

# NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC BÃO TRÊN CƠ SỞ CÁC THÔNG TIN RA ĐA THỜI TIẾT

TS. Trần Duy Bình

Trung tâm Khoa học Công nghệ Khí tượng Thủy văn và Môi trường

TS. Tạ Văn Đa

Viện Khí tượng Thủy văn

Bão là hiện tượng thời tiết nguy hiểm. Việc quan trắc, theo dõi, cảnh báo và dự báo chính xác bão giúp cho việc phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại do bão gây ra là rất cần thiết. Tuy nhiên, để dự báo tốt, cần phải hiểu rõ cấu trúc, cơ chế vật lý, đặc điểm hoạt động bão. Việc nghiên cứu các đặc điểm về cường độ, quy luật tiến triển cũng như sự di chuyển của bão sẽ giúp ích cho việc tìm ra các đặc điểm hoạt động trong quá trình tiến triển của nó nhằm góp phần nâng cao độ chính xác trong dự báo bão.

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu và các kết quả quan trắc về bão nói chung và về cấu trúc bão nói riêng bằng nhiều phương pháp và các thiết bị khác nhau. Bài báo này sẽ trình bày một số vấn đề về khả năng và các kết quả nghiên cứu cấu trúc bão trên cơ sở các thông tin của ra đa.

## 1. Khả năng nghiên cứu cấu trúc bão trên cơ sở các thông tin ra đa

Ra đa thời tiết có nhiều khả năng cung cấp các thông tin nhằm phát hiện và cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như bão, mưa lớn, dông, tố, lốc, mưa đá,... Tuy quan trắc ra đa còn bị hạn chế (tối đa từ 300 đến 480km), song ra đa có thể cung cấp nhiều thông tin cụ thể về các đặc trưng hình học và vật lý của mây, các hiện tượng thời tiết nguy hiểm thông qua trường phản hồi vô tuyến (PHVT) của mây như độ cao đỉnh PHVT, giá trị độ PHVT của mây ở các mức độ cao, cấu trúc ngang cũng như cấu trúc thẳng đứng của các dải hoặc ổ mây đối lưu, cấu trúc các vùng mưa và vùng gió,... Đặc biệt, các ra đa số hoá Doppler còn xác định được cấu trúc thẳng đứng của gió (VAD), độ đứt gió, cấu trúc các dòng dịch chuyển của các đám mây, các đường gió giật, vùng hội tụ hoặc phân kỳ trong mây, cấu trúc xoáy,... Các thông tin ra đa như vậy rất thuận tiện cho nghiên cứu cấu trúc bão.

Từ trước tới nay trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về cấu trúc bão dựa trên cơ sở các thông tin ra đa như các công trình [1], [2], [3], [4],... Thông thường, hầu hết các tác giả đều nghiên cứu cấu trúc không thời gian của bão trên cơ sở các thông tin ra đa bằng cách mô tả chi tiết sự phân bố không gian và biến đổi theo thời gian của các dải mây, dải mưa, vùng gió mạnh nhất trong bão, hình dáng và kích thước các dải mây theo chiều thẳng đứng và nằm ngang, hình dáng và kích thước mắt bão, cửa tường mây trong mắt bão,... Đồng thời các tác giả cũng nghiên cứu mối quan hệ trong sự phân bố các dải mây, dải mưa vùng gió mạnh,... với vị trí, kích thước mắt bão,... Từ đó xác định được

các đặc điểm đặc trưng cho sự hoạt động của bão (như cường độ, hướng và tốc độ di chuyển của bão).

## 2. Các kết quả nghiên cứu cấu trúc bão trên cơ sở thông tin ra đa

S. Raghavan [2] cũng như nhiều tác giả của các công trình khác [3], [4], [5]..., đều có nhận định: cấu trúc đầy đủ trong những cơn bão hoàn chỉnh thường thể hiện qua các đặc trưng:

- + Đường gió giật trước bão.
- + Các ống đối lưu phía ngoài.
- + Các dải xoắn và trường mưa.
- + Mắt bão và tường mây mắt bão.
- + Đuôi bão.

