

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH BOLAM VÀ MOLOCH

DỰ BÁO MƯA LỚN TRÊN LƯU VỰC SÔNG CẨ

ThS. Nguyễn Lê Dũng, NCS. Võ Văn Hòa - Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

Do những hạn chế của động lực học thủy tĩnh và độ phân giải, các mô hình số thủy tĩnh dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung Việt Nam nơi nguyên nhân gây ra hiện tượng mưa lớn chủ yếu là do động lực phi thủy tĩnh như bão, dải hội tụ nhiệt đới, không khí lạnh..., còn cho nhiều sai số. Trong bài báo này đã tiến hành thử nghiệm hệ thống mô hình BOLAM + MOLOCH của ISAC-CNR (Italy), trong đó MOLOCH là mô hình phi thủy tĩnh chạy lồng với độ phân giải cao 2.8 km với mô hình thủy tĩnh BOLAM, dự báo đợt mưa lớn từ 14-18/10/2010 trên lưu vực sông Cả. Kết quả đã cho thấy so với mô hình BOLAM, MOLOCH đã cải thiện đáng kể chất lượng dự báo mưa, thể hiện qua các chỉ số thống kê BIAS, CSI, POD và FAR. Tuy trường hợp thử nghiệm còn ít, nhưng đã góp phần chứng minh sử dụng mô hình phi thủy tĩnh độ phân giải có thể cải thiện kết quả bài toán dự báo định lượng mưa. Từ đó cung cấp điều vào tốt hơn cho các mô hình thủy văn ứng dụng dự báo lũ thời gian thực phục vụ phòng chống thiên tai.

1. Giới thiệu

Bài toán dự báo mưa luôn là một trong những thách thức cho các mô hình số, do mưa là kết quả của nhiều quá trình tương tác khác nhau, từ các chuyển động quy mô lớn đến các quá trình vi vật lý, trong khí quyển. Đặc biệt, đối với những khu vực núi, mô hình cần phải tính được các chuyển động thăng cưỡng bức do địa hình (Richard và nnk, 2007). Ngoài ra, mô tả quá trình trao đổi nhiệt và hơi nước ở bề mặt, có tính đến tác động của thảm thực vật (bốc thoát hơi nước ở rễ cây) rất quan trọng trong mô phỏng chu trình nước, đặc biệt là tại vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Ngày nay, do sự tiến bộ nhanh chóng về năng lực tính toán và mô hình hóa khí quyển, các mô hình số độ phân giải cao chạy với độ phân giải lưới ngang xuống đến vài km và có thể sử dụng được để dự báo thời tiết quy mô địa phương. Độ phân giải cao cho phép mô hình mô phỏng chi tiết được các quá trình quy mô nhỏ như đổi lưu sâu không cần sử dụng các sơ đồ tham số hóa xấp xỉ. Hơn nữa, mô hình độ phân giải cao hơn tức là việc mô phỏng địa hình và các hiệu ứng liên quan đến địa hình, như dòng thăng cưỡng bức, cũng tốt hơn. Mặc dù việc sử dụng các mô hình lãnh thổ hạn chế độ phân giải cao đã bước đầu cải thiện chất lượng dự báo mưa, tuy nhiên dự báo định lượng mưa (QBF - Quantitative Precipitation Forecasts) vẫn là một vấn đề chưa được giải quyết triệt để.

Với mục đích cung cấp kết quả dự báo độ phân giải cao trên các khu vực xác định, BOLAM (Bologna

Limited Area Model) là mô hình thủy tĩnh lãnh thổ hạn chế được phát triển tại Viện Khoa học khí quyển và khí hậu thuộc Hiệp hội nghiên cứu quốc gia (ISAC-CNR) tại Bologna, Italy (Buzzi và nnk, 1994; Malguzzi và Tartaglione, 1999; Buzzi và Foschini, 2000). Mô hình BOLAM đã được thử nghiệm và cho kết quả tốt khi so sánh với các mô hình khác trong các dự án nghiên cứu thử nghiệm và so sánh dự báo quy mô vừa (COMPARE) của tổ chức khí tượng thế giới WMO. Trong đó các mô hình được tiến hành so sánh với nhau trong một số trường hợp mô phỏng như hình thành xoáy ở vĩ độ trung bình (Gyakum và nnk, 1996), sóng địa hình (Georgelin và nnk, 2000) và sự phát triển bùng nổ xoáy thuận nhiệt đới (siêu bão) trên Thái Bình Dương (Nagata và nnk, 2001). BOLAM có thể được sử dụng cho nghiên cứu lý tưởng cũng như trong nghiệp vụ dự báo...

Tuy nhiên do động lực học thủy tĩnh, độ phân giải cao nhất có thể được sử dụng trong BOLAM chỉ là khoảng 6-8 km. Để khắc phục hạn chế này, ISAC-CNR đã tiếp tục phát triển mô hình phi thủy tĩnh MOLOCH, trong đó các quá trình đổi lưu được giải trực tiếp. MOLOCH cho phép chạy lồng với BOLAM trong đó kết quả dự báo với độ phân giải thấp hơn từ BOLAM được sử dụng làm điều kiện biên và ban đầu cho MOLOCH. Hệ thống mô hình BOLAM và MOLOCH được tối ưu hóa để chạy trong thời hạn dự báo ngắn (12-72h), với độ phân giải ngang lên đến 1 km (thông thường khoảng từ 2 - 3 km) và 40 – 80 mực thẳng đứng. Hệ thống cũng có khả năng chạy lồng ghép với các mô hình thủy văn, hải

dương và lan truyền chất ô nhiễm. Đối với miền Trung Việt Nam, cụ thể là khu vực lưu vực sông Cà, là nơi hiện tượng mưa lớn chủ yếu là các do các nguyên nhân động lực phi thủy tĩnh như dải hội tụ nhiệt đới, xoáy thuận nhiệt đới, không khí lạnh kết hợp với địa hình...; việc sử dụng các mô hình phi thủy tĩnh với độ phân giải cao như MOLOCH được hy vọng có thể cải thiện kết quả bài toán dự báo định lượng mưa và cung cấp đầu vào tốt hơn cho các mô hình thủy văn ứng dụng dự báo lũ thời gian thực.

2. Mô hình BOLAM và MOLOCH

a. Mô hình BOLAM

Các biến dự báo của mô hình là các thành phần gió u và v, nhiệt độ T, áp suất bề mặt ps và độ ẩm riêng q. Chu trình nước từ giáng thủy mây tầng được mô tả qua các biến: lượng băng trong mây, lượng nước trong mưa, mưa, tuyết và mưa đá. Các quá trình vi vật lý được giải bằng phép xấp xỉ đơn giản hóa, theo đề xuất của Schultz (1995) là thích hợp cho các quá trình phi đổi lưu trong các mô hình quy mô vừa. Sự ngưng băng được tính qua sơ đồ tích phân ngược bảo toàn khuếch tán. Quá trình đổi lưu sâu được tham số hóa bằng sơ đồ Kain-Fritsch, được cập nhập thuộc tính bảo toàn năng lượng nước lỏng theo Kain (2004).

Các biến dự báo được phân bố theo phương thẳng đứng trên lưới Lorenz không đều, với độ phân giải cao hơn trong lớp biên gần bề mặt. Sai phân ngang trong hệ tọa độ địa lý (lưới kinh – vĩ độ) sử dụng lưới xen kẽ Arakawa-C. Đường xích đạo có thể quay theo vĩ độ để giảm thiểu tính bất đẳng hướng. Sơ đồ bình lưu được sử dụng là sơ đồ dòng khối trung bình có trọng số (WAF - Billet and Toro, 1997). BOLAM sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng lai (hybrid vertical coordinate), trong đó hệ tọa độ sigma theo địa hình thường có khuynh hướng tiến tới hệ tọa độ áp suất khi lên cao với nhân tố nới lỏng (relaxing factor) là một hàm của độ cao địa hình cực đại trong miền tính toán. Giá trị áp suất trong hệ tọa độ lai sigma như sau:

$$P = P_0 \sigma_h - (P_0 - P_S) \sigma_h^\alpha$$

Trong đó: $\sigma_h = .1$ tại bề mặt, P_0 là áp suất trung bình mực biển (thường bằng 1000hPa) và P_S là áp suất tại bề mặt. Tham số α có giá trị từ 1 (nếu $\alpha = 1$ thì hệ tọa độ trở thành hệ tọa độ sigma thuần túy)

cho đến khoảng 3 và có giá trị nhỏ hơn trong tại những nơi có địa hình cao (ví dụ như dãy Himalaya).

