm, trong khi đó kỹ năng mô phỏng mưa lại chưa tốt.

Tóm lại, vấn đề nghiên cứu về ECEs trong nước vẫn đang được các nhà khoa học nỗ lực triển khai theo hai hướng nghiên cứu là thống kê và sử dụng sản phẩm của các mô hình. Hướng sử dụng sản phẩm từ các hệ thống mô hình khí hậu hiện nay gần như là tất yếu và được chú trọng đầu tư nhiều hơn do các kết quả trong nhiều năm trở lại đây đã chứng minh được rằng khả năng nắm bắt của các hệ thống

mô hình động lực hơn hẳn so với các phương pháp thống kê truyền thống.

Nhận xét cuối chương:

Có thể nói trong thời gian qua, với sự nỗ lực không mệt mỏi của các nhà khí tượng, khí hậu ở Việt Nam đã từng bước ứng dụng và phát triển các RCMs trong việc mô phỏng khí hậu nhằm mục đích kiểm chứng kết quả mô phỏng; nghiên cứu khí hậu. Sản phẩm mô phỏng được sử dụng để tái tạo số liệu ở những nơi không có quan trắc; dự tính để xây dựng các kịch bản ứng phó phục vụ phát triển kinh tế - xã hội một cách hiệu quả. Mặc dù vậy, câu trả lời mô hình nào? tốt cho hiện tượng nào? khu vực nào vẫn còn chưa được lý giải cụ thể. Mặt khác, do các RCMs đều có những sai số nhất định trong việc mô phỏng các trường khí quyển, ứng với mỗi mô hình như vậy, sản phẩm đầu ra như thế nào so với giá trị quan trắc cần phải được đánh giá chi tiết cho từng hiện tượng, từng khu vực. Chính vì vậy, việc hiệu chỉnh sai số sau mô hình rất quan trọng. Thông qua kết quả đánh giá, hiệu chỉnh có thể xây dựng các chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm mô phỏng của các RCMs. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất thử nghiệm ba phương án để xây dựng chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm mô phỏng của RCMs. Chương 2 tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về ba phương pháp này. Việc xây dựng các chỉ tiêu xác định chỉ áp dụng cho bản chất (rét đậm hoặc rét hại) mà không áp dụng cho đặc tính không gian (diện rộng hoặc cục bộ) của hiện tượng khí hậu cực đoan. Ngoài ra, việc xây dựng bộ chỉ tiêu xác định ECEs chỉ áp dụng riêng lẻ cho từng vùng khí hậu mà không xây dựng cho từng trạm cụ thể.

Chương 2. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CHỈ TIÊU CHO CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

2.1.1. Nghiên cứu lựa chọn các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan

Như đã biết, khi nghiên cứu về hiện tượng khí hậu cực đoan, có rất nhiều biến khí quyển có thể được xem xét, khảo sát. Tuy nhiên, để ứng dụng trong thực tế, tác động của các yếu tố về nhiệt, ẩm, mưa... là rất quan trọng đối với điều kiện khí hậu của một khu vực bất kỳ. Trong khuôn khổ luận án, các cực trị khí hậu được lựa chọn để đánh giá khả năng mô phỏng của RCMs bao gồm:

- *Nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx)*: Là giá trị nhiệt độ tối cao ngày lớn nhất của tháng.

- *Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn)*: Là giá trị nhiệt độ tối thấp ngày nhỏ nhất của tháng.

- *Lượng mưa ngày cực đại tháng (Rx1day)*: Là tổng lượng mưa ngày lớn nhất trong tháng.

Đối với các hiện tượng khí hậu cực đoan, những hiện tượng được cân nhắc, xem xét, lựa chọn phải là những hiện tượng có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến điều kiện tự nhiên, môi trường và kinh tế xã hội. Căn cứ vào quy mô, tần suất hiện tượng và phạm vi tác động của chúng, các hiện tượng sau đây có thể được xem xét là hiện tượng khí hậu cực đoan như: Bão và ATNĐ, mưa lớn, rét đậm, rét hại, nắng nóng. Trên thực tế, không thể quan trắc trực tiếp các hiện tượng này (ngoại trừ bão và ATNĐ) mà việc xác định thực hiện thông qua các yếu tố khí tượng được quan trắc tại điểm trạm và các tiêu chí khác. Nói chung, điểm khác biệt giữa các hiện tượng khí hậu cực đoan theo định nghĩa của Việt Nam so với định nghĩa của IPCC hoặc các nước khác là có tính đến yếu tố không gian (tức là đưa thêm các khái niệm về diện rộng hay cục bộ). Các hiện tượng khí hậu cực đoan được lựa chọn trong nghiên cứu này bao gồm:

- *Số ngày rét đậm diện rộng (SNRDDR)*: Một ngày được coi là ngày rét đậm diện rộng nếu ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày nằm trong khoảng $(13^0, 15^0C]$ và

có ít nhất 2/3 số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt rét đậm diện rộng (SĐRĐDR)*: Mỗi ngày rét đậm diện rộng đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra rét đậm diện rộng liên tiếp gộp lại thành một đợt rét đậm diện rộng.

- *Số ngày rét đậm cục bộ (SNRĐCB)*: Một ngày được coi là ngày rét đậm cục bộ nếu ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày nằm trong khoảng ($13^{\circ}, 15^{\circ}\text{C}$] và có [1/3, 2/3) số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt rét đậm cục bộ (SĐRĐCB)*: Mỗi ngày rét đậm cục bộ đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra rét đậm cục bộ liên tiếp gộp lại thành một đợt rét đậm cục bộ.

- *Số ngày rét hại diện rộng (SNRHDR)*: Một ngày được coi là ngày rét hại diện rộng nếu ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày nằm nhỏ hơn 13°C và có ít nhất 2/3 số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt rét hại diện rộng (SĐRHDR)*: Mỗi ngày rét hại diện rộng đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra rét hại diện rộng liên tiếp gộp lại thành một đợt rét đậm diện rộng.

- *Số ngày rét hại cục bộ (SNRHCB)*: Một ngày được coi là ngày rét hại cục bộ nếu ngày đó có nhiệt độ trung bình ngày nằm nhỏ hơn 13°C và có [1/3, 2/3) số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt rét hại cục bộ (SĐRHCB)*: Mỗi ngày rét hại cục bộ đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra rét hại cục bộ liên tiếp gộp lại thành một đợt rét hại cục bộ.

- *Số ngày mưa lớn diện rộng (SNMLDR)*: Một ngày được coi là mưa lớn diện rộng nếu lượng mưa tích lũy ngày $\geq 50\text{mm}$ và có ít nhất 2/3 số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt mưa lớn diện rộng (SĐMLDR)*: Mỗi ngày mưa lớn diện rộng đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra mưa lớn diện rộng liên tiếp gộp lại thành một đợt mưa lớn diện rộng.

- *Số ngày mưa lớn cục bộ (SNMLCB)*: Một ngày được coi là mưa lớn cục bộ

nếu lượng mưa tích lũy ngày $\geq 50\text{mm}$ và có $[1/3, 2/3)$ số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt mưa lớn cục bộ (SDMLCB)*: Mỗi ngày mưa lớn cục bộ đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra mưa lớn cục bộ liên tiếp gộp lại thành một đợt mưa lớn cục bộ.

- *Số ngày nắng nóng nhẹ diện rộng (SNNNDR)*: Một ngày được coi là nắng nóng nhẹ diện rộng nếu có nhiệt độ tối cao ngày nằm trong khoảng $[35^{\circ}, 37^{\circ}\text{C})$ và có ít nhất $2/3$ số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt nắng nóng nhẹ diện rộng (SDNNDR)*: Mỗi ngày nắng nóng nhẹ diện rộng đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra nắng nóng nhẹ diện rộng liên tiếp gộp lại thành một đợt nắng nóng nhẹ diện rộng.

- *Số ngày nắng nóng nhẹ cục bộ (SNNNCB)*: Một ngày được coi là nắng nóng nhẹ cục bộ nếu có nhiệt độ tối cao ngày nằm trong khoảng $[35^{\circ}, 37^{\circ}\text{C})$ và có $[1/3, 2/3)$ số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt nắng nóng nhẹ cục bộ (SDNNCB)*: Mỗi ngày nắng nóng nhẹ cục bộ đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra nắng nóng nhẹ cục bộ liên tiếp gộp lại thành một đợt nắng nóng nhẹ cục bộ.

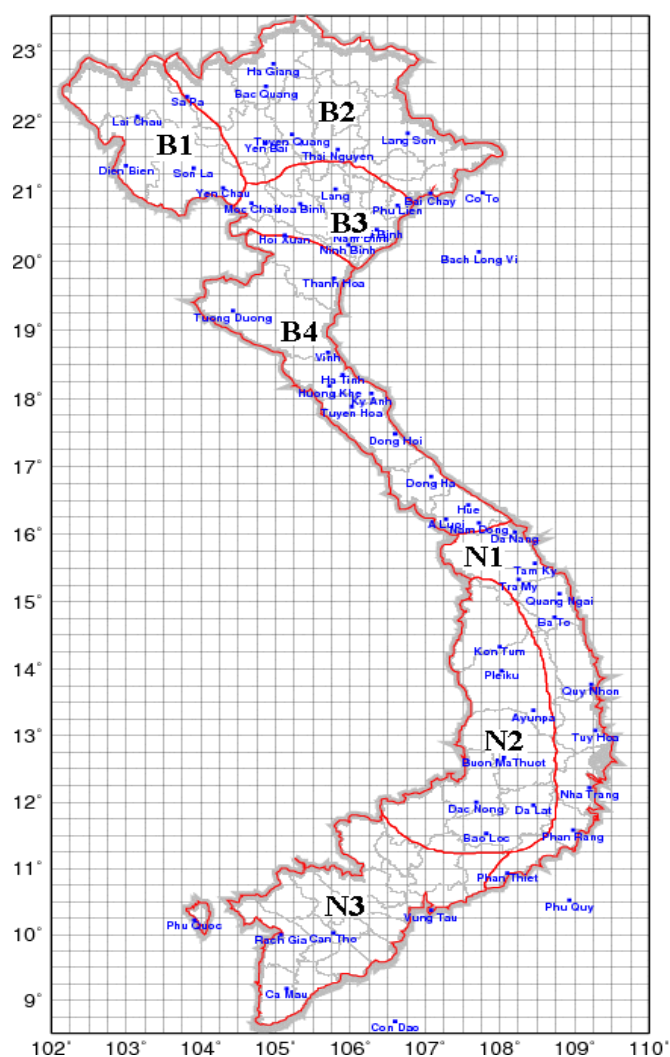
- *Số ngày nắng nóng mạnh cục bộ (SNNMCB)*: Một ngày được coi là nắng nóng mạnh cục bộ nếu có nhiệt độ tối cao ngày lớn hơn hoặc bằng 37°C và có $[1/3, 2/3)$ số trạm trong phân vùng/khu vực xem xét thỏa mãn điều kiện này.

- *Số đợt nắng nóng mạnh cục bộ (SDNNMCB)*: Mỗi ngày nắng nóng mạnh cục bộ đơn lẻ được coi là một đợt với điều kiện ngày trước và sau không xảy ra. Những ngày xảy ra nắng nóng mạnh cục bộ liên tiếp gộp lại thành một đợt nắng nóng mạnh cục bộ.

2.1.2. Phạm vi không gian và chuỗi số liệu nghiên cứu

Với mục tiêu đánh giá được khả năng mô phỏng một số ECEs trên khu vực Việt Nam bằng mô hình khí hậu khu vực để qua đó xây dựng hệ thống chỉ tiêu xác định một số ECEs cho khu vực Việt Nam từ sản phẩm của mô hình khí hậu khu vực,

phạm vi không gian nghiên cứu của luận án bao phủ toàn bộ lãnh thổ Việt Nam (vùng lãnh hải không được xem xét trong nghiên cứu này). Các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan sẽ được xem xét trên 7 vùng khí hậu Việt Nam, bao gồm Tây Bắc Bộ (ký hiệu là B1), Đông Bắc Bộ (B2), Đồng bằng Bắc Bộ (B3), Bắc Trung Bộ (B4), Nam Trung Bộ (N1), Tây Nguyên (N2) và Nam Bộ (N3).



Hình 2.1.1. Phân bố của 7 vùng khí hậu và các trạm quan trắc tương ứng trong từng vùng khí hậu được sử dụng trong nghiên cứu

Hình 2.1.1 đưa ra bản đồ phân bố của 7 phân vùng khí hậu nói trên và số lượng các trạm quan trắc bề mặt được sử dụng trong từng phân vùng. Trong nghiên cứu này, tổng cộng có 58 trạm quan trắc được sử dụng để tính toán các cực trị khí

hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan. Trong đó vùng B1 gồm 5 trạm, vùng B2 có 9 trạm, vùng B3 có 7 trạm, vùng B4 có 13 trạm, vùng N1 có 10 trạm, vùng N2 và N3 cùng có 7 trạm. Thông tin chi tiết về các trạm nêu trên được đưa ra trong phụ lục 1. Các trạm được lựa chọn ở đây do có độ dài chuỗi số liệu đáp ứng khoảng thời gian nghiên cứu của luận án (từ 30 - 40 năm trở lên), tần suất không có số liệu ít và có chất lượng quan trắc (đã qua kiểm tra chất lượng thám sát). Từ hình 2.1.1 có thể thấy về cơ bản 58 trạm quan trắc này phân bố tương đối đều trên lãnh thổ Việt Nam trong đó có 5 trạm đảo.

Như đã biết, khi xem xét sự biến đổi của các ECEs dưới tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu trong các thập kỷ gần đây cần phải dựa vào số liệu quan trắc hàng ngày trên mạng lưới trạm khí tượng. Thông thường, độ dài chuỗi thời gian được chọn từ 30 - 40 năm trở lên. Tuy nhiên, đối với bài toán mô phỏng bằng các mô hình khí hậu khu vực, thời gian thường được chọn là 10 năm. Trong khuôn khổ luận án này, chúng tôi không tiến hành chạy các mô hình dự báo khí hậu khu vực mà sử dụng các kết quả mô phỏng khí hậu Việt Nam từ các mô hình khí hậu RegCM, REMO và MM5CL trong nghiên cứu của Phan Văn Tân và CS (2010). Do đó, khoảng thời gian nghiên cứu bao gồm 10 năm dữ liệu mô phỏng bắt đầu từ ngày 01/01/1990 đến ngày 31/12/1999. Riêng đối với bài toán nghiên cứu các đặc trưng khí hậu của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan dựa trên số liệu quan trắc, chuỗi số liệu 50 năm (từ năm 1961 - 2010) được sử dụng trong nghiên cứu này.

2.2. Số liệu và phương pháp xử lý số liệu

2.2.1. Số liệu quan trắc bề mặt từ mạng lưới quan trắc Việt Nam

Để phục vụ việc nghiên cứu đặc trưng thống kê của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan như đã được lựa chọn ở trên, số liệu quan trắc nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét (T2m), nhiệt độ tối cao ngày (Tx), tổng lượng mưa ngày (R24) tại 58 trạm quan trắc (xem phụ lục 1) được thu thập. Riêng đối với các yếu tố T2m được thu thập tại tất cả các phiên quan trắc trong ngày. Giá trị nhiệt độ trung bình ngày sẽ được tính là giá trị trung bình cộng của quan trắc T2m tại tất cả các phiên quan trắc nằm trong khoảng thời gian từ 19 giờ ngày hôm trước cho đến 19

giờ của ngày hôm sau.

Khi sử dụng quan trắc từ các điểm trạm để nghiên cứu đặc điểm khí hậu, chất lượng các quan trắc này đóng vai trò quyết định quan trọng tới chất lượng của các đặc trưng khí hậu. Những giá trị quan trắc bất hợp lý như $t=70^{\circ}\text{C}$ hay tốc độ gió 40m/s nếu không được kiểm soát sẽ tác động đến những kết quả thống kê khí hậu và có thể dẫn đến những nhận định sai. Bởi vậy, quá trình kiểm tra chất lượng thám sát (QC) cần được chú ý đặc biệt và phải thực hiện trước khi đưa vào tính toán các đặc trưng khí hậu. Về mặt lý thuyết, bài toán QC phải thực hiện rất nhiều bước kiểm tra phức tạp. Vì vậy, trong phạm vi luận án, chúng tôi chỉ thực hiện ba bước kiểm tra bao gồm:

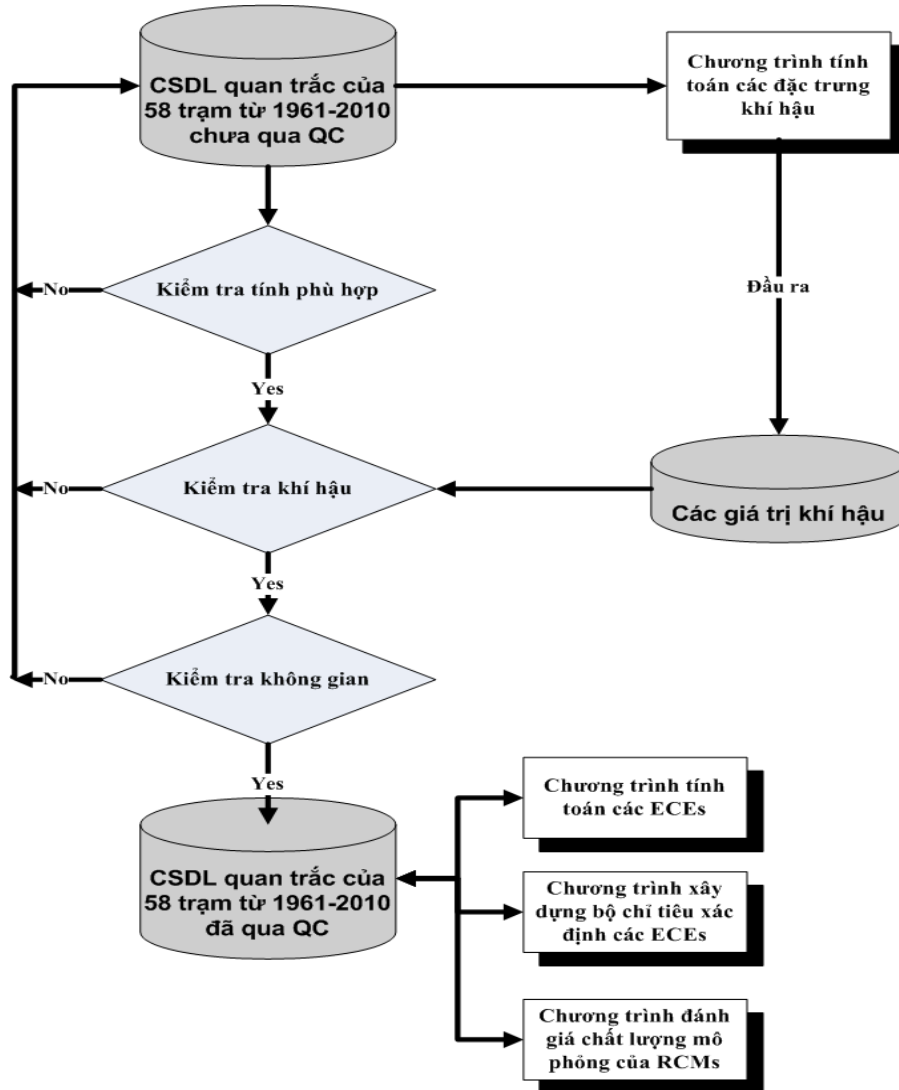
- Kiểm tra tính phù hợp: Đây là bước kiểm tra sơ cấp để loại bỏ những giá trị quan trắc phi vật lý ví dụ như lượng mưa âm, tốc độ gió âm hoặc những cặp giá trị quan trắc không có quan hệ vật lý như nhiệt độ tối thấp lớn hơn nhiệt độ tối cao .v.v..

- Kiểm tra khí hậu: Đây là bước kiểm tra các giá trị quan trắc bất thường (vẫn phù hợp về mặt vật lý) so với giá trị khí hậu. Cụ thể, những giá trị nằm ngoài khoảng $\pm 3\sigma$ (với σ là độ lệch chuẩn của 50 năm dữ liệu) sẽ bị nghi ngờ và không sử dụng trong quá trình tính toán.

- Kiểm tra không gian: Bước kiểm tra này sẽ so sánh giá trị quan trắc giữa các trạm lân cận. Bước kiểm tra này cho phép xác định và loại bỏ những giá trị sai dựa trên tính liên tục của các yếu tố khí tượng trong không gian.

Hình 2.1.2 đưa ra sơ đồ khối của quá trình kiểm tra chất lượng thám sát và được áp dụng cho tất cả các biến. Đầu tiên, kiểm tra tính phù hợp, nếu những trạm qua được bước kiểm tra tính phù hợp sẽ tiếp tục được kiểm tra khí hậu. Những trạm có giá trị quan trắc vượt qua ngưỡng $\pm 3\sigma$ sẽ bị đánh dấu nghi ngờ dữ liệu và không được kiểm tra ở bước kiểm tra không gian. Các trạm quan trắc mà nếu qua được bước kiểm tra khí hậu sẽ đưa vào kiểm tra không gian. Lưu ý, việc kiểm tra không gian không được thực hiện cho lượng mưa ngày. Sau khi đã hoàn tất ba bước kiểm tra nêu trên, dữ liệu qua kiểm tra sẽ được lưu vào một CSDL khác để phục vụ cho

quá trình nghiên cứu tính toán và xác định ECEs.



Hình 2.1.2. Sơ đồ khối của hệ thống kiểm tra chất lượng quan trắc bề mặt

Toàn bộ chuỗi số liệu từ năm 1961 - 2010 được thu thập đều được kiểm tra chất lượng trong luận án này và các kết quả kiểm tra được đưa ra trong các bảng của phụ lục 2. Kết quả thu thập số liệu cho thấy các trạm không có đủ dữ liệu liên tục trong 50 năm chủ yếu tập trung cho các trạm thuộc vùng khí hậu B4, N1, N2, N3, trong đó các vùng N1 và N3 thường cho tần suất mất dữ liệu nhiều nhất. Nguyên nhân là do phần lớn các trạm này được thành lập sau những năm 70 của thế kỷ trước. Các kết quả kiểm tra chất lượng cho từng yếu tố được thống kê tại phụ lục 2 cho thấy hầu hết các trạm đều qua được bước kiểm tra tính phù hợp. Điều này

chúng tỏ dữ liệu được thu thập không có sai số về logic và vật lý. Tại bước kiểm tra khí hậu, nói chung hầu hết các trạm đều qua được bước kiểm tra này, chỉ ngoại trừ vài trạm có một số biến không thỏa mãn như tại các trạm Đồng Hới và Cà Mau trong trường hợp biến độ ẩm tương đối; trạm Pleiku và Trường Sa cho biến nhiệt độ trung bình ngày; các trạm Vũng Tàu và Cần Thơ cho biến nhiệt độ tối cao. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm dữ liệu không qua được kiểm tra khí hậu là rất nhỏ, khoảng 0.1-0.3% trên tổng số 30-50 năm dữ liệu. Tại bước kiểm tra không gian, hầu hết các biến và các trạm đều có dữ liệu sai hoặc nghi ngờ với tỷ lệ phần trăm dữ liệu không qua được kiểm tra không gian dao động trong khoảng 0.1-0.5%. Cần lưu ý là không phải tất cả các trạm đều được kiểm tra không gian, đặc biệt là các trạm nằm xa so với các trạm còn lại. Các kết quả thống kê cho thấy chỉ có hơn 70% số trạm qua kiểm tra khí hậu có đủ điều kiện để thực hiện kiểm tra không gian. Nói chung, sau khi kiểm tra chất lượng thám sát qua ba bước nêu trên, tỷ lệ dữ liệu bị sai hoặc nghi ngờ về cơ bản là nhỏ, do đó dung lượng mẫu của các trạm đáp ứng được yêu cầu của bài toán hiện tại.

2.2.2. Số liệu mô phỏng của các mô hình dự báo khí hậu khu vực

Như đã đề cập ở trên, trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành đánh giá kết quả mô phỏng ECEs của mô hình RegCM, MM5CL và REMO. Chi tiết về mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO đã được giới thiệu ở nhiều công trình nghiên cứu khác nên luận án sẽ không trình bày cụ thể về động lực học mô hình mà chỉ đưa ra khái quát về cấu hình mô hình, miền tính toán, độ phân giải, số liệu đầu vào, các tham số hóa vật lý,... của mô hình RegCM, MM5CL và REMO trong bảng 2.1.1. Từ bảng 2.1.1 có thể thấy về cơ bản cấu hình miền tính toán (xem thêm hình 2.1.3) và nguồn số liệu đầu vào cho ba mô hình RCMs là như nhau. Sự khác biệt chủ yếu nằm ở các tùy chọn sơ đồ tham số hóa vật lý. Chuỗi số liệu mô phỏng bao gồm 10 năm (từ ngày 01/01/1990 đến ngày 31/12/1999) với khoảng thời gian chiết xuất kết quả là 3 tiếng một lần. Các nguồn số liệu RCMs được thu thập và sao lưu dưới định dạng NetCDF. Các biến khí quyển mô phỏng từ RCMs được thu thập để phục vụ nghiên cứu gồm nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét (T2m), nhiệt độ tối

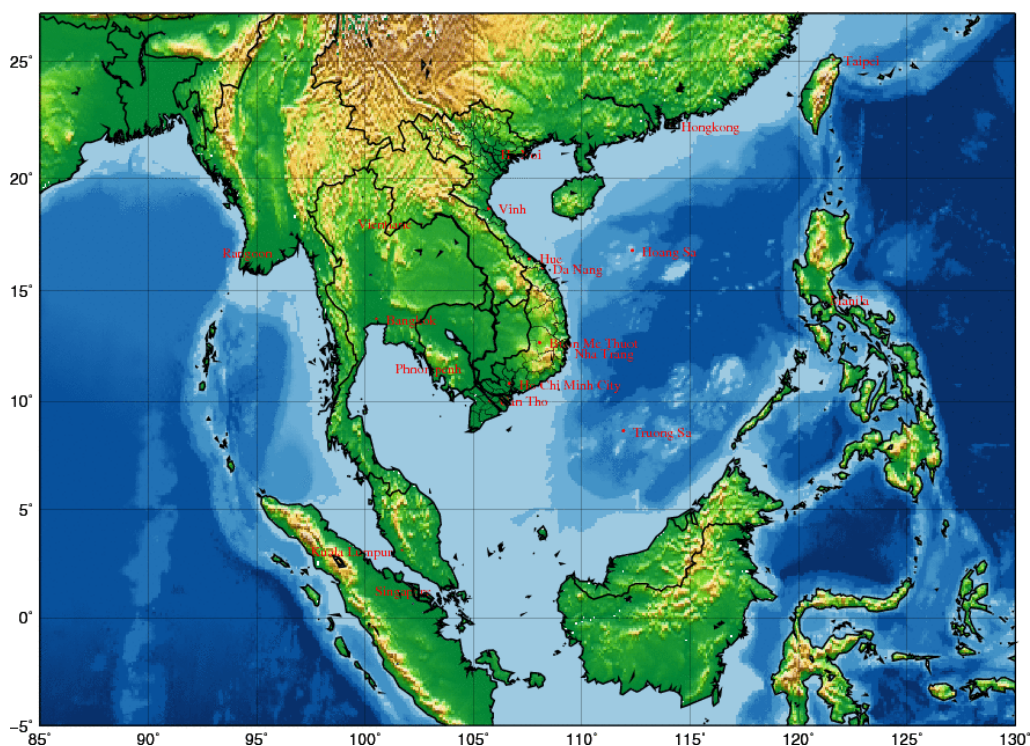
cao ngày (Tx) và lượng mưa tích lũy trong 3 tiếng (R03). Tất cả các biến khí quyển này đều được sao lưu trên lưới tích phân của mô hình và khoảng cách giữa các sản phẩm là 3 tiếng.

Để phục vụ bài toán tính toán ECEs, dữ liệu mô phỏng của RCMs trên lưới sẽ được nội suy về các điểm trạm nghiên cứu. Do độ phân giải của các mô hình là mịn hơn nhiều so với khoảng cách của 58 trạm được nghiên cứu, nên phương pháp nội suy điểm gần nhất sẽ được sử dụng để tránh sai số nội suy. Cụ thể, từ lưới dữ liệu mô hình, chúng tôi sẽ tìm nút lưới nằm gần nhất so với điểm trạm cần nội suy và gán giá trị nội suy cho trạm chính bằng giá trị trường khí tượng tại nút lưới gần nhất. Phương pháp nội suy này được áp dụng cho tất cả các yếu tố khí tượng được sử dụng trong luận án.

Do các yếu tố khí tượng được mô phỏng từ RCMs mang tính tức thời tại thời điểm đưa ra sản phẩm, nên cần phải thực hiện một số bước tính toán để thu được các biến dẫn xuất mang tính trung bình theo khoảng thời gian đưa ra. Cụ thể, để tính giá trị nhiệt độ trung bình ngày được mô phỏng từ RCMs tại điểm trạm đưa ra, đầu tiên chúng tôi tiến hành tính toán tại điểm nút lưới và sau đó nội suy về trạm theo phương pháp ở trên. Tương tự như số liệu quan trắc, giá trị nhiệt độ trung bình ngày mô phỏng từ RCMs sẽ được tính là giá trị trung bình cộng của T2m tại các phiên mô phỏng nằm trong khoảng thời gian từ 19 giờ ngày hôm trước đến 19 giờ ngày hôm sau. Lượng mưa ngày sẽ được tính dựa trên số liệu mưa tích lũy trong 3 tiếng.

Bảng 2.1. Một số đặc trưng chính trong cấu hình chạy mô phỏng của mô hình
RegCM, MM5CL và REMO

Cấu hình mô hình		Mô tả chi tiết		
		RegCM (Ver 3.0)	REMO (Ver. 5.8)	MM5CL (Ver. 3.5.7)
Động lực		Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh	Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh	Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh
Tham số hóa vật lý	Đổi lưu	Grell	Tiedtke	Grell
	Bức xạ sóng	CCM2	Morcrette	CCM2
	Lớp biên hành tinh	MRF	Monin-Obukhov	MRF
	Bề mặt	Mô hình 5 lớp	Semmler	Mô hình 5 lớp
Hệ tọa độ thẳng đứng		Sigma (σ)	Hệ tọa độ lai	Sigma (σ)
Lưới sai phân ngang		Arakawa B	Arakawa C	Arakawa B
Độ phân giải ngang		$0.3^0 \times 0.3^0$ (~36km)	$0.3^0 \times 0.3^0$ (~36km)	$0.3^0 \times 0.3^0$ (~36km)
Số nút lưới/Độ rộng (độ)		144×105	144×105	144×105
Miền tích phân		$85^0\text{E}-130^0\text{E};$ $5^0\text{S}-27^0\text{N}$	$85^0\text{E}-130^0\text{E};$ $5^0\text{S}-27^0\text{N}$	$85^0\text{E}-130^0\text{E};$ $5^0\text{S}-27^0\text{N}$
Điều kiện ban đầu	Khí tượng	ERA40	ERA40 + NNRP	ERA40
	Địa hình	USGS 1km	USGS 1km	USGS 1km
	Đất	FAO 8km	FAO 8km	FAO 8km
Điều kiện ban đầu và điều kiện biên		ERA40	ERA40 + NNRP	ERA40
Khoảng thời gian cập nhật biên		6 giờ	6 giờ	6 giờ
Khoảng thời gian giữa các sản phẩm đầu ra		3 giờ	3 giờ	3 giờ



Hình 2.1.3. Miền tích phân của RCMs được nghiên cứu

2.3. Phương pháp xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam

Các hiện tượng khí hậu cực đoan như mưa lớn diện rộng không được quan trắc trực tiếp mà phải tính toán thông qua các đại lượng khác. Chẳng hạn, số liệu lượng mưa ngày sẽ được sử dụng để xác định số ngày và đợt mưa lớn diện rộng. Đối với số liệu quan trắc, việc tính toán các hiện tượng khí hậu cực đoan sẽ áp dụng các tiêu chí như đã đưa ra trong mục 2.1.1. Tuy nhiên, do RCMs đều có những sai số nhất định trong việc mô phỏng các trường khí quyển, nên việc áp dụng chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan theo số liệu quan trắc cho sản phẩm mô hình sẽ không tránh khỏi sai số. Do vậy, cần thiết phải xây dựng phương pháp xác định các hiện tượng này từ sản phẩm của RCMs. Trong luận án, chúng tôi đề xuất thử nghiệm ba phương án để xây dựng chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm mô phỏng của RCMs. Các phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về ba phương pháp này. Việc xây dựng các chỉ tiêu xác định chỉ áp dụng cho bản chất (rét đậm hoặc rét hại) mà không áp dụng cho đặc tính không gian (diện rộng hoặc cục bộ) của hiện tượng khí hậu cực đoan. Ngoài ra, việc xây dựng bộ chỉ tiêu xác định ECEs chỉ áp dụng riêng lẻ cho từng vùng khí hậu mà không xây dựng cho từng trạm cụ thể.