Căn cứ vào cường độ PHVT, kích thước, hình dáng và sự phân bố theo không gian và thời gian của các đặc trưng này, người ta có thể dự báo sự tiến triển của bão.

Vì thế, hầu hết các công trình nghiên cứu cấu trúc bão trên cơ sở các thông tin ra đa đều tập trung chủ yếu vào các vấn đề cơ bản sau:

### a. Đường gió giật trước bão

Đường gió giật trước bão thường xuất hiện cách tâm bão khoảng 500km về phía trước hướng di chuyển của bão. Trên màn hình ra đa, đường gió giật trước bão thể hiện gồm các đám PHVT mây đối lưu sắp xếp thành dải có độ dài khoảng vài trăm kilômét và độ rộng khoảng vài kilômét. Đường gió giật trước bão thường chỉ tồn tại trên mặt biển và gây ra sóng, mưa lớn. Khi bão đổ bộ vào đất liền, dải mây này sẽ bị phá vỡ. S. Raghavan [2] cho thấy: định hướng dải PHVT của đường gió giật trước bão luôn luôn vuông góc với hướng di chuyển của bão vào cùng một thời điểm. Do vậy, có thể sử dụng nó như một dấu hiệu phán đoán hướng di chuyển của bão vào thời kỳ đầu khi bão còn cách xa trạm ra đa.

### b. Các dải mây, dải mưa

Trong công trình [4], R. Elsberry đã dẫn ra nhiều kết quả của các tác giả khác nhau khi nghiên cứu về cấu trúc bão. Chẳng hạn như Willoughby và các cộng sự (1985) cho rằng: cơ sở cấu trúc mây của bão có thể được mô tả gồm các dải mây nối tiếp nhau, mắt bão và tường mây mắt bão, vài dải mưa thứ cấp phía ngoài mắt bão. Dải mây mưa chính là ranh giới bên ngoài của lõi xoáy bên trong. Bên ngoài dải mưa này, các dòng xiết hội tụ thành một dải hoặc uốn quanh lõi bên trong. Gió thứ cấp cực đại quan trắc được diễn hình trong dải mây chính (Marks và Houze, 1984; Barnes và Powell, 1995; Samsury và Zipser, 1996). Mắt bão là trung tâm nhánh đi lên của hoàn lưu xoáy thứ cấp (đặc trưng bằng dòng vào theo hướng bán kính ở các mức thấp hướng lên trên trong mắt bão và dòng ra ở các mức cao) (Willoughby và cộng sự; 1992;

Jorgensen, 1984;...). Các dải mưa thứ cấp nhỏ hơn dải mưa chính và có khuynh hướng bao quanh các vùng mưa dạng tầng quanh mắt bão.

Nghiên cứu của Willoughby và cộng sự (1984) [4] cho thấy: các tường mây mắt bão đồng tâm (mắt đúp) có thể thấy bên trong cửa dải mưa chính ở cơn bão mạnh ( $V_x > 50 \text{ m/s}$ ) có lõi xoáy rộng. Tường mắt bão bên ngoài bao gồm một cực đại gió thứ cấp (thứ hai) có cùng đặc trưng xoáy và cấu trúc như phần mắt bão bên trong. Phần tường mắt bão bên ngoài thường bị thu nhỏ lại về phía trong theo thời gian, cuối cùng thay thế cho tường mắt bão bên trong. Sự thay thế trong một tường mắt bão như vậy trước hết (lúc đầu) làm giảm và sau đó lại làm tăng cường độ khi bán kính tường mắt bão giảm.

Bờ bên trong của tường mắt bão ở các độ cao từ gần mặt đất đến đỉnh bão được đặc trưng bằng dòng thăng lớn  $20 \text{ m/s}$  và giá trị trung bình từ  $3-4 \text{ m/s}$  (Marks và Houze, 1987; Black và cộng sự, 1996) [4]. Dòng giáng yếu phát hiện thấy dưới độ cao  $6 \text{ km}$  trùng với độ phản hồi cực đại của tường mắt bão, trong khi dòng giáng mạnh nhất là  $15 \text{ m/s}$  xuất hiện ở các độ cao  $> 8 \text{ km}$  (Black và cộng sự, 1994; Black và cộng sự, 1996) [4].

