

CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP NHÀ NƯỚC KC08/06-10

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

**“NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU ĐẾN CÁC
YẾU TỐ VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOẠN Ở VIỆT NAM,
KHẢ NĂNG DỰ BÁO VÀ GIẢI PHÁP CHIẾN LƯỢC ỨNG PHÓ”**

MÃ SỐ: KC08.29/06-10

**Cơ quan chủ trì đề tài: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,
Đại học Quốc gia Hà Nội
Chủ nhiệm đề tài: PGS. TS. Phan Văn Tân**

BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

CHƯƠNG TRÌNH KHCN CẤP NHÀ NƯỚC KC08/06-10

BÁO CÁO TỔNG HỢP
KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐỀ TÀI

**“NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU ĐẾN
CÁC YẾU TỐ VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOẠN Ở VIỆT NAM,
KHẢ NĂNG DỰ BÁO VÀ GIẢI PHÁP CHIẾN LƯỢC ỨNG PHÓ”**

MÃ SỐ: KC08.29/06-10

Chủ nhiệm đề tài

Cơ quan chủ trì đề tài
TRƯỜNG ĐHKHTN HÀ NỘI

PGS. TS. Phan Văn Tân

PGS. TS. Bùi Duy Cam

Ban chủ nhiệm chương trình

Bộ Khoa học và Công nghệ

Hà Nội – 2010

MỤC LỤC

MỤC LỤC	3
DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU VIẾT TẮT.....	7
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	11
DANH MỤC HÌNH VẼ	13
MỞ ĐẦU	22
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	26
1.1 Bằng chứng về sự biến đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan	26
1.2 Vấn đề dự báo mùa các hiện tượng khí hậu cực đoan	31
1.2.1 Phương pháp thống kê	33
1.2.2 Phương pháp mô hình động lực	35
1.3 Mô phỏng khí hậu và dự tính các hiện tượng khí hậu cực đoan bằng các mô hình động lực	37
1.4 Vấn đề dò tìm xoáy bão	43
1.5 Một số thành tựu nghiên cứu biến đổi khí hậu ở trong nước	45
1.6 Nhận xét chung	47
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU.....	50
2.1 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	50
2.1.1 Khái niệm về yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan	50
2.1.2 Lựa chọn yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan trong phạm vi đề tài.....	51
2.1.3 Phạm vi không gian và thời gian nghiên cứu	55
2.2 Các nguồn số liệu được sử dụng	56
2.2.1 Số liệu quan trắc từ mạng lưới trạm khí tượng Việt Nam	56
2.2.2 Số liệu bão, ATNĐ	57
2.2.3 Số liệu các chỉ số khí hậu	58
2.2.4 Số liệu quan trắc toàn cầu trên lưới	60
2.2.5 Số liệu điều kiện biên cho các mô hình khu vực	61
2.2.6 Các loại số liệu khác	61
2.3 Phương pháp kiểm tra chất lượng và xử lý số liệu quan trắc	62
2.4 Phương pháp đánh giá sự biến đổi của ECE và tác động của BĐKH toàn cầu	65
2.4.1 Đánh giá mức độ, tính chất và xu thế biến đổi của ECE	65
2.4.2 Đánh giá tác động của BĐKH toàn cầu đến sự biến đổi của ECE	70
2.5 Phương pháp thống kê dự báo mùa ECE	71
2.6 Phương pháp mô phỏng và dự tính ECE bằng các RCM	72
2.6.1 Phương pháp xác định ECE_IPCC từ sản phẩm RCM (PA1).....	73
2.6.2 Phương pháp xác định ECE_VN từ sản phẩm RCM (PA2).....	74
2.6.3 Phương pháp hiệu chỉnh chỉ tiêu xác định các hiện tượng khí hậu cực đoan từ sản phẩm RCM	77
2.6.4 Phương pháp xác định bão và ATNĐ từ sản phẩm của RCM.....	78
2.7 Phương pháp động lực dự báo hạn mùa ECE	80
2.8 Các phương pháp đánh giá.....	81
2.8.1 Chỉ số đánh giá cho các biến liên tục	82
2.8.2 Chỉ số đánh giá cho các biến phân hạng (hay các pha)	85
2.8.3 Biểu đồ tin cậy	87
CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN CÁC MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỀ MÔ PHỎNG, DỰ BÁO VÀ DỰ TÍNH ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM	89
3.1 Lịch sử phát triển các mô hình khí hậu	89
3.2 Các mô hình khí hậu toàn cầu và ứng dụng trong nghiên cứu khí hậu.....	90
3.3 Các mô hình khí hậu khu vực và ứng dụng trong nghiên cứu khí hậu	92

3.4 Khả năng ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực trong mô phỏng khí hậu hạn vừa, hạn dài.....	95
3.4.1 Về việc lựa chọn miền tính, điều kiện ban đầu và điều kiện biên.....	95
3.4.2 Độ phân giải của mô hình.....	96
3.4.3 Về các sơ đồ tham số hóa các quá trình vật lý.....	97
3.5 Khả năng ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực vào dự báo hạn mùa.....	101
3.6 Khả năng ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực trong việc dự tính khí hậu tương lai cho Việt Nam.....	102
3.7 Vấn đề mô phỏng, dự báo và dự tính điều kiện khí hậu cực đoan bằng các mô hình khí hậu khu vực.....	103
3.8 Lựa chọn các mô hình khí hậu khu vực có khả năng ứng dụng trong điều kiện Việt Nam.....	103
3.9 Cơ sở lý thuyết mô hình RegCM.....	104
3.9.1 Lịch sử phát triển.....	104
3.9.2 Hệ phương trình cơ bản.....	106
3.9.3 Điều kiện ban đầu và điều kiện biên.....	108
3.9.4 Các sơ đồ tham số hóa vật lý.....	110
3.10 Cơ sở lý thuyết mô hình REMO.....	117
3.10.1 Lịch sử phát triển.....	117
3.10.2 Động lực học.....	118
3.10.3 Tham số hóa vật lý.....	122
3.10.4 Cấu trúc và định dạng số liệu.....	123
3.11 Cơ sở lý thuyết mô hình MM5CL.....	125
3.11.1 Giới thiệu chung.....	125
3.11.2 Động lực học và các sơ đồ tham số hóa vật lý.....	127
3.11.3 Điều kiện biên.....	134
3.11.4 Vấn đề lưới lồng.....	135
3.11.5 Vấn đề đồng hóa số liệu bốn chiều (FDDA).....	136
3.12 Hệ thống mô hình kết hợp CAM-SOM.....	138
3.12.1 Giới thiệu chung.....	138
3.12.2 Lịch sử các thế hệ mô hình trước CAM 3.0.....	140
3.12.3 Mô hình CAM 3.0.....	141
3.12.4 Mô hình SOM.....	145
CHƯƠNG 4. SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC YẾU TỐ VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU.....	146
4.1 Sự biến đổi của các yếu tố khí hậu cực đoan.....	146
4.1.1 Về mức độ và tính chất biến đổi.....	146
4.1.2 Về xu thế biến đổi.....	153
4.2 Sự biến đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan.....	160
4.2.1 Về mức độ và tính chất biến đổi.....	160
4.2.2 Về xu thế biến đổi.....	179
4.3 Về tác động của BĐKH toàn cầu.....	182
4.3.1 Tác động đối với sự biến đổi của Tx.....	182
4.3.2 Tác động đối với sự biến đổi của Tm.....	183
4.3.3 Tác động đối với sự biến đổi của Rx.....	185
4.3.4 Tác động đối với sự biến đổi của hiện tượng ML.....	185
4.3.5 Tác động đối với sự biến đổi của hiện tượng NN.....	186
4.3.6 Tác động đối với sự biến đổi của hiện tượng RD.....	186
4.3.7 Tác động đối với sự biến đổi của bão-ATND.....	187
4.4 Nhận định chung.....	188

