

# THỬ NGHIỆM SƠ ĐỒ THAM SỐ HOÁ ĐỐI LƯU HEISE TRONG MÔ HÌNH HRM DỰ BÁO MƯA LỚN KHU VỰC TRUNG BỘ

ThS. Vũ Thanh Hằng, TSKH. Kiều Thị Xin

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội

*Khu vực miền Trung nước ta với địa hình phức tạp, khi có mưa lớn thường gây ra lũ lụt nên việc dự báo chính xác mưa là rất quan trọng đối với vấn đề cảnh báo lũ. Trong nghiên cứu này, tác giả thử nghiệm sơ đồ tham số hóa đối lưu Heise trong mô hình HRM để xem xét hiệu ứng bất ổn định của giả thiết khép kín đối với sự hình thành mây - mưa đối lưu sâu. Kết quả thử nghiệm cho 10 đợt mưa lớn năm 2003-2004 được so sánh với số liệu thám sát trên khu vực nghiên cứu.*

## 1. Mở đầu

Mùa mưa khu vực miền Trung thường kéo dài từ tháng 8 đến tháng 12, mưa lớn đặc biệt tập trung vào các tháng 9, 10 và 11. Các hình thể thời tiết gây mưa chủ yếu đối với khu vực này là do hoàn lưu bão, dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), gió mùa đông bắc hay sự kết hợp phức tạp của các hình thể này với địa hình. Sườn núi dốc của dãy Trường Sơn tạo ra dòng thăng bổ sung khi hoàn lưu ẩm đi đến từ Biển Đông làm tăng cường sự cuốn hút ẩm vào khu vực này để tạo ra mưa cực lớn trong phạm vi hẹp. Vấn đề dự báo mưa với tác động phối hợp của địa hình đang là bài toán nan giải hiện nay về lý thuyết cũng như trong dự báo tác nghiệp. Mô hình thủy tĩnh, như HRM, một mặt do độ phân giải chưa đủ cao để mô tả đúng độ dốc địa hình, mặt khác không tính được hiệu ứng phi thủy tĩnh thường bộc lộ mạnh trên sườn núi dốc. Hơn thế nữa, sự hạn chế về lý thuyết động lực ở vùng nhiệt đới-xích đạo trong mô hình cùng với sự hạn chế thám sát ở nhiệt đới chưa tạo ra được trường ban đầu tốt. Do đó, các mô hình số hiện nay chưa thể dự báo tốt các quá trình gắn liền với sóng xích đạo kiểu như sóng đông trên khu vực Biển Đông, trong khi loại sóng này đóng góp quan trọng đối với mưa khu vực miền Trung. Trong quá trình hình thành mưa trên khu vực này, quá trình phát triển đối lưu có vai trò quyết định, nhưng vẫn phải tham

số hoá bằng các sơ đồ khác nhau trong các mô hình dự báo khí quyển với độ phân giải hiện nay. Các sơ đồ này có thể phân làm ba loại: sơ đồ chi phí ẩm (như Kuo, 1965 [9], 1974 [10]; Anthes, 1977a [1]), sơ đồ điều chỉnh đối lưu (Manabe & CS, 1965 [11]; Betts, 1986 [3]; Betts và Miller, 1993 [4]) và sơ đồ kiểu dòng khối (Arakawa và Schubert, 1974 [2]; Tiedtke, 1989 [12]; Kain và Fritsch, 1990 [8]; Emanuel, 1991 [6]; Grell, 1993 [7]). Cuối những năm 80, các sơ đồ kiểu dòng khối (Tiedtke, 1989 [12]; Arakawa-Schubert, 1974 [2]) được áp dụng thành công trong các mô hình nghiệp vụ như ở Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia của Mỹ (NCEP), Cơ quan Khí tượng Nhật bản (JMA) và Trung tâm Dự báo Khí tượng hạn vừa Châu Âu (ECMWF).

