

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do lựa chọn đề tài

Thông tin dự báo khí hậu luôn nhận được sự quan tâm trong các hoạt động của nhiều lĩnh vực kinh tế - xã hội. Tùy theo từng điều kiện cụ thể, phương pháp tiếp cận bài toán dự báo khác nhau, một cách tương đối có thể chia dự báo khí hậu thành ba hướng: Phương pháp thống kê, chi tiết hóa thống kê và chi tiết hóa động lực (hay còn gọi là mô hình hóa khí hậu khu vực).

Phương pháp thống kê, sử dụng tập số liệu quan trắc hay số liệu phân tích lại toàn cầu để làm nhân tố dự báo khí hậu. Tuy nhiên, các nhân tố được lựa chọn thường phụ thuộc vào chủ quan của con người. Vì vậy, để tăng tính độc lập cho các nhân tố dự báo người ta đã sử dụng kỹ thuật phân tích trực giao (EOF) với mục đích tạo ra các biến thứ sinh. Hơn nữa, nhược điểm của mô hình thống kê chỉ nắm bắt được các hiện tượng có quy luật, gặp sai số lớn đối với các hiện tượng phi quy luật. Do đó, bài toán dự báo sẽ càng không chính xác trong điều kiện hiện nay, khi tác động của biến đổi khí hậu đến thời tiết và khí hậu ngày càng rõ rệt.

Một cách tiếp cận khác đang được sử dụng rộng rãi là phương pháp “chi tiết hóa thống kê” (Statistical downscaling). Có nghĩa biến đầu vào của mô hình thống kê được lấy từ các trường đầu ra của mô hình động lực. Đây là cách tiếp cận hợp lý đối với các nước đang phát triển và kém phát triển, hạn chế tài nguyên tính toán, nhưng mang lại hiệu quả kinh tế đáng kể. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp là phụ thuộc vào trường mô hình toàn cầu với độ phân giải “khá thô” (vài trăm km), nhiều tính chất địa phương đã bị làm “trơn” như địa hình, mật độ, .... trong khi, đây là các nhân chi phối mạnh mẽ đến

khí hậu địa phương. Vì vậy, cách tiếp cận này cho kết quả không cao và thực sự có ích khi độ phân giải toàn cầu tăng lên.

Phương pháp mô hình hóa khí hậu khu vực (**Regional Climate Model**) được bắt nguồn từ việc cải tiến mô hình dự báo thời tiết quy mô vừa cho mục đích mô phỏng các trường khí hậu quá khứ, trong đó mô hình khí hậu khu vực được lồng (nest) vào một mô hình toàn cầu nào đó hoặc mô hình khu vực lấy điều kiện biên và điều kiện ban đầu từ các trường phân tích của mô hình toàn cầu. Tuy nhiên, do hiểu biết của con người về tự nhiên và khả năng chi tiết hóa các quá trình vật lý có hạn, gây nên sai số trong các trường mô phỏng khí hậu. Do đó, việc đánh giá kỹ năng mô hình khí hậu, bằng việc mô phỏng lại khí hậu quá khứ cho từng khu vực là việc làm hết sức quan trọng, mục đích để tìm ra điểm yếu/mạnh của mô hình, phục vụ bài toán dự báo/dự tính khí hậu tương lai.

Trước yêu cầu cấp thiết đó, chúng tôi đã lựa chọn và thực hiện đề tài nhằm góp phần vào việc giải quyết nhiệm vụ quan trọng trên.

## **2. Mục đích và phương pháp**

Mục đích của luận án là:

(1) Lựa chọn được bộ tham số động lực và tham số vật lý trên cơ sở phân tích các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về vấn đề này;

(2) Đánh giá kỹ năng mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam và lân cận bằng mô hình khí hậu khu vực.

Phương pháp: Mô hình hóa khí hậu khu vực, phương pháp thống kê, phương pháp đánh giá trực quan, phân tích, tổng hợp.

## **3. Ý nghĩa khoa học, thực tiễn**

- Các kết quả của luận án đã góp phần làm sáng tỏ một số nguyên nhân gây sai số trong mô phỏng khí hậu nhiều năm khu vực Việt

Nam và lân cận của mô hình khí hậu khu vực, đặc biệt là mô hình MM5 với điều kiện biên ERA40;

- Kết quả của luận án là một trong những cơ sở khoa học quan trọng trong việc định hướng ứng dụng mô hình động lực trong dự báo và dự tính khí hậu ở Việt Nam.

#### **4. Các kết quả mới của luận án**

- Đã ứng dụng được MM5 (phiên bản dành cho khí hậu) chạy mô phỏng khí hậu (1982-2000) cho Việt Nam với độ phân giải cao (36km);

- Làm rõ một phần nguyên nhân làm giảm trường nhiệt độ mô phỏng trong mùa thu, mùa đông và mùa xuân, là do áp cao lạnh lục địa mô phỏng có cường độ mạnh ở mực thấp, kết hợp với rãnh gió tây trên cao được khơi sâu và mở rộng;

- Làm rõ một phần nguyên nhân sai số trong kết quả mô phỏng nhiệt độ cực đại là do mô hình chưa mô phỏng được vị trí cũng như cường độ của áp thấp Ấn - Miên, áp cao cận nhiệt đới và hiệu ứng của địa hình trong mô hình MM5;

- Lân đầu tiên ở Việt Nam đã áp dụng thành công phương pháp đánh giá trường mưa trên lưới và kết luận được nên trong luận án đảm bảo độ ổn định và đáng tin cậy.

#### **5. Cấu trúc của luận án**

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được bố cục thành 4 chương: Chương 1: Tổng quan nghiên cứu mô hình hóa khí hậu khu vực. Chương 2: Số liệu và phương pháp nghiên cứu. Chương 3: Đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng trung bình của mô hình MM5. Chương 4: Đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng cực trị của mô hình MM5.

# **Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH HÓA KHÍ HẬU KHU VỰC**

## **1.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước**

### ***1.1.1. Độ nhạy của RCM với miền tính, điều kiện ban đầu và điều kiện biên***

Warner vcs., (1997) nhận định, kích thước miền phải đủ lớn sao cho những tác động địa phương, tăng độ phân giải không bị hạn chế khi sử dụng các điều kiện biên khác nhau.

Kato vcs., (1999) cho rằng để cải thiện kết quả của mô hình RegCM khi mô phỏng xoáy thuận, mưa, nhiệt cho khu vực Đông Á bao gồm Nhật Bản thì biên xung quanh phải được mở rộng ra ngoài về phía Tây và phía Nam.

Liang vcs., (2002) đưa ra miền tính tối ưu nhất cho RCM được lựa chọn sao cho biểu diễn chính xác nhất các quá trình vật lý chủ đạo, giảm đến mức tối thiểu sai số trên biên.

Hong và Jang (1998) cho rằng miền tính tránh đặt ở khu vực địa hình cao để tạo nhiễu dẫn đến sai số trong kết quả mô phỏng.

