

NGHIÊN CỨU ĐỘ NHẠY CỦA MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC REGCM3. PHẦN II: ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC SƠ ĐỒ THAM SỐ HÓA ĐỐI LƯU ĐẾN KẾT QUẢ MÔ PHÒNG KHÍ HẬU HẠN MÙA KHU VỰC ĐÔNG NAM Á

PGS.TS. Phan Văn Tân, NCS. Hồ Thị Minh Hà

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN

Trong bài này, độ nhạy của mô hình khí hậu khu vực RegCM3 đối với các sơ đồ tham số hóa đối lưu Kuo, Grell-AS74, Grell-FC80 và MIT-Emanuel đã được thử nghiệm bằng cách chạy mô phỏng hạn mùa (6 tháng) thời kỳ 1996-1998. Miền tính mô hình từ 75E-135E và từ 15S-42N với độ phân giải ngang 54km. Số liệu ERA40 và số liệu nhiệt độ mặt nước biển OISST được sử dụng làm điều kiện biên xung quanh và điều kiện biên dưới. Việc đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình đã được thực hiện khi sử dụng số liệu phân tích CRU (nhiệt độ), CMAP (lượng mưa) và số liệu quan trắc từ mạng lưới trạm Việt Nam.

Kết quả đánh giá đã chỉ ra rằng, mô hình có xu hướng mô phỏng nhiệt độ thấp hơn thực tế khoảng 2-3°C. Sơ đồ MIT-Emanuel cho nhiệt độ mô phỏng gần với thực tế nhất, sơ đồ Grell-FC80 cho mô phỏng thấp nhất. Sơ đồ Grell-AS74 tái tạo trường lượng mưa phù hợp nhất, còn sơ đồ Grell-FC80 cho mô phỏng vượt quá quan trắc nhiều nhất. Xét trên tổng thể, với sơ đồ đối lưu MIT-Emanuel, RegCM3 cho kết quả mô phỏng nhiệt độ tốt nhất, còn với sơ đồ đối lưu Grell-AS74, mô hình cho mô phỏng lượng mưa hợp lý nhất cho khu vực Việt Nam.

1. Mở đầu

Với độ phân giải hiện nay của các mô hình khí hậu, kể cả mô hình toàn cầu và mô hình khu vực, đối lưu là hiện tượng có qui mô dưới lưới. Để tính đến ảnh hưởng của đối lưu người ta phải tiến hành tham số hóa nó. Tham số hóa đối lưu cố gắng giải quyết sự không tương xứng giữa độ phân giải không gian của mô hình và qui mô không gian của chuyển động đối lưu. Đây là một vấn đề khó, nhất là ở các vùng nhiệt đới, nơi mà thời gian và cường độ giáng thủy bị chi phối mạnh mẽ bởi những hiện tượng quy mô vừa chưa được xác định cũng như bởi các dòng quy mô lớn.

Tham số hóa đối lưu có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác của kết quả mô phỏng của các mô hình [Sud và CS, 1992]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các trường khí hậu mô phỏng rất nhạy cảm với các sơ đồ tham số hóa đối lưu, đặc biệt đối với trường giáng thủy [Gorchis và CS, 2002; Ratnam và CS,

2005; Singh và CS., 2006]. Chính vì vậy, trong quá trình nghiên cứu phát triển các mô hình số, người ta quan tâm nhiều nhất đến việc cải tiến các sơ đồ tham số hóa đối lưu, mà mô hình RegCM là một ví dụ. Phiên bản đầu tiên, RegCM1, chỉ có sơ đồ tham số hóa đối lưu mây tích Anthes-Kuo [Anthes, 1977], sau đó được bổ sung thêm sơ đồ Grell [Grell, 1993] ở RegCM2, sơ đồ ZMF [Zhang và MacFarlane 1995] ở RegCM2.5. Cho đến nay, phiên bản RegCM3 đã đưa vào bốn tùy chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu là 1) Sơ đồ Kuo; 2) Sơ đồ Grell với giả thiết khép kín Arakawa-Schubert (Grell-AS74); 3) Sơ đồ Grell với giả thiết khép kín Fritsch-Chappel (Grell-FC80); và 4) Sơ đồ MIT-Emanuel [Emanuel, 1991].

Tuy nhiên, thực tế đã chứng tỏ rằng không có sơ đồ đối lưu nào là "hoàn hảo", thích hợp cho mọi vùng địa lý và mọi quá trình xảy ra trong khí quyển. Chẳng hạn, Singh và CS. (2006) đã thực hiện mô phỏng các đặc trưng hoàn lưu gió mùa hè trên

Người phản biện: GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngữ

Đông Á và Hàn Quốc thời kỳ 1998 đến 2002 bằng mô hình RegCM3 với ba sơ đồ tham số hóa đối lưu khác nhau và cho thấy hoàn lưu, nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng khi chạy mô hình với sơ đồ Grell và Emanuel gần với quan trắc hơn so với sơ đồ Kuo. Trong khi đó, Giorgi & Shields (1999) lại chỉ ra rằng sơ đồ Grell [Grell, 1993] tái tạo điều kiện khí hậu khu vực sát thực hơn trên lục địa Hoa Kỳ so với sơ đồ của Kuo [Anthes 1977]. Còn Gochis và CS. (2002) nhận thấy rằng sơ đồ Kain-Fritsch (1993) cho cấu trúc nhiệt thẳng đứng tốt hơn và do đó giảm thiểu đối lưu liên quan với gió mùa Bắc Mỹ sát thực hơn so với các sơ đồ Betts-Miller-Janic [Betts & Miller, 1986; Janic, 1994] và Grell. Leung và CS (2003) cũng chỉ ra sơ đồ Kain-Fritsch tốt hơn so với các sơ đồ Kuo và Grell trong mô phỏng gió mùa Bắc Mỹ. Ngược lại, Xu và Small (2002) đã chứng minh rằng sơ đồ Kain-Fritsch cho quá nhiều mưa gió mùa Bắc Mỹ và không có khả năng thể hiện các dao động ngoại mùa và dao động năm, trong khi sơ đồ Grell nói chung cho kết quả sát thực hơn. Một số nghiên cứu ở Việt Nam cũng đã chỉ ra sự khác biệt đáng kể giữa các mô phỏng của mô hình RegCM khi sử dụng các sơ đồ tham số hóa đối lưu khác nhau, trong đó thể hiện rõ nhất ở trường nhiệt độ bề mặt và lượng mưa [Kiều Thị Xin và CS, 2000, 2006; Phan Văn Tân và CS, 2003, 2005; Nguyễn Đăng Quang, 2004; Hồ Thị Minh Hà, 2008].

Trong quá trình nghiên cứu ứng dụng mô hình RegCM cho mục đích mô phỏng và dự báo khí hậu ở Việt Nam, một câu hỏi lớn đặt ra là trong số các tùy chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu hiện có của RegCM3, liệu có thể chọn được sơ đồ thích hợp cho khu vực Việt Nam? Điều đó đã thúc đẩy chúng tôi tiến hành những thử nghiệm mà kết quả của chúng được trình bày trong bài báo này.

2. Phương pháp thí nghiệm số

a. Mô hình và số liệu

Ở đây mô hình RegCM phiên bản 3.0 (RegCM3) được sử dụng. Mô tả chi tiết về RegCM3 có thể xem, chẳng hạn, trong [Elguindi và CS., 2003].