Sơ đồ tích phân thời gian tách-hiện tiến-lùi được sử dụng cho các thành phần sóng trọng trường. Một sơ đồ khuếch tán ngang bậc hai được áp dụng cho tất cả các biến dự báo và xu thế áp suất bề mặt. Các thành phần tích phân phân kỳ địa phương và thẳng đứng được lan truyền để điều khiển các sóng nội và ngoại trọng trường. Sơ đồ nới lỏng dần Lehman (1993) được sử dụng cho điều kiện biên xung quanh với một số hàng nút lưới. Sơ đồ nới lỏng dần này có khả năng hấp thụ năng lượng sóng và làm giảm những sự phản hồi giả tạo từ các biến.

Các quá trình trong lớp biên hành tinh và lớp bề mặt được mô hình hóa theo lý thuyết tương tự của Monin và Obukhov (1955). Độ dài xáo trộn được dựa trên mô hình rối khép kín và được sử dụng để tính các thông lượng trong lớp biên hành tinh. Ngoài ra, đại lượng này còn được sử dụng để tính các số hạng khuếch tán rối thẳng đứng của động lượng, nhiệt và ẩm. Sơ đồ rối khép kín là bậc 1.5, trong đó động năng rối là được dự báo. Sơ đồ rối khép kín bậc 1 sử dụng độ dài xáo trộn theo định nghĩa của Blackadar (1962) cho lớp biên phiêm định. Để tính ảnh hưởng của các hiệu ứng nổi lên lớp biên hành tinh phân tầng, sơ đồ độ dài xáo trộn Blackadar được sử dụng cùng với các hàm ổn định phụ thuộc vào số Richardson. Trong mô hình BOLAM, một tập các biến thể khác nhau của các hàm ổn định Louis (1979) được sử dụng (được tính dựa theo lý thuyết tương tự). Để khắc phục những hạn chế như giả thiết tĩnh và tính địa phương của xoáy rối trong sơ đồ rối khép kín bậc 1, một hình rối mới được gọi là mô hình E-1 được sử dụng trong BOLAM (theo Zampieri và nnk (2005)). Việc sử dụng động năng rối cho phép xác định tham số hóa vật lý của độ dài xáo trộn đối với các trường hợp ổn định mà không cần sử dụng các hàm ổn định. Trong trường hợp bất ổn định, phiên bản tính độ dài xáo trộn phi địa phương của Bougeault và Lacarrere (1989) được sử dụng. Độ gồ ghề (roughness) cho vùng lục địa được tính phụ thuộc vào thảm phủ thực vật và sự biến đổi của địa hình quy mô dưới lưới. Đối với trường hợp trên biển, độ gồ ghề Charnock được sử dụng trong đó có tính tới hiệu ứng của độ cao sóng như là một hàm của tốc độ gió bề mặt. Nhiệt độ bề mặt biển được tính từ nhờ sử dụng mô hình đại dượng một lớp, qua đó

tính được các thông lượng ẩn nhiệt, hiển nhiệt và phân bố bức xạ.

Mô hình đất trong BOLAM sử dụng 4 lớp đất với các độ dày (từ vài cm cho đến hơn 1m) tăng lên theo chiều hướng xuống phía dưới. Mô hình đất tính toán các cân bằng tại bề mặt, sự vận chuyển thẳng đứng của nhiệt và nước cũng như hiệu ứng của lớp phủ thực vật ở bề mặt (như quá trình bay hơi và thoát hơi, động nước mưa,...) và trong đất (như quá trình hút nước của rễ cây, ...) có tính tới các tham số vật lý và dạng đất khác nhau. Ngoài ra, mô hình đất cũng tính đến các quá trình tan chảy và đóng băng của nước trong đất. Ở bề mặt, mô hình băng đơn lớp được sử dụng để tính để phủ tuyết qua quá trình tích lũy và tan chảy tuyết.

Bức xạ khí quyển được tính toán bằng cách kết hợp sơ đồ Geleyn (theo Ritter và Geleyn (1992)) và sơ đồ nghiệp vụ của trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu ECMWF (2006) (theo Morcrette (1991). Mô hình vận chuyển bức xạ nhanh RRTM (Rapid Radiation Transfer Model) cũng được sử dụng để tính toán bức xạ hồng ngoại (Mlawer và nnk. (1997)).

b. Mô hình MOLOCH

MOLOCH là mô hình phi thủy tĩnh, tích phân hệ phương trình đầy đủ nén được của các biến dự báo (áp suất, nhiệt độ, độ ẩm riêng, thành phần vận tốc theo phương ngang và thẳng đứng và năm thành phần của nước: lượng băng trong mây, lượng nước trong mưa, mưa, tuyết và mưa đá), trên hệ tọa độ kinh - vĩ độ quay và lưới xen kẽ Arakawa C.

Mô hình sử dụng hệ tọa độ lai theo địa hình, được nói lồng dần về độ cao địa hình. Hệ tọa độ này được định nghĩa như sau:

$$\zeta = H \left(1 - e^{-\frac{z-h\left(1-\frac{\zeta}{H}\right)}{H}} \right), \text{ trong đó } h(x,y) < z < \infty;$$

$H = \frac{R_d T_0}{g}$ là độ cao quy mô khí quyển.

Động lực mô hình được tích phân thời gian theo sơ đồ ẩn cho sự lan truyền thẳng đứng của sóng âm, và sơ đồ hiện cho các thành phần còn lại. Bình lưu ba chiều được tính toán sử dụng sơ đồ thông lượng trung bình có trọng số Euler. Khuếch tán

ngang bậc hai và suy giảm phân kỳ được đưa vào để ngăn sự tích tụ năng lượng trên quy mô không gian hẹp.

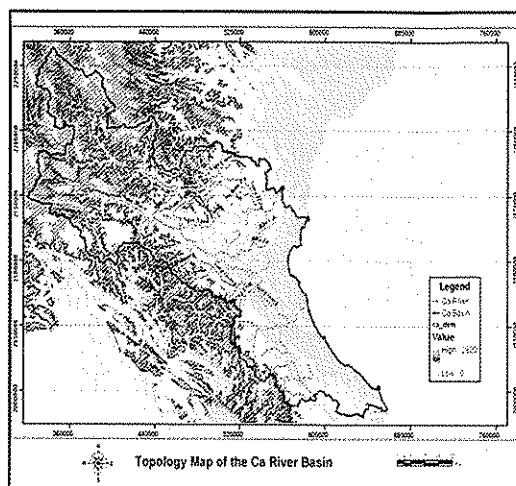
Các sơ đồ tham số hóa vật lý trong mô hình MOLOCH bao gồm bức xạ, rồi quy mô dưới lưới, các quá trình vi vật lý và cân bằng năng lượng và nước trong đất. Bức xạ khí quyển được tính tương tự như trong BOLAM. Sơ đồ rồi được dựa trên lý thuyết đóng E-1, trong đó bao gồm phương trình động năng rồi (tính cả các thành phần bình lưu). Các thông lượng rồi bề mặt của động lượng, độ ẩm riêng và nhiệt độ được tính theo lý thuyết đồng dạng của Monin-Obukhov với các hàm Businger/Holtslag cho các trường hợp không ổn định/ổn định. Độ dài hỗn hợp được tính từ động năng rồi (Deardorff, 1980) trong khí quyển ổn định và theo Bougeault and Lacarrere (1989), hiệu chỉnh Zampieri (2004), trong khí quyển không ổn định.

Sơ đồ vi vật lý trong mô hình dựa trên các quá trình tham số hóa được đề xuất bởi Drofa và Malguzzi (2004). Các quá trình vật lý xác định xu thế theo thời gian của độ ẩm riêng, lượng nước/băng trong mây và giáng thủy nước/băng được chia thành hai loại: "nhanh" và "chậm". Các quá trình nhanh bao gồm sự biến đổi giữa độ ẩm riêng và lượng mây được tính tại tất cả các bước thời gian bình lưu. Nhiệt độ được cập nhập bằng cách áp dụng định luật bảo toàn enthalpy ở điều kiện đẳng áp. Giáng thủy được tính toán bằng sơ đồ lùi-ngược ổn định với vận tốc rơi phụ thuộc vào nồng độ. Các sơ đồ đất cân bằng nước và năng lượng đối với các quá trình bề mặt và thực vật – đất là mô hình đất 4 lớp, tương tự như trong BOLAM, và có xem xét đến các thành phần động lực của nước và tuyết.