Nhìn chung, miền tính của mô hình nên bao quanh tất cả các vùng có hoàn lưu ảnh hưởng trực tiếp đến khí hậu khu vực, tránh đặt biên trên những khu vực có địa hình phức tạp và nên mở rộng đến chừng nào có thể nhưng không mở rộng quá về phía miền nhiệt đới do số liệu thám sát thưa thớt.

Liang vcs., (2006) cho rằng các mô phỏng sẽ ít nhạy khi điều kiện biên xung quanh được sử dụng ERA40 hơn là NCEP/NCAR.

Moonney P.A vcs., (2011) chỉ ra ERA40 có ưu điểm vượt trội hơn NCEP/NCAR khi xem xét hệ số tương quan, độ lệch chuẩn và sai số tuyệt đối trung bình với số liệu nhiệt của CRU.

### ***1.1.2. Độ nhạy của RCM với vùng đệm và phương pháp xử lý biên***

Anthes vcs., (1989) sử dụng profile tuyến tính và vùng đệm 4 nút lưới cho thấy profile này không thích hợp với miền tính lớn, ngay cả khi vùng đệm được mở rộng hơn. Điều này được Giorgi vcs., (1993) thừa nhận khi thử nghiệm trên RegCM2 với miền tính lớn.

Profile dạng lũy thừa được Giorgi vcs., (1993) kiểm nghiệm trên RegCM2. Tính năng đặc biệt của profile này là có khả năng “nói lỏng” trên toàn bộ miền tính.

Marbaix vcs., (2003) đã thử nghiệm với profile này với độ rộng vùng đệm 5, 9, 11 và 30, kết quả tốt nhất là 5 nút lưới.

Liang vcs., (2002) khảo sát các phương pháp cập nhật biên và cho rằng biên giảm dư cho kết quả mô phỏng thích hợp.

### ***1.1.3. Độ nhạy của RCM với độ phân giải mô hình***

Giorgi và Marinucci (1996) khảo sát độ nhạy mưa mô phỏng đối với độ phân giải ngang, hiệu ứng địa hình cho tháng 1 và tháng 7 trên khu vực châu Âu với khoảng cách điểm lưới 200 đến 50 km.

Gao vcs., (2006) kiểm nghiệm vai trò của độ phân giải ngang lên giáng thủy mô phỏng khu vực Đông Á với độ phân giải ngang là 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360 km và việc tăng độ phân giải cho mô hình đã cải thiện kết quả mô phỏng mưa khu vực Đông Á. Ông cho rằng, độ phân giải 60km hoặc cao hơn nữa là phù hợp mô phỏng mưa cho khu vực này.

Zangl G. (2009) sử dụng MM5 độ phân giải 45km mô phỏng cho khu vực vùng núi Alpine, đã cải thiện được kết quả mô phỏng khá tốt về nhiệt và ẩm.

### ***1.1.4. Độ nhạy của RCM với thời gian khởi động mô hình***

Do hệ thống khí hậu có nhiều thành phần với quy mô thời gian khác nhau, nên thời gian spin-up cũng khác nhau, có thể là một tháng hoặc hàng năm.

Tuy nhiên trong mô phỏng khí hậu, nhiều khi không cần đến thời gian này nếu trường nhiệt độ và độ ẩm đất được lấy từ trường ban đầu sẵn có, như MM5 với lựa chọn sơ đồ bề mặt Noah. Hơn nữa, thông số về thời gian spin-up ít được đưa ra trong các thử nghiệm trừ khi đó là thử nghiệm về độ nhạy của RCM đối với nó hoặc khi hạn dự báo chỉ là một tháng, người ta cần lựa chọn giá trị thích hợp sao cho không ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng hay dự báo.

#### ***1.1.5. Độ nhạy của RCM với tham số hóa các quá trình vật lý***

##### **a) Tham số hóa đối lưu**

Wang và Seaman (1996) thử nghiệm với Anthes-Kuo (AK) trong MM5 với độ phân giải ngang 36 và 12km. Mô hình có kỹ năng mô phỏng với độ phân giải 12km, đặc biệt là mưa lớn. Sơ đồ Kain-Fritsch (KF) với khếp kín APE (Available Potential Energy) biểu diễn mưa tốt nhất.

Zangl G. (2009) thử nghiệm CPS (Convection Parameterization Scheme) trong hệ tọa độ  $\sigma$  và hệ tọa độ loga-z bằng MM5, sơ đồ Grell và KF đạt được hệ số tương quan 0,95 trong hệ tọa độ loga-z, sơ đồ Miller-Janjic (BM) cho kết quả mô phỏng không tốt đối với khu vực Alpine.

Ratnam và Kumar (2004), Su H. vcs., (1999), Yang M-J vcs., (2003) đều nhận định rằng sơ đồ KF và Grell cho kết quả mô phỏng mưa khá phù hợp về lượng cũng như về diện.

Yang M-J vcs., (2003) cho rằng MM5 có kỹ năng mô phỏng ở vùng đất thấp tốt hơn vùng núi cao, với độ phân giải ngang 15km.

Gonzalo vcs., (2005) và Jiao Yanjiun vcs., (2005) cải thiện sơ đồ KF trong RCM để tăng chất lượng mô phỏng trường mưa.

##### **b) Tham số hóa vi vật lý mây**

Các quá trình vi vật lý mây được tham số hóa và xem hàm lượng nước, băng của mây như là những biến dự báo. Do đó, cải tiến mô đun vận chuyển hóa học và sơ đồ tham số hóa mây (Molders vcs., 1994) sẽ cải thiện được kết quả mô phỏng mưa.

Zhang (1989) đã cải tiến sơ đồ vi vật lý của băng với giả thiết luôn tồn tại pha nước và pha băng trong khoảng nhiệt độ từ 0-35<sup>0</sup>C.

#### c) Tham số hóa bề mặt

Zangl G. (2009) có một vài thay đổi trong sơ đồ Noah cho phù hợp với khu vực nghiên cứu. Những thay đổi này đã cải thiện được kết quả mô phỏng nhiệt và mưa bằng MM5 cho khu vực Alpine.

Sơ đồ Noah có khả năng nắm bắt được ảnh hưởng của tính bất đồng nhất trong tầng ô lưới, thậm chí khi mô hình chạy với độ phân giải cao (Shidhar vcs., 2003).

#### d) Tham số hóa lớp biên

Miao vcs., (2008) chỉ ra không có sự khác biệt nhiều giữa Eta và MRF khi kết hợp với sơ đồ Noah. Tuy nhiên, sơ đồ Pleim-Chang kết hợp Noah cho kết quả mô phỏng nhiệt bề mặt tốt hơn so với PBL còn lại.

David vcs., (2001) sơ đồ Blackadar và MRF cho kết quả mô phỏng tốt độ cao của lớp biên trong thời kỳ gió mùa, dẫn đến mô phỏng tốt các giá trị của CAPE.

### **1.1.6. Kỹ năng mô phỏng nhiều năm của RCM**

Caldwell Peter vcs., (2009) chỉ ra rằng mô hình WRF có kỹ năng mô phỏng nhiệt độ trong tất cả các mùa trừ mùa hè.

