

KẾT QUẢ BƯỚC ĐẦU CỦA VIỆC ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP BIẾN PHÂN VỚI ĐIỀU KIỆN RÀNG BUỘC PHƯƠNG TRÌNH BẢO TOÀN ĐƠN GIẢN ĐỂ TÍNH TOÁN TRƯỜNG GIÓ THỰC 3 CHIỀU TỪ GIÓ XUYỀN TÂM QUAN TRẮC ĐƯỢC BỞI MẠNG LƯỚI RA ĐA THỜI TIẾT ĐÓP-LE Ở VIỆT NAM

Đào Thị Loan, Nguyễn Quang Vinh

Đài Khí tượng cao không

Mục đích chính của bài báo là trình bày kết quả bước đầu của việc nghiên cứu áp dụng phương pháp biến phân với điều kiện ràng buộc phương trình bảo toàn đơn giản để khôi phục (tính toán) trường gió thực 3 chiều từ gió xuyên tâm quan trắc được bởi mạng lưới ra đa thời tiết đốp-le ở Việt Nam. Đây là phương pháp đáng tin cậy, đã được nhóm tác giả J.Gao và các cộng sự công bố trên tạp chí Vật lý Khí quyển Khí tượng (Meteorology and Atmospheric Physics). Trường gió thực 3 chiều tính từ gió xuyên tâm của cơn bão Vamco (9/2015) quan trắc bởi ra đa thời tiết đốp-le Tam Kỳ được trích xuất để so sánh với số liệu quan trắc gió đồng bộ của trạm thám không vô tuyến Đà Nẵng. Sai số quân phương trung bình (RMS-Root Mean Square) của tốc độ gió ngang và tốc độ gió thẳng đứng (w) giữa chúng là 1,43 m/s và 0,55 m/s, đều thỏa mãn yêu cầu về độ chính xác. Các ảnh hiển thị trường tốc độ u , v từ ra đa cũng cho thấy hướng gió thổi khá phù hợp với hoàn lưu của cơn bão. Nguồn số liệu gió tính toán này có thể ứng dụng được vào nghiệp vụ cảnh báo hiện tượng thời tiết nguy hiểm và các mục đích nghiên cứu khác.

Từ khóa: ra đa thời tiết đốp-le, gió xuyên tâm, gió 3 chiều, phương pháp biến phân.

1. Mở đầu

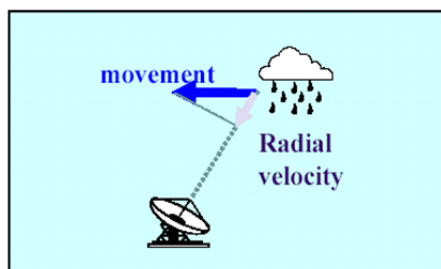
Các phương pháp quan trắc gió trong khí quyển tự do hiện tại ở Việt Nam gồm có: thám không vô tuyến, Pilot, ra đa thời tiết đốp-le. Trong số đó, ra đa đốp-le chiếm ưu thế hơn ở chỗ nó có thể thỏa mãn yêu cầu nguồn số liệu gió phân giải cao theo không gian, thời gian và số liệu đầy đủ về cấu trúc bên trong của hệ thống thời tiết tại vị trí ở xa. Tuy nhiên ra đa thời tiết đốp-le chỉ đo được thành phần gió dọc theo tia quét có hướng đi vào hoặc ra khỏi ra đa (là thành phần tốc độ xuyên tâm - radial velocity) mà không đo được trường gió thực không gian 3 chiều thông thường. Do vậy, để khai thác triệt để sản phẩm gió đốp-le phục vụ nhiều mục đích khác nhau, đòi hỏi phải triển khai các phương pháp nghiên cứu, tính toán các thành phần gió u ,

v , w từ thành phần gió xuyên tâm.

Tùy thuộc vào bộ số liệu gió thu thập được từ những mạng lưới ra đa khác nhau mà các phương pháp tính toán này cũng hoàn toàn khác nhau. Mạng lưới ra đa thời tiết đốp-le ở Việt Nam phân bố không đủ dày để vùng phủ sóng có thể chồng lên nhau với bán kính quan trắc gió 120 km nên nghiên cứu sẽ theo hướng sử dụng ra đa đơn lẻ để tính toán gió thực 3 chiều từ gió xuyên tâm. Theo hướng này, bài báo sẽ tập trung trình bày phương pháp biến phân với điều kiện ràng buộc phương trình bảo toàn đơn giản được phát triển bởi J.Gao (2006) và một vài kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp.

Việc chủ động trích xuất được gió thành phần xuyên tâm trong file số liệu quét khối (số liệu gốc) để tính toán ra được gió thực sẽ tạo điều

kiện thuận lợi cho chúng ta khai thác hiệu quả sản phẩm gió của ra đa thời tiết Doppler vì nhiều mục đích khác nhau. Trước mắt, việc tính toán và hiển thị được trường gió thực sẽ giúp cho người sử dụng sản phẩm ra đa Doppler có số liệu gió đầy đủ và những hình ảnh dễ hiểu về phân bố trường gió, từ đó cũng dễ dàng phát hiện được các ổ loạn lưu khí quyển ngay từ khi bắt đầu hình thành, theo dõi sự phát triển các ổ mây đối lưu để kịp thời cảnh báo hiện tượng thời tiết nguy hiểm. Hơn nữa, với bán kính quan trắc gió hiệu quả của ra đa Doppler là 120 km thì ngay từ khi bão bắt đầu cách bờ 120 km, nếu ra đa Doppler hoạt động



Hình 1. Biểu diễn các thành phần gió u , v , w và gió xuyên tâm (V_r -Radial velocity)

Theo [2], mối quan hệ giữa các thành phần tốc độ u , v , w và V_r được thể hiện qua công thức (1):

$$V_r = u \sin\theta \cos\alpha + v \cos\theta \cos\alpha + w \sin\alpha \quad (1)$$

Trong đó:

A: Điểm quan trắc gió của ra đa Doppler (điểm cần tính toán gió u, v, w).

u, v, w : Tốc độ gió thành phần theo hướng x, y, z trong hệ tọa độ đề-các (cần tính toán).