Ngoài những thành phần không có tùy chọn, như cấu trúc lưới, phương pháp sai phân, các quá trình vật lý,... trong bài này sơ đồ tính dòng trao đổi đại

dương - khí quyển theo BATS [Dickinson và CS., 1993] được sử dụng thay cho sơ đồ Zeng [Zeng, 1998], bốn tùy chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu (sẽ trình bày trong mục 2.2). Miền tính mô hình nằm trong khoảng từ 75E-135E và từ 15S-42N. Độ phân giải ngang 54km (tương đương 0,5 độ kinh vĩ), 18 mực sigma theo phương thẳng đứng, trong đó có 6 mực trong lớp biên hành tinh (dưới 850mb) và khí áp mực trên cùng của mô hình là 50mb.

Số liệu dùng làm điều kiện ban đầu (IC) và điều kiện biên xung quanh (LBC) là số liệu tái phân tích ERA40 của ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts). Nhiệt độ mặt nước biển (SST) dùng làm điều kiện biên dưới cường bức là OISST của NOAA (National Ocean and Atmosphere Administration).

Để đánh giá mô hình đã sử dụng các nguồn số liệu: 1) Nhiệt độ không khí mực 2m (T2m) của CRU (Climatic Research Unit). Đây là bộ số liệu phân tích dựa trên số liệu thu thập được từ mạng lưới trạm quan trắc bề mặt toàn cầu độ phân giải ngang 0,5 độ.; 2) Tổng lượng mưa tháng của CMAP (CPC Merged Analysis of Precipitation), là tập số liệu tái phân tích của Xie-Arkin [Xie và Arkin, 1996] độ phân giải ngang 2,5 độ; 3) Số liệu quan trắc thực tế của nhiệt độ trung bình tháng và tổng lượng mưa tháng từ mạng lưới trạm khí tượng Việt Nam, gồm 54 trạm quan trắc lượng mưa và 154 trạm quan trắc nhiệt độ trải đều trên lãnh thổ Việt Nam.

b. Thiết kế thí nghiệm

Như đã đề cập trên đây, RegCM3 có bốn tùy chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu là Kuo, Grell-AS74, Grell-FC80 và MIT-Emanuel. Nhằm mục đích thử nghiệm độ nhạy của RegCM3 đối với các sơ đồ này, qua đó chỉ ra được sơ đồ thích hợp nhất cho khu vực Việt Nam, bốn thí nghiệm sẽ được thực hiện trong đó RegCM3 chạy với các tùy chọn ứng với từng sơ đồ đối lưu. Đó là 1) Reg+Kuo (chạy với sơ đồ Kuo); 2) Reg+Eman (chạy với sơ đồ MIT-Emanuel); 3) Reg+GAS (chạy với sơ đồ Grell-S74); và 4) Reg+GFC (chạy với sơ đồ Grell-FC80).

Mô hình được tích phân cho 3 mùa đông và 3

mùa hè của 3 năm, từ 1996 - 1998, trong đó mùa đông được giả thiết kéo dài từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau, còn mùa hè từ tháng 6 đến tháng 11. Cách phân chia mùa như vậy nhằm dung hòa được điều kiện nhiệt, ẩm cho toàn miền tính, nhưng có thể chưa hoàn toàn hợp lý đối với điều kiện khí hậu Việt Nam. Mỗi mùa như vậy mô hình được tích phân cho 7 tháng, trong đó tháng đầu tiên lùi về mùa trước là thời gian khởi động mô hình (spin-up time), do đó kết quả mô phỏng của tháng này không được đưa vào xử lý và đánh giá.

c. Phương pháp đánh giá

$$1) ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i); 2) MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|; \text{ và } 3) r = \frac{\sum (F - \bar{F})(O - \bar{O})}{\sqrt{\sum (F - \bar{F})^2} \sqrt{\sum (O - \bar{O})^2}}$$

Trong đó F và O tương ứng chỉ giá trị mô phỏng và quan trắc, N là dung lượng mẫu, dấu gạch ngang chỉ giá trị trung bình trên toàn tập mẫu.

Đối với lượng mưa, ngoài việc đánh giá định lượng theo các chỉ số thống kê trên đây, còn được đánh giá theo pha. Ký hiệu R_0 là một ngưỡng lượng mưa nào đó, R_{Obs} là lượng mưa quan trắc, R_{Fcs} là lượng mưa mô phỏng. Gọi sự kiện (pha) đang xét là $R_{Obs} \geq R_0$. Ký hiệu H, F, M, CN tương ứng là số trường hợp mô hình a) mô phỏng được sự kiện có

Việc đánh giá mô hình được thực hiện theo hai phương thức: so sánh trực quan giữa các trường mô phỏng và các trường quan trắc, và dựa trên các chỉ số thống kê. Việc so sánh trực quan nhằm xem xét khái quát sự phù hợp về phân bố không gian giữa mô phỏng và quan trắc (số liệu CRU hoặc CMAP), còn sử dụng các chỉ số thống kê nhằm đánh giá định lượng sai số mô phỏng. Việc đánh giá định lượng này chỉ thực hiện được cho khu vực Việt Nam khi sử dụng các chuỗi số liệu quan trắc tại trạm. Các chỉ số đánh giá được sử dụng bao gồm:

xảy ra ($R_{Fcs} \geq R_0$) và thực tế sự kiện có xảy ra (mô phỏng đúng sự xuất hiện sự kiện); b) mô phỏng sự kiện có xảy ra nhưng thực tế sự kiện không xảy ra (mô phỏng không sự xuất hiện sự kiện); c) mô phỏng sự kiện không xảy ra ($R_{Fcs} < R_0$) và thực tế sự kiện không xảy ra (mô phỏng đúng sự không xuất hiện sự kiện); và 4) mô phỏng sự kiện không xảy ra nhưng thực tế sự kiện có xảy ra (mô phỏng sót (hay sai) sự xuất hiện sự kiện). Khi đó, theo hướng dẫn đánh giá của WMO (2002) các chỉ số đánh giá lượng mưa mô phỏng được sử dụng gồm:

$$1) FBI = \frac{H+F}{H+M}; 2) Acc = \frac{H+CN}{N}; 3) FAR = \frac{F}{H+F}; 4) POD = \frac{H}{H+M};$$

$$5) POFD = \frac{F}{CN+F}; 6) TS = CSI = \frac{H}{H+M+F}; 7) ETS = \frac{H - H_{e,ran}}{H+M+F - H_{e,ran}};$$

$$8) HK = \frac{H}{H+M} - \frac{F}{F+CN}; 9) HSS = \frac{(H+CN) - H_{e,ran}}{N - H_{e,ran}},$$

với $H_{e,ran} = \frac{1}{N} [(H+M)(H+F) + (CN+M)(CN+F)]$, N là dung lượng mẫu.