2.3.1. Phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống (DMO_ME)

Phương pháp hiệu chỉnh này dựa trên giả thiết sai số mô phỏng của RCMs chủ yếu là sai số hệ thống do sự chưa hoàn hảo trong động lực và vật lý của RCMs. Do đó, tính toán được sai số hệ thống sẽ tìm ra được chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm RCMs. Cụ thể, nếu gọi CT_{obs} là chỉ tiêu để xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ số liệu quan trắc (ví dụ $15^{\circ}C$ cho hiện tượng rét đậm), Err_{rcm} là sai số hệ thống của yếu tố khí quyển được sử dụng để xác định hiện tượng khí hậu cực đoan quan tâm, thì chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm RCM (CT_{rcm}) sẽ được tính như sau:

$$CT_{rcm} = CT_{obs} \pm Err_{rcm} \quad (2.1.1)$$

trong đó dấu \pm ngụ ý mang dấu của giá trị Err_{rcm} (dấu cộng nếu Err_{rcm} có giá trị dương và ngược lại). Để áp dụng phương pháp này, các bước thực hiện (xem hình 2.1.4) như sau:

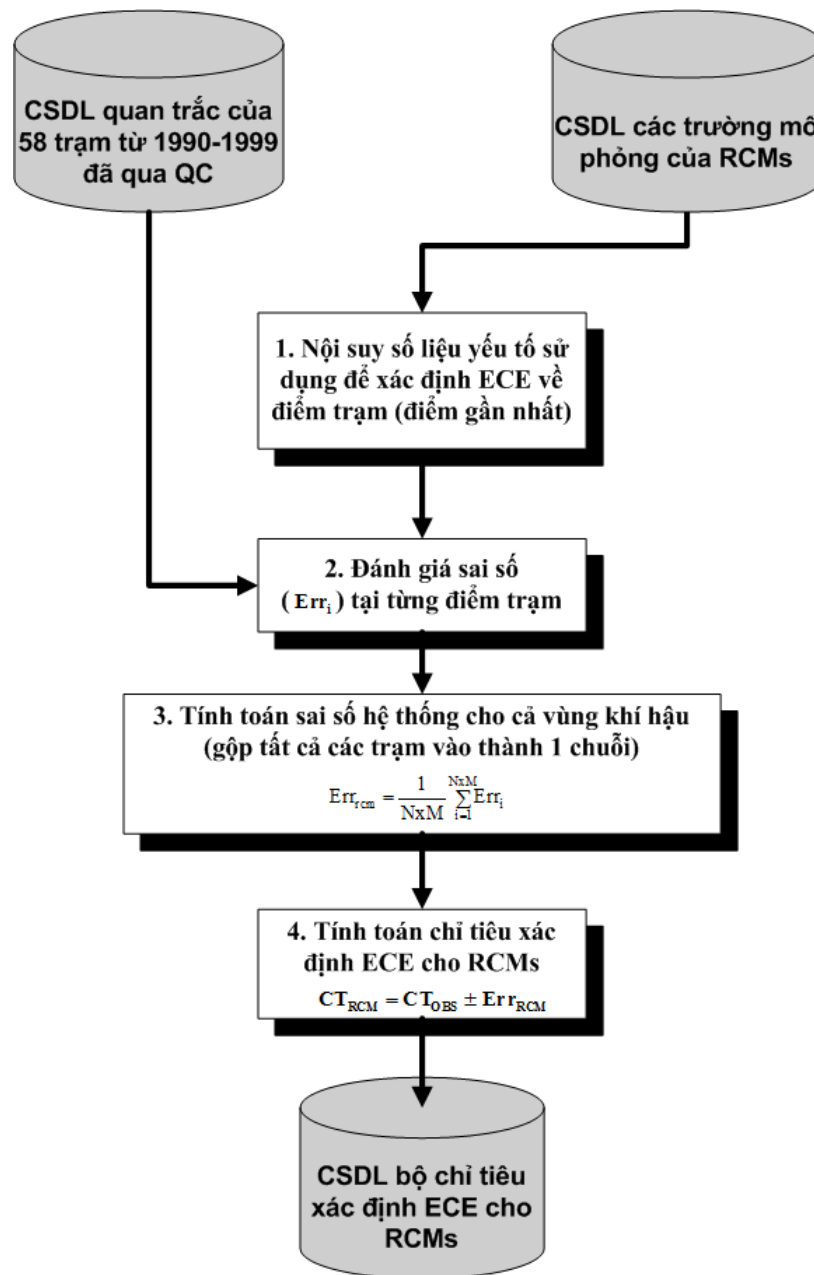
1) Nội suy số liệu của yếu tố khí tượng sử dụng để xác định hiện tượng khí hậu cực đoan về các điểm trạm của vùng khí hậu quan tâm theo phương pháp nội suy điểm gần nhất;

2) Tính toán sai số mô phỏng: $Err_i = F_i - O_i$ ($i=1, N$ với N là dung lượng mẫu) cho từng điểm trạm dựa trên số liệu quan trắc đã kiểm tra chất lượng;

3) Tính toán sai số hệ thống đặc trưng cho toàn vùng khí hậu: gộp toàn bộ chuỗi các giá trị Err_i đã được tính toán tại từng điểm trạm thành một chuỗi và tính giá trị Err_{rcm} trung bình trên chuỗi này (ví dụ sử dụng chuỗi số liệu mô phỏng có độ dài $N=365$ và có $M = 5$ là tổng số trạm có trong vùng khí hậu nghiên cứu, khi đó dung lượng mẫu sử dụng để tính Err_{rcm} bằng $N \times M = 365 \times 5 = 1825$). Cách làm này để đảm bảo giá trị Err_{rcm} được tìm ra đáp ứng được tiêu chí thống kê dựa trên tập dung lượng mẫu đủ lớn. Giá trị Err_{rcm} này được coi là sai số hệ thống đặc trưng của mô hình RCM tại vùng khí hậu nghiên cứu.

$$Err_{rcm} = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^{N \times M} Err_i \quad (2.1.2)$$

4) Xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs: Theo công thức (2.1.1) ở trên.



Hình 2.1.4. Các bước thực hiện của phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống (DMO_ME)

2.3.2. Phương pháp phân vị (DMO_PER)

Phương pháp xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs cho RCMs bằng cách hiệu chỉnh sai số hệ thống ở trên có ưu điểm là dễ dàng thực hiện và có thể đem lại hiệu quả cao khi sai số hệ thống tương đối rõ cả về biên độ và dấu. Tuy nhiên, cách tiếp cận này thường tạo ra các kết quả quá thiên cao hoặc thiên thấp trong việc xác định số lượng ECEs tại những vùng có biên độ sai số hệ thống lớn, hoặc hầu như không thay đổi so với quan trắc khi biên độ sai số hệ thống của RCMs là nhỏ. Ngoài ra,

phương pháp này thường không đem lại nhiều cải thiện khi áp dụng cho các vùng khí hậu có sự khác biệt lớn về độ cao giữa các trạm do các cực trị sai số hệ thống đã bị làm trơn sau khi lấy trung bình cộng. Bên cạnh đó, sai số tổng cộng của RCMs còn bao hàm cả sai số ngẫu nhiên và sai số này rất khó loại bỏ. Do đó tại những khu vực có sự tác động lớn của sai số ngẫu nhiên, cách tiếp cận này sẽ không phát huy được hiệu quả.

Để khắc phục những nhược điểm của phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống, luận án xây dựng phương pháp phân vị để tính toán chỉ tiêu xác định ECEs cho RCMs. Phương pháp này về cơ bản dựa trên giả thiết dạng hàm phân bố của yếu tố khí quyển được sử dụng để xác định ECEs mô phỏng từ RCMs là tương tự với số liệu quan trắc (ví dụ phân bố của yếu tố nhiệt độ tối cao được sử dụng để xác định các hiện tượng nắng nóng từ số liệu quan trắc và mô phỏng của RCMs đều có dạng Gauss). Cách thức thực hiện của phương pháp này gồm hai bước như sau:

- Bước 1: Xác định phân vị quan trắc tương ứng với chỉ tiêu đưa ra. Cụ thể, dựa trên chuỗi số liệu quan trắc của yếu tố khí quyển được sử dụng để xác định ECEs, tính giá trị phân vị tương ứng với chỉ tiêu này.

- Bước 2: Xác định chỉ tiêu cho RCMs dựa trên phân vị quan trắc tương ứng. Cụ thể, từ phân vị quan trắc tìm được ở bước 1, áp dụng vào chuỗi số liệu mô phỏng từ RCMs của yếu tố khí quyển được sử dụng để xác định ECEs, từ đó tính ra được giá trị cụ thể tương ứng với phân vị đưa ra.

Do các hiện tượng khí hậu cực đoan được xem xét ở đây đều mang tính không gian (cục bộ hoặc diện rộng), nên việc xây dựng chỉ tiêu không thể áp dụng cho từng trạm cụ thể. Trong nghiên cứu này, chúng tôi xây dựng bộ chỉ tiêu chung cho từng vùng khí hậu. Do vậy, khi áp dụng phương pháp phân vị, toàn bộ chuỗi số liệu của các trạm trong cùng một vùng khí hậu sẽ được gộp lại thành một chuỗi số liệu chung để tính toán phân vị tương ứng từ giá trị chỉ tiêu đưa ra. Cách thức gộp chuỗi số liệu này cũng được áp dụng cho số liệu mô phỏng từ RCMs sau khi đã nội suy về điểm trạm (bước 2 của phương pháp phân vị).

Để tính phân vị tương ứng với giá trị đưa ra, cách tính thông thường được sử

dụng bằng cách sắp xếp chuỗi số liệu theo trình tự tăng dần và đếm số phần tử nhỏ hơn giá trị đưa ra. Tuy nhiên, để tính giá trị tương ứng với phân vị q đưa ra, có hai phương pháp tính: 1) tính theo công thức toán học của hàm phân bố (phương pháp lý thuyết); và 2) tính gần đúng (phương pháp thực nghiệm). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cách tính thực nghiệm do chuỗi số liệu mô phỏng của mô hình chỉ được thực hiện trong 10 năm nên việc xấp xỉ hàm phân bố lý thuyết không đảm bảo được yêu cầu của kiểm nghiệm thống kê. Theo phương pháp thực nghiệm, giá trị tương ứng y với phân vị q đưa ra sẽ được tính theo công thức:

$$y = \frac{x(j) + x(j+1)}{2} \quad (2.1.3)$$

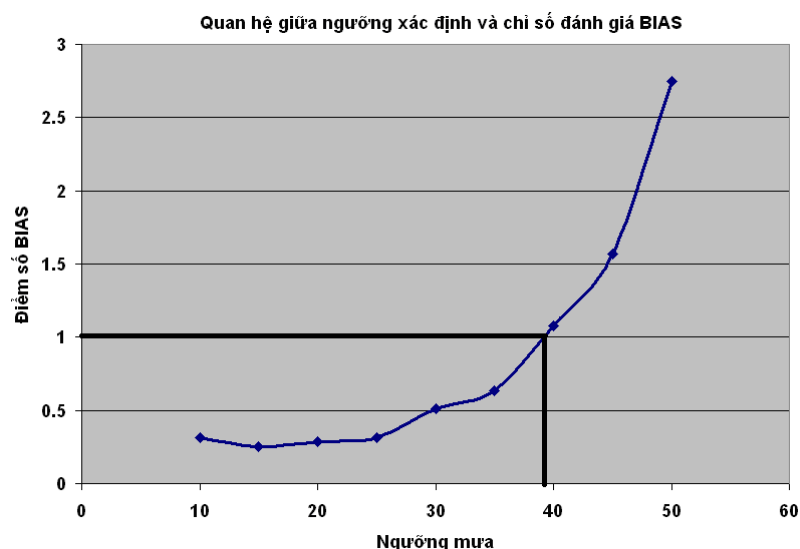
trong đó j là hạng của phần tử x trong chuỗi trình tự tăng dần. Giá trị j sẽ được tính dựa trên độ dài chuỗi (n) và phân vị đưa ra. Ở đây, chúng tôi sử dụng giả thiết phần lẻ bằng 0 ($g=0$). Cụ thể, giả sử chuỗi số liệu có 4 phần tử: $x_1=2$; $x_2=1$; $x_3=4$; $x_4=3$. Chuỗi được sắp xếp lại theo thứ tự tăng dần: $x_1=1$; $x_2=2$; $x_3=3$; $x_4=4$. Giả thiết phân vị đưa ra là phân vị thứ 75 ($q = 0.75$), khi đó: $j = \text{round}(n \times q) = 4 \times 0.75 = 3$ với round là hàm lấy số chẵn. Với j tìm được, theo công thức (2.1.2) ta sẽ nhận được giá trị của $y = (x(j)+x(j+1))/2 = (x(3)+x(4))/2 = (3+4)/2 = 3.5$.

2.3.3. Phương pháp thực nghiệm (DMO_EXP)

Các phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống và sử dụng phân vị trình bày ở trên mới chỉ đề cập đến “pha” của ECEs, tức là có hay không có xảy ra mà chưa đề cập đến thời gian xảy ra ECEs có trùng khớp hay không. Do đó, chúng tôi đề xuất thêm phương pháp xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs từ sản phẩm của RCMs có tính đến yếu tố thời gian xảy ra ECEs. Cụ thể, chúng tôi đề xuất sử dụng phương pháp thực nghiệm dựa trên lập luận với một chỉ tiêu được chọn đúng, các chỉ số đánh giá sẽ đạt cực đại/cực tiểu (ví dụ như chỉ số $\text{BIAS} = 1$, $\text{POD} = 1$, $\text{FAR} = 0$, ...). Đối với các chỉ tiêu cao hơn và thấp hơn chỉ tiêu chuẩn, thì các giá trị chỉ số đánh giá sẽ biến thiên theo dạng hàm tuyến tính.

Hình 2.1.5 minh họa đồ thị của chỉ số đánh giá BIAS theo các chỉ tiêu xác định hiện tượng mưa lớn cục bộ (lượng mưa tích lũy trong 24 giờ) cho khu vực

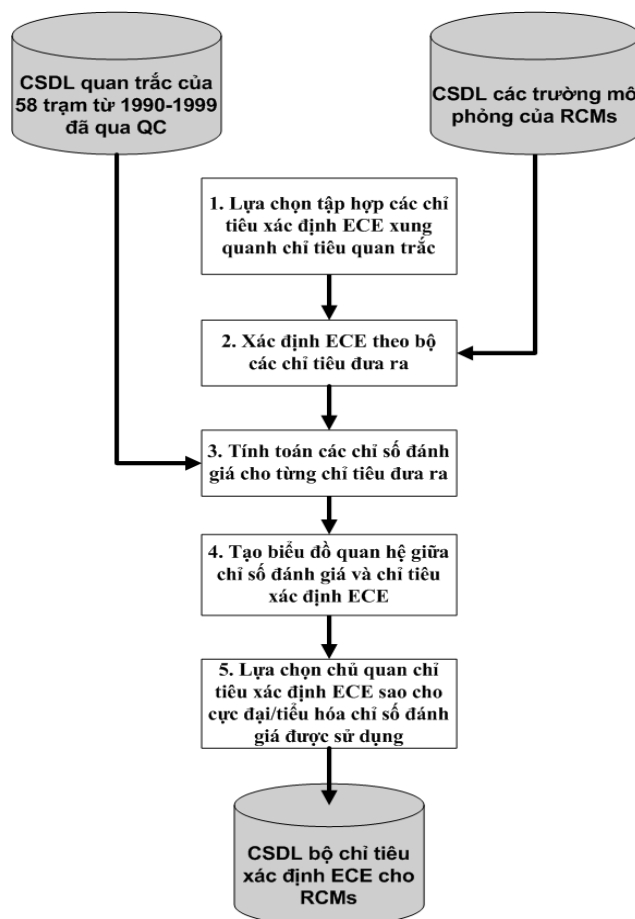
Nam Bộ. Từ hình này có thể ước lượng một cách định tính, với chỉ tiêu lượng mưa tích lũy trong 24 giờ vào khoảng 38mm thì chỉ số BIAS sẽ bằng 1. Dưới ngưỡng này, mô hình có xu hướng mô phỏng thiên thấp hiện tượng mưa lớn cục bộ và trên ngưỡng này mô hình cho xu hướng thiên cao.



Hình 2.1.5. Biểu đồ minh họa quan hệ giữa ngưỡng xác định mưa lớn và chỉ số đánh giá BIAS cho khu vực Nam Bộ

Hình 2.1.6 đưa ra các bước thực hiện chính của phương pháp thực nghiệm để xây dựng chỉ tiêu lựa chọn ECEs từ các sản phẩm của RCMs. Quá trình xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs theo phương pháp thực nghiệm sẽ áp dụng riêng cho từng mô hình khí hậu khu vực và từng vùng khí hậu. Chỉ tiêu được lựa chọn sẽ áp dụng chung cho các điểm trạm trong vùng khí hậu xem xét. Các kết quả tính toán đặc trưng thống kê trong quá khứ của ECEs và kết quả đánh giá các yếu tố khí quyển sử dụng để xác định ECEs từ RCMs được sử dụng để hỗ trợ việc lựa chọn các chỉ tiêu sao cho hiệu quả nhất (giảm chi phí tính toán khi phải thực hiện quá nhiều lần chạy chương trình với nhiều chỉ tiêu đưa ra). Nói chung, phương pháp này có ưu điểm là dễ thực hiện nhưng tốn chi phí tính toán hơn so với hai phương pháp trình bày ở phần trên. Ngoài ra, do mỗi chỉ số đánh giá phản ánh một khía cạnh về chất lượng mô phỏng nên phương pháp này đòi hỏi phải sử dụng nhiều chỉ số đánh giá thay vì sử dụng một chỉ số đơn lẻ. Tuy nhiên, việc này có thể dẫn đến nhiều chỉ tiêu khác nhau được tìm ra theo các chỉ số đánh giá khác nhau. Đặc biệt, yếu tố chủ quan của

người xác định có thể ảnh hưởng đến kết quả cuối cùng. Trong nghiên cứu này, để đơn giản hóa chúng tôi đề xuất chỉ sử dụng chỉ số BIAS để xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs từ sản phẩm của RCMs.



Hình 2.1.6. Các bước thực hiện của phương pháp thực nghiệm

2.4. Phương pháp đánh giá kết quả

Vấn đề đánh giá có thể được hiểu theo nhiều khía cạnh khác nhau. Để tránh sự nhầm lẫn, ở đây khái niệm đánh giá sẽ được giới hạn ở việc đánh giá chất lượng của một mô hình khi thực hiện bài toán mô phỏng. Trong phạm vi luận án này, chúng tôi sử dụng các chỉ số đánh giá dưới đây cho mục đích đánh giá chất lượng mô phỏng một số yếu tố khí quyển của RCMs được sử dụng để xác định ECEs cũng như chất lượng mô phỏng ECEs từ sản phẩm của RCMs. Cụ thể, các chỉ số đánh giá được sử dụng bao gồm:

- 1) Sai số trung bình hay sai số hệ thống ME (Mean Error)

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i) \quad (2.1.4)$$

với F_i và O_i tương ứng là giá trị mô hình và giá trị quan trắc của một biến nào đó, $i=1,2,\dots, N$, với N là dung lượng mẫu. Chỉ số ME biểu thị sai số trung bình giữa mô hình và quan trắc, kết quả giá trị của ME cho ta biết xu hướng sai số của mô hình nhưng không phản ánh được độ lớn của sai số. Giá trị của ME dương có nghĩa là kết quả của mô hình có xu hướng cao hơn so với quan trắc, ngược lại giá trị của ME âm thì mô hình có xu hướng thấp hơn so với quan trắc. Khi $ME=0$, mô hình được xem là hoàn hảo. Miền giá trị của ME biến thiên từ $-\infty$ đến $+\infty$.

2) Sai số quân phương RMSE (Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (2.1.5)$$

Chỉ số RMSE là căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (MSE) và cũng là giá trị của biên độ sai số nhưng lại không cho biết thiên hướng của sai số, còn được gọi là sai số bậc hai. Khi giá trị của RMSE càng lớn thì sai số biến động càng mạnh. Kết quả thống kê cho thấy RMSE rất nhạy cảm với những giá trị sai số lớn, điển hình là khi áp dụng cho bài toán thời tiết. Vì vậy, nếu RMSE càng gần với sai số tuyệt đối (MAE) thì sai số mô hình càng ổn định và khi đó việc hiệu chỉnh sản phẩm mô hình sẽ mang lại hiệu quả.

Đối với trường hợp đánh giá có tính đến pha xảy ra hiện tượng (biến phân hạng hoặc biến nhị phân), bảng phân loại (xem bảng 2.1.2) được sử dụng, trong đó $N=A+B+C+D$ là dung lượng mẫu. Trong luận án này, chúng tôi chỉ sử dụng chỉ số BIAS để nghiên cứu xây dựng chỉ tiêu xác định ECEs từ RCMs. Chỉ số này được tính toán như sau:

$$BIAS = \frac{A+B}{A+C} \quad (2.1.6)$$

Chỉ số BIAS là tỷ lệ giữa số lần có xảy ra hiện tượng mà mô hình và quan trắc nắm bắt được. Khác với chỉ số ME, miền giá trị của BIAS biến đổi trong khoảng từ 0 đến $+\infty$ và mô hình cho kết quả lí tưởng khi chỉ số $ME=0$, còn với chỉ

số BIAS, mang lại giá trị lí tưởng khi BIAS=1. Giá trị của BIAS càng nhỏ hơn 1 đồng nghĩa với mô hình cho kết quả báo sót nhiều; khi giá trị BIAS càng lớn hơn 1 đồng nghĩa với mô hình cho kết quả báo không nhiều lên. Về mặt ý nghĩa, đại lượng BIAS chỉ cho biết mức độ phù hợp giữa mô hình và quan trắc về tần suất xuất hiện nhưng không phản ánh độ chính xác của mô hình. Chẳng hạn trong công thức (2.1.6), trong trường hợp xảy ra nếu A=0 (nghĩa là mô hình cho kết quả sai trong tất cả các lần có xuất hiện hiện tượng) thì giá trị của BIAS vẫn bằng 1 (số lần xuất hiện hiện tượng theo mô hình (A+B) vẫn bằng số lần xuất hiện hiện tượng trong thực tế quan trắc được (A+C)).

Bảng 2.2. Bảng phân loại tần suất xuất hiện các sự kiện

		Quan trắc		
		Có	Không	Tổng
Mô hình	Có	A	B	A+B
	Không	C	D	C+D
	Tổng	A+C	B+D	N

Chỉ số đánh giá ME và RMSE sẽ được sử dụng để đánh giá chất lượng mô phỏng của RCMs cho các yếu tố khí quyển được sử dụng để xác định ECEs. Để đánh giá chất lượng mô phỏng ECEs từ RCMs, chỉ số ME sẽ được sử dụng. Chỉ số BIAS chỉ được sử dụng để xây dựng các biểu đồ quan hệ giữa chỉ tiêu xác định ECEs và chất lượng mô phỏng trong phương pháp thực nghiệm.

Nhận xét cuối chương:

Để đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng các mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL, REMO, với bộ số liệu quan trắc và mô phỏng được sử dụng như phân tích trong phần đầu của chương 2, ba phương pháp hiệu chỉnh sai số đã được xây dựng bao gồm: Phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống; phương pháp phân vị và phương pháp thực nghiệm. Việc xây dựng ba phương pháp sẽ đảm bảo việc xác định các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng các RCMs bao hàm cả việc xác định về pha và thời gian.

Chương 3 sẽ là trình bày chi tiết kết quả tính toán bao gồm (đặc trưng khí hậu của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam để thông qua đó có thể thấy được bức tranh tổng quan của chúng dựa trên các số liệu quan trắc thực tế. Tiếp đến là kết quả về chất lượng mô phỏng một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của RCMs. Phần này như để chứng minh khả năng mô phỏng của mô hình đến mức độ nào? có thực sự phản ánh được bản chất của các hiện tượng hay không? Và cuối cùng là kết quả hiệu chỉnh mô hình RCMs cho ECEs.

Chương 3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG MÔ PHÒNG CÁC CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN CỦA MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC

Chương 3 của luận án sẽ trình bày toàn bộ kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các hiện tượng cực đoan bằng mô hình khí hậu khu vực sử dụng trong nghiên cứu. Trong phần 1 của chương 3, đặc điểm phân bố thống kê trên khu vực Việt Nam của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan được tổng kết lại dựa trên số liệu quan trắc thực tế từ năm 1961-2010 của 58 trạm quan trắc. Trong phần 2 của chương 3, kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan từ ba mô hình khí hậu khu vực được đưa ra dựa trên việc so sánh kết quả của các chỉ số tính từ mô hình và chỉ số tính từ quan trắc thực tế. Trong phần 2 cũng đưa ra những kết luận về các xu thế sai số của từng mô hình ứng với từng yếu tố hay hiện tượng khí hậu cực đoan sử dụng để mô phỏng.

Thông qua việc đánh giá với số liệu quan trắc thực tế trong phần 2 của chương 3 cho thấy kết quả mô phỏng trực tiếp từ ba mô hình (DMO); nếu sử dụng các ngưỡng quan trắc thông thường dùng để xác định các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan, sai số của ba mô hình sẽ rất lớn. Với thực tế trên, chúng tôi đề xuất các phương pháp hiệu chỉnh kết quả mô phỏng từ các mô hình khí hậu khu vực. Đây cũng là nội dung chính của luận án, sẽ được trình bày chi tiết trong phần 3 của chương 3. Kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan được đưa ra dựa trên việc hiệu chỉnh kết quả mô phỏng (ở đây là các chỉ số khí hậu cực đoan) bằng phương pháp thực nghiệm (EXP), phương pháp dựa vào sai số hệ thống (BIAS) và phương pháp dựa vào phân tích phân vị (PER). Trong phần này sẽ đánh giá hiệu quả của các phương pháp hiệu chỉnh cho từng mô hình đối với từng hiện tượng khí hậu cực đoan, qua đó tổng kết bộ chỉ tiêu tối ưu cho các mô hình khí hậu khu vực khi áp dụng vào việc mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan tại Việt Nam. Đánh giá một cách chi tiết giữa các kết quả hiệu chỉnh và chưa hiệu chỉnh cho thấy từng phương pháp hiệu chỉnh có những hiệu

ứng tích cực đến kết quả mô phỏng và chúng phụ thuộc vào khu vực khí hậu hoặc các cực trị khí hậu và hiện tượng cực đoan khác nhau. Đánh giá tổng thể cho thấy sau khi áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh nêu trên, kết quả mô phỏng từ ba mô hình đều đã được cải thiện một cách rõ rệt so với kết quả DMO. Qua đó, ta thấy được sự cần thiết của việc hậu xử lý và hiệu chỉnh sản phẩm dự báo của các mô hình trước khi đưa vào ứng dụng cho khu vực Việt Nam.

Các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan đều được thống kê, đánh giá một cách chi tiết theo từng khu vực. Tuy nhiên luận án chỉ đưa ra một số hình minh họa mang tính đặc trưng nhất.

3.1. Đặc điểm phân bố thống kê của các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực Việt Nam

3.1.1. Đặc điểm thống kê của các cực trị khí hậu

Trong bảng 3.1 đưa ra giá trị kỷ lục của các cực trị khí hậu. Từ bảng 3.1, ta có thể thấy rằng nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) đều đạt trên 40°C tại tất cả các vùng khí hậu trên cả nước, đặc biệt tại vùng khí hậu Bắc Trung Bộ nơi chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của hiện tượng gió “phơn”. Tại khu vực này, nhiệt độ tối cao cực đại nhất (42.7°C) trên toàn quốc. Nếu như sự chênh lệch giá trị tối cao tuyệt đối của nhiệt độ không rõ ràng giữa các vùng khí hậu khác nhau, thì ngược lại sự khác biệt về giá trị tối thấp tuyệt đối tháng của nhiệt độ (TNn) lại khá lớn và về cơ bản trị số này giảm từ Nam ra Bắc.

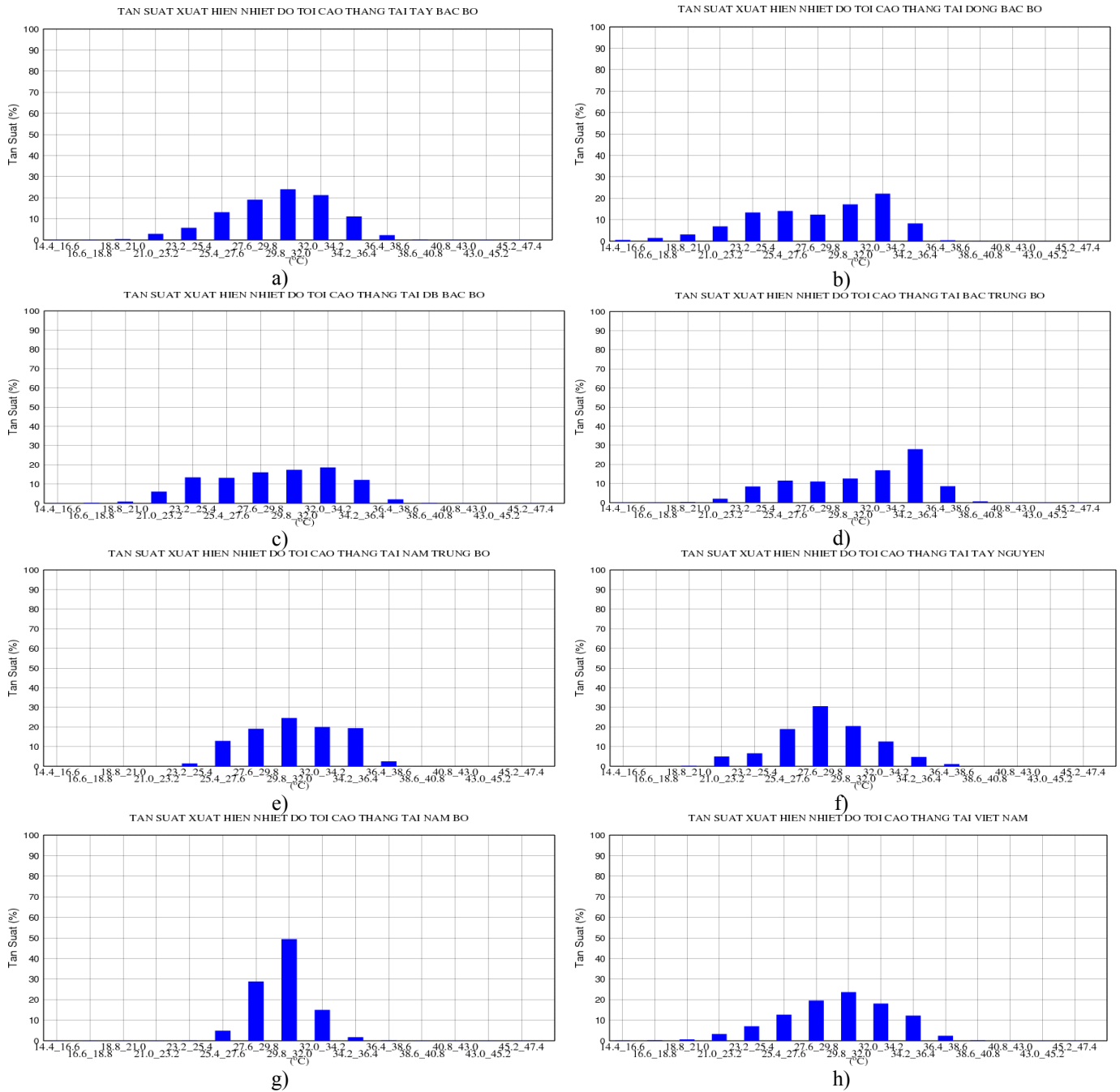
Bảng 3.1. Giá trị kỷ lục của các cực trị khí hậu

Cực trị khí hậu	Vùng khí hậu						
	B1	B2	B3	B4	N1	N2	N3
TXx(°C)	42.2	41.0	41.2	42.7	41.5	40.7	40.2
TNn(°C)	-1.5	-3.5	1.8	1.7	9.2	4.5	14.8
Rx(mm)	242.5	427.0	394.9	977.6	639.5	489.1	808.0

Bên cạnh các yếu tố nhiệt, bảng 3.1 cũng cung cấp những giá trị kỷ lục của yếu tố mưa. Giá trị Rx lớn nhất tại các khu vực Bắc Trung Bộ (977.6 mm), Nam Bộ (808.0 mm) và Nam Trung Bộ (639.5 mm). Tiếp đến là khu vực Tây Nguyên (489.1

mm). Cuối cùng là hai khu vực Đồng bằng Bắc Bộ và Tây Bắc Bộ, giá trị Rx tương ứng là 394.9 mm và 242.5 mm.

Nếu như bảng 3.1 cung cấp thông tin về giá trị kỷ lục của các yếu tố nhiệt độ và mưa tại các vùng khí hậu trên cả nước thì các hình từ 3.1.1 đến 3.1.5 sẽ cung cấp thông tin về khoảng giá trị của các yếu tố nêu trên.



Hình 3.1.1. Biểu đồ tần suất xuất hiện nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn Việt Nam

Hình 3.1.1 minh họa tần suất xuất hiện của nhiệt độ tối cao tháng theo những ngưỡng giá trị khác nhau tính trung bình trên toàn Việt Nam (tại các vùng Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ). Trong các biểu đồ này, trục hoành là các khoảng chia của TXx cách nhau 2.2°C và trục tung là giá trị xác suất (%). Trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam (hình 3.1.1), giá trị nhiệt độ tối cao ngày xuất hiện trong khoảng từ 18.8°C đến 38.6°C . Tần suất xuất hiện giá trị TXx trong khoảng $29.8 - 32.0^{\circ}\text{C}$ xấp xỉ 25%, trong hai khoảng $27.6 - 29.8^{\circ}\text{C}$ và $32.0 - 34.2^{\circ}\text{C}$ tương ứng là 18% đến 20% và trong hai khoảng giá trị $25.4 - 27.6^{\circ}\text{C}$ và $34.2 - 36.4^{\circ}\text{C}$ chiếm 12%. Như vậy, nền nhiệt độ tối cao tháng của Việt Nam có phân bố xấp xỉ phân bố chuẩn, với giá trị TXx phổ biến trong khoảng $29.8 - 32.0^{\circ}\text{C}$.