3. Kết quả thử nghiệm

a. Cấu hình thử nghiệm

Để nghiên cứu đánh giá kỹ năng dự báo mưa lớn của mô hình BOLAM và MOLOCH cho khu vực miền Trung Việt Nam, chúng tôi đã tiến hành xem xét một số trường hợp mưa lớn trên khu vực lưu vực sông Cà (hình 1). Do điều kiện về chất lượng nguồn số liệu từ mô hình toàn cầu, đợt mưa lớn tháng 10/2010 đã được lựa chọn làm trường hợp thử nghiệm.

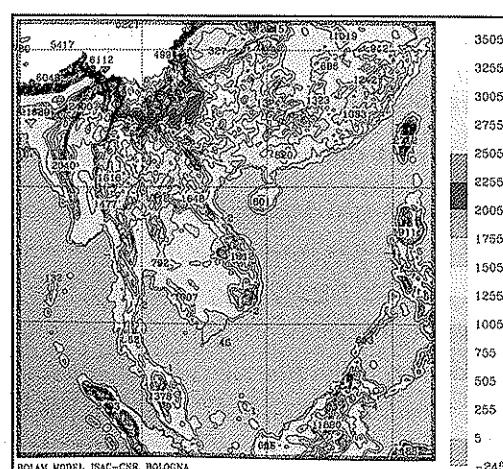
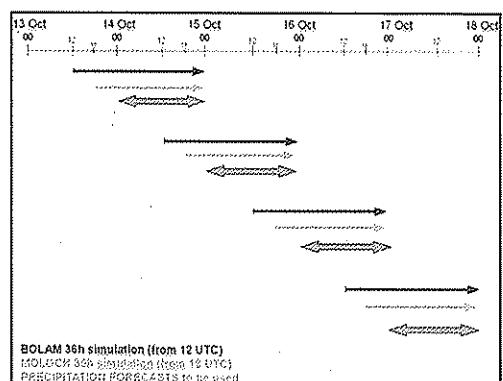


Hình 1. Vị trí địa lý và địa hình lưu vực sông Cà

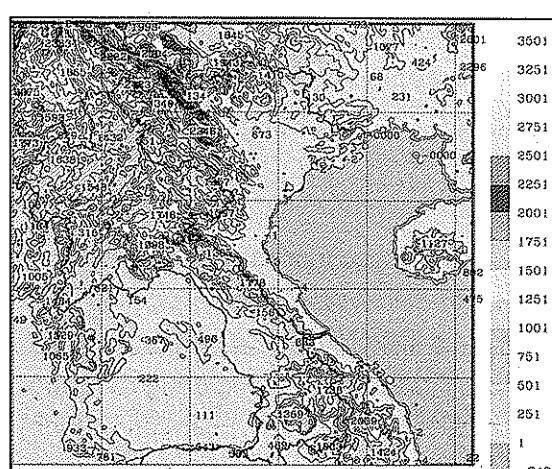
Cụ thể, chuỗi số liệu thử nghiệm bao gồm 4 ngày bắt đầu từ 14/10/2010 cho đến 17/10/2010 với tất cả các thời điểm tích phân được thực hiện tại 12UTC (tức 19h tối) cho đến hạn dự báo 36h đối với mô hình BOLAM, và tại 18UTC (tức 01h đêm giờ Việt Nam) cho đến hạn dự báo 30h đối với mô hình MOLOCH (hình 2). Với thiết lập này, cả hai mô hình có thể cung cấp được trường mưa dự báo kéo dài toàn bộ thời kỳ mô phỏng. Đối với từng mô hình,

yếu tố đánh giá là tổng lượng mưa tích lũy từ hạn dự báo +12h đến đến hạn dự báo +36h đối với mô hình BOLAM và từ hạn dự báo +6h đến hạn dự báo +30h đối với mô hình MOLOCH (Hình 2).

Số liệu từ mô hình toàn cầu GFS (NCEP) dưới dạng mã grib2 trên lưới kinh vĩ điêu hòa có độ phân giải ngang 0.5×0.5 độ (khoảng 55km) trên 47 mực áp suất chuẩn (từ 1000hPa cho đến 10hPa) từng ba giờ được sử dụng làm điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình BOLAM. Miền tính của BOLAM, có độ phân giải ngang 11km với 322×322 điểm lưới theo phương ngang và 50 mực thẳng đứng, có điểm lưới góc Tây Nam là 90E và 0N. Đầu ra của BOLAM là các trường khí quyển được xuất từng giờ một được sử dụng làm điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô phỏng lưới tinh hơn của mô hình MOLOCH (độ giải giải ngang 2.8 km với 402×402 điểm lưới ngang và 54 mực thẳng đứng, điểm lưới góc Tây Nam là 100E và 14N), đây là thủ tục chạy lưới lồng tương tác một chiều (Hình 3).



Hình 2. Cấu hình mô phỏng cho đợt mưa lớn tháng 10/2010



Hình 3. Miền tính của mô hình BOLAM (trái) và MOLOCH (phải)

Trong quá trình ban đầu hóa (chuẩn bị các điều kiện ban đầu và biên xung quanh cập nhập theo thời gian), ngoài số liệu các trường khí tượng từ mô hình toàn cầu, mô hình cũng cần sử dụng số liệu về các thông số bề mặt như độ cao địa hình, thảm phủ thực vật, dạng đất, độ gồ ghề, mặt nạ đất-biển, Tuy nhiên, do đây là những trường tính và chỉ cần

tính trước khi chạy mô hình nên cập nhập theo thời gian thực là không cần thiết. Hiện tại, hai mô hình đang sử dụng tập số liệu địa hình USGS có độ phân giải ngang 0.9 km, dạng đất từ FAO với độ phân giải ngang 8 km và tập số liệu sử dụng đất và thực vật có độ phân giải 0.9 km. Cấu hình chi tiết của thử nghiệm được tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1. Cấu hình thử nghiệm

		BOLAM	MOLOCH
Độ phân giải ngang		11 km (322 x 322 điểm)	2.8 km (402 x 402 điểm)
Điểm lưới góc Tây Nam		90E, 0N	100E, 14N
Số mực thẳng đứng		50	54
Bước thời gian		120s	24s
Điều kiện ban đầu	Khí quyển	GFS 0.5 x 0.5 độ	BOLAM 11km
	Địa hình	USGS 0.9km	USGS 0.9km
	Đất	FAO 8km	FAO 8km
Điều kiện biên xung quanh		GFS 0.5 độ, từng 3 giờ	BOLAM 1km, từng 1 giờ
Hạn dự báo		36h	30h

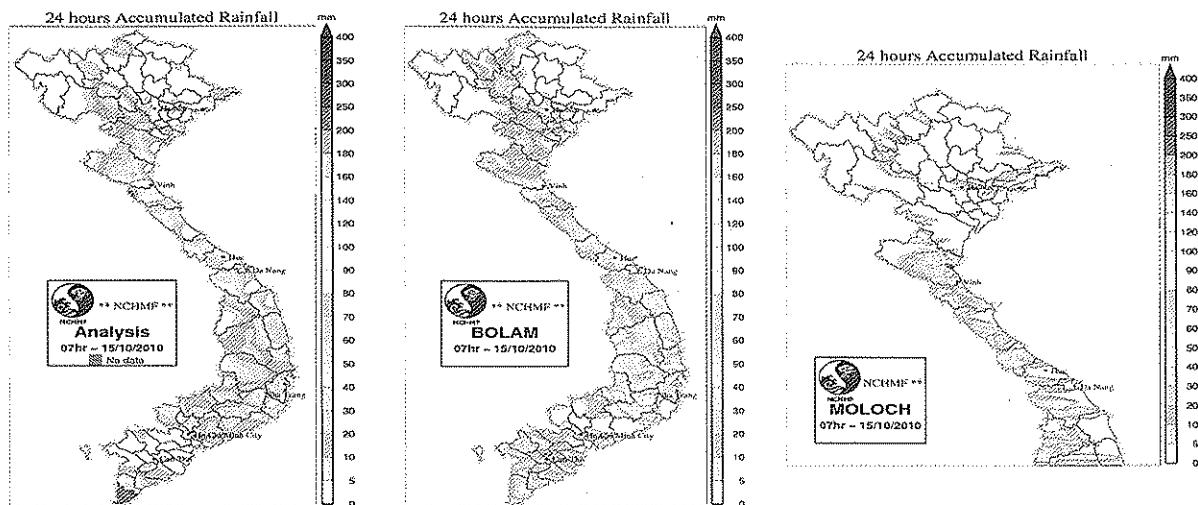
b. Kết quả thử nghiệm

Trường mưa tích lũy 24 giờ dự báo từ mô hình BoLAM và MOLOCH trong toàn bộ thời gian thử nghiệm sẽ hiển thị để so sánh với bản đồ mưa quan trắc tương ứng. Như đã trình bày ở trên, do trong đợt thử nghiệm này hệ thống mô hình BoLAM và MOLOCH được thực hiện dự báo tác biệt cho 2 thời điểm ban đầu là tại 00UTC và 12UTC, do đó, các phân tích kết quả dự báo dưới đây cũng sẽ tách biệt cho hai phiên dự báo này.

