

XÁC ĐỊNH LƯỢNG MƯA KẾT HỢP TỪ THÔNG TIN VỆ TINH RADAR VÀ ĐO MƯA TẠI TRẠM

PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng⁽¹⁾, TS. Hoàng Đức Cường⁽¹⁾, ThS. Nguyễn Đăng Mậu⁽¹⁾

ThS. Nguyễn Vinh Thu⁽²⁾, KS. Phùng Kiến Quốc⁽³⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

⁽²⁾Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

⁽³⁾Đài Khí tượng Cao không

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thử nghiệm xây dựng công nghệ xác định lượng mưa từ thông tin radar, vệ tinh và đo mưa tại trạm. Quá trình xác định lượng mưa theo phương pháp hiệu chỉnh thống kê được thực hiện theo thứ tự ở các khu vực có dữ liệu radar thời tiết và có trạm đo mưa trước; sau đó đến khu vực không có dữ liệu radar nhưng có dữ liệu có vệ tinh và có trạm đo mưa; cuối cùng là các khu vực chỉ có dữ liệu vệ tinh mà không có số liệu radar và không có trạm mưa. Kết quả thử nghiệm đối với các trường hợp mưa năm 2011, 2012 cho thấy hiệu quả rõ rệt của việc kết hợp đồng thời các loại dữ liệu viễn thám trong xác định lượng mưa so với khi chỉ sử dụng các thông tin riêng lẻ (hệ số tương quan giữa lượng mưa ước lượng và thực tế đạt 0.89, trong khi nếu chỉ sử dụng thông tin radar hoặc vệ tinh thì hệ số này chỉ vào khoảng 0.55-0.68).

1. Mở đầu

Dự báo định lượng mưa có ý nghĩa rất quan trọng trong nghiệp vụ dự báo khí tượng thủy văn (KTTV), tuy nhiên, đây là vấn đề rất phức tạp của không chỉ ngành KTTV nước ta mà cả trên thế giới. Trong điều kiện còn hạn chế về công cụ dự báo, cách tiếp cận khả thi nhất hiện nay là tận dụng các loại số liệu quan trắc có được (quan trắc bề mặt, vệ tinh, radar thời tiết, thám không vô tuyến,...) trong phân tích nhằm kịp thời đưa ra những dự báo và cảnh báo có độ chính xác tốt hơn.

Với lợi thế về độ phân giải thời gian và không gian rất cao lại bao phủ một vùng không gian rộng lớn, nên số liệu vệ tinh và radar thời tiết đóng vai trò quan trọng, giúp các nhà dự báo có thể theo dõi và dự báo được các diễn biến về KTTV của hầu khắp các điểm trên các khu vực đồi núi, hải đảo, biên giới xa xôi. Bên cạnh đó, cùng với sự phát triển về khoa học không gian và sự ra đời của nhiều phương pháp đo đạc mới thì những thông tin lượng mưa đánh giá từ vệ tinh, radar trên cơ sở sử dụng các loại số liệu đo mưa thực tế đã được tăng cường cả về thời gian, độ chính xác, góp phần cải tiến đáng kể

nguồn số liệu đầu vào cho các mô hình dự báo thủy văn.

2. Nguồn số liệu và phương pháp nghiên cứu

a. Nguồn số liệu

Các loại số liệu được đưa vào nghiên cứu ở đây bao gồm: Số liệu mưa ước tính từ vệ tinh, radar thời tiết và lượng mưa thực tế quan trắc được từ các trạm đo mưa trên toàn quốc với thời đoạn 06 giờ theo các mốc thời gian qui định.

Số liệu vệ tinh: Do bản chất số liệu vệ tinh địa tĩnh của các vệ tinh là tương đối đồng nhất, nên có thể lựa chọn các số liệu từ các vệ tinh địa tĩnh hiện đang bao phủ khu vực Việt Nam (MTSAT, FY-2, COMS và GOES). Vì tính chất liên tục của mưa cũng như bản chất vật lý của dải phổ, nên không thể sử dụng các kênh ảnh thị phổ để nghiên cứu mà ở đây chúng tôi sử dụng số liệu vệ tinh các kênh hồng ngoại nhiệt và hơi nước của vệ tinh MTSAT (30 phút/lần) để thực hiện tính toán giá trị cường độ mưa.