CHƯƠNG 5. PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ DỰ BÁO HẠN MÙA CÁC YẾU TỐ VÀ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM	191
5.1 Mở đầu	191
5.2 Cơ sở lý thuyết	193
5.2.1 Hồi quy tuyến tính đa biến REG	194
5.2.2 Mạng thần kinh nhân tạo ANN	195
5.2.3 Phân tích riêng biệt Fisher (FDA)	196
5.3 Các bước thực hiện	198
5.3.1 Đặt bài toán	198
5.3.2 Yếu tố dự báo	199
5.3.3 Nhân tố dự báo	200
5.3.4 Xây dựng các phương trình dự báo	202
5.3.5 Phương pháp đánh giá	204
5.4 Kết quả tính toán, phân tích và đánh giá	205
5.4.1 Tuyển chọn nhân tố dự báo	205
5.4.2 Dự báo nhiệt độ cực trị	208
5.4.3. Dự báo số đợt mưa lớn	215
5.4.4. Dự báo số đợt không khí lạnh	218
5.4.5. Dự báo khả năng xuất hiện nắng nóng và rét đậm	219
5.4.6. Dự báo BVN và BBD	223
5.5 Nhận xét chung	224
CHƯƠNG 6. ỨNG DỤNG CÁC MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỀ MÔ PHÒNG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM	225
6.1 Thử nghiệm độ nhạy của mô hình đối với miền tính và độ phân giải	226
6.1.1 Độ nhạy đối với miền tính (TN1)	227
6.1.2 Độ nhạy đối với độ phân giải (TN2)	236
6.2 Thử nghiệm độ nhạy của mô hình đối với sơ đồ tham số hóa vật lý	239
6.3 Phân tích lựa chọn miền tính, độ phân giải và sơ đồ tham số hóa	244
6.4 Mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam bằng các RCM	245
6.4.1 Mô hình RegCM3	245
6.4.2 Mô hình REMO	249
6.4.3 Mô hình MM5CL	262
6.5 Mô phỏng ECE ở Việt Nam bằng các RCM	270
6.5.1 Mô hình RegCM	272
6.5.2 Mô hình REMO	277
6.5.3 Mô hình MM5CL	281
6.5.4 Đánh giá chung kết quả mô phỏng ECE của các mô hình	285
6.6 Về mô phỏng bão-XTNĐ bằng các RCM	288
CHƯƠNG 7. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC DỰ BÁO HẠN MÙA ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM	291
7.1 Kết quả dự báo các trường toàn cầu bằng hệ thống CAM-SOM	291
7.1.1 Đánh giá định tính	291
7.1.2 Đánh giá khách quan	292
7.2. Dự báo các chỉ số KHCD bằng các mô hình khí hậu khu vực	295
7.2.1 Kết quả dự báo các ECE_IPCC	297
7.2.2 Kết quả dự báo các ECE_VN	300
7.3 Đánh giá chung	303
CHƯƠNG 8. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC DỰ TÍNH ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM TRONG NỬA ĐẦU THẾ KỶ 21	307
8.1 Kết quả dự tính bằng mô hình RegCM	307
8.1.1 Các chỉ số ECE_IPCC	307

8.1.2 Kết quả dự tính các ECE_VN.....	313
8.2 Kết quả dự tính bằng mô hình REMO	319
8.2.1 Kết quả dự tính các ECE_IPCC	319
8.2.2. Kết quả dự tính các ECE_VN.....	324
8.3. Kết quả dự tính bằng mô hình MM5CL	329
8.3.1. Kết quả dự tính các ECE_IPCC	329
8.3.2. Kết quả dự tính các ECE_VN.....	333
8.4. Kích bản biến đổi của các yếu tố và hiện tượng KHCĐ ở Việt Nam.....	337
8.4.1. Sự biến đổi của các ECE theo kịch bản A1B	337
8.4.2. Sự biến đổi của các ECE theo kịch bản A2.....	340
CHƯƠNG 9. GIẢI PHÁP CHIẾN LƯỢC ỨNG PHÓ VỚI CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ	
HẬU CỰC ĐOAN Ở VIỆT NAM.....	343
9.1 Mở đầu	343
9.2 Nhận thức và định nghĩa	345
9.2.1 Nhận thức	345
9.2.2 Định nghĩa	345
9.3 Đặc điểm và tính chất của biến động khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan	346
9.4 Khung chính sách thích ứng với BĐKH.....	347
9.5 Phân loại các giải pháp thích ứng	348
9.6 Các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan đã được triển khai ở một số nước trên thế giới.....	349
9.6.1 Các giải pháp chiến lược chung.....	349
9.6.2 Các giải pháp thích ứng đối với các lĩnh vực	349
9.7 Tác động và khả năng tổn hại do biến động khí hậu các hiện tượng khí hậu cực đoan đối với các lĩnh vực.....	351
9.7.1 Tóm tắt kết quả nghiên cứu về biến đổi của các yếu tố cực trị và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam (chưa xét đến biến đổi cực trị của nước biển dâng).....	351
9.7.2 Tác động và khả năng tổn hại do biến động khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan đến các lĩnh vực nhạy cảm	352
9.7.3 Tác động và khả năng tổn hại do biến động khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan đến các khu vực địa lý nhạy cảm	354
9.8 Lựa chọn và khuyến nghị các giải pháp thích ứng với biến động khí hậu và các hiện tượng khí hậu cực đoan.....	363
9.8.1 Tổng hợp các giải pháp thích ứng trong các lĩnh vực	363
9.8.2 Lựa chọn và khuyến nghị các giải pháp chiến lược thích ứng	365
9.9 Lựa chọn các giải pháp chiến lược thích ứng với BĐKH và các hiện tượng khí hậu cực đoan đối với các khu vực nhạy cảm.....	368
9.9.1 Các giải pháp chiến lược thích ứng đối với dải ven biển	368
9.9.2 Các giải pháp chiến lược thích ứng đối với khu vực Tây Nguyên.....	369
9.9.3 Các giải pháp chiến lược thích ứng đối với khu vực Nam Bộ	369
9.10 Tổ chức thực hiện các giải pháp chiến lược thích ứng	370
9.10.1 Lựa chọn các giải pháp chiến lược ưu tiên.....	370
9.10.2 Triển khai thực hiện các giải pháp được lựa chọn.....	370
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	371
1. Một số kết luận	371
2. Một số kiến nghị	375
TÀI LIỆU THAM KHẢO	377

DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU VIẾT TẮT

Kí hiệu	Giải nghĩa
A1B, A1T, A1FI, A2, B1, B2	Các kịch bản phát thải khí nhà kính của IPCC
AGCM	General Circulation Models of the Atmosphere (Mô hình hoàn lưu chung khí quyển)
AMIP	Atmospheric Model Intercomparison Project
ANN	Artificial Neural Network (Mạng thần kinh nhân tạo)
AOGCM	Atmosphere-Ocean General Circulation Model (Mô hình hoàn lưu chung khí quyển - đại dương)
ATNĐ	Áp thấp nhiệt đới
B1	Vùng khí hậu Tây Bắc Bộ
B2	Vùng khí hậu Đông Bắc Bộ
B3	Vùng khí hậu Đông bằng Bắc Bộ
B4	Vùng khí hậu Bắc Trung Bộ
BATS	Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (Sơ đồ trao đổi sinh – khí quyển)
BBĐ	Bão, áp thấp nhiệt đới hoạt động trên Biển Đông
BĐKH	Biến đổi khí hậu
BIAS	Frequency Bias
BSS	Brier Skill Score
BVN	Bão, áp thấp nhiệt đới hoạt động dọc bờ biển hoặc đổ bộ vào Việt Nam
CAM	Community Atmospheric Model (Mô hình khí quyển cộng đồng, là một thành phần trong bộ mô hình CCSM)
CAO	Cold Air Outbreaks (Đợt biến không khí lạnh)
CCA	Canonical correlation analysis (Phân tích tương quan Canon)
CCM	Community Climate Model (Mô hình khí hậu cộng đồng)
CCCM	Canadian Climate Centre general circulation model (Mô hình hoàn lưu chung của Trung tâm Khí hậu Canada)
CCSM	Community Climate System Model (Mô hình hệ thống khí hậu cộng đồng)
CEI	Climate Extremes Index (Chỉ số cực đoan khí hậu)
CFS	Climate Forecast System (Mô hình hệ thống dự báo khí hậu của NCEP)
CLIVAR	Climate Variability and Predictability – Chương trình đánh giá sự biến động và khả năng dự báo khí hậu của thế giới
CLM	Community Land Model (Mô hình đất, là một thành phần trong bộ mô hình CCSM)
CPC	Climate Prediction Center (Trung tâm dự báo khí hậu - thuộc NCEP)
CRU	Climatic Research Unit, the School of Environmental Sciences (Cơ quan nghiên cứu khí hậu thuộc Trường khoa học Môi trường, Anh Quốc)

Kí hiệu	Giải nghĩa
CS	Cộng sự (để chỉ các đồng tác giả của một công trình, bài báo,...)
CSI	Critical Success Index
CSIRO	Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (Cơ quan Nghiên cứu khoa học và kỹ nghệ Liên bang Úc)
DD	Dynamical Downscaling (Hạ thấp qui mô động lực)
DKRZ	Deutsches KlimaRechenZentrum (The German High Performance Computing Centre for Climate and Earth System Research – Trung tâm tính toán hiệu năng cao nghiên cứu khí hậu và hệ thống Trái đất Cộng hòa Liên bang Đức)
DNA	Đông Nam Á
ECE	Extreme Climate Events (Yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan)
ECHAM	European Centre Hamburg Model (Mô hình khí hậu toàn cầu của Trung tâm châu Âu tại Hamburg)
ECMWF	The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa châu Âu)
ENSO	El Nino/Southern Oscillation
EOF	Empirical Orthogonal Function (Hàm trực giao thực nghiệm)
ERA40	ECMWF 40 Year Re-analysis (Số liệu tái phân tích toàn cầu 40 năm của ECMWF)
ETS	Equitable Threat Score/Gilbert Skill Score
FAR	False Alarm Ratio
FC	Fraction Correct
FDA	Fisher Discriminant Analysis (Phân tích phân biệt Fisher)
FDDA	Four-Dimensional Data Assimilation
GAS	Sơ đồ TSHĐL Grell với giả thiết khép kín Arakawa-Schubert
GCM	Global Climate Model (Mô hình khí hậu toàn cầu)
GCRI	Greenhouse Climate Response Index (Chỉ số phản ứng lại khí hậu nhà kính ở Hoa kỳ).
GFC	Sơ đồ TSHĐL Grell với giả thiết khép kín Fritsch-Chappell
GFDL	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (Phòng thí nghiệm động lực học chất lỏng Địa Vật lý Hoa Kỳ)
HadAM	Hadley Centre Atmospheric Model (Mô hình khí quyển của Trung tâm Hadley)
HH	Hạn hán
HK	Hanssen and Kuiper discriminant/Peirce's Skill Score
ICTP	International Centre for Theoretical Physics (Trung tâm Vật lý lý thuyết Quốc tế)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu)
ITCZ	Dải hội tụ nhiệt đới
KHCĐ	Khí hậu cực đoan
KKL	Không khí lạnh
LAM	Limited Area Model (Mô hình khu vực hạn chế)
LSM	Land Surface Model (Mô hình bề mặt đất)

Kí hiệu	Giải nghĩa
MAE	Mean Absolute Error (Sai số trung bình tuyệt đối)
ME	Mean Error (Sai số trung bình, hay sai số hệ thống)
MEI	Multivariate ENSO Index
ML	Mưa lớn
MLR	Multiple Linear Regression (Hồi qui tuyến tính nhiều biến)
MM5	The PSU/NCAR mesoscale model (Mô hình qui mô vừa của NCAR và Đại học bang Pennsylvania - PSU)
MM5CL	Climate Mode of the MM5 (Mô hình qui mô vừa MM5 phiên bản khí hậu)
MOS	Model Output Statistics (Thống kê sản phẩm đầu ra mô hình)
MPI-M	Max Planck Institute for Meteorology (Viện Khí tượng Max Planck), Hamburg, Cộng hòa Liên bang Đức
MR	Miss Rate
MSE	Mean Square Error (Sai số bình phương trung bình)
MSSS	Mean Square Skill Score
N1	Vùng khí hậu Nam Trung Bộ
N2	Vùng khí hậu Tây Nguyên
N3	Vùng khí hậu Đồng bằng Nam Bộ
NCAR	The National Center for Atmospheric Research (Trung tâm Quốc gia nghiên cứu khí quyển Hoa Kỳ)
NCEP	National Centers for Environmental Prediction (Trung tâm Quốc gia dự báo môi trường Hoa Kỳ)
NN	Nắng nóng
NNRP	NCEP/NCAR Reanalysis
NOAA	National Ocean and Atmosphere Administration (Cơ quan quản lý biển và khí quyển quốc gia Hoa Kỳ)
OCS	Outer Core wind Strength (Sức gió phía ngoài)
OGCM	General Circulation Models of the Ocean (Mô hình hoàn lưu chung đại dương)
PC	Percent Correct (Phần trăm dự báo đúng)
PCA	Principal component analysis (Phân tích thành phần chính)
PCM	Parallel Climate Model
POD	Probability of Detection (Xác suất phát hiện hiện tượng)
POFD	Probability of False Detection (Xác suất phát hiện sai)
PP	Perfect Prog (Dự báo hoàn hảo)
QBO	Quasi-biennial Oscillation (Dao động tựa hai năm tầng bình lưu)
RCM	Regional Climate Model (Mô hình khí hậu khu vực)
RĐ	Rét đậm
REEP	Regression Estimation of Event Probabilities (Ước lượng hồi qui xác suất sự kiện)
REG	Regression (Hồi qui)
RegCM	Regional Climate Model (Mô hình khí hậu khu vực của ICTP)
REMO	Regional Model (Mô hình khí hậu khu vực của Viện Khí tượng Max Planck, Hamburg)

