

Dự án Danida

Nghiên cứu thủy tai do biến đổi khí hậu và xây dựng hệ thống thông tin nhiều bên tham gia nhằm giảm thiểu tính dễ bị tổn thương ở Bắc Trung Bộ Việt Nam (CPIS)

Mã số . 11-P04-VIE

Tên đề tài:

Dự án Nghiên cứu thủy tai do biến đổi khí hậu và xây dựng hệ thống thông tin nhiều bên tham gia nhằm giảm thiểu tính dễ bị tổn thương ở Bắc Trung Bộ Việt Nam

Chủ nhiệm dự án: GS. TS. Phan Văn Tân

Báo cáo WP3:

**BÁO CÁO KHOA HỌC VỀ KẾT QUẢ DỰ TÍNH KHÍ HẬU
TƯƠNG LAI, TÍNH BẤT ĐỊNH VÀ PHƯƠNG PHÁP
ĐÁNH GIÁ, XỬ LÝ**

Người thực hiện:

Ngô Đức Thành

Nội dung 2.4:

Báo cáo kĩ thuật chạy mô hình RCM, hậu xử lý kết quả mô hình RCM

*Người thực hiện: Nguyễn Thị Hạnh
Lê Thị Thu Hằng*

1. Lịch sử phát triển

Ý tưởng ứng dụng các mô hình khu vực hạn chế (A Limited Area Models – LAMs) để nghiên cứu khí hậu được đề xuất lần đầu tiên bởi Dickinson và CS (1989) và Giorgi (1990). Ý tưởng này dựa trên khái niệm lồng (nest) một chiều, trong đó các trường khí tượng qui mô lớn nhận được từ mô hình hoàn lưu chung khí quyển (GCM) đóng vai trò cung cấp điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian cho mô hình khí hậu khu vực (RCM), nhưng không có sự tương tác ngược từ RCM đối với các trường điều khiển GCM. Rất nhiều nhà mô hình hóa qui mô vừa cho rằng “sau vài ngày tích phân, mô hình khu vực sẽ tạo ra nhiễu”. Nhưng cuối cùng, bằng những nỗ lực nghiên cứu cải tiến, một RCM đầu tiên đã ra đời từ việc kết hợp một bộ phận của mô hình khí hậu cộng đồng (Community Climate Model – CCM) (của NCAR) và phiên bản 4 của mô hình quy mô vừa MM4, lấy tên là NCAR RegCM (NCAR Regional Climate Model), hay đơn giản là RegCM (Marshall và Henson, 1997). Đến nay, RegCM đã được chứng minh là một công cụ linh hoạt, có thể được dùng để nghiên cứu khí hậu quá khứ, hiện tại và tương lai trên các khu vực khác nhau, từ Châu Mỹ, Châu Âu, Châu Phi, đến Châu Á và Châu Úc.

Phiên bản NCAR RegCM đầu tiên được xây dựng dựa trên MM4 (Mesoscale Model Version 4) của Trung tâm quốc gia nghiên cứu khí quyển (NCAR) và Trường đại học Tổng hợp Pennsylvania (PSU), Hoa Kỳ, vào cuối những năm 1980 (Dickinson và CS, 1989; Giorgi và CS, 1989). Động lực học của mô hình bắt nguồn từ MM4, giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn cho khí quyển nén được, với giả thiết thỏa mãn cân bằng thủy tĩnh và sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng σ . Để có thể sử dụng MM4 vào mô phỏng khí hậu hạn dài, một số sơ đồ tham số hóa vật lý đã được chỉnh sửa, thay thế cho phù hợp, chủ yếu là các sơ đồ truyền bức xạ và vật lý bề mặt đất. Điều đó đã dẫn đến sự hình thành RegCM.

Phiên bản RegCM đầu tiên đã đưa vào sơ đồ trao đổi sinh – khí quyển (Biosphere Atmosphere Transfer Scheme – BATS) để biểu diễn các quá trình bề mặt, sơ đồ truyền bức xạ của NCAR–CCM phiên bản 1 (CCM1), sơ đồ lớp biên hành tinh địa phương độ phân giải trung bình, sơ đồ đối lưu mây tích kiểu Kuo của (Anthes, 1977), và sơ đồ âm hiện của (Hsie và CS., 1984).

