

CẢNH BÁO MƯA TO THEO CÁC THÔNG TIN TRẠM RA ĐA NHÀ BÈ

Nguyễn Thế Hào⁽¹⁾, Tô Lệ Thu⁽²⁾

⁽¹⁾Phân Viện Khí tượng Thủy văn & Môi trường Phía Nam

⁽²⁾Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Bộ

Cảnh báo mưa là một vấn đề khó, nhất là mưa lớn bằng thông tin Ra đa. Được trang bị Ra đa doppler hiện đại, chúng tôi theo dõi và cảnh báo mưa to khu vực xung quanh trạm Ra đa Nhà Bè với bán kính quét 240km và đạt được kết quả nhất định.

Qua thời gian theo dõi và cảnh báo, chúng tôi nhận thấy cần tăng cường bán kính quét ngắn 120km, 60km, và 30km thì độ chính xác có thể được nâng cao hơn nữa.

1. Ra đa Nhà Bè

a. Giới thiệu chung

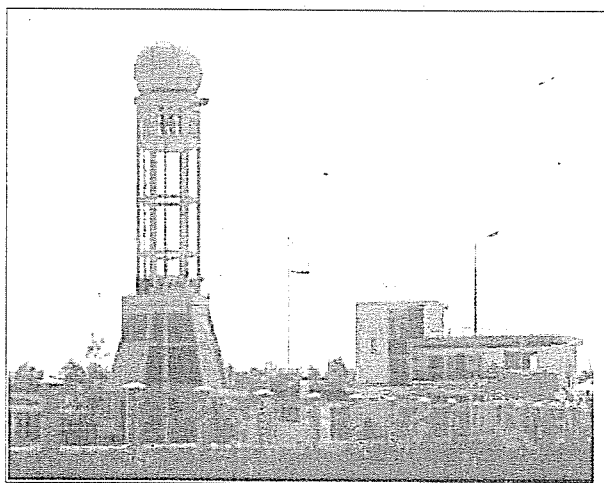
Đây là Ra đa Doppler thế hệ mới, nâng cấp từ hệ thống Ra đa DWSR-88 và DWSR-93, do hãng DRS WEATHER SYSTEMS, Inc, tại Alabama, Hoa Kỳ sản xuất. Ra đa hoạt động trên băng sóng C-độ dài sóng 5,3 cm, tần số hoạt động 5500-

5570MHz, sử dụng hệ điều hành SuSe LINUX 8.3, phần mềm ENTERPRISE DOPPLER GRAHICS ENVIRONMENT (EDGE) trên nền UNIX V433. EDGETM là phần mềm có khả năng xử lý thời gian thực, cung cấp sản phẩm và khả năng hiển thị của hệ thống ra đa DWSR-2500C, bao gồm khả năng hiển thị ảnh với các định dạng khác nhau, dịch chuyển ảnh và in sản phẩm trên giấy.

Ra đa Doppler khác với loại ra đa thông thường là hiệu ứng Doppler không những cho khoảng cách giữa mục tiêu và người quan trắc mà còn đo tốc độ di chuyển của mục tiêu. Có thể phát hiện sự biến đổi về độ dài tín hiệu giữa các xung, đo sự khác nhau về tần số sóng điện từ do sự chuyển động của mục tiêu. Thông tin này cho phép ước lượng tốc độ tương đối của mục tiêu. Với nhiều mục đích khác nhau, biết được tốc độ tương đối của mục tiêu quan trắc so với một điểm cố định ở mặt đất là rất bổ ích.

Với nhiều sản phẩm thứ cấp hơn, ra đa Doppler hiện nay khá hiệu quả đối với công tác dự báo, cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm: dông, tố, lốc, mưa lớn...

Với khả năng quét liên tục góc phương vị từ 0° đến 360°, tốc độ 360/giây và góc cao từ 0° đến 90°, Ra đa Nhà Bè hoạt động liên tục 24/24 giờ, cứ mỗi 10 phút hoàn tất 4 trình quan trắc: 1 trình có 10 góc nâng từ góc nâng 0° đến 10° để quan trắc chi tiết theo độ cao và 3 trình còn lại mỗi trình đặt 1 góc nâng với bán kính ngắn hơn để có quan sát hiện tượng rõ hơn.