V_r : Tốc độ gió xuyên tâm quan trắc bởi ra đa Doppler (giá trị quan trắc đã biết).

α, θ : Góc nâng và góc phương vị của tia quét của ra đa (giá trị đã biết).

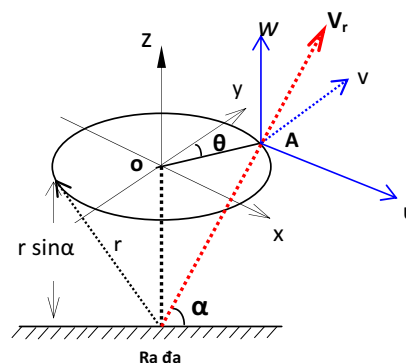
Công thức (1) biểu diễn mối quan hệ V_r và các thành phần tốc độ u, v, w cho thấy rằng nếu có 2 hoặc 3 ra đa cùng quan trắc 1 điểm thì ta dễ dàng tính được trường gió 3D. Tuy nhiên, rất nhiều nước trên thế giới trong đó có Việt Nam không thể có mạng lưới ra đa Doppler đủ dày để thỏa mãn điều kiện này. Phương pháp biến phân được nghiên cứu phát triển để tính trường gió 3D cho trường hợp ra đa Doppler đơn lẻ.

Tính toán gió 3 chiều u, v, w dựa trên phương

tích cực quan trắc trường gió thì ta có thể đưa ra những thông tin tốc độ gió trong bão hỗ trợ đắc lực cho các dự báo viên xác định cường độ bão.

2. Mô tả phương pháp biến phân với điều kiện ràng buộc phương trình bảo toàn đơn giản tính toán trường gió 3 chiều từ số liệu gió quan trắc được bởi từng ra đa thời tiết Doppler đơn lẻ

Hình 1 mô tả các thành phần gió u, v, w theo hướng x, y, z và thành phần gió xuyên tâm quan trắc bởi ra đa thời tiết Doppler.



pháp biến phân với điều kiện ràng buộc phương trình bảo toàn đơn giản [3] trong đó hàm giá trị J được xác định là tổng bình phương sai số gây ra do sai lệch giữa kết quả quan trắc và kết quả phân tích, tùy thuộc vào các ràng buộc nhất định. Mỗi ràng buộc được gán trọng số bởi một hệ số theo độ chính xác của nó. Hàm giá trị được tối thiểu hóa để thu được một kết quả phân tích phù hợp nhất giữa quan trắc ra đa và trường nền cùng các ràng buộc khác. Sự định nghĩa về hàm giá trị và sự tối thiểu của nó là cốt lõi trong phân tích biến phân. Phương pháp biến phân sử dụng đạo hàm của J theo các biến phân tích, và do đó J phải là hàm khả vi.

Được thiết kế cho việc phân tích các trường gió 3 chiều từ ra đa thời tiết Doppler và các quan trắc khác, phương pháp biến phân ở đây lấy trung bình theo thời gian (theo chu kỳ tính toán) véc tơ gió 3D (u_m, v_m, w_m) từ vận tốc xuyên tâm (V_r^{ob}) và phản hồi vô tuyến (η^{ob}) của một ra đa Doppler đơn lẻ. Chu kỳ tính toán thường là một khoảng thời gian của 2 hoặc 3 obs quét khối của ra đa mà xu hướng của vận tốc và phản hồi vô

tuyến theo thời gian được đánh giá (thường khoảng 1 - 10 phút tùy thuộc vào các trình quét của ra đa được sử dụng).

Hàm giá trị J được định nghĩa bằng biểu thức:

$$J = J_E + J_{V_r} + J_B + J_D + J_S \quad (2)$$

Trong đó :

$$J_E = 1/2 \sum_{n=1 \text{ or } 2}^{N-1} W_E(E_n)^2 \quad (3)$$

đo quy mô của phương trình khuếch tán bình lưu (hoặc bảo toàn) phản hồi vô tuyến hoặc tốc độ xuyên tâm 3 chiều. Với điều kiện thỏa mãn phương trình:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u_m \frac{\partial \eta}{\partial x} + v_m \frac{\partial \eta}{\partial y} + w_m \frac{\partial \eta}{\partial z} - k_H \nabla_H^2 \eta - k_V \nabla_V^2 \eta - F_m = 0 \quad (4)$$

Trong đó, W_E là trọng số, n là chỉ số về mức thời gian của obs quan trắc và N là tổng số trình

$$E_n \equiv \frac{1}{2\Delta t} (\eta_{ob}^{n+1} - \eta_{ob}^{n-1}) + \left(u_m \frac{\partial}{\partial x} + v_m \frac{\partial}{\partial y} + w_m \frac{\partial}{\partial z} \right) \eta_{ob}^n - (k_H \nabla_H^2 + k_V \nabla_V^2) \eta_{ob}^n - F_m \quad (5)$$

Trong đó η_{ob}^n là phản hồi vô tuyến hay vận tốc xuyên tâm quan trắc được ở thời điểm n và Δt là khoảng thời gian giữa các obs sát nhau.

Tham số thứ 2, J_{V_r} trong phương trình (2) là khoảng cách giữa vận tốc xuyên tâm trung bình theo thời gian của số liệu phân tích, V_r và thành phần tương ứng của số liệu quan trắc, V_{rob} :

$$J_{V_r} = \frac{1}{2} \sum_n W_r (V_r - V_{rob}^n)^2 \quad (6)$$

W_r là trọng số, và V_r được cho bởi toán tử dự báo $V_r = PQ(u_m, v_m, w_m)$, với Q là toán tử nội

quét (volume-scans) được xem xét trong quá trình tính toán.