Những cải tiến quan trọng đầu tiên về vật lý và các sơ đồ số hóa của RegCM đã được Giorgi và CS trình bày trong một số bài báo. Kết quả của những cải tiến này đã dẫn đến sự hình thành phiên bản thứ hai của RegCM, gọi là RegCM2 (Giorgi và CS., 1993a,b). Động lực học của phiên bản RegCM2 về cơ bản giống với phiên bản MM5 thủy tĩnh. Vật lý của RegCM2 dựa trên cơ sở NCAR–CCM2 (Hack và CS., 1993), và mô hình qui mô vừa MM5 (Grell và CS., 1994). Cụ thể, toàn bộ sơ đồ truyền bức xạ, sơ đồ lớp biên phi địa phương của (Holtslag và CS., 1990) đã thay thế sơ đồ lớp biên địa phương cũ, sơ đồ mây đối lưu dòng khối của Grell được đưa vào như một tùy chọn, và phiên bản BATS1E (Dickinson và CS., 1993) cũng đã được đưa vào mô hình.

Trong những năm gần đây, một số sơ đồ vật lý mới đã được phát triển và chúng đã được sử dụng để cải tiến RegCM, chẳng hạn các sơ đồ vật lý của phiên bản CCM3. Trước hết, sơ đồ truyền bức xạ CCM2 (Briegleb, 1992) đã được thay thế bởi sơ đồ của CCM3 (Kiehl và CS., 1996). Trong sơ đồ truyền bức xạ CCM2 đã tính đến các hiệu ứng của H₂O, O₃, O₂, CO₂ và mây. Sự truyền bức xạ mặt trời đã được xử lý theo cách tiếp cận của δ-Eddington và bức xạ mây phụ thuộc vào ba tham số của mây là độ phủ mây, hàm lượng nước lỏng trong mây, và bán kính giọt nước hữu hiệu của mây. Sơ đồ truyền bức xạ CCM3 giữ nguyên cấu trúc như trong CCM2, nhưng nó đưa vào một số đặc điểm mới như ảnh hưởng của việc gia tăng các khí nhà kính (NO₂, CH₄, CFC), aerosol khí quyển, và băng trong mây.

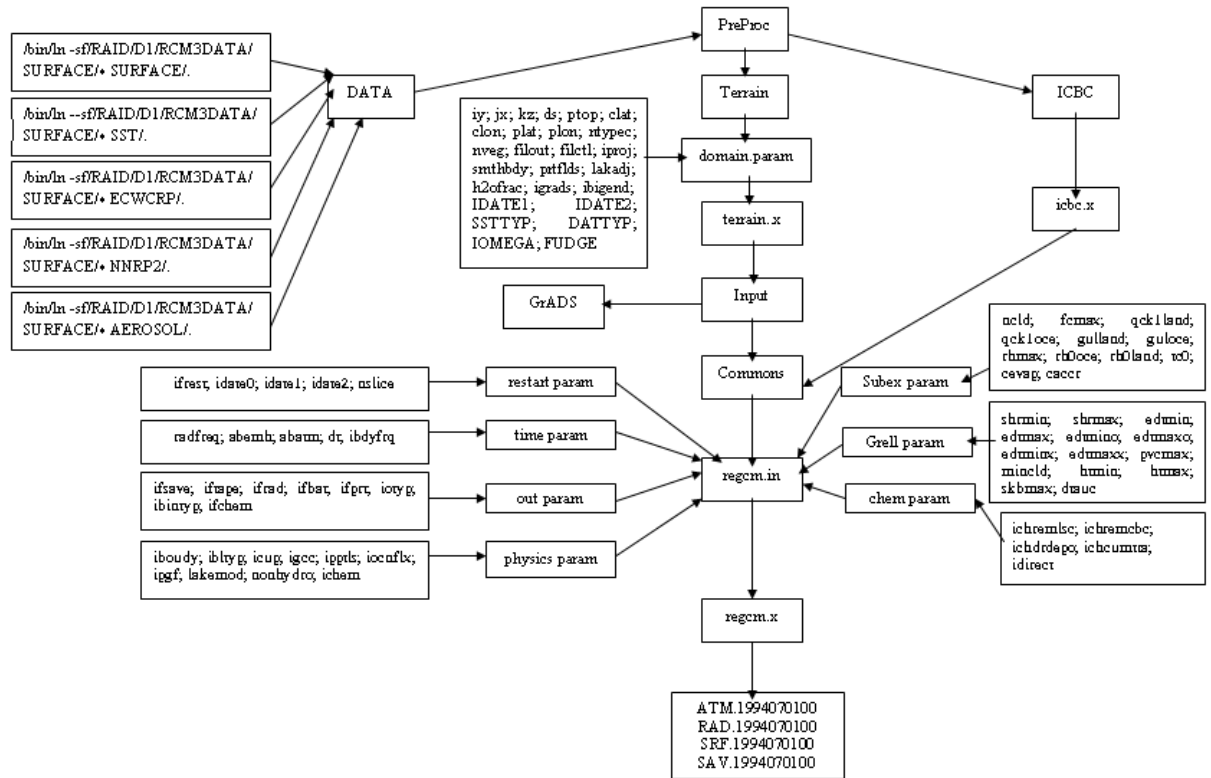
Những thay đổi cơ bản khác thuộc về các lĩnh vực xử lý các quá trình mây và mưa. Sơ đồ ẩm hiện ban đầu của (Hsie và CS., 1984) đã được thay thế bằng sơ đồ đơn giản hóa của nó. Đó là vì sơ đồ ban đầu đòi hỏi phải tính quá nhiều trong khi chạy mô hình. Trong sơ đồ đơn giản hóa chỉ đưa vào một phương trình dự báo đối với nước trong mây, nó có tính đến sự hình thành nước mây, sự bình lưu và xáo trộn do rối, sự tái bốc hơi trong các điều kiện gần bão hòa, và sự chuyển thành mưa qua thành phần tự động chuyển đổi. Điểm mới chính của sơ đồ này là không có tiến trình vi vật lý đơn giản, nhưng trong thực tế biến nước mây đã dự báo sẽ được sử dụng trực tiếp trong tính toán bức xạ mây. Trong các phiên bản trước của mô hình, các biến nước mây để tính toán bức xạ đã được chẩn đoán dưới dạng độ ẩm tương đối địa phương. Đặc điểm mới này đưa vào một yếu tố rất quan trọng và có ảnh hưởng sâu rộng là sự tương tác giữa chu trình nước mô phỏng và những tính toán các nguồn năng lượng.