Hình 1. Trạm Ra đa Doppler tại quận Nhà Bè, TP. Hồ Chí Minh

Năm 2009 ra đa Nhà Bè hầu hết thực hiện các trình quan trắc với bán kính quét có cự ly 240 km.

Khi có bão hay áp thấp nhiệt đới thì sử dụng trình quan trắc có cự ly 30 km, 60 km, 120 km, 240 km và 480 km tùy theo vị trí của bão hay áp thấp nhiệt đới đối với khu vực.

b. Các sản phẩm của Ra đa Nhà Bè

Ra đa Doppler DWSR-2500C với phần mềm chuyên dụng EDGETM đã cung cấp nhiều sản phẩm chuẩn: PPI, CAPPI, ETOPS, Ebase, Base, VIL, PCP, Col Max, HMax, RHI, LRA, Flash Flood, Hail Signal, Hail Prob, Gust, CMM, TVAD, Alert, XSEC, RTImg và các sản phẩm lựa chọn: Vector, Track.

Ra đa Nhà Bè có thể trình xuất 10 sản phẩm sau:

1) PPI

Là sản phẩm gốc của Ra đa, là sản phẩm sau một lần quét tròn 360° tại những góc quét đã được cài đặt sẵn, cho thấy toàn cảnh trường mây trên mặt phẳng ngang.

Sản phẩm PPI được tạo ra theo các đại lượng sau:

- Z: cường độ phản hồi vô tuyến đã hiệu chỉnh.
- U: cường độ phản hồi vô tuyến chưa hiệu chỉnh.
- R: cường độ mưa.
- T: tổng lượng mưa chưa hiệu chỉnh.
- V: tốc độ gió bán kính.
- W: độ rộng phổ.
- S: độ dịch chuyển gió bán kính.
- A: độ dịch chuyển gió theo hướng.
- C: độ dịch chuyển gió tổ hợp.

PPI được sử dụng rộng rãi để có một nhận xét tổng thể về tình hình thời tiết hiện tại và xác định những vùng cần tập trung chú ý đặc biệt để phân tích sâu hơn, chi tiết hơn.

2) CAPPI

Là mặt cắt ngang do người sử dụng xác định. Sản phẩm nhận được từ dữ liệu thô qua phép nội

suy. Dữ liệu từ các góc nâng và các hướng được sử dụng để ước lượng cường độ mưa, tốc độ hoặc độ rộng phổ trên mặt phẳng ngang.

CAPPI có thể nhận được ở bất kỳ độ cao nào (từ 100m đến 30km).

3) BASE

Là phản hồi vô tuyến chân mây. Là thước đo của giáng thủy ở mức thấp, sử dụng trong đo tổng lượng mưa lưu vực cũng như trong các hệ thống tổ hợp. BASE nhận được từ dữ liệu của một số lần quét (thường là 4) hoặc PPI. Dữ liệu của vòng quét thấp nhất là giới hạn ngoài cùng của sản phẩm. Khi khoảng cách giảm, sử dụng dữ liệu của vòng quét ở góc nâng cao hơn.

BASE được tạo ra theo một số chỉ tiêu đã định, cho phép giới hạn tối đa ảnh hưởng của địa hình và suy giảm do vật chắn gần Ra đa đối với tia quét ở những góc nâng thấp.

Thuật toán của BASE kiểm tra từng cột phản hồi vô tuyến với những giá trị độc lập. Dữ liệu ở mức thấp nhất của mỗi cột không chịu ảnh hưởng của địa hình sẽ tạo nên sản phẩm. Vì vậy, dữ liệu ở những khoảng cách gần Ra đa ở mức thấp với chất lượng cao này không bị ảnh hưởng địa hình và suy giảm do vật chắn có thể sử dụng để ước lượng cường độ mưa.

4) HMAX

Là độ cao phân bố cao nhất của phản hồi vô tuyến cực đại ở mỗi ô trên mức mặt biển.

HMAX có thể sử dụng để đánh giá các giai đoạn phát triển của mây dông bằng cách chỉ ra độ cao vùng phản hồi vô tuyến cực đại (ở mức cao, mức trung hay mức thấp). HMAX còn được sử dụng để xác định mức băng hoá trong giáng thủy mây tầng, nơi mà cường độ phản hồi vô tuyến cực đại trùng với "dải sáng".