Khi ω là vận tốc xuyên tâm, thì phương trình (4) biểu diễn phương trình mômen với tham số F_m biểu diễn các thành phần khác trong phương trình. Khi ω là độ phản hồi vô tuyến, F_m lúc đó gồm các quá trình biến động vi vật lý. Quá trình được mô phỏng tổng quát để phương trình (3) có thể áp dụng với cả vận tốc xuyên tâm và phản hồi vô tuyến, hoặc cả hai.

Trong phương trình (4), u_m , v_m và w_m là các thành phần vận tốc trung bình (trong chu kỳ thời gian xem xét) theo các hướng x , y và z , là kết quả cần tính toán. Các hệ số xoáy (eddy) k_H , k_V được giả thiết là các hằng số chưa biết và tham số F_m , được đề cập trước đó, là trung bình theo thời gian, cũng được tính toán.

Trong phương trình (4), E_n được tính toán như sau:

suy tuyến tính mà ánh xạ thành phần vận tốc hệ đề-các 3D (u_m , v_m , w_m) từ lưới sang điểm quan trắc. Tại các điểm quan trắc, gió được ký hiệu bằng (u'_m , v'_m , w'_m).

P là toán tử mà chiếu véc-tơ gió (u'_m , v'_m , w'_m) sang hướng xuyên tâm và có dạng như sau:

$$P(u'_m, v'_m, w'_m) = (xu'_m + yv'_m + zw'_m)/r \quad (7)$$

Với r là khoảng cách xuyên tâm từ ra đa tới điểm quan trắc.

Các tham số còn lại trong phương trình (2) được định nghĩa như sau:

$$J_B = \frac{1}{2} \left[\sum_{ijk} W_{ub} (u_m - u_b)^2 + \sum_{ijk} W_{vb} (v_m - v_b)^2 + \sum_{ijk} W_{wb} (w_m - w_b)^2 \right] \quad (8)$$

$$J_D = \frac{1}{2} \sum_{ijk} W_D D^2 \quad (9)$$

$$J_S = \frac{1}{2} \left[\sum_{ijk} W_{us} (\nabla^2 u)^2 + \sum_{ijk} W_{vs} (\nabla^2 v)^2 + \sum_{ijk} W_{ws} (\nabla^2 w)^2 \right] \quad (10)$$

Ở đây, J_B đo sự thích hợp của giá trị phân tích đối với giá trị nền phân tích, và J_D là ràng buộc yếu về tính liên tục trên trường gió đang được xét đến với:

$$D \equiv \frac{\partial \bar{\rho} u}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\rho} v}{\partial y} + \frac{\partial \bar{\rho} w}{\partial z} \quad (11)$$

Và $\bar{\rho}(z)$ là mật độ không khí trung bình, là một hàm theo độ cao. $D = 0$ là phương trình liên tục.

J_S ràng buộc về sự làm trơn theo không gian mà nó sẽ làm giảm độ ồn trong trường phân tích.

Để giải quyết vấn đề biến phân phía trên bằng việc tối thiểu hóa trực tiếp, chúng ta nhận được gra-đi-en của hàm giá trị tương ứng với các biến điều khiển ($u_m, v_m, w_m, F_m, k_H, k_V$). Tính sự biến đổi của J tương ứng với u_m, v_m, w_m, F_m, k_H và k_V tại mỗi điểm lưới, chúng ta thu được các thành phần của gra-đi-en của J .

Sau khi các gra-đi-en của hàm giá trị tính được, vấn đề tính toán dữ liệu có thể được giải quyết qua những bước sau:

(1) Chọn giá trị khởi tạo cho véc-tơ điều

kiển $Z=(u_m, v_m, w_m, F_m, k_H, k_V)$ và tính hàm giá trị J sử dụng các phương trình (2), (3), (6), (8), (9) và (10);

(2) Tính các gra-đi-en

$$\left(\frac{\partial J}{\partial u_m}, \frac{\partial J}{\partial v_m}, \frac{\partial J}{\partial w_m}, \frac{\partial J}{\partial F_m}, \frac{\partial J}{\partial k_H}, \frac{\partial J}{\partial k_V} \right);$$

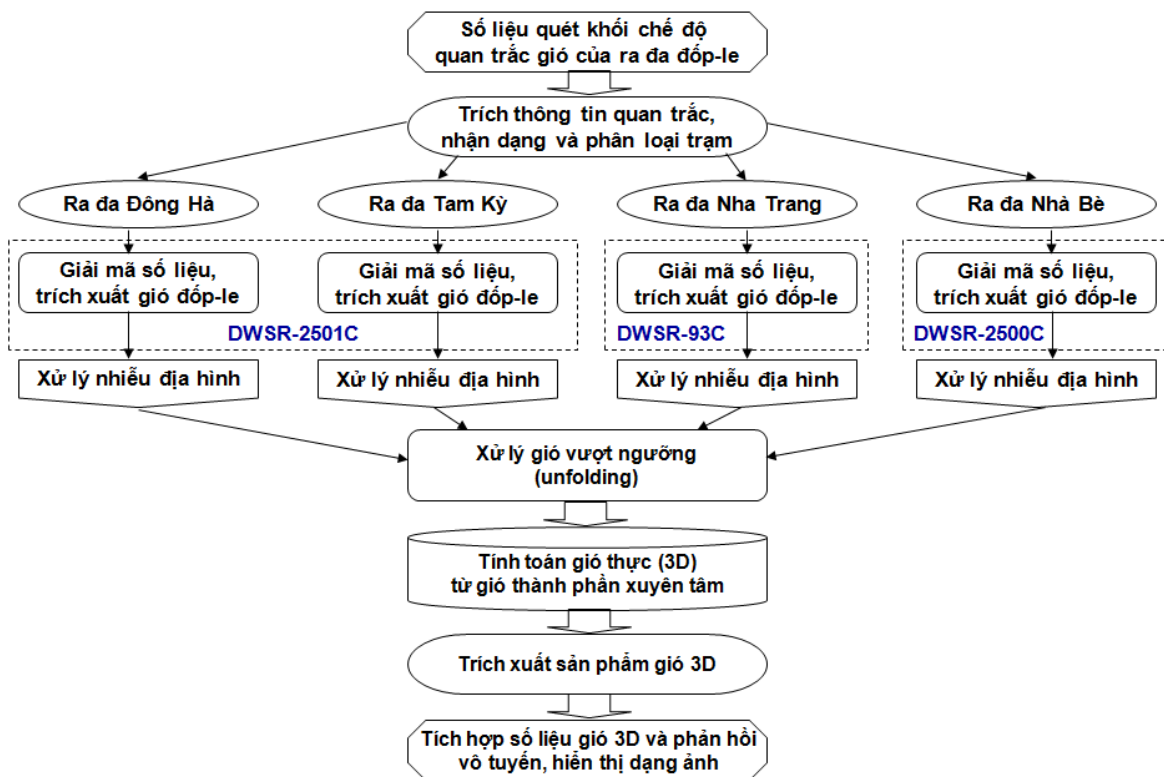
(3) Sử dụng thuật toán tối thiểu hóa để tính được các giá trị của các biến điều khiển;