Mô hình dự báo thời tiết khu vực phân giải cao HRM được phát triển tại Tổng cục Khí tượng Cộng hòa Liên bang Đức (DWD) cũng sử dụng sơ đồ Tiedtke (1989) [12]. Kết quả áp dụng HRM vào dự báo thời tiết khu vực hạn chế Việt Nam-Biển Đông với sơ đồ Tiedtke cho thấy: lượng mưa dự báo từ HRM cho các ngưỡng mưa lớn (>50mm) thường cao hơn so với thực tế và nhỏ hơn đối với các ngưỡng mưa nhỏ (Kiều Thị Xin và CS, 2005) [14]. Kết quả này cho thấy sự chưa thích hợp của sơ đồ Tiedtke đối với khu vực nhiệt đới. Nordeng T. E đã cải tiến sơ đồ tham số hoá đối lưu Tiedtke

Người phản biện: ThS. Võ Văn Hoà

bằng đưa vào hiệu ứng của lực nổi để hiệu chỉnh trong cách tính thông lượng khối lượng dòng thăng tại chân mây  $(M_u)_B$ . Kết quả nghiên cứu của K. T. Xin và V. T. Hằng (2005) [13] cho thấy sự khác biệt trong kết quả dự báo mưa khi đưa vào cải tiến của Nordeng là không lớn bởi lẽ việc xác định  $(M_u)_B$  về cơ bản vẫn dựa vào hội tụ ẩm mực thấp. Trong nghiên cứu này tác giả nghiên cứu cải tiến sơ đồ tham số hoá đối lưu Tiedtke bằng giả thiết khép kín mô hình mây trong đối lưu

sâu của Heise và phân tích kết quả dựa trên sản phẩm dự báo mưa của mô hình HRM cho khu vực miền Trung với sử dụng hai sơ đồ này.

Về cơ bản sơ đồ tham số hóa đối lưu Heise là một cải tiến của sơ đồ Tiedtke. Trong sơ đồ Tiedtke giả thiết khép kín mô hình mây trong đối lưu sâu là tính thông lượng khối lượng dòng thăng tại chân mây được xác định dựa vào hội tụ ẩm qui mô lớn ở mực thấp dưới dạng:

$$[M_u(q_u - \bar{q}) + M_d(q_d - \bar{q})]_B = - \int_0^B \left( \bar{v} \cdot \nabla \bar{q} + \bar{w} \frac{\partial \bar{q}}{\partial z} + \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial}{\partial z} (\bar{\rho} \bar{w} \bar{q}) \right) \bar{\rho} dz \quad (1)$$

Trong đó  $M_u$  và  $M_d$  tương ứng là thông lượng khối lượng trong dòng thăng và dòng giáng. Số hạng cuối trong ngoặc ở vế phải là phần đóng góp sinh ra do chuyển động rối. Gạch ngang chỉ giá trị trung bình và chỉ độ cao chân mây. Điểm khác biệt duy nhất của sơ đồ Heise so với sơ đồ Tiedtke là thay cho xác định thông lượng khối lượng dòng thăng tại chân mây  $(M_u)_B$  trong đối lưu sâu theo (1) bằng xác định độ bất ổn định được coi là tỉ lệ với thế năng đối lưu khả năng (CAPE) theo biểu thức (2) dưới đây:

$$CAPE = \int_{cloud} \left( \frac{g}{T_v} (T_v - \bar{T}_v) - gl \right) dz \quad (2)$$

với và xác định bởi:

$$CAPE = \int_{cloud} \left( \frac{g}{T_v} (T_v - \bar{T}_v) - gl \right) dz \quad (3)$$

Trong đó là nhiệt độ ảo và là lượng nước lỏng trong mây.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chạy mô hình HRM với độ phân giải ngang 14km và 31 mực thẳng đứng (ký hiệu là H14-31) với sử dụng hai khép mô hình mây trong đối lưu sâu theo (1) và (2), so sánh dự báo mưa với nhau và với mưa thám sát trên lãnh thổ nghiên cứu.