5) CMAX

Là cường độ phản hồi vô tuyến cực đại trên mỗi ô bề mặt. Độ cao thấp nhất và cao nhất sẽ do người sử dụng lựa chọn.

CMAX được sử dụng để theo dõi vùng mưa đối lưu để xác định mây dông mạnh hoặc mây dông mới phát triển, vì dông có vùng cường độ phản hồi vô tuyến cao, hẹp nhỏ được hiển thị như những vùng có phản hồi vô tuyến mưa rất mạnh qua một tầng dày. Mặt nhìn ngang còn cho ta thấy phân bố thẳng đứng của phản hồi vô tuyến cực đại cho mỗi hàng ngang và cột thẳng đứng.

6) VIL

Là lượng nước lỏng tích hợp theo phương thẳng đứng trên mỗi ô (kg/m²). VIL được tính cho một lớp nào đó với giới hạn trên và giới hạn dưới định trước. VIL là sản phẩm được sử dụng nhiều trong công tác dự báo và ở Mỹ. Nhìn chung có thể coi VIL là thông số để định vị dông mạnh nhất và nguy hiểm nhất trong vùng vì những dông này mới có giá trị phản hồi vô tuyến lớn nhất trong cả chiều cao lớn nhất của mây.

7) ETOPS

Sản phẩm này cho phép ta xác định vùng có dòng thẳng mạnh, có thể đưa hạt nước tới những mức cao nhất. Nó chỉ ra những đám dông mạnh đang phát triển. Nó còn cho phép xác định vùng nào có dòng thẳng mạnh hoặc định vị những vùng có đối lưu mạnh trong mưa mây tầng.

8) XSEC

Là sản phẩm hiển thị được tạo ra do người sử dụng yêu cầu trực tiếp. Người sử dụng chọn trên sản phẩm hiển thị điểm đầu và điểm cuối. Thuật toán XSEC chuyển dữ liệu trong không gian ba chiều dọc theo đường cắt đã định để tạo nên mặt cắt thẳng đứng của đại lượng cần thiết. Như vậy chỉ những trạm làm việc nào có thể truy cập dữ liệu mới có thể tạo ra sản phẩm XSEC.

9) Track

Là sản phẩm để phân biệt và xem xét quỹ đạo chuyển động của các đám mây dông. Những vùng mây này được định hình theo không gian ba chiều, ở đó độ phản hồi vô tuyến của Ra đa vượt quá ngưỡng giá trị đã đặt. Những chỉ tiêu cần thiết để xác định Track là vị trí, kích thước, tốc độ gió, giá trị cực đại của độ phản hồi vô tuyến mây, khoảng

thời gian cần tính quỹ đạo của mây dông (không quá 1 giờ). Trên màn hiển thị của sản phẩm cho thấy vị trí dông hiện tại và thời điểm xác định liền kề trước đó được chỉ rõ, đối với tất cả các cơn dông đang hoạt động.

10) RHI

Là sản phẩm hiển thị dạng thẳng đứng của một lần quét theo góc nâng tại một hướng nhất định. Dữ liệu được trình bày theo độ phân giải đã định, không qua nội suy, không theo chỉ tiêu hay một phép biến đổi nào khác.

2. Dự báo mưa bằng ảnh Ra đa Nhà Bè năm 2009

a. Thông tin và số liệu sử dụng

Ra đa Nhà Bè năm 2009 thực hiện quá trình quét từng 10 phút một và quan trắc liên tục 10 phút/1 quá trình, với 10 góc nâng đã được cài đặt trước. Bán kính quét được quy định là 240km.