Zangl G. (2009), Zhu và Liang (2007) cho rằng MM5 kỹ năng mô phỏng nhiều năm đối với nhiệt độ bề mặt và giáng thủy ngay cả khi tăng độ phân giải ngang của mô hình.

Jiao Yanjiun vcs., (2005) chỉ ra mô hình CRMC, mô phỏng khá

tốt hoàn lưu quy mô lớn trên khu vực, nắm bắt được biến trình theo mùa của nhiệt độ và lượng mưa thời kì mùa đông.

## **1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước**

*\*Hướng khảo sát độ nhạy động lực và tham số hóa vật lí*

Hồ Thị Minh Hà (2006, 2008) khảo sát độ nhạy của sơ đồ tham số hóa đối lưu và lựa chọn được sơ đồ Grell với giả thiết khép kín Arakawa Schubert cho kết quả mưa mô phỏng tốt, sơ đồ MIT-Emanuel cho kết quả mô phỏng nhiệt độ tốt;

Phan Văn Tân (2008) nhận thấy mô hình thủy tĩnh, độ phân giải tinh không có vai trò cải thiện mô phỏng mưa trên khu vực Việt Nam thậm chí một vài trường hợp cho kết quả không tốt;

Lương Mạnh Thắng (2008) cho rằng kiểu xử lí biên ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng, còn độ rộng biên không ảnh hưởng đến mô phỏng nhiệt độ mà chủ yếu ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng mưa;

Nguyễn Ngọc Bích Phượng (2009) chỉ ra nhiệt độ trung bình tháng tăng lên và lượng mưa giảm đi nếu tính đến ảnh hưởng của sol khí và cacbon đen;

Thời gian cần thiết để tạo sự cân bằng giữa bề mặt và khí quyển là 12 tháng. Thời gian spin-up càng dài thì sự sai khác BATS và Noah càng ít (Đình Bá Duy, 2008; Nguyễn Bình Phong, 2008).

*\*Hướng đánh giá kỹ năng mô phỏng nhiều năm*

Sai số hệ thống của RCM (RegCM) đối với nhiệt độ từ  $1^0-2^0C$ , ở khu vực có địa hình phức tạp có thể lên tới  $3^0-4^0C$  (Nguyễn Đăng Quang, 2004; Lê Như Quân, 2007; Hồ Thị Minh Hà, 2008);

Các RCM cho lượng mưa mô phỏng thấp hơn thực tế trong mùa mưa và ngược lại trong mùa khô (Nguyễn Lê Dũng, 2008; Lương Mạnh Thắng, 2009);

Mô phỏng nhiệt mà lượng mưa sẽ thay đổi nếu dịch chuyển miền

tính về phía Bắc hay phía Nam (Nguyễn Đăng Mậu, 2012; Lương Mạnh Thắng, 2009);

Các RCM có khả năng nắm bắt được các yếu tố cực trị nhiệt độ, tương đối tốt với trường ẩm nhưng không tốt đối với trường mưa (Phan Văn Tân, 2010);

Các kết quả được so sánh với số liệu quan trắc tại trạm, chưa tính đến hiệu chỉnh theo độ cao địa hình, ngoại trừ công trình nghiên cứu của Hồ Thị Minh Hà (2008).

## **Chương 2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Các nguồn số liệu**

#### **2.1.1. Số liệu làm điều kiện biên cho RCM**

**ERA40:** Số liệu phân tích lại của ERA40, độ phân giải ngang của các tập số liệu này là 2,5 x 2,5 độ kinh-vĩ với 17-23 mực theo chiều thẳng đứng.

**OISST:** Nhiệt độ mặt nước biển của NOAA. Độ phân giải của các tập số liệu này là 1 độ kinh-vĩ.

Ngoài ra có một số loại số liệu khác như: Độ cao địa hình và đất sử dụng.

#### **2.1.2. Số liệu sử dụng để đánh giá kỹ năng của RCM**

Số liệu quan trắc được sử dụng là số liệu tháng và số liệu ngày. Số liệu tháng bao gồm: Số liệu nhiệt độ trung bình tháng, tổng lượng mưa tháng và tốc độ gió. Số liệu ngày bao gồm: Nhiệt độ tối cao và nhiệt độ tối thấp. Các loại số liệu được lấy từ năm 1982 đến năm 2000 tại 70 trạm khí tượng, khí hậu trên toàn quốc, ứng với 7 vùng khí hậu và độ dài chuỗi số liệu tương đối đồng nhất, trung bình mỗi vùng 10 trạm khí tượng đặc trưng.

Số liệu **APH** (Aphorodite): Là loại số liệu mưa, nhiệt độ tháng trên lưới, độ phân giải ngang  $0,25^0 \times 0,25^0$  kinh-vĩ, ở khu vực châu Á, miền dữ liệu  $60^0E-150^0E$ ,  $15^0S-55^0N$ .

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp mô hình hóa khí hậu khu vực với mô hình được lựa chọn là MM5 (phiên bản dành cho khí hậu). Bộ tham số được lựa chọn chỉ ra trong bảng 2.3.

Bảng 2.3: Bộ tham số được lựa chọn cho MM5

ĐỘNG LỰC HỌC MÔ HÌNH					
I	Độ phân giải	Miền tính	LBC	Vùng đệm và phương pháp xử lý	Spin-up
		36 km	DM1	ERA40	5 nút lưới và phương pháp “biên giảm dư”
THAM SỐ HÓA CÁC QUÁ TRÌNH VẬT LÝ					
II	Vi vật lý mây	PBL	CPS	Sơ đồ bức xạ	LSM
	Dudhia	MRF	Grell	CCM2	File Layer

## 2.3. Lựa chọn các yếu tố đánh giá

Đối với nhiệt độ sẽ xem xét đến nhiệt độ trung bình (T2m), nhiệt độ tối cao trung bình (T<sub>xtb</sub>), tối cao tuyệt đối (T<sub>xx</sub>), tối thấp trung bình (T<sub>ntb</sub>) và tối thấp tuyệt đối (T<sub>nn</sub>) theo tháng, mùa và trung bình nhiều năm (19 năm, từ 1982-2000). Trong đó T<sub>nn</sub> và T<sub>xx</sub> sẽ được chọn trên nguồn số liệu ngày, có nghĩa mỗi tháng sẽ có 1 giá trị nhiệt độ và tính trung bình cho 19 năm.

Lượng mưa được xem xét đến phân bố tổng lượng mưa theo tháng, mùa, năm theo không gian và thời gian. Trong khi nhân tố hoàn lưu đánh giá với tốc độ gió trung bình so với số liệu quan trắc tại trạm và phân bố không gian trường hoàn lưu so với số liệu phân tích lại của ERA40.