3. Kết quả thử nghiệm và đánh giá

Kết quả mô phỏng của bốn thí nghiệm đối với các trường nhiệt độ và lượng mưa được lấy trung bình tháng cho từng mùa, sau đó tính trung bình cho cả ba mùa (đông và hè) thời kỳ 1996-1998, và được trình bày trong các hình 1-4. Để đánh giá định lượng cho khu vực Việt Nam, nhiệt độ trung bình tháng và tổng lượng mưa tháng mô phỏng được nội suy về vị trí trạm quan trắc tương ứng. Nhằm đảm bảo độ ổn định thống kê, tức dung lượng mẫu đủ lớn, các tập

số liệu (mô phỏng và quan trắc) của ba năm 1996 - 1998 được gộp lại mà không phân chia theo mùa, mặc dù mô hình chạy mô phỏng cho từng mùa riêng biệt. Như vậy, độ dài mỗi chuỗi số liệu sẽ là: 3 năm x 12 tháng x 54 trạm = 1944 mẫu (đối với lượng mưa) và 3 năm x 12 tháng x 154 trạm = 5544 mẫu (đối với nhiệt độ).

a. Ảnh hưởng của các sơ đồ tham số hóa khác nhau

Trước hết sẽ xem xét tác động của các sơ đồ đối

lưu đối với kết quả mô phỏng bằng cách so sánh trường nhiệt độ và lượng mưa của ba thí nghiệm. Từ các hình 1b-1e có thể thấy, về mùa đông, nhiệt độ (T2m) mô phỏng giữa các thí nghiệm không có sự phân biệt trên các vùng lục địa, nhưng lại thể hiện rõ sự khác nhau về độ lớn và sự phân bố không gian trên các vùng đại dương. Trong bốn thí nghiệm, Reg+Eman cho mô phỏng T2m cao nhất và Reg+GFC cho mô phỏng thấp nhất trên toàn dải vĩ độ 15S-15N, nhất là phía đông kinh tuyến 100E. Cả bốn thí nghiệm đều tạo ra tâm nóng trên khu vực Tây Thái Bình dương xích đạo thuộc miền tính, nhưng diện tích tâm tạo bởi Reg+Eman rộng hơn rất nhiều và mở rộng sang cả vùng vịnh Bengal, trong khi tâm tạo bởi Reg+GFC hầu như bị đẩy lùi sang phía đông và lệch xuống phía nam, sát biên miền tính. So với Reg+GAS, dường như Reg+Kuo cho nhiệt độ mô phỏng cao hơn một ít. Sự khác biệt trong kết quả mô phỏng của bốn thí nghiệm còn được thể hiện rõ hơn về mùa hè (hình 2b-2e). Thí nghiệm Reg+Eman cho mô phỏng T2m cao nhất và Reg+GFC cho mô phỏng thấp nhất không chỉ trên các vùng đại dương mà cả trên các vùng lục địa, đặc biệt trên khu vực vịnh Bengal và bán đảo Ấn Độ. Ngoài ra Reg+Eman còn tạo ra một tâm nóng khá rõ trên khu vực biển Đông. Mặc dù có sự chênh lệch nhưng kết quả mô phỏng của Reg+Kuo và Reg+GAS khá tương đồng.

Đối với lượng mưa (hình 3b-3e và 4b-4e), cả mùa đông và mùa hè hầu như Reg+GFC đều cho mô phỏng lớn nhất, còn Reg+Kuo cho mô phỏng nhỏ nhất. Diện mưa, lượng mưa và sự phân bố các tâm mưa tạo ra bởi bốn thí nghiệm cũng khác nhau đáng kể. Về mùa đông, Reg+GFC tạo ra tâm mưa lớn nhất ở phía đông Phillipine còn Reg+Eman tạo ra hai tâm có cường độ tương tự ở khoảng Bangladesh và quần đảo Indonesia. Về mùa hè, ngoài khu vực phía đông Phillipine, Reg+GFC còn tạo ra một tâm mưa lớn khá rộng trên vịnh Bengal trong khi Reg+Eman cho tâm lớn nhất là một dải nằm phía bắc Ấn Độ. Tuy nhiên, trên khu vực biển Đông, cả mùa đông và mùa hè, Reg+Eman dường như cho kết quả mô phỏng thấp nhất. Hơn nữa, Reg+Eman còn tạo ra một vùng khô khá rộng trên khu vực Ấn Độ dương xích đạo.

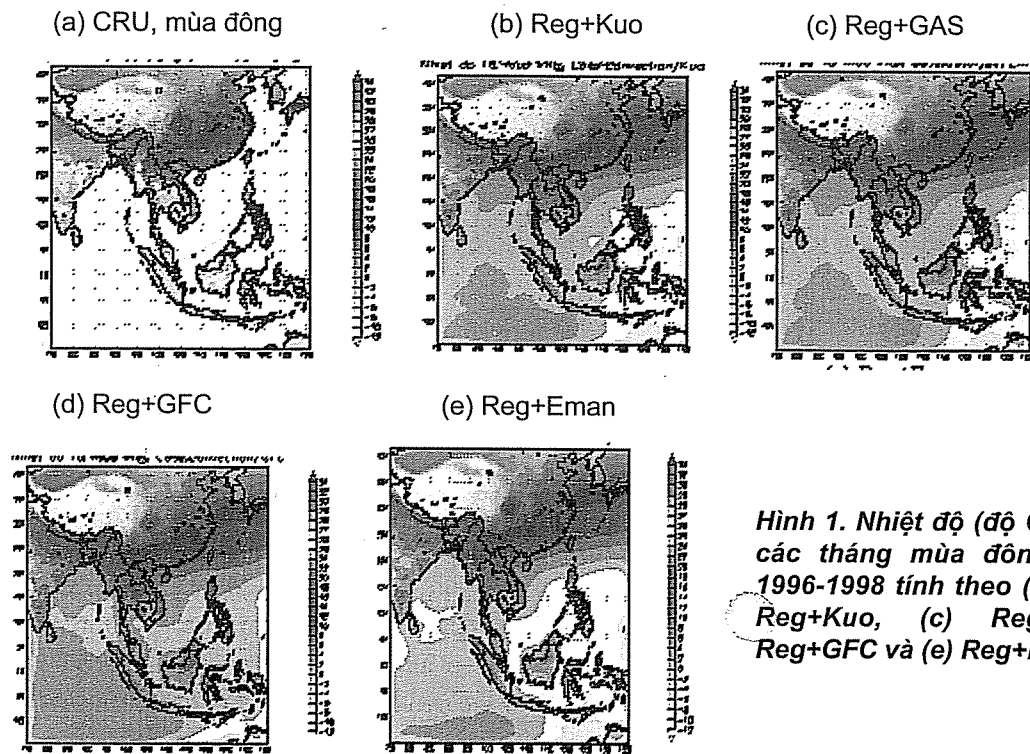
Điều đó cho thấy hiệu ứng của việc sử dụng các sơ đồ tham số hóa đối lưu khác nhau là khá rõ ràng. Vì sản phẩm mưa của mô hình bao gồm mưa đối lưu và mưa qui mô lưới nên sự khác biệt trong lượng mưa mô phỏng của bốn thí nghiệm cho phép nhận định rằng, đóng góp vào tổng lượng mưa mô phỏng của mô hình chủ yếu là mưa sinh ra bởi các quá trình đối lưu. Nói cách khác, tỷ trọng của mưa đối lưu lớn hơn nhiều so với mưa qui mô lưới sinh ra bởi mô hình. Do đó, để có được kết quả mô phỏng mưa tốt cần thiết phải lựa chọn được sơ đồ tham số hóa đối lưu phù hợp.

b. Hiệu quả mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa của các sơ đồ