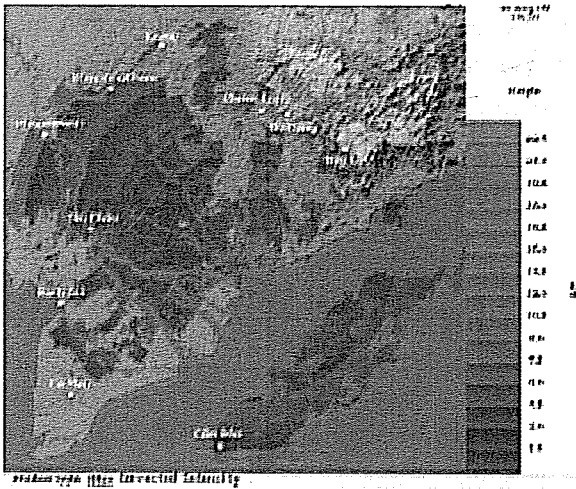
Thông tin từ Ra đa được sử dụng là 7 sản phẩm được trình xuất trong năm 2009 của Ra đa Nhà Bè bao gồm: sản phẩm PPI với những góc nâng đã được cài đặt, CAPPI với độ cao 1km, HMAX, CMAX, ETOPS, TRACK, XSEC. Ra đa là lĩnh vực nghiên cứu còn mới mẽ ở phía Nam nước ta, nên việc xác định được chỉ tiêu của vùng phản hồi vô tuyến đạt tới ngưỡng nào thì cho mưa, thì cho tới nay vẫn còn bỏ ngõ và đây cũng là một nghiên cứu còn nhiều khó khăn. Vì vậy để đơn giản trong bước đầu thực hiện báo cáo và trước mắt phục vụ dự báo hằng ngày, thiết nghĩ nên sử dụng giới hạn một số sản phẩm cơ bản về Ra đa, nhằm đáp ứng sự cấp thiết về thời gian phục vụ. Hai nửa các sản phẩm của Ra đa Nhà Bè trong năm 2009 cũng chưa hoàn thiện, nên cũng chưa đưa vào sử dụng được.

Chúng tôi sử dụng lượng mưa của 8 trạm khí tượng là Vũng Tàu, Biên Hòa, Đồng Phú, Tây Ninh, Mộc Hóa, Mỹ Tho, Cần Thơ, Ba Tri. Lượng mưa từng giờ của 8 trạm kể trên được thống kê theo từng đợt, từng ngày, và từng giờ một trong các tháng mùa mưa, từ tháng 4 đến tháng 10.

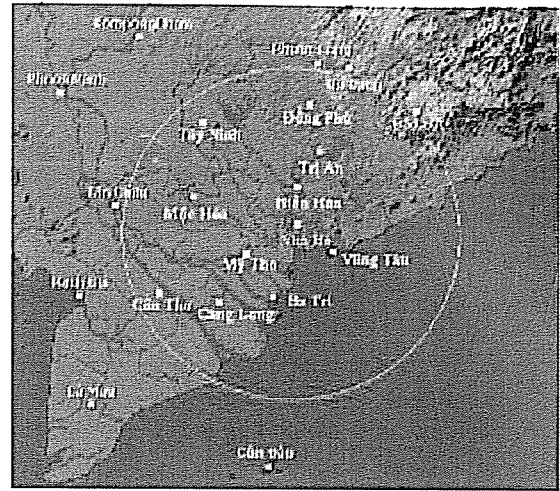
Giai đoạn đầu các trạm được chọn nằm trong

bán kính quét 120 km từ Tp Hồ Chí Minh, bao gồm 4 trạm miền Đông là Vũng Tàu, Biên Hòa, Đồng Phú, Tây Ninh và 4 trạm miền Tây là Mộc Hóa, Mỹ

Tho, Cần Thơ, Ba Tri. Hơn nữa, các trạm được chọn cùng trong vòng bán kính 120km, thì khoảng cách tới Ra đa giữa các trạm không có sai số lớn.



Hình 2. Ảnh H_{max} không thể hiện rõ sự khác biệt về độ cao của trường mây



Hình 3. Vị trí các trạm cách bán kính quét Nhà Bè 120km

b. Phương pháp phân tích và dự báo

Theo tiêu chuẩn đánh giá của ngành Khí tượng Thủy văn, thì đánh giá cấp mưa được tính trong 12 hay 24 giờ: a, Mưa nhỏ: lượng mưa 12 giờ < 8 mm; b, Mưa vừa: lượng mưa 12 giờ = 8-25 mm; c, Mưa to: lượng mưa 12 giờ > 25-50 mm; d, Mưa rất to: lượng mưa 12 giờ > 50 mm.

