

CÔNG NGHỆ DỰ BÁO THỜI TIẾT VÀ KHÍ HẬU HIỆN ĐẠI VỚI MÁY SIÊU TÍNH

GS.TSKH. Lê Ngọc Lý, TS. Vương Quốc Cường, PGS.TS. Phạm Vũ Anh

Viện Công nghệ Biển - Khí quyển & Môi trường

Dự báo thời tiết, khí hậu: Bài toán quan trọng, khó khăn và hấp dẫn trong nhiều thế kỷ:

Dự báo chính xác các hiện tượng thời tiết, khí hậu nói chung và đặc biệt thời tiết, khí hậu nguy hiểm như bão, lũ, lụt, lốc xoáy, lũ quét, v.v. luôn là ước mơ của con người trong nhiều thế kỷ. Vấn đề khó khăn trong bài toán dự báo thời tiết, khí hậu (DBTT/KH) liên quan đến dự báo hoạt động của Trái đất trong đó bao gồm cả khí quyển, lục địa, đại dương và vũ trụ (Mặt trời, Mặt trăng) cũng như số liệu đo đạc toàn cầu của các hoạt động này. Các hoạt động nói trên lại nằm trong giải "kích thước" (scales) không gian từ vi mô (cm, như dòng rối) đến vĩ mô (nhiều ngàn km, như gió mùa) và "kích thước" thời gian từ giây, phút, giờ (thời tiết) đến năm, nhiều năm (khí hậu).

(1) Phương pháp Synop

Dự báo thời tiết bằng phương pháp Synop (phương pháp cổ điển) được tiến hành từ cách đây rất nhiều thập niên. Trong phương pháp Synop khí quyển và thời tiết ở một thời điểm nào đó được mô tả bằng các bản đồ thời tiết, bản đồ các trường khí áp, nhiệt độ, độ ẩm và gió ở trên bề mặt và ở các độ cao nhất định. Các bản đồ này được xây dựng cho một khu vực rộng lớn bao gồm nhiều quốc gia, vùng biển/đại dương lân cận trong đó chứa đựng "vùng dự báo quan tâm" (ví dụ "vùng dự báo quan tâm" là lãnh thổ Việt Nam và vùng biển lân cận) dựa trên số liệu đo đạc quốc tế cả khu vực rộng lớn tại một thời điểm nhất định nào đó.

Dựa vào các bản đồ này, tiến hành phân tích và dự báo các hình thế thời tiết và các hiện tượng thời tiết cho một khu vực ("vùng dự báo quan tâm"), hay

một địa điểm đã chọn trong thời gian 24 – 48h sau đó. Phương pháp Synop đòi hỏi nhiều thời gian và công sức để chuẩn bị cho một lần dự báo. Tuy nhiên, kết quả dự báo luôn hạn chế ở tính chất định tính hơn là định lượng.

(2) Phương pháp Số

Ở đây cần thấy rằng bản thân số liệu đo ở một thời điểm nhất định nào đó dù rất tốt và có độ phân giải cao đến đâu cũng không cho dự báo một cách khách quan về tương lai nếu không xây dựng được "quan hệ" giữa số liệu hiện tại với tương lai, nghĩa là cần có "phương trình dự báo" kết nối số liệu đo hiện tại và qui luật vật lý với tương lai. Trong phương pháp Synop nói trên "phương trình dự báo" chính là kiến thức Synop và kinh nghiệm của dự báo viên kết nối bản đồ Synop (tại thời điểm nhất định) với trạng thái thời tiết tương lai. Mặc dù được sử dụng rộng rãi trong nhiều thập niên trước, phương pháp Synop mang nhiều tính chủ quan và không thể là phương pháp định lượng! Ở đây cũng phải nhấn mạnh rằng, vai trò to lớn của số liệu đo cũng chỉ được "thể hiện" thật sự trong kỹ thuật đồng hóa số liệu trong đó bao gồm cả "phân tích khách quan" trong phương pháp số của công nghệ dự báo thời tiết, khí hậu.