(4) Kiểm tra liệu rằng giá trị J đã tối ưu chưa? Nếu những tiêu chuẩn được thỏa mãn, dừng lặp và xuất ra véc-tơ điều khiển tối ưu ($u_m, v_m, w_m, F_m, k_H, k_V$);

(5) Nếu tiêu chuẩn hội tụ không được thỏa mãn, lặp lại bước 1 đến bước 4 với giá trị cập nhật ($u_m, v_m, w_m, F_m, k_H, k_V$) là giá trị khởi tạo mới. Quá trình lặp được tiếp tục cho đến khi giải pháp hội tụ phù hợp được tìm thấy.

3. Kết quả tính toán trường gió 3 chiều từ gió xuyên tâm quan trắc được bởi mạng lưới ra đa thời tiết Doppler Việt Nam bằng áp dụng phương pháp biến phân

3.1. Sơ đồ tính toán



Hình 2. Sơ đồ khối tính toán, chiết xuất và hiển thị ảnh sản phẩm gió 3D

Để thực hiện tính toán gió thực 3 chiều từ số liệu gió xuyên tâm, các điều kiện đầu vào, tham số thực nghiệm được kế thừa [3] kết hợp cùng nguồn số liệu thực tế (lưới nội suy số liệu sang tọa độ đề-các 300x512x512, chu kỳ quan trắc các obs gió của hệ thống ra đa thời tiết đốp-le tại Việt Nam):

- + Vector khởi tạo $Z = 0$;
- + Lưới 300x512x512, phân giải thẳng đứng 100m/pixel, phân giải ngang 500m/pixel;
- + Chu kỳ tính toán: 02 obs (1800 s);
- + Số bước lặp: 50;
- + Các trọng số: $W_{rm} = 1$, $W_{ub} = W_{vb} = 5 \times 10^{-2}$, $W_{wb} = 0$, $W_D = 4 \times 10^6$, $W_{uz} = W_{vz} = W_{wz} = 10^{-2}$;
- + Ngưỡng dừng đối với hàm giá trị: $J = 3.10^{-2} \text{m}^2/\text{s}^2$.

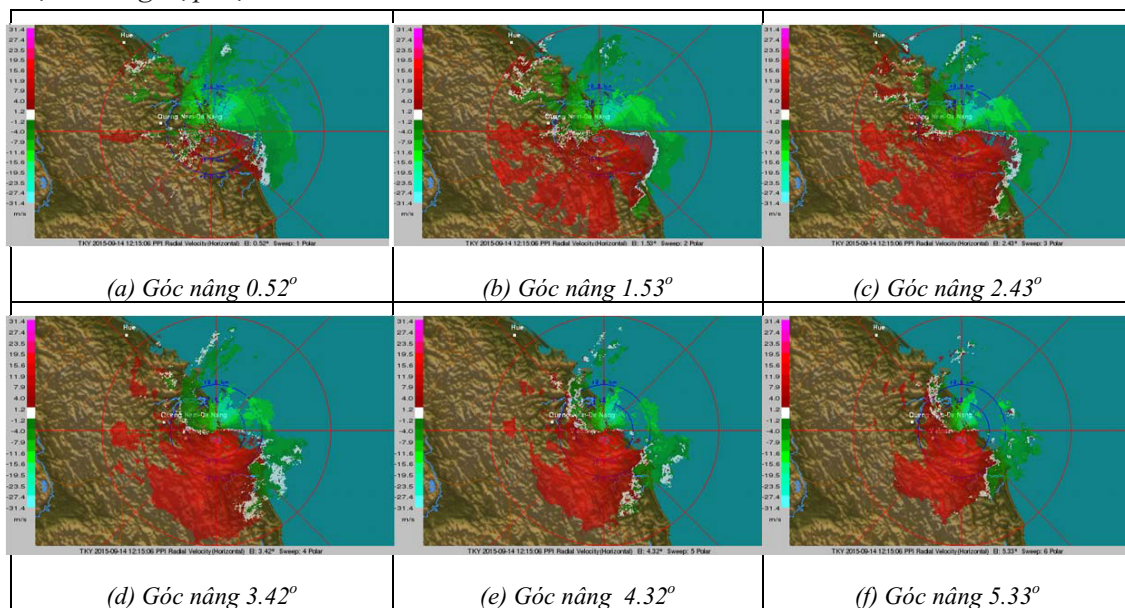
3.2. Kết quả tính toán trường gió u , v , w từ gió xuyên tâm của ra đa đốp-le

Ta hãy xem xét, phân tích kết quả tính toán qua một trường hợp cụ thể: Con bão số 3 năm

2015 (bão Vamco).