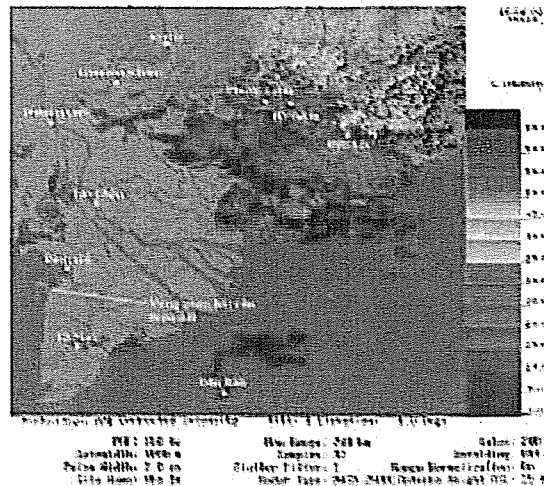
- Đánh giá kích thước: lớn, vừa hay nhỏ. Xác định cường độ phản hồi: sản phẩm PPI, CAPPI và BASE mang lại nhận định là vùng phản hồi mạnh, trung bình hay yếu.

Trong vùng nhiệt đới như miền Nam nước ta, mưa rào xảy ra nhanh, ít khi có mưa rã rích kéo dài nhiều giờ liền, hầu hết xuất hiện một trận mưa trong 12 giờ. Vì thế, các trường hợp mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và rất to được tạm chọn ra cũng theo tiêu chuẩn trên nhưng chỉ tính trong một giờ: a, Mưa nhỏ: lượng mưa < 8 mm/giờ; b, Mưa vừa: lượng mưa từ 8 đến 25 mm/giờ; c, Mưa to: lượng mưa > 25 đến 50 mm/giờ; d, Mưa rất to: lượng mưa > 50 mm/giờ; e, Thời gian sử dụng là giờ quốc tế (Z).

Ví dụ lúc 09:30 Ra đa quét với góc nâng 1° , phát hiện một vùng phản hồi có kích thước nhỏ ngoài khơi phía tây Kiên Giang. Ảnh PPI cho độ phản hồi khoảng 20dBz (hình 4).

Bước 1

Quan sát trên màn hình Ra đa và qua các sản phẩm PPI, CAPPI, Base cho thấy quy mô vùng phản hồi gây mưa theo phương nằm ngang.



Hình 4. Ảnh PPI lúc 09:30 ngày 15/7/2009

Bước 2

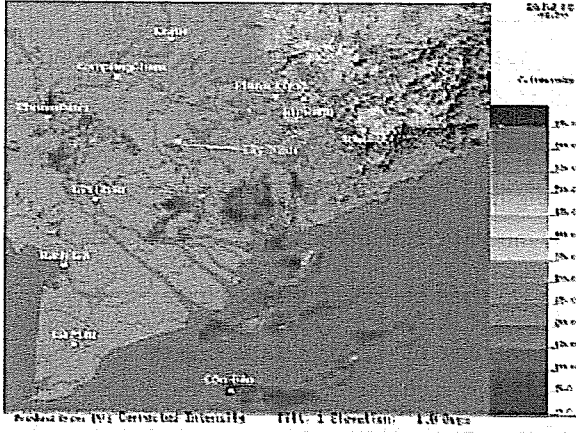
Theo dõi vùng phản hồi tại các thời điểm tiếp

- Xác định vùng mưa: phát hiện những vùng phản hồi đáng chú ý trên màn hình Ra đa từ lúc mới xuất hiện còn ở xa trạm.

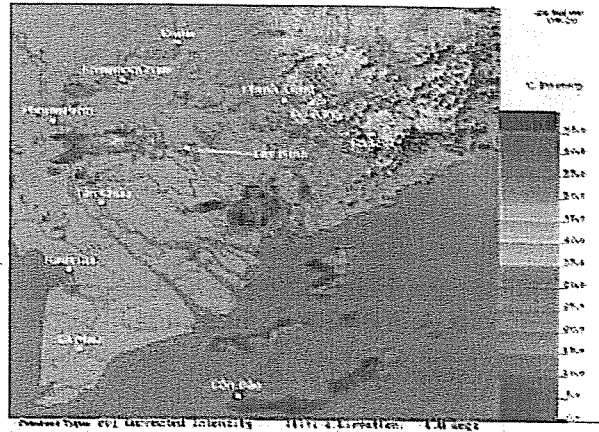
phát triển rộng hơn và độ phản hồi vô tuyến mạnh hơn, có thể lên đến 35 dBz (hình 7).

Phản hồi vô tuyến được quan sát mạnh nhất lúc 10:50.