### c. Cấu trúc lõi bên trong của bão

Marks và cộng sự (1992) [4] đưa ra "khuôn mẫu" nhờ đó có thể mô tả được sự bất đối xứng tự nhiên của lõi bên trong bão. Marks đã phân tích số liệu ra đa Doppler của hai cơn bão để minh họa cho khuôn mẫu này: bão Gilbert vào ngày 14/IX/1988 và Hugo ngày 17/IX/1989 [4]. Hai cơn bão đã thể hiện một mặt cắt điển hình của cường độ và sự biến đổi cường độ. Ở đây Hugo là cơn bão phát triển nhanh (tốc độ áp suất ở tâm giảm  $2 \text{ mb/giờ}$  với áp suất ở tâm là  $952 \text{ mb}$ , trong khi bão Gilbert có cường độ gần đạt tới giá trị cao nhất với áp suất ở tâm là  $890 \text{ mb}$  trong thời gian 12 đến 18 giờ.... [4].

Các dải mây hình xoáy gần các đám mây phản hồi của vùng mưa phân bố theo một đường cong và hội tụ tại tâm bão. Theo Raghavan S [2], phản hồi của các dải mây phân bố theo đường xoáy loga và có thể xác định được bằng phương trình có dạng như sau:

$$r = Ae^{Qtg\alpha}$$

$$\text{hay } \ln r = \ln A + Qtg\alpha,$$

trong đó:

$r$  và  $Q$  - toạ độ cực của một điểm trên đường xoáy có tâm là tâm bão.  
 $\alpha$  - góc giữa tiếp tuyến của đường xoáy tại điểm có toạ độ ( $r; Q$ ) và tiếp tuyến của đường tròn có tâm là mắt bão đi qua.

Trong giai đoạn chưa ổn định, hiện tượng không đối xứng của cấu trúc xoáy dẫn đến sự khác nhau về giá trị góc  $\alpha$  trong các miền khác nhau. Schwerdt và một số tác giả khác nhận thấy rằng, khi bão đã phát triển đến giai đoạn ổn định thì góc  $\alpha$  tăng dần từ  $0 - 30^\circ$  tại khoảng cách bằng 3 lần bán kính gió lớn nhất ( $3R_{V_{max}}$ ) sau đó thì giảm dần.

Xen lẩn dải xoắn là vùng phản hồi không có hình dáng nhất định gọi là lá chắn mưa. Lá chắn mưa có lượng mưa tương đối nhẹ hơn so với lượng mưa trong các dải xoắn. Ở Bắc bán cầu, lá chắn mưa và các dải xoắn thường có chuyển động ngược chiều kim đồng hồ xung quanh tâm bão. Sự sắp xếp của các dải xoắn được mô tả bằng cách vẽ một đường mảnh dọc theo các đám phản hồi mạnh nhất của từng dải.

#### *d. Mắt bão và tường mây mắt bão*

Trong một cơn bão mạnh, mắt bão là vùng có dòng giáng không có mây và không có mưa. Do đó, đây là vùng không có PHVT mây. Mắt bão được bao bọc xung quanh bởi một tường mây gọi là tường mây mắt bão.

Mắt bão hình thành khi tốc độ gió vượt quá 33m/s. Mắt bão hình thành ở giai đoạn xoáy thuận nhiệt đới chuyển thành bão.

Trong những trường hợp bão yếu, không phải lúc nào mắt bão cũng hoàn toàn có mây. Trong trường hợp cơn bão đủ mạnh, trên màn hình ra đa mắt bão thể hiện dưới dạng vòng nhẫn. Ngay cả khi mắt bão đã kiến tạo hoàn chỉnh nhưng còn cách xa trạm ra đa thì trên màn hình ra đa chỉ nhìn thấy một phần của tường mây mắt bão. Trong một cơn bão trưởng thành, mắt bão cũng có thể có những thay đổi trong từng chu kỳ ngắn; mắt bão có thể giãn ra hoặc đóng kín lại và hình dạng mắt bão cũng có thể biến đổi.