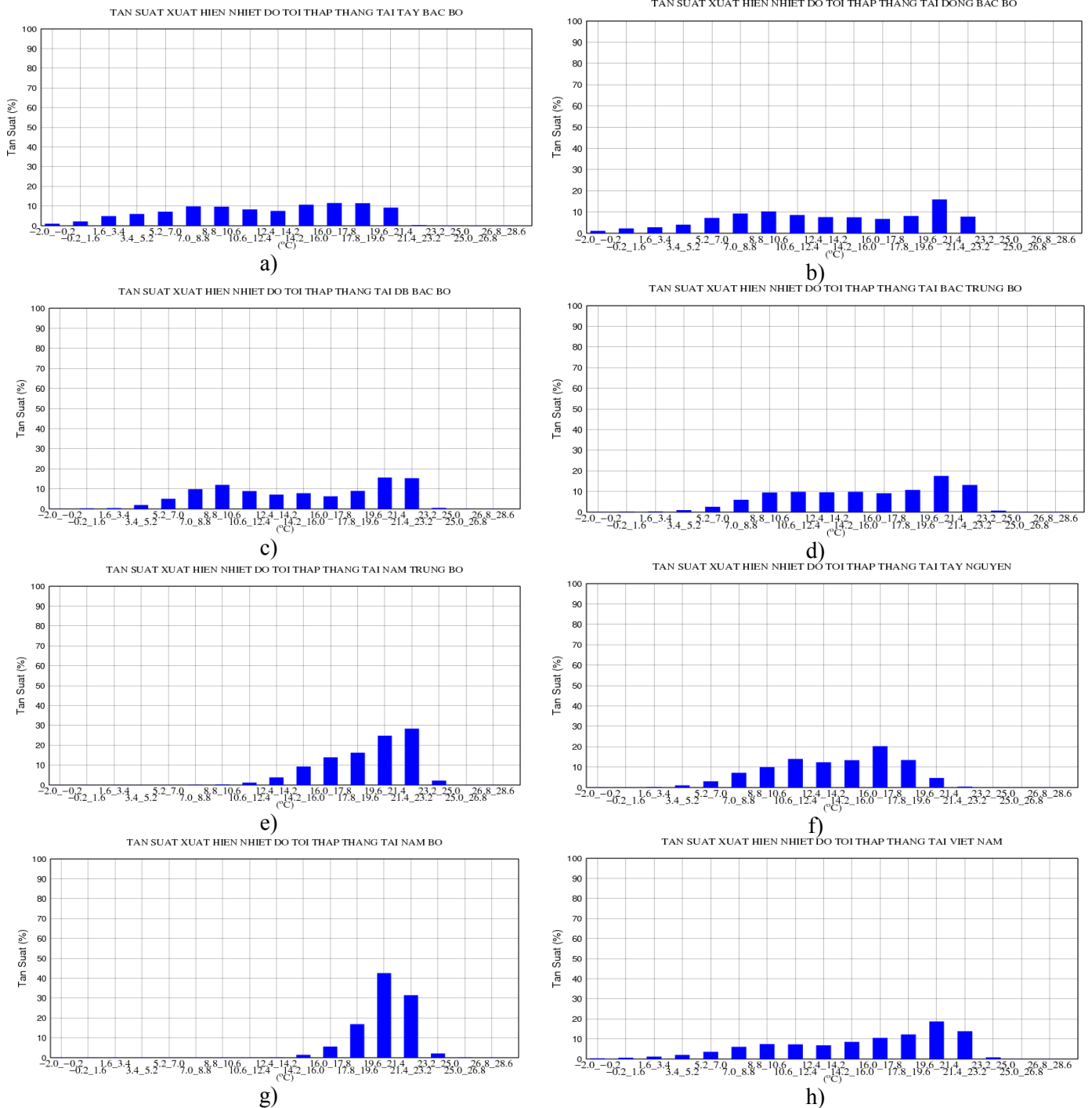
Khu vực Tây Bắc Bộ (hình 3.1.1a) có phân bố tần suất của TXx khá giống với của Việt Nam. Nền nhiệt độ tối cao TXx biến đổi trong khoảng $29.8 - 32.0^{\circ}\text{C}$ với tần suất xuất hiện là 24%. TXx có tần suất xuất hiện trong khoảng $27.6 - 29.8^{\circ}\text{C}$ và $32.0 - 34.2^{\circ}\text{C}$ lần lượt là 19% và 21%. Khu vực này cũng có tần suất xuất hiện của giá trị TXx nằm ngoài $[25.4^{\circ}\text{C}, 36.4^{\circ}\text{C}]$ khoảng 10%. Khu vực Đông Bắc Bộ (hình 3.1.1b) có phân bố tương đối khác so với trung bình toàn Việt Nam, tại khu vực này nhiệt độ tối cao tháng tập trung trong khoảng $32.0 - 34.2^{\circ}\text{C}$ với tần suất xuất hiện giá trị TXx khoảng 23%. Nếu như trên toàn Việt Nam, tần suất xuất hiện các giá trị TXx nằm ngoài khoảng $25.4 - 36.4^{\circ}\text{C}$ là khá nhỏ (chưa đến 10%) thì tại Đông Bắc Bộ giá trị TXx nhỏ hơn 25°C chiếm xấp xỉ 40%. Đối với khu vực Đồng bằng Bắc Bộ (hình 3.1.1c), tần suất xuất hiện TXx lớn nhất là 18% với khoảng giá trị $32.0 - 34.2^{\circ}\text{C}$, và thấp nhất trong khoảng giá trị $34.2 - 36.4^{\circ}\text{C}$. Như vậy có thể thấy với biên độ dao động xấp xỉ 13°C , giá trị TXx tại khu vực Đồng bằng Bắc Bộ biến động khá mạnh trong 50 năm qua.

Trái ngược với khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, khu vực Bắc Trung Bộ (hình 3.1.1d) là nơi có nền nhiệt độ tối cao tháng tương đối ổn định và có trị số khá cao tập trung trong khoảng ($34.2 - 36.4^{\circ}\text{C}$) với tần suất xấp xỉ 28%. Đối với khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ, hai khu vực này có nền nhiệt độ tối cao khá ổn định lần

lượt từ 27.6 - 29.8°C (chiếm 30%) và từ 29.8 - 32.0°C (chiếm 50%). Như vậy, từ các phân bố tần suất xuất hiện TXx tại các vùng ta có thể nhận định được nền nhiệt của TXx trên toàn lãnh thổ Việt Nam và từng vùng khí hậu riêng biệt trên phạm vi cả nước. Một số nhận xét bước đầu cho thấy tại các vùng khí hậu phía Bắc, nền nhiệt có xu hướng phức tạp hơn trong khi tại các vùng khí hậu phía Nam nền nhiệt không biến động nhiều.

Tương tự hình 3.1.1, hình 3.1.2 minh họa tần suất xuất hiện của nhiệt độ tối thấp tháng theo các ngưỡng giá trị tính trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam, trong đó trục hoành là các khoảng chia của TNn tương ứng cách nhau 1.8°C và trục tung là giá trị xác suất (%). Như vậy, tính trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam (hình 3.1.2h), giá trị nhiệt độ tối thấp tháng xuất hiện trong khoảng từ -2.0°C đến 25°C.

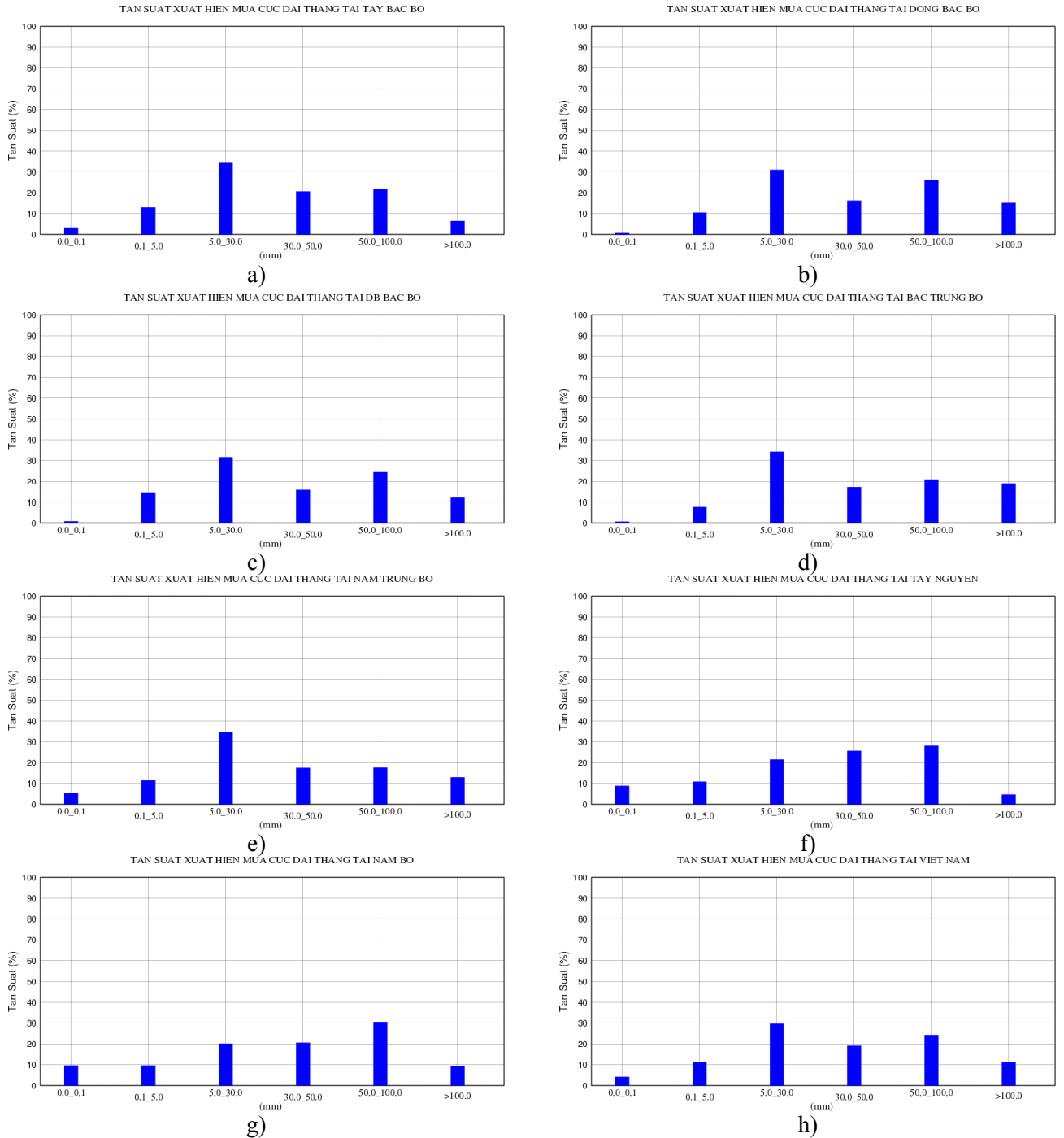
Nhìn chung, giá trị nhiệt độ tối thấp tháng biến đổi khá mạnh, tần suất xuất hiện TNn tại những khoảng giá trị khác nhau xấp xỉ nhau đặc biệt là tại các vùng khí hậu phía Bắc, nguyên nhân do khu vực này bị ảnh hưởng của không khí cực đới, xuất hiện mùa đông lạnh. Giá trị TNn xuống khá thấp, đặc biệt là tại các vùng núi Bắc Bộ. Từ hình 3.1.2 có thể nhận thấy, vùng Tây Bắc Bộ và Đông Bắc Bộ giá trị của TNn xuất hiện từ (-2.°C đến 23°C). Càng xuống phía Nam có thể nhận thấy xu hướng của TNn càng ít biến đổi: Tại khu vực Đồng bằng Bắc Bộ biến đổi từ 1.6 - 25°C; tại khu vực Bắc Trung Bộ từ 3.4°C - 25°C; tại khu vực Tây Nguyên từ 3.4 - 21°C và tại khu vực Nam Bộ từ 14.2 - 25°C.



Hình 3.1.2 Biểu đồ tần suất xuất hiện nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn lãnh thổ Việt Nam

Hình 3.1.3 đưa ra phân bố tần suất xuất hiện mưa cực đại tháng theo các khoảng giá trị 0.0 - 0.1 mm (có xuất hiện mưa); khoảng từ 0.1 - 5 mm (có mưa nhỏ); khoảng từ 5 - 30 mm (có mưa vừa); khoảng từ 30 - 50 mm (từ mưa vừa đến mưa lớn); khoảng từ 50 - 100 mm (có mưa lớn) và trên 100mm (có mưa rất lớn).

Tính trung bình trên toàn Việt Nam, lượng mưa ngày cực đại tháng có hai cực trị, thứ nhất là 30% lượng mưa ngày cực đại tháng có giá trị từ 30 – 50 mm (ngưỡng từ mưa vừa đến mưa to); và 24% số liệu mưa ngày cực đại tháng có giá trị từ 50 - 100 mm (ngưỡng từ mưa lớn đến mưa rất lớn).



Hình 3.1.3. Biểu đồ tần suất xuất hiện lượng mưa cực đại tháng (Rx) tại a) B1; b) B2; c) B3; d) B4; e) N1; f) N2; g) N3 và h) trên toàn Việt Nam

Từ phân bố này có thể thấy rằng, Việt Nam có hai mùa mưa và mùa khô. Trong các tháng mùa khô, lượng mưa ngày cực đại tháng chỉ $< 5\text{mm}$ chiếm đa số nhưng vào các tháng mùa mưa, giá trị của mưa ngày cực đại tháng có thể từ 30 - 50 mm chiếm đa số.

Xét riêng từng khu vực khí hậu, hai khu vực Đông Bắc Bộ và Đồng bằng Bắc Bộ có xu hướng giống trung bình toàn Việt Nam với hai cực trị rõ rệt. Các khu vực còn lại với một cực trị tần suất mưa ngày cực đại tháng. Tuy nhiên lại có sự khác biệt về trị số giữa các khu vực khí hậu phía Bắc và khu vực phía Nam, cụ thể trong khi các khu vực khí hậu phía Bắc phần lớn cực đại mưa ngày trong khoảng 30 - 50 mm thì tại khu vực khí hậu phía Nam, cực đại mưa ngày lại rơi trong khoảng 50 - 100 mm. Ngoài ra, khi xem xét từ khu vực khí hậu phía Nam ra phía Bắc, sự chênh lệch tần suất xuất hiện lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng tăng lên. Tại khu vực Nam Bộ sự chênh lệch tần suất xuất hiện lớn nhất và nhỏ nhất thường không quá ba lần (tần suất xuất hiện mưa ngày cực đại tháng lớn nhất là 30% ứng với khoảng giá trị từ 50 mm – 100 mm và tần suất xuất hiện mưa ngày cực đại tháng thấp nhất khoảng 10% ứng với giá trị mưa từ $< 5\text{mm}$). Các vùng núi Tây Bắc Bộ, giá trị này có thể lên tới từ 5 - 6 lần (tần suất xuất hiện mưa ngày cực đại tháng lớn nhất là 35% ứng với khoảng giá trị 5.0 mm - 30 mm và tần suất xuất hiện mưa ngày cực đại tháng thấp nhất khoảng 2% ứng với giá trị mưa $< 1\text{mm}$).

3.1.2. Đặc điểm thống kê của các hiện tượng khí hậu cực đoan

Dựa vào tiêu chí xác định ECEs như đã trình bày trong chương II, các giá trị kỷ lục về số ngày và số đợt xuất hiện trong một năm của các hiện tượng rét đậm, rét hại được xác định và tổng kết lại trong bảng 3.2. Theo đó, với hiện tượng rét đậm diện rộng, tính tổng cộng trên quy mô diện rộng và cục bộ, khu vực Đông Bắc Bộ có tổng số ngày rét đậm lớn nhất với 47 ngày; xếp thứ hai là khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có 41 ngày; khu vực Tây Bắc Bộ có tổng cộng 35 ngày rét đậm, và cuối cùng là khu vực Bắc Trung Bộ với 27 ngày. Đây là một kết quả phản ánh khá rõ ràng: Khu vực Đông Bắc Bộ là nơi tiếp nhận sớm nhất gió mùa Đông Bắc tràn xuống Việt Nam, chịu ảnh hưởng mạnh mẽ nhất của gió mùa cực đới và đem lại sự

hạ thấp nhiệt độ vào các tháng mùa đông rõ rệt hơn cả. Với khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có số ngày rét đậm kỷ lục trong năm cao thứ hai. Các đợt gió mùa cực đới, sau khi ảnh hưởng tới Đông Bắc Bộ theo các cánh cung vùng núi và dịch chuyển hướng Đông Bắc-Tây Nam như những hành lang đưa không khí lạnh về ảnh hưởng tới khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, và làm cho khu vực này có số ngày rét đậm chỉ kém Tây Bắc Bộ. Khu vực Tây Bắc Bộ tuy là vùng núi nhưng số ngày rét đậm kỷ lục lại ít hơn Đồng bằng Bắc Bộ, điều này có thể được lý giải vì khu vực này được ngăn cách với vùng núi phía Đông Bắc Bộ bởi dãy núi Hoàng Liên Sơn.

Mặt khác không khí lạnh xâm nhập vào Việt Nam rất ít khi từ hướng Bắc mà chủ yếu là từ hướng Đông Bắc, chính vì vậy, khu vực Tây Bắc Bộ thường tiếp nhận không khí lạnh từ phía đồng bằng thổi sang và từ vùng núi Đông Bắc thổi tới đã bị biến tính ít nhiều. Không khí lạnh khi tới Bắc Trung Bộ đã biến tính nhiều nên rất khó có thể gây ra giảm nhiệt độ mạnh. Chính vì vậy, kỷ lục trong một năm của khu vực Bắc Trung Bộ cũng chỉ có 27 ngày, ít hơn hẳn các vùng khí hậu phía Bắc khác. Về số đợt rét đậm, khu vực Đồng bằng Bắc Bộ lại có số đợt nhiều nhất với 29 đợt, khu vực Đông Bắc Bộ có 26 đợt, khu vực Tây Bắc Bộ có 20 đợt và khu vực Bắc Trung Bộ có 15 đợt. Như vậy có thể thấy không khí lạnh cực đới có tác động mạnh mẽ liên tục hơn tại khu vực Đông Bắc Bộ so với tại khu vực Đồng bằng Bắc Bộ và các khu vực khác.

Với hiện tượng rét hại, khu vực Đông Bắc Bộ có số ngày rét hại trên quy mô diện rộng và cực bộ lớn nhất với tổng cộng 79 ngày; khu vực Tây Bắc Bộ có 63 ngày; khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có 44 ngày và khu vực Bắc Trung Bộ chỉ có 23 ngày. Chính vì vậy, khu vực Đông Bắc Bộ như đã phân tích vẫn là nơi chịu ảnh hưởng lớn nhất của không khí cực đới, kết hợp với địa hình vùng núi đã khiến khu vực này có số ngày rét hại gần 80 ngày/năm. Khu vực Tây Bắc Bộ với địa hình núi cao, khiến nền nhiệt chung thấp tạo điều kiện cho nền nhiệt độ hạ thấp xuống mức rét hại khi có không khí lạnh xâm nhập. Khu vực Bắc Trung Bộ là khu vực ít xảy ra hiện tượng rét hại, chỉ có 23 ngày, nguyên nhân do không khí lạnh khi lấn sâu xuống đến khu vực Bắc Trung Bộ đã biến tính nhiều và hiếm khi nền nhiệt độ vùng khí hậu này hạ xuống mức rét hại.

Bảng 3.2. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng rét đậm, rét hại

Hiện tượng KHCĐ	Vùng khí hậu			
	B1	B2	B3	B4
SNRĐDR	05	11	26	04
SĐRĐDR	04	09	17	04
SNRĐCB	30	36	15	23
SĐRĐCB	16	17	12	11
SNRHDR	25	44	38	04
SNRHDR	07	10	09	03
SNRHCB	38	35	06	19
SĐRHCB	15	16	05	09

Bên cạnh yếu tố về nhiệt độ thì mưa là một trong hai biến khí quyển có vai trò quan trọng trong việc hình thành khí hậu đặc trưng cho vùng. Mưa có biến động mạnh mẽ hơn nhiều so với nhiệt độ. Hiện tượng mưa lớn là hệ quả của một số loại hình thời tiết đặc biệt như bão, áp thấp nhiệt đới hay dải hội tụ nhiệt đới, front lạnh, đường đứt.v.v.. Ngoài ra khi có sự kết hợp của các hiện tượng này sẽ tạo nên hình thể phức tạp và nguy hiểm hơn, gây ra các hiện tượng mưa lớn trong thời gian dài và trên một phạm vi rộng. Giá trị kỷ lục về số ngày và số đợt xuất hiện trong năm của các hiện tượng mưa lớn được xác định và tổng kết lại trong bảng 3.3

Bảng 3.3. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng mưa lớn

Hiện tượng KHCĐ	Vùng khí hậu						
	B1	B2	B3	B4	N1	N2	N3
SNMLDR	02	04	06	05	03	01	01
SĐMLDR	02	04	06	05	02	01	01
SNMLCB	14	18	14	18	18	06	06
SĐMLCB	10	14	11	11	10	05	06

Từ bảng 3.3 có thể thấy trong một năm tính tổng cộng trên quy mô diện rộng và cục bộ, khu vực Tây Bắc Bộ có 16 ngày và 12 đợt mưa lớn; khu vực Đông Bắc Bộ có 22 ngày và 18 đợt mưa lớn; khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có 20 ngày và 17 đợt mưa lớn; khu vực Bắc Trung Bộ có 23 ngày và 16 đợt mưa lớn; khu vực Nam Trung Bộ có 21 ngày và 12 đợt; khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ cùng có 7 ngày mưa lớn trên 50mm và tương ứng có 6 đợt đối với Tây Nguyên, 7 đợt đối với Nam Bộ. Nhìn chung, từ Bắc vào Nam, hiện tượng mưa lớn trên 50mm có xu hướng giảm. Ở phía Bắc, khu vực Tây Bắc Bộ là nơi có số ngày mưa lớn ít hơn so với những vùng còn lại. Khu vực Tây Bắc Bộ có sự phân hóa mạnh về khí hậu. Nguyên nhân là do địa hình khu vực Tây Bắc Bộ phức tạp với những hệ thống núi và thung lũng xen kẽ tương tác khá đa dạng với hoàn lưu gió mùa. Vùng núi Tây Bắc Bộ, trong đó phần phía Bắc có ảnh hưởng của rãnh gió Tây trên cao kết hợp với hệ thống núi nên khu vực này có lượng mưa lớn. Hầu hết số ngày mưa lớn ở vùng khí hậu Tây Bắc Bộ diễn ra tại phần phía Bắc khu vực này. Ngược lại, khu vực phía Nam của Tây Bắc Bộ là khu vực có lượng mưa khá ít bởi những thung lũng khuất sau các dãy núi và hiện tượng mưa lớn tại khu vực này rất hiếm khi xảy ra.

Khu vực Đông Bắc Bộ với số ngày mưa lớn thứ hai trên toàn quốc. Địa hình vùng Đông Bắc gồm các dãy núi chạy theo hướng Đông Bắc - Tây Nam. Khí hậu tại khu vực này cũng có sự khác biệt giữa hai bên sườn núi. Tại các sườn đón gió như khu vực ven biển Quảng Ninh, gió Đông từ biển thổi vào vận chuyển một lượng lớn hơi ẩm, kết hợp với địa hình đã tạo cho khu vực này có lượng mưa khá lớn, hiện tượng mưa lớn xảy ra nhiều hơn so với các khu vực khác. Thêm nữa, các tỉnh ven biển Đông Bắc Bộ cũng thường xuyên chịu ảnh hưởng của các cơn bão khiến lượng mưa tại khu vực này tăng cao. Đây cũng chính là nguyên nhân khiến vùng này có số ngày mưa lớn nhiều như vậy. Đối với các khu vực ở bên sườn khuất gió (bao gồm các tỉnh như Cao Bằng, Lạng Sơn) có lượng mưa ít hơn. Như vậy, có thể nhận thấy hai khu vực Tây và Đông Bắc Bộ đã bị chia cắt bởi địa hình và qua đó chịu sự phân hóa khí hậu khá rõ rệt. Do bị chia cắt bởi những dãy núi nên hiện tượng mưa lớn tại các khu vực này chủ yếu chỉ diễn ra trên quy mô cục bộ và rất

hiếm khi xảy ra trên quy mô diện rộng.

Tỷ lệ giữa số ngày mưa lớn diện rộng và cục bộ tại khu vực Tây Bắc Bộ là 14% và tại Đông Bắc Bộ là 22%. Do khu vực Đồng bằng Bắc Bộ có địa hình tương đối bằng phẳng và ít chịu sự phân hóa khí hậu về địa hình nên tại khu vực này sự chênh lệch giữa số ngày mưa lớn diện rộng và cục bộ giảm, tỷ lệ giữa diện rộng và cục bộ là hơn 40%. Đối với khu vực Đồng bằng Bắc Bộ nơi mang đầy đủ đặc tính của khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm và có mùa đông lạnh, mưa lớn trên khu vực này chủ yếu do bão và dải hội tụ nhiệt đới gây ra và những ngày có mưa lớn trên 50 mm thường xảy ra trùng vào các ngày có bão hoạt động (có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp). Bắc Trung Bộ là khu vực có số ngày mưa lớn nhiều nhất trên toàn quốc. Vào các tháng hoạt động của gió mùa Đông Bắc, sau khi di chuyển một quãng đường trên biển, đới gió này mang theo lượng ẩm lớn, khi đến Bắc Trung Bộ, kết hợp với địa hình đón gió dẫn đến mưa lớn diễn ra nhiều nhất tại vùng này so với trên toàn quốc.

Khu vực Nam Trung Bộ là một dải hẹp ven biển và có số ngày cực đại mưa lớn nhất tại các vùng khí hậu phía Nam. Đây là khu vực có sự khác biệt về phân bố lượng mưa giữa phía Bắc và Nam. Tại các phần phía Bắc vùng này, lượng mưa khá lớn, số ngày mưa lớn của vùng Nam Trung Bộ chủ yếu diễn ra trên phần phía Bắc khu vực này. Ngược lại, phần phía Nam của Nam Trung Bộ là một trong những khu vực ít mưa nhất trong cả nước. Vì lẽ đó, mưa lớn diện rộng chiếm tỉ lệ rất ít so với mưa lớn cục bộ chỉ vào khoảng 1/6. Tây Nguyên và Nam Bộ là hai khu vực có số ngày mưa cực đại ít nhất trên cả nước. Kỷ lục tại hai khu vực này là 7 ngày tính trên cả quy mô diện rộng và cục bộ. Đây là hai khu vực có lượng mưa phân phối tương đối đều vì vậy ít có những trận mưa lớn hơn 50 mm.

Bên cạnh các hiện tượng liên quan đến nhiệt độ trung bình ngày (rét đậm, rét hại) thì các hiện tượng liên quan đến nhiệt độ tối cao ngày cũng có những tác động rất lớn, gồm các hiện tượng nắng nóng nhẹ và nắng nóng mạnh trên các quy mô diện rộng và cục bộ. Các giá trị kỷ lục về số ngày và số đợt xuất hiện trong một năm của các hiện tượng nắng nóng, được xác định và tổng kết lại trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Giá trị kỷ lục của các hiện tượng nắng nóng

Hiện tượng KHCĐ	Vùng khí hậu						
	B1	B2	B3	B4	N1	N2	N3
SNNDR	01	07	08	12	01	00	00
SĐNDR	01	05	06	11	01	00	00
SNNCB	29	36	31	55	51	16	19
SĐNBCB	17	17	15	24	19	08	08
SNNMCB	12	06	12	48	20	05	00
SĐNMCB	05	04	06	15	07	02	00

Với hiện tượng nắng nóng nhẹ, khu vực Bắc Trung Bộ có tổng số 67 ngày, 35 đợt nắng nóng tính trên quy mô diện rộng, cục bộ và nhiều nhất trên cả nước. Đứng thứ hai là khu vực Nam Trung Bộ với số ngày và số đợt diễn ra hiện tượng là 52 ngày và 20 đợt. Khu vực Đông Bắc Bộ và Đồng bằng Bắc Bộ có số ngày xảy ra hiện tượng xấp xỉ nhau là 43 ngày, 22 đợt (Đông Bắc Bộ) và 39 ngày, 21 đợt (Đồng bằng Bắc Bộ). Khu vực Tây Bắc Bộ chỉ có 30 ngày nắng nóng nhẹ và 18 đợt. Hai khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ có xu hướng khá giống nhau khi không có hiện tượng nắng nóng nhẹ trên diện rộng mà chỉ có trên quy mô cục bộ. Như vậy xét trên toàn lãnh thổ Việt Nam, khu vực Bắc Trung Bộ chịu tác động của nắng nóng rõ rệt nhất. Nguyên nhân chính gây ra điều này là hiện tượng “phơn” gió Tây Nam (gió Lào). Hiện tượng này ảnh hưởng lớn nhất tới các tỉnh Nghệ An - Hà Tĩnh tiếp giáp với những đèo và thung lũng, hình thành hành lang hút gió. Nhìn chung, thời gian nắng nóng ($T_x > 35^\circ\text{C}$) thường xảy ra trong những ngày có gió Lào. Tại Nam Trung Bộ như phân tích cực trị mưa lớn ở trên, nếu như phần phía Bắc của Nam Trung Bộ có lượng mưa tương đối cao thì tại phía Nam của khu vực Nam Trung Bộ lại là khu vực khô hạn. Phía tây của khu vực này là khối núi Nam Trung Bộ cao từ 1500 - 2000 m, chính vì vậy hiện tượng phơn cũng đã diễn ra ở đây và dẫn tới xuất hiện nắng nóng.

Tại các khu vực Đông Bắc Bộ và Đồng bằng Bắc Bộ, nắng nóng xuất hiện chủ yếu vào thời kỳ khi áp thấp Tứ Xuyên (phía Bắc của Bắc Bộ) phát triển, tạo thành một trung tâm hút gió Tây Nam đi lên khu vực này. Trải qua một quá trình dài di chuyển, các đợt gió đã trở nên khô nóng, khi tới Đông Bắc Bộ hay Đồng bằng Bắc Bộ sẽ tạo nên hiện tượng nắng nóng cho các vùng khí hậu này. Nắng nóng trên khu vực Tây Bắc Bộ do áp thấp nóng phía Tây trong các tháng mùa hè phát triển và thường xuyên thổi gió Tây khô nóng sang phía Tây Bắc Bộ, làm tăng nhiệt độ vùng này tạo nên những ngày nắng nóng. Hai khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ có khí hậu ôn hòa hơn so với các vùng khí hậu phía Bắc, hiện tượng nắng nóng cũng xảy ra ít hơn và đa số trên diện quy mô cục bộ.

Hiện tượng nắng nóng mạnh cục bộ có đặc điểm xu thế khá tương đồng với hiện tượng nắng nóng nhẹ. Khu vực có kỷ lục về số ngày và số đợt nắng nóng vẫn là Bắc Trung Bộ, xếp thứ hai là khu vực Nam Trung Bộ. Tuy nhiên, có một chút khác biệt, các khu vực Tây Bắc Bộ và Đồng bằng Bắc Bộ có số ngày nắng nóng diện rộng bằng nhau, trong khi đó khu vực Đông Bắc Bộ và khu vực Tây Nguyên hiện tượng này xảy ra không phổ biến. Khu vực Nam Bộ không có ngày nắng nóng diện rộng nào diễn ra.

Nhìn chung, trong 50 năm từ năm 1961 đến năm 2010, hiện tượng rét đậm chỉ diễn ra vào các tháng 01 đến tháng 03 và từ tháng 10 đến tháng 12; các tháng khác hầu như không diễn ra. Trong các tháng này, tháng 12, tháng 01 và tháng 02 là các tháng có tần suất xuất hiện hiện tượng lớn nhất. Đây cũng là các tháng chính đông của khu vực Bắc Bộ, trong đó tần suất xuất hiện hiện tượng rét đậm, rét hại lớn nhất vào tháng 01 thường lớn hơn 30%.

Kết quả tính toán tần suất xuất hiện hiện tượng mưa lớn trên quy mô cục bộ và diện rộng thể hiện tính địa phương khá rõ. Nhìn chung phân bố tại khu vực Bắc Bộ không đều, tần suất xuất hiện mưa chủ yếu vào các tháng 7 và tháng 8. Khu vực Trung Bộ bao gồm Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ có lượng mưa chủ yếu tập trung vào một số ít tháng chủ yếu là các tháng 9, tháng 10 và tháng 11. Trong khi đó tại Tây Nguyên và Nam Bộ có phân bố mưa khá đều theo các tháng. Sự chênh lệch

tần suất xuất hiện trong các tháng không lớn, cụ thể giữa tháng có tần suất lớn nhất và nhỏ nhất thường không quá 2 - 3 lần. Tại các vùng khí hậu phía Nam, hiện tượng mưa lớn diện rộng xảy ra vào một số tháng nhất định trong năm (tháng 10, tháng 11 trên Nam Trung Bộ; tháng 6, 8, 9, 10 trên Tây Nguyên và tháng 7 trên Nam Bộ) khác biệt với các khu vực khí hậu phía Bắc mưa lớn xảy ra nhiều hơn do nguyên nhân gây mưa lớn diện rộng đa dạng hơn.

Đối với hiện tượng nắng nóng, các kết quả tính toán tần suất xuất hiện hiện tượng nắng nóng nhẹ và nắng nóng mạnh trên quy mô diện rộng, cục bộ diễn ra tại các tỉnh phía Bắc từ tháng 3 và kết thúc vào tháng 9 hàng năm tập trung trong các tháng 6, tháng 7 và tháng 8. Tần suất xuất hiện hiện tượng nắng nóng trong ba tháng này chiếm 90%, và chỉ 10% tổng số hiện tượng nắng nóng diễn ra trong các tháng còn lại. Trong khu vực khí hậu phía Bắc, khu vực Tây Bắc Bộ có hiện tượng nắng nóng xuất hiện sớm nhất, bắt đầu từ tháng 3 và kết thúc vào tháng 7, tần suất hoạt động cực đại của nắng nóng diễn ra vào các tháng 4, tháng 5 đạt 90%. Phân bố tần suất xuất hiện hiện tượng nắng nóng tại các khu vực khí hậu phía Nam có những nét khác biệt, cụ thể tại khu vực Nam Trung Bộ, tần suất có giá trị lớn nhất vào tháng 6 chứ không phải tháng 7 như các vùng khí hậu phía Bắc. Tại khu vực khí hậu Tây Nguyên và Nam Bộ, hiện tượng nắng nóng xảy ra ít hơn so với các khu vực khí hậu phía Bắc. Hiện tượng nắng nóng xuất hiện chủ yếu từ tháng 02 đến tháng 5. Nắng nóng nhẹ tập trung trong các tháng 3 và tháng 4. Với hiện tượng nắng nóng nhẹ diện rộng, khu vực Tây Bắc Bộ hầu như chỉ diễn ra vào tháng 4. Hai khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ không có đợt nắng nóng nhẹ diện rộng nào.

3.2. Kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của ba mô hình khí hậu khu vực được thử nghiệm

Trong phần này, kết quả mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan cho từng khu vực khí hậu riêng biệt của ba mô hình được đánh giá so sánh với số liệu quan trắc. Đây chính là cơ sở để đề xuất các ngưỡng, phương pháp hiệu chỉnh kết quả mô phỏng tương ứng sẽ đưa ra trong phần 3.3. Chuỗi số liệu của mô hình được sử dụng đánh giá có độ dài từ ngày 01/01/1990 đến ngày 31/12/1999 và

được nội suy từ lưới tính toán mô hình về điểm trạm. Số liệu các trạm trong một khu vực sẽ được gộp lại thành một chuỗi để thực hiện đánh giá khí hậu cho khu vực đó. Chi tiết kết quả đánh giá kỹ năng mô phỏng của ba mô hình được trình bày trong các phần dưới đây.

3.2.1. Kết quả đánh giá các yếu tố khí tượng sử dụng để xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan

Trong phần này thực hiện đánh giá khả năng mô phỏng các yếu tố khí tượng được dùng để xác định hiện tượng khí hậu cực đoan bao gồm: nhiệt độ tối cao ngày, nhiệt độ trung bình ngày và giá trị mưa ngày (mưa tích lũy 24h). Hai chỉ số đánh giá được lựa chọn sử dụng trong mục này là sai số hệ thống (ME) và sai số trung bình quân phương (RMSE). Trong đó, chỉ số ME cho biết xu hướng mô phỏng của mô hình. Giá trị ME âm hay dương sẽ tương ứng với mô hình mô phỏng thiên thấp hay thiên cao so với thực tế. Khi giá trị ME=0, mô hình có xu thế mô phỏng gần với thực tế. Chỉ số RMSE cho biết thông tin về biên độ sai số của các kết quả mô phỏng. Giá trị RMSE tỉ lệ thuận với biên độ sai số mô phỏng. Giá trị RMSE cao hay thấp sẽ tương ứng với biên độ sai số mô phỏng lớn hay nhỏ. Bảng 3.5 đưa ra kết quả đánh giá cho mô phỏng yếu tố nhiệt độ tối cao ngày (Tx) của ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO.