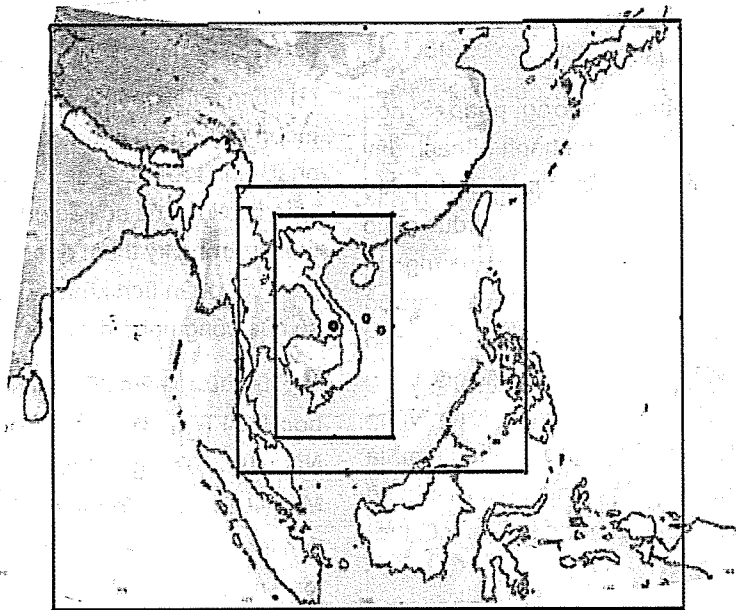
Từ những năm 30 của thế kỷ trước các nhà khoa học DBTT/KH đã ước mơ đến "máy DBTT/KH". Năm 1950 Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia Mỹ (NCEP) lần đầu tiên trên thế giới đã tiến hành tính toán trường áp suất khí quyển sử dụng mô hình toán-máy tính (MHTMT) [1]. Tất nhiên cả máy tính lẫn MHTMT thời đó là rất đơn giản và kết quả được coi như một thử nghiệm ban đầu của phương pháp số.

Để tiến hành DBTT/KH, cần xây dựng MHTMT trên cơ sở hệ phương trình Navier-Stokes (HPTN-S) cho khí quyển và biển. Mặc dù bài toán tìm nghiệm giải tích của HPTN-S là một trong 7(6) bài toán thiên niên kỷ của toán lý thuyết [2], nhưng những chuyên gia vật lý khí quyển-biển (VLKQB) và toán ứng dụng trong VLKQB đã biết cách tìm nghiệm giải tích của HPTN-S cho biển và khí quyển từ nhiều thập niên trước bằng cách “đơn giản hóa” HPTN-S cho khí quyển và biển! Cũng cần nói rằng HPTN-S là hệ phương trình vật lý và không ngạc nhiên khi những chuyên gia vật lý ứng dụng biết tìm nghiệm giải tích bằng phương pháp vật lý từ rất nhiều thập niên trước.

Đầu những năm 70 của Thế kỷ trước, công nghệ chế tạo máy tính có những bước tiến khổng lồ và cùng với công nghệ chế tạo máy tính là sự “bùng nổ” những MHTMT sử dụng các HPTN-S nguyên thủy (không “đơn giản hóa” hệ phương trình) cho khí quyển và biển và được giải bằng kỹ thuật số trên máy siêu tính (hiện nay máy siêu tính có tốc độ lên tới nhiều triệu tỷ phép tính/giây; nhiều petaflops!) [3]. Ngày nay có ít nhất hơn 90% các bài toán quan trọng trong KHCN cũng như đời sống chỉ có nghiệm số và HPTN-S nguyên thủy cho khí quyển và biển là

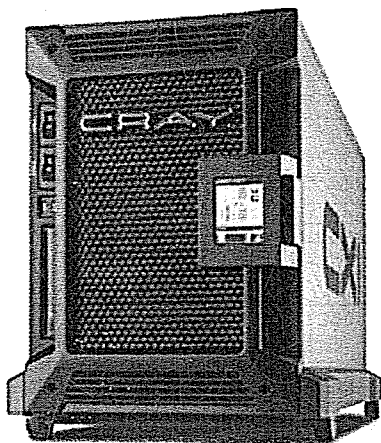
một ví dụ điển hình.