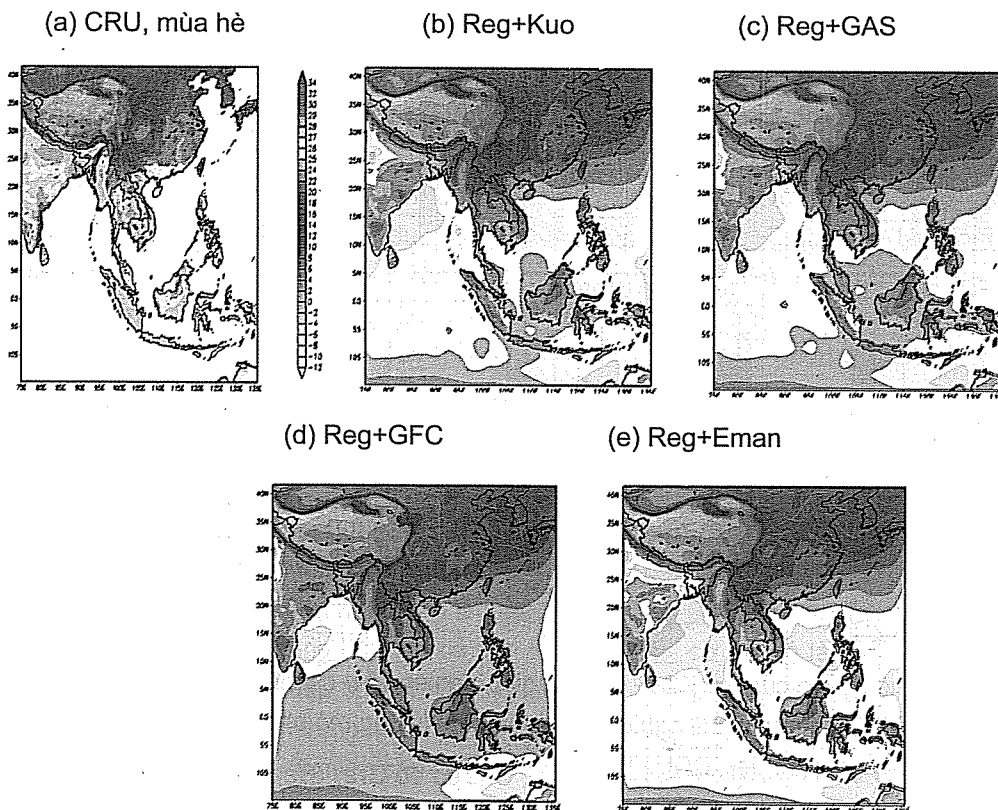
Hiệu quả mô phỏng của mô hình ở đây được xem xét trên phương diện so sánh kết quả mô phỏng của mô hình với số liệu quan trắc. Trước hết các nguồn số liệu phân tích CRU (hình 1a, 2a) và CMAP (hình 3a, 4a) được sử dụng để đánh giá khái quát cho toàn miền tính.

Từ các hình 1 và 2 có thể nhận thấy, trong cả hai mùa, nhiệt độ tái tạo bởi bốn thí nghiệm đều có xu hướng thấp hơn CRU (sai số âm), trong đó sai số của Reg+GFC là lớn nhất (nhiệt độ mô phỏng thấp nhất), còn sai số của Reg+Eman nhỏ nhất. Sự sai khác giữa Reg+Kuo và Reg+GAS so với CRU gần như tương đương nhau. Về lượng mưa, vào mùa đông (hình 3), so với số liệu CMAP, lượng mưa mô phỏng của mô hình trong cả bốn thí nghiệm hầu như lớn hơn trên các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới Bắc bán cầu, và nhỏ hơn ở Nam bán cầu thuộc miền tính. Vào mùa hè (hình 4), Reg+GFC tạo ra lượng mưa rất lớn trên vịnh Bengal trong khi ba thí nghiệm còn lại cho mưa lớn hơn CMAP trên lục địa. Đặc biệt, lượng mưa của Reg+Eman lớn hơn nhiều so với CMAP trên bán đảo Đông Dương và Thái Lan. Trong cả hai mùa, Reg+GFC tái tạo mưa trên rìa phía nam của cao nguyên Tây Tạng khá gần với CMAP trong khi ba thí nghiệm còn lại đều mô phỏng không mưa ở đây, nhất là Reg+Eman. Reg+Kuo thường mô phỏng mưa thấp hơn CMAP. Nhìn chung, RegCM3 với sơ đồ Kuo tái tạo lượng mưa

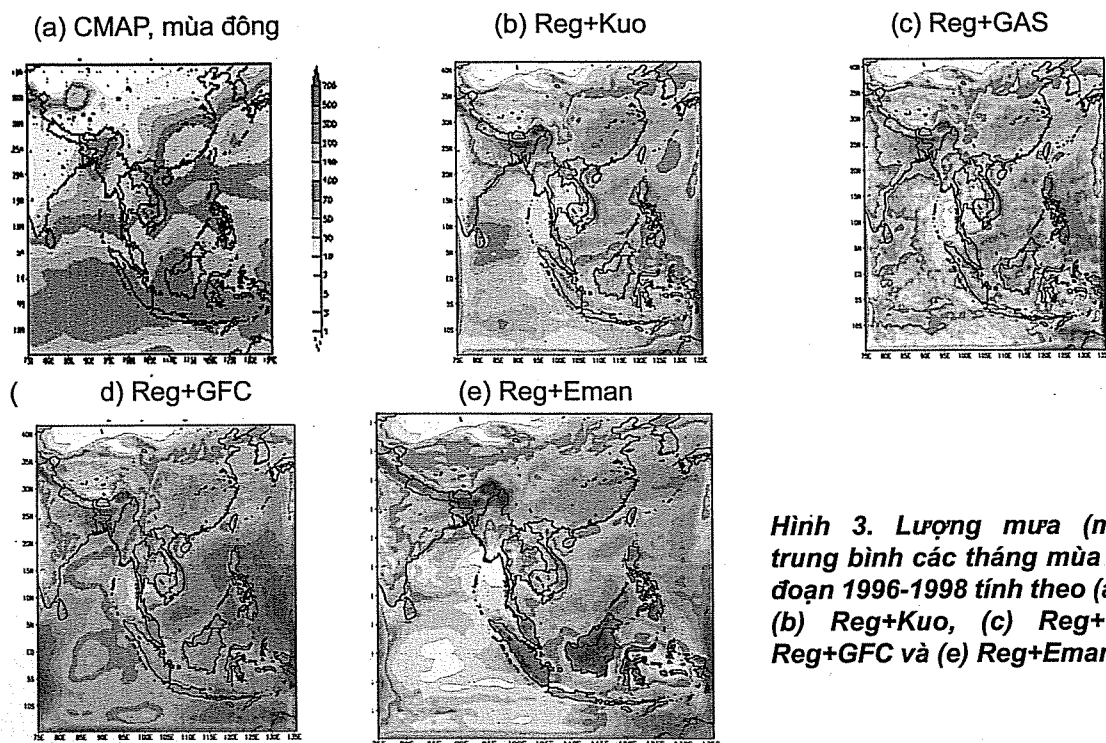
thấp hơn CMAP và vị trí các tâm mưa sai lệch khá nhiều, cả về mùa đông và mùa hè. Điều đó cũng phù hợp với những nghiên cứu của các tác giả khác về độ nhạy của RegCM đối với sơ đồ này.