Kí hiệu	Giải nghĩa
RH	Rét hại
RHm	Độ ẩm tương cực tiêu, hay độ ẩm tương đối nhỏ nhất
RMSE	Root Mean Square Error (Sai số quân phương)
RSM	Regional Spectral Model (Mô hình phổ khu vực)
RV	Reduction of Variance (Độ suy giảm phương sai)
Rx	Lượng mưa ngày cực đại, hay lượng mưa ngày lớn nhất
SD	Statistical Downscaling (Hạ thấp qui mô thống kê)
SOI	Southern Oscillation Index (Chỉ số dao động nam)
SOM	Mixed-layer Slab Ocean Model (Mô hình đại dương lớp xáo trộn)
SRES	IPCC Special Report on Emissions Scenarios (Báo cáo chuyên đề về các kịch bản phát thải của IPCC)
SST	Sea Surface Temperature (Nhiệt độ mặt nước biển)
TCLV	Tropical Cyclone Like Vortices (Xoáy tựa XTNĐ hay bão mô hình)
Tm	Nhiệt độ cực tiêu, hay nhiệt độ tối thấp, hay nhiệt độ thấp nhất
TS	Threat Score
TSHDL	Tham số hóa đối lưu
Tx	Nhiệt độ cực đại, hay nhiệt độ tối cao, hay nhiệt độ cao nhất
Vx	Tốc độ gió cực đại, hay tốc độ gió lớn nhất
XTNĐ	Xoáy thuận nhiệt đới

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 Danh sách mạng lưới trạm khí tượng được khai thác số liệu.....	57
Bảng 2.2 Danh mục số liệu các chỉ số khí hậu	59
Bảng 2.3 Các mô hình và những thí nghiệm chạy mô hình	73
Bảng 2.4 Các chỉ số khí hậu cực đoan.....	76
Bảng 2.5 Bảng phân loại tần số xuất hiện các sự kiện	85
Bảng 4.1 Giá trị kỷ lục quan trắc được của các yếu tố KHCD trên các vùng khí hậu	146
Bảng 4.2 Tần số bão trong các tháng theo thập kỷ.....	178
Bảng 4.3 Hệ số tương quan giữa dị thường nhiệt độ bề mặt trung bình toàn cầu với nhiệt độ trung bình năm, tổng lượng mưa năm và cực đại mưa trung bình năm tại các vùng khí hậu Việt Nam thời kỳ 1961-2007	185
Bảng 4.4 Hệ số tương quan giữa nhiệt độ trung bình toàn cầu (Ts), các chỉ số khí hậu PACWARM và REPAC_SPLA với SNML ở các vùng khí hậu Việt Nam thời kỳ 1961-2007	186
Bảng 4.5 Một số đặc trưng thống kê 5 năm lạnh nhất và 5 năm nóng nhất của nhiệt độ mặt nước biển trung bình vùng MDR trong giai đoạn 1981-2007	189
Bảng 5.1 Nhân tố dự báo sử dụng trong dự báo BVN và BBD	203
Bảng 5.2. Sai số ME, RMSE và hệ số tương quan CORR trên tập số liệu độc lập theo REG dự báo Tmin2m cho 4 mùa trên 7 khu vực	210
Bảng 5.3. Sai số ME, RMSE và hệ số tương quan CORR trên tập số liệu độc lập theo REG dự báo Tmax2m cho 4 mùa trên 7 khu vực.....	211
Bảng 5.4. Sai số ME, RMSE và hệ số tương quan CORR trên tập số liệu độc lập theo REG dự báo số đợt mưa lớn cho mùa hè và thu trên 7 khu vực	216
Bảng 5.5. Sai số ME, RMSE và hệ số tương quan CORR trên tập số liệu độc lập theo REG dự báo số đợt không khí lạnh cho mùa đông trên 4 khu vực	218
Bảng 5.6 Hệ số hồi qui và các nhân tố dự báo trong phương trình	223
Bảng 6.1 Cấu hình của các thử nghiệm độ nhạy đối với miền tính và độ phân giải	226
Bảng 6.2 Tần số có điều kiện của nhiệt độ mô phỏng ứng với các khoảng nhiệt độ quan trắc trong tháng 1	256
Bảng 6.3 Tần số có điều kiện của nhiệt độ mô phỏng ứng với các khoảng nhiệt độ quan trắc trong tháng 4	256
Bảng 6.4 Tần số có điều kiện của nhiệt độ mô phỏng ứng với các khoảng nhiệt độ quan trắc trong tháng 7	257
Bảng 6.5 Tần số có điều kiện của nhiệt độ mô phỏng ứng với các khoảng nhiệt độ quan trắc trong tháng 10	257
Bảng 6.6 Bảng tổng kết tần số nhiệt độ	257
Bảng 6.7 Các chỉ số đánh giá cho các tháng mùa đông.....	261
Bảng 6.8 Các chỉ số đánh giá cho các tháng mùa hè.....	262
Bảng 6.9 Các chỉ số đánh giá MAE cho nhiệt độ trung bình tháng	267
Bảng 6.10 Các chỉ số đánh giá cho nhiệt độ trung bình mùa	267
Bảng 6.11 Giá trị trung bình của các ECE_IPCC trong thời kỳ mô phỏng.....	270
Bảng 6.12 Giá trị trung bình của các ECE_VN trong thời kỳ mô phỏng.....	271
Bảng 6.13 Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi RegCM	274
Bảng 6.14 Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi RegCM.....	274
Bảng 6.15 Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi RegCM	276
Bảng 6.16. Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi RegCM....	277
Bảng 6.17. Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi REMO	279

Bảng 6.18 Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi REMO..	279
Bảng 6.19. Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi REMO	281
Bảng 6.20. Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi REMO	282
Bảng 6.21 Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi MM5CL.....	284
Bảng 6.22 Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_IPCC mô phỏng bởi MM5CL	284
Bảng 6.23 Sai số trung bình (ME) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi MM5CL.....	286
Bảng 6.24 Sai số quân phương (RMSE) của các chỉ số ECE_VN mô phỏng bởi MM5CL ..	288