Radar thời tiết: Số liệu radar thời tiết được sử dụng bao gồm số liệu radar TRS-2730 (Thomson

Người đọc phản biện: PGS.TS. Nguyễn Viết Lành

Pháp) từ các trạm Phủ Liễn, Vinh, Việt Trì và Nội Bài với tần suất thu nhận là 05 phút một lần. Bán kính radar quét là 256 và 384km, riêng radar Nội Bài là 64km. Ngoài ra, đối với các khu vực từ Trung Trung Bộ trở vào thì sử dụng các radar dopple (DWSR của Hoa Kỳ) tại Đồng Hới, Tam Kỳ, Nha Trang và Nhà Bè quan trắc theo thời gian 10 phút/obs.

Số liệu mưa thực đo: Bên cạnh các nguồn vệ tinh và radar thời tiết thì số liệu mưa đo được từ mạng lưới các trạm đo mưa của Việt Nam trong thời gian nghiên cứu trên cũng được đưa vào sử dụng. Tuy nhiên, hiện nay các trạm đo mưa tự động mặc dù được triển khai lắp đặt từ giữa năm 2012 tại một số khu vực nhưng chưa có điều kiện tiếp cận và sử dụng. Thay vào đó, nghiên cứu sử dụng 175 trạm đo mưa khí tượng và khoảng 400 trạm đo mưa thủy văn trên toàn quốc. Như vậy, trong nghiên cứu này chỉ sử dụng số liệu đo mưa từ các trạm khí tượng truyền thống, tức là các trạm đo chỉ đo tổng lượng mưa trong khoảng thời gian 06 giờ vào các Obs quan trắc chính theo qui phạm quan trắc của Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) là các giờ: 00z, 06z, 12z và 18z.

b. Phương pháp thực hiện

1) Chuẩn hóa số liệu

Mạng lưới trạm đo mưa trên lãnh thổ nước ta còn rất thưa, để có thể kết hợp được hiệu quả tất cả nguồn đo mưa có được thì các loại số liệu ước lượng mưa từ thông tin vệ tinh, radar thời tiết trong

khu vực nghiên cứu từ 8-28°N, 102-110°E và số liệu mưa quan trắc thực tế từ các trạm trong nước được chuyển đổi về theo ô lưới đồng nhất với kích thước 0,25°x 0,25°. Như vậy, khu vực nghiên cứu trên như mô tả trong Hình 1 sẽ có tất cả 2,560 giá trị lượng mưa (32x80). Các pixel ước tính mưa từ số liệu vệ tinh và radar thời tiết với các độ phân giải khác nhau sẽ được trung bình hóa theo diện tích khu vực 0,25° x 0,25°.

Số liệu mưa vệ tinh và radar trung bình trong ô lưới mới (R_{rs}) sẽ được tính như sau:

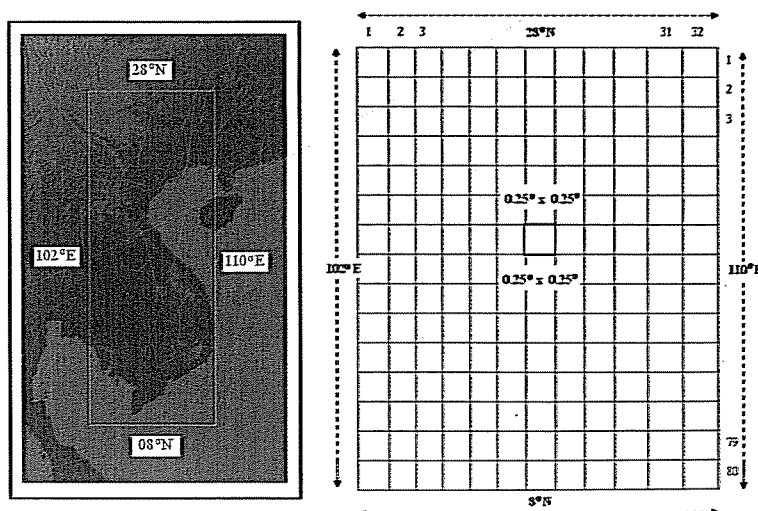
$$R_{rs} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (1)$$