### 3. Kết quả và đánh giá

**Bảng 1. Mười đợt mưa lớn được thử nghiệm của hai năm 2003-2004**

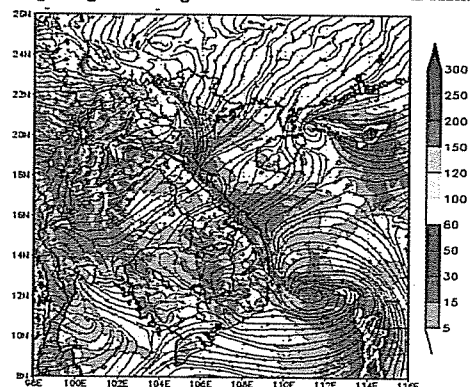
| STT | Ngày/tháng    | Lượng mưa phổ biến (mm) | Nguyên nhân gây mưa                                 |
|-----|---------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1   | 24-25/09/2003 | 100-200                 | ITCZ kết hợp với không khí lạnh                     |
| 2   | 14-20/10/2003 | 300-500                 | ITCZ kết hợp với không khí lạnh                     |
| 3   | 10-14/11/2003 | 200-400                 | Không khí lạnh, hoạt động của đới gió đông bắc mạnh |
| 4   | 09-13/09/2004 | 80-120                  | Không khí lạnh nén dải thấp                         |
| 5   | 17-19/09/2004 | 100-200                 | ITCZ và ATNĐ đổ bộ vào Huế-Quảng Nam                |
| 6   | 02-04/10/2004 | 100-200                 | Không khí lạnh và hội tụ gió trên cao               |
| 7   | 23-24/10/2004 | 80-150                  | Không khí lạnh và hội tụ gió trên cao               |
| 8   | 27-29/10/2004 | 50-100                  | Không khí lạnh và hội tụ gió trên cao               |
| 9   | 15-18/11/2004 | 100-200                 | Không khí lạnh và hội tụ gió trên cao               |
| 10  | 23-28/11/2004 | 300-500                 | Không khí lạnh, hội tụ gió rìa tây bắc và bão số 4  |

Trong các sơ đồ tham số hóa đối lưu theo kiểu dòng khối việc xác định thông lượng khối ở chân mây để khép kín mô hình mây có vai trò quan trọng để xác định đúng lượng ẩm khả năng tạo mây đối lưu sâu và mưa đối lưu. Việc so sánh chi tiết hai kết quả dự báo mưa đối lưu sâu với khép kín mô hình mây theo (1) của Tiedtke (H14-31/TK) và khép kín mô hình

mây theo (2) của Heise (H14-31/HS) với nhau và với mưa thám sát chừng mực nào đó giải thích cơ chế hội tụ ẩm hay cơ chế bất ổn định là thống trị hơn trong sự hình thành mây-mưa đối lưu sâu ở miền Trung. H14-31 với tham số hoá đối lưu theo hai sơ đồ trên được chạy cho 10 đợt mưa lớn ở khu vực miền Trung của hai năm 2003-2004 (bảng 1).

Trường dòng và trường mưa +24h 2003092400Z-HRM14

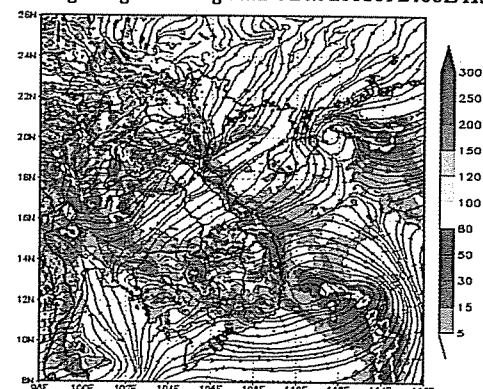
Trường dòng và trường mưa +24h 2003092400Z-HRM14



(a)