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1 Vùng hoạt động của BVN	53
Hình 2.2 Vùng hoạt động của BBD.....	53
Hình 2.3 Bản đồ vùng khí hậu Việt Nam	59
Hình 2.4 Bản đồ độ cao địa hình (m) và phân bố mạng lưới trạm khí tượng Việt Nam khai thác số liệu quan trắc.....	59
Hình 2.5 Minh họa mạng lưới trạm quan trắc và không gian ô lưới mô hình.....	78
Hình 2.6 Sơ đồ minh họa phương pháp hiệu chỉnh chỉ tiêu xác định hiện tượng KHCĐ từ sản phẩm RCM dựa trên sai số hệ thống tại điểm trạm	78
Hình 2.7 Sơ đồ tính sức gió phía ngoài (OCS) và tính giá trị dị thường của một trường bất kỳ	79
Hình 2.8. Biểu đồ tin cậy	87
Hình 3.1. Cấu trúc lưới thẳng đứng (bên trái) và lưới ngang dạng xen kẽ Arakawa-B (bên phải) của mô hình RegCM3	106
Hình 3.2. Sơ đồ minh họa phương pháp lồng RCM vào GCM.....	109
Hình 3.3 Xuất xứ của mô hình REMO	118
Hình 3.4 Sơ đồ lưới xen Arakawa C sử dụng trong mô hình REMO.....	122
Hình 3.5 Chỉ số của các điểm lưới trong REMO	122
Hình 3.6 Sơ đồ cấu trúc hệ thống mô hình REMO	123
Hình 3.7a Sơ đồ hệ thống mô hình MM5	126
Hình 3.7b Sơ đồ hệ thống mô hình MM5 có sử dụng đồng hóa số liệu ba chiều	126
Hình 3.8 Sơ đồ lưới lồng trong MM5.....	127
Hình 3.9 Sơ đồ mô tả các miền lồng nhau của MM5	127
Hình 3.10 Sơ đồ minh họa các quá trình đối lưu.....	129
Hình 3.11 Sơ đồ minh họa các quá trình lớp biên	130
Hình 3.12 Sơ đồ minh họa các quá trình bức xạ khí quyển tự do	132
Hình 3.13 Sơ đồ minh họa các quá trình bề mặt	133
Hình 3.14 Tương tác giữa các sơ đồ tham số hóa	134
Hình 3.15 Mô tả hệ tọa độ lai thẳng đứng trong CAM 3.0	142
Hình 3.16 Hệ thống mô hình CCSM và các mô hình thành phần	145
Hình 4.1 Phân bố tần suất của chuẩn sai Tx tháng VII của Việt Nam và 7 vùng khí hậu.....	149
Hình 4.2 Phân bố xác suất của chuẩn sai Tm tháng I ở Việt Nam và 5 vùng khí hậu	150
Hình 4.3 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Tx thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu.....	154
Hình 4.4 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi T_x thời kỳ 1961-2007 theo tháng tại các vùng khí hậu phía bắc (hình trên bên trái), phía nam (hình trên bên phải) và Việt Nam (hình bên)	154
Hình 4.5 Biến thiên theo thời gian của dị thường nhiệt độ cao nhất Tx tháng I (trái) và tháng VII (phải) trên toàn Việt Nam (trên), Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ (giữa), Nam Trung Bộ và Nam Bộ (dưới).....	155
Hình 4.6 Hệ số a_1 tính từ chuỗi Tm thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu	155
Hình 4.7 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Tm thời kỳ 1961-2007 theo tháng tại các vùng khí hậu phía Bắc (hình trên bên trái), phía Nam (hình trên bên phải) và Việt Nam (hình bên)	156
Hình 4.8 Biến thiên theo thời gian của chuẩn sai nhiệt độ thấp nhất Tm tháng I (trái) và tháng VII (phải) trên toàn Việt Nam (trên), Bắc Bộ - Bắc Trung Bộ (giữa) và Nam Trung Bộ - Nam Bộ (dưới)	157
Hình 4.9 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi RHm thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu	157

Hình 4.10 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi RHm thời kỳ 1961-2007 theo tháng tại các vùng khí hậu phía bắc (hình trên bên trái), phía nam (hình trên bên phải) và Việt Nam (hình bên).....	158
Hình 4.11 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Rx thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu	159
Hình 4.12 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Rx thời kỳ 1961-2007 theo tháng tại các vùng khí hậu phía bắc (hình trên bên trái), phía nam (hình trên bên phải) và Việt Nam (hình bên)	159
Hình 4.13 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Vx thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu	160
Hình 4.14 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi Vx thời kỳ 1961-2007 theo tháng tại các vùng khí hậu phía bắc (hình trên bên trái), phía nam (hình trên bên phải) và Việt Nam (hình bên)	160
Hình 4.15 Số đợt không khí lạnh trung bình tháng	161
Hình 4.16 Độ lệch chuẩn của số đợt không khí lạnh tháng (đợt)	162
Hình 4.17 Hệ số biến thiên của số đợt không khí lạnh tháng (%).....	162
Hình 4.18 Số đợt không khí lạnh trung bình năm trong các thập kỷ.....	162
Hình 4.19 Số đợt không khí lạnh trung bình tháng trong các thập kỷ.....	162
Hình 4.20 Số ngày rét đậm trung bình tháng tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu phía Bắc.....	162
Hình 4.21 Số ngày rét đậm trung bình mùa qua các thập kỷ tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu phía Bắc.....	163
Hình 4.22 Số ngày rét đậm trung bình tháng qua các thập kỷ tại các trạm tiêu biểu	163
Hình 4.23 Độ lệch chuẩn của tổng số ngày rét đậm trung bình năm ở các trạm trong các vùng khí hậu.....	164
Hình 4.24 Độ lệch chuẩn tổng số ngày rét đậm trung bình tháng tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	164
Hình 4.25 Số ngày trung bình có mưa lớn ($R \geq 50\text{mm}$) tại các trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu.....	165
Hình 4.26 Số đợt mưa lớn trung bình ($R \geq 50\text{mm}$) tại các trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	166
Hình 4.27 Độ lệch chuẩn của số đợt mưa lớn trung bình tại các trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu.....	167
Hình 4.28 Số ngày nắng nóng năm tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	168
Hình 4.29 Số ngày nắng nóng trung bình tháng tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	169
Hình 4.30 Số ngày nắng nóng trung bình năm qua các thập kỷ tại một số trạm điển hình....	169
Hình 4.31 Độ lệch chuẩn của số ngày nắng nóng trung bình năm tại các trạm trên các vùng khí hậu.....	170
Hình 4.32 Tần suất hạn tháng tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	171
Hình 4.33 Tần suất hạn mùa tại một số trạm tiêu biểu trên các vùng khí hậu	173
Hình 4.34 Tần số bão ở khu vực Biển Đông (1961 - 2007)	174
Hình 4.35 Tần số bão theo các cấp ở khu vực Biển Đông (1961 - 2007)	174
Hình 4.36 Tần số bão 5 năm ở khu vực Biển Đông (1961 - 2007)	175
Hình 4.37 Tần số bão 10 năm ở khu vực Biển Đông (1961 - 2007)	175
Hình 4.38 Tần số bão ở Việt Nam trong thời kì 1961-2007.....	175
Hình 4.39 Tần số bão tại 7 vùng bờ biển Việt Nam trong thời kì 1961-2007.....	177
Hình 4.40 Tần số bão các cấp trên các vùng bờ biển Việt Nam (1961-2007).....	177
Hình 4.41 Tần số bão theo từng nửa thập kỷ ở bờ biển Việt Nam.....	177
Hình 4.42 Tần số bão nửa thập kỷ ở các vùng bờ biển Việt Nam.....	178

