

THỬ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ LƯỢNG MƯA ƯỚC TÍNH TỪ ẢNH MÂY VỆ TINH GMS-5 BẰNG SỐ LIỆU QUAN TRẮC MẶT ĐẤT

ThS. Phạm Thanh Nga, ThS. Nguyễn Thị Thanh Bình

Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn trung ương

Trong khuôn khổ của dự án “Ước tính lượng mưa nhằm giám sát các vùng có nguy cơ cháy cao trong khu vực Đông Nam Á”, phương pháp ước tính lượng mưa bằng cách sử dụng kết hợp 3 kênh IR của vệ tinh GMS-5 đã được triển khai. Trên cơ sở đó, phương pháp đã được áp dụng ở Việt Nam. Để có cơ sở khoa học về độ chính xác của ước tính mưa từ vệ tinh, lượng mưa được so sánh với các quan trắc mưa tại trạm mặt đất. Trong bài này chúng tôi sẽ trình bày về phương pháp để tính mưa trên và các kết quả thử nghiệm đánh giá ban đầu cho các tháng V-IX/2002.

1. Mở đầu

Thông thường, lượng mưa được đo đạc bằng các quan trắc tại mặt đất của mạng lưới trạm KTTV. Tuy nhiên, mạng lưới này không thể đủ để theo dõi trường mưa trên qui mô lớn, đặc biệt là ở những vùng biển và vùng hẻo lánh. Một nguyên nhân khác nữa là sự biến động phức tạp của trường mưa cả về không gian và thời gian. Trạm đo mưa thông thường có thể đo được lượng mưa đặc trưng vùng trong trường hợp mưa kéo dài liên tục trên một vùng rộng, nhưng cố thể bỏ qua hoàn toàn mưa đối lưu trong phạm vi vài kilômét xảy ra trong thời gian ngắn. Do vậy, quan trắc vệ tinh là phương thức hữu hiệu duy nhất có thể cung cấp sự thám sát liên tục của trường mưa trên một vùng rộng lớn. Tuy nhiên, những vệ tinh địa tĩnh không thể đo mưa một cách trực tiếp, nên có rất nhiều các thuật toán khác nhau đã được phát triển để ước tính cường độ mưa và lượng mưa từ các ảnh mây thị phổ (VIS) và hồng ngoại (IR), tức là ước tính lượng mưa dưới chân mây dựa trên bức xạ nhận được từ đỉnh mây.

Các phương pháp ước tính mưa trên cơ sở ảnh VIS, IR này bao gồm thuật toán theo “Chỉ số mây” của Barret (1970) và Arkin (1979); thuật toán “thời gian tồn tại” của Griffith/Woodley (1976); thuật toán “Mô hình mây” như của Alder và Negri (1988) gọi là phương pháp CST (Convective Stratiform Technique) và của Scofield và Oliver (1977) [3].

Tuy nhiên, hầu hết các phương pháp trên chỉ sử dụng một kênh IR hoặc một kênh IR và một kênh VIS nên có những hạn chế nhất định trong việc loại trừ vùng không mưa với vùng mưa và xác định cường độ mưa trong những hình thể thời tiết khác nhau cũng như hạn chế do sự không liên tục của ảnh VIS vào ban đêm. Cùng với sự phát triển của thế hệ vệ tinh đa kênh phổ, đã có một số phương pháp mới để ước tính lượng mưa được phát triển trên cơ sở kết hợp những đặc tính của dữ liệu từ những vùng phổ khác nhau để làm tăng thêm mối liên hệ giữa lượng mưa và các đặc tính của đỉnh mây quan sát được. Một trong số đó là phương pháp Kurino được phát triển ở Nhật bằng cách sử dụng kết hợp cả 3 kênh ảnh hồng ngoại IR1, IR2, IR3 ứng với các kênh phổ 11 μ m, 12 μ m và 6,7 μ m của ảnh vệ tinh GMS-5 [1].

Trong quá trình triển khai dự án “Ước tính lượng mưa nhằm giám sát các vùng có nguy cơ cháy cao trong khu vực ASEAN”, phương pháp Kurino đã được thống nhất lựa chọn để ước tính mưa từ ảnh mây GMS-5 với bảng tra cứu mưa (LUT-Look

up table) được hiệu chỉnh từ số liệu mưa TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) cho toàn khu vực. Trên cơ sở đó, việc ước tính lượng mưa từ ảnh mây GMS-5 đã được triển khai tại Trung tâm DB KTTV TU từ XII-2002 cho đến khi vệ tinh GMS-5 ngừng hoạt động tháng V-2003.