Trong đó, n là số lượng các pixels nằm trong ô lưới 0.25°x0.25° tính theo số liệu vệ tinh hoặc radar thời tiết; R_i là lượng mưa tại pixel thứ i trong lưới;

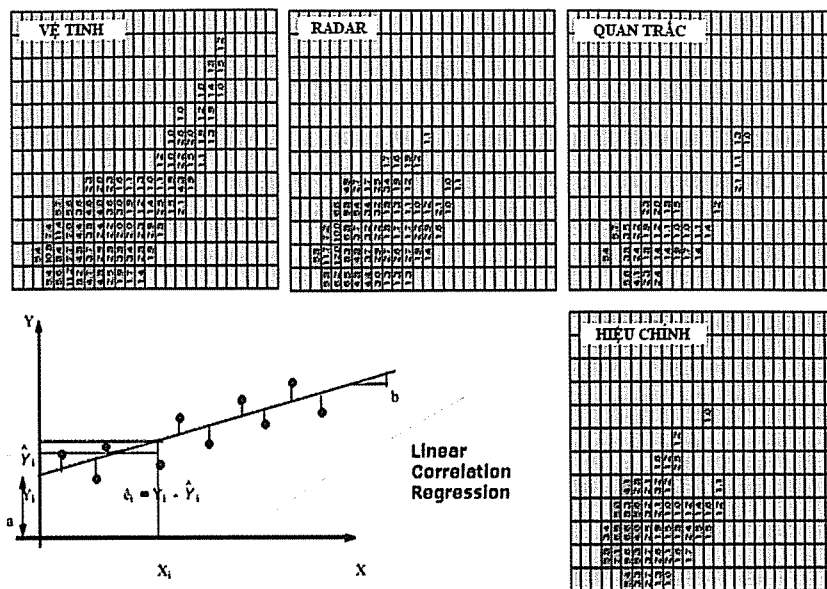
Tương tự như vậy thì lượng mưa từ các trạm đo thực tế (R_{Obs}) cũng được tính về theo giá trị của các ô lưới trên sẽ là:

$$R_{Obs} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j}{m} \quad (2)$$

R_j là lượng mưa đo được tại trạm thứ j trong lưới và m là số lượng trạm đo mưa thực tế trong ô lưới tính.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu và lưới tọa độ



Hình 2. Mô phỏng kết hợp số liệu mưa vệ tinh, radar và quan trắc

Số liệu đánh giá mưa có được từ vệ tinh và radar sau khi đã được chuẩn hóa về ô lưới cố định sẽ được tiến hành phân tích hiệu chỉnh lại với số liệu đo mưa thực tế từ các trạm khí tượng trên toàn quốc.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng mô hình hồi qui tuyến tính đơn (linear regression model) để hiệu chỉnh lại số liệu mưa vệ tinh và radar (Hình 2). Phương trình hồi qui này có dạng:

$$y_i = a + bx_i + e_i \quad (3)$$

Trong đó:

y_i : Giá trị của biến phụ thuộc y (lượng mưa thực tế đo được tại trạm quan trắc thứ i trong khu vực);

x_i : Giá trị biến độc lập x (lượng mưa tính được theo vệ tinh hoặc radar tại vị trí trạm đo thứ i trong khu vực);

e_i : Giá trị đối với sự dao động ngẫu nhiên/sai số thứ i ;

a : Thông số diễn tả tung độ gốc của đường hồi qui, hay a còn gọi là giá trị trung bình của biến phụ thuộc y_i (mưa thực đo) khi biến độc lập x (mưa ước tính từ vệ tinh/radar) thay đổi một đơn vị;

b : Thông số diễn tả độ dốc của đường hồi qui, hay b diễn tả sự thay đổi của giá trị trung bình của biến phụ thuộc y_i (mưa thực đo) khi biến độc lập x (mưa ước tính từ vệ tinh/radar) thay đổi một đơn vị;