Bảng 3.5. Giá trị ME và RMSE cho mô phỏng Tx từ mô hình RegCM, MM5CL và mô hình REMO (tính trên chuỗi số liệu 1990 - 1999)

Vùng khí hậu	ME(°C)			RMSE(°C)		
	RegCM	MM5CL	REMO	RegCM	MM5CL	REMO
B1	-7.3	-6.7	-5.1	7.9	7.7	7.5
B2	-4.6	-2.9	-2.9	5.6	4.6	6.5
B3	-3.6	-2.9	-2.3	4.6	4.3	6.0
B4	-5.1	-5.0	-3.1	6.1	6.1	6.6
N1	-4.5	-4.8	-3.4	4.9	5.2	6.0
N2	-5.2	-5.4	-3.5	5.8	5.9	6.1
N3	-3.6	-4.0	-2.8	4.0	4.3	6.0

Từ bảng này cho thấy cả ba mô hình cùng có xu hướng mô phỏng thiên thấp

hơn so với thực tế và cho giá trị ME âm trên tất cả các vùng khí hậu. Các vùng núi, mô hình cho kết quả mô phỏng thấp hơn thực tế tương đối nhiều so với tại các vùng đồng bằng. Sai số mô phỏng yếu tố nhiệt độ tối cao của ba mô hình khá lớn, biến đổi từ 4.3°C tới 7.9°C. Trong đó, mô hình MM5CL mô phỏng yếu tố Tx tốt nhất cho các vùng khí hậu phía Bắc, riêng khu vực Tây Bắc Bộ, mô hình REMO cho kết quả mô phỏng tốt nhất với sai số mô phỏng nhỏ nhất. Tại các vùng khí hậu phía Nam thì mô hình RegCM lại cho kết quả mô phỏng tốt nhất.

Tương tự bảng 3.5, trong bảng 3.6 đưa ra kết quả đánh giá mô phỏng yếu tố nhiệt độ trung bình ngày (T2m) của ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO thông qua hai chỉ số ME và RMSE. Nếu như mô hình RegCM và MM5CL có xu hướng mô phỏng thấp hơn quan trắc (giá trị ME của hai mô hình này âm) trên hầu hết các khu vực khí hậu thì mô hình REMO mô phỏng thiên cao hơn quan trắc trên hầu hết các khu vực khí hậu (giá trị ME dương), ngoại trừ duy nhất tại khu vực Tây Bắc Bộ, mô hình này mô phỏng thiên thấp. Về biên độ sai số, mô hình REMO có chất lượng mô phỏng tốt nhất, giá trị RMSE hay biên độ sai số mô phỏng của mô hình này luôn nhỏ hơn của hai mô hình RegCM và MM5CL trên cùng một khu vực khí hậu. Và mô hình RegCM cho kết quả mô phỏng T2m tốt hơn mô hình MM5CL.

Bảng 3.6. Tương tự bảng 3.5 nhưng cho yếu tố nhiệt độ trung bình ngày

Vùng khí hậu	ME(°C)			RMSE(°C)		
	RegCM	MM5CL	REMO	RegCM	MM5CL	REMO
B1	-2.7	-2.7	-0.5	3.7	4.1	3.1
B2	-1.6	-0.5	0.3	3.2	3.1	2.8
B3	-0.9	-0.6	1.0	2.4	2.8	2.4
B4	-1.3	-1.6	1.1	2.9	3.1	2.6
N1	-1.4	-1.2	0.2	2.1	2.3	1.4
N2	-1.0	-1.3	0.9	2.0	2.1	1.8
N3	-0.8	-1.3	0.8	1.6	1.8	1.4

Bảng 3.7 đưa ra kết quả đánh giá cho yếu tố lượng mưa tích lũy 24h (lượng mưa ngày) của ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO thông qua hai chỉ số ME và RMSE. Nếu như hai mô hình REMO và MM5CL có cùng xu hướng mô phỏng

lượng mưa thấp hơn số liệu quan trắc trên hầu hết các vùng khí hậu thì mô hình RegCM có khác biệt. Mô hình này cho kết quả mô phỏng thiên thấp về lượng mưa trên các khu vực khí hậu Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ; thiên cao trên khu vực Bắc Trung Bộ và các khu vực khí hậu phía Nam. Về biên độ sai số, REMO là mô hình có kết quả mô phỏng tốt nhất (giá trị RMSE của mô hình này luôn nhỏ hơn của mô hình RegCM và mô hình MM5CL trên cùng một khu vực khí hậu). Mô hình MM5CL mô phỏng lượng mưa tích lũy ngày tốt hơn mô hình RegCM tại hầu hết các vùng khí hậu, riêng hai vùng khí hậu Bắc và Nam Trung Bộ, mô hình RegCM lại có chất lượng mô phỏng tốt hơn.

Bảng 3.7. Tương tự bảng 3.5 nhưng cho yếu tố lượng mưa tích lũy 24 giờ

Vùng khí hậu	ME(mm/24h)			RMSE(mm/24h)		
	RegCM	MM5CL	REMO	RegCM	MM5CL	REMO
B1	-0.9	-3.5	-5.1	14.2	13.4	12.7
B2	-1.2	-5.0	-2.9	21.2	19.5	18.6
B3	-0.5	-3.4	-2.3	23.7	20.6	19.4
B4	5.8	-2.1	-3.1	32.8	36.5	24.4
N1	5.1	-0.5	-3.4	31.8	27.1	21.4
N2	1.6	-2.9	-3.5	21.1	21.0	13.6
N3	0.1	-2.8	-2.8	25.3	20.3	15.0

3.2.2. Kết quả đánh giá mô phỏng các cực trị khí hậu

Các bảng từ 3.8 và 3.10 là kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu nêu trên của ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO thông qua hai chỉ số ME và RMSE. Với mô hình RegCM, các kết quả đánh giá mô phỏng nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn) và nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) cho thấy mô hình mô phỏng thiên thấp hơn thực tế rõ rệt. Giá trị của chỉ số ME nhỏ hơn 0 tại tất cả các vùng khí hậu. Biên độ sai số (thể hiện qua giá trị RMSE) của mô phỏng TXx khá lớn từ 4.7°C đến 8.2°C. Sai số lớn nhất xảy ra trên các vùng núi phía Bắc, và nhỏ nhất xảy ra tại các vùng đồng bằng. Với nhiệt độ tối thấp ngày cực tiểu tháng, các mô hình mô phỏng có xu hướng thiên cao hơn thực tế quan trắc. Biên độ sai số

mô phỏng của TNn khá nhỏ hơn so với TXx, và có giá trị dao động từ 1.9°C tới xấp xỉ 4°C. Như vậy có thể thấy rằng, khoảng giá trị mô phỏng nhiệt độ của mô hình RegCM hẹp hơn khoảng giá trị nhiệt độ quan trắc. Bên cạnh các yếu tố về nhiệt độ, mưa là yếu tố dự báo khó, đặc biệt là dự báo mưa cực đại tháng do không phải là biến liên tục. Mô hình mô phỏng lượng mưa thiên thấp hơn thực tế, lượng mưa cực đại tháng mô phỏng sai rất lớn, có những vùng sai số đã lên tới hơn 80mm, điển hình như tại các vùng B4, vùng N1 và vùng N3.

Với mô hình MM5CL, kết quả mô phỏng nhiệt độ cho các yếu tố TXx và TNn có xu hướng khá giống với mô hình RegCM, giá trị TXx có xu hướng thiên thấp từ 4.3 - 8°C và lớn nhất xảy ra tại các vùng núi Tây Bắc. Kết quả mô phỏng TNn thiên cao hơn quan trắc phần lớn xảy ra tại các vùng khí hậu, chỉ duy nhất khu vực Tây Bắc Bộ vẫn cho kết quả thiên thấp hơn thực tế. Biên độ sai số mô phỏng yếu tố TNn dao động từ 1.7 - 3°C, (cao nhất là khu vực N2, tiếp đến là khu vực B2, còn khu vực N1 và N3 cho biên độ thấp nhất bằng 1.7°C). Đối với kết quả mô phỏng cho yếu tố mưa: Cũng như mô hình RegCM, kết quả mô phỏng lượng mưa cực đại tháng của mô hình MM5CL thiên thấp khá lớn, từ 50 đến xấp xỉ 83 mm/24h (cao nhất tại khu vực B4, tiếp đến là khu vực B3. Hai khu vực B1 và N2 cho kết quả về biên độ thấp nhất và có giá trị gần bằng nhau).

Mô hình REMO cho kết quả mô phỏng nhiệt độ tối cao tốt hơn cả trong ba mô hình. Yếu tố TXx cũng được mô phỏng thiên thấp, tuy nhiên sai số mô phỏng thấp hơn so với hai mô hình RegCM và MM5CL, và có biên độ sai số dao động chỉ từ 2.7 - 4.9°C (thấp nhất tại khu vực N3). Kết quả mô phỏng cho yếu tố TNn thiên cao và có biên độ dao động từ 2.4°C tới 3.9°C trên tất cả các vùng khí hậu (cao nhất xảy ra tại khu vực N2, N3 và thấp nhất xảy ra tại khu vực B1). Đối với kết quả mô phỏng về cực đại mưa tháng, các sai số vẫn còn lớn, mô hình REMO cho thấy một sự thiếu hụt lượng mưa trong mô phỏng từ 41.4 mm tới 91.5 mm (biên độ sai số lớn nhất xảy ra tại khu vực B4 và thấp nhất xảy ra tại khu vực B1).

Bảng 3.8. Kết quả tính chỉ số ME và RMSE cho mô phỏng các cực trị khí hậu của RegCM

Vùng khí hậu	TXx		TNn		Rx	
	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE
B1	-8.1	8.2	-1.0	2.4	-11.2	36.5
B2	-5.9	6.2	0.6	2.5	-16.6	63.0
B3	-5.0	5.3	1.1	2.1	-9.9	67.1
B4	-7.4	7.8	1.3	2.7	11.6	87.7
N1	-5.4	5.6	1.0	1.9	24.3	82.2
N2	-6.2	6.5	3.3	4.0	15.1	67.6
N3	-4.5	4.7	2.3	2.7	14.6	88.2

Bảng 3.9. Tương tự bảng 3.8 nhưng cho mô hình MM5CL

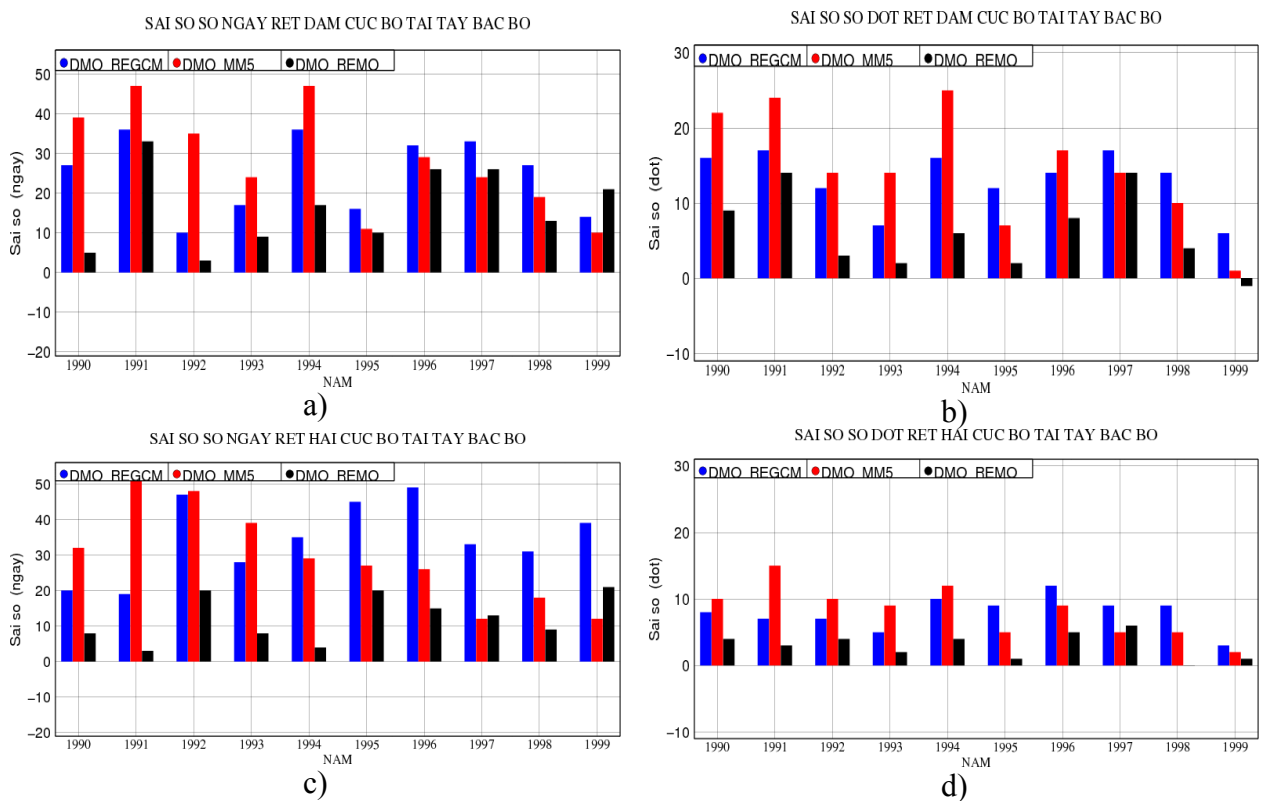
Vùng khí hậu	TXx		TNn		Rx	
	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE
B1	-8.0	8.4	-1.0	2.7	-28.0	44.9
B2	-4.3	4.8	0.9	2.9	-42.2	69.8
B3	-4.3	4.7	0.9	2.7	35.4	77.6
B4	-7.1	7.5	0.6	2.4	-32.6	82.7
N1	-5.8	5.9	0.7	1.7	-14.6	60.1
N2	-6.0	6.3	2.1	3.0	-21.3	43.3
N3	-4.5	4.6	1.3	1.7	-29.0	55.9

Bảng 3.10. Tương tự bảng 3.8 nhưng cho mô hình REMO

Vùng khí hậu	TXx		TNn		Rx	
	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE
B1	-4.4	4.9	0.1	2.4	-27.0	41.4
B2	-2.5	3.4	1.0	2.7	-41.7	66.6
B3	-2.1	2.8	2.2	3.0	-38.7	73.2
B4	-3.7	4.2	2.3	3.1	-52.8	91.5
N1	-3.4	3.7	2.2	2.5	-39.1	67.7
N2	-2.8	3.3	3.5	3.9	-34.5	47.3
N3	-2.5	2.7	3.6	3.9	-34.9	51.1

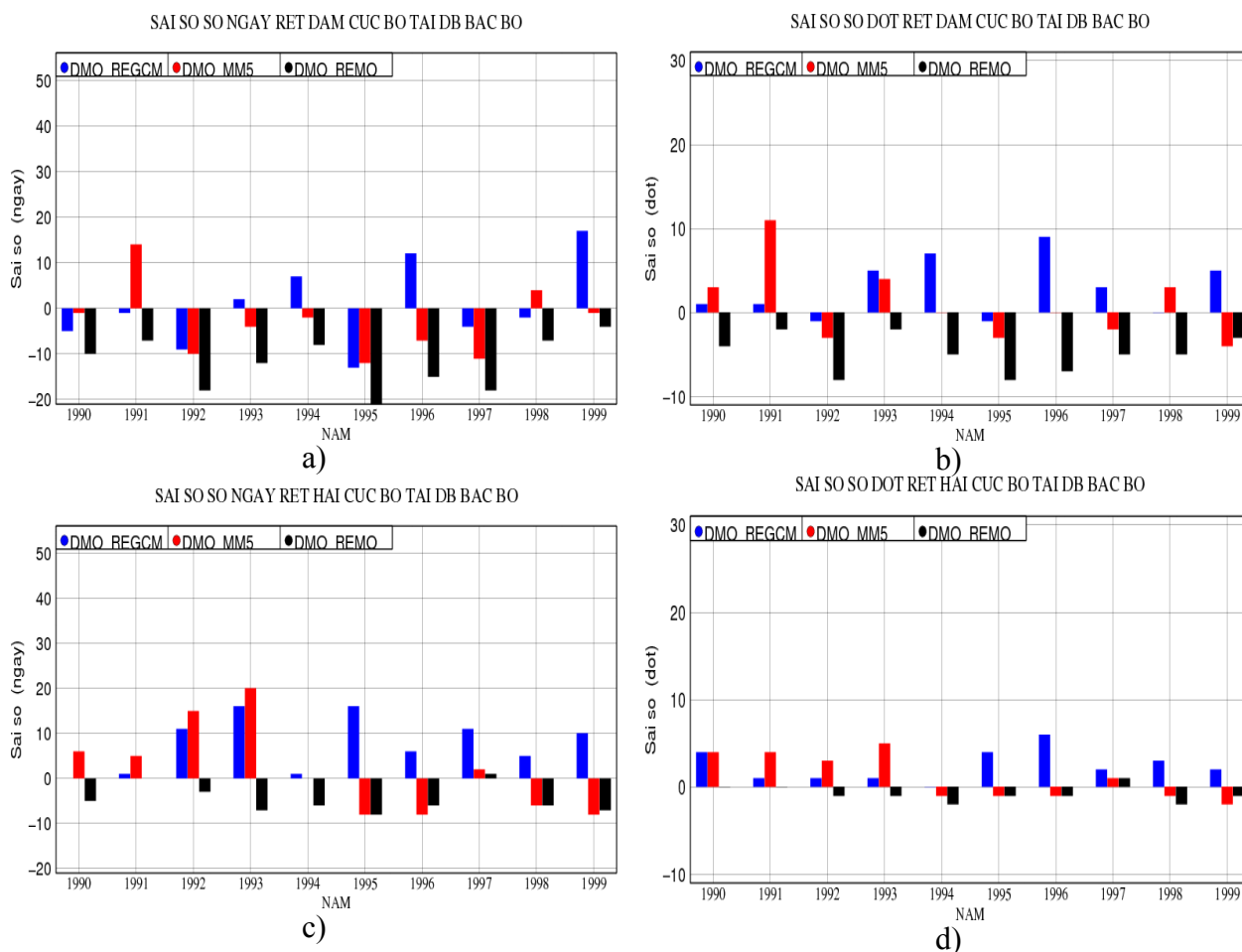
3.2.3. Kết quả đánh giá mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan

Nội dung của mục này là kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các hiện tượng khí hậu cho từng vùng khí hậu riêng biệt. Đây là cơ sở chính để thực hiện các phương pháp hiệu chỉnh cũng như đề xuất các ngưỡng xác định hiện tượng khí hậu cực đoan mới. Các hiện tượng rét đậm và rét hại được xác định thông qua nhiệt độ trung bình ngày. Do khối lượng tính toán và hình ảnh nhiều nên luận án chỉ đưa ra những nét chung nhất đặc trưng cho ba mô hình. Trong hình 3.2.1 minh họa kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng rét đậm, rét hại tương ứng với sai số về số ngày và số đợt. Trục tung biểu thị sai số về số ngày, giá trị trên trục hoành biểu thị năm mô phỏng. Các biểu đồ cột từ trái qua phải biểu thị kết quả của ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO tương ứng với màu xanh, màu đỏ và màu đen. Vì hai mô hình RegCM và MM5CL có xu hướng mô phỏng nhiệt độ trung bình ngày thiên thấp, do đó các kết quả mô phỏng số ngày, số đợt xảy hiện tượng rét đậm và rét hại của hai mô hình này thiên cao hơn thực tế (hình 3.2.1), điển hình là khu vực Tây Bắc.



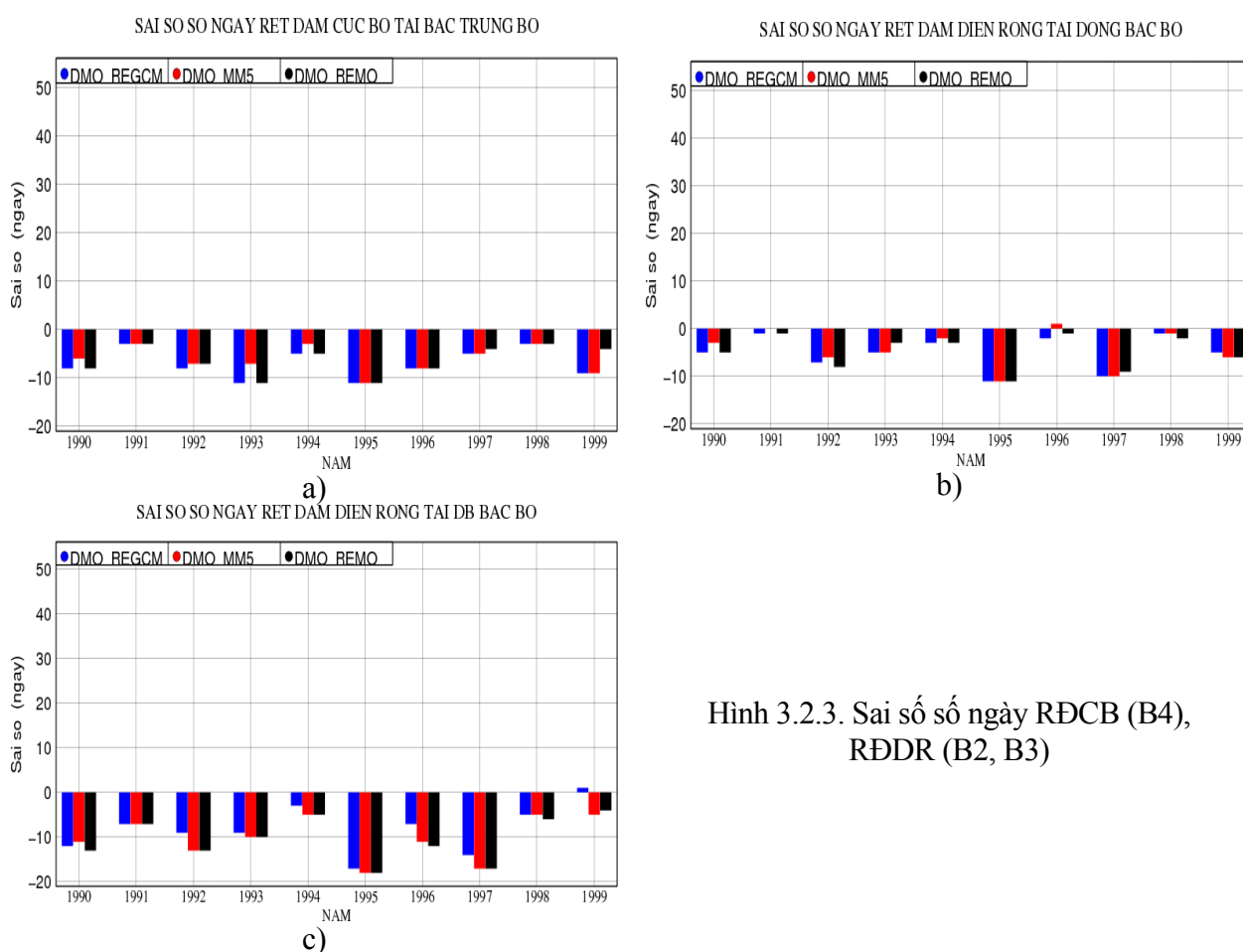
Hình 3.2.1. Sai số số ngày và số đợt RĐCB/RHCB của ba mô hình a) số ngày RĐCB; b) số đợt RĐCB; c) số ngày RHCB; d) số đợt RHCB

Mô hình REMO cho kết quả mô phỏng nhiệt độ trung bình ngày thiên thấp tại vùng Tây Bắc Bộ và kết quả mô phỏng thiên cao trên các vùng khí hậu khác. Vì vậy, sai số số ngày, số đợt rét đậm và rét hại của mô hình REMO có giá trị dương tại khu vực Tây Bắc Bộ và có giá trị âm tại các vùng khí hậu còn lại (hình 3.2.2), điển hình là khu vực Đồng bằng Bắc Bộ.



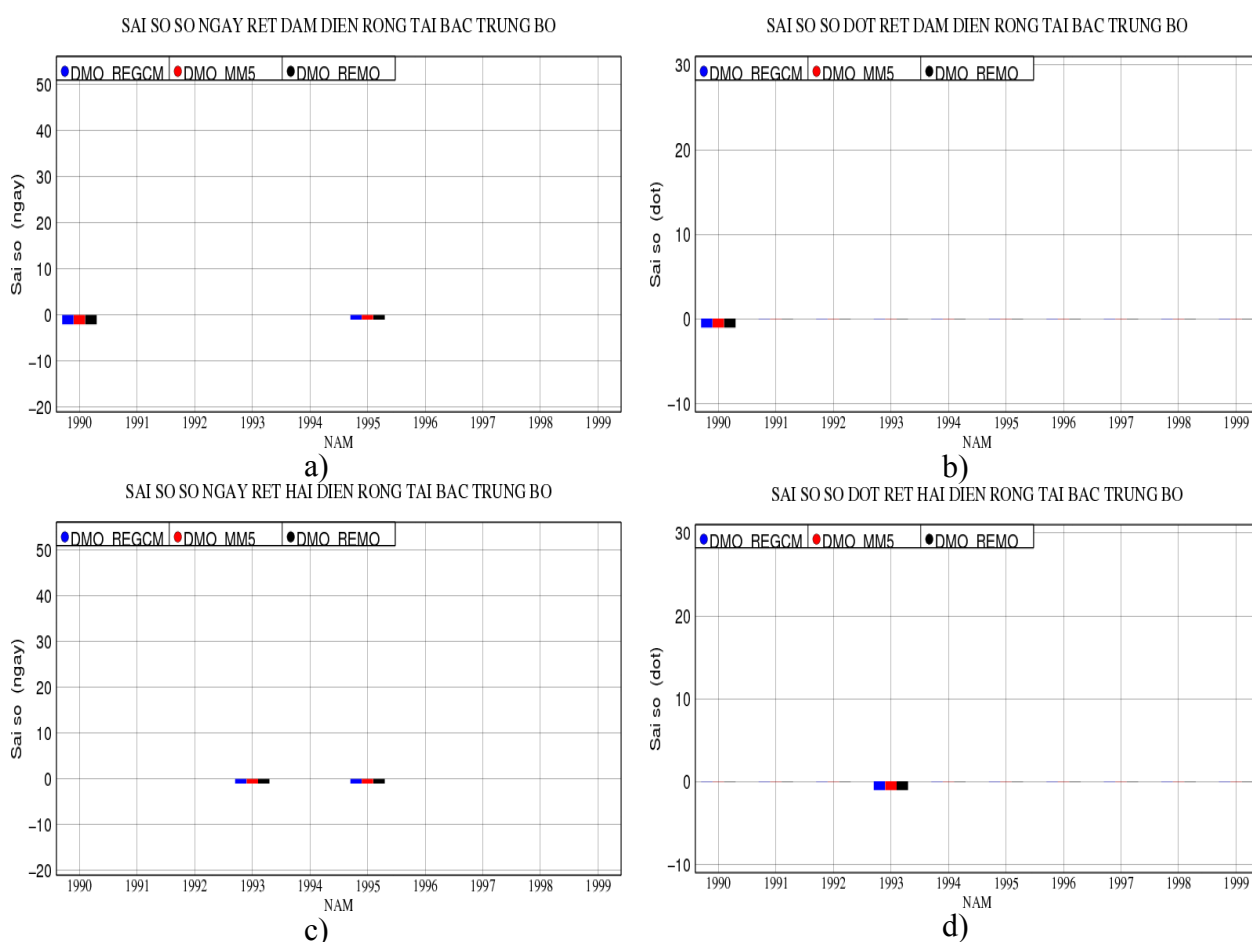
Hình 3.2.2. Sai số số ngày và số đợt rét ĐCDB/RHCB của REMO cho B3

Hiện tượng rét đậm cục bộ tại khu vực Bắc Trung Bộ được minh họa trong (hình 3.2.3a), và hiện tượng rét đậm diện rộng tại khu vực Đông Bắc Bộ và khu vực Đồng bằng Bắc Bộ được minh họa trong (hình 3.2.3 b, c). Từ kết quả mô phỏng về hiện tượng này cho thấy ba mô hình RegCM, MM5CL và REMO có giá trị âm tại hầu hết các năm, nguyên nhân là bởi các mô hình đã không chỉ ra được có xảy ra hiện tượng rét đậm, rét hại nào cho các khu vực này trong khoảng thời gian 10 năm được lựa chọn mô phỏng.



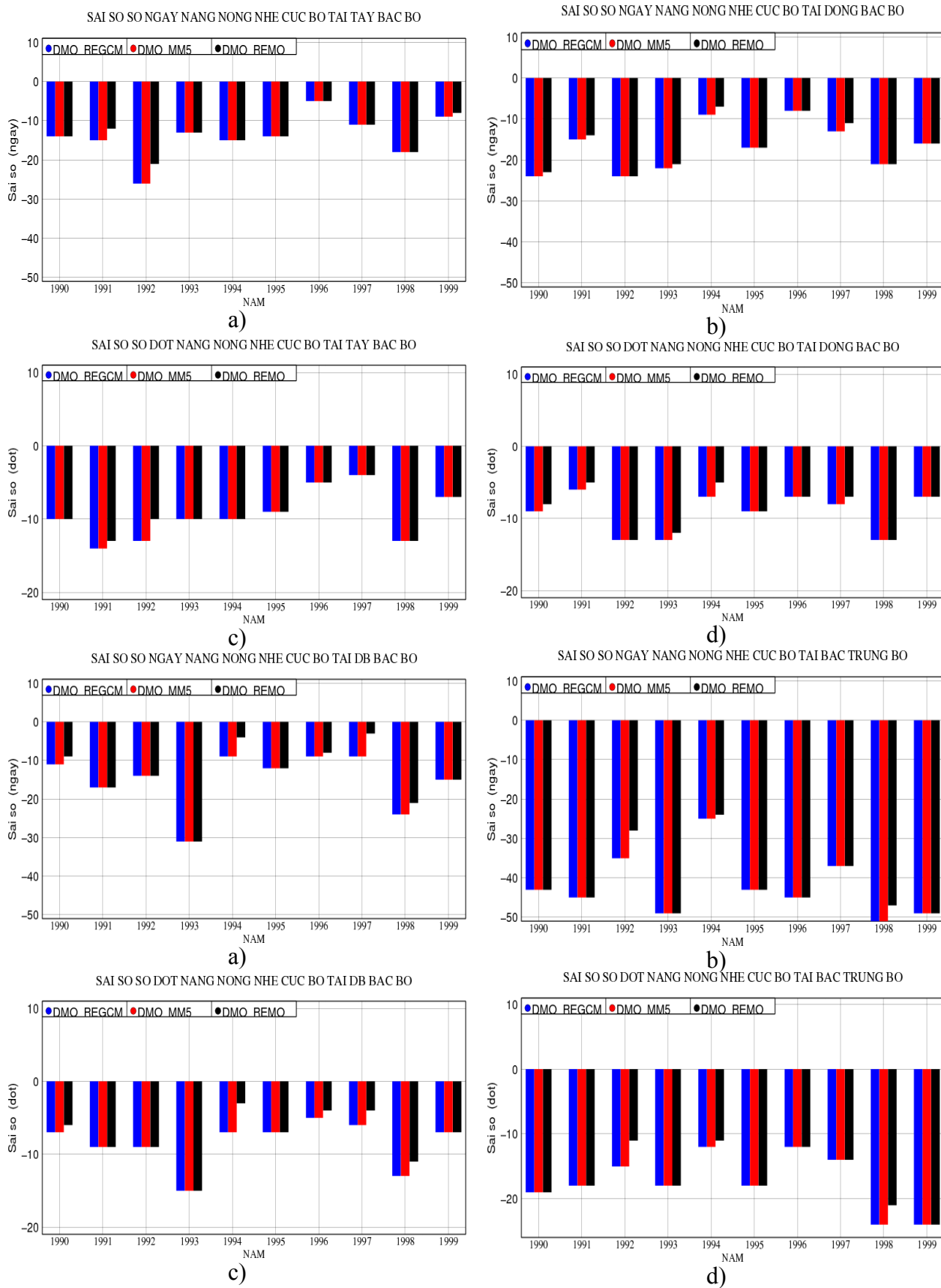
Hình 3.2.3. Sai số số ngày RĐCB (B4), RĐDR (B2, B3)

Đối với hiện tượng rét đậm diện rộng: Kết quả đánh giá mô phỏng cho khu vực Bắc Trung Bộ được minh họa tương ứng theo số ngày và số đợt (hình 3.2.4 a, b) và kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng rét hại diện rộng tương ứng theo số ngày và số đợt trên khu vực Bắc Trung Bộ (hình 3.2.4 c, d) cho thấy sai số số ngày và số đợt xấp xỉ 0. Nguyên nhân là tại các khu vực này mô hình khí hậu khu vực và số liệu quan trắc thực tế đều không ghi nhận được hiện tượng rét đậm, rét hại diện rộng trong thời gian được lựa chọn đánh giá mô phỏng từ 1990 đến 1999.