Hình 4.43 Tần số bão theo mùa tại 7 vùng bờ biển Việt Nam	179
Hình 4.44 Xu thế biến đổi tuyến tính của số đợt không khí lạnh thời kỳ 1961-2008	179
Hình 4.45 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi số ngày rét đậm thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu.....	180
Hình 4.46 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi số ngày mưa lớn thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu.....	180
Hình 4.47 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi số ngày nắng nóng thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu.....	181
Hình 4.48 Hệ số a_1 xây dựng từ chuỗi số tháng hạn thời kỳ 1961-2007 tại một số trạm tiêu biểu.....	181
Hình 4.49 Hệ số a_1 của đường xu thế tuyến tính tần số BBD theo các tháng	182
Hình 4.50 Hệ số a_1 của đường xu thế tuyến tính tần số BBD theo các vùng	182
Hình 4.51 Hệ số a_1 của của đường xu thế tuyến tính tần số BVN theo tháng.....	182
Hình 4.52 Hệ số a_1 của của đường xu thế tuyến tính tần số BVN trên các vùng bờ biển	182
Hình 4.53 Biến thiên theo thời gian của Ts trung bình toàn cầu (trên) và trung bình khu vực Đông Nam Á (dưới) vào tháng I (trái) và tháng VII (phải)	183
Hình 4.54 Biến thiên theo thời gian của các chỉ số khí hậu NINA4, PACWARM, REQSOL, REPAC và RINDO tháng I (trái) và tháng VII (phải).	184
Hình 4.55 Sự phụ thuộc của NetTC và số lượng cơn bão vào nhiệt độ mặt nước biển ở các vùng tương ứng	187
Hình 4.56 Diễn biến của nhiệt độ mặt nước biển và NetTC trong giai đoạn 1981-2007 trên các vùng.....	188
Hình 5.1 Sơ đồ mạng feed-forward một lớp ẩn.....	195
Hình 5.2 Chỉ số RV trung bình trên khu vực Việt Nam vào mùa xuân khi xây dựng quan hệ thống kê có tuyến chọn nhân tố từng bước theo MLR và ANN cho nhiệt độ trung bình tháng t từ số liệu tái phân tích NNRP2	202
Hình 5.3 Chỉ số BSS trung bình trên khu vực Việt Nam vào mùa xuân khi xây dựng quan hệ thống kê có tuyến chọn nhân tố từng bước theo REEP và FDA cho hiện tượng nắng nóng trong tháng từ số liệu tái phân tích NNRP2	202
Hình 5.4 Hàm EOF1 và biến thiên của PC1 cho biến PMSL trung bình tháng vào mùa hè trên miền 1	205
Hình 5.5 Hàm EOF1 và biến thiên của PC1 cho biến PMSL trung bình tháng vào mùa hè trên miền 2.....	205
Hình 5.6 Hàm EOF1 và biến thiên của PC1 cho biến PMSL trung bình tháng vào mùa hè trên miền 3.....	206
Hình 5.7 Hàm EOF1 và biến thiên của PC1 cho biến PMSL trung bình tháng vào mùa đông trên miền 4	206
Hình 5.8 Biểu đồ tin cậy trên khu vực Việt Nam trong mùa đông từ 2 phương pháp lựa chọn nhân tố PCAMLR3 và MLR trên tập số liệu độc lập theo REEP cho khả năng xuất hiện rét đậm.....	208
Hình 5.9 Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo Tmin2m và Tmax2m tại một số điểm trạm có kỹ năng thấp hơn dự báo khí hậu theo REG	209
Hình 5.10. Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo Tmin2m tại trạm Láng theo REG trong 4 mùa	211
Hình 5.11 Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo Tmin2m tại trạm Cần Thơ theo REG trong 4 mùa.....	212
Hình 5.12. Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo Tmax2m tại trạm Láng theo REG trong 4 mùa	213

Hình 5.13. Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo Tmax2m tại trạm Cần Thơ theo REG trong 4 mùa.....	214
Hình 5.14 Dự báo Tmin2m cho 10 tháng đầu năm 2010	215
Hình 5.15 Dự báo Tmax2m cho 10 tháng đầu năm 2010.....	215
Hình 5.16 Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo số đợt mưa lớn trong mùa hè và mùa thu tại một số điểm trạm theo REG.....	217
Hình 5.17 Chỉ số RV trung bình trên khu vực Việt Nam trong mùa đông trên tập số liệu phụ thuộc và độc lập theo REG và ANN cho số đợt không khí lạnh	218
Hình 5.18 Chuỗi thời gian quan trắc và dự báo số đợt không khí lạnh tại một số điểm trạm theo REG.....	219
Hình 5.19 Biểu đồ tin cậy trên khu vực Việt Nam trong mùa xuân và hè trên tập số liệu độc lập theo REEP cho khả năng xuất hiện nắng nóng	221
Hình 5.20 Biểu đồ tin cậy trên khu vực Việt Nam trong mùa xuân và hè trên tập số liệu độc lập theo FDA cho khả năng xuất hiện nắng nóng.....	221
Hình 5.21 Biểu đồ tin cậy trên khu vực Việt Nam trong mùa đông trên tập số liệu độc lập theo REEP và FDA cho khả năng xuất hiện rét đậm.....	222
Hình 5.22 Dự báo khả năng xuất hiện nắng nóng cho mùa xuân và hè năm 2010 tại một số điểm trạm theo phương pháp REEP dựa trên số liệu dự báo của CFS	222
Hình 5.23 Kết quả dự báo trên tập số liệu phụ thuộc dị thường số lượng (trên) và số ngày hoạt động (dưới) của BBD (trái) và BVN (phải)	223
Hình 5.24 Kết quả dự báo trên tập số liệu độc lập dị thường số lượng (trên) và số ngày hoạt động (dưới) của BBD (trái) và BVN (phải)	224
Hình 6.1 Bản đồ độ cao địa hình (m) và vị trí, kích thước các miền tính: L (Lớn), M (Trung bình), S (Nhỏ)	226
Hình 6.2 Bản đồ độ cao địa hình (m) với các độ phân giải 54km, 45km, 36km.....	227
Hình 6.3 Nhiệt độ TB mùa đông (°C) của (a) DL, (b) CTL, (c) DS và (d) CRU.....	228
Hình 6.4 Nhiệt độ TB mùa hè (°C) của (a) DL, (b) CTL, (c) DS và (d) CRU	228
Hình 6.5 Nhiệt độ TB năm (°C) của (a) DL, (b) CTL, (c) DS và (d) CRU	229
Hình 6.6 Lượng mưa TB tháng mùa Đông (mm/tháng) kết hợp với trường dòng (a) DS ; (b) CTL ; (c) DL; (d) CRU (trường dòng ERA40).....	230
Hình 6.7 Lượng mưa TB tháng mùa Hè (mm/tháng) kết hợp với trường dòng (a) DS ; (b) CTL ; (c) DL; (d) CRU (trường dòng ERA40)	231
Hình 6.8 Lượng mưa tích lũy tháng 1	231
Hình 6.9 Nhiệt độ trung bình tháng 1	232
Hình 6.10 Lượng mưa tích lũy tháng 7	233
Hình 6.11 Lượng mưa tích lũy 24h (mm) và áp suất mực biển 00Z các ngày 23-25/7/1996. Từ trái sang phải tương ứng với DL, CTL1 và DS.....	235
Hình 6.12 Nhiệt độ trung bình tháng 7	236
Hình 6.13 Nhiệt độ TB mùa đông (°C) của (a) CTL2, (b) R45, (c) R36 và (d) CRU	237
Hình 6.14 Nhiệt độ TB mùa hè (°C) của (a) CTL, (b) R45, (c) R36 và (d) CRU	237
Hình 6.15 Nhiệt độ TB năm (°C) của (a) CTL, (b) R45, (c) R36 và (d) CRU	237
Hình 6.16 Chênh lệch lượng mưa mùa đông so với CRU (mm/tháng) Trái – CTL; Giữa – R45; Phải – R36	238
Hình 6.17 Chênh lệch lượng mưa mùa hè so với CRU (mm/tháng) Trái – CTL; Giữa – R45; Phải – R36.....	238
Hình 6.18 Lượng mưa tích lũy tháng 7	239
Hình 6.19 Lát cắt kinh hướng – thời gian của gió u (m/s) trung bình vĩ hướng trên khu vực từ 0-20°N tháng 4/2000 trong đó (a) ERA40, (b) GAS, (c) GFC_30 và (d) GFC_45240	