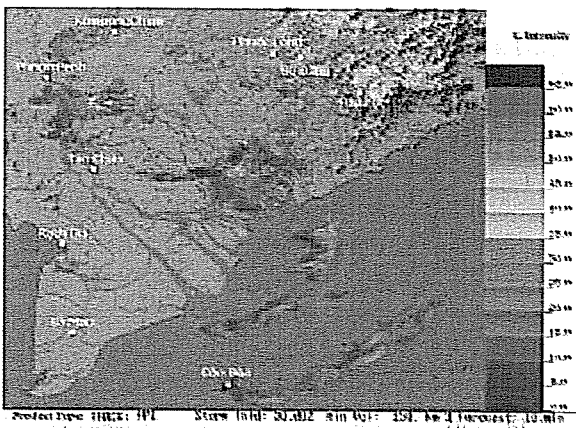
Lượng mưa đo được tại trạm Tây Ninh từ 10:10 đến 11:10 là 35,5 mm



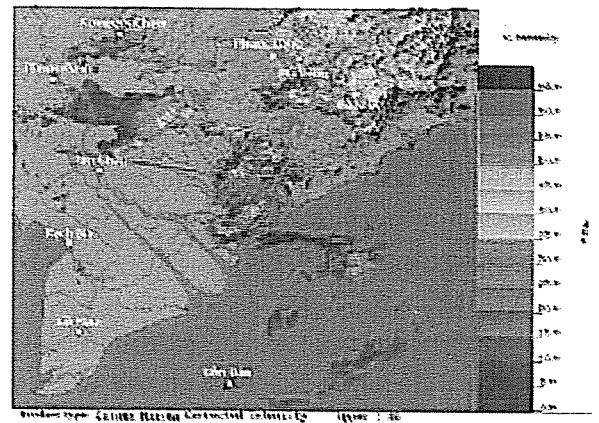
Hình 6. Ảnh PPI lúc 08:50 ngày 26/7/2009



Hình 7. Ảnh PPI lúc 09:30 ngày 26/7/2009



Hình 8. Ảnh Track lúc 09:30 ngày 26/7/2009



Hình 9. Ảnh CMAX lúc 10:30 ngày 26/7/2009

Theo dõi liên tục chúng ta thấy vùng phản hồi vô tuyến đang di chuyển theo hướng đông. Trên ảnh Track, mũi tên cũng cho biết vùng đối lưu có phản hồi vô tuyến mạnh sẽ di chuyển theo hướng đông.

Phản hồi vô tuyến trên sản phẩm CMax lúc 10:50 giờ cho giá trị 39 dBz.

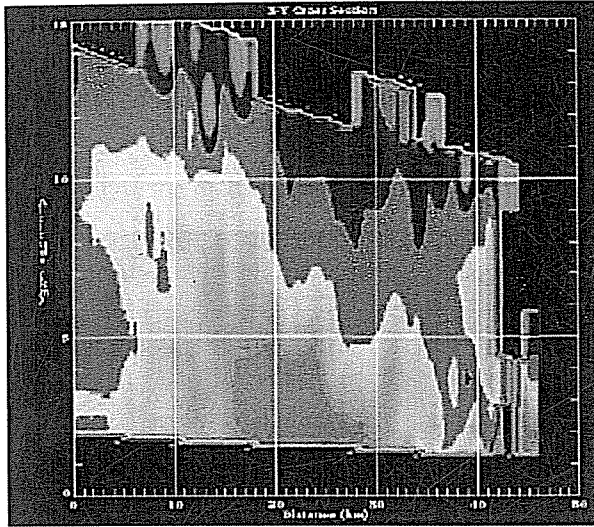
Sản phẩm Etops cho giá trị tại trạm Tây Ninh là 6,0km lúc 10:50.

Giá trị của Hmax lúc 10:50 giờ là 4,5 km.

Quan sát ảnh cắt (cross section) cho thấy vùng phản hồi cực đại lúc 10:50 đã xuống đến khoảng 5 km, chứng tỏ vùng mây đã sắp kết thúc mưa hoặc sẽ chuyển sang mưa nhỏ.