Cuối cùng, một khía cạnh quan trọng của quá trình phát triển mô hình là mở rộng cấu trúc lưới mô hình, bằng cách đó độ phân giải ngang của mô hình là tương đối thô ở vùng đệm của biên xung quanh và tăng lên khi đi vào trong miền tính. Những thí nghiệm ban đầu sử dụng phiên bản đoạn nhiệt của mô hình với kiểu “lưới giãn” được trình bày bởi Qian và CS. Tuy nhiên, trong phiên bản mới RegCM3 lại không có tùy chọn “lưới giãn”. Những đặc điểm mới khác trong RegCM3 bao gồm những cải tiến trong việc kết hợp với mô hình hồ và đưa vào mô hình xử lý các hợp chất hóa học với khả năng tương tác bức xạ.

So với các phiên bản trước, phiên bản RegCM3 đã có những cải tiến và bổ sung đáng kể. Đó là những thay đổi trong vật lý mô hình bao gồm sơ đồ mưa và mây qui mô lớn mà nó có tính đến sự thay đổi qui mô dưới lưới của mây, các sơ đồ tham số hóa mới đối với các dòng bề mặt biển của Zeng, và sơ đồ đối lưu mây tích Betts (1986), tham số hóa kiểu khám sự bất đồng nhất qui mô dưới lưới do địa hình và đất sử dụng.

2. Cấu trúc chương trình nguồn và cấu trúc dữ liệu vào ra của mô hình RegCM

Chương trình nguồn của RegCM bao gồm 3 phần chính: Tiền xử lý (PreProc); Chương trình chính (Main) và Hậu xử lý (PostProc) được trình bày tóm tắt trong hình 5.



Hình 5: Cấu trúc chương trình nguồn của RegCM

+ **Tiền xử lý:** Trong phần tiền xử lý, chương trình terrain nội suy ngang số liệu mặt đệm và elevation từ lưới vĩ độ-kinh độ về lưới vuông góc của miền được chọn. Hiện nay, RegCM sử dụng bộ số liệu Đặc trưng đất phủ toàn cầu (Global Land Cover Characterization : GLCC) đối với số liệu thực vật/mặt đệm.