Toàn bộ phương pháp Kurino sẽ được trình bày trong phần 2, một số kết quả đánh giá ban đầu bằng cách so sánh với số liệu mưa quan trắc tại mặt đất được đưa ra ở phần 3. Phần 4 là những kết luận qua thử nghiệm đánh giá.

2. Phương pháp ước tính lượng mưa bằng sử dụng kết hợp 3 kênh phổ

Tương tự nguyên lý của các phương pháp sử dụng một kênh IR1: nhiệt độ đỉnh mây là một hàm của độ cao đỉnh mây, đỉnh mây càng cao và nhiệt độ càng thấp thì mây càng dày và càng có khả năng cho mưa, tuy nhiên, không phải tất cả những đám mây lạnh đều gây mưa, hoặc mưa không chỉ gây ra bởi những mây lạnh. Do vậy, khi sử dụng một kênh trên cơ sở tương quan thực nghiệm giữa nhiệt độ đỉnh mây và lượng mưa thường có những hạn chế không phân biệt được giữa những mây Ci lạnh và mây Cb, hoặc những đám mây tầng thấp với bề mặt. Khi sử dụng kết hợp 3 kênh phổ, các mây Ci lạnh không gây mưa được loại bỏ như sau: sự chênh lệch nhiệt độ đỉnh mây giữa kênh IR1 và IR2 ($TB_{11-12} = TB_{11} - TB_{12}$) càng lớn, mây càng mỏng và ngược lại sự chênh lệch ít, mây càng dày; sự chênh lệch nhiệt độ giữa kênh IR1 và IR3 ($TB_{11-6,7} = TB_{11} - TB_{6,7}$) để xác định những mây Cb đạt đến đỉnh tầng đối lưu nếu $TB_{11} > TB_{6,7}$, mây Cb sẽ chưa đạt đến đỉnh tầng đối lưu nếu $TB_{11} > TB_{6,7}$. Các mây Cb càng cao, sẽ gây ra nhiều mưa hơn. Trong đó:

TB_{11} , TB_{12} : nhiệt độ đỉnh mây tính được từ kênh IR₁ (11 μ m), kênh IR₂ (12 μ m),

$TB_{6,7}$: nhiệt độ đỉnh mây tính được từ kênh IR₃ (6,7 μ m),

TB_{11-12} : chênh lệch nhiệt độ đỉnh mây giữa kênh IR₁ và IR₂,

$TB_{11-6,7}$: chênh lệch nhiệt độ đỉnh mây giữa kênh IR₁ và IR₃.

Phương pháp Kurino [4] sử dụng bảng tra cứu (LUT) liên hệ cường độ mưa với 3 tham số của GMS-5 gồm: TB_{11} , TB_{11-12} và $TB_{11-6,7}$. Bảng LUT ban đầu được tạo ra bằng cách sử dụng tập số liệu thống kê lớn của ảnh mây vệ tinh và trường mưa tương ứng đo được bằng rada của khu vực tây nam Nhật Bản năm 1995. Ban đầu, tần suất xuất hiện "có mưa - N_r ", "không mưa - N_{nr} " và tổng cường độ mưa (tRR) được tính toán như một hàm số của 3 tham số trên cho từng điểm ảnh. Để tạo thành biểu đồ tần số (histogram) 3 chiều của N_r , N_{nr} , tRR, các tham số TB_{11} được chia ra thành 26 nhóm từ 20,0 $^{\circ}$ C đến -10,5 $^{\circ}$ C, TB_{11-12} được chia thành 21 nhóm từ -10,0 $^{\circ}$ C đến 9,0 $^{\circ}$ C và $TB_{11-6,7}$ được chia thành 21 nhóm từ 10,0 $^{\circ}$ C đến 28,0 $^{\circ}$ C. Sau đó, các tham số này lại được dùng làm đầu vào để tính các ma trận của xác suất mưa (PoR) và cường độ mưa trung bình (mRR). Các đặc trưng thống kê được Kurino rút ra từ ma trận 3 chiều tính được như sau:

- PoR thường tăng với sự giảm của các giá trị TB_{11-12} và giảm của TB_{11} .