Tối 14/9/2015, khi đi vào sát bờ biển các tỉnh Quảng Nam - Quảng Ngãi, bão số 3 suy yếu thành áp thấp nhiệt đới, đổ bộ vào đất liền, tiếp tục di chuyển sang khu vực Nam Lào, rồi di chuyển sang Thái Lan suy yếu và tan dần [4]. Số liệu quan trắc Obs typh cho thấy bão số 3 đã gây gió mạnh cấp 8, giật cấp 10 tại đảo Lý Sơn (Quảng Ngãi), mạnh cấp 7, giật cấp 9 ở đảo Cồn Cỏ (Quảng Trị), vùng ven biển từ Hà Tĩnh đến Bình Định có gió giật cấp 6, 7 [4].

Khi bão số 3 tiến sát vào bờ biển nước ta, ra đa Tam kỳ đã được đặt chế độ quan trắc gió bán kính 120 km với 6 góc nâng khác nhau từ $0,52^\circ$ đến $5,33^\circ$ và thu thập được tương đối đầy đủ, đạt chất lượng tốt về số liệu gió đốp-le. Trường gió xuyên tâm được thể hiện rất rõ qua các mặt nón PPI (Hình 3).



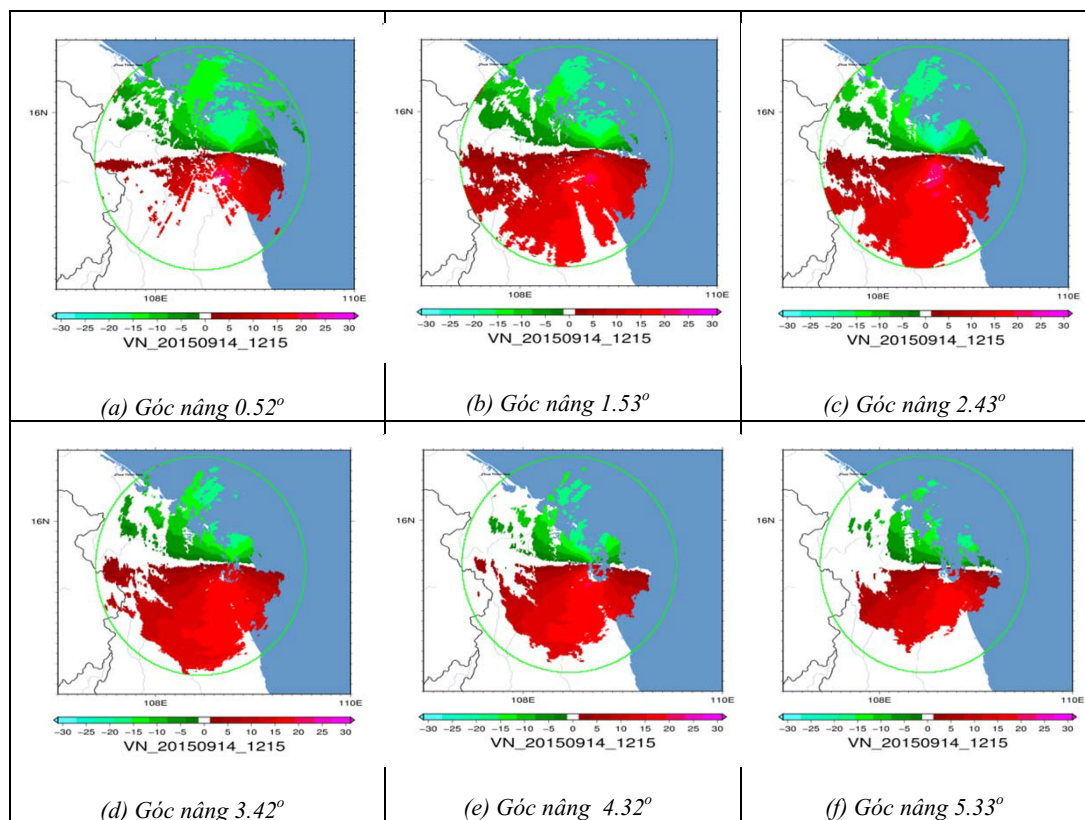
Hình 3. Ảnh hiển thị trường gió xuyên tâm - PPI Radial Velocity tại 6 góc nâng khác nhau (quan trắc từ bão Vamco bởi ra đa thời tiết Tam Kỳ obs 12:15 GMT ngày 14/09/2015)

Trong hình 3, trường gió xuyên tâm (gió đốp-le) được thể hiện rất rõ nét, có 2 vùng âm dương tách biệt rõ ràng. Vùng màu xanh (giá trị đốp-le âm) là vùng gió có hướng thổi vào vị trí ra đa và vùng màu đỏ (giá trị đốp-le dương) là vùng gió có hướng đi ra khỏi vị trí ra đa. Xen kẽ 2 vùng xanh đỏ là các dải sáng màu trắng (vùng tốc độ đốp-le bằng 0).

Phân tích kết quả tính toán qua ảnh hiển thị

trên mặt nón PPI

Sau khi được trích xuất từ file quét khối 3D và tiến hành xử lý nhiễu, xử lý vượt ngưỡng, số liệu gió xuyên tâm được đưa vào mô hình tính toán (đã trình bày ở mục 2 trên) tốc độ gió thành phần u , v , w . Hình 4, 5 trình bày ảnh hiển thị trường gió u , v trên mặt nón PPI tại các góc nâng tương ứng với ảnh hiển thị trường gió xuyên tâm ở hình 3.