Theo dõi tường mây có thể xác định được vị trí của mắt bão. Việc xác định đường kính mắt bão thông qua tường mây mắt bão quan trắc được bằng ra đa có thể dùng làm cơ sở cho việc xác định các đặc điểm của mắt bão. Vì đoạn tường mây mắt bão xác định tốt là biểu hiện chắc chắn duy nhất cho kích thước thực của mắt bão, cho nên vòng cung phù hợp nhất phản ánh được mắt bão là vòng cung trùng với mép trong của đoạn tường mây đó. Sau khi xác định được vòng cung này sẽ xác định được kích thước và vị trí tâm của nó (kinh, vĩ độ, khoảng cách và hướng).

#### *d. Đầu bão*

Phía sau mắt bão các dải mây xoắn thường dần ra. Tuy nhiên, hiện tượng này ít bị phát hiện bởi ra đa. Việc kéo dài của các dải mây xoắn thường xảy ra ở phía bên phải quỹ đạo chuyển động của bão và thường thể hiện trên màn hình như một đường gồm phản hồi của các ổ đối lưu mạnh. Có trường hợp bão đã đổ bộ vào đất liền song ở những vùng cách tâm bão 200 - 300km vẫn xảy ra mưa rào mạnh gây ngập lụt cho một vùng rộng lớn. Cần phải cảnh giác với hiện tượng xoáy cục bộ với sức gió lớn có trong vùng mây đối lưu.

### **3. Một số kết quả bước đầu nghiên cứu cấu trúc bão trên cơ sở thông tin ra đa ở Việt Nam**

Ở nước ta, đã có một số công trình nghiên cứu về bão. Song, các công trình có sử dụng các thông tin ra đa chỉ mới dừng lại ở việc mô tả khái quát hình dáng bên ngoài của các đặc trưng ra đa trong bão (như xác định số lượng

các dải mây xoắn, độ dài hoặc độ rộng trung bình của các dải xoắn đó, đường kính trung bình của mắt bão, diễn biến của các đặc trưng nêu trên trong quá trình tiến triển của bão,...). Về cấu trúc bão, chưa có điều kiện nghiên cứu một cách đầy đủ và chi tiết theo đúng nghĩa của nó.

Trong báo cáo tổng kết đề tài hợp tác Việt - Nga số 6 [6], bước đầu, để có cơ sở khoa học cho việc sử dụng ra đa thời tiết trong theo dõi, cảnh báo bão và các hiện tượng thời tiết nguy hiểm, TS. Trần Duy Bình cùng các cộng tác viên đã tiến hành khảo sát một số cơn bão đổ bộ vào khu vực hoạt động của trạm ra đa thời tiết MRL - 5 đặt tại Phù Liễn (Hải Phòng). Các cơn bão được khảo sát gồm: BRIAN (số 7 năm 1989), ED (số 5 năm 1990), ZEKE (số 3 năm 1991), FRED (số 6 năm 1991), CHUCK (số 1 năm 1992) và ELI (số 2 năm 1992). Trên cơ sở các số liệu ra đa thu thập được từ các cơn bão đã khảo sát, tác giả đã mô tả cụ thể từng cơn và đưa ra những nhận xét trực quan về đặc điểm cấu trúc của các cơn bão đó. Các kết quả nêu ra cho thấy mỗi cơn bão có những nét đặc điểm khác nhau và ở từng cơn bão cụ thể những giai đoạn phát triển khác nhau cũng có đặc điểm cấu trúc khác nhau. Nhận xét chung nhất cho các cơn bão đã được khảo sát có thể được tóm tắt như sau: những cơn bão đi vào vịnh Bắc Bộ từ vùng biển phía nam đảo Hải Nam (Trung Quốc) có cấu trúc trường mây bão thể hiện rất rõ khi tâm bão còn ở xa trạm ra đa từ 200 đến 250km; những cơn bão đổ bộ vào vịnh Bắc Bộ sau khi đã đi qua eo biển Lôi Châu (Trung Quốc) hoặc đảo Hải Nam thường chỉ thể hiện rõ trên màn hình ra đa khi tâm bão cách trạm từ 100 đến 150km. Trường mây bão nói chung thường có cấu trúc hỗn hợp mây tầng - tích, tường mây mắt bão có cấu trúc mây đối lưu và trong vòng nhẫn (lõi) của tường mây mắt bão có một vùng phản hồi cực đại liên quan đến hướng di chuyển của tâm bão.