Các tham số như kích thước miền, số liệu đầu vào và độ dài mô phỏng được xác định trong file RegCM/PreProc/Terrain/domain.param. Sau khi sửa file này, chạy terrain.x sẽ biên dịch và thực hiện chương trình terrain. Việc làm này sẽ tạo ra file output DOMAIN.INFO chứa elevation, loại mặt đệm và các biên khác trong thư mục con RegCM/Input. File hiển thị GrADS là DOMAIN.INFO.CTL cũng được tạo ra.

Trong file RegCM/PreProc/Terrain domain.param có các lựa chọn đối với việc chọn từ số liệu phân tích toàn cầu để sử dụng đối với các điều kiện ban đầu và biên (ECMWF, NNRP1, NNRP2 và ERA40). Cách xử lý số của các biên xung quanh là một khía cạnh khó nhưng rất quan trọng của mô hình hoá khí hậu khu vực. Có 5 loại điều kiện biên có thể được dùng trong mô hình.

- Fixed: không cho phép biến đổi theo thời gian tại các biên xung quanh. Không yêu cầu đối với các ứng dụng số liệu thực.
- Time-dependent: Hai hàng và hai cột phía ngoài có các giá trị xác định của mọi trường dự báo. Yêu cầu đối với các nest tại đó các giá trị phụ thuộc thời gian được cung cấp bởi parent domain. Không yêu cầu đối với lưới thô trong đó chỉ một hàng và một cột được xác định.

- Linear relaxation: Hàng và cột phía ngoài được xác định bởi giá trị phụ thuộc thời gian, 4 điểm tiếp theo được làm lỏng về phía các giá trị biên với hằng số làm lỏng giảm tuyến tính theo hướng rời xa biên.
- Sponge: (Perkey và Kreizberg, 1976)
- Exponential relaxation: (Davies và Turner, 1977) (default)

Chương trình ICBC nội suy nhiệt độ mặt biển (SST) và số liệu phân tích khách quan về lưới của mô hình. Những file này được dùng cho các điều kiện ban đầu và biên trong mô phỏng. Trong file RegCM/PreProc/Terrain domain.param có 2 lựa chọn đối với số liệu SST. Như phần số liệu đã trình bày, đó là nhiệt độ mặt biển toàn cầu (GISST) hàng tháng trên lưới cách nhau 1 độ (1871-2002) có sẵn từ Hadley Centre Met Office (<http://badc.nerc.ac.uk/data/gisst/>) và bộ số liệu phân tích hàng tuần trên lưới 1 độ của nhiệt độ mặt biển ngoại suy tối ưu (OISST) (1981-2002) cũng có sẵn từ National Ocean and Atmosphere Administration (<http://www.cdc.noaa.gov/>).

Sau bước tiền xử lý này, điều kiện biên và điều kiện ban đầu của mô hình RegCM bao gồm các yếu tố: nhiệt độ không khí (T), các thành phần gió ngang (U, V), Độ ẩm tuyệt đối (Q), áp suất bề mặt (Px), nhiệt độ không khí bề mặt (Ts) được lưu trong thư mục Input với các file có tên bắt đầu bằng ICBC.YYYYMMDDHH.

+ Chương trình chính: Tất cả mã nguồn của mô hình đều nằm trong thư mục con RegCM/Main. Thư mục con RegCM/Commons chứa 2 file cần thiết để chạy mô phỏng mới. Các lựa chọn vật lý được xem xét trong mục 2.2 được chọn trong file regcm.in. Các tham số restart, timestep và output frequency cũng được xác định trong file regcm.in. Script regcm.x sẽ biên dịch và thực hiện mô hình. Đòi hỏi phải tạo ra một thư mục mới đối với các project riêng và copy những file này vào thư mục project mới đó. Chạy script này sẽ:

Tạo ra soft links với file miền và các file điều kiện ban đầu và biên:

fort.10 → ../Input/DOMAIN.INFO

fort.7x → ../Input/ICBCYYYYMMDDHH

Tạo ra thư mục con **output** trong đó chứa các file đầu ra của mô hình.