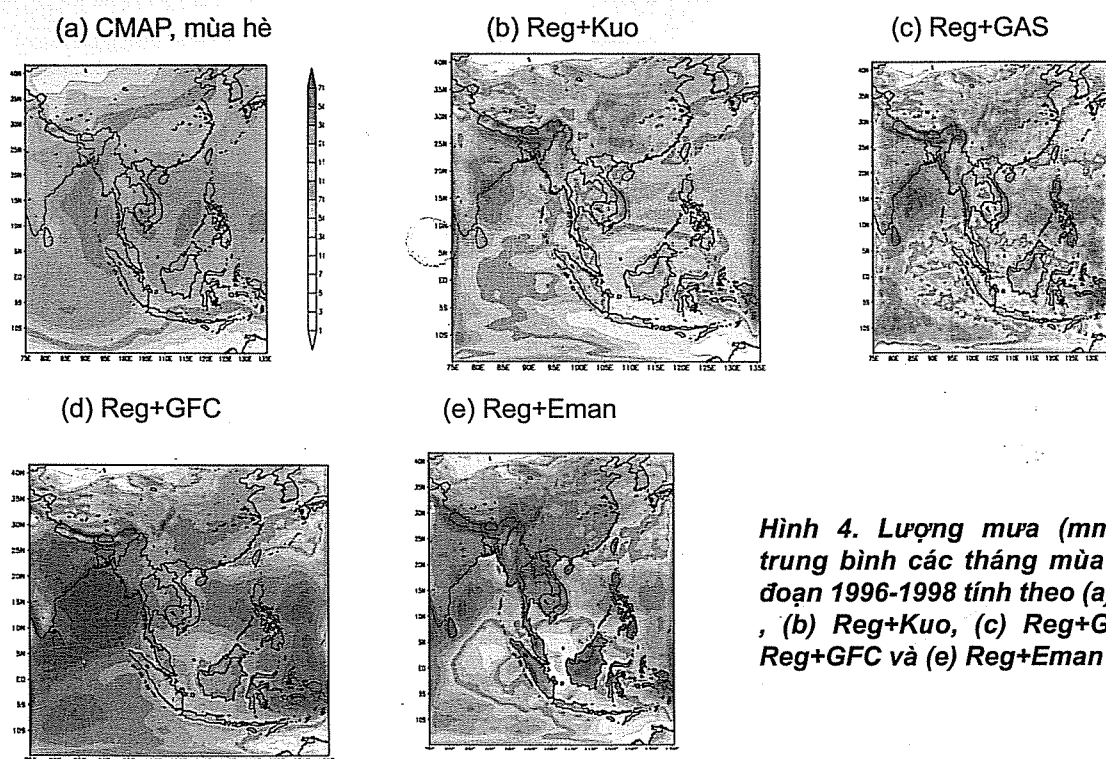
Hình 1. Nhiệt độ (độ C) trung bình các tháng mùa đông giai đoạn 1996-1998 tính theo (a) CRU, (b) Reg+Kuo, (c) Reg+GAS, (d) Reg+GFC và (e) Reg+Eman.



Hình 2. Nhiệt độ (độ C) trung bình các tháng mùa hè giai đoạn 1996-1998 tính theo (a) CRU, (b) Reg+Kuo, (c) Reg+GAS, (d) Reg+GFC và (e) Reg+Eman.



Hình 3. Lượng mưa (mm/tháng) trung bình các tháng mùa đông giai đoạn 1996-1998 tính theo (a) CMAP, (b) Reg+Kuo, (c) Reg+GAS, (d) Reg+GFC và (e) Reg+Eman



Hình 4. Lượng mưa (mm/tháng) trung bình các tháng mùa hè giai đoạn 1996-1998 tính theo (a) CMAP, (b) Reg+Kuo, (c) Reg+GAS, (d) Reg+GFC và (e) Reg+Eman

Về cơ + bản, nhiệt độ mô phỏng của RegCM3 khi chạy với sơ đồ đối lưu MIT-Emanuel (thí nghiệm Reg+Eman) là phù hợp nhất với số liệu CRU. Tuy nhiên, lượng mưa và diện mưa mô phỏng của mô hình khi sử dụng sơ đồ này thường lớn hơn CMAP. Pal và CS (2007) cho rằng cần phải tiến hành thêm

nhiều nghiên cứu chi tiết về sơ đồ Emanuel để cải thiện chất lượng mô phỏng mưa của sơ đồ này.

Các sơ đồ Grell (Reg+GAS và Reg+GFC) tái tạo nhiệt độ bề mặt thường thấp hơn CRU khoảng 2-3°C, nhưng lượng mưa và vị trí các tâm mưa, đặc biệt tâm mưa lớn trên vịnh Bengal, được mô phỏng

khá tốt. Tuy nhiên, với hai giả thiết khép kín khác nhau, sơ đồ Grell cho các kết quả mô phỏng rất khác nhau. Reg+GFC tái tạo mưa lớn hơn và nhiệt độ thấp hơn nhiều so với Reg+GAS. Nhìn chung, sơ đồ Grell-AS74 cho kết quả mô phỏng phù hợp với thực tế hơn so với sơ đồ Grell-FC80. Mặc dù vậy, xét chung cho toàn miền, thí nghiệm Reg+GAS vẫn có xu hướng tạo ra nhiệt độ và lượng mưa thấp hơn thực tế.

c. Lựa chọn sơ đồ đối lưu trong RegCM3 cho khu vực Việt Nam

Hình 5 biểu diễn tần suất xuất hiện các khoảng giá trị của nhiệt độ quan trắc và mô phỏng từ bốn thí nghiệm với các sơ đồ đối lưu cho khu vực Việt Nam. Rõ ràng kết quả mô phỏng đã cơ bản mô tả được đặc điểm phân bố của quan trắc. Sự sai khác về tần suất xuất hiện của từng khoảng giữa quan trắc và mô phỏng không lớn. Mặc dù biểu đồ này không phản ánh được sai số của mô hình một cách cụ thể nhưng đã cho thấy khả năng nắm bắt qui luật thống kê của kết quả mô phỏng. Sự lệch đỉnh cực đại sang trái của tần suất mô phỏng so với quan trắc thể hiện xu thế mô phỏng thấp của mô hình. Tần suất xuất hiện nhiệt độ quan trắc trong khoảng 14-28°C, chiếm khoảng 80% số trường hợp, đã được mô hình tái tạo khá phù hợp. Nói cách khác, trong khoảng nhiệt độ này tần suất quan trắc và tần suất mô phỏng là tương đương nhau, cả về giá trị lẫn dáng điệu phân bố. Với những khoảng giá trị nhiệt độ dưới 14°C, tần suất quan trắc nhỏ hơn nhiều so với tần suất mô phỏng, trong khi với các khoảng trên 28°C tần suất mô phỏng hầu như không đáng kể. Tuy nhiên, khó có thể đánh giá được thí nghiệm nào cho kết quả mô phỏng tốt hơn so với thực tế.

Xu thế và độ lớn của sai số mô hình được đánh giá qua sai số trung bình (ME) (hình 6) và sai số tuyệt đối trung bình (MAE) (hình 7). Giá trị âm của ME là phổ biến và phân bố trên hầu khắp lãnh thổ, phản ánh một thực trạng chung là trong cả bốn thí nghiệm nhiệt độ mô phỏng thấp hơn nhiệt độ quan trắc. Trị số ME phổ biến nằm trong khoảng -3.0 đến 1.0°C. Khu vực có giá trị ME âm lớn chủ yếu nằm ở phần phía bắc lãnh thổ. Số trạm có ME dương xuất hiện rải rác và chủ yếu phân bố dọc bờ biển miền

Trung hoặc Nam Bộ. Trong bốn thí nghiệm dường như Reg+Eman cho trị tuyệt đối của ME nhỏ nhất.