## 2.4. Phương pháp đánh giá

Phương pháp đánh giá kỹ năng mô phỏng của MM5 sẽ được thực hiện hai cách: 1) Đánh giá trên lưới; 2) Đánh giá tại các điểm trạm. Phương pháp đánh giá trên lưới chỉ thực hiện được khi độ phân giải ô lưới của số liệu thám sát và mô hình là như nhau. Do đó, nguồn số liệu APH phải được nội suy song tuyến tính từ độ phân giải  $0,25^0 \times 0,25^0$  kinh-vĩ sang  $0,3238^0 \times 0,3238^0$  kinh-vĩ của MM5.

Phương pháp đánh giá tại điểm trạm chỉ thực hiện được khi số liệu của mô hình được nội suy về kinh-vĩ độ của điểm quan trắc. Chẳng hạn như nhiệt độ sử dụng nội suy về trạm bằng phương pháp tính trung bình ô lưới có tính đến trọng số và hiệu chỉnh theo độ cao địa hình với hệ số hiệu chỉnh  $-0,65^0\text{C}/100\text{m}$ .

Mưa là yếu tố phụ thuộc rất lớn vào điều kiện địa hình và mật độ. Hơn nữa, trong kết quả mô phỏng của RCM, giá trị của lượng mưa luôn được cho tại tâm ô lưới, là giá trị đại diện cho lượng mưa của ô lưới đó. Vì vậy, mưa mô hình sẽ được tính như sau:

$$\hat{z}_{\text{mod}}(t, n) = z_{\text{mod}}(t, n) \frac{\bar{z}_{\text{obs\_grid}}(n)}{\bar{z}_{\text{mod}}(n)} \quad (2.1)$$

Trong đó,  $\hat{z}_{\text{mod}}$  là mưa mô hình sau khi đã hiệu chỉnh,  $z_{\text{mod}}$  là mưa mô hình tại thời điểm  $t$  và điểm lưới không gian  $n$ ,  $\bar{z}_{\text{obs\_grid}}$  diện tích ô lưới của thám sát trên lưới,  $\bar{z}_{\text{mod}}$  diện tích ô lưới của mô hình

Các chỉ số sử dụng đánh giá: 1) Chỉ số thống kê gồm ME, MAE, RMSE, HSTQ; 2) Chỉ số đánh giá hai pha gồm: FBI và TS; 3) Tần suất có điều kiện:  $p_{jk}(\%) = (n_{jk} / n) \times 100$

### **Chương 3. ĐÁNH GIÁ KỸ NĂNG MÔ PHỎNG MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG TRUNG BÌNH CỦA MÔ HÌNH MM5**

Việc đánh giá kỹ năng mô phỏng nhiều năm của MM5 trên chuỗi

số liệu 19 năm (bắt đầu từ 1982 và kết thúc năm 2000). Đồng thời xem xét đến khả năng mô hình có mô phỏng được một số yếu tố khí hậu trên 7 vùng của Việt Nam hay không. Trong đó, 7 vùng khí hậu bao gồm vùng khí hậu Tây Bắc (B1), Đông Bắc (B2), Đồng bằng Bắc Bộ (B3), Bắc Trung Bộ (B4), Nam Trung Bộ (N1), Tây Nguyên (N2) và Nam Bộ (N3).

Yếu tố khí tượng đặc trưng cho khí hậu từng vùng là nhiệt độ không khí 2m (gọi chung là nhiệt độ, kí hiệu T2m), tốc độ gió trung bình ở 10m (kí hiệu Vtb), phân bố trường hoàn lưu các mực 1000mb, 850mb, 700mb, 500mb và 200mb, lượng mưa (kí hiệu là R), trong đó T2m và Vtb là các giá trị trung bình tháng, R là tổng lượng mưa tháng

### **3.1. Trường hoàn lưu**

Mô hình đã nắm bắt được hướng gió chủ đạo trong bốn mùa, nhưng mô phỏng chưa hợp lí về cường độ gió trong mùa đông và mùa hè. Một số hệ thống khí áp chính ảnh hưởng đến Việt Nam như: Áp cao lạnh lục địa, áp cao cận nhiệt đới, rãnh gió tây trên cao và áp thấp Ấn - Miến, mô hình có mô phỏng được, mặc dầu còn có những sai khác về cường độ cũng như vị trí của chúng.

Biến trình mùa và năm của Vtb, mô hình luôn mô phỏng cao hơn quan trắc trừ các tháng mùa xuân. Vùng B4 và N1 luôn cho sai số tốc độ gió lớn hơn các vùng còn lại. Trong đó vùng cho kết quả mô phỏng tốt nhất là B3 và N3 với chỉ số MAE dao động từ 1-2m/s, các vùng B1, B2, N2, chỉ số MAE khoảng 2-3m/s. HSTQ trong bốn mùa có giá trị không cao, thấp nhất vào mùa thu, các mùa còn lại giá trị này gần như tương đương nhau, đạt khoảng 0,5. Tóm lại, mô hình MM5 có kĩ năng trong mô phỏng tốc độ gió trung bình cho vùng B3 và N3, nhưng chưa có kĩ năng khi mô phỏng yếu tố này cho các vùng

còn lại, đặc biệt là vùng B4 và N1 trong thời kỳ mùa đông.

### 3.2. Nhiệt độ

Quy luật phân bố nhiệt độ theo vĩ độ chỉ thể hiện rõ trên bản đồ phân bố nhiệt độ mô phỏng tháng 1 với ranh giới hai miền là vĩ tuyến  $16^{\circ}\text{N}$ . Nhiệt độ tăng dần từ Bắc vào Nam. Biên độ nhiệt giữa miền khí hậu phía Bắc và Nam chênh nhau khoảng  $2^{\circ}\text{C}$ . Trong khi quy luật phân bố nhiệt độ theo độ cao địa lí được thể hiện rõ trên bản đồ nhiệt của tháng 7. Nhiệt độ giảm theo độ cao địa hình, phía Tây của Việt Nam luôn thấp hơn phía Đông. Độ chênh lệch nhiệt độ phía Đông và Tây khoảng hơn  $1^{\circ}\text{C}$ .

Mô hình MM5 luôn cho xu thế mô phỏng nhiệt độ thấp hơn quan trắc và APH có hệ thống. Sai số lớn nhất tập trung vùng B4 và N1, nhỏ nhất vùng B3 và N3, các vùng trung du và miền núi mức độ sai số dao động từ  $3^{\circ}$ - $4^{\circ}\text{C}$ , miền Nam thấp hơn miền Bắc khoảng  $1^{\circ}\text{C}$ . Miền khí hậu phía Bắc sai số tập trung vào mùa hè và mùa thu, miền khí hậu phía Nam tập trung vào các tháng mùa xuân, trong khi mùa đông mức độ sai số có phần giảm đi trên cả hai miền. Ngoài ra, khoảng nhiệt độ mô hình mô phỏng tốt nhất trong tháng 1 là  $15^{\circ}$ - $19^{\circ}\text{C}$ , tháng 4 là  $23^{\circ}$ - $25^{\circ}\text{C}$ , tháng 7 và tháng 10 là  $25^{\circ}$ - $27^{\circ}\text{C}$ . Mức độ chênh lệch kết quả đánh giá trên hai nguồn số liệu APH và OBS không đáng kể khi so sánh với kết quả mô phỏng nhiệt của MM5. Vì vậy, có thể sử dụng APH như số liệu quan trắc thực để so sánh với kết quả của mô hình

Các khu vực lân cận Việt Nam như hạ Lào, Campuchia, Thái Lan giá trị của chỉ số MAE rất lớn, xấp xỉ  $5^{\circ}$ - $6^{\circ}\text{C}$  trong tháng 1, nhưng có phần giảm hơn trong tháng 7 từ  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}\text{C}$ .