#### **4. Hiện trạng về hoạt động của mạng lưới trạm ra đa ở Việt Nam và một số kiến nghị**

##### *a. Hiện trạng về hoạt động của mạng lưới trạm ra đa ở Việt Nam*

Cho đến nay (nếu không kể đến trạm ra đa Việt Trì thuộc vùng trung du) trên lãnh thổ Việt Nam đã có một mạng lưới trạm ra đa ven bờ biển khá hoàn chỉnh để theo dõi và cảnh báo bão (hình vẽ kèm theo). Đó là các trạm Phù Liễn (Hải Phòng) có ra đa hoạt động từ năm 1989, hiện có hai ra đa (ra đa MRL-5 không số hoá của Nga và TRS-2730 số hóa không Doppler của Pháp); trạm Vinh (Nghệ An) có ra đa hoạt động từ năm 1993, cũng có hai ra đa giống như trạm Phù Liễn; trạm Tam Kỳ (Quảng Nam) có ra đa số hoá Doppler DWRS-93C của hãng EEC (Hoa Kỳ) hoạt động từ năm 1999; trạm Nha Trang (Khánh Hòa) có ra đa số hoá Doppler DWRS-93C của hãng EEC (Hoa Kỳ) hoạt động từ năm 2000; trạm ra đa Nhà Bè (TP. Hồ Chí Minh) có ra đa số hoá Doppler DWRS - 93C của hãng EEC (Hoa Kỳ) hoạt động từ năm 2004. Các trạm này có khả năng thu các thông tin ra đa trong phạm vi bao quát hầu như toàn bộ vùng bờ biển Việt Nam giúp cho việc theo dõi và cảnh báo bão khi chúng còn cách bờ hàng trăm kilômét.

Ngoài các ra đa MRL-5 của Nga, các ra đa khác đều là số hoá, đặc biệt có ba trạm ra đa số hoá Doppler (phía nam). Thông tin do các ra đa này thu được rất phong phú, có độ phân giải cao, thuận lợi cho nghiên cứu về cấu trúc bão.

Hiệu quả của lưới trạm ra đa ở Việt Nam là rất lớn nếu khai thác triệt để khả năng tiềm tàng của chúng. Tuy nhiên, việc nghiên cứu bão nói chung và nghiên cứu cấu trúc bão nói riêng ở Việt Nam hiện nay còn gặp nhiều khó khăn do lượng thông tin thực tế do các trạm ra đa thời tiết thu được quá ít và chưa phù hợp với nhu cầu nghiên cứu. Bởi lẽ các thông tin thu được ở các trạm khác nhau, thậm chí ở một trạm trong cùng một cơn bão không đồng nhất nên không thể thống kê, tổ hợp, phân tích và so sánh các thông tin để đưa ra những nhận xét thỏa đáng. Thông tin mà các trạm đã thu được qua một số cơn bão trước đây rất hạn chế do có sự ràng buộc bởi các yêu cầu của công tác nghiệp vụ kỹ thuật (như là số lần quan trắc chỉ thực hiện theo các lần quy định, bán kính quét cũng như góc nâng ăng ten của các ra đa khi có bão chưa có quy định thống nhất,...). Mặt khác, hiện nay chưa có nhiều cán bộ khí tượng quan tâm và được đào tạo chuyên sâu về ra đa thời tiết, nên khả năng khai thác sử dụng còn bị hạn chế. Do vậy, hiệu quả sử dụng đối với từng trạm cũng như cả hệ thống các trạm ra đa ở Việt Nam hiện nay vẫn còn ở mức thấp.