Trong phân tích thống kê, để xác định được các hệ số độ dốc a và b của phương trình hồi qui, chúng ta sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu (least squared method) $\sum_{i=1}^n (e_i)^2$.

Theo đó, giải các hệ phương trình vi phân ta nhận được:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2} \quad (4)$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

Ở đây, ưu tiên thực hiện các tính toán hiệu chỉnh cho những ô lưới dữ liệu trong vùng phủ của radar, sau đó mới đến các ô lưới bên ngoài vùng quét của radar, tức là các ô lưới chỉ có số liệu ước tính mưa của vệ tinh. Như vậy trong bán kính của một trạm radar thời tiết thì sẽ có một cặp hệ số a , b của phương trình hồi qui tuyến tính đơn giản dạng $y = a + bx$ mô tả trên. Các vị trí ô dữ liệu trong vùng

quan trắc của radar mà không có số liệu trạm đo sẽ được tính lại như sau:

$$R_i^{com} = a + b.R_i^{radar} \quad (5)$$

R_i^{com} là giá trị tổng lượng mưa trong 06 giờ trong vùng quan trắc của radar tính lại theo phương trình hồi qui được xây dựng dựa theo số liệu mưa thực đo tại ô lưới thứ i ;

R_i^{radar} là giá trị tổng lượng mưa trong 06 giờ đã được tính từ radar thời tiết theo công thức chuyển đổi từ giá trị độ phản hồi vô tuyến của Marshall - Palmer với cặp hệ số phổ biến có giá trị là 1,6 và 200.

Đối với những điểm nằm ngoài vùng quét của radar sẽ được hiệu chỉnh lại theo cặp hệ số của phương trình hồi qui áp dụng cho khu vực với diện tích $2,5^\circ \times 2,5^\circ$.

$$R_i^{com} = a + b.R_i^{satellite} \quad (6)$$

$R_i^{satellite}$ là giá trị lượng mưa tích lũy trong 06 giờ đã được tính từ thông tin vệ tinh theo phương pháp mạng thần kinh nhân tạo (ANN) áp dụng cho khu vực Việt Nam.

Tại một số các khu vực không có trạm đo mưa thì lượng mưa sẽ phải được hiệu chỉnh lại dựa theo phương trình hồi qui tuyến tính bậc nhất với cặp hệ số a, b sử dụng được lấy từ khu vực có trạm đo gần nhất đã được tính trước đó.

Như vậy, ngay sau khi thu nhận được tất cả các thông tin về mưa từ các nguồn trên, chúng ta tiến hành hiệu chỉnh theo thứ tự:

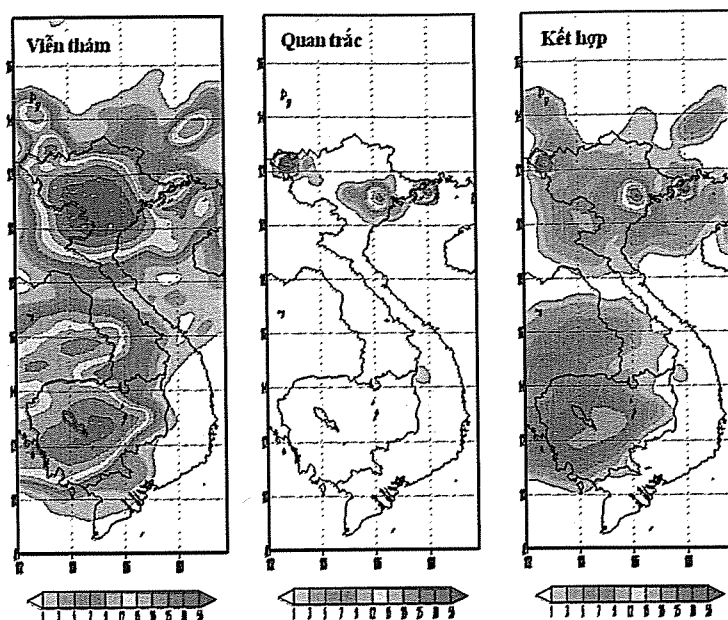
- Khu vực nằm trong vùng phủ của radar thời tiết có trạm đo mưa;
- Khu vực không có số liệu radar (có vệ tinh) mà có trạm đo mưa;
- Các khu vực ngoài không có số liệu radar và trạm đo mưa.

3. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

Trên cơ sở bộ số liệu mưa tính toán trong khoảng thời gian 06 giờ từ số liệu vệ tinh và radar trong các năm 2011 và 2012, một số đợt mưa lớn xảy ra trên lãnh thổ Việt Nam đã được đưa vào phân tích và hiệu chỉnh lại với số liệu mưa thực tế nhận được từ các trạm đo theo phương pháp phân tích kết hợp mô tả phần trên. Phân bố mưa và cường độ mưa tính từ vệ tinh và radar sau khi hiệu chỉnh với quan trắc thay đổi khá nhiều và theo xu hướng gần với thực tế hơn.

* Trường hợp ngày 26/6/2011: Phân tích trường hợp mưa lớn xảy ra ở khu vực Bắc Bộ - Bắc Trung Bộ do ảnh hưởng của rãnh thấp kết hợp hội tụ gió trên cao vào lúc 18z ngày 26 tháng 6 năm 2011 (Hình 3) cho thấy có sự thay đổi rất lớn về lượng (theo xu hướng giảm) của mưa kết hợp. Số liệu quan trắc mưa thực tế cho thấy mưa chỉ tập trung tại khu vực Đông Bắc Bộ và phía Tây các tỉnh Lai Châu - Điện Biên; trong khi đó vệ tinh lại đánh giá mưa lớn xảy ra khu vực Đồng Bằng và một phần các khu vực Việt Bắc, Tây Bắc và Đông Bắc. Tại trạm radar Phủ Liễn đã khoan vùng khá tốt phân bố mưa tại khu vực Đông Bắc, tuy nhiên lượng lại khác nhau rất lớn (khoảng 5 mm) và rất đồng đều.

Sau khi kết hợp các loại số liệu radar, vệ tinh và quan trắc trong trường hợp này cho thấy phạm vi và cường độ mưa tại một số khu vực giảm đi rõ rệt, các điểm mưa lớn phù hợp với đo đạc thực tế hơn. Phân bố mưa khu vực biên giới phía Bắc (đất liền Trung Quốc) thu hẹp hơn và tổng lượng giảm đi ~ 50% so với ước tính ban đầu.