Một khó khăn căn bản nữa của bài toán DBTT/KH hiện đại là cần thiết phải có máy siêu tính hiện đại. Khó khăn ở đây là để DBTT hiện đại cho ngày mai chỉ được phép “chạy” MHTMT trên máy siêu tính vài giờ CPU cho một miền tính rất lớn (để có nhiều thông tin như gió mùa, bão, áp thấp nhiệt đới v.v... miền tính cần thiết bao gồm nhiều vùng biển, đại dương và quốc gia, ví dụ ở hình 1: Miền tính của mô hình DBTT cho Việt Nam). Nếu tính toán quá lâu, kết quả tính trở thành “rác” vì không thể sử dụng kết quả tính toán để DBTT cho ngày mai. Mặt khác MHTMT phải có độ phân giải cao đủ tốt để nghiệm số không để “lọt lưới” những “hạt vàng” vật lý trong MHTMT. Nếu độ phân giải quá thấp lời giải số trở thành “rác”. Như vậy bài toán DBTT hiện đại không thể sử dụng máy tính cá nhân hay máy trạm (workstations) dù có nối rất nhiều máy để chạy song song [3]. Bài toán DB KH hiện đại còn đòi hỏi máy siêu tính lớn hơn, vì ngoài việc cần miền tính rộng lớn, MHTMT còn phải cần “chạy” DBKH cho năm, (nhiều năm, thập niên, thập kỷ,) Và cũng như bài toán DBTT, DBKH không thể sử dụng PC hay các máy trạm nếu không muốn nhận lời giải “rác” [3].



Hình 1. Miền tính rộng lớn để MHTMT có được thông tin của gió mùa Đông Bắc, Tây Nam, bão, áp thấp ... Ở đây phải sử dụng “lưới lồng” (nesting grids) gồm 3 miền lồng nhau với độ phân giải khác nhau để máy siêu tính có thể “chịu đựng” được độ phân giải mong muốn (Nguồn: Viện IOAET)

Ngày nay khi mà KHCN của thế giới đã phát triển đỉnh cao, nhưng bài toán DBTT/KH vẫn là bài toán rất quan trọng và khó khăn của nhân loại trong nhiều thế kỷ. Bằng chứng là bài toán lên Mặt trăng được giải quyết nhanh chóng hơn bài toán DBTT/KH nhiều. Dù DBTT/KH là một lĩnh vực KHCN khó khăn, phức tạp nhưng khoa học DBTT/KH cũng như dự báo tương lai nói chung luôn là vấn đề quan trọng và hấp dẫn.



Hình 2. Máy Siêu tính Cray CX1 đầu tiên ở Việt Nam và Đông Nam Á (Nguồn: Cray web)

Công nghệ DBTT hiện đại cho Việt Nam với máy siêu tính ở Viện Công nghệ biển, khí quyển và môi trường

Viện Công nghệ biển, khí quyển và môi trường (CNBKQMT, IOAET; www.ioaet.org) là một tổ chức KHCN trực thuộc Liên Hiệp các Hội KHKT Việt Nam (VUSTA; www.vusta.vn). Viện có chức năng, nhiệm vụ nghiên cứu ứng dụng và chuyển giao công nghệ trong các lĩnh vực của KHCN biển, khí quyển, môi trường, toán ứng dụng và siêu tính. Các lĩnh vực ưu tiên hàng đầu của Viện là KHCN dự báo thời tiết và khí hậu hiện đại trong đó có tính toán/dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như bão, mưa lớn, lụt, lũ, v.v. và dự báo biển trong đó có nước dâng trong bão, hoàn lưu, truyền âm dưới nước, cũng như tính toán, dự báo năng lượng tái tạo.