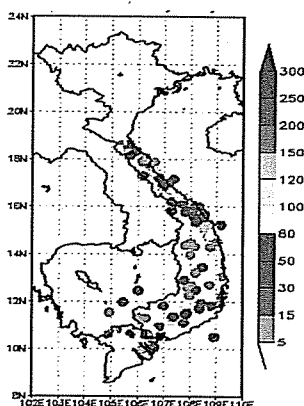
Trường dòng và trường mưa +24h 2003092400Z-HS

Trường dòng và trường mưa +24h 2003092400Z-HS

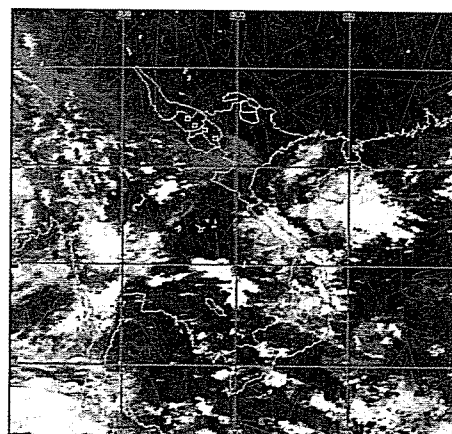


(b)

AccRain 24h 24/09/2003



(c)



(d)

**Hình 1. Lượng mưa tích lũy 24h, ngày 24/09/2003: (a) Dự báo của H14-31/TK, (b) Dự báo của H14-31/HS, (c) Mưa phân tích, (d) ảnh mây vệ tinh lúc 06Z, 24092003**

Biểu diễn trường mưa tích lũy 24h ngày 24/09/2003 (Hình 1) cho thấy, phân bố trường dòng và trường mưa của hai phiên bản H14-31/TK và H14-31/HS không khác nhau nhiều. Đây là trường hợp mưa sinh ra do tác động phối hợp của không khí lạnh với ITCZ, nghĩa là do tác động phối hợp của hội tụ ẩm trong hoàn lưu gió mùa và bất ổn định trong các ổ

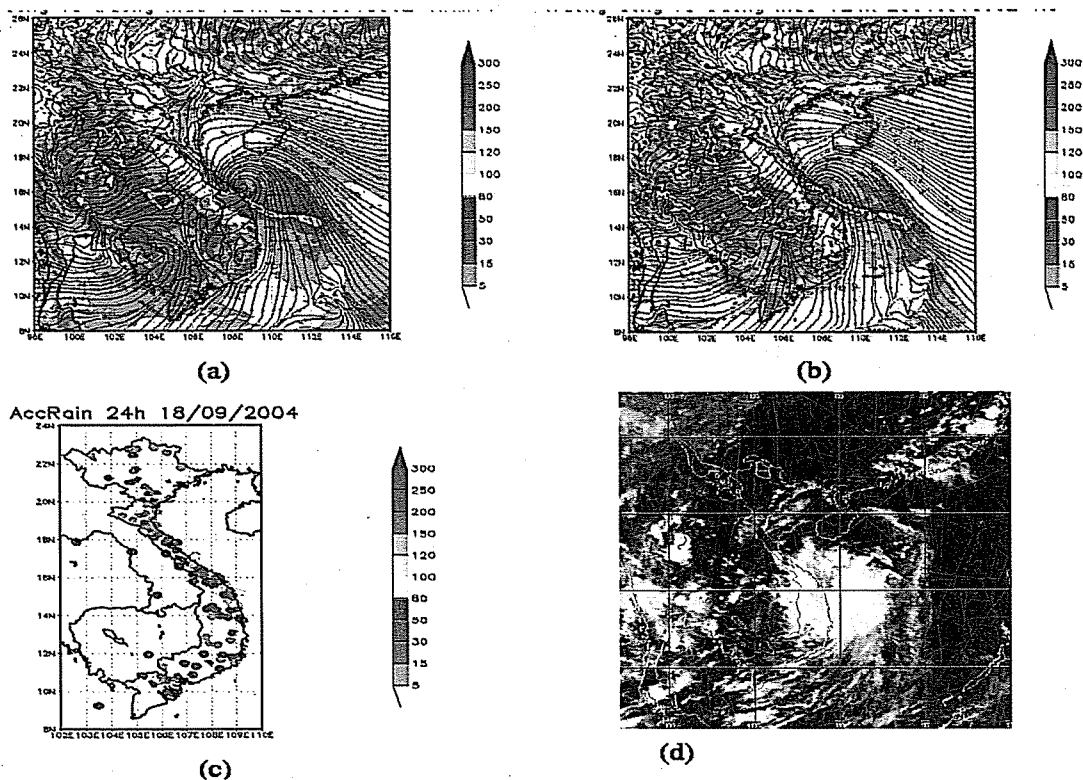
đối lưu của ITCZ cũng như bên sườn đón gió của dãy núi cao. Chính vì vậy, cả hai phiên bản H14 - 31/TK và H14 - 31/HS đều cho phân bố diện mưa tương đối giống nhau và khá phù hợp với thám sát đặc biệt ở khu vực miền Trung nơi có tác động của địa hình chắn gió Đông Bắc gây mưa lớn ở đây. Tuy nhiên, về lượng H14 - 31/HS cho mưa cực đại đạt tới