- Những giá trị tương đối lớn ($\geq 40\%$) của PoR xuất hiện ở trong vùng của $TB_{11-12} < 3,0^{\circ}$ C và TB_{11} lạnh hơn hoặc bằng -55,0 $^{\circ}$ C. Giá trị mRR lớn (> 10 mm/h) xuất hiện khi TB_{11-12} nhỏ hơn hoặc bằng -1,0 $^{\circ}$ C thậm chí khi TB_{11} lớn đến 10,0 $^{\circ}$ C.

- PoR thường tăng khi $TB_{11-6,7}$ giảm. Giá trị PoR tương đối lớn ($> 55\%$) xuất hiện trong vùng của $TB_{11-6,7}$ nhỏ hơn hoặc bằng 0,0 $^{\circ}$ C và TB_{11} lạnh hơn -30,0 $^{\circ}$ C.

- Không có tương quan rõ ràng của mRR trong ma trận 2 chiều của TB_{11} và $TB_{11-6,7}$, nhưng giá trị lớn hơn của mRR tương ứng với các giá trị lạnh hơn của TB_{11} (nhỏ hơn -60,0 $^{\circ}$ C) và giá trị nhỏ hơn của $TB_{11-6,7}$.

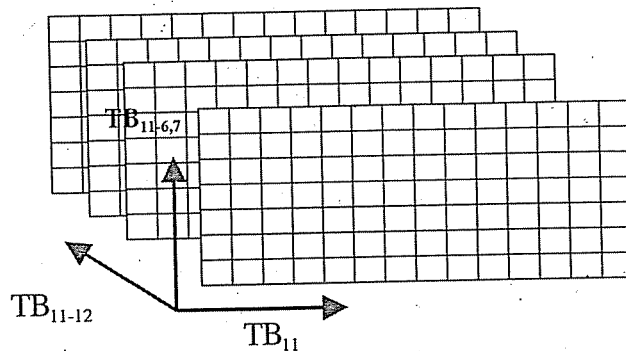
Trên cơ sở các tính toán, công thức tính mưa thực nghiệm sử dụng ma trận 3 chiều của PoR và mRR như sau:

$$RR = mRR(TB_{11}, TB_{11-12}, TB_{11-6,7}) * PoR(TB_{11}, TB_{11-12}, TB_{11-6,7}) \quad (1)$$

Trong đó: RR (rain rate) là cường độ mưa.

Để áp dụng cho toàn bộ khu vực Đông Nam Á, bảng LUT đã được hiệu chỉnh lại bằng cách sử dụng số liệu mưa TRMM của năm 1999 và 2000 và số liệu của GMS-5 tương ứng. Khi sử dụng dữ liệu TRMM, 2 trong 3 tham số ban đầu từ ảnh vệ tinh được phân nhóm lại, TB_{11-12} phân thành 6 nhóm từ $-4,0^{\circ}\text{C}$ đến $8,0^{\circ}\text{C}$ và $TB_{11-6,7}$ thành 12 nhóm từ $-8,0^{\circ}\text{C}$ đến $40,0^{\circ}\text{C}$.

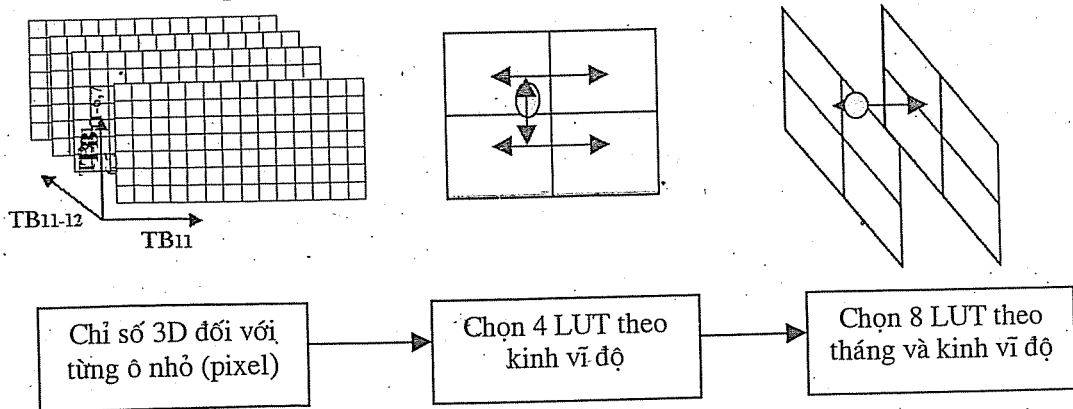
Bảng LUT 3 chiều đã được chuẩn bị cho từng ô 5×5 độ trên toàn bộ khu vực từ $15\text{S}-30\text{N}$ và $90\text{E}-145\text{E}$ và cho từng tháng (1-12). Như vậy, tổng số có $(11 \times 9 \times 12) = 1188$ bảng LUT. Cấu trúc của từng bảng LUT với 3 tham số như trong hình 1.