Từ đầu năm 2010 cùng với Cty APSIN (www.apsin.net), Viện sở hữu máy siêu tính Cray CX1 đầu tiên ở Việt Nam và Đông Nam Á (hình 2). Tháng 4/2010 mô hình WRF (phiên bản 3.2 mới nhất) được Viện phát triển cho Việt Nam và chạy

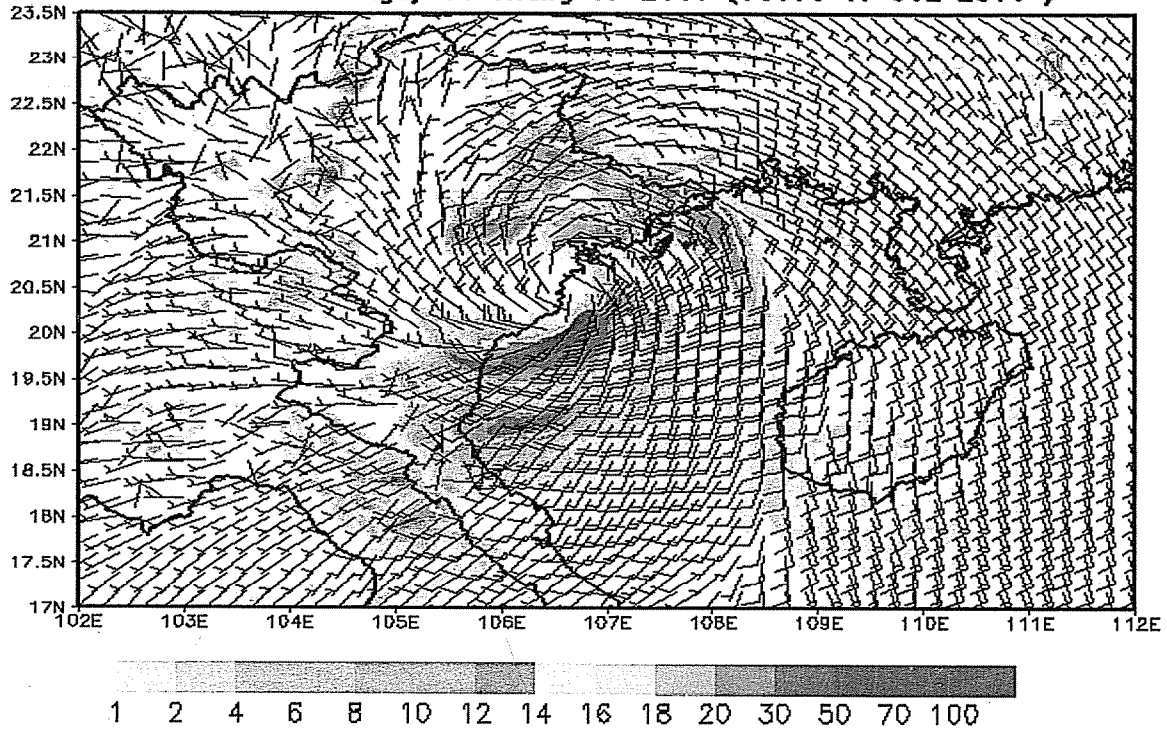
nghiệp vụ hàng ngày thử nghiệm dự báo thời tiết, bão, áp thấp nhiệt đới (ATND) và áp thấp (AT). WRF là mô hình cộng đồng thế hệ mới nhất được phát triển bởi Cộng đồng KHCN Mỹ, bắt đầu từ năm 2000, chủ yếu là các chuyên gia của Trung tâm Quốc gia về Nghiên cứu khí quyển (NCAR), Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia (NCEP), Hải quân, Không quân và các cộng đồng đại học. WRF được cập nhật một số kết quả nghiên cứu từ cộng đồng nghiên cứu trong vài thập niên vừa qua về kỹ thuật đồng hóa số liệu, vật lý mây, hóa học khí quyển, dự báo cháy rừng cũng như đưa vào những kết quả nghiên cứu và nhiều sơ đồ vật lý lớp biên khí quyển.

Hiện nay, theo sự hiểu biết của chúng tôi [4,5], WRF được sử dụng DBTT nghiệp vụ hàng ngày ở hầu hết các nước phát triển như Bắc Mỹ, Châu Âu (trừ Đông Âu) và các nước Châu Á như Đài loan, Hàn Quốc, Nhật, Ấn Độ và Trung Quốc.