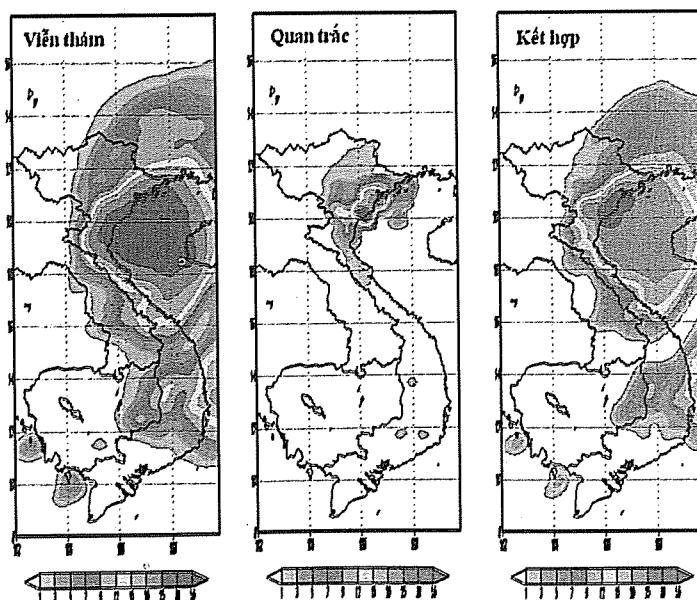


Hình 3. Phân bố mưa trong 06 giờ từ vệ tinh, thực đo và sau khi kết hợp với số liệu radar lúc 18z ngày 26 tháng 6 năm 2011

* 28/10/2012: Thử nghiệm kết quả trường hợp trước khi bão số 8 năm 2012 (SONTINH) đổ bộ vào Hải Phòng gây gió giật rất mạnh và mưa lớn cho các khu vực Đông Bắc, Đồng Bằng và Bắc Trung Bộ. Tổng lượng mưa do bão số 8 gây ra rất lớn như tại Quảng Hà (375mm), Cửa Cấm (334mm), Thái Bình (404mm), Văn Lý (330mm),...

lại có xu hướng thu hẹp hơn, tuy nhiên cường độ mưa cực đại lại được tăng lên đáng kể. Bảng 1 thể hiện sai khác giữa mưa quan trắc thực tế và mưa sau khi đã được hiệu chỉnh từ một số các trạm đo khu vực Đông Bắc, khu vực Đồng Bằng Bắc Bộ và khu vực Bắc Trung Bộ vào lúc 12z ngày 28/10/2012.

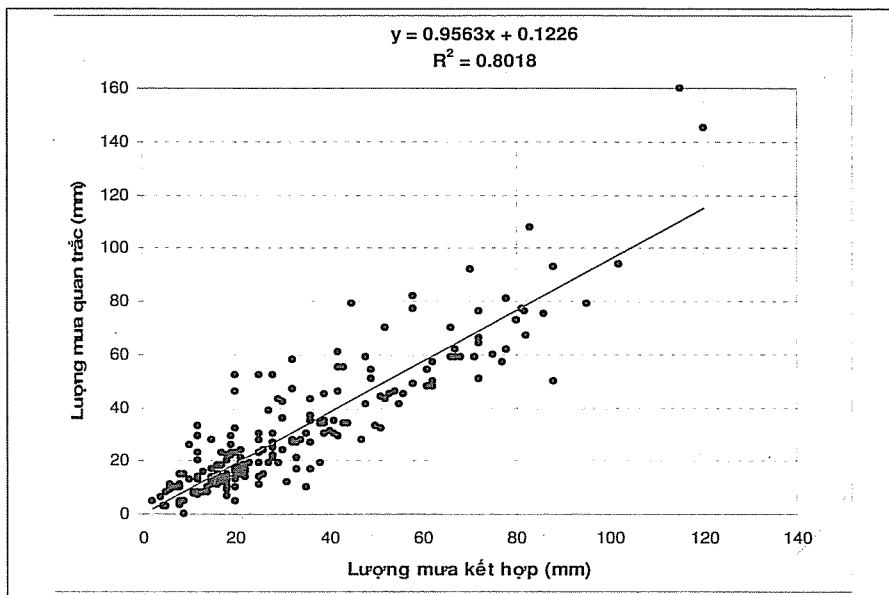
Tại thời điểm 12z ngày 28/10/2012, tức là trước khi bão số 8 đổ bộ, toàn bộ hoàn lưu của cơn bão đảo bao phủ hầu khắp khu Đông Bắc và Đồng Bằng. Các nguồn số liệu phân tích mưa thời đoạn trên trong Hình 4 cho chúng ta thấy các tỉnh ven biển từ Ninh Bình đến Quảng Ninh cho lượng mưa cao nhất, vùng trung tâm mưa lớn nằm ngoài khơi khu Đông Bắc, càng vào sâu đất liền thì lượng mưa giảm dần, phù hợp với kết quả từ các trạm đo quan trắc được trong vùng. Lượng mưa quan trắc được trong 06 giờ từ các trạm Phủ Liễn, Hòn Dấu, Văn Lý, Thái Bình đo được lần lượt là 59mm, 70mm, 108mm và 66mm. Vùng trung tâm mưa lớn sau khi kết hợp