Hình 1. Cấu trúc của 1 bảng LUT

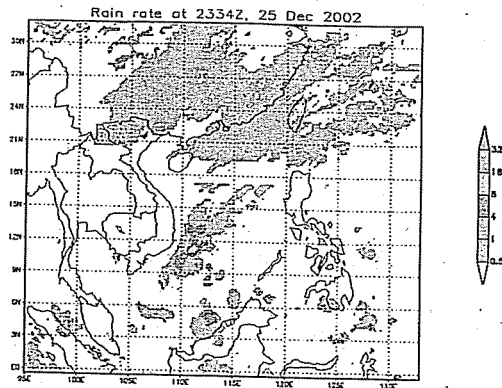
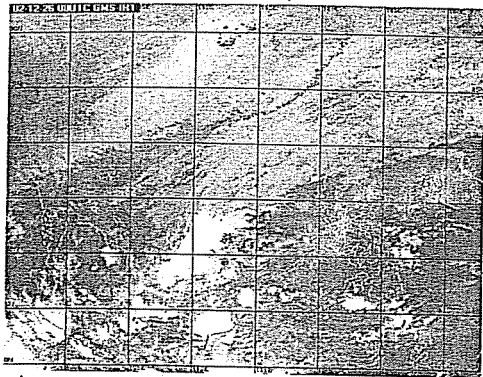
Để ước tính cường độ mưa đối với từng điểm ảnh, 8 bảng LUT sẽ được sử dụng, 4 bảng LUT lấy theo tọa độ kinh vĩ liên tiếp và 2 bảng LUT theo tháng liên tiếp. Sau khi có được giá trị tương ứng với mỗi bảng, cường độ mưa được nội suy tuyến tính theo không gian và thời gian. Quy trình chọn lựa bảng LUT để tính toán thể hiện trong sơ đồ hình 2.

Các ảnh GMS-5 có độ phân giải $0,05$ độ, cường độ mưa ban đầu được tính cho từng điểm ảnh, kết quả cuối cùng có thể được trung bình hóa cho mỗi bước lưới $0,25$ độ. Cường độ mưa được tính cho từng giờ theo tần suất của ảnh. Dựa trên cường độ mưa từng giờ, có thể tính được lượng mưa tích lũy trong 3h, 6h, 12h và 24h.



Hình 2. Sơ đồ lựa chọn bảng LUT theo không gian và thời gian

Hình 3 (a và b) minh họa ảnh mây vệ tinh IR1 trên khu vực Việt Nam, với kết quả ước tính cường độ mưa tương ứng tại 2334z ngày 25-XII-2002. Nhận xét ban đầu cho thấy các vùng mưa theo kết quả tính toán trùng khớp với các dải mây và đám mây trên ảnh vệ tinh.



Hình 3(a). Ảnh IR1 trên khu vực Việt Nam

Hình 3 (b). Cường độ mưa tương ứng tại 2334z ngày 25-XII-2002

3. Thử nghiệm đánh giá bằng số liệu mưa mặt đất

Để có thể sử dụng những tính năng vượt trội về độ phân giải không gian, thời gian và độ bao phủ của mưa được tính từ ảnh mây vệ tinh, trước tiên, cần phải hiểu độ chính xác và các hạn chế của những ước tính này. Những sai số liên quan với ước tính mưa từ vệ tinh có thể do nhiều yếu tố như độ phân giải không gian và thời gian của quan trắc vệ tinh, khoảng bước sóng của đo đạc (VIS, IR, WV), kích thước trường nhìn tức thời của đầu đo vệ tinh, đặc biệt là khả năng của thuật toán có thể phát hiện được trường mưa và tính được cường độ mưa từ những đo đạc bức xạ. Độ chính xác tổng quan đối với các tính mưa vệ tinh thường được xác định bằng cách so sánh với các đo đạc độc lập của mưa từ trạm đo mưa mặt đất hoặc rada đã được hiệu chỉnh. Đối với điều kiện của Việt Nam, chỉ có các số liệu đo mưa mặt đất từ mạng lưới trạm là nguồn số liệu duy nhất để có thể đánh giá mưa vệ tinh.