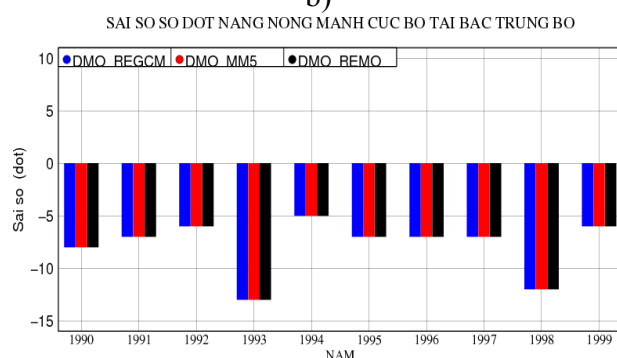
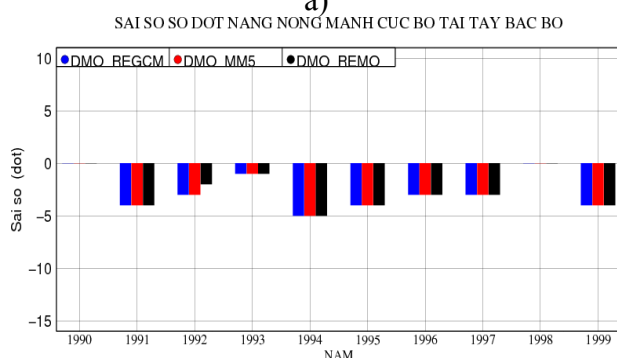
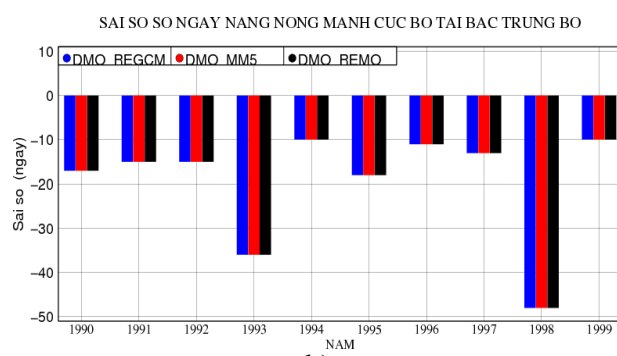
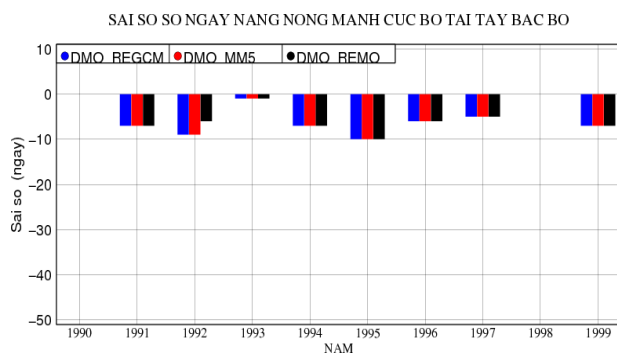


Hình 3.2.4. Sai số số ngày và số đợt RĐ, RH diện rộng khu vực B4

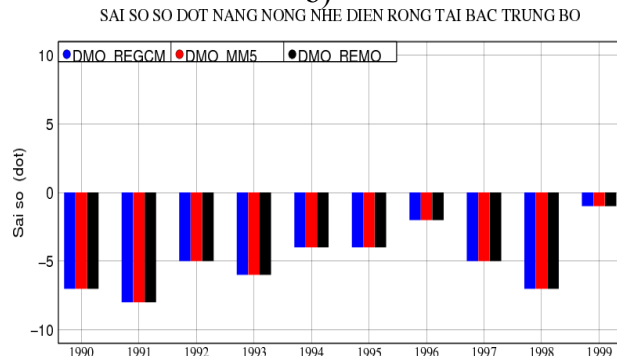
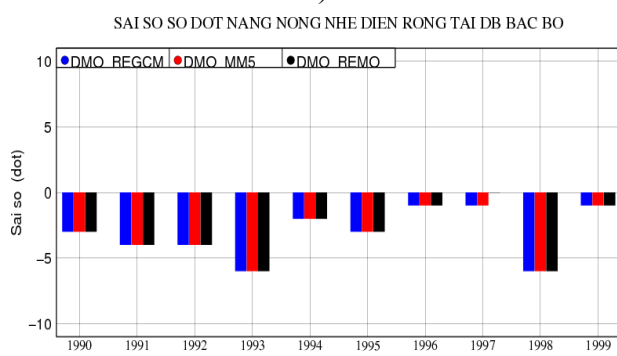
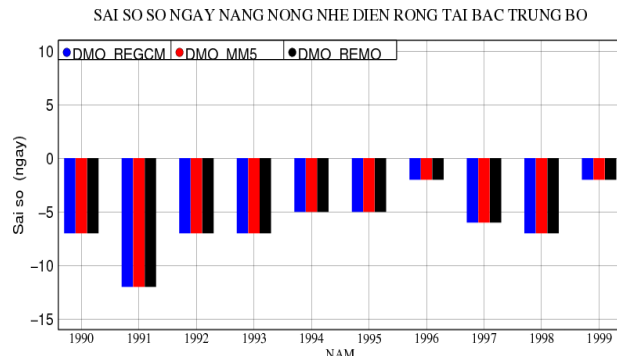
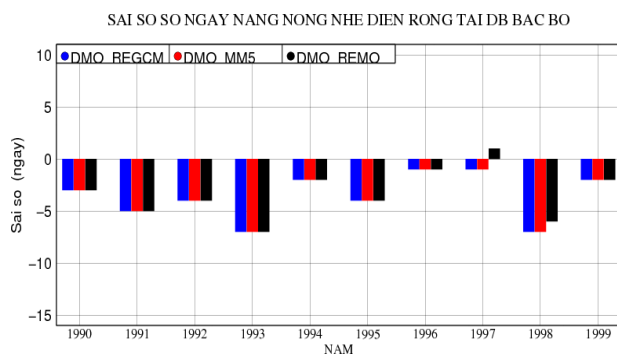
Hai hiện tượng nắng nóng nhẹ cục bộ và nắng nóng mạnh cục bộ được xác định thông qua yếu tố nhiệt độ tối cao ngày. Trong các mục trên, luận án đã phân tích và chỉ ra các mô hình khí hậu khu vực cho thấy xu hướng kết quả mô phỏng thiên thấp về giá trị T_x rõ rệt vì vậy kết quả mô phỏng số ngày, số đợt các hiện tượng nắng nóng nhẹ, nắng nóng mạnh trên quy mô cục bộ (hình 3.2.5; hình 3.2.6) và diện rộng (hình 3.2.7) là rất ít, hay nói cách khác các mô hình khí hậu khu vực không mô phỏng được các hiện tượng này trong thời gian 10 năm được lựa chọn. Sai số số ngày và số đợt trên quy mô diện rộng hay cục bộ đều có giá trị âm.



Hình 3.2.5. Sai số số ngày, đợt nắng nóng nhẹ cục bộ

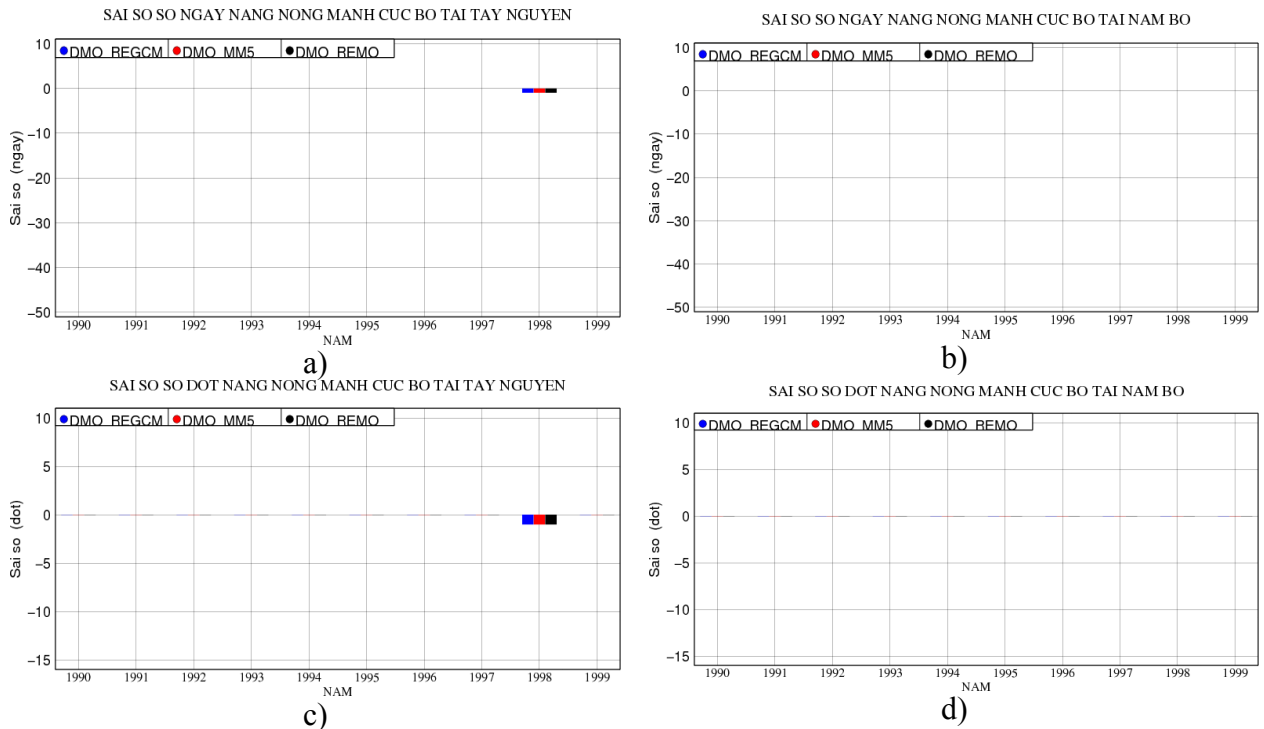


Hình 3.2.6. Sai số số ngày, số đợt nắng nóng mạnh cực bộ

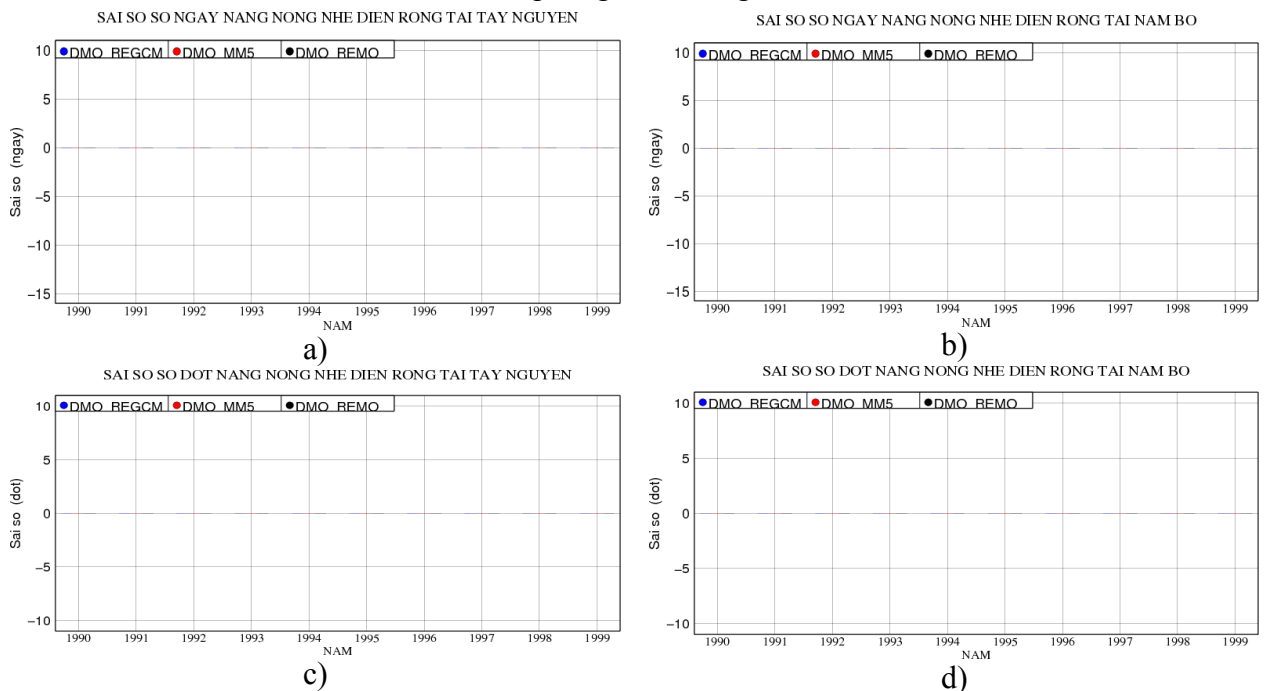


Hình 3.2.7. Sai số số ngày, đợt nắng nóng diện rộng

Trong các trường hợp mô phỏng hiện tượng nắng nóng mạnh cục bộ tại N2, N3 (hình 3.2.8), hay hiện tượng nắng nóng nhẹ diện rộng (hình 3.2.9), sai số giữa quan trắc và mô hình khá nhỏ và có giá trị xấp xỉ 0.



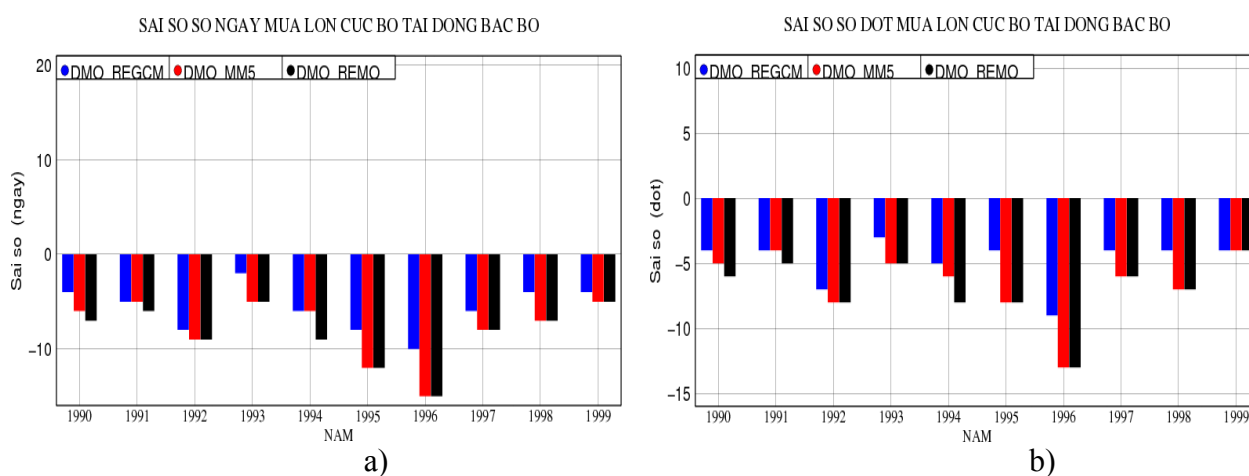
Hình 3.2.8. Sai số mô phỏng hiện tượng NNMCB tại N2, N3



Hình 3.2.9. Sai số mô phỏng hiện tượng NNDNR tại N2, N3
Nguyên nhân là do mô hình không mô phỏng được các hiện tượng này bởi

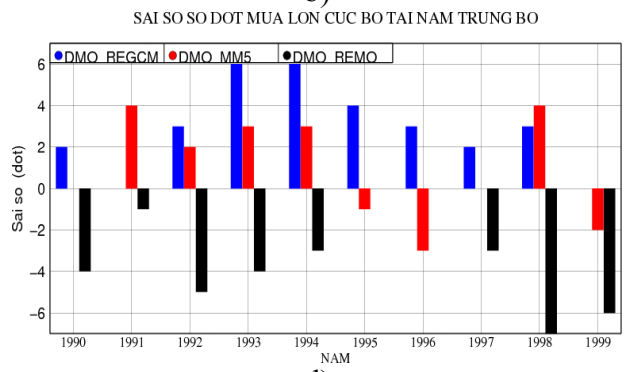
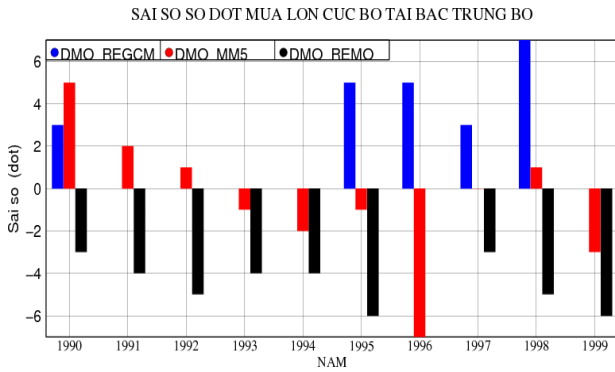
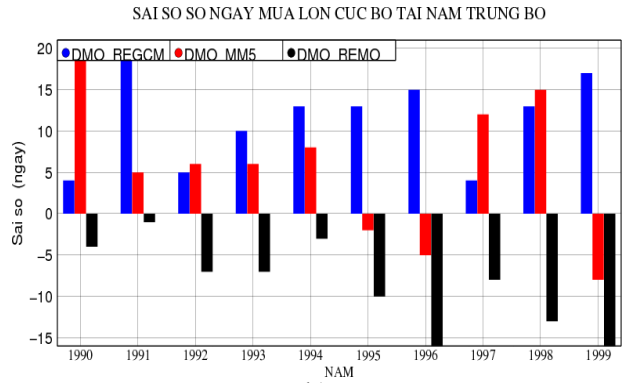
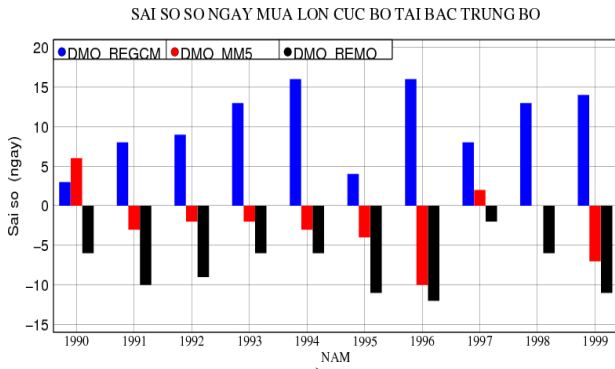
giá trị Tx cho xu hướng thiên thấp, và trong thực tế, các hiện tượng này cũng ít khi xảy ra trong giai đoạn nêu trên.

Hiện tượng mưa lớn được xác định thông qua lượng mưa tích lũy 24h (lượng mưa ngày). Tương tự như các hiện tượng rét đậm, rét hại, hay nắng nóng, kết quả đánh giá mô phỏng đối với hiện tượng mưa lớn cục bộ và diện rộng cũng được thực hiện chi tiết cho từng khu vực khí hậu tương ứng và cho ba mô hình khí hậu khu vực. Tuy nhiên do khối lượng tính toán và hình ảnh lớn nên kết quả đánh giá mô phỏng đối với hiện tượng mưa lớn về số ngày và số đợt chỉ đưa ra một số kết quả đặc trưng chung nhất cho ba mô hình. Và những kết quả chính sẽ được đưa ra minh họa từ các hình 3.2.10 đến hình 3.2.12. Trong hình 3.2.10, kết quả cho thấy ba mô hình khí hậu RegCM, MM5CL và REMO mô phỏng hiện tượng mưa lớn cục bộ có xu hướng thiên thấp tại các vùng khí hậu phía Bắc. Giá trị sai số số ngày, số đợt thường có giá trị âm.

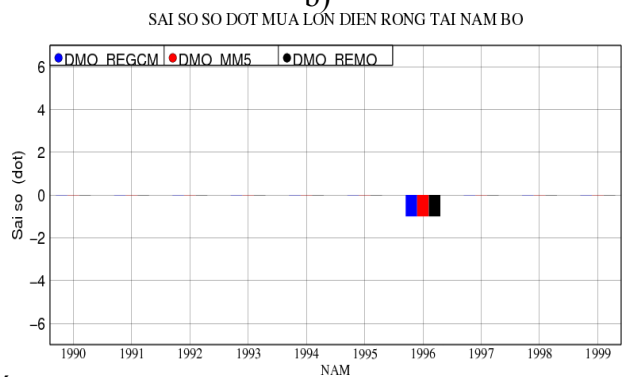
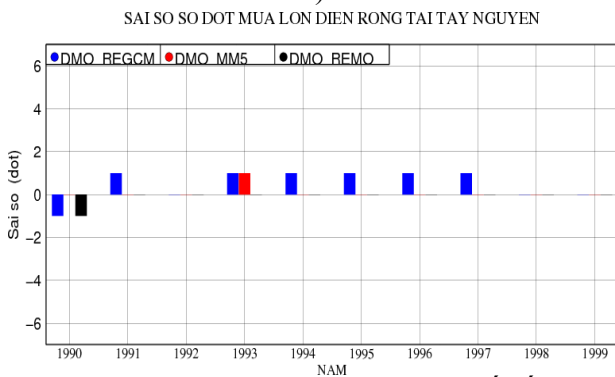
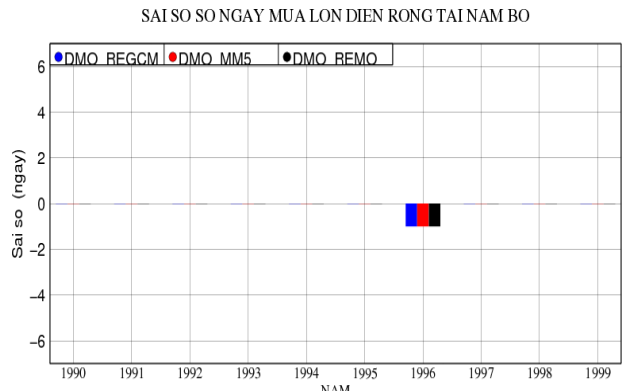
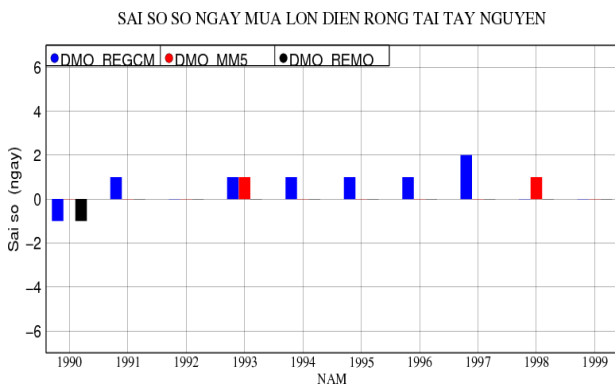


Hình 3.2.10. Số ngày MLCB a) và số đợt MLCB b)

Mô hình RegCM mô phỏng thiên cao trên các vùng Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ còn mô hình MM5CL cho kết quả mô phỏng thiên cao tại khu vực Nam Trung Bộ. Riêng mô hình REMO vẫn giữ xu hướng cho kết quả thiên thấp trên mọi vùng khí hậu (hình 3.2.11). Các vùng Tây Nguyên, Nam Bộ ít khi xuất hiện mưa lớn, tại các khu vực này mô hình cũng đưa ra những nhận định thiên thấp hơn so với lượng mưa thực tế, vì vậy, sai số số ngày, số đợt hiện tượng mưa lớn khá nhỏ, và có giá trị xấp xỉ 0 (hình 3.2.12).



Hình 3.2.11. Sai số số ngày, số đợt hiện tượng mưa lớn khu vực B4, N1



Hình 3.2.12. Sai số số ngày, số đợt MLDR khu vực N2, N3

3.3. Kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực Việt Nam

Trong phần 3.2 của luận án đã trình bày các kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan của ba mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO, qua đó làm cơ sở cho phần tiếp theo để tiến hành xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực Việt Nam. Về cơ bản, bộ chỉ tiêu mới (chỉ tiêu xác định bằng mô hình khí hậu khu vực) được thiết lập dựa trên ba phương pháp sau:

1) Phương pháp DMO_ME: Dựa trên các ngưỡng xác định đã được hiệu chỉnh bằng sai số trung bình của các cực trị khí hậu được mô phỏng.

2) Phương pháp DMO_PER: Dựa trên các chỉ tiêu xác định hiện tượng khí hậu cực đoan sẽ tính được các phân vị xác định hiện tượng khí hậu cực đoan, qua đó khi áp dụng các phân vị này sẽ tạo ra chỉ tiêu xác định hiện tượng khí hậu cực đoan cho mô hình.

3) Phương pháp DMO_EXP: Tạo ra một tập các ngưỡng xác định. Tại mỗi ngưỡng sẽ tính được một giá trị của một hoặc nhiều điểm số đánh giá, sau đó dựa trên bộ hai giá trị này, tìm hàm gần đúng mô tả quan hệ nói trên. Sau khi đã tìm được hàm gần đúng, nội suy giá trị hàm tại đó điểm số đánh giá là cực tiểu hoặc cực đại tùy thuộc vào chỉ số đánh giá được sử dụng. Trong khuôn khổ của luận án sẽ xây dựng hàm gần đúng dựa trên chỉ số BIAS sao cho ngưỡng xác định hiện tượng khí hậu cực đoan sẽ tương ứng với giá trị BIAS bằng 1.

3.3.1 Các kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan

Từ các bảng 3.11 đến 3.14 đưa ra kết quả tính toán xây dựng các chỉ tiêu xác định cho SNRDDR, SNRDCB, SNRHDR và SNRHCB (số đợt rét đậm, rét hại trên quy mô diện rộng và cục bộ được sử dụng cùng bộ chỉ tiêu xác định như số ngày) bằng ba phương pháp được tiến hành thử nghiệm, bao gồm: Phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP tương ứng cho từng mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO.

Bảng 3.11. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNRĐCB/SĐRĐCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	11.3	10.9	11.9	9.7	10.9	12.8	9.0	9.9	11.7
B2	11.8	12.0	17.8	12.6	14.2	14.9	11.1	13.1	14.5
B3	12.6	12.2	17.4	13.3	14.4	16.1	14.9	16.1	18.1
B4	12.1	11.9	17.6	13.3	12.1	13.1	18.9	17.0	17.9

Bảng 3.12. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRĐDR/SĐRĐDR

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	11.3	10.9	11.9	9.7	10.9	12.8	8.5	9.4	10.7
B2	11.8	12.0	17.8	12.6	14.2	14.9	10.5	12	13.6
B3	12.6	12.2	17.4	13.3	14.4	16.1	14.3	15.4	17.4
B4	12.1	11.9	17.6	13.3	12.1	13.1	16.9	16.5	17.1

Bảng 3.13. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRHCB/SĐRHCB

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	9.3	8.9	9.9	8.1	5.7	6.5	8.3	9.1	11.3
B2	9.8	10.0	15.8	8.6	11.0	12.0	9.75	11.3	12.1
B3	11.0	10.0	15.4	9.4	8.3	9.8	11.8	12.6	14.2
B4	10.0	9.9	15.6	11.0	11.0	11.0	11.8	13.4	15.1

Bảng 3.14. Tương tự bảng 3.11 nhưng cho SNRHDR/SĐRHDR

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	9.3	8.9	9.9	9.1	5.7	6.5	7.7	8.5	9.7
B2	9.8	10.0	15.8	9.6	11.2	11.7	8.9	10.7	11.5
B3	10.6	10.2	15.4	9.4	8.3	9.8	11.2	12.0	13.6
B4	10.1	9.9	15.6	11.2	11.0	11.0	11.2	13.1	14.7

Từ các bảng này có thể thấy chỉ tiêu xác định cho từng hiện tượng khí hậu cực đoan liên quan đến không khí lạnh thay đổi phức tạp theo từng phương pháp thử nghiệm, vùng khí hậu và mô hình khí hậu khu vực. Trong cùng một hiện tượng xem xét và cùng một mô hình khí hậu khu vực, sự khác biệt trong chỉ tiêu xác định có thể lên tới 3-4⁰C. Sự khác biệt lớn này cũng được tìm thấy khi xem xét trong cùng một phương pháp xác định nhưng áp dụng cho các mô hình khí hậu khác nhau. Nói chung, bộ chỉ tiêu xác định SNRĐDR, SNRĐCB, SNRHDR và SNRHCB cho ba mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO đã phản ánh chính xác bản chất sai số trong mô phỏng nhiệt độ trung bình ngày từ các mô hình này (xem bảng 3.6 ở trên). Cụ thể, chỉ tiêu xác định sẽ nhỏ hơn so với chỉ tiêu quan trắc khi mô phỏng từ mô hình RCMs là thiên thấp và ngược lại. Tại một số mô hình, chỉ tiêu xác định hiện tượng đặc trưng cho tính cục bộ và diện rộng là như nhau.

Tương tự như các bảng 3.11 đến 3.14, từ các bảng 3.15 đến bảng 3.17 đưa ra kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan có liên quan đến nắng nóng bao gồm SNNNCB, SNNNDR và SNNNMCB (số đợt cho các hiện tượng này được áp dụng cùng bộ chỉ tiêu với số ngày).

Từ các bảng này có thể nhận thấy chỉ tiêu xác định thay đổi theo từng phương pháp; từng mô hình khí hậu khu vực và theo vùng khí hậu nghiên cứu. Tuy nhiên, tất cả các chỉ tiêu xác định SNNNCB, SNNNDR và SNNNMCB từ ba phương pháp xây dựng nêu trên và theo từng mô hình khí hậu khu vực đều nhỏ hơn so với các chỉ tiêu quan trắc. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả đánh giá chất lượng mô phỏng nhiệt độ tối cao ngày (Tx) của ba mô hình khí hậu khu vực được sử dụng nghiên cứu như trong bảng 3.5 đã phân tích ở phần trên. Có thể nói, sự chênh lệch trong các chỉ tiêu xác định SNNNCB, SNNNDR và SNNNMCB giữa các phương pháp xác định hiện tượng khí hậu cực đoan khác nhau hoặc mô hình khí hậu khu vực đôi khi lên tới từ 3.5-4⁰C, đặc biệt là trong các phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP.

Bảng 3.15. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNNNCB/SĐNNCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	27.2	27.3	27.5	27.2	27.0	31.4	27.2	27.3	31.6
B2	29.4	30.4	28.6	28.1	30.4	31.7	28.8	31.0	31.7
B3	30.4	30.7	29.0	29.4	30.6	32.5	29.6	31.0	33.4
B4	28.9	28.9	28.4	27.3	27.8	31.0	28.1	28.5	31.9
N1	30.1	29.8	29.0	27.1	25.4	28.1	28.9	29.0	31.8
N2	29.2	29.1	28.9	25.2	25.2	29.7	28.0	27.2	32.9
N3	31.0	30.7	29.0	29.2	29.0	32.3	29.4	29.2	34.1

Bảng 3.16. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho SNNNDR/SĐNNDR

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	27.2	27.3	27.5	27.2	27.0	31.4	27.0	27.0	31.3
B2	29.4	30.4	28.6	28.1	30.4	31.7	28.2	30.7	31.4
B3	30.4	30.7	29.0	29.4	30.6	32.5	29.4	30.7	33.1
B4	28.9	28.9	28.4	27.3	27.8	31.0	27.7	28.2	31.1
N1	30.1	29.8	29.0	27.1	25.4	28.1	28.4	28.9	31.6
N2	29.2	29.1	28.9	25.2	25.2	29.7	27.4	26.7	32.6
N3	31.0	30.7	29.0	29.2	29.0	32.3	28.7	28.9	33.6

Bảng 3.17. Tương tự bảng 3.15 nhưng cho SNNMCB/SĐNNMCB

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)	RegCM (°C)	MM5CL (°C)	REMO (°C)
B1	29.2	29.3	29.5	28.2	27.9	33.1	28.7	28.1	33.5
B2	31.4	32.4	30.6	29.0	31.1	32.8	30.1	32.4	34.9
B3	32.4	32.7	31.0	30.1	31.2	33.6	31.0	32.1	35.3
B4	30.9	30.9	30.4	28.2	29.0	32.4	28.7	29.5	33.1
N1	32.1	31.8	31.0	28.0	26.4	28.8	30.1	30.2	33.5
N2	31.2	31.1	30.9	25.8	25.8	30.3	29.4	28.4	34.4
N3	33.0	32.7	31.0	29.6	29.5	32.8	36.6	36.4	36.5

Các bảng 3.18 và 3.19 đưa ra kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định SNMLCB/SĐMLCB và SNMLDR/SĐMLDR bằng các phương pháp thử nghiệm nêu trên từ ba mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO.

Bảng 3.18. Kết quả xác định các ngưỡng chỉ tiêu về SNMLCB/SĐMLCB theo ba phương pháp khác nhau cho mô hình RegCM, MM5CL và REMO

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)
B1	35.8	36.6	37.3	26.5	10.9	11.7	36.3	37.3	36.3
B2	28.8	30.5	31.4	31.2	10.7	12.5	33.5	33.5	30.7
B3	26.4	29.4	30.6	40.3	12.9	14.4	31.6	32.4	29
B4	82.8	13.5	25.6	62.7	26	11.3	72.9	27.5	74.9
N1	81.8	22.9	28.6	66.1	37.3	10.6	79.2	78.2	29.8
N2	71.1	29	36.4	51.7	13.4	11.3	69.9	29.5	37.2
N3	75.3	29.7	35	37.2	17.1	17.4	77.5	36.2	36.1

Bảng 3.19. Tương tự bảng 3.18 nhưng cho SNMLDR/SĐMLDR

Vùng	DMO_ME			DMO_PER			DMO_EXP		
	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)	RegCM (mm)	MM5CL (mm)	REMO (mm)
B1	35.8	36.6	37.3	26.5	10.9	11.7	32.3	37.1	36.0
B2	28.8	30.5	31.4	31.2	10.7	12.5	32.4	33.2	30.6
B3	26.4	29.4	30.6	40.3	12.9	14.4	32.9	32.3	28.9
B4	82.8	13.5	25.6	62.7	26	11.3	72.5	27.4	73.6
N1	81.8	22.9	28.6	66.1	37.3	10.6	78.1	77.1	29.7
N2	71.1	29.0	36.4	51.7	13.4	11.3	69.4	29.3	37.2
N3	75.3	29.7	35.0	37.2	17.1	17.4	76.5	35.5	36.1

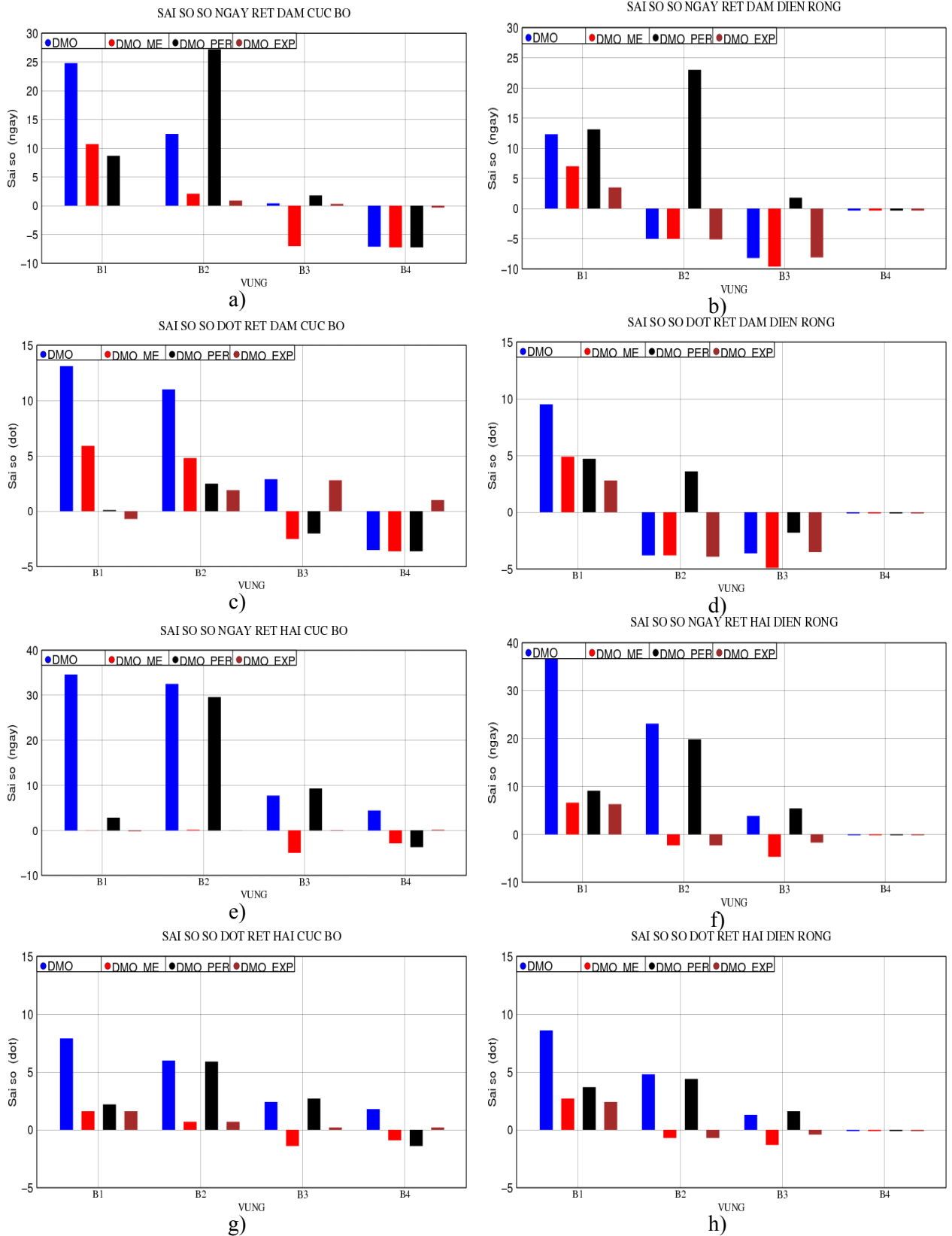
Tương tự như các hiện tượng rét đậm, rét hại và nắng nóng, chỉ tiêu xác định các hiện tượng mưa lớn cực đoan thay đổi phức tạp theo từng phương pháp, mô hình khí hậu khu vực và vùng khí hậu xem xét, qua đó đã phản ánh rõ nét tính địa phương của hiện tượng này. Nhìn chung, các chỉ tiêu được tìm thấy cũng phản ánh rõ bản chất sai số trong mô phỏng lượng mưa tích lũy 24h từ ba mô hình khí hậu khu vực RegCM, MM5CL và REMO.