Tạo ra file postproc.in cần thiết đối với quá trình hậu xử lý các file output. Sau đó biên dịch mã nguồn và chạy mô phỏng để tạo ra các file output sau đây:

- Các biến khí quyển: ATM.YYYY.MMDDHH
- Các biến bề mặt đất: SRF.YYYY.MMDDHH
- Các biến liên quan bức xạ: RAD.YYYY.MMDDHH
- và các file được dùng để restart mô phỏng: SAVTMP.YYYY.MMDDHH

3. Hậu xử lý kết quả mô hình RegCM

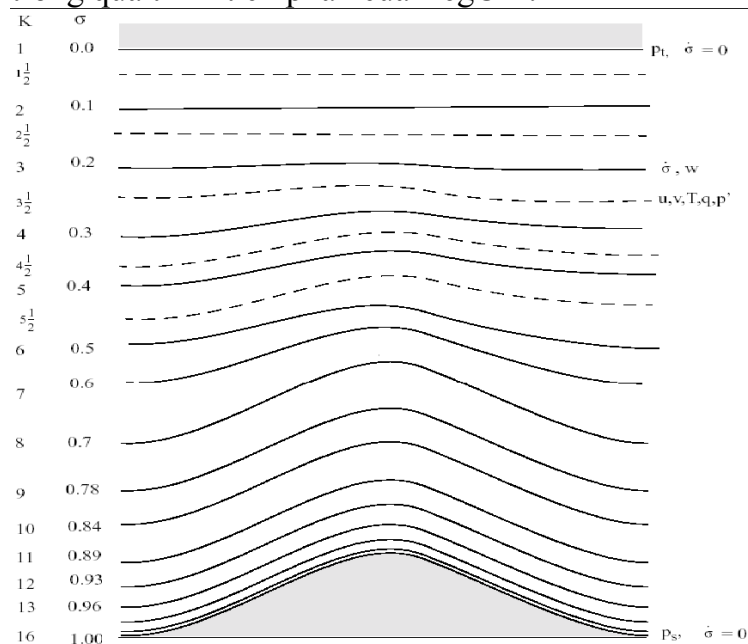
+ Hậu xử lý: Các file đầu ra của mô hình ATM, SRF, RAD được lưu dưới dạng binary và có các file mô tả để vẽ trực tiếp bằng phần mềm hiển thị GrADs. Ngoài ra, chương trình RegCM cũng cung cấp một số công cụ để tính trung bình tháng các biến cơ bản của mô hình ứng dụng trong đánh giá khí hậu hạn tháng, mùa hay nhiều năm.

Yêu cầu về cấu trúc không gian của số liệu:

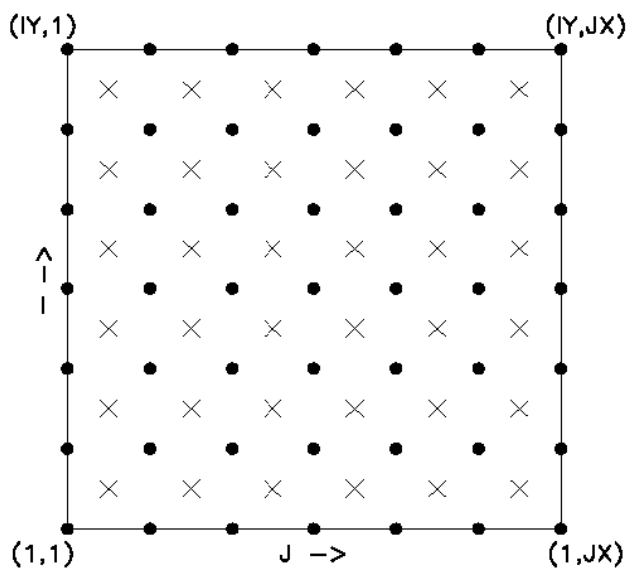
- Cấu trúc thẳng đứng: các biến của mô hình được sắp xếp theo hệ tọa độ nửa-sigma (hình 6).

- Lưới ngang phân bố xen kẽ theo Arakawa-Lamb B (hình 7), trong đó các biến có hướng được xác định ở các nút lưới (điểm chấm) và các biến vô hướng tại các điểm giữa ô lưới (điểm x).

Về cấu trúc thời gian của số liệu cần đáp ứng là số liệu toàn cầu dùng để điều khiển RegCM qua các biên phải có từng 6 giờ hoặc 3 giờ và được cập nhật thường xuyên trong quá trình tích phân của RegCM.



Hình 6. Cấu trúc thẳng đứng của mô hình RegCM



Hình 7. Lưới Arakawa-Lamb B