Mức độ chênh lệch hai nguồn số liệu APH và OBS không đáng kể khi so sánh với kết quả mô phỏng nhiệt độ của MM5. Vì vậy, có thể

sử dụng APH như số liệu quan trắc thực để so sánh với kết quả của mô hình.

### **3.3. Lượng mưa**

Biến trình năm của mưa trên lãnh thổ Việt Nam khá đa dạng. Do tác động của gió mùa, nên mùa mưa gần trùng với thời kỳ hoạt động của gió mùa mùa hè và mùa ít mưa trùng với thời kỳ hoạt động của gió mùa mùa đông. Biến trình năm của lượng mưa tại nút lưới, trên 7 vùng khí hậu Việt Nam cho thấy, mô hình nắm bắt được xu thế của mùa mưa.

Mùa mưa của Bắc Bộ bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 10, cực đại rơi vào tháng 8; khu vực Trung Trung Bộ, mùa mưa lệch hẳn về mùa đông, bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 12 hàng năm; khu vực Tây Nguyên, mùa mưa có nét tương đồng với Bắc Bộ, kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10, cực đại vào tháng 8. Khu vực Nam Bộ, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5, kéo dài đến tháng 11 và cực đại mưa thường rơi vào tháng 9 hoặc 10. Ngoài ra, mưa mô phỏng của mô hình thấp hơn so với quan trắc trong các tháng mùa mưa và ngược lại trong các tháng mùa khô.

Vùng khí hậu B1, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 kết thúc vào tháng 9, cực đại mưa rơi vào tháng 7. Hơn nữa, lượng mưa mô phỏng của mô hình thấp hơn lượng mưa APH với mức độ chênh lệch khoảng 200mm. Các tháng còn lại, lượng mưa mô phỏng lớn hơn lượng mưa của APH, nhưng mức độ chênh lệch không đáng kể. Ngoài ra, cực đại mưa của mô hình trễ hơn cực đại mưa của APH khoảng 1 tháng.

Vùng khí hậu B2 có biến trình năm lượng mưa gần giống với vùng B1, cực đại mưa rơi vào các tháng mùa hè. Tuy nhiên, mức độ chênh lệch lượng mưa giữa APH và mô hình ít hơn so với vùng B1. Trong các tháng mùa khô, tổng lượng mưa tháng dưới 100mm, thậm

chí tháng 12 mức độ khô hạn xảy ra trên toàn vùng với lượng mưa dưới 40mm.

Vùng khí hậu B3, mô hình cho kết quả mô phỏng mưa so với APH là tốt nhất, mức độ chênh lệch giữa M\_Rgrid và A\_Rgrid không cao, khoảng 20-30mm, trừ tháng 5 và 6, xấp xỉ 100mm. Các tháng mùa mưa, mô hình cho kết quả mô phỏng nhỏ hơn APH và tình hình diễn ra ngược lại đối với các tháng mùa khô.

Biến trình mưa năm ở ven biển Trung Bộ (vùng B4 và N1) là dạng dị thường trong cơ chế gió mùa châu Á. Mùa mưa ở đây có xu thế dịch chuyển vào các tháng mùa đông, do ảnh hưởng của dãy núi Trường Sơn kết hợp với hoạt động của XTNĐ và ITCZ. Mùa mưa vùng B4 bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 12, vùng N1 bắt đầu từ tháng 9, kết thúc vào tháng 11, cao điểm nhất vào tháng 10. Trong các tháng mùa mưa, mô hình luôn cho kết quả mô phỏng thấp hơn lượng mưa tại nút lưới, các tháng mùa khô cho xu thế cao hơn, các tháng còn lại mô hình nắm bắt khá tốt.

Vùng khí hậu Tây Nguyên, mùa mưa trùng với mùa hoạt động của gió mùa Tây Nam, bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 10, cực đại của mùa mưa rơi vào tháng 8. Đối với các tháng mùa khô, lượng mưa mô phỏng của mô hình vượt quá lượng mưa APH, đặc biệt mức độ chênh lệch lớn trong các tháng chính đông (12, 1 và 2).

Khu vực Nam Bộ, mùa mưa bắt đầu kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11, cực đại mùa mưa rơi vào cuối mùa (tháng 10), do ảnh hưởng muộn của một số dạng nhiễu động như ITCZ. Tương tự vùng B3, mức độ chênh lệch kết quả mô phỏng mưa so với APH không đáng kể trong các tháng mùa mưa, các tháng mùa khô như tháng 12, 1 và 2 cho xu thế cao hơn, các tháng còn lại mô hình nắm bắt khá tốt.

Các ngưỡng mưa sử dụng cho chỉ số FBI và TS được chia thành

hai nhóm. Nhóm 1 là các tháng mùa đông (11,12, 1, 2, 3, 4) với các ngưỡng mưa 10, 20, 40, 60, 80 và 100mm . Nhóm 2 là các tháng mùa hè (5, 6, 7, 8, 9, 10) với các ngưỡng mưa 80, 100, 150, 200, 250 và 300mm. Chỉ số FBI và TS khi đánh giá tại trạm và nút lưới khác nhau không đáng kể ở các ngưỡng mưa nhỏ. Tuy nhiên, sự khác biệt này chỉ được thể hiện rõ đối với ngưỡng mưa trên 80mm, đặc biệt trong các tháng mùa đông. Chỉ số FBI của MM5-APH cho diện mưa mô phỏng quá lớn, lớn hơn cả chỉ số FBI của MM5-OBS. Như vậy, nguồn số liệu mưa của APH chưa cho phù hợp về diện mưa và vị trí tâm mưa so với số liệu quan trắc thực tại trạm.

Hầu hết trên 7 vùng khí hậu của Việt Nam, xu thế ME <0 điều đó có nghĩa mô hình cho mô phỏng mưa thấp hơn quan trắc thực, trừ vùng B4 xu thế ME > 0. Trong đó, vùng B3 cho kết quả tốt nhất, thể hiện ở chỉ số MAE và RMSE nhỏ nhất (MAE ~93,2mm, RMSE ~ 117,9mm), sai số lớn nhất tập trung ở vùng B4 và N1, chỉ số RMSE xấp xỉ 255mm.