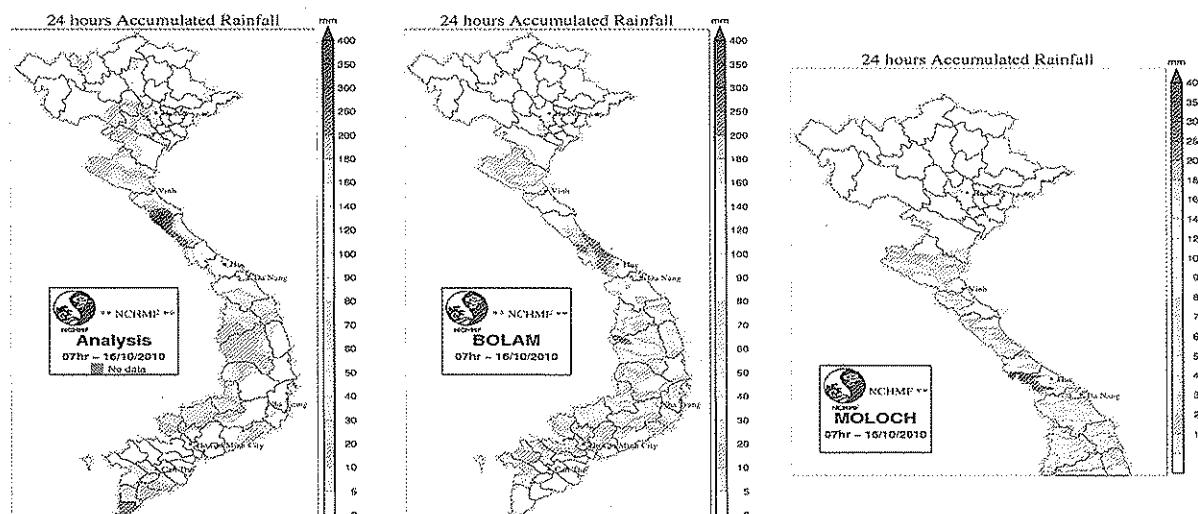
Cụ thể, đối với các dự báo bắt đầu từ 00UTC từ ngày 13/10/2010 đến 17/10/2010, giữa ngày 13 và 14/10/2010, trên toàn bộ lưu vực sông Cả có mưa yếu (Hình 4) trong đó khu vực xung quanh và phía Bắc Vinh có mưa trung bình. Không mô hình nào biểu diễn được vùng mưa yếu và trung bình. Tuy nhiên, cả 2 mô hình đều biểu diễn được vài tâm mưa địa phương rải rác dọc theo bờ biển, phần nào tương đồng với số liệu quan trắc. Lượng mưa trong 24 giờ tiếp theo được biểu diễn trong hình 5. Toàn bộ khu vực phía Nam của Vinh có mưa với lượng lớn hơn 100mm/24h, trong đó có vài khu vực miền núi có lượng mưa hơn 200 mm/24h. Có thể thấy, BoLAM

cho lượng mưa dự báo thấp hơn quan trắc, nhưng đúng về vị trí của vùng mưa. Dù tâm mưa cực đại dự báo nằm dọc theo bờ biển, thay vì khu vực vùng núi như quan trắc. Tuy nhiên, kết quả dự báo tương đối tốt cho khu vực lưu vực sông Cả, trong đó mưa tập trung ở phía Tây thành phố Vinh. Trong khi đó, vùng mưa dự báo của mô hình MOLOCH hơi lệch về phía Bắc, và lượng mưa cũng thấp hơn so với quan trắc. Trong 2 ngày tiếp theo trên lưu vực sông Cả, đặc biệt là khu vực xung quanh và phía Nam của vùng chau thổ chịu ảnh hưởng của mưa lớn (Hình 6 và 7). Trong khi MOLOCH không dự báo được giai đoạn mưa đầu tiên, vùng mưa dự báo lệch quá nhiều về phía Nam cũng như lượng mưa dự báo thấp hơn thực tế trên khu vực lưu vực sông Cả, kết quả của mô hình BOLAM có sự tương đồng tốt với quan trắc. BOLAM đã biểu diễn được vùng mưa lớn phía Nam thành phố Vinh, tuy nhiên vùng mưa quanh Huế lại rộng hơn so với quan trắc. Giữa ngày 16 và 17/10, kết quả dự báo từ cả 2 mô hình đều tương đối tốt: lượng mưa hơn 200 mm/24h xung quanh thành phố Vinh và lưu vực sông Cả. Trong ngày cuối cùng 18/10, cả 2 mô hình đều đã nắm bắt được lượng mưa giảm dần (Hình 8).