Với thử nghiệm ban đầu, ở đây chúng tôi sử dụng số liệu đo mưa trong vòng 24h của tất cả 296 trạm khí tượng và thủy văn trên cả nước để so sánh với lượng mưa tương ứng tích lũy trong 24h tính từ ảnh mây vệ tinh cho giai đoạn mùa mưa từ tháng V-2002 đến IX-2002.

Lượng mưa 24h đối với cả quan trắc và vệ tinh được tính từ 00z ngày hôm trước đến 00z ngày hôm sau. Mạng giá trị mưa tính từ mây vệ tinh gồm 140x160 ô lưới với độ phân giải 0,25 độ. Các giá trị này sẽ được nội suy về các trạm bằng cách chọn điểm lưới gần nhất.

Các chỉ số thống kê thông thường bao gồm sai số trung bình (ME), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (RMSE), hệ số tương quan (CORR) và bảng phân bố ngẫu nhiên cùng với các chỉ số liên quan như "Bias"-BS, "Threat"-TS và tỷ lệ cảnh báo sai (FAR) được tính toán để đánh giá mức độ chính xác của mưa vệ tinh cho từng tháng. Trong đó BS là chỉ số phản ánh sự phù hợp về lượng giữa hai trường mưa cần đánh giá, TS là chỉ số phản ánh sự phù hợp về diện mưa. Chỉ số BS và TS được tính như sau:

	Mưa vệ tinh	
Quan trắc	Có	Không
Có	H	M
Không	F	Z

$$\begin{aligned}
 BS &= (H+F)/(H+M) \\
 TS &= H/(H+F+M) \\
 FAR &= F/(H+F)
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Trong đó:

- H là những điểm trạm có giá trị lượng mưa quan trắc và lượng mưa tính từ số liệu vệ tinh cùng lớn hơn một ngưỡng nào đó,

- F là những điểm trạm chỉ có giá trị lượng mưa tính từ vệ tinh lớn hơn ngưỡng,

- M là những điểm trạm chỉ có giá trị lượng mưa quan trắc lớn hơn ngưỡng.

Số ngày được đánh giá trong mỗi tháng sẽ phụ thuộc vào sự đầy đủ của số liệu vệ tinh. Bảng 1 là kết quả tính toán các chỉ số đánh giá cho khoảng thời gian nói trên.

Bảng 1. Các giá trị ME, MAE, RMSE, CORR cho các tháng V-IX/ 2002

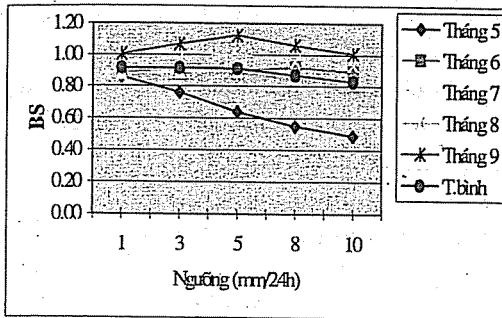
Tháng	ME	MAE	RMSE	CORR	Số trường hợp
5 (28 ngày)	-8,42	14,23	29,81	0,05	2902
6 (14 ngày)	-5,37	12,86	31,09	0,08	1659
7 (30 ngày)	-2,61	13,55	27,98	0,26	3944
8 (12 ngày)	-2,45	12,73	19,90	0,42	1504
9 (30 ngày)	-6,12	14,56	27,13	0,28	4222
T. bình	-4,99	13,59	27,18	0,22	