3.3.2. Kết quả đánh giá sai số xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ các chỉ tiêu được xây dựng

Kết quả xây dựng bộ chỉ tiêu xác định ECEs có liên quan đến rét đậm, rét hại, nắng nóng và mưa lớn cho ba mô hình RCMs dựa trên các phương pháp DMO_ME, DMO_PER và DMO_EXP đã được trình bày trong mục 3.3.1 ở trên. Để có cái nhìn chi tiết về khả năng cải thiện trong chất lượng mô phỏng ECEs khi áp dụng bộ các chỉ tiêu này so với chỉ tiêu quan trắc, trong phần này luận án sẽ đưa ra các kết quả đánh giá chi tiết kỹ năng mô phỏng ECEs với bộ chỉ tiêu mới dựa trên chỉ số đánh giá ME. Do khối lượng đánh giá rất lớn và nhiều hình vẽ, nên trong phần dưới đây luận án chỉ đưa ra một số hình minh họa, và kết quả đánh giá phân tích chỉ tập trung trong trung bình 10 năm số liệu dùng làm mô phỏng như đã mô tả trong phần trên. Các biểu đồ cột sẽ được sử dụng, trong đó trục tung của các hình hiển thị giá trị sai số mô phỏng số ngày, số đợt các hiện tượng khí hậu cực đoan và trục hoành biểu thị các khu vực khí hậu tương ứng với trung bình 10 năm của chuỗi số liệu được sử dụng để đánh giá. Trong các hình này, phương pháp DMO được thể hiện bằng các cột màu xanh; phương pháp DMO_ME được thể hiện bằng các cột màu đỏ; phương pháp DMO_PER được thể hiện bằng các cột màu đen và phương pháp DMO_EXP được thể hiện bằng các cột màu nâu. Các phần đánh giá dưới đây sẽ được trình bày riêng rẽ kết quả đánh giá sai số cho từng hiện tượng khí hậu cực đoan được xem xét (rét đậm, rét hại; nắng nóng và mưa lớn) và tương ứng cho từng mô hình khí hậu khu vực.

3.3.2.1. Kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan của mô hình RegCM

Hình 3.3.1 đưa ra các kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng rét đậm, rét hại cục bộ và diện rộng (được sắp xếp tương ứng theo số ngày và số đợt). Kết quả cho thấy, phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP và phương pháp DMO_PER (B1, B2) cho hiệu quả rõ rệt, với sai số số đợt RĐCB giảm đến khoảng 75%; còn sai số về số ngày RĐCB giảm đến khoảng 75%. Phương pháp DMO_ME (B1, B2); phương pháp DMO_EXP (B1, B2) và phương pháp DMO_PER (B1).



Hình 3.3.1. Sai số số ngày, đợt RĐ, RH cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR

Về số đợt RHCB: Trên khu vực B1 (cả ba phương pháp đều cho kết quả cải thiện tốt với sai số giảm hơn 60%); trên khu vực B2: Phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP cũng cho hiệu quả rõ rệt với sai số giảm hơn 60%, còn phương pháp DMO_PER hiệu quả không đáng kể.

Về số ngày RHCB: Trên khu vực B1 (cả ba phương pháp đều cho kết quả cải thiện tốt với sai số giảm hơn 80%); trên khu vực B2: phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP cho kết quả giảm sai số đến hơn 80%, còn phương pháp DMO_PER hiệu quả không đáng kể (5%).

Trường hợp với hiện tượng rét đậm, rét hại diện rộng:

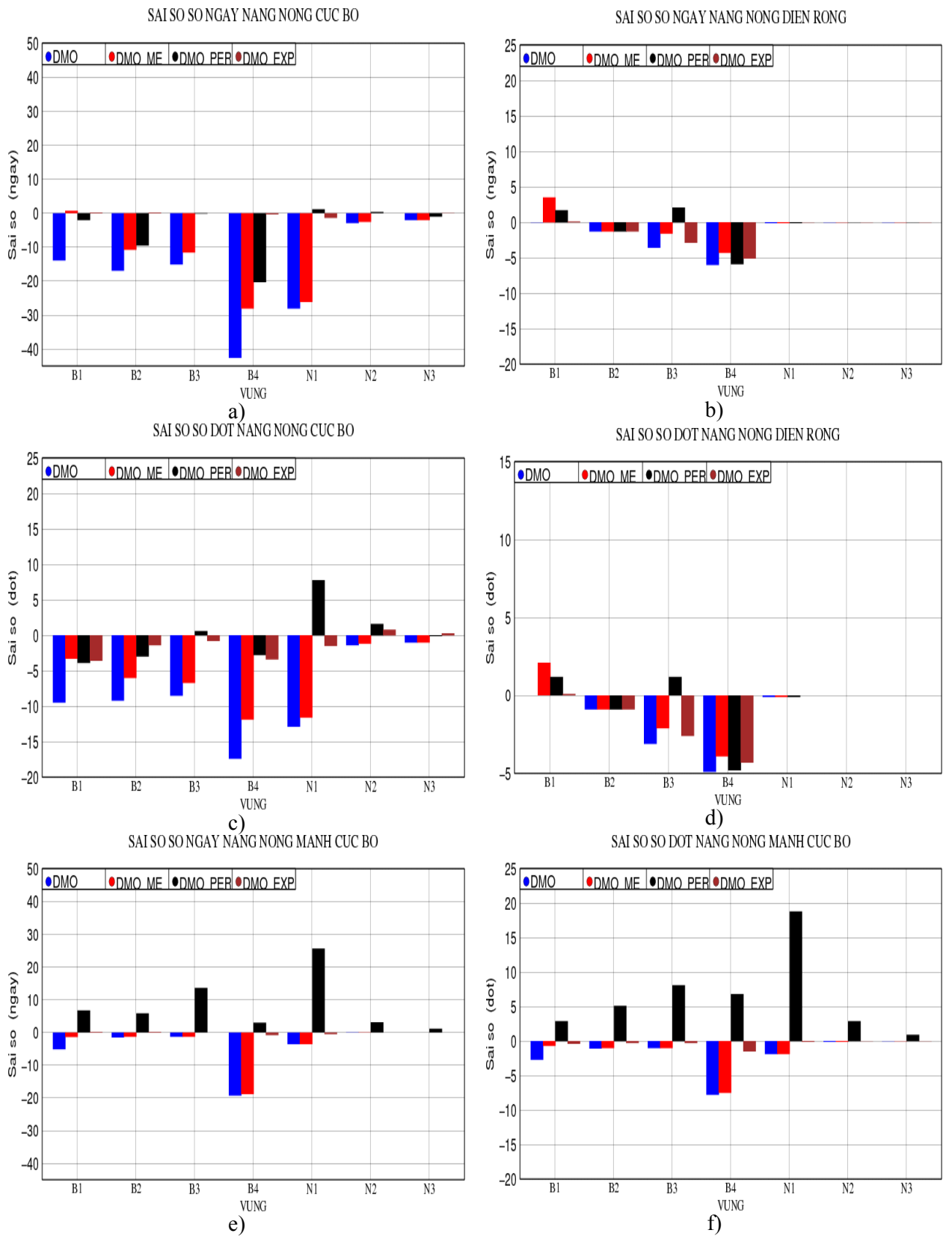
Về số ngày RDDR: Trên khu vực B1, phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP cũng cải thiện chất lượng rõ rệt với sai số giảm khoảng 50%, còn phương pháp DMO_PER không hiệu quả, thậm chí còn làm tăng sai số trên khu vực B2.

Về số đợt RDDR: Trên khu vực B1, phương pháp DMO_EXP giúp giảm sai số khoảng 80%; phương pháp DMO_ME và phương pháp DMO_PER cải thiện khoảng 45%. Trên khu vực B2, kết quả không rõ ràng, phương pháp DMO_PER còn tăng sai số nhưng lại cho kết quả cải thiện tốt trên khu vực B3 (50%).

Về số ngày RHDR: Trên khu vực B1, cả ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt với sai số giảm khoảng 73%; trên khu vực B2, phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP còn cho hiệu quả tốt hơn trên khu vực B1, trên khu vực này đã cải thiện với sai số giảm khoảng 80%. Tuy nhiên phương pháp DMO_PER lại chỉ cải thiện với sai số khoảng 11%.

Về số đợt RHDR: Trên khu vực B1, cả ba phương pháp cho kết quả cải thiện với sai số giảm khoảng 46%. Khu vực B2, phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả tốt hơn với sai số giảm khoảng 75%. Tuy nhiên, cũng giống như số ngày RHDR, trên khu vực này, phương pháp DMO_PER chỉ giúp cải thiện sai số khoảng 5%.

Trên (B3, B4), các phương pháp xác định ngưỡng mới không được cải thiện. Hình 3.3.2 đưa ra các kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng nắng nóng trên quy mô cục bộ và diện rộng (được sắp xếp tương ứng theo số ngày và số đợt).



Hình 3.3.2. Sai số số ngày, đợt nắng nóng cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM a) NNNCB; b) NNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB

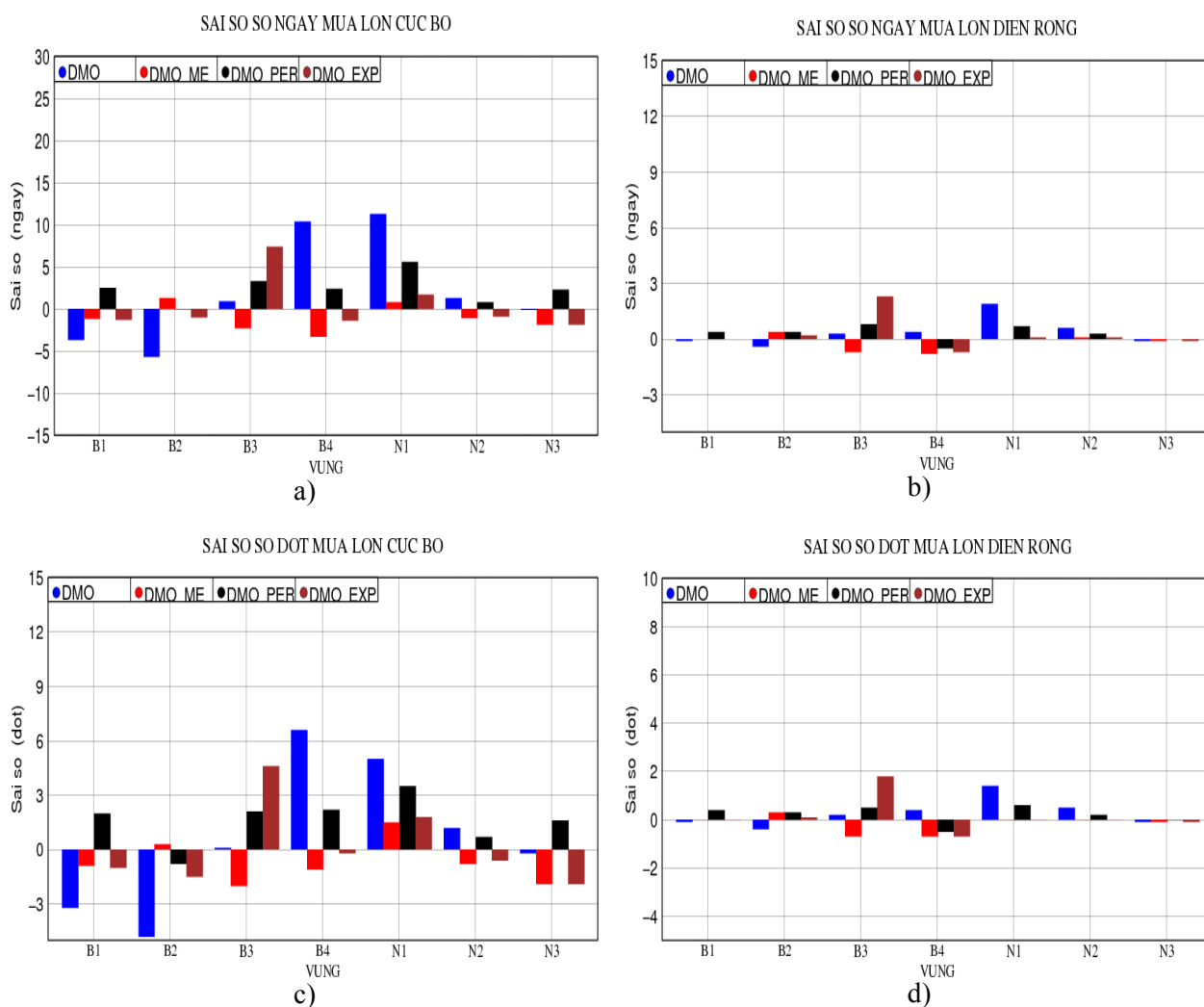
Các kết quả tính toán đánh giá hiện tượng nắng nóng trên quy mô cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM được đưa ra trong hình 3.3.2 cho thấy: Phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP và phương pháp DMO_PER mang lại chất lượng cải thiện với NNNDR và NNNCB. Tuy nhiên với NNMCB, chỉ có DMO_EXP cho kết quả cải thiện; phương pháp DMO_ME hầu như không có cải thiện, còn phương pháp DMO_PER lại cho gia tăng sai số.

Số ngày NNCB: Trên khu vực B1, ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt, với sai số giảm khoảng 80%. Kết quả trên khu vực B2 giữa các phương pháp có sự thay đổi về chất lượng cải thiện: Phương pháp DMO_PER (60%); phương pháp DMO_EXP (hơn 85%) và phương pháp DMO_ME (50%). Trên các khu vực còn lại cũng tiếp tục có sự khác nhau về chất lượng cải thiện: Tại khu vực B3, phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP giúp sai số giảm khoảng 95%; phương pháp DMO_ME (35%). Tại khu vực B4, phương pháp DMO_ME (20%); phương pháp DMO_PER (60%) và phương pháp DMO_EXP (90%). Khu vực N1, phương pháp DMO_ME (5%); phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP (90%). Các khu vực còn lại ba phương pháp cho kết quả cải thiện không nhiều (khu vực N2, N3 chỉ giảm khoảng 5%).

Về số đợt NNCB: Trên khu vực B1, ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt, với sai số giảm khoảng 80%. Cũng như số ngày NNCB, các phương pháp có sự cải thiện chất lượng khác nhau trên khu vực B2: Phương pháp DMO_PER (65%); phương pháp DMO_EXP (hơn 85%); và phương pháp DMO_ME (45%). Trên khu vực B3, phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP khoảng 95%, còn phương pháp DMO_ME mang lại kết quả cải thiện chất lượng với mức giảm sai số thấp hơn (25%). Trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME (25%); phương pháp DMO_PER (60%) và phương pháp DMO_EXP (90%). Có thể nói trên khu vực này, phương pháp DMO_EXP cho kết quả cải thiện hiệu quả nhất. Và phương pháp này cũng tiếp tục cho kết quả cải thiện trên N1 với sai số giảm 90%, còn phương pháp DMO_ME (5%) và phương pháp DMO_PER làm gia tăng sai số. Trên khu vực N2, N3, ba phương pháp cho hiệu quả không rõ ràng.

Đối với số đợt NNMCB: Trên khu vực (B1-B3), phương pháp DMO_ME; phương pháp DMO_EXP cho hiệu quả với sai số giảm (50%); trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME (5%); phương pháp DMO_EXP (80%). Trên các khu vực N1, N2, N3 mức độ giảm không rõ ràng, trong khi phương pháp DMO_PER lại làm tăng sai số trên toàn khu vực. Về diện rộng: Số ngày NNDR, trên khu vực (B1-B4), cả ba phương pháp mức độ cải thiện không rõ ràng; các khu vực N1, N2, N3: Ba phương pháp đều cho sai số xấp xỉ 0. Số đợt NNDR, trên khu vực B1-B4, cả ba phương pháp mức độ cải thiện không rõ ràng; các khu vực N1, N2, N3, cả ba phương pháp đều cho sai số xấp xỉ 0.

Kết quả tính toán cho hiện tượng mưa lớn được thể hiện dưới hình 3.3.3



Hình 3.3.3. Sai số mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình RegCM tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR

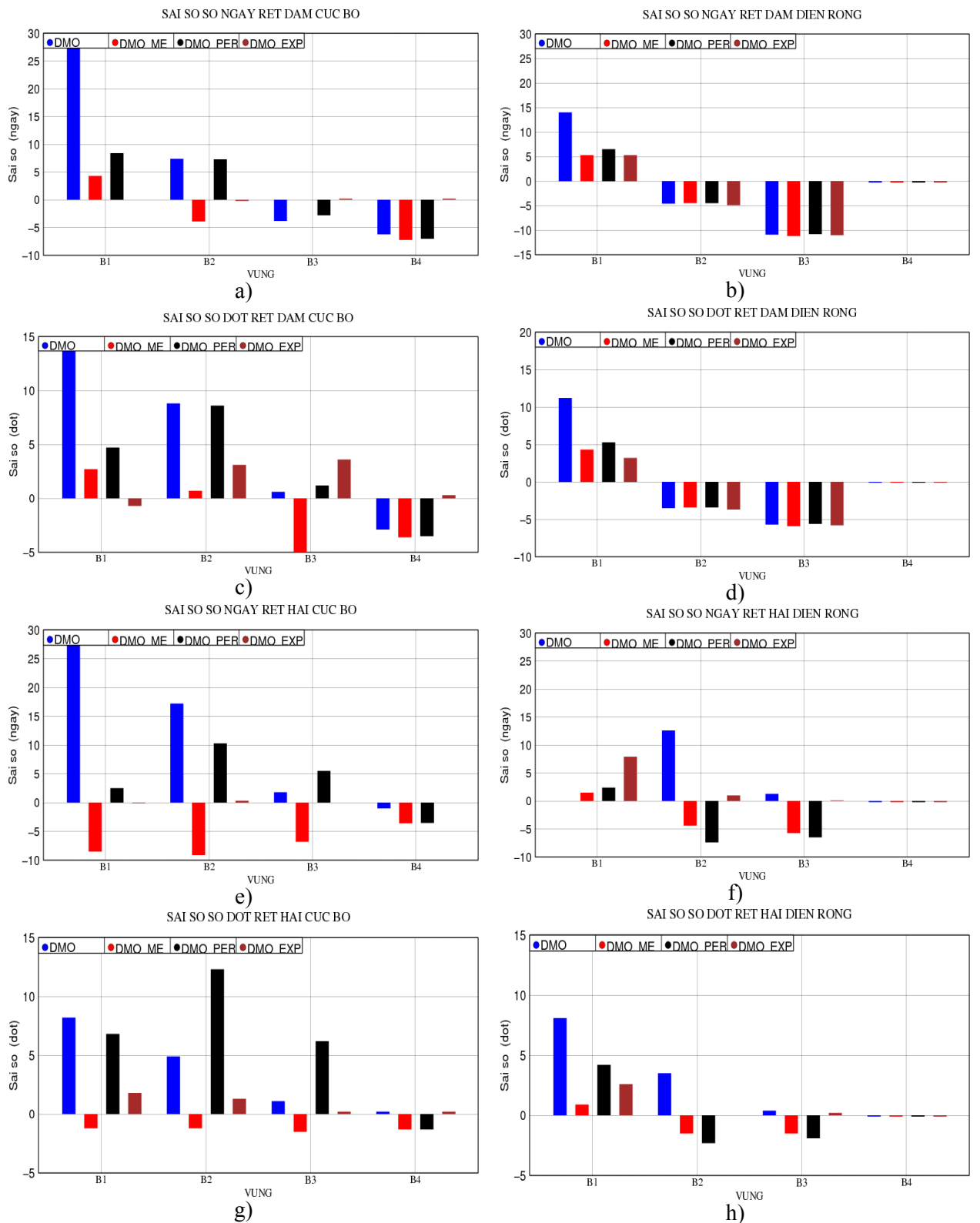
Nhìn chung các phương pháp xác định ngưỡng, hiệu chỉnh ngưỡng chỉ cải thiện được chất lượng (B4, N1). Tại các vùng khí hậu khác sự cải thiện không thật sự rõ ràng.

Số ngày MLCB: Trên khu vực B1-B2, mức độ cải thiện của ba phương pháp vào khoảng >15%; khu vực B3 còn làm tăng sai số: DMO_ME (5%); DMO_PER (10%) và DMO_EXP (20%); Các khu vực B4, N1, cả ba phương pháp đều mang lại sự cải thiện rõ rệt: DMO_ME (40%); DMO_PER (55%) và DMO_EXP (60%). Khu vực N2, N3, ba phương pháp đều cho sai số xấp xỉ 0.

Số đợt MLCB: Trên các khu vực B1, B2, B4, N1, ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt, với sai số giảm khoảng 15%. Khu vực B3, phương pháp DMO_PER và phương pháp DMO_EXP còn làm gia tăng sai số khoảng 5%. Khu vực N2, N3, cả ba phương pháp cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0. Đối với số ngày MLDR: hầu hết trên các khu vực, ba phương pháp cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0. Khu vực B3, phương pháp DMO_EXP còn làm gia tăng sai số. Riêng đối với khu vực N1: Cả ba phương pháp cho hiệu quả rõ ràng, sai số giảm khoảng trên 40%. Đối với số đợt MLDR: Hầu hết trên các khu vực, ba phương pháp cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0. Khu vực B3, phương pháp DMO_EXP còn làm gia tăng sai số. Riêng khu vực N1, cả ba phương pháp cho hiệu quả rõ ràng, sai số giảm khoảng trên 40%.

3.3.2.2. Kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan của mô hình MM5CL

Hình 3.3.4 đưa ra kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng rét đậm, rét hại cục bộ và diện rộng (được sắp xếp tương ứng theo số ngày và số đợt) trên quy mô diện rộng và cục bộ của mô hình MM5CL.



Hình 3.3.4. Sai số số ngày, đợt RĐ, RH cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR

Kết quả nhận thấy số ngày RĐCB: Trên khu vực B1, cả ba phương pháp hiệu quả rõ rệt, DMO_ME (>80%); DMO_PER (60%); Khu vực B2, B4, phương pháp DMO_PER không có sự cải thiện; phương pháp DMO_ME còn làm gia tăng sai số. Trên khu vực B3, DMO_PER cho sự cải thiện khoảng 5%.

Số đợt RĐCB: Khu vực B1, cả ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt DMO_ME (85%); DMO_PER (67%); DMO_EXP (khoảng 90%). Khu vực B2, phương pháp DMO_ME (90%); phương pháp DMO_EXP (65%), còn phương pháp DMO_PER không có sự cải thiện. Khu vực B3, B4 cả ba phương pháp cho kết quả về mức độ cải thiện không rõ ràng.

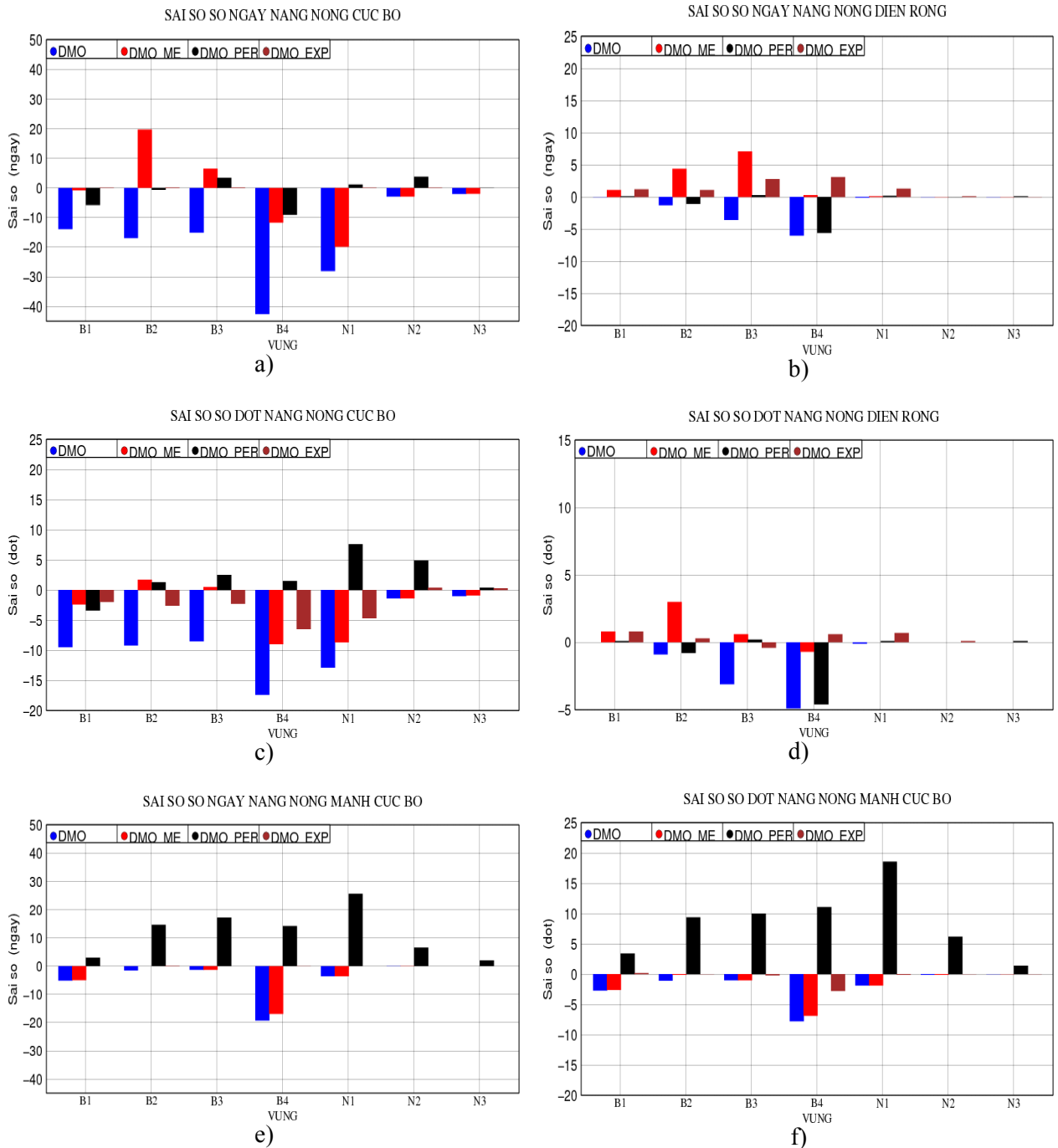
Số ngày RHCB: Các khu vực từ (B1-B4), phương pháp DMO_EXP cho kết quả tốt nhất với sai số gần như giảm hoàn toàn, còn phương pháp DMO_ME lại cho sai số âm. Phương pháp DMO_PER cho hiệu quả rõ rệt, khu vực B1 giảm hơn 90%; khu vực B2 giảm khoảng 40% nhưng tại khu vực B3, B4 lại làm gia tăng sai số.

Số đợt RHCB: Các khu vực từ (B1-B4), phương pháp DMO_EXP cho hiệu quả rõ rệt nhất, tại khu vực B1, B2 (>75%); khu vực B3, B4 sai số xấp xỉ 0; phương pháp DMO_ME cho sai số âm. Trên khu vực B1, phương pháp DMO_PER cho hiệu quả không đáng kể (5%); còn trên các khu vực B2, B3, B4 làm gia tăng sai số.

Đối với các trường hợp về diện rộng: Số ngày RĐDR, trên khu vực B1, cả ba phương pháp cho hiệu quả với sai số giảm khoảng 50%. Trên khu vực B2, B3 mức độ giảm không đáng kể; còn trên khu vực B4 sai số xấp xỉ bằng 0. Số đợt RĐDR, trên khu vực B1, cả ba phương pháp cho kết quả rõ rệt với mức sai số giảm khoảng 50%. Trên các khu vực B2, B3 mức độ giảm không đáng kể; còn trên khu vực B4, sai số xấp xỉ bằng 0. Về số ngày RHDR, trên khu vực B1, phương pháp DMO_ME mang lại hiệu quả sai số giảm khoảng hơn 90%; phương pháp DMO_PER (90%); và phương pháp DMO_EXP (80%). Khu vực B2, phương pháp DMO_EXP (90%); trên khu vực B2, B3, hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER đều cho sai số âm. Tại khu vực B4, cả ba phương pháp cho giá trị sai số xấp xỉ 0. Trường hợp đối với số đợt RHDR, trên khu vực B1, các phương pháp cũng cho kết quả cải thiện khá rõ rệt: Phương pháp DMO_ME (>90%); phương pháp DMO_PER (50%); phương

pháp DMO_EXP (60%). Trên các khu vực B2, B3, phương pháp DMO_ME và phương pháp DMO_PER cho sai số âm. Tại các khu vực B3, B4, phương pháp DMO_EXP cho giá trị sai số xấp xỉ 0.

Kết quả đánh giá cho hiện tượng nắng nóng được thể hiện dưới hình 3.3.5.



Hình 3.3.5. Sai số số ngày, đợt nắng nóng cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL

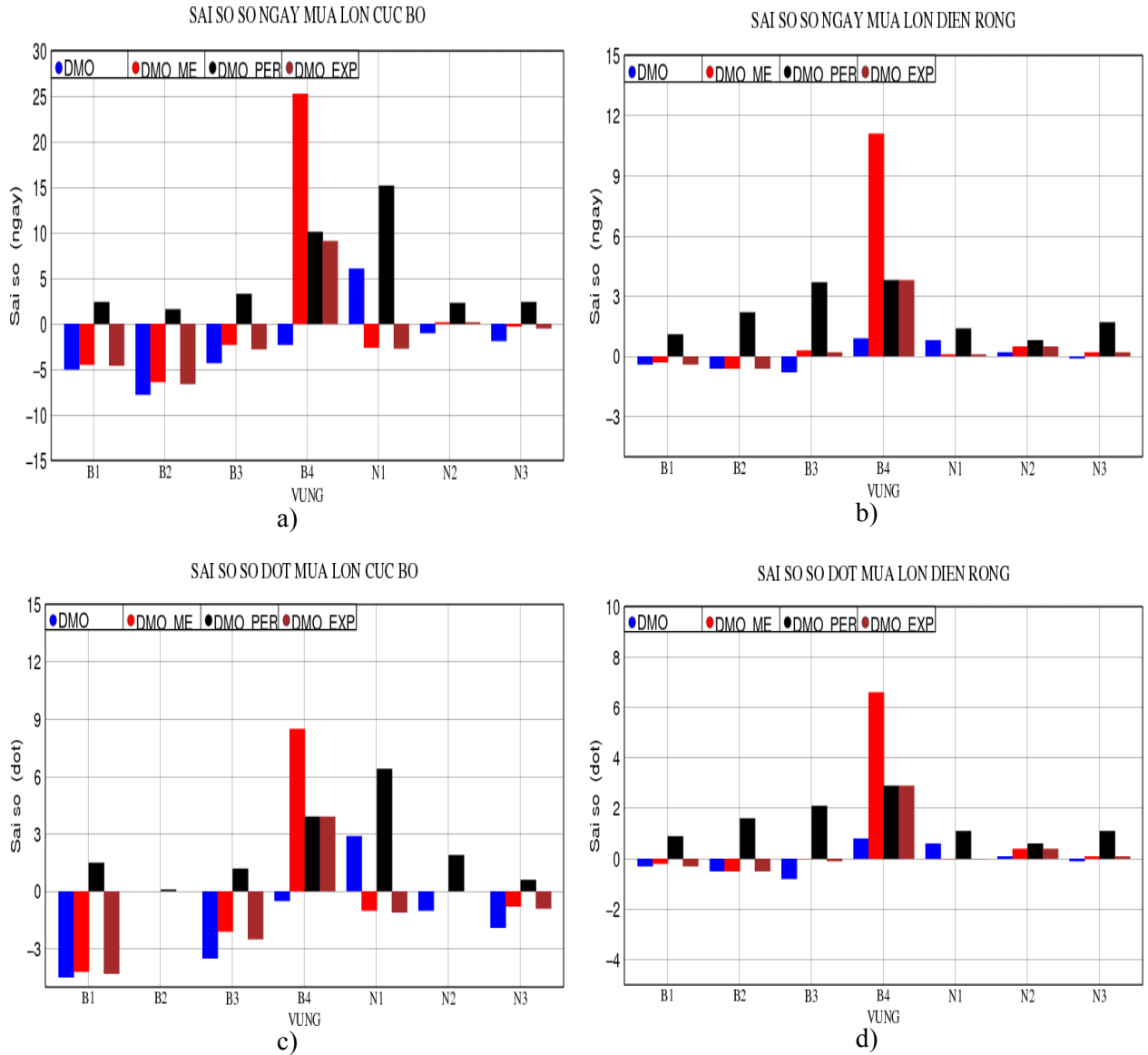
a) NNNCB; b) NNNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB

Kết quả đánh giá hiện tượng nắng nóng trên quy mô diện rộng và cục bộ từ hình 3.3.5 của mô hình MM5CL cho thấy: Số ngày NNCB, trên khu vực B1 ba phương pháp mang lại hiệu quả rõ rệt, sai số giảm khoảng 80%. Trên khu vực B2, hai phương pháp mang lại hiệu quả giảm sai số rõ rệt: DMO_PER (80%); DMO_EXP (hơn 85%). Tuy nhiên, phương pháp DMO_ME lại làm gia tăng sai số. Khác với hai khu vực trên, tại khu vực B3, hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER làm gia tăng sai số, còn phương pháp DMO_EXP cho sai số xấp xỉ 0. Trên khu vực B4, hiệu quả của các phương pháp mang lại cũng khá rõ rệt: Phương pháp DMO_ME (60%); phương pháp DMO_PER (65%) và phương pháp DMO_EXP (>90%). Trên khu vực N1, phương pháp DMO_ME giúp sai số giảm chỉ vào khoảng 10%; hai phương pháp DMO_PER và DMO_EXP lại cho kết quả đáng kể với sai số giảm khoảng 90%. Trên các khu vực N2, N3, các phương pháp cho kết quả không rõ ràng, thậm chí phương pháp DMO_PER còn làm tăng sai số trên khu vực N2. Đối với số đợt NNCB: Trên khu vực B1, ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt với sai số giảm khoảng 80%. Trên khu vực B2, phương pháp DMO_EXP giảm sai số khoảng hơn 85%; phương pháp DMO_ME cho sai số dương và phương pháp DMO_PER cho sai số dương từ (B2-N3). Trên khu vực B3, phương pháp DMO_EXP vẫn tiếp tục cho kết quả cải thiện với sai số giảm hơn 85%, còn phương pháp DMO_ME cho kết quả sai số xấp xỉ 0. Hai phương pháp cho hiệu quả trên khu vực B4: DMO_ME (50%); DMO_EXP (70%) và trên khu vực N1: DMO_ME (10%); DMO_EXP (60%). Trên các khu vực N2, N3, các phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho kết quả không rõ ràng.