~200mm tương đồng với lượng mưa thám sát thể hiện phiên bản này đã mô tả tốt hơn vai trò của bất ổn định trong các ổ đối lưu của ITCZ. Trong khi đó, H14 - 31/TK cho lượng mưa thấp hơn thám sát nhiều vì nó chỉ mô phỏng chủ yếu được ẩm và do đó mưa sinh ra nhờ quá trình hội tụ mực thấp. Đối với đợt mưa

(14-20/10/2003) sinh ra bởi tác động phối hợp của ITCZ và không khí lạnh, mô hình cũng cho kết quả dự báo tương tự. Đó là H14 - 31/HS cho dự báo tốt hơn cả về vị trí vùng mưa và lượng mưa so với H14 - 31/TK. Kết quả này khẳng định lại vai trò của bất ổn định trong quá trình hình thành lượng mưa nhiệt đới.

Trường dòng và trường mưa +24h 2004091800Z-HRM14

Trường dòng và trường mưa +24h 2004091800Z-HS



Hình 2. Lượng mưa tích lũy 24h ngày 18/09/2004: a) Dự báo của H14-31/TK, b) Dự báo của H14-31/HS, c) Mưa phân tích, d) Ảnh mây vệ tinh lúc 06Z, 18/09/2004

Đợt mưa lớn (17-19/09/2004) ở ven biển miền Trung sinh ra dưới tác động phối hợp của ITCZ và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) với lượng mưa thực đo phổ biến 100-200 mm/72h, tập trung xung quanh Tp. Huế và Quảng Nam (hình 2c). Cơ chế chính gây mưa trong cả hai hình thế ITCZ và ATNĐ là bất ổn định trong các ổ đối lưu sâu nhiệt đới. Khi ATNĐ đi vào ven bờ gặp dãy Trường Sơn được bổ sung thêm phần bất ổn định sinh ra bởi địa hình. Sự kết hợp này gây nên vùng mưa rất lớn trên đất

liền từ 14 đến 18 độ vĩ bắc như thỏm sốt trên Hình 2c. Sơ đồ Heise tính đến vai trò bất ổn định nhiều hơn (thay công thức tính dòng khối (1) bằng (2) nên kết quả dự báo của H14-31/HS khá phù hợp với thám sát cả về vị trí và cường độ (so sánh ảnh trên 2b với ảnh trên 2c), trong khi theo cơ chế hình thành mưa nhờ hội tụ ẩm mực thấp của Tiedtke H14-31/TK chỉ dự báo được vùng mưa cực đại trên bờ biển chứ không đạt đến lục địa miền Trung (Hình 2a).