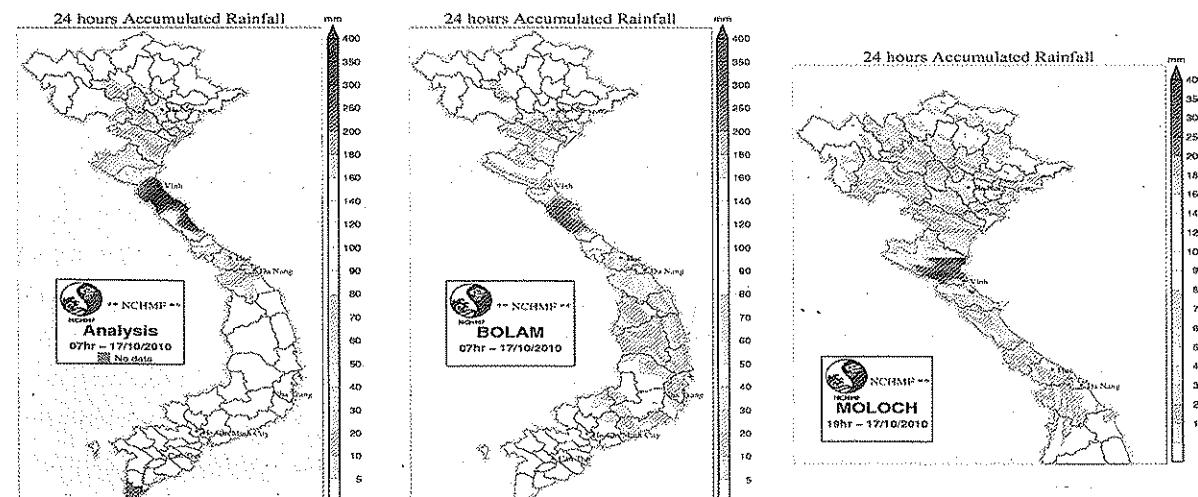
Nghiên cứu & Trao đổi



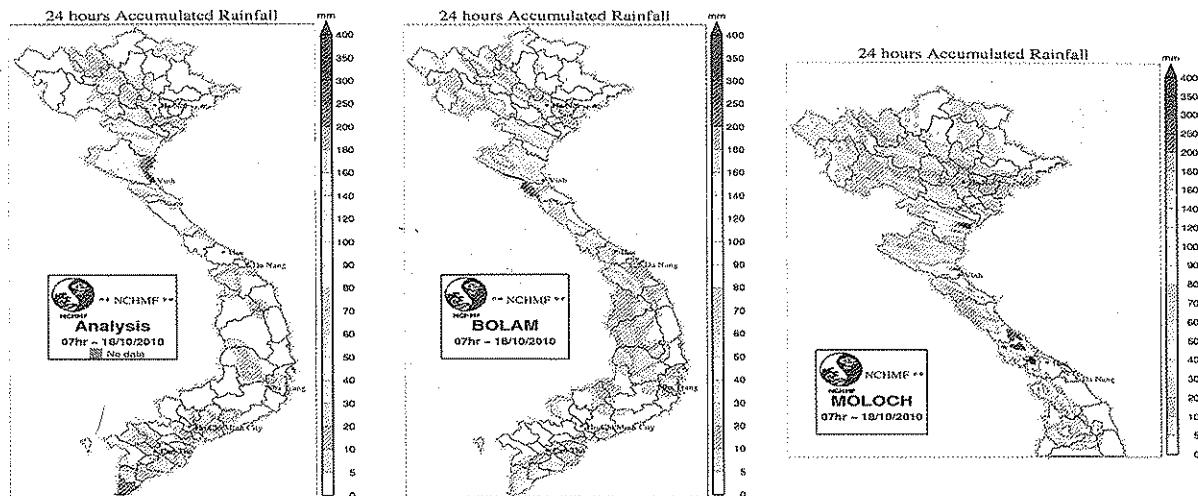
Hình 4. Lượng mưa tích lũy 24h từ 12UTC 13/10/2010 đến 12UTC 14/10/2010. Số liệu quan trắc (trái) và dự báo từ mô hình BoLAM (giữa) và MOLOCH (phải)



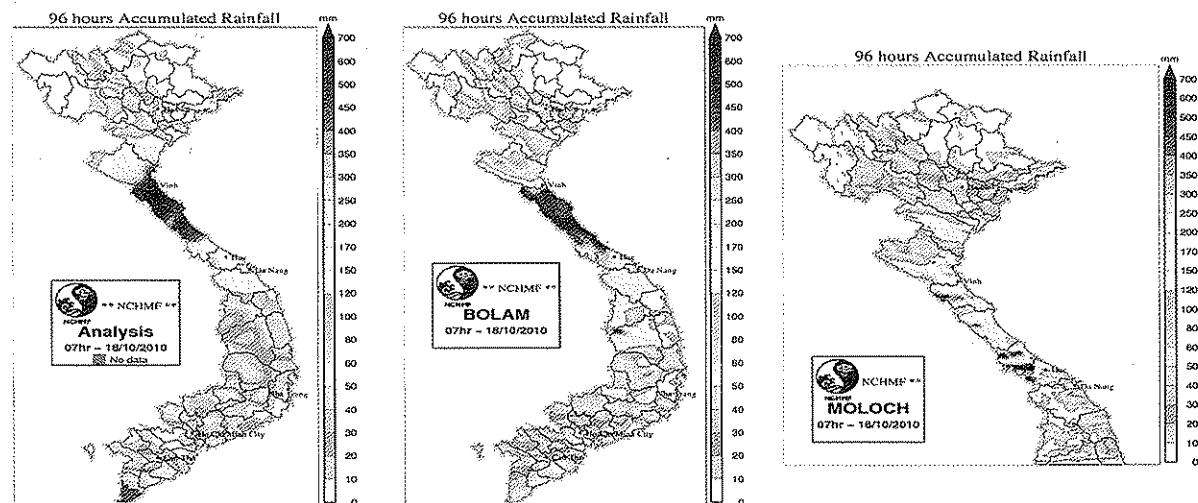
Hình 5. Tương tự hình 4 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 12UTC 14/10/2010 đến 12UTC 15/10/2010



Hình 6. Tương tự hình 4 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 12UTC 15/10/2010 đến 12UTC 16/10/2010



Hình 7. Tương tự hình 4 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 12UTC 16/10/2010 đến 12UTC 17/10/2010



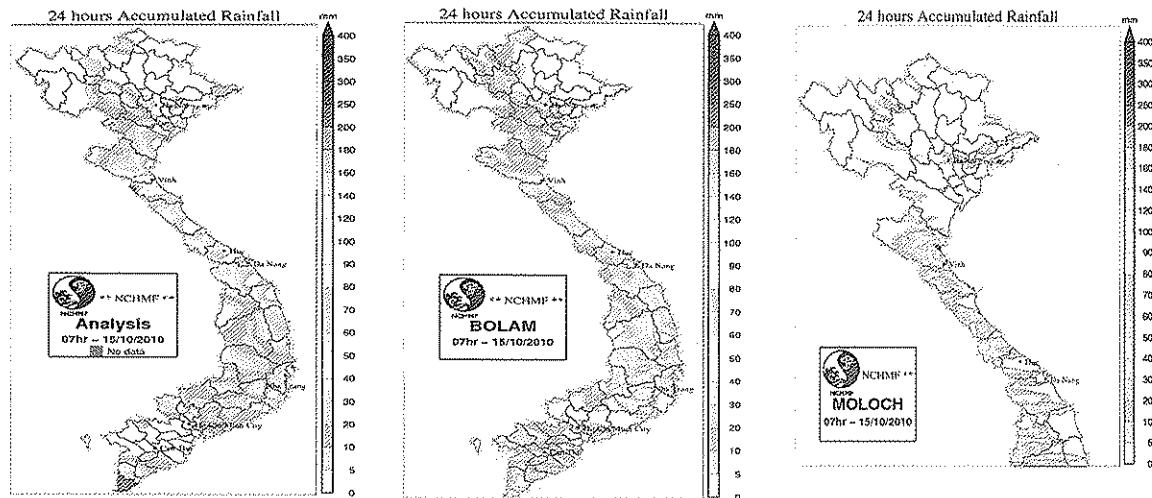
Hình 8. Tương tự hình 4 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 12UTC 17/10/2010 đến 12UTC 18/10/2010

Đối với các dự báo bắt đầu từ 12UTC từ ngày 13/10/2010 đến 17/10/2010, trong ngày 14/10/2010, số liệu quan trắc thể hiện vùng mưa lớn trên khu vực lưu vực sông Cà, với lượng mưa tổng cộng vượt quá 200 mm/24h (Hình 9). Các vùng mưa yếu hơn phân bố hầu hết lãnh thổ Việt Nam ngoại trừ khu vực miền núi phía Bắc. Cả 2 mô hình đều đã biểu diễn được vùng mưa lớn, mặc dù với lượng mưa thấp hơn quan trắc. Trong đó mô hình MOLOCH đã dự báo được lượng mưa hơn 200 mm/24h. Tuy nhiên, so với quan trắc, tâm mưa cực đại hơi lệch về phía bờ biển và lệch khoảng 20 km về phía Bắc. Đối với khu vực phía Nam, trường mưa dự báo của BoLAM lại cao hơn so với quan trắc.

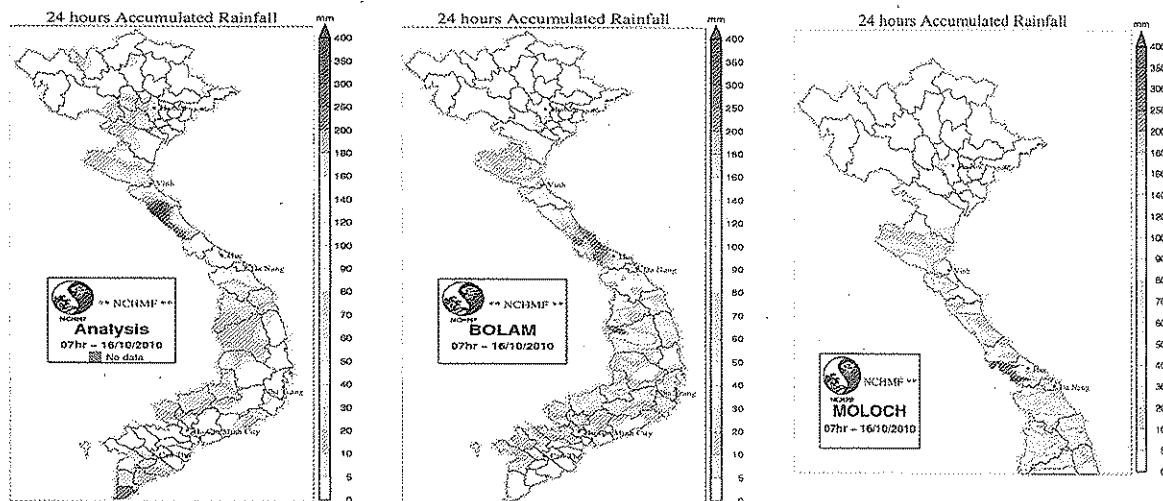
Trong ngày tiếp theo, giữa thời điểm 00 UTC ngày 15 và 16/10, tâm mưa lớn (hơn 200 mm/24h), do