Hình 4. Ảnh hiển thị trường gió thành phần u tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler tại 6 góc nâng khác nhau (quan trắc bởi ra đa thời tiết Tam Kỳ obs 12:15 GMT ngày 14/09/2015)

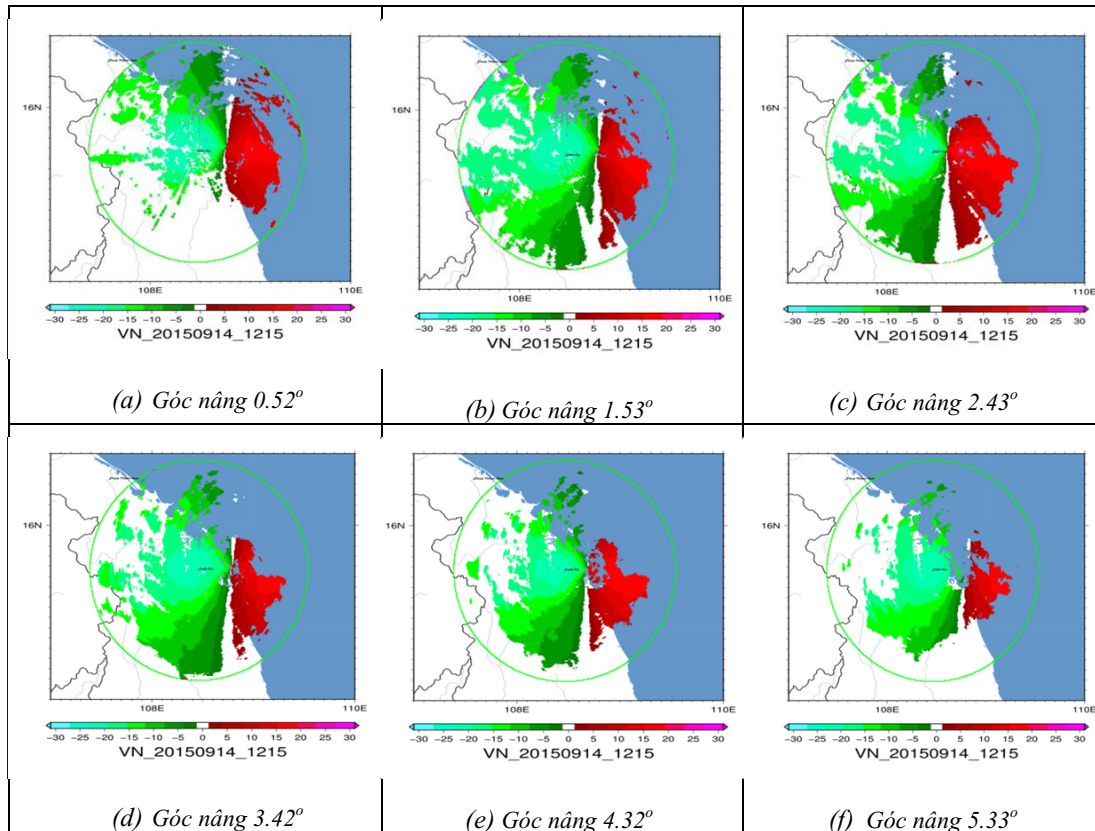
Trong hình 4, ta thấy phân bố trường gió thành phần u rất rõ ràng và tương đối giống nhau trong cả 6 mặt nón mặc dù ở 3 mặt nón góc nâng $1,53^\circ$, $2,43^\circ$, $3,42^\circ$ có phần dày đặc hơn. Tâm bão được nhận biết một cách dễ dàng hơn so với trường hợp ảnh ảnh PPI Radial Velocity (Hình 3) và nằm ở bên phải vị trí ra đa. Vùng màu xanh (nằm ở nửa trên ảnh hiển thị) là vùng tốc độ có giá trị âm, vùng màu đỏ (nằm ở nửa dưới ảnh hiển thị) có giá trị dương, chiếm diện tích lớn hơn nhiều. Có 1 vùng tốc độ dương rất lớn gần tâm bão, giá trị tuyệt đối lớn nhất có thể lên đến 25m/s. Dải sáng màu trắng (vùng lặng gió) gần như một đường thẳng theo phương trục tọa độ ox ngăn cách 2 vùng giá trị tốc độ âm dương.

Trong hình 5, phân bố trường gió thành phần v cũng rất rõ ràng như đối với trường gió u . Vùng giá trị âm (nằm bên trái ảnh hiển thị) chiếm ưu thế hơn nhiều. Tâm bão cũng được nhận biết một cách dễ dàng và trùng khớp với vị trí tâm bão quan sát thấy trong hình 4. Dải sáng tốc độ 0 có phương trục giao với dải tốc độ 0

trong hình 4. Khi phóng to ảnh hiển thị, ta cũng thấy có một vùng gió mang giá trị âm rất mạnh nằm phía trái gần tâm bão, giá trị tốc độ tuyệt đối lớn nhất có thể gần 30m/s.

Kết hợp hình 4 và 5 ta thấy về tổng thể, véc tơ gió ngang (tổng hợp của 2 thành phần u , v) tính từ gió xuyên tâm mà ra đa Doppler Tam Kỳ quan trắc được có hướng thổi quay xung quanh vị trí tâm bão hướng ngược chiều kim đồng hồ.

Ta hãy phân tích thêm hướng gió tại 1 vị trí cụ thể trong ảnh hiển thị u , v trên mặt nón PPI: Trạm Thám không vô tuyến Đà Nẵng có vị trí $108,21^\circ\text{E}$, $16,04^\circ\text{N}$ nằm ở phía trên bên trái (phía tây bắc) Trạm Ra đa thời tiết Tam Kỳ (vị trí $108,47^\circ\text{E}$, $15,55^\circ\text{N}$). Gió thành phần u và v tính được qua tốc độ xuyên tâm mà ra đa quan trắc ở vùng mây trên khu vực Trạm Thám không vô tuyến Đà Nẵng đều có giá trị âm. Như vậy hướng gió ngang (gió tổng hợp u và v) thổi trong bão trên khu vực Trạm Thám không vô tuyến Đà Nẵng thịnh hành sẽ là gió đông bắc (xem thêm số liệu (Bảng 1)).