Số đợt NNMCB: Trên các khu vực từ B1-N3, phương pháp DMO_PER cho sai số dương. Các khu vực B1, B2, B3, N1, phương pháp DMO_ME cho kết quả không rõ ràng, còn trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME cũng chỉ cải thiện không đáng kể (5%). Tuy nhiên, phương pháp DMO_EXP lại cho hiệu quả rõ rệt với sai số giảm đến 65%. Trên các khu vực N2, N3, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho sai số xấp xỉ 0. Đối với số ngày và số đợt NNDR: Trên các khu vực từ B1-B4, cả ba phương pháp đều mang lại mức độ cải thiện không rõ ràng, thậm

chí phương pháp DMO_ME còn làm gia tăng sai số. Trên các khu vực phía Nam (N1, N2, N3), ba phương pháp đều cho sai số xấp xỉ 0.

Đối với hiện tượng mưa lớn, kết quả được minh họa chi tiết như trong hình 3.3.6 dưới đây.



Hình 3.3.6. Sai số mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình MM5CL tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR

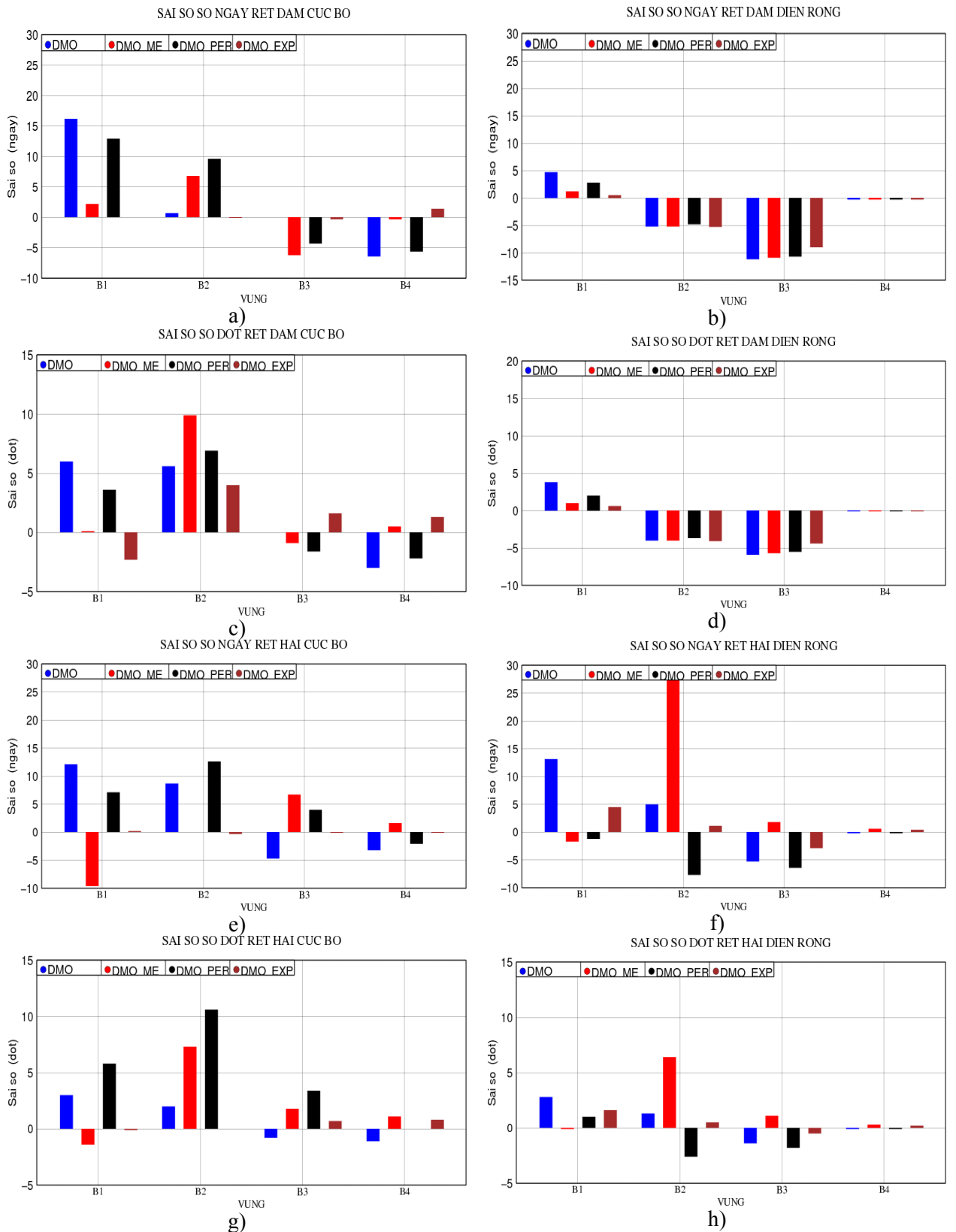
Kết quả đánh giá mưa lớn trên quy mô diện rộng và cục bộ của mô hình MM5CL cho thấy số ngày MLCB: Trên các khu vực từ B1-B3, mức độ cải thiện của phương pháp DMO_ME và phương pháp DMO_EXP chỉ vào khoảng >15%;

phương pháp DMO_PER cho sai số dương trên hầu hết các khu vực. Trên khu vực B4, cả ba phương pháp cho sai số dương. Sự khác biệt trên khu vực N1, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho sai số âm trong khi phương pháp DMO_PER vẫn cho sai số dương. Khu vực N2, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho sai số xấp xỉ 0. Đối với số đợt MLCB: Các khu vực B1, B2, B3, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho hiệu quả rõ rệt, sai số giảm khoảng 15%, còn phương pháp DMO_PER cho sai số dương trên hầu hết các khu vực. Khu vực B4, cả ba phương pháp cho gia tăng sai số khoảng 60%. Khu vực N2, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0. Khác với khu vực N2, trên khu vực N3, phương pháp DMO_ME và phương pháp DMO_EXP có sự cải thiện rõ rệt với sai số giảm khoảng 50%.

Số ngày và số đợt MLDR: Nhìn chung trên hầu hết các khu vực, hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0, còn phương pháp DMO_PER lại làm gia tăng sai số. Riêng khu vực B4, cả ba phương pháp làm gia tăng sai số, lớn nhất là phương pháp DMO_ME khoảng trên 80%.

3.3.2.3. Kết quả đánh giá khả năng mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan của mô hình REMO

Hình 3.3.7 đưa ra các kết quả đánh giá mô phỏng hiện tượng rét đậm, rét hại cục bộ và diện rộng (được sắp xếp tương ứng theo số ngày và số đợt). Kết quả cho thấy số ngày RĐCB: Trên các khu vực từ B1-B3, phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả rõ rệt với sai số giảm trên 90%, riêng khu vực B4, phương pháp này lại cho sai số dương; Khu vực B1, phương pháp DMO_ME mang lại kết quả khá tốt với sai số giảm hơn 80%, trong khi phương pháp DMO_PER chỉ cải thiện vào khoảng 10%. Tuy nhiên, tại khu vực B2, hai phương pháp này lại làm gia tăng sai số. Trên khu vực B3, phương pháp DMO_ME cải thiện với mức giảm sai số đến 60% và phương pháp DMO_PER cải thiện đến 70%. Trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME còn mang lại hiệu quả khá tốt với sai số giảm hơn 90%, trong khi phương pháp DMO_PER kết quả không đáng kể (chỉ vào khoảng 5%).



Hình 3.3.7. Sai số số ngày, đợt RD, RH cục bộ và diện rộng của mô hình REMO a) NRĐCB; b) NRĐDR; c) ĐRĐCB; d) ĐRĐDR; e) NRHCB; f) NRHDR; g) ĐRHCB; h) ĐRHDR.

Đối với số đợt RĐCB: Khu vực B1, phương pháp DMO_ME mang hiệu quả rõ rệt nhất với sai số giảm hơn 90%, tiếp đến là phương pháp DMO_PER, với sai số giảm 45%, trong khi phương pháp DMO_EXP cho sai số âm. Khu vực B2, chỉ phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả nhưng không đáng kể (chỉ khoảng 5%) còn phương pháp DMO_ME và phương pháp DMO_PER cho gia tăng sai số. Trên các khu vực B3, B4, phương pháp DMO_EXP cho sai số dương, trong khi hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER có sự cải thiện rõ ràng, với sai số giảm khoảng trên 60%.

Về số ngày RHCB: Trên các khu vực từ (B1-B4), phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả khá tốt với giảm sai số khoảng hơn 90%. Trên khu vực B1, phương pháp DMO_PER cải thiện với sai số giảm (40%), còn phương pháp DMO_ME cho sai số âm. Trên khu vực B2, hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER cho gia tăng sai số và thậm chí còn cho sai số dương trên B3. Trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME vẫn cho sai số dương còn phương pháp DMO_PER mang lại kết quả cải thiện không đáng kể, sai số chỉ giảm khoảng 5%.

Số đợt RHCB: Phương pháp DMO_EXP cho hiệu quả rõ rệt nhất, tại B1, B2 với sai số giảm hơn 75%, trong khi tại các khu vực B3, B4, phương pháp này cho sai số xấp xỉ 0. Các khu vực từ (B1-B3), phương pháp DMO_PER làm gia tăng sai số. Phương pháp DMO_ME cho sai số dương trên các khu vực B2, B3.

Đối với trường hợp diện rộng: số ngày và số đợt RĐDR, trên khu vực B1, cả ba phương pháp có sai số giảm khoảng 50%, còn trên các khu vực B2, B3 mức độ giảm không đáng kể. Trên khu vực B4 sai số xấp xỉ bằng 0.

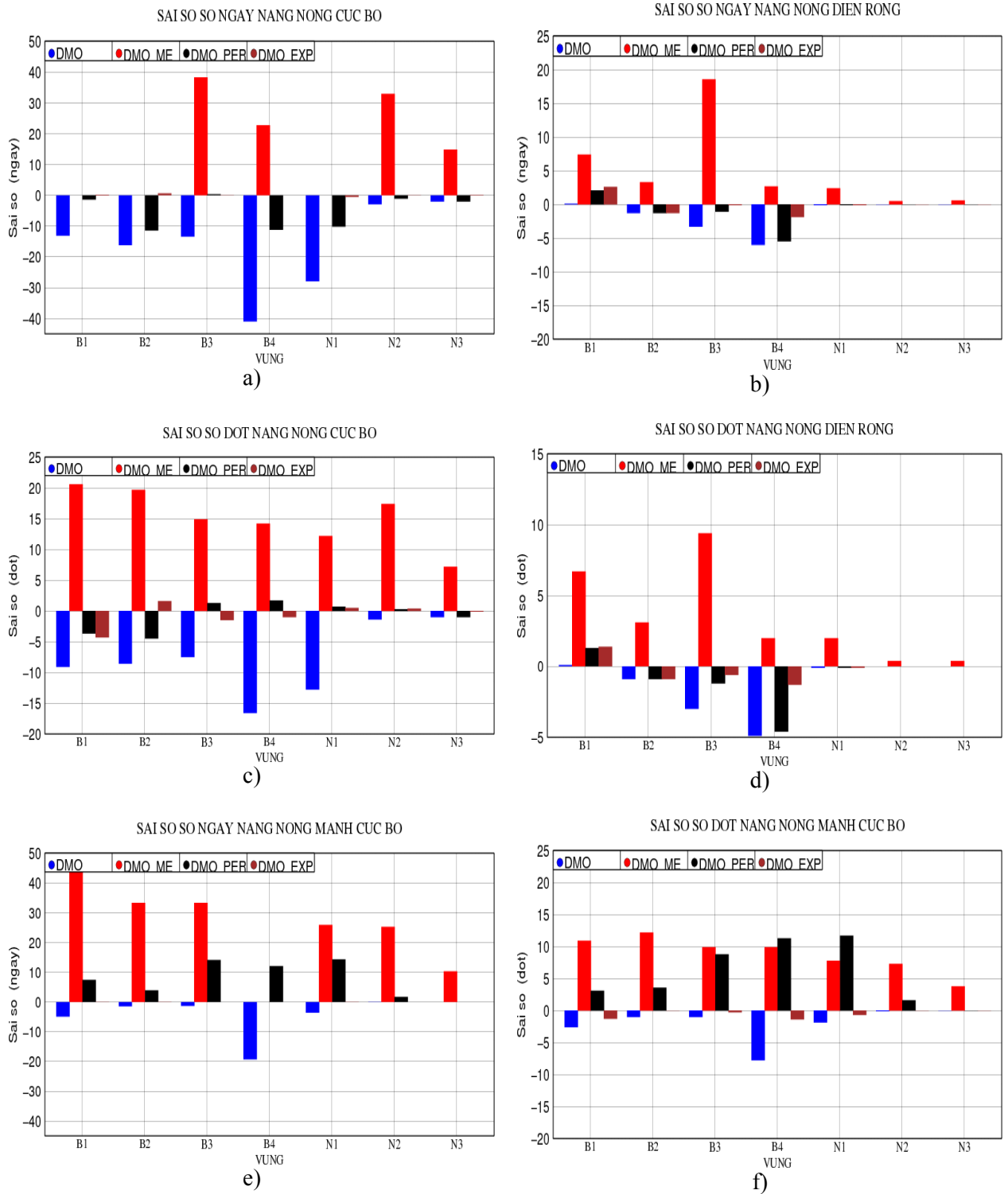
Số ngày RHDR: Trên khu vực B1, phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả khá tốt với sai số giảm đến 70%, trong khi hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER cho sai số âm. Khu vực B2, phương pháp DMO_EXP vẫn cho hiệu quả tốt với sai số giảm 80%; phương pháp DMO_ME làm gia tăng sai số và phương pháp DMO_PER cho sai số âm. Trên khu vực B3, chỉ phương pháp DMO_EXP cải thiện nhưng hiệu quả giảm hơn hai khu vực B1, B2 (50%); phương pháp DMO_ME vẫn cho sai số dương, và phương pháp DMO_PER làm gia tăng sai số. Tại khu vực

B4, cả ba phương pháp cho giá trị sai số xấp xỉ 0. Đối với số đợt RHDR: Trên khu vực B1, hiệu quả của ba phương pháp khá rõ rệt: DMO_ME (>90%); DMO_PER (60%); DMO_EXP (50%). Khu vực B2, chỉ phương pháp DMO_EXP cải thiện nhưng không đáng kể (khoảng 5%); phương pháp DMO_ME làm sai số gia tăng và phương pháp DMO_PER cho sai số âm. Tại khu vực B3, cả ba phương pháp cải thiện không rõ ràng, còn khu vực B4 cho giá trị sai số xấp xỉ 0.

Kết quả đánh giá cho hiện tượng nắng nóng được thể hiện trong hình 3.3.8 dưới đây. Từ hình vẽ cho thấy kết quả với số ngày NNCB: trên khu vực B1, ba phương pháp cho hiệu quả rõ rệt, với sai số giảm khoảng 80%. Trên khu vực B2, các phương pháp cũng cho hiệu quả rõ rệt nhưng với mức giảm sai số khác nhau: DMO_PER (40%); DMO_EXP (90%); DMO_ME hơn 95%. Trên khu vực B3, phương pháp DMO_ME cho sai số dương; mặc dù vậy hai phương pháp DMO_EXP và DMO_PER mang lại hiệu quả khá tốt với sai số giảm khoảng trên 90%. Trên khu vực B4, phương pháp DMO_ME cho sai số dương. Tuy nhiên, phương pháp DMO_PER lại cho hiệu quả khá tốt với sai số giảm 80% và phương pháp DMO_EXP giảm đến hơn 90%. Trên khu vực N1, cả ba phương pháp mang lại hiệu quả rõ rệt, tuy nhiên với mức độ khác nhau: DMO_ME (>90%); DMO_PER (60%) và DMO_EXP (90%). Trên các khu vực N2, N3, các phương pháp cho kết quả không rõ ràng, thậm chí phương pháp DMO_ME còn làm tăng sai số (sai số dương).

Về số đợt NNCB: Trên các khu vực từ B1-B4, phương pháp DMO_ME cho sai số dương. Tuy nhiên trên khu vực B1, phương pháp DMO_PER cho hiệu quả rõ rệt với sai số giảm hơn 60%; và phương pháp DMO_EXP (>50%). Trên khu vực B2, phương pháp DMO_PER giảm hơn 60%, trong khi phương pháp DMO_EXP lại cho sai số dương. Trên khu vực B3, B4: Chỉ có phương pháp DMO_EXP mang lại hiệu quả với sai số giảm tương ứng khoảng trên 70% và 80%, còn lại hai phương pháp DMO_PER và DMO_ME cho sai số dương. Trên khu vực N1, cả ba phương pháp cho sai số dương, sai số lớn nhất là phương pháp DMO_ME. Trên khu vực N2, N3, phương pháp DMO_PER và DMO_EXP cho hiệu quả không rõ ràng, trong khi

phương pháp DMO_ME vẫn cho sai số dương.

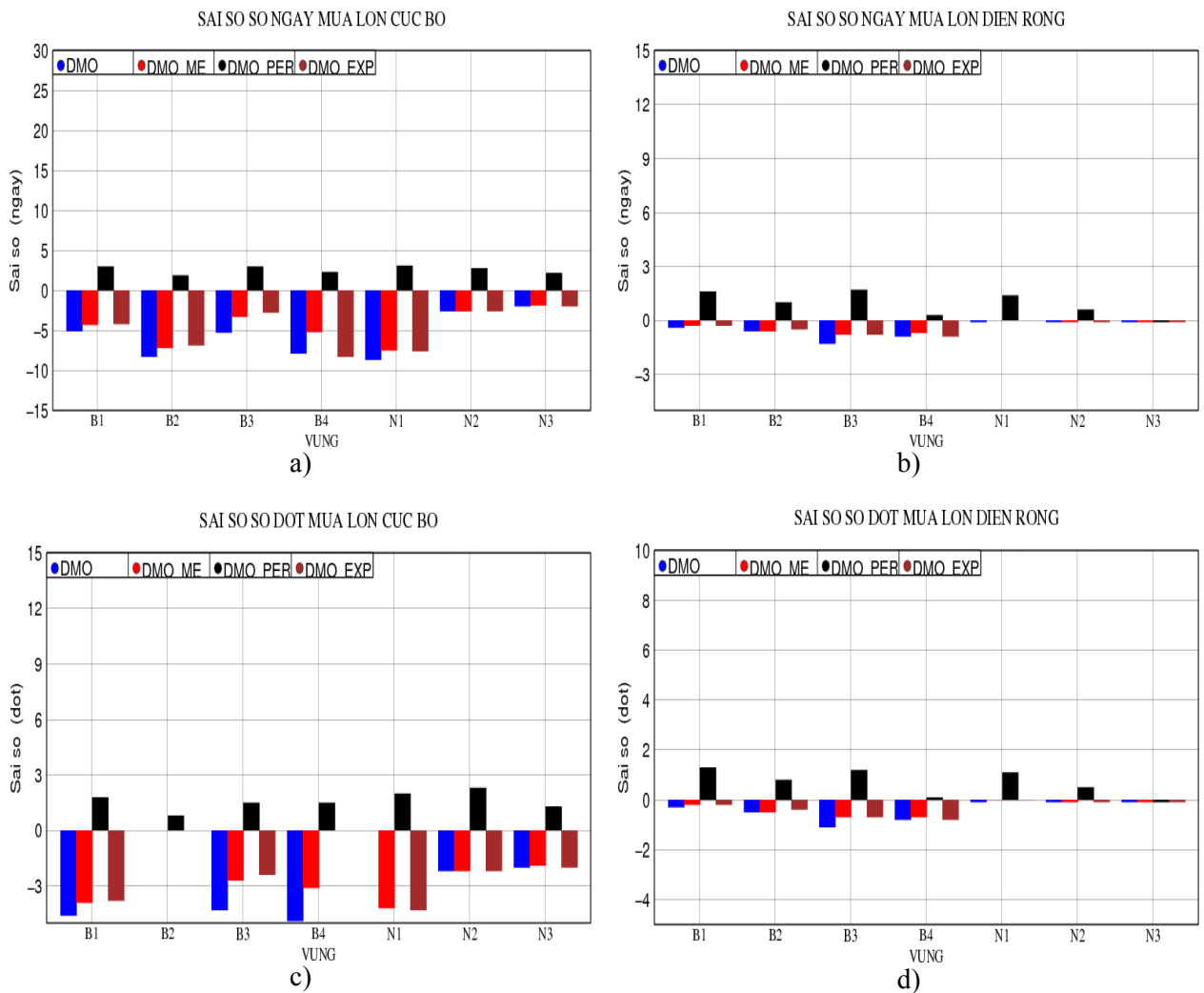


Hình 3.3.8. Sai số số ngày, số đợt NN cục bộ và diện rộng của mô hình REMO a) NNNCB; b) NNNDR; c) ĐNNCB; d) ĐNNDR; e) NNNMCB; f) ĐNNMCB

Về số đợt NNMCB: Các khu vực từ B1-N3, hai phương pháp DMO_ME và DMO_PER (trừ N3) cho sai số dương. Trên các khu vực từ B1-N1, phương pháp DMO_EXP cho kết quả rõ ràng, với sai số giảm khoảng trên 60%; còn phương pháp DMO_ME cho sai số dương. Trên khu vực N2, N3, phương pháp DMO_EXP cho sai số xấp xỉ 0.

Đối với trường hợp diện rộng, kết quả về số ngày và số đợt NNDR, trên các khu vực từ B1-B4, cả ba phương pháp đều chỉ ra mức độ cải thiện không rõ ràng, phương pháp DMO_ME còn làm gia tăng sai số (sai số dương). Trên các khu vực phía Nam (N1, N2, N3), cả ba phương pháp đều cho sai số xấp xỉ 0.

Kết quả về hiện tượng mưa lớn được minh họa trong hình 3.3.9 dưới đây.



Hình 3.3.9. Sai số số ngày, số đợt mưa lớn cục bộ và diện rộng của mô hình REMO tại a) NMLCB; b) NMLDR; c) ĐMLCB; d) ĐMLDR

Với số ngày và số đợt MLCB: Các khu vực từ B1-B3, phương pháp DMO_PER đều cho sai số dương. Các khu vực từ B1-N1, hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP mang lại hiệu quả nhưng không đáng kể (sai số giảm chỉ vào khoảng hơn 15%). Trên các khu vực phía Nam (N1, N2), hai phương pháp DMO_ME và DMO_EXP cho kết quả không rõ ràng. Trường hợp với số ngày và số đợt MLDR: Hầu hết trên các khu vực, phương pháp DMO_ME và DMO_PER cho kết quả không rõ ràng, sai số xấp xỉ 0, còn phương pháp DMO_PER lại cho sai số dương.

KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây có thể rút ra một số kết luận sau:

1. Qua khảo sát các đặc trưng thống kê của một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan bằng tập số liệu quan trắc trên mạng lưới trạm khí tượng Việt Nam trong 50 năm (1961 - 2010), cho thấy:

- Nhiệt độ tối cao tuyệt đối tháng (TXx) có giá trị phổ biến trong khoảng 29.8 - 32.0°C; phân bố gần với phân bố chuẩn và biến động mạnh nhất tại khu vực B3. Trong khi đó trị số của nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tháng (TNn) chủ yếu nằm trong khoảng từ -2.0°C đến 25°C. Trị số của lượng mưa ngày lớn nhất (Rx1day) có xu hướng tăng.

- Các hiện tượng rét đậm (RD), rét hại (RH) có tần suất lớn hơn 30% xảy ra vào tháng 01. Hiện tượng nắng nóng (NN) có tần suất chiếm khoảng 90% trong các tháng chính hè và có xu hướng tăng. Tần suất mưa từ 30-50mm chiếm khoảng 30% và từ 50-100mm chiếm khoảng 24%.

2. Khi chưa tiến hành hiệu chỉnh sai số:

- Cả ba mô hình cho kết quả mô phỏng TXx thiên thấp với giá trị sai số quân phương (RMSE) dao động từ 2.7°C đến 8.2°C. Với TNn, mô hình RegCM cho xu hướng thiên thấp trong khi mô hình REMO và MM5CL cho xu hướng thiên cao. Giá trị RMSE trong mô phỏng TNn của ba mô hình dao động trong khoảng từ 1.9°C-4.0°C. Kết quả mô phỏng Rx1day từ ba mô hình đều thấp hơn thực tế với sai số lớn.

- Các mô hình đều có xu hướng mô phỏng thiên thấp các hiện tượng khí hậu cực đoan trên hầu hết các vùng khí hậu, và sai số mô phỏng thay đổi phức tạp theo không gian, thời gian và hiện tượng được xem xét.

3. Việc đánh giá sai số sau khi hiệu chỉnh sản phẩm mô phỏng của ba mô hình cho các hiện tượng khí hậu cực đoan có liên quan đến rét đậm, rét hại, nắng nóng và mưa lớn cho thấy:

- Việc hiệu chỉnh đã làm giảm đáng kể sai số mô phỏng các hiện tượng có

liên quan đến nhiệt độ như KKL và nắng nóng, và ít cải thiện khi áp dụng cho các hiện tượng mưa lớn.

- Đối với các hiện tượng có liên quan đến sự hoạt động của KKL, việc áp dụng bộ chỉ tiêu mới phát huy hiệu quả tốt nhất tại các vùng B1 và B2 với sai số mô phỏng RD giảm từ 45 - 75%; còn sai số về RH giảm từ 60 - 75% khi áp dụng cho mô hình RegCM. Sai số mô phỏng hiện tượng nắng nóng giảm mạnh nhất trên các vùng B1-B4. Mặc dù vậy, việc áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh hầu như không phát huy tác dụng đối với vùng khí hậu N2.

- Trong ba phương pháp hiệu chỉnh được thử nghiệm, phương pháp DMO_PER dường như có hiệu quả cao nhất và ổn định nhất.

- Với ba mô hình khí hậu khu vực được thử nghiệm, việc áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh DMO_ME, DMO_PER và DMO_EXP đem lại hiệu quả tốt nhất khi áp dụng cho mô hình RegCM.

KIẾN NGHỊ

Qua quá trình nghiên cứu, đánh giá khả năng mô phỏng các cực trị khí hậu cũng như các hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam của các mô hình khí hậu khu vực RegCM, REMO và MM5CL, ngoài những ưu điểm đã được trình bày trong luận án, một số vấn đề nảy sinh cũng đã được phát hiện thấy trong quá trình thực hiện luận án mà nổi bật nhất là tính bất định của các mô hình. Mỗi mô hình đều có những kỹ năng mô phỏng khác nhau và hầu như không có mô hình nào mô phỏng tốt nhất cho tất cả các hiện tượng được quan tâm. Điều đó có thể được lý giải bởi sự khác biệt về động lực học và vật lý của mô hình cũng như tính có thể mô phỏng/tái tạo được (reproductivity) của các yếu tố khí hậu cực trị và các hiện tượng khí hậu cực đoan mà trong phạm vi luận án này chưa thể giải quyết được. Thiết nghĩ cần phải tiến hành nghiên cứu tiếp những vấn đề sau đây như là hướng mở của luận án:

- Nghiên cứu sâu hơn về tính bất định của các mô hình khí hậu trong việc mô phỏng các biến khí hậu cực trị và các hiện tượng khí hậu cực đoan, đồng thời xem xét khả năng sử dụng phương pháp tổ hợp cho lớp bài toán này.

- Tiếp tục nghiên cứu tìm kiếm các phương pháp hiệu chỉnh sản phẩm của mô hình, đặc biệt đối với các yếu tố, hiện tượng có liên quan đến mưa.

- Thử nghiệm áp dụng bộ chỉ tiêu hiệu chỉnh đã được xây dựng trong luận án cho các bài toán dự tính khí hậu tương lai trong việc cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam./

**DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ
LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Đỗ Huy Dương, Phan Văn Tân, Võ Văn Hòa (2009) “Đánh giá khả năng mô phỏng một số yếu tố khí hậu cực đoan của mô hình khí hậu khu vực RegCM”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 584*, tháng 8 năm 2009, tr 15-23.
2. Đỗ Huy Dương, Võ Văn Hòa, Nguyễn Lê Dũng, Nguyễn Mạnh Linh, Nguyễn Thanh Tùng (2010) “Đánh giá và so sánh kỹ năng mô phỏng hạn mùa của mô hình khí hậu khu vực RegCM và REMO”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 594*, tháng 6 năm 2010, tr 9-16.
3. Đỗ Huy Dương (2010) “Nghiên cứu xác định tính chất và xu thế của nhiệt độ cực đoan”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 596*, tháng 8 năm 2010, tr 25-31.
4. Đỗ Huy Dương, Dư Đức Tiến (2013) “Ảnh hưởng của ENSO đến một số chỉ số khí hậu cực trị nhiệt ở Việt Nam”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 633*, tháng 9 năm 2013, tr 19-25.

Tên đề tài	Cơ quan chủ trì	Thời gian
Nghiên cứu khả năng mô phỏng nhiệt độ cực đoan bằng mô hình khí hậu khu vực	Đề tài KHCN cấp cơ sở. Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội	2009
Nghiên cứu đánh giá kỹ năng mô phỏng một số hiện tượng khí hậu cực đoan cho khu vực Việt Nam bằng mô hình khí hậu khu vực RegCM	Đề tài KHCN cấp cơ sở. Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội	2011

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2008), “Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH”.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2009), “Kịch bản BĐKH, nước biển dâng cho VN”.
3. Chu Thị Thu Hường, Phan Văn Tân (2012), “Mối quan hệ giữa nắng nóng và rét đậm trên lãnh thổ Việt Nam với bức xạ sóng dài tại đỉnh khí quyển”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Số 614, Tháng 2/2012, tr.8-14.
4. Chu Thị Thu Hường và CS (2010), “Xu thế và mức độ biến đổi của nắng nóng ở Việt Nam trong giai đoạn 1961-2007”, *Tạp chí khoa học - Đại học tự nhiên và Công nghệ*, Tập 26, Số 3S, tr. 423-430.
5. Đỗ Huy Dương, Phan Văn Tân, Võ Văn Hòa (2009) “Đánh giá khả năng mô phỏng một số yếu tố khí hậu cực đoan của mô hình khí hậu khu vực RegCM”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 584*, tháng 8 năm 2009, tr 15-23.
6. Đỗ Huy Dương, Võ Văn Hòa, Nguyễn Lê Dũng, Nguyễn Mạnh Linh, Nguyễn Thanh Tùng (2010) “Đánh giá và so sánh kỹ năng mô phỏng hạn mùa của mô hình khí hậu khu vực RegCM và REMO”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 594*, tháng 6 năm 2010, tr 9-16.
7. Đỗ Huy Dương (2010) “Nghiên cứu xác định tính chất và xu thế của nhiệt độ cực đoan”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 596*, tháng 8 năm 2010, tr 25-31.
8. Đỗ Huy Dương, Dư Đức Tiến (2013) “Ảnh hưởng của ENSO đến một số chỉ số khí hậu cực trị nhiệt ở Việt Nam”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 633*, tháng 9 năm 2013, tr 19-25.
9. Hoàng Đức Cường và CS (2011), “Đánh giá khả năng mô phỏng khí hậu mùa của mô hình PRECIS cho khu vực Việt Nam”, *Tuyển tập Hội thảo Khoa học quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu*.

10. 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.
11. Hồ Thị Minh Hà, Nguyễn Hương Điền (2006), “Thử nghiệm hiệu chỉnh kết quả mô phỏng nhiệt độ hạn mùa trên khu vực Đông Nam Á của mô hình khí hậu khu vực RegCM3”, *Tạp chí Khoa học và công nghệ*, ĐHQGHN T.XXII (2B PT), tr.20-27.
12. Kiều Thị Xin (2005), “Nghiên cứu mô phỏng các hiện tượng khí hậu bất thường hạn mùa trên khu vực Bán đảo Đông Dương - Biển Đông bằng mô hình thủy động”, *Đề tài trong chương trình NCCB cấp Nhà Nước*, mã số 3.2.1 804, 2004-2005.
13. Kiều Thị Xin, Phan Văn Tân, Phạm Thanh Hương (1997), “Về hoàn lưu gió mùa mùa hè ở Đông Nam Á, quan hệ của nó với XTNĐ và ENSO”, *Tạp báo cáo công trình NCKH, Hội nghị KH lần thứ VI Tập I*, Viện KTTV, Hà Nội, tr. 294-299.145.
14. Kiều Thị Xin, Trần Ngọc Anh, Lê Công Thành, Phan Văn Tân (2000), “Về thử nghiệm mô phỏng mưa trên lãnh thổ Việt Nam bằng mô hình dự báo khí hậu khu vực RegCM”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 7 (475), tr. 10-18.
15. Lê Văn Thiện, Nguyễn Văn Thắng (2004), “Thử nghiệm chạy mô hình khí hậu khu vực RegCM ở Việt Nam”, *Tuyển tập báo cáo Hội thảo Khoa học 2004*, Viện KTTV Hà Nội, Hà Nội.
16. Mai Văn Khiêm và CS (2011), “Đánh giá khả năng mô phỏng cực trị nhiệt độ của mô hình khí hậu khu vực PRECIS”, *Tuyển tập Hội thảo Khoa học quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu*.
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 (2009), “Biến đổi khí hậu thách thức đối với sự phát triển” (kỳ 1), *Kinh tế Môi trường*, số 01, tr 10-14, 6/2009.

19. 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.
20. Nguyễn Văn Thắng (2001), “Thử nghiệm bước đầu dự báo mưa mùa ở Việt Nam”, *Tạp chí KTTV* (488), tr. 22-29.
21. Nguyễn Văn Thắng và CS (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.
22. 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.
23. Phạm Ngọc Toàn, Phan Tất Đắc (1993), *Khí hậu Việt Nam*, NXB Khoa học Kỹ thuật, 312tr.
24. Phan Văn Tân (1999), *Các phương pháp thống kê trong khí hậu*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 208tr.
25. Phan Văn Tân (2005), “Thử nghiệm về độ nhạy của mô hình RegCM2 đối với địa hình và điều kiện mặt đệm”, *Đề tài nghiên cứu khoa học của ĐHQGHN*.
26. Phan Văn Tân và CS (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, 121tr.
27. Phan Văn Tân và CS (2010), “Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó”, *Báo cáo tổng kết đề tài KH-CN cấp nhà nước KC08.29/06-10*.
28. Phan Văn Tân, Hồ Thị Minh Hà, Lương Mạnh Thắng, Trần Quang Đức (2009), “Về khả năng ứng dụng mô hình RegCM vào dự báo hạn mùa các trường khí hậu bề mặt ở Việt Nam”, *Tạp chí Đại học Quốc gia Hà Nội*.