So sánh cường độ mưa dự báo của hai phiên bản H14-31/TK và H14-31/HS với cường độ mưa thám sát ở một số trạm cho trong bảng 2 ta cũng thấy, nhìn chung phiên bản H14-31/HS cho dự báo lượng mưa gần mưa thực

hơn so với H14-31/TK, tuy nhiên mưa mô hình luôn thấp hơn mưa thực. Đặc điểm này còn được khẳng định bởi hầu hết sai số dự báo trung bình (ME) nhỏ hơn không trong bảng 3.

**Bảng 2. Cường độ mưa tích lũy 24h của mô hình và đo thực, đợt mưa 17-19/9/2004**

| Ngày       | Trạm       | Kinh độ | Vĩ độ | H14-31/TK | H14-31/HS | Mưa đo |
|------------|------------|---------|-------|-----------|-----------|--------|
| 18/09/2004 | Sơn Giang  | 108.52  | 15.13 | 20.02     | 11.64     | 278    |
|            | Châu Ô     | 108.77  | 15.30 | 23.51     | 56.84     | 199    |
|            | Quảng Ngãi | 108.78  | 15.13 | 47.57     | 28.32     | 190    |
|            | Sông Vệ    | 108.85  | 15.07 | 24.27     | 53.63     | 194    |
|            | An Chỉ     | 108.80  | 14.97 | 43.97     | 20.05     | 176    |
| 19/09/2004 | Hà Tĩnh    | 105.90  | 18.35 | 46.02     | 79.15     | 288    |
|            | Đô Lương   | 105.30  | 18.90 | 74.40     | 92.33     | 261    |
|            | Hòn Ngu    | 105.77  | 18.80 | 29.88     | 64.27     | 217    |

**Bảng 3. Sai số dự báo trung bình (ME), dự báo mưa tích lũy 24h**

| Sai số ME (mm/ngày) |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Đợt mưa             | 1     | 2     | 3     | 4    | 5     | 6     | 7     | 8    | 9     | 10    | TB    |
| V14-31/TK           | -0.60 | -4.93 | -2.47 | 3.00 | -2.89 | -4.68 | -3.66 | 1.04 | -1.66 | -8.41 | -2.93 |
| V14-31/HS           | 3.08  | -1.56 | 0.72  | 4.12 | 0.21  | -4.13 | -4.36 | 0.42 | -2.14 | -9.51 | -1.61 |

Đánh giá thống kê theo loại (categorical statistics) là loại tiêu chuẩn đánh giá sự phù hợp giữa sự xảy ra hiện tượng dự báo và hiện tượng thám sát tại các điểm. Trong đánh giá dự báo mưa định lượng thường dùng các chỉ số điển hình sau:

$$\text{Chỉ số BS} = \frac{\text{hits} + \text{false alarms}}{\text{hits} + \text{misses}};$$

Chỉ số thành công:

$$\text{TS} = \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses} + \text{false alarms}};$$

Xác suất phát hiện:

$$\text{POD} = \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses}};$$

Tỷ phần phát hiện dự báo sai:

$$\text{FAR} = \frac{\text{false alarms}}{\text{hits} + \text{false alarms}};$$

Trong đó: hits = dự báo có + thám sát có; misses = dự báo không + thám sát có; false alarms = dự báo có + thám sát không (Damrath, 2002).