Hình 5. Ảnh hiển thị trường gió thành phần v tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler tại 6 góc nâng (quan trắc bởi ra đa thời tiết Tam Kỳ obs 12:15 GMT ngày 14/09/2015)

Đánh giá mức độ tin cậy của kết quả tính toán

Để đánh giá mức độ tin cậy của các giá trị tốc độ thành phần u , v , w tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler, ta tiến hành so sánh với số liệu gió thám không vô tuyến đồng bộ (là nguồn số liệu quan trắc có độ tin cậy cao). Khoảng cách giữa cặp Trạm Thám không vô tuyến Đà Nẵng – Trạm Ra đa thời tiết Doppler Tam Kỳ là 61,6 km hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu của bài toán so sánh (trạm thám không vô tuyến nằm trong vùng bán kính quan trắc gió Doppler).

Bảng 1 trình bày giá trị tốc độ gió thu thập được tại các điểm có số liệu đồng bộ tuyệt đối về không gian và gần tuyệt đối về thời gian, nghĩa là trùng khớp về vị trí nhưng lệch nhau về thời gian khoảng 10 phút (theo khuyến cáo của WMO [5]). Do sử dụng nguyên lý Doppler nên ra đa Tam Kỳ chỉ quan trắc được gió tại những điểm có mây, vì thế trong trường hợp này ta chỉ có thể thu thập được số liệu đồng bộ khi bóng thám không phải bay hoàn toàn vào mây.

Trong bảng 1:

Vh- tk : độ lớn của véc tơ gió ngang (tổng hợp của 2 gió thành phần u , v) trích xuất từ số liệu quan trắc thám không vô tuyến.

w- tk : tốc độ gió thành phần thẳng đứng thu thập từ số liệu quan trắc thám không vô tuyến (giá trị này tính được qua tốc độ thẳng của bóng thám không [1]).

Vh- $rađa$, w- $rađa$: độ lớn của véc tơ gió ngang (tổng hợp của 2 gió thành phần u , v) và tốc độ gió thành phần thẳng đứng tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler.

Nhìn vào bảng số liệu ta đều thấy rõ rằng tốc độ thành phần u , v của gió thám không vô tuyến và ra đa đều đạt giá trị âm nên trong trường hợp này, hướng gió trên khu vực Trạm Thám không vô tuyến Đà Nẵng chủ yếu là đông bắc, phù hợp với nhận định khi phân tích ảnh hiển thị ở hình 4, 5. Theo dõi bóng bay trong khí quyển tự do, ta cũng nhận thấy rằng càng lên cao bóng càng trôi dạt xa vị trí trạm (16,04°N, 108,21°E). Ở độ cao 600m bóng dạt đi 11km, đến độ cao 5700 m

bóng trôi đạt 38 km theo hướng tây nam (hướng gió thổi là đông bắc).

Khi xem xét giá trị Vh-rađa ta thấy khi bão số 3 quét qua khu vực Đà Nẵng với sức gió khoảng 17 m/s (đạt cấp 7) cũng tương đương với số liệu quan trắc thám không vô tuyến.

Để đánh giá độ chính xác của phép tính toán, công trình nghiên cứu sử dụng giá trị sai số quân phương trung bình (RMS-Root Mean Square) và sai số quân phương trung bình tương đối (RRE-Relative RMS Error). Kết quả cụ thể:

RMS của Vh-rađa = 1,43 m/s và RRE của Vh-rađa = 0,08

RMS của w-rađa = 0,55 m/s và RRE của w-rađa = 0,56

Theo hướng dẫn của Tổ chức Khí tượng Thế giới về phương pháp và dụng cụ quan trắc khí tượng (WMO guide on Meteorological Instruments and Methods of Observation) [5], cả 2 giá trị RMS của Vh-rađa và w-rađa đều thỏa mãn yêu cầu về sai số phép đo gió trong khí quyển trên cao, đặc biệt mức độ độ tin cậy tương đối của Vh-rađa khá cao (RRE=0,08). Tuy nhiên khi xét chỉ số RRE, ta thấy độ chính xác tương đối của tốc độ thành phần w-rađa thấp hơn nhiều so với Vh-rađa. Điều này có thể giải thích được là: mặc dù sai số RMS nhỏ (0,55 m/s) nhưng giá trị w-rađa, w-tk tính được thường vào khoảng 1m/s (lớn nhất chỉ 2 m/s) nên trong trường hợp này, độ chính xác tương đối của w-rađa còn thấp.

Bảng 1. Tốc độ gió thành phần u, v, w, Vh tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler Tam Kỳ đồng bộ với số liệu gió thám không vô tuyến Đà Nẵng trích xuất từ obs 11:58:50 GMT ngày 14/09/2015