3. Nguyên nhân gây sai số khi ước lượng mưa bằng phương pháp Ra đa

Có một số yếu tố dẫn đến sai số khi ước lượng cường độ mưa bằng Ra đa DWSR-2500C đó là: 5 sai số do ước lượng mưa, 2 sai số do quan hệ Z-R, 3 sai số do vùng mưa nằm dưới búp sóng Ra đa và 2 sai số khác.



Hình 10. Anh XSEC lúc 10:50 ngày 26/7/2009

a. Hai sai số do quan hệ Z-R

- Biến động về phân bố hạt theo kích thước có thể gây nên ước lượng cường độ mưa thấp hơn hoặc cao hơn so với thực tế. Phân bố theo kích thước hạt khác nhau có thể cho kết quả cùng một giá trị phản hồi vô tuyến (z) nhưng cho kết quả rất khác nhau về cường độ mưa.

- Mưa hỗn hợp, mưa lỏng với mưa đá, tuyết v.v... gây nên phản hồi vô tuyến lớn dẫn đến làm tăng giá trị ước lượng cường độ mưa. Khi hạt băng rơi qua vùng băng tan, bề mặt của tinh thể băng sẽ tan. Ngay dưới tầng 0°C lớp nước áo bên ngoài tinh thể băng sẽ phản hồi rất mạnh, tạo ra "dải sáng" có phản hồi vô tuyến lớn hơn rất nhiều và gây nên sai số làm tăng cường độ mưa ước lượng so với thực tế.

b. Sai số do những nguyên nhân khác

- Trong vùng phủ sóng của Ra đa trạm mưa tự động hiện chưa có nhiều, nên việc tính toán mối quan hệ mưa và độ phản hồi vô tuyến rất khó khăn, còn nhiều hạn chế.

- Việc chưa đủ trạm Ra đa để giao sóng với nhau nên xác định mây có nhiều hạn chế của nó.

4. Kết quả

a. Ước lượng cường độ mưa

Năng lượng trung bình phản hồi từ mục tiêu tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nó tới Ra đa. Nếu 2 ổ xoáy có cùng giá trị độ phản hồi thì xoáy gần Ra đa nhất sẽ luôn luôn phản hồi trở lại một năng lượng lớn hơn xoáy ở xa. Do vậy, các trạm được chọn cùng trong vòng bán kính 120 km, thì khoảng cách tới Ra đa giữa các trạm không có sai số lớn.

Thông tin về độ phản hồi vô tuyến có thể suy ra lượng mưa. Kết quả cho thấy rằng vùng phản hồi gây mưa biến đổi từ khoảng 18 dBz đến 50 dBz.

- Độ phản hồi $Z \geq 18$ dBz: có mưa.
- Độ phản hồi $Z < 18$ dBz: không có mưa.
- $18 \text{ dBz} \leq$ phản hồi Z của pixel ≤ 35 mưa bởi mây tầng.
- Phản hồi Z của pixel ≥ 35 dBz: mưa do mây đối lưu.

Mưa to đến rất to có PPI như sau:

Lượng mưa (mm)	PPI (dBz)
35,5	35
38,9	37
44,8	38,5
45,3	40,5
54,1	42,0

Mưa to đến rất to, lượng mưa > 25 mm/giờ, có độ phản hồi Z từ khoảng 35 dB đến 50 dBz.

b. Độ cao cực đại đỉnh phản hồi (HMAX)

Mưa to: đỉnh phản hồi có độ cao nhất từ > 8 km đến 12 km hoặc 13 km. Ngưỡng này có giá trị khi vùng phản hồi ở giai đoạn phát triển mạnh nhất. Trong trường hợp khi thấy đỉnh phản hồi ở độ cao thấp hơn thì khả năng đó là giai đoạn đang phát triển hoặc đang cho mưa và suy yếu. Quan sát các giá trị đỉnh phản hồi cực đại tiếp theo, nếu càng tăng dần thì vùng mây đang phát triển, còn giá trị càng giảm dần cho thấy vùng phản hồi đang cho mưa và suy yếu dần.