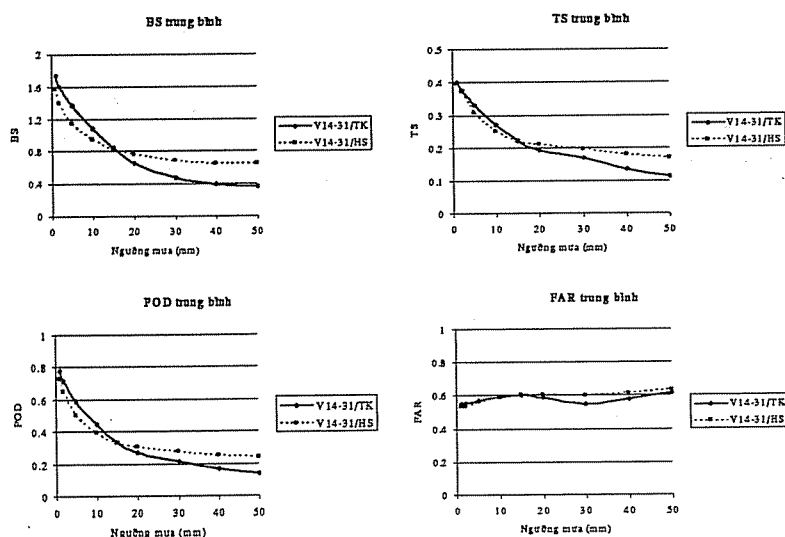
Chỉ số BS (Hình 3, trên trái) cho thấy, đối với mưa nhỏ (<10 mm/ngày) diện mưa dự báo của cả hai phiên bản đều lớn hơn diện mưa thực (BS > 1), trong đó H14-31/TK cho diện mưa quá lớn hơn thực. Đối với mưa lớn (>10 mm/ngày) cả hai phiên bản đều cho diện mưa nhỏ hơn diện mưa thực (BS < 1), trong đó H14-31/HS vẫn dự báo được diện mưa gần với thực hơn so với H14-31/TK. Đối với ngưỡng mưa 30mm/ngày chỉ số TS cho thấy, về trung bình vùng mưa dự báo của H14-31/HS trùng với vùng mưa thám sát là 20% trong khi của H14-31/TK chỉ là 15%. Đối với mưa lớn (20mm/ngày) phần trăm dự báo đúng (POD)

của H14-31/HS luôn cao hơn so với của H14-31/TK (Hình 3, dưới trái), trong khi sự khác nhau trong phần trăm dự báo sai (FAR) giữa hai phiên bản này là không đáng kể.

#### 4. Kết luận

Từ kết quả nhận được trên đây có thể kết luận: việc tính thông lượng khối lượng dòng thăng tại chân mây trong đối lưu sâu theo thể năng đối lưu khả năng (CAPE) của Heise thay cho tính dòng hội tụ ẩm quy mô lớn mực thấp

của Tiedtke trong khép kín mô hình mây đã cải thiện rõ rệt chất lượng dự báo mưa miền Trung của H14/31, nhất là đối với mưa lớn. Kết quả này hàm ý rằng, mô hình khí quyển phân giải cao H14-31 với tham số hoá đối lưu đã có thể dự báo được mưa nhiệt đới, trong đó quá trình hình thành mưa đối lưu sâu ở đây do bất ổn định chiếm ưu thế hơn so với do hội tụ ẩm mực thấp.



**Hình 3. Chỉ số BS, TS, POD và FAR cho dự báo mưa 24h tính trung bình của 10 đợt mưa theo bảng 1**

#### Tài liệu tham khảo

1. Arakawa, A., J. M. Chen, 1987: Closure assumptions in the cumulus parameterization problem. Short- and Medium-range numerical weather prediction. Collection of papers presented at the WMO/IUGG NWP Symposium, Tokyo, 107-131.
2. Damrath, U., 2002: Verification of the operational NWP models at DWD.
3. Smith, R. K., 2000: The role of cumulus convection in hurricanes and its representation in hurricane models. Review of Geophysics, 38, 4, 465-489.
4. Tiedtke, M., 1989: A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models. Monthly Weather Review., 117, 1779-1799.
5. K. T. Xin & V. T. Hằng, 2005: Thử nghiệm áp dụng sơ đồ tham số hóa đối lưu Tiedtke cải tiến trong mô hình khu vực phân giải cao HRM. Tạp chí Khí tượng Thủy văn., 538, 19-28.
6. K. T. Xin và CS, 2005: Nghiên cứu dự báo mưa lớn diện rộng bằng công nghệ hiện đại phục vụ phòng chống lũ lụt ở Việt Nam. Báo cáo đề tài độc lập cấp Nhà nước ĐTDL 2002/02.