Vị trí các điểm có số liệu gió đồng bộ			Giá trị tốc độ gió trích từ quan trắc thám không vô tuyến (m/s)				Giá trị tốc độ gió tính được từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler (m/s)			
Độ cao (m)	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	v-tk	u-tk	Vh-tk	w-tk	v-rađa	u-rađa	Vh-rađa	w-rađa
600	16,03	108,20	-13,92	-7,54	15,83	2,15	-13,64	-9,64	16,70	2,00
900	16,02	108,20	-16,31	-7,38	17,90	1,01	-13,00	-8,00	15,26	2,00
1200	16,01	108,19	-15,97	-7,22	17,53	-1,00	-13,64	-8,99	16,34	-2,06
1500	16,00	108,19	-16,40	-9,17	18,79	0,96	-14,60	-8,89	17,09	1,44
1800	16,00	108,18	-14,97	-10,66	18,38	2,04	-14,70	-8,71	17,09	1,61
2100	15,99	108,18	-14,27	-10,59	17,77	-1,23	-14,63	-8,35	16,85	-1,32
2400	15,98	108,17	-15,59	-10,60	18,85	0,58	-12,00	-11,00	16,28	1,00
2700	15,98	108,17	-13,55	-10,03	16,86	0,85	-13,00	-11,00	17,03	0,00
3000	15,97	108,16	-11,88	-10,50	15,86	0,53	-13,22	-11,24	17,35	0,81
3300	15,96	108,16	-11,83	-11,93	16,80	0,50	-16,00	-8,00	17,89	1,00
3600	15,96	108,15	-12,92	-11,32	17,18	0,47	-16,01	-8,58	18,16	-0,19
3900	15,95	108,14	-12,13	-11,87	16,97	0,73	-16,03	-8,28	18,04	1,02
4200	15,95	108,14	-10,95	-12,13	16,34	0,70	-14,00	-9,00	16,64	0,00
4500	15,94	108,13	-11,46	-12,34	16,84	-1,00	-14,81	-9,25	17,46	-0,86
4800	15,94	108,13	-9,48	-13,30	16,33	0,64	-14,05	-9,28	16,84	0,54
5100	15,93	108,12	-8,42	-14,17	16,48	-0,18	-13,31	-11,06	17,31	0,27
5400	15,93	108,11	-10,41	-12,78	16,48	0,03	-15,36	-11,67	19,29	-0,62
5700	15,92	108,10	-7,84	-14,00	16,05	0,26	-13,00	-11,00	17,03	0,00

4. Kết luận

Từ những phân tích đánh giá kết quả bước đầu, có thể thấy rằng công trình nghiên cứu đã hoàn thành việc tính toán trường gió u , v , w từ gió xuyên tâm của ra đa Doppler. Sai số RMS của phép tính toán đối với tốc độ gió ngang V_h (tổng hợp của u, v) là 1,43 m/s và tốc độ gió thẳng đứng w là 0,55 m/s đều nằm trong giới hạn cho phép. Phân tích chung các ảnh hiển thị trường tốc độ u , v từ được từ gió xuyên tâm cũng cho thấy hướng gió thổi khá phù hợp với hoàn lưu của cơn bão. Với độ tin cậy như vậy, nguồn số liệu gió tính toán này có thể tiếp tục nghiên cứu ứng dụng được vào mục đích nghiệp vụ cảnh báo và các mục đích nghiên cứu khác.

- Phép so sánh đánh giá trình bày trong bài báo mới chỉ thực hiện được với 2 bộ số liệu đồng bộ khá mỏng có độ phân giải thẳng đứng 300 m

của thám không vô tuyến và ra đa tại cùng một vị trí nhưng lệch thời gian khoảng 10 phút. Để có bộ số liệu đồng bộ đầy đủ hơn và có thêm thông tin đánh giá sai số một cách khác quan hơn, cần thực hiện so sánh với nhiều trường hợp thời tiết khác nhau và với điều kiện đồng bộ khác (trùng khớp thời gian và vị trí cách nhau $\leq 5\text{km}$) theo khuyến cáo của WMO [5].

- Hiện tại, công trình nghiên cứu đã hoàn thành công việc tính toán trường gió u , v , w . Trong thời gian tới cần tiếp tục thực hiện việc trích xuất, tính toán, tích hợp, hiển thị kết quả về trường gió ngang và thẳng đứng trên nền trường phản hồi vô tuyến ở nhiều dạng sản phẩm khác nhau. Hy vọng với phần mềm trích xuất hiển thị này, người sử dụng số liệu ra đa có được công cụ hữu ích, tiện dụng trợ giúp cho công tác dự báo nghiệp vụ.

Tài liệu tham khảo

1. A. Gallice, F. G. Wienhold, C. R. Hoyle, F. Immler and T. Peter (2011), *Modeling the ascent of sounding balloons: derivation of the vertical air motion*, Atmospheric Measurement Technology, 4, 2235–2253.
2. A. Rihan Fathallaa, G. Collier Chrisa, P. Ballard Sueb, *Impact of Assimilation of Doppler Radial Velocity on a Variational System and on its Forecasts*, (a) School of Environment and Life Sciences, Peel Building, Salford University, Manchester M5 4WT, UK, (b) Met Office, JCMM, Meteorology Building, Reading University, Berkshire, RG6 6BB, Reading, UK.
3. J.Gao, M.Xue, S.-Y. Lee, A.Shapiro, Q.Xu, K. Droegemeier (2006), *A three-dimensional variational single-Doppler velocity retrieval method with simple conservation equation constraint*, Meteorology and Atmospheric Physics.
4. Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương (2016), *Đặc điểm khí tượng thủy văn năm 2015*.
5. World Meteorological Organization (2014), *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, WMO-No. 8, 2014 edition.

SOME RESULTS OF APPLYING THE VARIATIONAL METHOD WITH SIMPLE CONSERVATION EQUATION CONSTRAINT TO RETRIEVAL THREE-DIMENSIONAL VELOCITY FROM RADIAL VELOCITY OF THE DOPPLER WEATHER RADAR NETWORK IN VIETNAM

Dao Thi Loan, Nguyen Quang Vinh
Aerological Meteorological Observatory

Main purpose of the paper is to present some results of applying the variational method with simple conservation equation constraint to retrieve three-dimensional velocity from radial velocity of the Doppler weather radar network in Vietnam. This is a reliable method and were published by J.Gao et al. in the Meteorology and Atmospheric Physics journal. Three-dimensional velocity fields that retrieved from the radial velocity of Vamco typhoon (September 2015) observed at the Tamky weather radar station are collected to compare with the simultaneous observed data at the Danang radiosounding station. Root Mean Square (RMS) errors between the retrieve and radiosounding data of horizontal and vertical velocities are 1,43 m/s and 0,55 m/s respectively. These values meet the accuracy requirements. Images of the u, v velocity components give that wind directions are in conformity with the typhoon circulation in general. The retrieve data are available to apply in operational nowcasting and other study activities.

Key words: Doppler weather radar, radial velocity, three-dimensional velocity, variational method.