Hình 7 thể hiện một bức tranh khả quan về khả năng mô phỏng nhiệt độ của mô hình cho khu vực miền Trung và miền Nam, nhất là thí nghiệm Reg+Eman. Sai số tuyệt đối trung bình (MAE) trên các khu vực này thường nhỏ hơn 2°C. Cả bốn thí nghiệm đều cho sai số lớn nhất ở phần phía bắc lãnh thổ, với giá trị phổ biến nằm trong khoảng 2-3°C. Một số trạm thuộc vùng núi phía Bắc và miền Trung sai số có thể vượt quá 5°C. Xét trên tổng thể, RegCM3 với sơ đồ đối lưu MIT-Emanuel (thí nghiệm Reg+Eman) cho các kết quả mô phỏng nhiệt độ tốt nhất trên lãnh thổ Việt Nam. Các sơ đồ Kuo và Grell-AS74 cho kết quả gần tương đương nhau. Còn sơ đồ Grell-FC80 cho kết quả mô phỏng kém nhất.

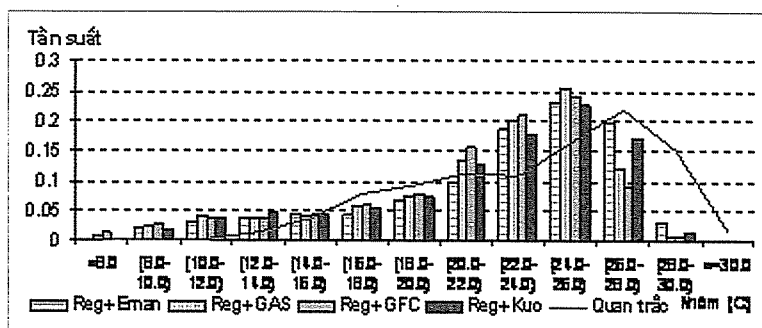
Tần suất xuất hiện các khoảng giá trị của lượng mưa được cho trên hình 8. Với các khoảng giá trị trên 20mm tần suất mô phỏng thể hiện tốt qui luật của tần suất quan trắc mặc dù giá trị tần suất mô phỏng lớn hơn. Đối với các khoảng dưới 20mm tần suất mô phỏng nhỏ hơn tần suất quan trắc một cách đáng kể. Điều đó cho phép suy luận về khả năng mô phỏng vượt quá quan trắc của mô hình.

Trong bốn thí nghiệm, Reg+Kuo cho tần suất trong khoảng 50-200mm quá cao so với thực tế và quá thấp đối với những khoảng trên 200mm. Thí nghiệm Reg+Eman mô tả tương đối tốt tần suất mưa dưới 300mm, nhưng cao hơn thực tế ở các khoảng lượng mưa trên 500mm. So với các thí nghiệm khác, phân bố lượng mưa mô phỏng của Reg+GAS phù hợp nhất với phân bố mưa quan trắc.

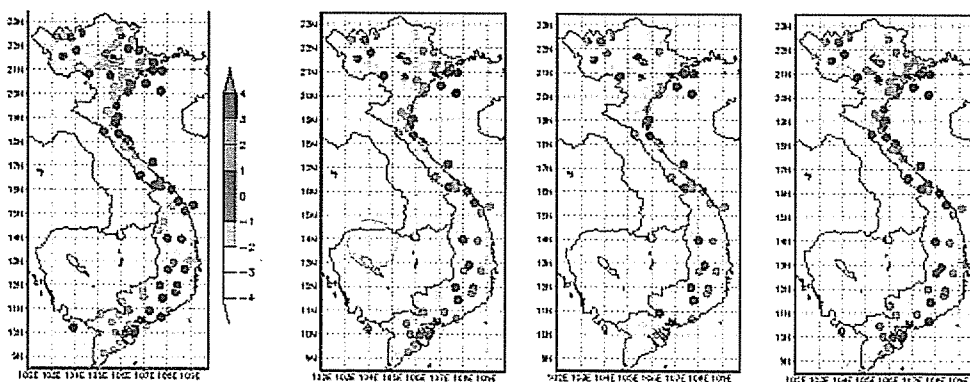
Để đánh giá mưa mô phỏng theo pha, đã chọn các ngưỡng lượng mưa R0 là 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000mm. Việc chọn này nói chung là tùy tiện, song cũng cần phải dựa trên cơ sở về điều kiện khí hậu khu vực nghiên cứu. Trong trường hợp ở đây, cơ sở đó là sự phân bố lượng mưa tháng trong năm trên các vùng khí hậu Việt Nam. Kết quả tính toán các chỉ số thống kê đánh giá mô phỏng theo pha được dẫn ra trên hình 9. Qua đó nhận thấy, về diện mưa (hình 9a), thí nghiệm Reg+GAS mô phỏng tốt nhất, các thí nghiệm Reg+Eman và

Để đánh giá mưa mô phỏng theo pha, đã chọn các ngưỡng lượng mưa R_0 là 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000mm. Việc chọn này nói chung là tùy tiện, song cũng cần phải dựa trên cơ sở về điều kiện khí hậu khu vực nghiên cứu. Trong trường hợp ở đây, cơ sở đó là sự phân bố lượng mưa tháng trong năm trên các vùng khí hậu Việt Nam. Kết quả tính toán các chỉ số thống kê đánh giá mô phỏng theo pha được dẫn ra trên hình 9. Qua đó nhận thấy, về diện mưa (hình 9a), thí nghiệm Reg+GAS mô

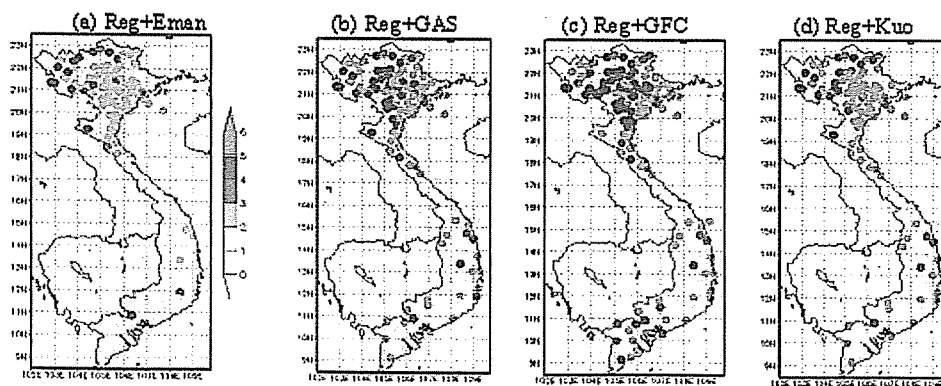
phỏng tốt nhất, các thí nghiệm Reg+Eman và Reg+GFC đều mô phỏng không với những ngưỡng Reg+GFC đều mô phỏng không với những ngưỡng trên 200mm nhất là Reg+Eman. Các thí nghiệm Reg+Eman, Reg+GAS và Reg+GFC có độ chính xác khá cao (hình 9b), nhưng Reg+GAS ổn định hơn, còn Reg+Kuo cho kết quả kém nhất. Giá trị khác 0 của chỉ số FAR (hình 9c) phản ánh một thực tế là cả bốn thí nghiệm đều có mô phỏng không.