chiều ảnh hưởng của địa hình, dịch chuyển về phía Nam giữa Vinh và Huế (hình 10). Mô hình BoLAM đã phần nào nắm bắt được vùng mưa lớn. Tuy nhiên, tâm mưa dự báo của BoLAM lệch về phía biển thay vì khu vực núi bên trong. Mặt khác, kết quả của MOLOCH đã thể hiện được mưa dồn vào bên trong trên khu vực núi, nhưng rõ ràng dự báo chưa tốt cả về lượng và vùng mưa bao phủ. So với số liệu quan trắc, MOLOCH chỉ thể hiện được một vùng mưa lớn nhỏ gần Huế. Trong toàn bộ 2 ngày tiếp theo, hiện tượng mưa lớn đều hiện diện trên lưu vực sông Cà, với lượng mưa trên 300 mm/24h. Vùng mưa lớn xung quanh khu vực Vinh kéo dài 100km dọc theo bờ biển, song song với các dãy núi. Cả 2 mô hình đều đã dự báo được tương đối tốt vùng mưa lớn này (Hình 11 và 12).

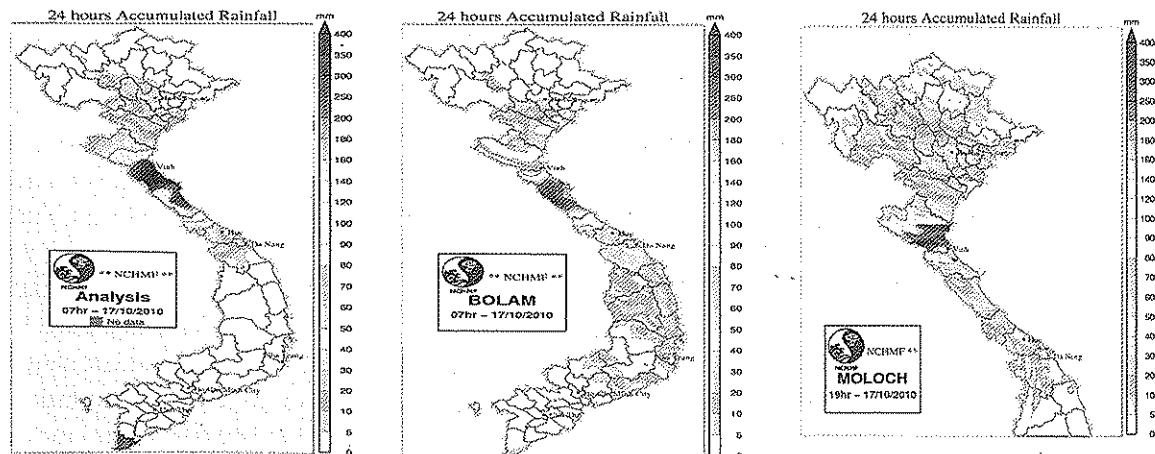
NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI



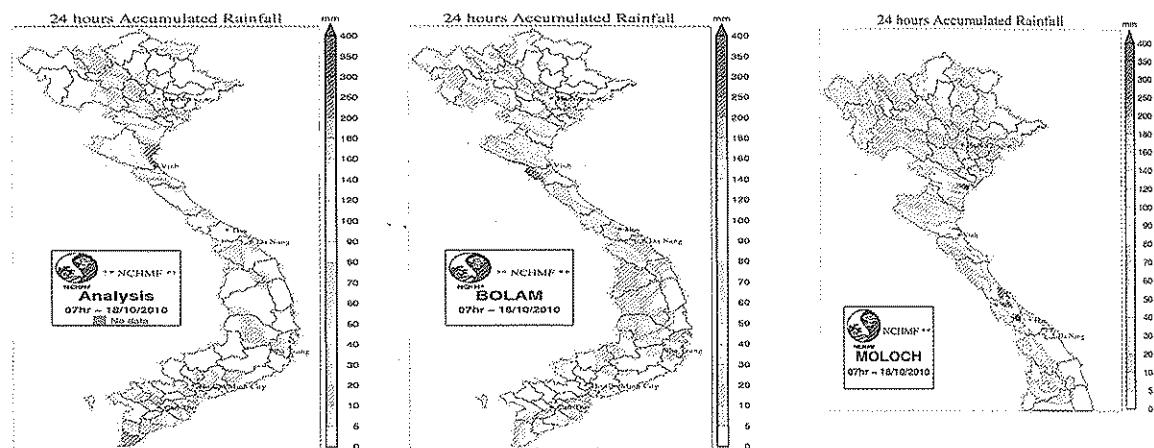
Hình 9. Lượng mưa tích lũy 24h từ 00UTC 14/10/2010 đến 00UTC 15/10/2010. Số liệu quan trắc (trái) và dự báo từ mô hình BoLAM (giữa) và MOLOCH (phải)



Hình 10. Tương tự hình 2.2.15 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 00UTC 15/10/2010 đến 00UTC 16/10/2010.



Hình 11. Tương tự hình 2.2.15 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 00UTC 16/10/2010 đến 00UTC 17/10/2010.



Hình 12. Tương tự hình 2.2.15 nhưng cho lượng mưa tích lũy 24h từ 00UTC 17/10/2010 đến 00UTC 18/10/2010

So sánh giữa trường lượng mưa tổng cộng của cả đợt dự báo đối với các dự báo bắt đầu từ 00UTC (Hình 13) và 12UTC (Hình 14) cho chúng ta cái nhìn tổng quan về kết quả dự báo của hệ thống mô hình BoLAM và MOLOCH đối với đợt mưa lớn nói trên. Số liệu quan trắc cho thấy mưa lớn với tổng lượng hơn 200 mm trên cả vùng ven biển và vùng núi, kéo dài từ lưu vực sông Cà đến Huế, trong đó vùng có lượng mưa 500 mm tương đối rộng. Mô hình BoLAM cho kết quả dự báo tốt trên khu vực phía Nam lưu vực sông Cà, với lượng mưa tích lũy hơi thấp hơn so với quan trắc, khoảng 400 mm. Tuy nhiên, đối với khu vực phía Bắc của lưu vực sông Cà, lượng mưa dự báo thấp hơn tương đối nhiều so với quan trắc (khoảng hơn 100 mm so với hơn 200 mm). Ngược lại, kết quả dự báo từ mô hình MOLOCH có xu hướng thiên thấp, với lượng mưa dự báo đạt tới 400 mm chỉ trên một khu vực rất nhỏ. Tuy vậy, phân bố không gian của mưa có sự phù hợp tương đối với quan trắc và tâm mưa cực đại dự báo chính xác trên vùng núi. Đặc biệt, trên lưu vực sông Cà, MOLOCH cho kết quả dự báo tốt hơn nhiều so với BoLAM, với vùng mưa lớn dọc theo bờ biển và phía Bắc Vinh với lượng mưa dự báo chính xác khoảng 200 mm.