Hình 6.20 Lát cắt vĩ hướng – thời gian của chênh lệch lượng mây ban ngày (trái) và ban đêm (phải) giữa GFC_30 và GAS tính trung bình cho các kinh độ từ 90-120°E trong 12 tháng của năm 2000.	241
Hình 6.21 Profile thẳng đứng của lượng mây (%) của GAS, GFC_30 và GFC_45 trong tháng 1/2000 (trái) và tháng 7/2000 (phải)	242
Hình 6.22 Profile thẳng đứng của độ ẩm riêng (kg/kg) từ số liệu của ERA40 và các thử nghiệm GAS, GFC_30 và GFC_45 vào tháng 1/2000 (trái) và tháng 7/2000 (phải)	242
Hình 6.23 Profile thẳng đứng của vận tốc thẳng đứng (Pa/s) từ số liệu của NCEP và các thử nghiệm GAS, GFC_30 và GFC_45 vào tháng 1/2000 (trái) và tháng 7/2000 (phải)	242
Hình 6.24 Lượng mưa và T2m (trái) và Tmin và Tmax (phải) từ số liệu quan trắc và các thử nghiệm GAS, GFC_30	243
Hình 6.25 Chênh lệch lượng mưa và T2m giữa GAS và GFC_30 với quan trắc (trái) và chênh lệch Tmin và Tmax giữa GFC_30 với GAS (phải).....	244
Hình 6.26 Độ cao địa hình khu vực miền tính.....	245
Hình 6.27 Độ cao địa thế vị và trường gió trung bình tháng 1 (trên) và 7 (dưới) 10 năm (1991-2000) mực 500mb của ERA40 (trái) và RegCM3 (phải).....	246
Hình 6.28 Nhiệt độ bề mặt (°C) trung bình 10 năm (1991-2000) của CRU (trái) và RegCM3 (phải) trong tháng 1(trên) và tháng 7 (dưới)	247
Hình 6.29 Tổng lượng mưa tháng (mm) trung bình 10 năm (1991-2000) của CRU (trái) và RegCM3 (phải) trong tháng 1(trên) và tháng 7 (dưới)	247
Hình 6.30 Biến trình năm của nhiệt độ không khí (°C) và lượng mưa (mm/tháng) trung bình 10 năm (1991-2000) trên 7 vùng khí hậu và toàn Việt Nam. Ký hiệu O là quan trắc, M là mô hình, RA là lượng mưa và T là nhiệt độ	248
Hình 6.31 Biến trình nhiều năm của nhiệt độ không khí bề mặt (°C) và lượng mưa (mm/tháng) trung bình trên 7 vùng khí hậu và toàn Việt Nam. O là quan trắc, M là mô hình, R là lượng mưa và T là nhiệt độ, r là hệ số tương quan	250
Hình 6.32 Trường gió (m/s) trung bình 10 năm (1991-2000) mực 10m của mô hình (trái) và mực 1000mb của ERA40 (phải) các tháng 1,4,7,10 (trên xuống)	251
Hình 6.33 Trường nhiệt độ (°C) trung bình 10 năm (1991-2000) của mô hình (trái) và của ERA40 (phải) các tháng 1,4,7,10 (trên xuống)	252
Hình 6.34 Biến trình năm của nhiệt độ mô phỏng và quan trắc trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam	253
Hình 6.35 Các chỉ số thống kê đánh giá nhiệt độ mô phỏng của mô hình tính trên toàn lãnh thổ Việt Nam	254
Hình 6.36 Nhiệt độ trung bình năm mô phỏng và quan trắc trên các vùng khí hậu.....	254
Hình 6.37 Các chỉ số thống kê đánh giá nhiệt độ mô phỏng cho các vùng khí hậu (từ trái qua phải tương ứng là các vùng B1, B2, B3, B4, N1, N3, N2)	254
Hình 6.38 Trường tổng lượng mưa trung bình 10 năm (1991-2000) mô phỏng (trái) và CRU (phải) các tháng 1,4,7,10 (trên xuống)	258
Hình 6.39 Biến trình năm của lượng mưa mô phỏng và quan trắc trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam	259
Hình 6.40 Các chỉ số thống kê đánh giá lượng mưa mô phỏng của mô hình tính trên toàn lãnh thổ Việt Nam	259
Hình 6.41 Lượng mưa trung bình các tháng trong năm mô phỏng và quan trắc trên các vùng khí hậu.....	260
Hình 6.42 Các chỉ số thống kê đánh giá lượng mưa mô phỏng cho các vùng khí hậu	260

Hình 6.43 Trường gió trung bình thời kỳ 1982-1999 mực 1000mb của ERA40 (trái) và MM5CL (phải)	263
Hình 6.44 Trường nhiệt độ 2m trung bình ba tháng mùa đông (12,1,2) giai đoạn 1982-1999 của MM5CL (trái) và CRU (phải)	263
Hình 6.45 Trường tổng lượng mưa trung bình tháng 1 (trên), tháng 7 (dưới) giai đoạn 1982-1999 của MM5CL (trái) và CRU (phải)	264
Hình 6.46 Biến trình năm của nhiệt độ trung bình giai đoạn 1982-1999 của MM5CL (màu hồng) và quan trắc tại trạm (xanh đậm)	266
Hình 6.47 Biến trình năm của lượng mưa trung bình giai đoạn 1982-1999 của MM5CL và quan trắc tại trạm.....	268
Hình 6.48 Biến trình nhiều năm của lượng mưa trung bình giai đoạn 1982-1999 của MM5CL và quan trắc tại trạm.....	269
Hình 6.49 Miền mô phỏng của mô hình (khung viền vàng) và quỹ đạo quan trắc (theo weather.unisys.com).....	289
Hình 6.50 Quỹ đạo bão mô phỏng bằng RegCM	290
Hình 6.51 Phân bố số lượng bão mô phỏng và quan trắc trong năm 1996	290
Hình 7.1 Áp suất mực biển tháng 01 năm 1975 (a) mô phỏng bằng CAM 3.0, (b) dự báo bằng CAM-SOM, và (c) số liệu tái phân tích NCEP/NCAR. Đơn vị mb.	292
Hình 7.2 Áp suất mực biển tháng 07 năm 1975 (a) mô phỏng bằng CAM 3.0, (b) dự báo bằng CAM-SOM, và (c) số liệu tái phân tích NCEP/NCAR. Đơn vị mb	292
Hình 7.3 Nhiệt độ bề mặt tháng 01 năm 1975 (a) mô phỏng bằng CAM 3.0, (b) dự báo bằng CAM-SOM, và (c) số liệu tái phân tích NCEP/NCAR. Đơn vị °C.	293
Hình 7.4 Nhiệt độ bề mặt tháng 07 năm 1975 (a) mô phỏng bằng CAM 3.0, (b) dự báo bằng CAM-SOM, và (c) số liệu tái phân tích NCEP/NCAR. Đơn vị °C.	293
Hình 7.5 Hệ số tương quan giữa dự báo và quan trắc của trường áp suất mực biển hai năm 1975, 1980.....	293
Hình 7.6 Sai số trung bình (ME) (mb) của áp suất mực biển dự báo cho các năm 1975 và 1980.....	294
Hình 7.7 Sai số trung bình tuyệt đối (MAE) (mb) của áp suất mực biển dự báo cho các năm 1975 và 1980.....	294
Hình 7.8 Sai số quân phương (RMSE) (mb) của áp suất mực biển dự báo cho các năm 1975 và 1980	294
Hình 7.9 Hệ số tương quan giữa nhiệt độ bề mặt dự báo và quan trắc cho các năm 1975, 1980.	294
Hình 7.10 Sai số trung bình ME (°C) nhiệt độ dự báo cho các năm 1975 và 1980.....	294
Hình 7.11 Sai số trung bình tuyệt đối MAE (°C) nhiệt độ dự báo cho các năm 1975 và 1980.	295
Hình 7.12 Sai số quân phương RMSE (°C) nhiệt độ dự báo cho các năm 1975 và 1980.	295
Hình 7.13 Trung bình quan trắc giá trị các chỉ số ECE_IPCC (các hình a) đến d)) và ECE_VN (các hình e) đến j)) thời kỳ 2001-2005 trên các vùng khí hậu Việt Nam sắp xếp theo các nhóm	296
Hình 7.14 Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm YTN lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005.....	297
Hình 7.15 Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm YTM lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005 ..	298