Căn cứ vào giá trị tính trung bình của cả 5 tháng ở bảng 1, có thể thấy sai số trung bình (ME) của các tháng luôn có giá trị âm chứng tỏ giá trị lượng mưa tính toán từ số liệu vệ tinh thường thấp hơn so với quan trắc thực tế. Khuynh hướng này cũng phù hợp với kết quả đối chứng trường mưa tính từ ảnh vệ tinh với số liệu mưa đo từ các trạm mặt đất ở một số nghiên cứu trước đó [2]. Với một trường bất liên tục như trường mưa thì hệ số tương quan 0,22 cũng đã là một kết quả khá quan. So sánh với các đánh giá tương tự của lượng mưa tính từ ảnh GMS-5 với các giá trị mưa quan trắc của 34 trạm trên khu vực Malaysia trong khoảng thời gian từ tháng 9 đến tháng 12 năm 2001[2] với CORR ~0,40; ME ~-0,38; MAE~9,56; RMSE~17,65, các sai số trong bảng 1 có phần lớn hơn. Tuy nhiên, khoảng thời gian đánh giá của chúng tôi là mùa hè đông thời cũng là mùa mưa, dao động của lượng mưa lớn cho nên giá trị của các sai số có phần lớn hơn là các sai số tính được ở Malaysia trong thời kỳ mùa thu đông.

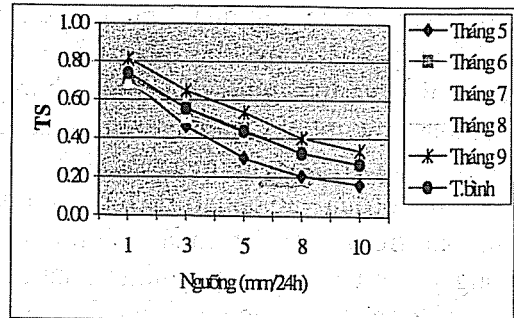
Ngoài các chỉ số thống kê kinh điển trên, chúng tôi còn tính các chỉ số BS, TS và FAR theo các ngưỡng lượng mưa khác nhau là 1mm, 3mm, 5mm, 8mm và 10mm (hình 4, 5 và 6) để xem xét sự phù hợp về lượng mưa cũng như về diện mưa giữa trường mưa xác định từ số liệu vệ tinh và trường mưa từ các trạm quan trắc.

Hình 4 cho thấy chỉ số BS trung bình cho cả 5 tháng dao động từ 0,83 đối với ngưỡng lượng mưa là 10mm tới 0,92 với ngưỡng lượng mưa là 1mm. Như vậy, vùng

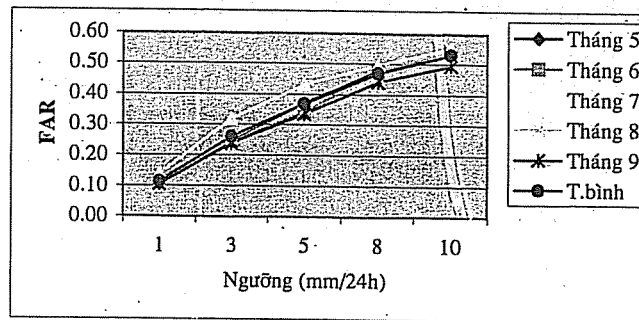
mưa xác định dựa trên số liệu vệ tinh có độ lớn gần bằng vùng mưa thám sát. Tháng 5 có giá trị BS nhỏ nhất, đây cũng là tháng sự phù hợp về lượng mưa kém hơn cả. Theo thời gian, từ tháng 5 đến tháng 9 giá trị BS có xu hướng tăng dần. Trong đó, tháng 8 là tháng có giá trị BS ở các ngưỡng lượng mưa gần với 1 nhất và là tháng có sự phù hợp về lượng mưa tốt hơn các tháng khác.



Hình 4. Chỉ số BS trung bình theo tháng



Hình 5. Chỉ số TS trung bình theo tháng



Hình 6. Chỉ số FAR trung bình theo tháng

Các giá trị TS tính cho các tháng từ 5 đến 9 được biểu diễn dưới dạng đồ thị trên hình 5. Nhìn chung, giá trị TS ở tất cả các tháng giảm rõ rệt khi ngưỡng lượng mưa tăng lên, xu hướng giảm lớn hơn nhiều so với chỉ số BS. Chỉ số TS trung bình giảm từ 0,74 (với ngưỡng 1mm) xuống 0,28 (với ngưỡng 10mm). Sự phù hợp về diện mưa giữa trường mưa tính từ vệ tinh và trường mưa thám sát trung bình nhỏ hơn 50% ở các ngưỡng lượng mưa lớn hơn 5mm. Từ tháng V đến tháng IX, chỉ số TS theo từng tháng có xu hướng tăng dần. Tháng có giá trị TS tốt hơn cả là tháng IX.