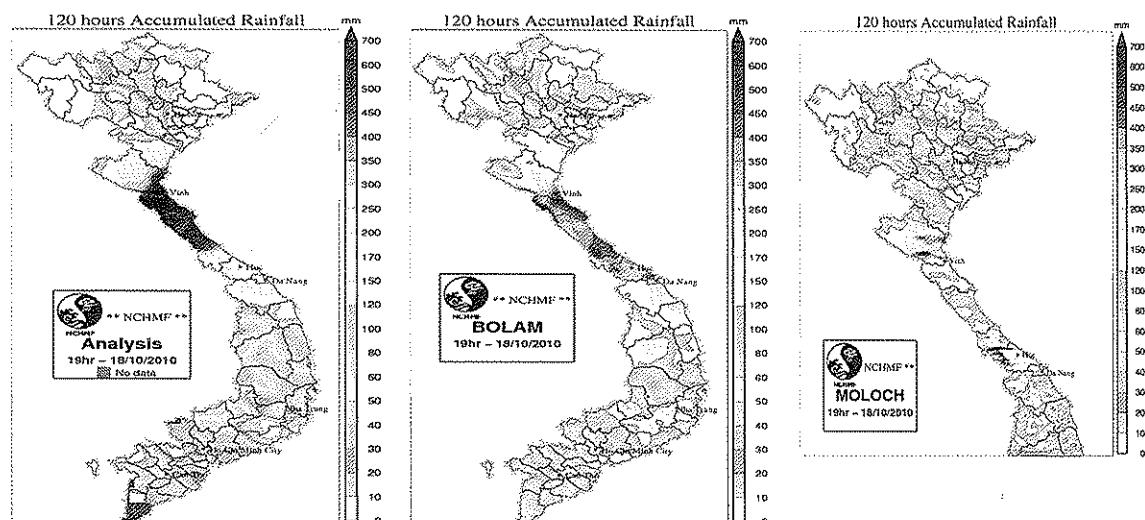
Để hiểu biết thêm về kết quả đánh giá chi tiết chất lượng dự báo mưa từ hệ thống mô hình BoLAM và MOLOCH trên lưu vực sông Cà, giá trị lượng mưa dự báo sẽ được nội suy về vị trí 7 trạm

khí tượng và đánh giá thông qua các chỉ số BIAS, CSI, POD và FAR với các ngưỡng mưa tích lũy 6 giờ là 0.1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 mm. Hình 15 đưa ra các kết quả tính toán 4 chỉ số đánh giá này cho từng ngưỡng mưa nghiên cứu. Cụ thể, kết quả đánh giá cho thấy dự báo mưa trên lưu vực sông Cà của mô hình MOLOCH tốt hơn so với mô hình BoLAM, đặc biệt là với các ngưỡng mưa lớn. Các giá trị thống kê của BoLAM giảm nhanh theo ngưỡng mưa tăng, và kết quả dự báo lượng mưa tích lũy 6h chỉ đạt đến giá trị cao nhất hơn 30 mm/6h. Hay nói cách khác, BoLAM không dự báo được đối với ngưỡng mưa trên 4 mm/6h. Ngược lại, ngoại trừ chỉ số dự báo khống FAR, MOLOCH đều cho kết quả tốt hơn BoLAM, trong đó các chỉ số BIAS và CSI đạt khoảng 0.5 đối với ngưỡng 20 mm/6h và khoảng 0.2 với ngưỡng 50 mm/6h. Nhìn chung, cả hai mô hình đều cho dự báo không tốt với các ngưỡng mưa từ 30 mm/6h trở lên.

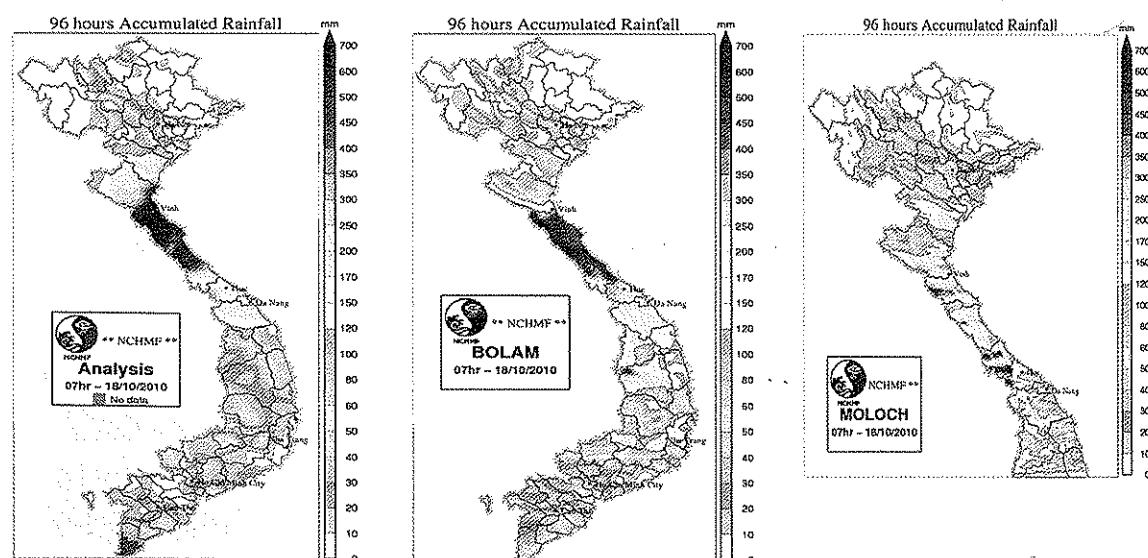
Tổng kết lại, cả hai mô hình đều đã nắm bắt được hiện tượng mưa lớn trên khu vực miền Trung Việt Nam trong đó có lưu vực sông Cà từ 14 đến 18/10/2010 nhưng về cơ bản cho dự báo định lượng thấp hơn so với thực tế, đặc biệt là tại các điểm có mưa lớn. Tuy trường hợp thử nghiệm này chưa thể hiện được hoàn toàn ưu thế của mô hình phi thủy tĩnh độ phân giải cao MOLOCH so với mô hình thủy tĩnh BoLAM, nhưng có thể thấy kết quả từ hai mô hình có một số khác biệt rõ ràng. BoLAM có

xu hướng cho mưa nhiều hơn MOLOCH, đặc biệt là phân bố theo không gian. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, BoLAM cho dự báo "khổng" ở khu vực phía nam Việt Nam. Mặt khác, MOLOCH cho trường mưa dự báo chi tiết hơn so với BoLAM, do độ phân giải cao hơn, và trong một số trường hợp, vùng mưa cực đại dự báo cũng chính xác hơn, như khu vực lưu vực sông Cà. Giá trị lượng mưa tích lũy tổng cộng của toàn bộ 4 ngày thử nghiệm cho thấy mô hình BoLAM có khả năng mô phỏng tương đối tốt mưa lớn. Tuy nhiên, tâm mưa có xu hướng lệch về

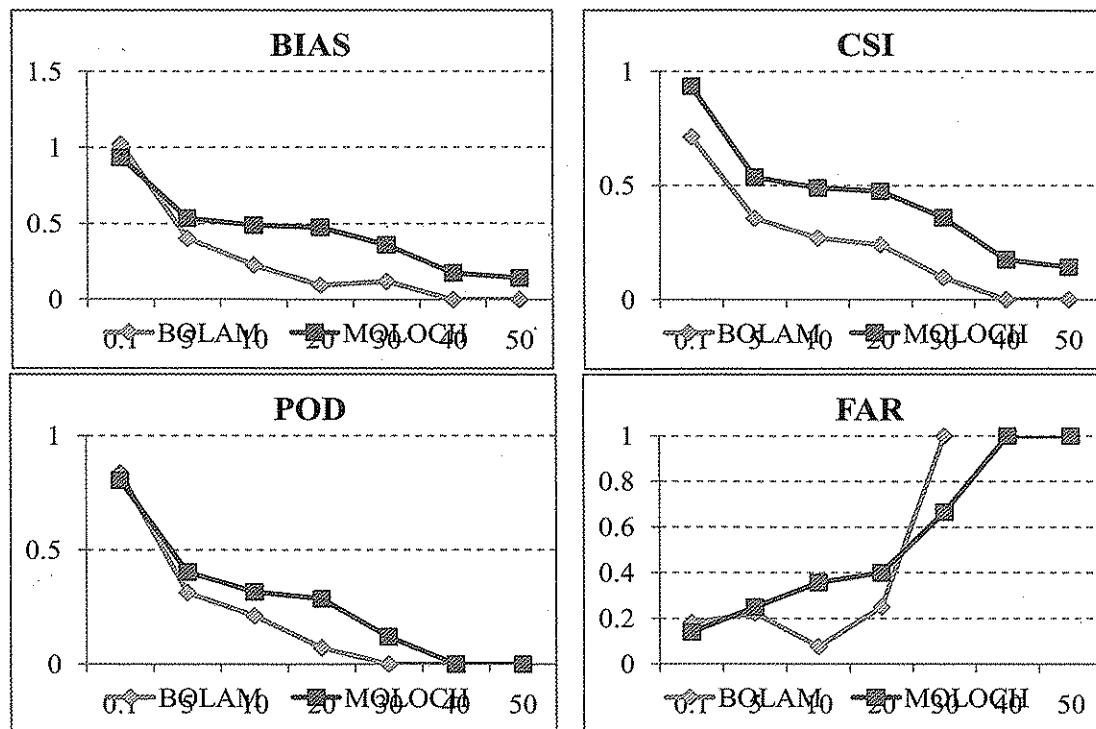
phía nam, cho thấy rằng có những sai số quy mô lớn tồn tại trong điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ mô hình toàn cầu. Những sai số này có thể đã được khuếch đại khi MOLOCH chạy lưới lồng với BoLAM. Một trường hợp thử nghiệm là chưa đủ để kiểm tra năng lực của hệ thống mô hình, đặc biệt là trên một khu vực nhỏ như lưu vực sông Cà. Do đó, cần tiến hành thêm những trường hợp thử nghiệm khác với hệ thống mô hình BoLAM và MOLOCH.