WRF cho Việt Nam của Viện sử dụng lưới lồng 3 miền (hình 1), miền ngoài cùng rất lớn để có nhiều thông tin về gió mùa Đông Bắc, Tây Nam, bão và áp thấp nhiệt đới v.v... Miền thứ 2 có độ phân giải cao hơn miền ngoài và miền trong cùng bao gồm toàn bộ Đông Dương và vùng biển ven bờ (bao gồm toàn Vịnh Bắc Bộ và một phần Vịnh Thái Lan) hiện tại có độ phân giải cao nhất (4.5x4.5 km). Miền này trong tương lai có thể nâng cấp độ phân giải cao hơn (sẽ cho kết quả tốt hơn). Nếu không sử dụng lưới lồng 3 miền thì cần phải có máy siêu tính khổng lồ mới có thể có độ phân giải 4.5x4.5 km cho 1 miền tính rộng lớn (miền ngoài cùng) như trên hình 1.

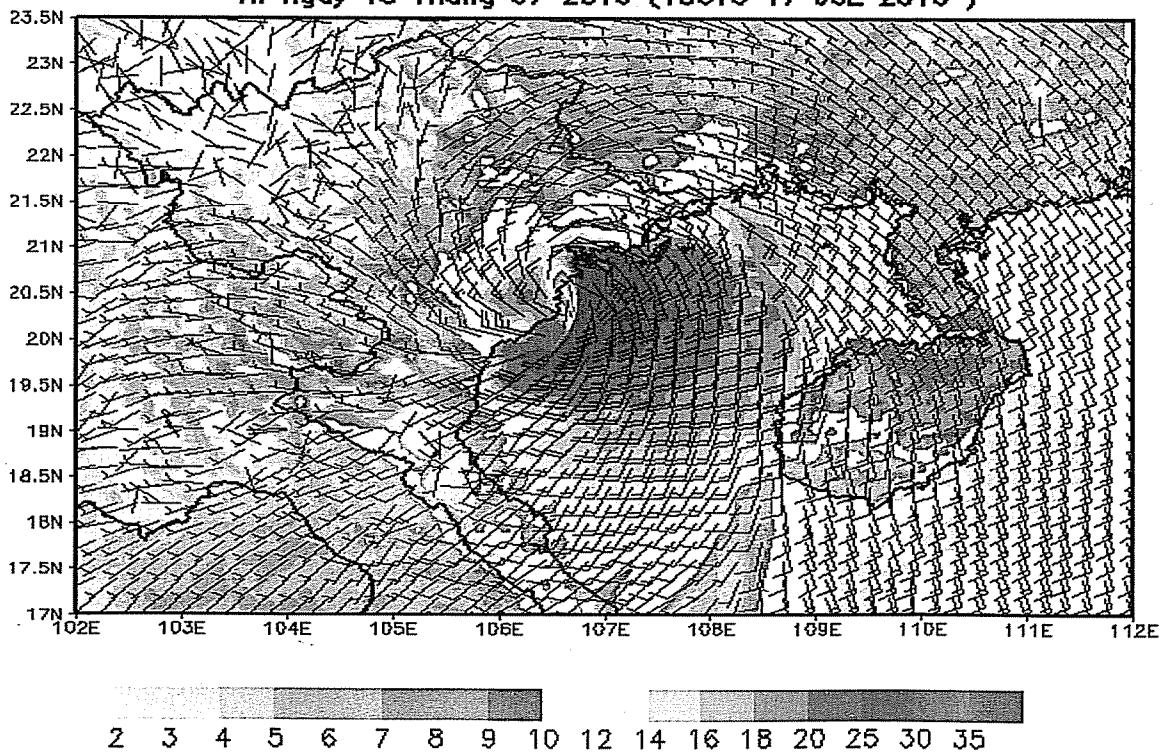
Với độ phân giải và miền tính như trên của WRF cho Việt Nam, hiện tại Viện "chạy" dự báo 1 lần/ngày cho dự báo 3 ngày (72 giờ) trên máy siêu tính Cray CX1, dựa trên kết quả dự báo thời tiết của MHDBTT toàn cầu GFS (Có độ phân giải thấp, vì miền tính là toàn cầu và khả năng của máy siêu tính là có giới hạn, dù là siêu tính khổng lồ.) của NCEP (Mỹ), sử dụng số liệu đo đạc toàn cầu. Mỗi lần "chạy" dự báo 72 giờ mất gần 3 giờ CPU trên Cray CX1. Theo sự hiểu biết của chúng tôi, độ phân giải 4.5x4.5-km cho Đông Dương và vùng biển ven bờ hiện nay là độ phân giải cao nhất (tốt nhất) trên Thế giới.