#### b. Một số kiến nghị

Để có được những thông tin về ra đa phục vụ cho việc nghiên cứu bão nói chung và nghiên cứu cấu trúc bão nói riêng, cần có phương pháp quan trắc thích hợp cho các đối tượng sử dụng và hướng dẫn thống nhất phương pháp quan trắc cho các trạm ra đa trên toàn mạng lưới, đặc biệt là các trạm có nhiều khả năng quan trắc được bão. Một số kiến nghị cụ thể trước mắt như sau:

- Đối với các trạm ra đa ven biển, cần đưa ra quy định và hướng dẫn cụ thể về phương pháp quan trắc thu thập số liệu trong trường hợp có bão. Phương pháp quan trắc cần được xây dựng sao cho các thông tin thu được phù hợp với nhu cầu nghiên cứu và cảnh báo bão. Muốn vậy, cần đầu tư và tạo điều kiện để thực hiện tốt hơn nữa việc nghiên cứu xây dựng và tập huấn phương pháp, xây dựng và hoàn thiện các tiêu chuẩn đối với hạng mục quan trắc ra đa (như quy phạm quan trắc ra đa nói chung, quy trình quan trắc bão,...).

- Có giải pháp truyền các thông tin ra đa về những nơi có nhu cầu sử dụng (như Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, các trung tâm dự báo khí tượng thủy văn tỉnh và Viện Khí tượng Thủy văn).

- Có giải pháp tổ hợp các thông tin ra đa từ các trạm trên mạng lưới với nhau.

- Cần được đầu tư thỏa đáng về trang thiết bị cũng như tạo điều kiện về các chế độ để đảm bảo sự hoạt động ổn định của các trạm ra đa nhất là trong mùa bão.

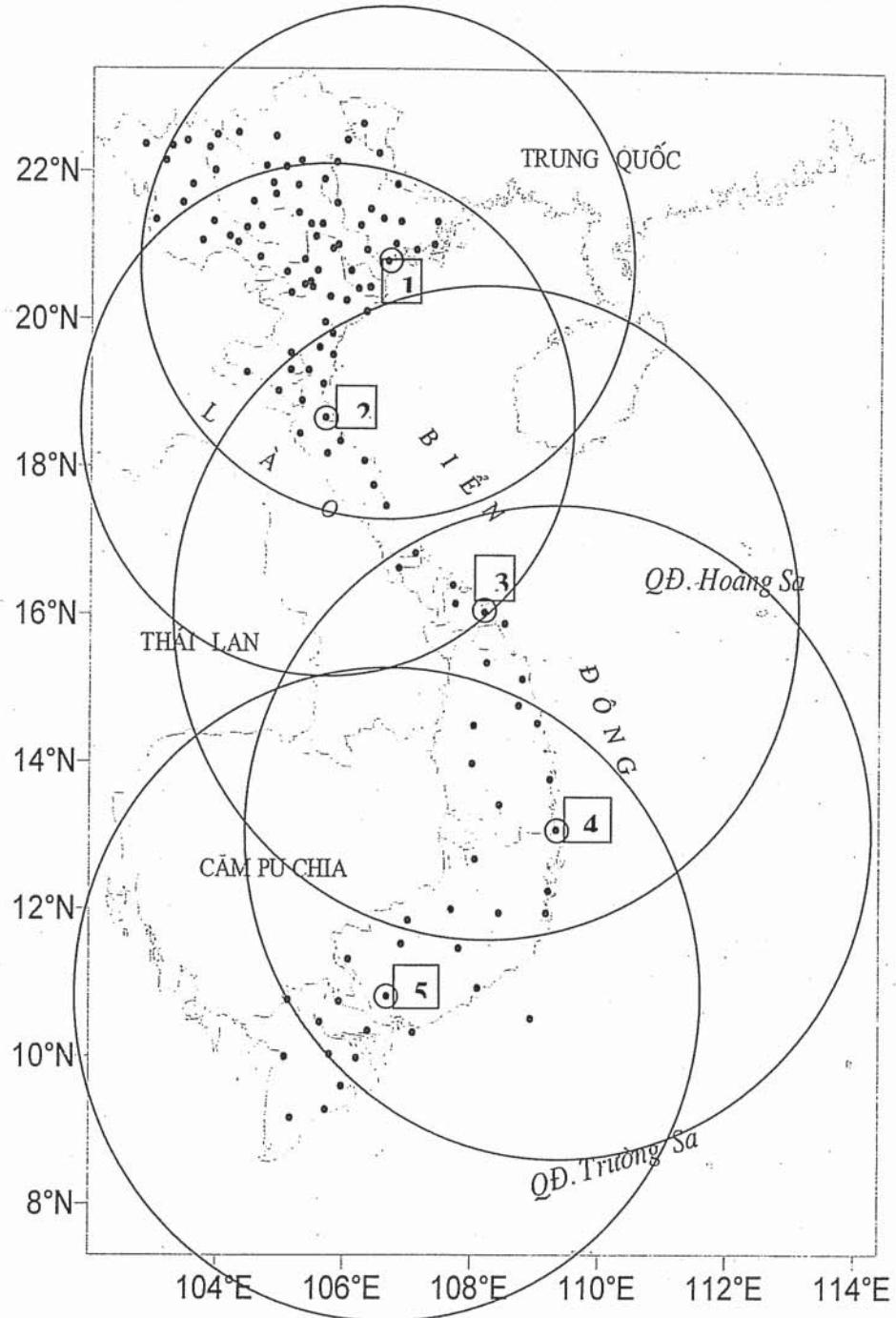
- Đầu tư thêm để tạo điều kiện thuận lợi trong việc đồng nhất hóa các thông tin giữa các trạm với nhau.