Hình 13. Lượng mưa tích lũy tổng cộng 120h từ 12UTC 13/10/2010 đến 12UTC 18/10/2010. Số liệu quan trắc (trái) và dự báo bắt đầu từ 00UTC của mô hình BoLAM (giữa), và MOLOCH (phải)



Hình 14. Lượng mưa tích lũy tổng cộng 96h từ 00UTC 14/10/2010 đến 00UTC 18/10/2010. Số liệu quan trắc (trái) và dự báo bắt đầu từ 12UTC của mô hình BoLAM (giữa), và MOLOCH (phải)



Hình 15. Kết quả tính toán các chỉ số thống kê BIAS, CSI, POD và FAR cho dự báo trường mưa tích lũy 6h từ mô hình BoLAM và MOLOCH đối với một số ngưỡng mưa trong đợt thử nghiệm 14-18/10/2010

4. Kết luận

Trong bài báo này đã tiến hành so sánh định tính và định lượng trường mưa tích lũy dự báo từ 2 mô hình BOLAM và MOLOCH với số liệu quan trắc cho một trường hợp thử nghiệm. Kết quả cho thấy rằng cả hai mô hình đều đã nắm bắt được hiện tượng mưa lớn trên khu vực miền Trung Việt Nam trong giai đoạn từ 14 đến 18/10/2010.

Tuy trường hợp thử nghiệm này chưa thể hiện được hoàn toàn ưu thế của mô hình phi thủy tĩnh độ phân giải cao MOLOCH so với mô hình thủy tĩnh BOLAM, kết quả từ 2 mô hình có một số khác biệt rõ ràng. BOLAM có xu hướng cho mưa nhiều hơn MOLOCH, đặc biệt là phân bố theo không gian. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, BOLAM cho dự báo "khống" ở khu vực phía Nam Việt Nam. Mặt khác, MOLOCH cho trường mưa dự báo chi tiết hơn so với BOLAM, do độ phân giải cao hơn, và trong một số trường hợp, vùng mưa cực đại dự báo cũng chính xác hơn, như khu vực lưu vực sông Cà. Những kết quả trên cho thấy có thể ứng dụng các phương pháp thống kê sau mô hình để hiệu chỉnh các kết

qua dự báo định lượng mưa trực tiếp từ mô hình BOLAM và MOLOCH như mạng thần kinh nhân tạo ANN, UMOS, GMOS và dự báo tổ hợp.

Giá trị lượng mưa tích lũy tổng cộng của toàn bộ 4 ngày thử nghiệm cho thấy mô hình BOLAM có khả năng mô phỏng tương đối tốt mưa lớn. Tuy nhiên, tần mưa cực có xu hướng lệch về phía Nam, cho thấy rằng có những sai số quy mô lớn tồn tại trong điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ mô hình toàn cầu. Những sai số này có thể đã được khuếch đại khi MOLOCH chạy lưới lồng với BOLAM. Một trường hợp thử nghiệm là chưa đủ để kiểm tra năng lực của hệ thống mô hình, đặc biệt là trên một khu vực nhỏ như lưu vực. Do đó, cần tiến hành thêm những trường hợp thử nghiệm khác với hệ thống mô hình BOLAM + MOLOCH.

Cuối cùng, khả năng chạy mô hình BOLAM và MOLOCH với số liệu phân tích và dự báo của một số mô hình toàn cầu khác (như GSM, IFS, GME...) và với số liệu từ hệ đồng hóa số liệu 3DVAR sử dụng làm thành phần đầu vào cho hệ thống dự báo tổ hợp cũng đang được nghiên cứu thử nghiệm tại TTDB KTTVTU.

Tài liệu tham khảo

1. Buzzi, A., M. Fantini, P. Malguzzi and F. Nerozzi, 1994: Validation of a limited area model in cases of Mediterranean cyclogenesis: surface fields and precipitation scores. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 53, 137-153.
2. Buzzi, A., and L. Foschini, 2000: Mesoscale meteorological features associated with heavy precipitation in the southern Alpine region. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 72, 131-146.
3. Gebhardt, C., Theis, S., Krahe, P., and Renner, V., 2007: Experimental ensemble forecasts of precipitation based on a convection-resolving model. 3rd HEPEX workshop, Book of Abstracts, European Commission EUR22861EN, Thielen., J., J. Bartholmes J., and J. Schaake (Eds.), 54-57.
4. Geogelin, M., P. Bougeault, T. Black, N. Brzovic, A. Buzzi, J. Calvo, V. Cassé, M. Desgagné, R. El-Khatib, J. F. Geleyn, T. Holt, S.-Y. Hong, T. Kato, J. Katzfey, K. Kurihara, B. Lacroix, F. Lalaurette, Y. Lemaitre, J. Mailhot, D. Majewski, P. Malguzzi, V. Masson, J. McGregor, E. Minguzzi, T. Paccagnella and C. Wilson, 2000: The second COMPAR-E exercise: a model intercomparison using a case of a typical mesoscale orographic flow, the PYREX IOP3. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 991-1030.
5. Gyakum, J.R., M. Carrera, D.-L. Zhang, S. Miller, J. Caveen, R. Benoit, T. Black, A. Buzzi, C. Chouinard, M. Fantini, C. Folloni, J.J. Katzfey, Y.-H. Kuo, F. Lalaurette, S. Low-Nam, J. Mailhot, P. Malguzzi, J.M. McGregor, M. Nakamura, G. Tripoli and C. Wilson., 1996: A regional model intercomparison using a case of explosive oceanic cyclogenesis. *Wea. Forecasting*, 11, 521-543.
6. Nagata, M., L. Leslie, H. Kamahori, R. Nomura, H. Mino, Y. Kurihara, E. Rogers, R. L. Elsberry, B. K. Basu, A. Buzzi, J. Calvo, M. Desgagne, M. D'Isidoro, S.-Y. Hong, J. Katzfey, D. Majewski, P. Malguzzi, J. McGregor, A. Murata, J. Nachamkin, M. Roch, C. Wilson, 2001: A Mesoscale Model Intercomparison: A Case of Explosive Development of a Tropical Cyclone (COMPARE III). *J. Meteorol. Soc. Japan*, 79, 999-1033.
7. Richard, E., Buzzi, A., and Zängl, G., 2007: Quantitative precipitation forecasting in the Alps: the advances achieved by the Mesoscale Alpine Programme. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 133, 831-846.
8. Rotach, M.W., P. Ambrosetti, F. Ament, C. Appenzeller, M. Arpagaus, H.S. Bauer, A. Behrendt, F. Bouttier, A. Buzzi, M. Corazza, S. Davolio, M. Denhard, M. Dorninger, L. Fontannaz, J. Frick, F. Fundel, U. Germann, T. Gorgas, C. Hegg, A. Hering, C. Keil, M.A. Liniger, C. Marsigli, R. McTaggart-Cowan, A. Montani, K. Mylne, R. Ranzi, E. Richard, A. Rossa, D. Santos-Muñoz, C. Schär, Y. Seity, M. Staudinger, M. Stoll, H. Volkert, A. Walser, Y. Wang, J. Werhahn, V. Wulfmeyer, M. Zappa, 2009: MAP D-PHASE: Real-time Demonstration of Weather Forecast Quality in the Alpine Region. *Bull Amer Meteor Soc*, 90 (9), 1321–1336, DOI:10.1175/2009BAMS2776.1.