Hình 4. Phân bố mưa (06h) từ viễn thám, thực đo và kết hợp lúc 12z ngày 28/10/2012

Bảng 2. Kết quả so sánh mưa quan trắc thực tế và mưa kết hợp lúc 12z ngày 28/10/2012

Tên trạm	Thực đo (mm)	Kết hợp (mm)	Tên trạm	Thực đo (mm)	Kết hợp (mm)
Thanh Hóa	22	18	Bắc Sơn	9	6
Yên Định	18	16	Đình Lập	26	19
Sầm Sơn	20	17	Quảng Hà	27	33
Như Xuân	14	16	Bắc Ninh	14	17
Tĩnh Gia	18	17	Lục Ngạn	24	26
Thất Khê	8	13	Sơn Đông	23	19
Cao Bằng	3	5	Uông Bí	18	22
Bắc Giang	8	14	Sơn Tây	5	2
Phủ Liễn	59	67	Hoài Đức	11	6
Hòn Dấu	70	66	Láng	8	5
Lạng Sơn	0	6	Phủ Lý	28	15
Bãi Cháy	31	35	Hưng Yên	32	20
Cô Tô	35	39	Nam Định	28	47
Tiên Yên	13	20	Hải Dương	15	21
Móng Cái	21	21	Văn Lý	108	83
Bảo Lạc	3.5	8	Thái Bình	66	72
Trùng Khánh	6	4	Cúc Phương	33	21



Hình 5. Kết quả thống kê giữa lượng mưa sau khi kết hợp với lượng mưa thực tế trong các đợt mưa lớn năm 2011 - 2012

Qua phân tích thống kê giữa lượng mưa quan trắc thực tế từ mạng lưới trạm đo mưa trên toàn quốc có được với lượng mưa được kết hợp trên cơ sở nguồn số liệu vệ tinh/radar và quan trắc cho một số đợt mưa lớn xảy ra trong năm 2011-2012 cho thấy có tương quan khá tốt, hệ số tương quan đạt 0.89 ($R^2 = 0.8018$). So sánh với một số kết quả thống kê đơn thuần lượng mưa đánh từ radar thời tiết, từ vệ tinh khí tượng hoặc từ microwave ... với thực tế đã được một số tác giả trong nước công bố (hệ số tương quan dao động từ 0.55 đến 0.68) thì kết quả sử dụng kết hợp đồng thời các loại số liệu radar, vệ

tin và quan trắc cho kết quả rất khả quan. Từ Hình 5 cho thấy, phương trình biểu diễn tương quan tuyến tính giữa lượng mưa đo đạc thực tế và lượng mưa kết hợp được biểu diễn nhìn chung khá đơn giản với hằng số tự do rất nhỏ (0,123) có thể bỏ qua. Trên biểu đồ thống kê cho thấy lượng mưa trong khoảng từ 10-20mm khá hội tụ, thống nhất. Khi mưa với lượng càng lớn thì càng có sự khác biệt, phân tán, đặc biệt là khi lượng mưa lớn hơn 80mm. Trường hợp lượng mưa đo được khoảng 25-70mm thì mưa kết hợp thường có giá trị thấp hơn thực tế và ít phân tán hơn mưa thực đo; trường hợp mưa

có lượng lớn hơn 100mm thì độ phân tán còn lớn.