Như vậy, sử dụng sơ đồ đối lưu Grell chưa cải thiện được lượng mưa mô phỏng nhưng cải thiện được trường nhiệt độ bề mặt gần với thực tế hơn. Tuy vậy, kết quả mô phỏng mưa mô hình MM5 cho biết khả năng nắm bắt khá tốt về diện mưa, một số tâm mưa lớn trên khu vực, xu thế của mùa mưa, mặc dầu mùa mưa trong mô hình thường đến sớm và kết thúc sớm. Ngoài ra, phần đánh giá cho một cách nhìn tổng quan về diễn biến mưa trên 7 vùng khí hậu, trong đó tốt nhất B3 và N3, tương đối với B1, B2, N2 và không tốt với B4 và N1. Hơn nữa, đây là vấn đề khó khăn trong kỹ năng mô phỏng mưa của mô hình số hiện nay, kể cả mô hình dự báo thời tiết hay khí hậu. Vì liên quan nhiều đến các quá trình vật lý trong mô hình trong khi những hiểu biết của con người lại hữu hạn, chưa mô tả được hết chúng. Như

vậy, để cải thiện chất lượng mô phỏng có thể làm được hiện nay là tìm ra phương pháp đánh giá mới và hiện đại hơn, tìm được sai số hệ thống, hiệu chỉnh sản phẩm thống kê sau mô hình là cách làm được nhiều nhà nghiên cứu mô hình áp dụng.

#### **Chương 4. ĐÁNH GIÁ KỸ NĂNG MÔ PHỎNG MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG CỰC TRỊ CỦA MÔ HÌNH MM5**

Các biến trong khí quyển được xem là một đại lượng ngẫu nhiên, có tập giá trị biến đổi trong một khoảng nào đó. Biến khí quyển được xem là một yếu tố cực trị nếu miền giá trị của nó thiên về một phía nào đó của tập giá trị. Các biến khí hậu cực trị thường được xem xét là các đại lượng khí hậu cực đại (tối cao), cực tiểu (tối thấp).

Đặc trưng cực trị được luận án lựa chọn đánh giá bao gồm: Nhiệt độ tối cao trung bình (T<sub>xtb</sub>), tối cao tuyệt đối (T<sub>xx</sub>), tối thấp trung bình (T<sub>ntb</sub>), tối thấp tuyệt đối (T<sub>nn</sub>). Các đặc trưng này được xác định trên ô lưới mô hình như sau:

T<sub>xtb</sub> - Nhiệt độ tối cao trung bình: Được xác định từ chuỗi số liệu cực đại theo giờ, có nghĩa mỗi ngày sẽ có một giá trị, sau đó lấy trung bình theo tháng; T<sub>xx</sub> - Nhiệt độ tối cao tuyệt đối: Là giá trị lớn nhất hàng tháng của nhiệt độ cực đại ngày. T<sub>xx</sub> được xác định từ chuỗi số liệu theo giờ, sau đó tìm cực đại ngày của tháng

T<sub>ntb</sub> - Nhiệt độ tối thấp trung bình: Được xác định từ chuỗi số liệu cực tiểu theo giờ, có nghĩa mỗi ngày sẽ có một giá trị, sau đó lấy trung bình theo tháng; T<sub>nn</sub> - Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối: Là giá trị nhỏ nhất hàng tháng của nhiệt độ cực tiểu ngày. T<sub>nn</sub> được xác định từ chuỗi số liệu theo giờ, sau đó tìm cực tiểu ngày của tháng.

##### **4.1. Nhiệt độ tối thấp trung bình**

Nhìn chung, mô hình luôn cho kết quả của mô phỏng T<sub>ntb</sub> thấp hơn

quan trắc trên 7 vùng khí hậu và Việt Nam (trừ vùng N2 và N3, chỉ số ME > 0), thể hiện ở chỉ số ME < 0. Miền khí hậu phía Bắc giá trị ME dao động từ  $-3,0^{\circ}\text{C}$  đến  $-2,7^{\circ}\text{C}$ , nhỏ hơn miền khí hậu phía Nam.

Giá trị của chỉ số MAE, RMSE có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam. Sai số lớn trên vùng B1, B2, B4, sai số nhỏ ở vùng N3 với MAE  $\sim 1^{\circ}\text{C}$  và RMSE  $\sim 1,2^{\circ}\text{C}$  và trên toàn lãnh thổ Việt Nam, MAE  $\sim 2,4^{\circ}\text{C}$ , RMSE  $\sim 2,9^{\circ}\text{C}$ , HSTQ  $\sim 0,6$ . Hơn nữa, mức độ chênh lệch RMSE và MAE là không lớn, dao động từ  $0,2^{\circ}\text{C}$  đến  $0,6^{\circ}\text{C}$ , có nghĩa sai số Tnb của mô hình tương đối ổn định, có tính hệ thống để hiệu chỉnh.

#### **4.2. Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối**

Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối thường xuất hiện khi các đợt KKL rất mạnh hay các đợt KKL xâm nhập liên tiếp nhau, gây nên các hiện tượng rét đậm (nhiệt độ trung bình ngày thấp hơn  $15^{\circ}\text{C}$ ) hay rét hại (nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn hoặc bằng  $13^{\circ}\text{C}$ ) và thường xảy ra trong thời kỳ chính đông. Do đó, khi phân tích và đánh giá kỹ năng mô phỏng của mô hình đối với yếu tố này, luận án chỉ tập trung vào thời kỳ chính đông thay vì phân tích và đánh giá thời kỳ đầu và cuối đông như yếu tố nhiệt độ tối thấp trung bình.

Trên nguồn số liệu quan trắc, nhiệt độ tối thấp trung bình ở Bắc Bộ dưới  $7^{\circ}\text{C}$ , ở Bắc Trung Bộ dưới  $10^{\circ}\text{C}$  và vùng ven biển Nam Trung Bộ dưới  $15^{\circ}\text{C}$ . Trong khi, mô hình cho kết quả mô phỏng của Tnn thấp hơn quan trắc ở Bắc Bộ gần  $4^{\circ}\text{C}$ - $5^{\circ}\text{C}$ , vùng B3, B4, N1 và N2 sai lệch vào khoảng  $3^{\circ}\text{C}$ - $4^{\circ}\text{C}$ . Vùng khí hậu N3, mô hình cho kết quả mô phỏng Tnn tốt nhất, lệch so với quan trắc  $1^{\circ}\text{C}$ - $2^{\circ}\text{C}$ .

Các vùng thấp ở phía Tây Bắc và Đông Bắc nơi tiếp giáp với biên giới Trung Quốc, cao nguyên Đà Lạt - Lâm Đồng được mô hình mô phỏng khá tốt về vị trí cũng như giá trị nhiệt độ Tnn tại đây. Riêng

vùng thấp thuộc dãy núi Tam Đảo thì mô hình không nắm bắt được, mặc dầu trên số liệu quan trắc có thể hiện vị trí của nó.

Khi đánh giá kết quả mô phỏng của Tnn trên 7 vùng khí hậu, thông qua các chỉ số ME, MAE và RMSE cho thấy, chỉ số ME có xu thế âm trên vùng B1-N1, dương trên vùng N2-N3, tính cho cả Việt Nam thì ME vẫn nhỏ hơn không. Sai số lớn nhất chủ yếu tập trung ở vùng B1, tương đối với B2, B3, B4 và N1, nhỏ nhất vùng N3. Mức độ chênh lệch của RMSE và MAE có giá trị nhỏ hơn  $1^{\circ}\text{C}$ .