5. Kết luận

1. Một số sản phẩm tại một trạm có giá trị phản

hồi lớn nhưng tại trạm mặt đất lại không có lượng mưa. Cũng có trường hợp trạm mặt đất có số liệu mưa thì ảnh Ra đa không có số liệu cường độ phản hồi Ra đa. Đó là chưa nói đến mưa trạm mặt đất đo được là mưa to, nhưng phản hồi Ra đa rất nhỏ khó nhìn thấy. Do vậy, ngoài các sản phẩm theo phương nằm ngang, cần thiết phải kết hợp các sản phẩm theo độ cao, để có thể đánh giá đầy đủ và có kết quả chính xác. Nhất là cần phải lập các trình quét cao xa RHI, rất hữu hiệu để đánh giá xem phản hồi có cho mưa tại chỗ hay chưa? Tuy nhiên, các sản phẩm theo phương thẳng đứng như H_{max} , Etops thì có thang màu toàn màu xanh của hình nền, độ tương phản về cường độ không có nên các phân tích theo hướng thẳng đứng còn ít và rất giới hạn. Còn trình quét RHI thì không có trong quy định thực hiện khi quan trắc trong năm 2009. Vì vậy, các sản phẩm Ra đa phân tích trong báo cáo chưa đầy đủ, chưa có nhận định xác đáng và đưa ra kết quả phân loại theo chiều cao và kết quả thu được trong báo cáo chỉ là kết quả nghiên cứu bước đầu về Ra đa Nhà Bè - lĩnh vực còn có chưa có nghiên cứu nhiều và chuyên sâu - và mang tính tham khảo hơn là đưa vào sử dụng nghiệp vụ hằng ngày.

2. Ra đa Nhà Bè đưa vào sử dụng không lâu, nên số liệu thu từ Ra đa Nhà Bè chưa nhiều và nhiều sản phẩm chưa phân tích kỹ lưỡng được. Hơn nữa, các chỉ tiêu về cường độ thể hiện qua các thang màu chưa thiết lập hợp lý, chưa thể hiện độ tương phản rõ rệt, nên rất khó khăn khi sử dụng

để dự báo hằng ngày và nghiên cứu.

3. Với bán kính quét quy định là 240 km như hiện nay:

- Rất hạn chế cho nghiên cứu khi vùng mây đối lưu sâu của vệt mây chỉ là một chấm nhỏ trên màn ảnh. Chỉ cần dịch chuyển con trỏ một khoảng cách rất ngắn hay một cái run tay cũng làm thay đổi rất lớn giá trị hiển thị của độ phản hồi trên màn hình. Do vậy, các vùng mây kích thước nhỏ và các đối lưu cục bộ rất nhỏ, nhưng đôi khi có cường độ mạnh, khó nhìn thấy, phán đoán và dự báo.

- Vùng phản hồi có kích thước rất nhỏ và phản hồi yếu thì khó có thể nhận ra và cũng không thể đo chính xác độ phản hồi vô tuyến khi xảy ra các trường hợp mưa vừa và mưa to đến rất to. Do vậy kết quả thu được còn rất nhiều hạn chế về sự chính xác cao nhất là trong các trường hợp mưa to và rất to.

- Các tia quét trên khu vực Tp. Hồ Chí Minh xem như bị che chắn bởi các tòa nhà cao tầng, nên các sản phẩm Ra đa này không thể hiện được trường mây và không thể sử dụng dự báo cho khu vực Tp. Hồ Chí Minh.

Vì vậy, cần tăng cường quét các bán kính ngắn 120km, 60 km và 30 km. Với bán kính nhỏ hơn thì có ảnh lớn hơn và độ phản hồi thể hiện rõ hơn, có thể sử dụng dự báo và cảnh báo cho Tp. Hồ Chí Minh và các vùng lân cận.

Tài liệu tham khảo

1. *EDGE operation manual 2005.*
2. *Ra đa for Meteorologists - Ronald E. Rinehart.*
3. *Tài liệu tập huấn Khí tượng ra đa Doppler - TS Tom Yoshida & đài Cao Không Trung Ương, năm 2004.*
4. *Tài liệu huấn luyện Ra đa thời tiết Doppler Nha Trang năm 2000.*
5. *Báo cáo đề tài "Nghiên cứu sử dụng thông tin Ra đa thời tiết phục vụ theo dõi, cảnh báo: mưa, dông và bão" - chủ nhiệm TS Trần Duy Sơn, năm 2008.*
6. *Sử dụng ra đa thời tiết để dự báo thời gian bắt đầu - kết thúc mưa cho một địa điểm - Lê Đình Quyết & Nguyễn Minh Giám, Đài Khí Tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.*