**Dự Báo WRF tại IOAET cho Miền Bắc Đả Phan Giai 4.5 km
 Lượng mưa trong 1h (mm, màu), Gió Mực 10 met (môt căn gió: 10 m/s)
 Thời điểm 1h ngày 18 Tháng 07 2010 (18UTC 17 JUL 2010)**



Hình 3. Dự báo ngày 17/8/2010 cho Bão số 1 (Côn Sơn). Thang màu chỉ lượng mưa.(mm)

**Dự Báo WRF tại IOAET cho Miền Bắc Đả Phan Giai 4.5 km
 Gió Mực 10 met (môt căn gió: 10 m/s, nửa căn gió: 5 m/s)
 1h ngày 18 Tháng 07 2010 (18UTC 17 JUL 2010)**



**Hình 4. Dự báo Bão số 1 (Côn Sơn) ngày 17/8/2010 : Trường gió và độ ẩm tương đối (thang màu)
 Tâm bão (mắt bão xanh trên nền đỏ thẫm và vàng) đặc biệt rõ trên hình.**

Sau một thời gian sử dụng WRF “chạy” dự báo thử nghiệm hàng ngày với độ phân giải như trên, chúng tôi nhận thấy về căn bản WRF cho dự báo tốt thời tiết thông thường hàng ngày (từng giờ). Dự báo thời gian qua cho các cơn Bão số 1 (hình 3,4), 2,3,4, ATND và AT cho thấy rằng dự báo đường đi, trường mưa, gió, nhiệt, ẩm là tốt (ngoài sự mong đợi), đặc biệt tốt cho những cơn bão cũng như ATND và AT hình thành trên Biển Đông vì WRF cho Việt Nam có độ phân giải cao nhất hiện tại cho Biển Đông và Đông Dương so với những Trung tâm Dự báo Quốc tế (chỉ có thể cung cấp dự báo sơ lược đường đi). Ngoài ra, vì dự báo 3 ngày nên WRF có khả năng

phát hiện sớm sự xuất hiện của Bão, ATND và AT ở Biển Đông. Cũng cần thấy rằng nếu WRF được “chạy” dự báo 2 lần trong ngày thì kết quả dự báo sẽ tốt hơn rất nhiều. Điều nhận xét trên cũng phù hợp với kết quả và kinh nghiệm dự tính/dự báo của nhiều chuyên gia DBTT của thế giới cho nhiều khu vực, vùng miền khác nhau sử dụng WRF [4,5].

Cùng với việc “chạy” WRF cho Việt Nam trên siêu tính Cray CX1, với phần mềm song song tiên tiến nhất hiện tại [3] cho dự báo thời tiết hàng ngày (hàng giờ), trong đó có dự báo Bão, ATND và AT, Viện CNBKQMT đã phát triển “máy DBTT” với CN DBTT tiên tiến nhất của thế giới hiện tại ở Việt Nam

Tài liệu tham khảo

1. E. Kalnay, *Mô hình Khí quyển, Đồng hóa Số liệu và Khả năng Tiên đoán (predictability)*. NXB ĐH Cambridge, XB lần 3, 341trang, 2006.
2. Viện Toán Clay, *Các Phương trình Navier-Stokes. Những Bài toán Thiên niên kỷ*. www.claymath.org.
3. L N Ly, *Công nghệ Siêu tính và Việt nam Đặt chân vào Bản đồ Siêu tính Thế giới*. (www.vusta.vn & www.apsin.net).
4. L N Ly, *Về Vật lý “Cặp” Biển-Khi quyển (air-sea coupling physics) và những ứng dụng trong các Mô hình Dự báo “Cỡ” Lớn hơn (Larger Scale Forecast Models)*. Hội thảo Đông-Á lần thứ 4 về Mô hình Dự báo Thời tiết WRF. Soul, Hàn quốc, 04/2010.
5. *Hội thảo về Dự báo Bão, NCAR, Boulder, CO, Mỹ, 02/2010*.