- Cần đẩy mạnh đầu tư cho việc đào tạo một đội ngũ cán bộ chuyên sâu về khí tượng ra đa, chuyên nghiên cứu các phương pháp khai thác sử dụng thông tin ra đa cũng như sử dụng tổng hợp các thông tin khí tượng (như thông tin ra đa, ảnh mây vệ tinh, số liệu cao không,...) vào nghiệp vụ dự báo và các nhu cầu phục vụ thực tế khác của đất nước, đặc biệt là dự báo thời tiết cực ngắn như mưa lớn, tố lốc, mưa đá....

### Tài liệu tham khảo

1. Robert H. Simpson and Herbert Richl. The Hurricaneand its impact. Copying by Loaisiana State University Press. 1981.
2. Raghavan S. (India Meteorological Department). Structure of Tropical cyclone as seen by radar. Réport No. TCP-19. WMO. ThaiLand, 1983.
3. Holland G.J. Tropical cyclone intensity and structure. WMO Tropical Meteorology Research Programme Commission For Atmospheric Sciences. Report No. 59. 21 - 30 April 1998.
4. Russ Elsberry (USA). Tropical cyclone structure and structure change. WMO Tropical Meteorology Research Programme Commission For Atmospheric Sciences. Report No. 67. 3 - 12 December 2002.
5. Trần Duy Bình. Đề tài hợp tác Việt - Xô số 3 giai đoạn 1991 -1993. Nghiên cứu thực nghiệm cấu trúc MEZO của bão và các quy luật trong sự phát triển của chúng. Hà Nội, 1993.
6. Trần Duy Bình. Nghiên cứu bão và các hiện tượng thời tiết nguy hiểm bằng phương pháp ra đa (Đề tài số 6 hợp tác Việt - Nga). Hà Nội, 1993.

**Sơ đồ mạng lưới trạm ra đa thời tiết ven biển Việt Nam**  
(Có tầm bao quát tối đa có thể dùng để quan trắc và cảnh báo bão)



**Ghi chú:**      1. Phù Liễn;      2. Vinh;  
                  3. Tam Kỳ;      4. Nha Trang;      5. Nhà Bè.

Đường tròn nhỏ (tầm bao quát tối đa 380km): ra đa của Pháp;  
Đường tròn nhỏ (tầm bao quát tối đa 480km): ra đa của Hoa Kỳ