Hình 7.16	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTN lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005 ...	299
Hình 7.17	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm CSK lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005 ...	300
Hình 7.18	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các yếu tố Tx, Tm lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	301
Hình 7.19	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho yếu tố Vx, RHm lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	302
Hình 7.20	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTML lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	303
Hình 7.21	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTRD lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	304
Hình 7.22	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTRH lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	305
Hình 7.23	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTNN lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	305
Hình 7.24	Sai số trung bình (ME – bên trái) và sai số quân phương tương đối (RMSE – bên phải) dự báo theo các mô hình RegCM (trên), REMO (giữa) và MM5CL (dưới) cho các chỉ số nhóm HTHH lấy trung bình trên các vùng khí hậu thời kỳ 2001-2005	306
Hình 8.1.	Xu thế của DT(TXx) và DT(TXn) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình RegCM	308
Hình 8.2.	Xu thế của DT(TXx) và DT(TXn) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A2 cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình RegCM	309
Hình 8.3.	Xu thế của DT(TNx), DT(TNn) và DT(DTR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình RegCM	309
Hình 8.4.	Xu thế của DT(TNx), DT(TNn) và DT(DTR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A2 cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình RegCM	310
Hình 8.5	Xu thế của DT(R95p) và DT(R99p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A2 cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình RegCM	311
Hình 8.6	Xu thế của DT(TX90p) và DT(TX10p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N3 bằng mô hình RegCM	311
Hình 8.7.	Xu thế của DT(WSDI) và DT(CSDI) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N3 bằng mô hình RegCM	312
Hình 8.8.	Xu thế của DT(CDD), DT(CWD) và DT(R50) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A2 cho vùng khí hậu B1 bằng mô hình RegCM	313
Hình 8.9.	Xu thế của DT(Tx) và DT(Tm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N2 bằng mô hình RegCM	314
Hình 8.10.	Xu thế của DT(Vx) và DT(RHm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình RegCM	314

Hình 8.11. Xu thế của DT(SNMLCB), DT(SNMLDR), DT(SDMLCB) và DT(SDMLDR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N1 bằng mô hình RegCM	315
Hình 8.12. Xu thế của DT(SNRDCB), DT(SNRDDR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho 4 vùng khí hậu bằng mô hình RegCM	316
Hình 8.12a. Xu thế của DT(SDRDCB), DT(SDRDDR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho 4 vùng khí hậu bằng mô hình RegCM	317
Hình 8.13. Xu thế của DT(SNNNCB), DT(SNNNDR), và DT(SNGGCB) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình RegCM	318
Hình 8.14. Xu thế của DT(SDNNCB), DT(SDNNDR), và DT(SDGGCB) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình RegCM	318
Hình 8.15. Xu thế của DT(STHH) và DT(SDHH) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình RegCM	319
Hình 8.15. Xu thế của DT(TXx) và DT(TXn) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N1 bằng mô hình REMO	320
Hình 8.16. Xu thế của DT(TNx), DT(TNn) và DT(DTR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình REMO	321
Hình 8.17. Xu thế của DT(TN90p) và DT(TN10p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình REMO	323
Hình 8.18. Xu thế của DT(TX90p) và DT(TX10p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình REMO	323
Hình 8.19. Xu thế của DT(WSDI) và DT(CSDI) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B3 bằng mô hình REMO	324
Hình 8.20. Xu thế của DT(Tx) và DT(Tm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N2 bằng mô hình REMO	325
Hình 8.21. Xu thế của DT(Vx) và DT(RHm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N3 bằng mô hình REMO	326
Hình 8.22. Xu thế của DT(SNRDCB), DT(SNRDDR), DT(SDRDCB) và DT(SDRDDR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình REMO	327
Hình 8.23. Xu thế của DT(SNNNCB), DT(SNNNDR), và DT(SNGGCB) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình REMO	328
Hình 8.24. Xu thế của DT(SDNNCB), DT(SDNNDR), và DT(SDGGCB) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình REMO	328
Hình 8.25. Xu thế của DT(TXx) và DT(TXn) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N1 bằng mô hình MM5CL	330
Hình 8.26. Xu thế của DT(TNx), DT(TNn) và DT(DTR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu N1 bằng mô hình MM5CL	330
Hình 8.27. Xu thế của DT(TN90p) và DT(TN10p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình MM5CL	332
Hình 8.28. Xu thế của DT(TX90p) và DT(TX10p) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình MM5CL	332
Hình 8.29. Xu thế của DT(WSDI) và DT(CSDI) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình MM5CL	333
Hình 8.30. Xu thế của DT(Tx) và DT(Tm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình MM5CL	334
Hình 8.31. Xu thế của DT(Vx) và DT(RHm) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B4 bằng mô hình MM5CL	335

Hình 8.32. Xu thế của DT(SNRDCB), DT(SNRDDR), DT(SDRDCB) và DT(SDRDDR) dự tính cho giai đoạn 2000-2050 theo kịch bản A1B cho vùng khí hậu B2 bằng mô hình MM5CL	336
Hình 9.1 Sơ đồ ứng phó với BĐKH	343
Hình 9.2 Nóng lên toàn cầu làm tan băng trên các đỉnh núi cao và ở các cực Trái đất, làm nước biển dâng và thay đổi lưu lượng dòng chảy của các con sông.....	356
Hình 9.3 Biến đổi khí hậu làm gia tăng hạn hán và lũ lụt	357
Hình 9.4 Dịch cúm gia cầm và dịch tả xảy ra ở nhiều địa phương	360
Hình 9.5 Ngập lụt sẽ làm ảnh hưởng đến độ bền của các công trình xây dựng và giao thông	360