29. Thủ tướng Chính phủ (2014), “Quy định về dự báo, cảnh báo và truyền tin thiên tai”, *Quyết định số 46/2014/QĐ-TTg*
30. Trần Công Minh, Phan Văn Tân (2003), *Khí hậu nhiệt đới*, 300tr. (Biên dịch từ sách của R. Mc Gregor, S. Nieuwolt, 1998).
31. Trần Tân Tiến, Hồ Thị Minh Hà (2002), “Phân tích trường lượng mưa ngày ở Trung Bộ theo các hàm trục giao tự nhiên”, *Tuyển tập Báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 7*, Tập I, Khí tượng - Khí hậu - Khí hậu nông nghiệp, Tổng cục Khí tượng - Thủy văn, Viện KTTV Hà Nội, Hà Nội.

Tiếng Anh

32. Anagnostopoulou¹, Maheras¹, Karacostas¹ and Vafiadis (2003), “Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece”, *Theor Appl. Climatol*, 74, pp.77-91
33. Ballester Joan, Filippo Giorgi, Xavier Rodó (2010), “Changes in European temperature extremes can be predicted from changes in PDF central statistics: A letter”, *Climatic Change*, 98:277-284, DOI 10.1007/s10584-009-9758-0.
34. Bell, Jason, Lisa C. Sloan, Snyder (2004), “Regional Changes in Extreme Climatic Events: A Future Climate Scenario”, *J. Climate*, 17, pp.81-87.
35. Berg, Feldmann and Panitz (2012), “Bias correction of high resolution regional climate model data”, *J. Hydrol.*, 448–449, 80–92, doi:10.1016/j.jhydrol.2012.04.026.
36. Bonsal B.R., X. Zhang, L.A. Vincent, W.D. Hogg (2001), “Characteristics of daily extreme temperatures over Canada”, *J. Climate*, 14, pp. 1959-1976.
37. Bordi, Fraedrich, Gerstengarbe, Werner and Sutera (2004), “Potential predictability of dry and wet periods: Sicily and Elbe-Basin (Germany)”, *Theor. Appl. Climatol.* 77, pp. 125-138.
38. Boroneant C., G. Plaut, F. Giorgi, and X. Bi (2006), “Extreme precipitation over the Maritime Alps and associated weather regimes simulated by a regional climate model: Present-day and future climate scenarios”, *Theor Appl Climatol*, 86, pp.81-99.

39. Burke, E. J., J. B. Simon, and N. Christidis,(2006), “Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty-first century with the Hadley centre climate model”, *J. Hydrometeorol.*, 7, pp.1113–1125.
40. Caires, Sofia, Val R. Swail, Xiaolan L. Wang (2006), “Projection and Analysis of Extreme Wave Climate”, *J. Climate*, 19, pp. 5581-5605.
41. Castro, Rocha, Morlot, Escudero, Ferna, Vidal, and Arritt (2006), “Sensitivity studies of the RegCM3 simulation of summer precipitation, temperature and local wind field in the Caribbean Region”, *Theor. Appl. Climatol.* 86, pp. 5-22.
42. Chen, J., Brissette, F. P., Chaumont, D., and Braun (2013), “M.: Finding appropriate bias correction methods in downscaling precipitation for hydrologic impact studies over North America, Water Resour.”, *Res.*, 49, 4187–4205, doi:10.1002/wrcr.20331.
43. Collins, D.A., P.M. Della-Marta, N. Plummer and B.C. Trewin (2000), “Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia”, *Australian Meteorological Magazine*, 49, pp. 277-292.
44. Dai, A., K. E. Trenberth, T. Qian (2004), “A global dataset of palmer drought severity index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming”, *J. Hydrometeorol.*, 5, pp. 1117–1130.
45. Davison, A.C. Smith, R.L. (1990) “Models for exceedances over high threshold”, *J.R. Stat. Soc. B52(3)*: pp. 393-442.
46. Dubrovsky, Svoboda, Trnka, Hayes, Wilhite, Zalud and Hlavinka (2009), “Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia”, *Theor Appl Climatol*, 96, pp. 155-171.
47. Dupuis D. J and C. A. Field (1998), “Robust estimation of extremes”, *Can. J. Stat*, 26, pp. 199-216.
48. Durman, C.F., J.M. Gregory, D.H. Hassell and R.G. Jones (2001), “The comparison of extreme European daily precipitation simulated by a global and a regional climate model for present and future climates” *.Quart. J. R. Met. Soc.*

49. 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, pp. 417-425.
50. Easterling D. R., G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R.Karl, and L. O. Mearns (2000), “Climate extremes: Observations, modeling, and impacts”, *Science*, 289, pp. 2068-2074.
51. Frich, P. Alexander, L. V. Della-Marta, P. Gleason, B. Haylock, M. Tank, A. M. G. K. and Peterson (2002), “Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century”, *Clim. Res.* 19, pp. 193-212.
52. Giorgi Filippo and Gary T. Bates and Steven J. Nieman (1993c), “The multi-year surface climatology of a regional atmospheric model over the western United States”, *J. Clim.*, 6, pp. 75-95.
53. Giorgi Filippo, Maria Rosaria Marinucci and Gary T. Bates (1993a), “Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2)”, *Part I: Boundary-Layer and Radiative Transfer Processes*, *Mon. Wea. Rev*, 121, pp. 2791-2813.
54. Gochis David J., W. James Shuttleworth, Zong-Liang Yang (2002), “Sensitivity of the Modeled North American Monsoon Regional Climate to Convective Parameterization”, *Mon. Wea. Rev*, 130, pp. 1282-1298.
55. Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E., and Engen-Skaugen (2012), “Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – a comparison of methods”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 3383–3390, doi:10.5194/hess-16-3383-2012.
56. Gutjahr, O. and Heinemann (2013), “Comparing precipitation bias correction methods for high- 5 resolution regional climate simulations using COSMO-CLM”, *Theor. Appl. Climatol.*, 114, 511–529, doi:10.1007/s00704-013-0834-z.
57. Halenka, Kalvova, Chla ´dova´, Demeterova ´, Zema ´nkova´ and Belda1 (2006), “On the capability of RegCM to capture extremes in long term regional

- climate simulation – comparison with the observations for Czech Republic”, *Theor. Appl. Climatol*, 86, pp. 125-145.
58. Hassell D., Jones R.G (1999), “Simulating climatic change of the southern Asian monsoon using a nested regional climate model (HadRM2)”, *HCTN 8, Hadley Centre for Climate Prediction and Research, London Road, Bracknell, UK*.
 59. Heino and Coauthors (1999), “Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe”, *Climatic Change*, 42, pp. 151-181.
 60. Hostetler S. W., G. T. Bates, and F. Giorgi (1993), “Interactive nesting of a lake thermal model within a regional climate model for climate change studies”, *Geophysical Research*, 98, pp. 5045–5057.
 61. Huth and Radan (2004), “Sensitivity of Local Daily Temperature Change Estimates to the Selection of Downscaling Models and Predictors”, *J. Climate*, 17, pp. 640-652.
 62. IPCC: Climate Change 2007 - *The Physical Science Basis. Cambridge University Press.*, 996p.
 63. Iorio J. P., P. B. Duffy, B. Govindasamy, S. L. Thompson, M. Khairoutdinov, D. Randall (2004), “Effects of model resolution and subgrid-scale physics on the simulation of precipitation in the continental United States”, *Clim Dyn*, 23, pp.243-258, DOI 10.1007/s00382-004-0440-y.
 64. Jiao Yanjun (2006), “An Investigation of Summer Precipitation Simulated by the Canadian Regional Climate Model”, *Weather and Forecasting*, Volume 134, pp 919-932.
 65. James M. Done L. Ruby Leung, Christopher A. Davis and Bill Kuo (2003), “Regional climate simulation using the wrf model”, *National Center for Atmospheric Research, PO . Box 3000, Boulder, CO 80307, USA*.
 66. Jurg Schmidli, Christoph Frei and Pier Luigi Vidale (2006), “Downscaling from GCM precipitation: a Benchmark for dynamical and statistical downscaling methods”, *Int. J. Climatol.* 26: 679–689

67. 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*, 37, pp. 173-199.
68. Karl, T.R., R.W. Knight and N. Plummer (1995b), “Trends in high-172 Observed Climate Variability and Change frequency climate variability in the twentieth century”, *Nature*, 377, pp. 217-220.
69. Karl, Easterling D. R., J. L. Evans, P. Ya. Groisman, K. E. Kunkel, and P. Ambenje (2000), “Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, pp. 417-425.
70. Kato H., Nishizawa K., Hirakuchi H., Kadokura S., Oshima N., Giorgi .F (2001), “Performance of RegCM2.5/NCAR-CSM Nested System for the Simulation of Climate Change in East Asia Caused by Global Warming”, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 79, No. 1, pp. 99-121.
71. Kharin, Viatcheslav .V, Francis W. Zwiers (2005), “Estimating Extremes in Transient Climate Change Simulations”, *J. Climate*, 18, pp. 1156-1173.
72. Kharin, Viatcheslav V., Francis W. Zwiers, Xuebin Zhang, Gabriele C. Hegerl (2007), “Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations”, *J. Climate*, 20, pp. 1419-1444.
73. Kharin, Viatcheslav V., Francis W. Zwiers (2005), “Estimating Extremes in Transient Climate Change Simulations”, *J. Climate*, 18, pp.1156–1173.
74. 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, pp. 3560–3571.
75. Kimoto, Yasutomi, C. Yokoyama and S. Emori (2005), “Projected changes in precipitation characteristics near Japan under the global warming”, *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 1, pp.85-88, doi: 10.2151/sola.2005-023.
76. Koleva and Alexandrov (2008), “Drought in the Bulgarian low regions during the 20th century”, *Theor. Appl. Climatol.* 92, pp. 113-120.

77. Lafon, T (2013) “Bias correction of daily precipitation simulated by a regional climate model: 25 a comparison of methods”, *Int. J. Climatol.*, 33, 1367–1381, doi:10.1002/joc.3518.
78. Lau K.M., Yang S (1997), “Climatology and Interannual Variability of the Southeast Asian Summer Monsoon”, *Advances in Atmos. Sci.* Vol. 14, pp. 141-162.
79. Lau and M. J. Nath (1994), “A modeling study of the relative roles of the tropical and extratropical SST anomalies in the variability of the global atmosphere-ocean system”, *J. Climate*, 7, pp. 1184-11207.
80. Leung L.R., Ghan S.J. (1999a), “Pacific Northwest climate sensitivity simulated by a regional climate model driven by a GCM”, *J. Climate*, Vol. 12, Part I: pp.2010-2030., Part II: pp. 2031-2053.
81. Leung L.R., Ghan S.J., Zhao Z.-C., Luo Y., Wang W.-C., Wei H.-L (1999b), “Intercomparison of Regional Climate Simulations of the 1991 summer Monsoon in Eastern Asia”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104 (D6), pp. 6425-6454.
82. Liang, Li, Kunkel, Ting and J. X. L. Wang (2004), “Regional climate model simulation of US precipitation during 1982-2002. Part I: Annual cycle”, *J. Climate*, Vol. 17, pp. 3510-3529.
83. Liang, X. Z., L. Li, K. E. Kunkel, M. F. Ting and J. X. L. Wang (2004), “Regional climate model simulation of US precipitation during 1982-2002. Part I: Annual cycle”, *J. Clim.*, Vol. 17, pp. 3510-3529.
84. Manton M. J., Della-Marta, Haylock, Hennessy, Nicholls, N. et al (2001), “Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998”, *Intl. J. Climate*. 21, pp.269-284.
85. May W (2004), “Simulation of the variability and extremes of daily rainfall during the Indian summer monsoon for present and future times in a global time-slice experiment”, *Clim Dyn*, 22: 183-204, DOI 10.1007/s00382-003-0373-x.

86. Mearns L., Fu J.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.
87. Meehl G. A., C. Tebaldi, D. Nychka (2004a), “Changes in frost days in simulations of twentyfirst century climate”, *Clim Dyn*, 23, pp. 495-511, DOI 10.1007/s00382-004-0442-9.
88. Meehl, Gerald A, Warren M. Washington, Caspar M. Ammann, Julie M. Arblaster, T. M. L. Wigley, Claudia Tebaldi (2004b), “Combinations of Natural and Anthropogenic Forcings in Twentieth-Century Climate”, *J. Climate*, 17, pp. 3721-3727.
89. Messenger C., H. Gallee, O. Brasseur (2004), “Precipitation sensitivity to regional SST in a regional climate simulation during the West African monsoon for two dry years”, *Clim Dyn*, 22, pp. 249-266, DOI 10.1007/s00382-003-0381.
90. Michaels, P.J., R.C. Balling, Jr. , R.S. Vose and P.C. Knappenberger (1998), “Analysis of trends in the variability of daily and monthly historical temperature measurements”, *Clim. Res.*,10, pp. 27-33.
91. Moberg, A., P.D. Jones, M. Barriendos, H. Bergstrøm. D. Camuffo, C. Cocheo, T.D. Davies, G. Demar?e, J. Martin-Vide, M. Maugeri, R. Rodriguez and T. Verhoeve (2000), “Day-to-day temperature variability trends in 160-275-year long European instrumental records”, *J.Geophys. Res.*,105(D18), pp. 22849-22868.
92. Mohd. Deni, Jemain, Ibrahim (2008), “The spatial distribution of wet and dry spells over Peninsular Malaysia”, *Theor. Appl. Climatol*, 94, pp. 163-173.
93. Park and Jung (2002), “Modelling Korean extreme rainfall using a Kappa distribution and maximum likelihood estimate”, *Theor, Appl, Climatol*, 72, pp. 55-64.

94. Peterson T. C., C. Folland, G. Gruza (2001), “Report of the activities of the Working Group on Climate Change Detection and related rapportuers”, *WMO Tech. Doc*, 1071, 143pp, Comm. For Climatol., WMO, Geneva.
95. Plummer. N and Coauthors (1999), “Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century”, *Climatic Change*, 42, pp. 182-202.
96. Q. Zhang, Y. Xu, Z. Zhang, G. Ren and D. Chen (2008), “Climate change or variability? The case of Yellow river as indicated by extreme maximum and minimum air temperature during 1960–2004”, *Theor. Appl. Climatol*, 93, pp. 35-43.
97. Rodrigo (2002), “Changes in climate variability and seasonal rainfall extremes: a case study from San Fernando (Spain), 1821 – 2000”, *Theor, Appl, Climatol*, 72, pp. 193-207.
98. S. C. van Pelt, J. J. Beersma, T. A. Buishand, B. J. J. M. van den Hurk, and P. Kabat (2012), “Future changes in extreme precipitation in the Rhine basin based on global and regional climate model simulations”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 4517–4530.
99. Scarrott and A. MacDonald (2012), “A review of extreme value threshold estimation and uncertainty quantification”, *Statistical Journal*, Volume 10, Number 1, March 2012, pp. 33–60.
100. Serreze MC (1995), “Climatological aspects of cyclone development and decay in the Arctic”, *Atmos–Ocean*, 33, pp. 1-23.
101. Sun Y., S. Solomon, A. Dai, and R. Portmann (2006), “How often does it rain?”, *J. Clim*, 19, pp.916-934.
102. Sirajul Islam (2009), “Future change in the frequency of warm and cold spells over Pakistan simulated the PRECIS regional climate model”, *Climatic Change (2009)*, 94, pp.35-45, doi 10.1007/s10584-009-9957-7.
103. Steadman, R.G., (1984), “A universal scale of apparent temperature”, *J. Clim. Appl. Met.*, 23, pp. 1674-1687.

104. Tapiador, Francisco J., Enrique Sánchez (2008), “Changes in the European Precipitation Climatologies as Derived by an Ensemble of Regional Models”, *J. Climate*, 21, pp. 2540-2557.
105. Teutschbein, C. and Seibert, J. (2012) “Bias correction of regional climate model simulations for 10 hydrological climate-change impact studies: review and evaluation of different methods”, *J. Hydrol*, 456–457, 12–29, doi:10.1016/j.jhydrol.2012.05.052.
106. Teutschbein, C. and Seibert, J. (2013) “Is bias correction of regional climate model (RCM) simulations possible for non-stationary conditions?”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 5061–5077, doi:10.5194/hess-17-5061-2013.
107. Themeßl, M. J., Gobiet, A., and Leuprecht, A (2011), “Empirical-statistical downscaling and error correction of daily precipitation from regional climate models”, *Int. J. Climatol.*, 31, 1530– 1544, doi:10.1002/joc.2168.
108. 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, pp. 279-292.
109. 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, pp 279-292.
110. Tido Semmler and Daniela Jacob Modeling (2004), “Modeling extreme precipitation events-a climate change simulation for Europe”, *Global and Planetary Change*, 44, pp. 119-127.
111. Toreti A. and F. Desiato (2008), “Temperature trend over Italy from 1961 to 2004”, *Theor Appl Climatol.* 91, pp. 51–58.
112. Unkas̃evic and Tos̃ic (2009), “Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade”, *Theor. Appl. Climatol*, 95, pp. 27-38.
113. 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, pp. 1133-1147.

114. W. R. Katz, and B. G. Brown (1992), “Extreme events in a changing climate: Variability is more important than averages”, *Climatic Change*, 21, pp. 289-302
115. Walsh K. J. E., K.-C. Nguyen, J. L. McGregor (1995), “Fine-resolution regional climate model simulations of the impact of climate change on tropical cyclones near Australia”, *Clim Dyn*, 22: 47-56, DOI 10.1007/s00382-003-0362-0
116. Wang, X.L. and D.J. Gaffen (2001), “Late twentieth century climatology and trends of surface humidity and temperature in China”, *J. Climate in press*.
117. Weng H., K. M. Lau, Y. Xue (1999), “Multi-scale summer precipitation variability over China and its long-term link to global sea surface temperature variability”, *J Meteor Soc Japan*, 77, 1pp.
118. 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, pp. 763-772
119. Yang F. L., K. M. Lau (2004), “Trend and variability of China precipitation variability over China and its long-term link to global sea surface temperature variability”, *J Meteor Soc Japan*, 77, 1pp.
120. Yue1 and Hashino (2003), “Temperature trends in Japan: 1900–1996”, *Theor. Appl. Climatol*, 75, pp. 15-27.
121. Zhai P., X. Pan (2003), “Trends in temperature extremes during 1951-1999 in China”, *Geophys. Res. Lett*, 30(17), 1913pp.
122. Zhang, Lisa Alexander, Gabriele C. Hegerl, Philip Jones, Albert Klein Tank, Thomas C. Peterson, Blair Trewin and Francis W. Zwiers (2004), “Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data”, *WIREs Clim Change2011*. doi: 10.1002/wcc.147.

123. Zhu Jinhong and Xin-Zhong Liang (2007), “Regional climate model simulations of U.S. precipitation and surface air temperature during 1982-2002: Interannual variation”, *J. Clim*, 20, pp. 218-232.

PHỤ LỤC 1. DANH SÁCH CÁC TRẠM QUAN TRẮC ĐƯỢC SỬ DỤNG

TT	Tên trạm	Mã trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)	TT	Tên trạm	Mã trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)
Vùng Tây Bắc Bộ (ký hiệu là B1)											
1	Lai Châu	48800	103.150	22.067	243.2	4	Yên Châu	48/18	104.300	21.050	314.0
2	Điện Biên	48811	103.000	21.367	475.1	5	Mộc Châu	48/25	104.683	20.833	972.0
3	Sơn La	48806	103.900	21.333	675.3						
Vùng Đông Bắc Bộ (B2)											
1	Sa Pa	48802	103.817	22.350	1584.2	6	Bãi Cháy	48833	107.067	20.967	37.9
2	Hà Giang	48805	104.967	22.817	117.0	7	Thái Nguyên	48831	105.833	21.600	35.3
3	Bắc Quang	48/34	104.50	22.290	73.0	8	Cô Tô	48834	107.767	20.983	70.0
4	Yên Bái	48815	104.867	21.700	55.6	9	Tuyên Quang	48812	105.217	21.817	40.8
5	Lạng Sơn	48830	106.767	21.833	257.9						
Vùng Đồng bằng Bắc Bộ (B3)											
1	Hà Nội	48820	105.800	21.017	6.0	5	Bạch Long Vĩ	48839	107.717	20.133	55.6
2	Phủ Liễn	48826	106.633	20.800	112.4	6	Hòa Bình	48818	105.333	20.817	22.7
3	Nam Định	48823	106.150	20.433	1.9	7	Thái Bình	48835	106.383	20.417	1.9
4	Ninh Bình	48824	105.983	20.250	2.0						
Vùng Bắc Trung Bộ (B4)											
1	Thanh Hóa	48840	105.783	19.750	5.0	8	Tuyên Hóa	48/87	106.017	17.883	27.1
2	Hồi Xuân	48842	105.100	20.367	102.2	9	Đông Hà	48849	107.083	16.850	8.0
3	Vinh	48845	105.683	18.667	5.1	10	A Lưới	48/91	107.283	16.217	572.2
4	Trương Dương	48844	104.467	19.267	96.1	11	Huế	48852	107.583	16.433	10.4
5	Hà Tĩnh	48846	105.900	18.350	2.8	12	Nam Đông	48/92	107.717	16.167	59.7
6	Kỳ Anh	48/86	106.267	18.100	2.8	13	Hương Khê	48/84	105.700	18.183	17.0
7	Đông Hới	48848	106.600	17.483	5.7						
Vùng Nam Trung Bộ (N1)											
1	Đà	48855	108.200	16.033	4.7	6	Tuy	48873	109.283	13.083	10.9

TT	Tên trạm	Mã trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)	TT	Tên trạm	Mã trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)
	Năng						Hòa				
2	Trà My	48/94	108.233	15.350	123.1	7	Nha Trang	48877	109.200	12.250	3.0
3	Quảng Ngãi	48863	108.800	15.117	7.2	8	Phan Rang	48890	108.983	11.583	6.5
4	Ba Tơ	48/95	108.733	14.767	50.7	9	Phan Thiết	48887	108.100	10.933	8.7
5	Quy Nhơn	48870	109.217	13.767	3.9	10	Phú Quý	48889	108.933	10.517	5.0
Vùng Tây Nguyên (N2)											
1	Bảo Lộc	48884	107.683	11.533	840.4	5	Pleiku	48866	108.017	13.967	778.9
2	B.M. Thuật	48875	108.050	12.667	490.0	6	Ayunpa	48872	108.260	13.250	150.0
3	Đà Lạt	48880	108.450	11.950	1508.6	7	Dak Nong	48886	107.680	12.000	631.0
4	Kon Tum	48865	108.000	14.350	536.0						
Vùng Nam Bộ (N3)											
1	Cà Mau	48914	105.150	9.183	0.9	5	Côn Đảo	48918	106.600	8.683	6.3
2	Cần Thơ	48910	105.767	10.033	1.0	6	Trường Sa	48920	111.917	8.650	3.0
3	Rạch Giá	48907	105.067	10.017	0.8	7	Phú Quốc	48917	103.967	10.217	3.5
4	Vũng Tàu	48903	107.083	10.367	4.0						

**PHỤ LỤC 2. KẾT QUẢ KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG SỐ LIỆU QUAN TRẮC
BỀ MẶT**

Bảng P2.1. Kết quả kiểm tra chất lượng quan trắc cho tổng lượng mưa ngày từ 1961-2010 (QC0 là kiểm tra tính phù hợp, QC1 là kiểm tra khí hậu và QC2 là kiểm tra không gian)

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48/18	Yên Châu	B1	0.1	0	0	0.3
48/25	Mộc Châu	B1	0.9	0	0	0.2
48800	Lai Châu	B1	0	0	0	0.2
48806	Sơn La	B1	0	0	0	0.3
48811	Điện Biên	B1	0.4	0	0	0.2
48/34	Bắc Quang	B2	3	0	0	0.1
48802	Sapa	B2	0	0	0	0.1
48805	Hà Giang	B2	0	0	0	0.1
48812	Tuyên Quang	B2	2.1	0	0	0.2
48815	Yên Bái	B2	0	0	0	0.1
48830	Lạng Sơn	B2	0	0	0	0.2
48831	Thái Nguyên	B2	0	0	0	0.2
48833	Bãi Cháy	B2	0	0	0	0.2
48834	Cô Tô	B2	0	0	0	0.2
48818	Hòa Bình	B3	0	0	0	0.2
48820	Láng	B3	0	0	0	0.2
48823	Nam Định	B3	0	0	0	0.3
48824	Ninh Bình	B3	0	0	0	0.4
48826	Phủ Liễn	B3	0	0	0	0.4
48835	Thái Bình	B3	0	0	0	0.4
48839	Bạch Long Vĩ	B3	0	0	0	0.2
48/84	Hương Khê	B4	0	0	0	0.2
48840	Thanh Hóa	B4	0	0	0	0.3
48842	Hồi Xuân	B4	0	0	0	0.2

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48844	Tương Dương	B4	0	0	0	0.1
48845	Vinh	B4	0	0	0	0.2
48846	Hà Tĩnh	B4	0	0	0	0.2
48848	Đồng Hới	B4	0	0	0	0.2
48849	Đông Hà	B4	27.7	0	0	0.1
48852	Huế	B4	3.2	0	0	0.2
48/86	Kỳ Anh	B4	0	0	0	0.2
48/91	A Lưới	B4	26.2	0	0	0.2
48/92	Nam Đông	B4	28.9	0	0	0.1
48855	Đà Nẵng	N1	31.9	0	0	0
48863	Quảng Ngãi	N1	31.9	0	0	0.1
48/87	Tuyên Hòa	N1	10.7	0	0	0.1
48870	Quy Nhơn	N1	2.3	0	0	0.2
48873	Tuy Hòa	N1	3.2	0	0	0.1
48877	Nha Trang	N1	0	0	0	0.1
48887	Phan Thiết	N1	2.1	0	0	0.1
48889	Phú Quý	N1	38.3	0	0	0.1
48890	Phan Rang	N1	40.9	0	0	0
48/94	Trà My	N1	36.2	0	0	0.1
48/95	Ba Tơ	N1	42.6	0	0	0.1
48865	Kon Tum	N2	22.3	0	0	0.1
48866	Pleiku	N2	0	0	0	0.1
48872	Ayunpa	N2	38.3	0	0	0.1
48875	Buôn Ma Thuột	N2	0	0	0	0.1
48880	Đà Lạt	N2	12.8	0	0	0.2
48884	Bảo Lộc	N2	6.4	0	0	0
48886	Đắc Nông	N2	36.2	0	0	0
48903	Vũng Tàu	N3	38.3	0	0	0.1
48907	Rạch Giá	N3	38.3	0	0	0
48910	Cần Thơ	N3	31.9	0	0	0.1

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48914	Cà Mau	N3	9.7	0	0	0.1
48917	Phú Quốc	N3	29.8	0	0	0.1
48918	Côn Đảo	N3	0	0	0	0
48920	Trường Sa	N3	35.8	0	0	0

Bảng P2.2. Tương tự bảng P2.1 nhưng cho yếu tố nhiệt độ trung bình ngày

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48/18	Yên Châu	B1	0.6	0	0	0.2
48/25	Mộc Châu	B1	1.6	0	0	0.2
48800	Lai Châu	B1	0.4	0	0	0.2
48806	Sơn La	B1	0.3	0	0	0.1
48811	Điện Biên	B1	0.3	0	0	0.2
48/34	Bắc Quang	B2	12.6	0	0	0.1
48802	Sapa	B2	0.6	0	0	0.4
48805	Hà Giang	B2	1.7	0	0	0.3
48812	Tuyên Quang	B2	1.8	0	0	0.1
48815	Yên Bái	B2	2.6	0	0	0.2
48830	Lạng Sơn	B2	1.2	0	0	0.3
48831	Thái Nguyên	B2	0.6	0	0	0.2
48833	Bãi Cháy	B2	0.9	0	0	0.2
48834	Cô Tô	B2	0.9	0	0	0.3
48818	Hòa Bình	B3	0.4	0	0	0.1
48820	Láng	B3	1.1	0	0	0.1
48823	Nam Định	B3	0.8	0	0	0.2
48824	Ninh Bình	B3	0.5	0	0	0.6
48826	Phủ Liễn	B3	0.8	0	0	0.2
48835	Thái Bình	B3	3.1	0	0	0.5
48839	Bạch Long Vĩ	B3	3.1	0	0	0.5

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48/84	Hương Khê	B4	7.7	0	0	0.3
48840	Thanh Hóa	B4	0.6	0	0	0.7
48842	Hồi Xuân	B4	1.3	0	0	0.2
48844	Tương Dương	B4	12.7	0	0	0.1
48845	Vinh	B4	4.2	0	0	0.3
48846	Hà Tĩnh	B4	32.8	0	0	0.1
48848	Đông Hới	B4	0.9	0	0	0.4
48849	Đông Hà	B4	30.3	0	0	0.2
48852	Huế	B4	6.9	0	0	0.4
48/86	Kỳ Anh	B4	2.6	0	0	0.4
48/91	A Lưới	B4	34.9	0	0	0.3
48/92	Nam Đồng	B4	34.3	0	0	0.2
48855	Đà Nẵng	N1	32.1	0	0	0.2
48863	Quảng Ngãi	N1	36.5	0	0	0.1
48/87	Tuyên Hòa	N1	6	0	0	0.3
48870	Quy Nhơn	N1	2.6	0	0	0.4
48873	Tuy Hòa	N1	2.6	0	0	0.3
48877	Nha Trang	N1	0.7	0	0	0.3
48887	Phan Thiết	N1	10	0	0	0.2
48889	Phú Quý	N1	39.5	0	0	0.2
48890	Phan Rang	N1	70.3	0	0	0.1
48/94	Trà My	N1	38.8	0	0	0.1
48/95	Ba Tơ	N1	42.9	0	0	0.2
48865	Kon Tum	N2	35.4	0	0	0.1
48866	Pleiku	N2	5.3	0	0.3	0.1
48872	Ayunpa	N2	38.9	0	0	0.2
48875	Buôn Ma Thuột	N2	0.6	0	0	0.2
48880	Đà Lạt	N2	45	0	0	0.2
48884	Bảo Lộc	N2	38.8	0	0	0.1
48886	Đắc Nông	N2	43.9	0	0	0.2

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48903	Vũng Tàu	N3	11.7	0	0	0.4
48907	Rạch Giá	N3	8.9	0	0	0.3
48910	Cần Thơ	N3	19.5	0	0	0.3
48914	Cà Mau	N3	9.7	0	0	0.4
48917	Phú Quốc	N3	38.3	0	0	0.2
48918	Côn Đảo	N3	39	0	0	0.4
48920	Trường Sa	N3	36.9	0	0.1	0

Bảng P2.3. Tương tự bảng P2.1 nhưng cho yếu tố nhiệt độ tối cao ngày

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48/18	Yên Châu	B1	0.5	0	0	0.4
48/25	Mộc Châu	B1	1.4	0	0	0.2
48800	Lai Châu	B1	0.2	0	0	0.3
48806	Sơn La	B1	0.3	0	0	0.2
48811	Điện Biên	B1	0.1	0	0	0.3
48/34	Bắc Quang	B2	4.9	0	0	0.2
48802	Sapa	B2	1.4	0	0	0.2
48805	Hà Giang	B2	0.9	0	0	0.4
48812	Tuyên Quang	B2	0.8	0	0	0.3
48815	Yên Bái	B2	1.6	0	0	0.4
48830	Lạng Sơn	B2	0.9	0	0	0.3
48831	Thái Nguyên	B2	0.3	0	0	0.2
48833	Bãi Cháy	B2	0.3	0	0	0.2
48834	Cô Tô	B2	0.9	0	0	0.2
48818	Hòa Bình	B3	0.3	0	0	0.2
48820	Láng	B3	0.4	0	0	0.2
48823	Nam Định	B3	1	0	0	0.2
48824	Ninh Bình	B3	0.3	0	0	0.6

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48826	Phủ Liễn	B3	0.4	0	0	0.2
48835	Thái Bình	B3	0.5	0	0	0.5
48839	Bạch Long Vĩ	B3	3.1	0	0	0.4
48/84	Hương Khê	B4	4.4	0	0	0.3
48840	Thanh Hóa	B4	0.4	0	0	0.6
48842	Hồi Xuân	B4	1.4	0	0	0.3
48844	Tương Dương	B4	6.4	0	0	0.1
48845	Vinh	B4	1.6	0	0	0.4
48846	Hà Tĩnh	B4	0.2	0	0	0.3
48848	Đồng Hới	B4	0.3	0	0	0.6
48849	Đông Hà	B4	26.2	0	0	0.4
48852	Huế	B4	6.9	0	0	0.4
48/86	Kỳ Anh	B4	2.5	0	0	0.3
48/91	A Lưới	B4	31.1	0	0	0.4
48/92	Nam Đồng	B4	34.2	0	0	0.2
48855	Đà Nẵng	N1	32	0	0	0.5
48863	Quảng Ngãi	N1	34.2	0	0	0.2
48/87	Tuyên Hòa	N1	6.3	0	0	0.4
48870	Quy Nhơn	N1	2.4	0	0	0.3
48873	Tuy Hòa	N1	2.2	0	0	0.7
48877	Nha Trang	N1	2.2	0	0	0.5
48887	Phan Thiết	N1	7.8	0	0	0.2
48889	Phú Quý	N1	39.6	0	0	0.2
48890	Phan Rang	N1	68.1	0	0	0.1
48/94	Trà My	N1	38.7	0	0	0.3
48/95	Ba Tơ	N1	42.9	0	0	0.2
48865	Kon Tum	N2	32.5	0	0	0.2
48866	Pleiku	N2	6.6	0	0	0.4
48872	Ayunpa	N2	38.5	0	0	0.3
48875	Buôn Ma Thuột	N2	0.4	0	0	0.3

Mã trạm	Tên trạm	Vùng khí hậu	% số liệu bị thiếu	% số liệu không qua QC0	% số liệu không qua QC1	% số liệu không qua QC2
48880	Đà Lạt	N2	39.1	0	0	0.3
48884	Bảo Lộc	N2	38.6	0	0	0.2
48886	Đắc Nông	N2	43.8	0	0	0.2
48903	Vũng Tàu	N3	10.9	0	0.1	0.3
48907	Rạch Giá	N3	8.5	0	0	0.3
48910	Cần Thơ	N3	19.4	0	0.1	0.4
48914	Cà Mau	N3	9.9	0	0	0.5
48917	Phú Quốc	N3	38.5	0	0	0.4
48918	Côn Đảo	N3	38.8	0	0	0.3
48920	Trường Sa	N3	36.9	0	0	0