4. Kết luận

Xác định lượng mưa trên cơ sở kết hợp số liệu mưa ước tính từ thông tin vệ tinh, radar và các trạm đo mưa bề mặt đã được nhiều nước trên thế giới xây dựng và áp dụng thực tế trong nghiệp vụ. Tuy nhiên, ở nước ta từ trước đến nay, vấn đề này vẫn còn bỏ ngỏ do cả nguyên nhân khách quan và nguyên nhân chủ quan.

Bước đầu tiến hành nghiên cứu phối kết hợp các loại số liệu hiện có tại Trung tâm KTTV quốc gia để tự động tính toán lại phân bố mưa cho khu vực Việt Nam trên cơ sở áp dụng phương pháp hồi qui tuyến tính mặc dù còn hạn chế, nhưng kết quả mang lại là khả quan hơn so với việc đơn thuần chỉ sử dụng một loại thông tin. Sử dụng liên tục các kết quả ước tính lượng mưa còn cho phép chúng ta có thể theo dõi, giám sát được diễn biến về lượng mưa trên phạm vi rộng lớn (các lưu vực sông hồ nhỏ,

vùng xa, biên giới Trung Quốc,...), cung cấp nguồn số liệu đầu vào quan trọng cho các mô hình dự báo thủy văn, từ đó giúp dự báo mưa, lũ được chính xác hơn.

Tuy nhiên, với điều kiện hệ thống quan trắc KTTV hiện nay của chúng ta còn nhiều hạn chế, nên gặp rất nhiều khó khăn, phức tạp trong việc nghiên cứu, cải tiến chất lượng các thông tin dữ liệu thứ cấp phục vụ dự báo. Để kết quả đánh giá lượng mưa trên được tốt hơn nữa thì cần thiết phải bổ sung, tăng cường cả về số lượng và thời gian đo đạc mưa từ các trạm quan trắc mưa tự động trong khu vực. Bên cạnh đó, mạng lưới radar thời tiết nước ta cần được xây dựng đồng bộ, mật độ đủ dày và nên có những nghiên cứu mưa thực nghiệm từ radar cho tất cả các khu vực. Có như vậy thì kết quả lượng mưa tính toán theo nghiên cứu trên sẽ xác với thực tế, mức độ chính xác của bản tin dự báo được nâng cao, góp phần giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai có nguồn gốc từ mưa gây ra.

Tài liệu tham khảo

1. Tạ Văn Đa. Thử nghiệm khai thác khả năng đo mưa bằng ra đa thời tiết Việt Nam. Báo cáo tổng kết Tiến bộ kỹ thuật cấp Bộ, Hà Nội, 2001.
2. Nguyễn Hướng Điền, Tạ Văn Đa. Khí tượng Radar. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2007.
3. Nguyễn Văn Thắng và nnk. Ứng dụng thông tin khí hậu và dự báo khí hậu phục vụ các ngành kinh tế xã hội và phòng tránh thiên tai ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết Dự án cấp Bộ, Hà Nội, 2011.
4. Nguyễn Vinh Thư. Nghiên cứu phương pháp xác định lượng mưa trên cơ sở ảnh vệ tinh địa tĩnh MTSAT cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Hà Nội, 2011.
5. Bellon A., S. Lovejoy and G. L. Austin. Combine Satellite and Radar data for the Short Range Forecasting of Precipitation. Monthly Weather Review, Vol.108, 1554-1566, 1980.
6. Collier C. Application of weather radar systems. A guide to use of radar data in meteorology and hydrology. John Wiley and Sons, Chichester 1996. ISBN 0-471-96013-6, 1996.
7. Einfalt T., T. Denoeux, and G. Jacquet. A radar rainfall forecasting method designed for hydrological purposes. Journal of Hydrology, 114 (1990) 229-244, 1990.
8. Luque A., Gómez I., Manso M. Convective rainfall rate multi-channel algorithm for Meteosat-7 and radar derived calibration matrices, 2006.
9. Makihara, Y. Algorithms for precipitation nowcasting focused on detailed analysis using radar and rain-gauge data, Technical Report of Meteorological Research Institute, 39, 63-111, 2000.