### **4.3. Nhiệt độ tối cao trung bình**

Nhiệt độ tối cao thường xuất hiện ở Việt Nam vào thời kỳ hoạt động của gió mùa mùa hè, chủ yếu là đầu mùa, khi áp thấp Ấn - Miến ở phía Tây lấn sang phía Đông, khống chế thời tiết Việt Nam. Trên lãnh thổ nước ta, trị số nhiệt độ cao nhất có thể xảy ra ngay từ tháng 3, tháng 4 hoặc tháng 5 (thậm chí là vào tháng 2) ở các vĩ độ phía Nam và vào tháng 5, tháng 6 hoặc tháng 7 ở các vĩ độ phía Bắc. Vì vậy, các kết quả sẽ không đề cập đến sự biến đổi của Txtb trong các tháng mùa đông.

Thời kỳ đầu hè, trên vùng khí hậu Đông Bắc và Đồng bằng Bắc Bộ, Txtb của mô hình sai khác với số liệu quan trắc khoảng  $4^{\circ}\text{-}5^{\circ}\text{C}$ . Với miền khí hậu phía Nam, Txtb đã tăng rất cao, thậm chí khu vực Nam Bộ đã bước vào thời kỳ nắng nóng, nhiệt độ tối cao trung bình trên khu vực lên đến  $32^{\circ}\text{-}34^{\circ}\text{C}$ , trong khi kết quả mô phỏng Txtb ở đây mới đạt mức  $29^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{C}$ .

Thời kỳ chính hè, nhiệt độ tối cao trung bình đều trên  $25^{\circ}\text{C}$ , cao nhất  $34^{\circ}\text{-}36^{\circ}\text{C}$  thuộc phía Tây Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ và Đông Bắc Bộ dao động mức  $32^{\circ}\text{-}34^{\circ}\text{C}$ , riêng Tây Bắc và Tây Nguyên, Txtb có phần giảm hơn các khu vực khác,

dao động mức  $29^0-30^0\text{C}$ , sự giảm nhiệt do ảnh hưởng của địa hình núi cao.

Thời kỳ cuối hè, sai số Txb lớn ở hầu hết các vùng khí hậu Việt Nam, trừ vùng N3. Vùng B1, N2 mức độ chênh lệch Txb so với thực tế  $3^0-4^0\text{C}$ , vùng B2 và B3 là  $2^0-3^0\text{C}$ , vùng B4 và N1 từ  $1^0-2^0\text{C}$ , vùng N3 xấp xỉ  $1^0\text{C}$ .

Ngoài phân tích định tính về phân bố không gian của Txb, luận án có tính phân bố tần suất của Txb trong tháng 1, 7, 4, 10. Kết quả tính toán cho thấy, mô hình luôn cho xu thế mô phỏng Txb thấp hơn quan trắc thực. Thể hiện tần suất “dưới ngưỡng” luôn chiếm 80%, 20% còn lại là “trùng nhau” và “vượt ngưỡng”, trong đó phần “trùng nhau” khá nhỏ, chiếm 12%, 8% là “vượt ngưỡng”. Khoảng nhiệt độ mà mô hình cho kết quả mô phỏng tốt nhất trong tháng 4, 7 và 10 lần lượt là  $23^0-25^0\text{C}$ ,  $27^0-29^0\text{C}$  và  $21^0-23^0\text{C}$ .

Giá trị chỉ số ME nhỏ hơn không trên toàn miền. Có nghĩa mô hình luôn mô phỏng Txb thấp hơn quan trắc. Sai số không có tính hệ thống giữa các vùng, sai số lớn nhất tập trung ở vùng B1, B4 và N1 với giá trị của MAE trên  $4^0\text{C}$ , các vùng còn lại dao động mức  $1^0-3^0\text{C}$ . Trong đó, vùng N3 và B3 cho kết quả mô phỏng tốt nhất, thể hiện ở chỉ số MAE và RMSE vùng khí hậu B3 lần lượt là  $2,2^0\text{C}$  và  $2,7^0\text{C}$ ; vùng N3 tương ứng là  $1,6^0\text{C}$  và  $2,0^0\text{C}$ .

#### **4.4. Nhiệt độ tối cao tuyệt đối**

Nhiệt độ tối cao tuyệt đối ở Việt Nam thường xảy ra trong điều kiện thời tiết nắng nóng và nắng nóng gay gắt do ảnh hưởng của các hệ thống: 1) Áp thấp lục địa (thời kỳ mùa đông); 2) Áp thấp Ấn - Miến (thời kỳ đầu hè); 3) Gió tây khô nóng. Kết quả mô phỏng Txx của mô hình luôn cho thấp hơn quan trắc khoảng  $3^0-4^0\text{C}$ . Đặc biệt sai số lớn trên vùng B1, B2, B4 và N1, riêng vùng N2 và N3 có mức

chênh lệch dao động từ  $1^0-2^0C$ . Điều này được thể hiện rất rõ khi tính tần suất điều kiện trong tháng 7, phần trăm dưới ngưỡng chiếm đến 90%, vùng “trùng nhau” chiếm 9% và dưới 1% là vùng “vượt ngưỡng”.

Chỉ số ME < 0 trên 7 khu vực và Việt Nam, thể hiện xu thế mô phỏng Txx của mô hình thấp hơn quan trắc. ME nhỏ nhất ở vùng B1 và B2, đây là hai vùng khí hậu mà địa hình núi cao đóng vai trò chính phân bố lại Txx. Vùng khí hậu B2 và B3 có chỉ số ME lớn nhất, nhưng mức độ sai số nhỏ nhất với vùng B3 và N3.

So sánh chỉ số RMSE của Tntb, Tnn, Txtb và Txx, có thể nhận thấy sai số hệ thống của mô hình khi mô phỏng cực trị nhiệt độ ở miền khí hậu phía Nam, trong đó vùng N3 cho chỉ số RMSE nhỏ nhất. Miền khí hậu phía Bắc không thể hiện tính sai số hệ thống trong bốn vùng. Chỉ số RMSE lớn nhất vùng B1 và B4, khá tốt với vùng B3 trừ yếu tố Txx. Đối với yếu tố cực tiểu nhiệt độ (tối thấp trung bình và tối thấp tuyệt đối), giá trị RMSE có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam. Bên cạnh đó, giá trị RMSE với cực đại nhiệt độ (tối cao trung bình và tối cao tuyệt đối), có giá trị lớn trên vùng B1, B2, B4 và N1, khá nhỏ ở vùng B3 và N3. Điều đó cho thấy, vai trò của vĩ độ có ảnh hưởng đến sự phân bố nhiệt độ cực tiểu, nhưng không có vai trò trong phân bố nhiệt độ cực đại, mà nguyên dẫn ảnh hưởng đến sự phân bố này chủ yếu là do điều kiện địa hình và ảnh hưởng của hoàn lưu.