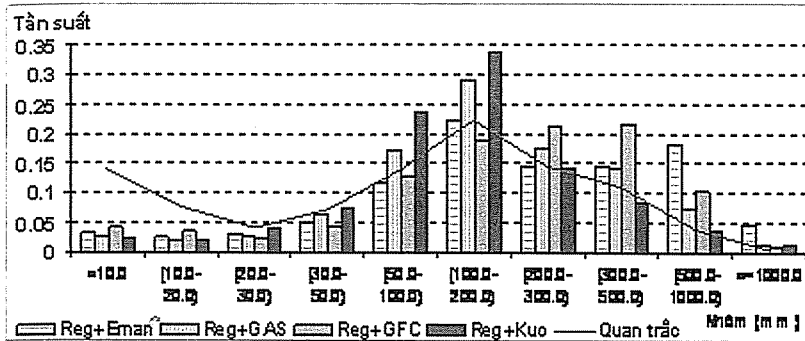
Hình 5. Phân bố tần suất các khoảng giá trị của nhiệt độ trung bình tháng (độ C) quan trắc và mô phỏng theo Reg+Eman, Reg+GAS, Reg+GFC, Reg+Kuo



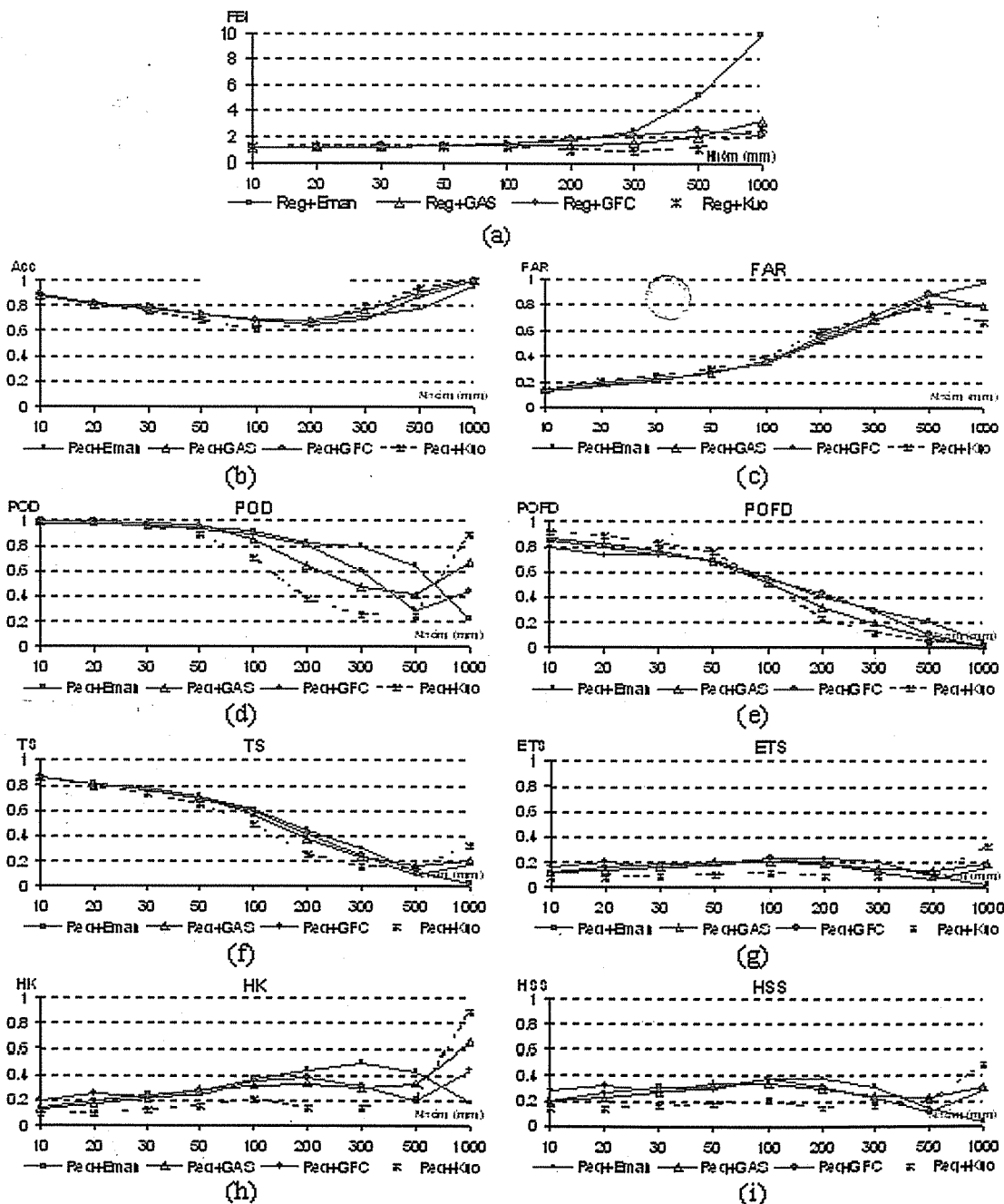
Hình 6. Sai số ME của nhiệt độ trung bình tháng của (a) Reg+Eman, (b) Reg+GAS, (c) Reg+GFC và (d) Reg+Kuo so với quan trắc trong 3 năm 1996-1998. Đơn vị độ C.



Hình 7. Sai số MAE của nhiệt độ trung bình tháng của (a) Reg+Eman, (b) Reg+GAS, (c) Reg+GFC và (d) Reg+Kuo so với quan trắc trong 3 năm 1996-1998. Đơn vị độ C.



Hình 8. Phân bố tần suất các khoảng giá trị của lượng mưa tháng quan trắc và mô phỏng theo Reg+Eman, Reg+GAS, Reg+GFC, Reg+Kuo



Hình 9. Các chỉ số đánh giá thống kê lượng mưa tháng các năm 1996-1998

Các chỉ số TS, ETS, HK, HSS được gọi là những chỉ số đánh giá kỹ năng của mô hình. Tùy theo biểu thức định nghĩa, phạm vi biến thiên giá trị của chúng có thể khác nhau, song mô hình được coi là có kỹ năng hoàn hảo nếu giá trị của các chỉ số này bằng 1, và mô hình không có kỹ năng nếu chúng bằng 0. Từ các hình 9f-9i ta thấy, đối với chỉ số TS, trừ Reg+Kuo, các thí nghiệm đều cho giá trị trên 0,6 với các ngưỡng R_0 nằm trong khoảng 10-100mm. Các chỉ số khác hầu như có giá trị không vượt quá 0,4 và chủ yếu dao động xung quanh 0,2. Trong số bốn thí nghiệm, Reg+Kuo có kỹ năng nhỏ nhất, các thí nghiệm khác có kỹ năng tương đương nhau.

Khái quát hơn, trong bảng 1 dẫn ra các đặc trưng thống kê tổng hợp nhận được từ các tập số liệu mô phỏng và quan trắc thời kỳ 1996-1998 và cho tất cả các trạm trên toàn lãnh thổ Việt Nam, trong đó TBF là trung bình mô phỏng, TBO là trung bình quan trắc. Các chỉ số Acc, HK và HSS chỉ tính cho lượng mưa

và được xác định dựa trên phương pháp đánh giá nhiều pha, trong đó các pha chính là các sự kiện lượng mưa rơi vào các khoảng giá trị R_0 đã chọn: <10, 10-20, 20-30,..., >1000 (mm).