Ngoài ra, các giá trị FAR trên hình 6 của tất cả các tháng đối với ngưỡng mưa 1mm cho thấy tỷ lệ giám sát sai chỉ xấp xỉ 10%. Tỷ lệ này còn thấp hơn đối với trường hợp đánh giá theo ngưỡng có mưa/ không mưa.

Qua phân tích các chỉ số đánh giá khác nhau cho các tháng thử nghiệm, chúng tôi có những nhận xét sau:

- Trường mưa xác định dựa trên số liệu vệ tinh và trường mưa thám sát từ các trạm quan trắc mặt đất có một mối tương quan khá tốt.

- Mối tương quan giữa hai trường mưa này thể hiện tốt hơn ở các tháng cuối của thời kỳ nghiên cứu (tháng 7, 8 và 9). Sự tương quan tốt hơn này thể hiện ở các chỉ số thống kê ME, MAE, RMSE, CORR, BS và TS.

- Những tháng đầu mùa mưa (tháng 5 và 6), sự phù hợp giữa hai trường mưa nói trên kém hơn. Trong điều kiện Việt Nam, đây là các tháng sau thời kỳ chuyển tiếp bị

ảnh hưởng bởi các hệ thống thời tiết không rõ ràng, diễn biến mây phức tạp, có nhiều trạm có mưa do đối lưu quy mô địa phương... Do vậy, trường mưa tính từ số liệu vệ tinh không phản ánh hết được.

4. Kết luận

Qua kết quả đánh giá lượng mưa ước tính từ ảnh mây vệ tinh bằng phương pháp Kurino với các số liệu quan trắc mặt đất trên khu vực Việt Nam từ tháng V-IX/2002 có thể thấy khả năng khả quan của phương pháp trong xác định trường mưa theo không gian và thời gian. Tuy nhìn chung lượng mưa ước tính nhỏ hơn so với lượng mưa quan trắc, nhưng những điểm mưa và không mưa được phân biệt rõ ràng. Chỉ có khoảng dưới 10% vùng mưa xác định từ ảnh vệ tinh có các giá trị thám sát mặt đất là không mưa (dựa vào chỉ số FAR). Điều này chứng tỏ phương pháp sử dụng kết hợp 3 kênh phổ trong ước tính mưa từ ảnh mây đã loại bỏ tương đối tốt những mây Ci lạnh không gây mưa. Như vậy, trường mưa được cung cấp bằng ảnh vệ tinh sẽ rất hữu ích trong việc theo dõi các hệ thống thời tiết, đặc biệt là trên những vùng biển khi không có quan trắc mặt đất.

Tất cả những nhận xét rút ra từ nghiên cứu nói trên mới chỉ là kết quả bước đầu. Trong quá trình tính toán vẫn còn có một số tồn tại nhất định. Về trường mưa tính từ vệ tinh cũng có một số hạn chế phụ thuộc vào độ phân giải thời gian và không gian của ảnh, phụ thuộc vào thuật toán nội suy từ giá trị mưa từ nút lưới về giá trị mưa tại điểm trạm. Để có những khẳng định chắc chắn hơn về sai số của trường mưa ước tính từ vệ tinh, cần phải tiếp tục các đánh giá cho thời hạn dài hơn và hoàn thiện hơn trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

1. Barrett E. C. ed, *Estimating the amount of rainfall associated with tropical cyclones using satellite techniques*.- Tropical Cyclone Program, WMO/TD N^o 975, 1999.
2. Hu Yihong. Comparison of GMS-5 rainfall estimates and gauge observations over Southeast Asia.- *2nd project implementation meeting on rainfall estimation for monitoring of high risk fire areas in Southeast Asia*, 2002.
3. Kidder S. Q. và Vonder Haar T., *Satellite Meteorology*. Academic Press, 1995.
4. Kurino, T. ,A rainfall estimation with the GMS-5 infrared split-window and water vapor measurements. *Meteorological Satellite Center Technical Note, N^o 33*, Meteorological Satellite Center, Tokyo, Japan, 1997, 91-100.