## KẾT LUẬN

Từ những nghiên cứu lí thuyết mô hình và tính toán thực hiện trong luận án, chúng tôi rút ra những nhận xét và kết luận sau:

1. Luận án đã hệ thống hóa được đặc điểm của các RCM hiện đang nghiên cứu thử nghiệm tại Việt Nam, so sánh ưu nhược điểm của chúng, đã lựa chọn được mô hình MM5 là mô hình có khả năng áp dụng được trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu ở Việt Nam. Hơn nữa, việc hệ thống hóa các nghiên cứu RCM trong và ngoài nước, kết hợp so sánh ưu nhược điểm của các sơ đồ tham số vật lý, động lực mô hình để lựa chọn được bộ tham số thích hợp cho Việt Nam, đạt được mục tiêu thứ nhất của luận án.

2. Thời gian chạy mô phỏng khí hậu Việt Nam bằng mô hình MM5 trong 19 năm (1982-2000). Kết quả mô phỏng được đánh giá bằng phương pháp trực quan, phương pháp thống kê biến liên tục, phương pháp tính tần số có điều kiện, phương pháp đánh giá hai pha, cho 7 vùng khí hậu và Việt Nam theo tháng, theo mùa, theo năm cho trường hoàn lưu, trường mưa, trường nhiệt và 7 đặc trưng: Vtb, T2m, R, Tntb, Tnn, Txtb và Txx cho thấy:

a) Miền tính của mô hình MM5 mở rộng về phía Nam sẽ giảm được sai số trong kết quả mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa hơn khi mở rộng về phía Bắc;

b) Phân bố trường hoàn lưu từ mực thấp lên cao của mô hình so với số liệu phân tích lại ERA40, đã thể hiện được một số hệ thống khí áp chính ảnh hưởng đến thời tiết Việt Nam như: Áp cao lạnh lục địa, rãnh gió tây trên cao, áp cao cận nhiệt đới và áp thấp Ấn - Miến; mô hình có mô phỏng được, mặc dầu còn có những sai khác về cường độ hay vị trí của chúng;

c) Mô hình mô phỏng phù hợp với hướng gió thịnh hành trong các mùa, mặc dầu ở một số nơi có cường độ gió lớn hơn. Sai số mô phỏng của tốc độ gió trung bình giảm trong các tháng mùa xuân, tương đối cao trong các tháng hè - thu và rất lớn trong các tháng mùa

đông. Vùng khí hậu cho sai số lớn kết quả mô phỏng Vtb lớn nhất là B4, N1; vùng B3, N3 cho sai số nhỏ nhất. Ngoài ra, tốc độ gió trung bình có xu thế giảm dần từ biển vào đất liền với sai số vùng ven biển và hải đảo 2,0m/s; đồng bằng và ven biển 1,7m/s; trung du và miền núi 1,4m/s;

d) Một cách khách quan có thể nói, mô hình có kỹ năng trong mô phỏng nhiệt độ T2m và Tntb. Thể hiện giá trị của chỉ số MAE và RMSE có giá trị xấp xỉ bằng nhau, có nghĩa là sai số hệ thống tương đối ổn định. Đối với T2m, chỉ số MAE ở các vùng đồng bằng khoảng 1,0<sup>0</sup>C, vùng đồng bằng ven biển khoảng 2,0<sup>0</sup>-3,0<sup>0</sup>C và vùng trung du và miền núi khoảng 3,0<sup>0</sup>-4,0<sup>0</sup>C, miền Nam thấp hơn miền Bắc khoảng 1,0<sup>0</sup>C. Với Tntb, chỉ số MAE ~ 2,3<sup>0</sup>C, RMSE ~ 2,6<sup>0</sup>C, HSTQ ~ 0,6 khi tính trên toàn miền Việt Nam. Vùng khí hậu cho kết quả mô phỏng tốt nhất là B3, N3, chưa tốt trên vùng B4 và N1. Ngoài ra, không có sự khác biệt nhiều giữa giá trị nhiệt độ trên lưới và trạm, do đó có thể sử dụng số liệu nhiệt độ của APH như là số liệu quan trắc thực để so sánh với kết quả của mô hình;

e) Lượng mưa mô phỏng mô hình thấp trong các tháng mùa mưa nhưng cao trong các tháng mùa khô. Mô hình nắm bắt được xu thế diễn biến của mùa mưa, nhưng sai lệch đáng kể về lượng mưa. Khi tính trên 7 vùng khí hậu, mưa mô phỏng vẫn có xu thế thấp hơn quan trắc trừ vùng B4. Vùng B3, N3 cho kết quả mô phỏng mưa tốt nhất, chưa tốt với vùng khí hậu B4, N1. Ngoài ra, thời gian bắt đầu và kết thúc của mùa mưa trong mô hình thường đến muộn và kết thúc sớm;

f) Biến trình nhiều năm của lượng mưa không có tính ổn định trên 7 vùng khí hậu. Trong những năm El Nino, xu thế biến đổi của lượng mưa trên 7 vùng khí hậu có giảm đi, trừ B4 và N1. Lượng mưa mô phỏng có xu thế vượt trội trong các năm xảy ra hiện tượng La Nina

như 88/89 và 99/00, trừ vùng N3;

g) Mô hình cho xu thế thiên thấp khi mô phỏng các cực trị nhiệt độ, có kỹ năng mô phỏng nhiệt độ tối thấp trung bình, nhưng không có kỹ năng mô phỏng nhiệt độ cực đại. Nguyên nhân là do mô hình chưa mô phỏng được cường độ, vị trí của áp thấp Ấn - Miến, áp cao cận nhiệt đới và hiệu ứng của địa hình;

h) Số liệu mưa của APH phù hợp về diện nhưng chưa phù hợp về lượng đối với Việt Nam. Vì vậy, để sử dụng được nguồn số liệu tốt hơn, chúng ta nên bổ sung thêm số liệu quan trắc thực tế;

i) Đối với các tâm nhiệt và tâm mưa trên khu vực hầu như mô hình không nắm bắt được, trừ một số tâm mưa lớn như biên giới Việt-Lào, tâm lạnh ở cao nguyên Đà Lạt-Lâm Đồng, mô hình cho kết quả mô phỏng khá tốt trong các mùa.

## **KIẾN NGHỊ**

1. Cần bổ sung thêm số liệu quan trắc vào bộ số liệu mưa APH để có một bộ số liệu chuẩn trên lưới, phục vụ cho bài toán thẩm định trong mô hình;

2. Trên cơ sở đánh giá các kết quả mô phỏng, cần áp dụng bài toán hiệu chỉnh thống kê sản phẩm của mô hình MM5 đối với yếu tố T2m và Tntb;

3. Tạo ra trường ban đầu từ sản phẩm đầu ra của mô hình MM5 với độ phân giải 36km, kết hợp với số liệu quan trắc thực tế, để có thể mô phỏng được các quá trình có quy mô nhỏ hơn.