Một lần nữa ta nhận thấy khả năng tái tạo nền nhiệt độ của RegCM3. Trong tất cả các thí nghiệm, sai số MAE khá nhỏ, tỷ số giữa sai số này và nhiệt độ trung bình đều dưới 0,10. Xu hướng nhiệt độ mô phỏng thấp hơn quan trắc được thể hiện ở $ME < 0$, và $TBF/TBO < 1$. Với giá trị TBF/TBO lớn nhất, trị tuyệt đối của ME nhỏ nhất, giá trị MAE nhỏ nhất và hệ số tương quan xấp xỉ các trường hợp khác, có thể nói thí nghiệm Reg+Eman cho kết quả mô phỏng nhiệt độ tốt nhất cho khu vực Việt Nam. Trong bốn thí nghiệm, Reg+GFC cho mô phỏng nhiệt độ kém nhất. Kết quả mô phỏng nhiệt độ của Reg+Kuo khá hơn một ít so với Reg+GAS, nhưng nhìn chung tương đương nhau.

Bảng 1. Các chỉ số đánh giá chung cho Việt Nam

Thí nghiệm Chỉ số	Nhiệt độ trung bình tháng				Tổng lượng mưa tháng			
	Reg+Eman	Reg+GAS	Reg+GFC	Reg+Kuo	Reg+Eman	Reg+GAS	Reg+GFC	Reg+Kuo
Acc					0,18	0,22	0,19	0,19
HK					0,07	0,09	0,07	0,05
HSS					0,07	0,08	0,07	0,04
TBF	23,20	22,44	22,06	22,70	328,71	237,08	258,22	176,10
TBO	24,36				160,57			
TBF/TBO	0,95	0,92	0,91	0,93	2,05	1,48	1,61	1,10
ME	-1,17	-1,92	-2,30	-1,66	168,14	76,51	97,64	15,53
MAE	1,43	1,97	2,32	1,74	184,59	121,45	128,03	124,71
MAE/TBO	0,06	0,08	0,10	0,07	1,15	0,76	0,80	0,78
Hệ số tương quan	0,93	0,94	0,94	0,94	0,64	0,61	0,61	0,60

Với các giá trị $ME > 0$, $TBF/TBO > 1$, có thể nói xu thế lượng mưa mô phỏng vượt quá mưa quan trắc, trong đó thí nghiệm Reg+Eman cho sai số lớn nhất, tỷ số $TBF/TBO > 2,0$, và sai số tuyệt đối trung bình MAE lớn hơn cả giá trị lượng mưa trung bình quan trắc. Hệ số tương quan giữa mô phỏng và quan trắc của bốn thí nghiệm gần tương đương nhau. Trong bốn thí nghiệm, Reg+Kuo cho sai số ME nhỏ nhất, còn Reg+GAS cho sai số MAE nhỏ nhất. Từ các chỉ số đánh giá kỹ năng (Acc, HK và HSS) có thể nói,

Reg+GAS có kỹ năng cao nhất. Xét trên tổng thể, RegCM3 với sơ đồ Grell - S74 cho kết quả mô phỏng lượng mưa phù hợp nhất trên lãnh thổ Việt Nam.

Như vậy, đối với Việt Nam, RegCM3 với sơ đồ đối lưu MIT-Emanuel cho mô phỏng nhiệt độ tốt nhất và sơ đồ đối lưu Grell-AS74 tạo ra lượng mưa mô phỏng hợp lý hơn cả.

4. Kết luận

Nhằm đánh giá khả năng và tìm kiếm một giải pháp hợp lý nhất cho việc ứng dụng mô hình khí hậu khu vực RegCM3 vào mô phỏng và dự báo khí hậu ở Việt Nam, trong bài báo này đã thực hiện bốn thí nghiệm độ nhạy của RegCM3 đối với các sơ đồ tham số hóa đối lưu. Những kết quả nhận được cho phép kết luận rằng:

1) Cả bốn tùy chọn sơ đồ đối lưu của RegCM3 đều cho kết quả mô phỏng nhiệt độ T2m thấp hơn quan trắc (CRU và số liệu trạm khí tượng Việt Nam), trong đó sơ đồ Grell-FC80 cho mô phỏng thấp nhất, còn sơ đồ MIT-Emanuel cho kết quả phù hợp nhất, cả trên toàn miền tính và trên khu vực Việt Nam.

2) Trên lãnh thổ Việt Nam, các thí nghiệm đều cho kết quả mô phỏng nhiệt độ tốt hơn (sai số tuyệt đối trung bình (MAE) nhỏ hơn) ở khu vực miền Trung và miền Nam, nhất là Reg+Eman. Sai số MAE lớn nhất ở phần phía bắc, phổ biến nằm trong khoảng 2 - 3°C. Một số trạm thuộc vùng núi phía Bắc và miền Trung MAE có thể vượt quá 5°C.

3) Hiệu ứng của việc sử dụng các sơ đồ tham số hóa đối lưu khác nhau đối với mưa mô phỏng là khá rõ ràng. Có thể nói đóng góp vào tổng lượng mưa mô phỏng của mô hình chủ yếu là mưa sinh ra bởi các quá trình đối lưu. Do đó, để có được kết quả mô phỏng mưa tốt cần thiết phải lựa chọn được sơ đồ tham số hóa đối lưu phù hợp.

4) Trong bốn sơ đồ tham số hóa đối lưu của RegCM3, các sơ đồ Grell (AS74 và FC80) đều mô phỏng tốt các tâm mưa lớn trên toàn miền tính, nhưng sơ đồ Grell-FC80 cho lượng mưa mô phỏng vượt quá nhiều so với quan trắc (CMAP). Sơ đồ MIT-Emanuel cho mô phỏng quá khô về mùa đông, còn sơ đồ Kuo cho mô phỏng quá khô về mùa hè. Tính chung cho cả hai mùa và cho toàn miền tính, sơ đồ Grell-AS74 cho kết quả phù hợp hơn so với CMAP.

5) Kết quả đánh giá bằng các chỉ số thống kê đã chứng tỏ sơ đồ Grell-S74 cho kết quả mô phỏng lượng mưa của RegCM3 phù hợp với thực tế nhất trên lãnh thổ Việt Nam.

Cũng cần lưu ý rằng, những kết luận được trên đây chỉ đúng trong khuôn khổ cấu hình thí nghiệm đã được thiết kế, như miền tính, độ phân giải, thời gian tích phân mô hình,... Nói cách khác đó chưa phải là những điều khẳng định. Việc lựa chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu cho một mô hình là bài toán hết sức phức tạp, do đó để có được những kết luận đầy đủ hơn cần phải tiến hành nhiều thử nghiệm khác nữa.

Bài báo này được hoàn thành với sự hỗ trợ từ phía Đại học Quốc gia Hà Nội trong khuôn khổ đề tài QGTD.06.05.

Tài liệu tham khảo

1. Hồ Thị Minh Hà (2008), *Nghiên cứu khả năng mô phỏng khí hậu hạn mùa trên lãnh thổ Việt Nam bằng phương pháp thủy động và thống kê*, Luận án Tiến sĩ, Đại học quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
2. Nguyễn Đăng Quang (2003), *Đề tài Thạc sĩ*, Đại học quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
3. 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*.
4. Phan Văn Tân (1999), *Các phương pháp thống kê trong khí hậu*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 208 tr.
5. 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.
6. Kiều Thị Xin và CS. (2006), *Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ Đề tài ĐTDL-2002-02*, 330 tr.