

NGHIÊN CỨU LÝ TƯỢNG SỰ TIẾN TRIỂN CỦA XOÁY THUẬN NHIỆT ĐỐI BẰNG MÔ HÌNH WRF

CN. Bùi Hoàng Hải,

PGS.TS. Phan Văn Tân, ThS. Nguyễn Minh Trường

Đại học Quốc gia Hà Nội

Ban đầu hóa xoáy cho các mô hình dự báo bão - xoáy thuận nhiệt đới là một trong những vấn đề hết sức quan trọng. Để có thể xây dựng được một xoáy nhân tạo phù hợp, cần phải có sự hiểu biết đầy đủ về cấu trúc của nó. Một trong những cách tiếp cận vấn đề này là nghiên cứu xoáy lý tưởng. Do sự khó khăn trong việc thiết lập các điều kiện lý tưởng đối với các mô hình đầy đủ nên trước đây việc nghiên cứu xoáy lý tưởng chủ yếu dựa trên cơ sở các mô hình đơn giản, mà thường là các mô hình chính áp hoặc mô hình nước nông nhiều lớp.

Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng mô hình đầy đủ WRF với phương pháp ban đầu hóa xoáy cân bằng và xây dựng các mô phỏng lý tưởng sự tiến triển của một xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ). Kết quả nhận được cho thấy: WRF (Weather Research Forecast) là một mô hình cho phép thực hiện những mô phỏng lý tưởng XTNĐ khá thuận lợi. Bằng công cụ này có thể mô phỏng được nhiều quá trình xảy ra trong XTNĐ, đồng thời mở ra những hướng nghiên cứu lý tưởng sâu hơn về XTNĐ cũng như áp dụng vào bài toán ban đầu hóa xoáy cho mô hình dự báo bão.

1. Giới thiệu

Trong các mô hình số dự báo bão, XTNĐ, vấn đề phân tích và tạo xoáy giả (bogus vortex) cho ban đầu hóa xoáy đóng vai trò hết sức quan trọng. Việc ban đầu hóa xoáy đã được đề cập đến trong nhiều công trình nghiên cứu [1], [2], [3], [5], [10]. Mục đích của ban đầu hóa xoáy là xây dựng một xoáy nhân tạo có cấu trúc và cường độ gần sát nhất với xoáy bão thực, để từ đó cài vào trường phân tích toàn cầu làm điều kiện ban đầu cho mô hình dự báo. Xoáy nhân tạo thông thường được kết hợp từ hai thành phần: thành phần xoáy phân tích (analysis) và thành phần xoáy giả (bogus).

Để có thể tạo được một xoáy nhân tạo gần sát nhất với xoáy bão thực cần phải xây dựng một xoáy giả phù hợp nhất, đảm bảo mô tả được một cách khá chính xác cấu trúc và cường độ của xoáy bão thực. Muốn vậy, cần phải có sự hiểu biết đầy đủ về sự tiến triển của xoáy bão trong quá trình tồn tại cũng như sự tương tác giữa nó với các yếu tố bên ngoài. Đã có nhiều nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết cố gắng giải quyết vấn đề này. Tuy vậy, còn xa con người mới có thể đạt được mọi ý muốn của mình. Bởi bão, XTNĐ thường hình thành và phát triển trên biển, nơi mà không có nguồn số liệu quan trắc đầy đủ, cả ở bề mặt và trên các tầng cao khí quyển [11]. Do đó, bên cạnh những khảo sát thực nghiệm, người ta thường xây dựng các

xoáy nhân tạo dựa trên việc nghiên cứu lý tưởng xây dựng các xoáy giả.

Trong một mô hình dự báo đầy đủ (mô hình ba chiều dựa trên việc giải hệ phương trình thủy động lực học nguyên thủy), kết quả dự báo là hệ quả của sự tương tác phức tạp giữa nhiều quá trình, nên nói chung khó có thể tách biệt được quá trình nào dẫn tới hệ quả nào. Vì vậy, nhiệm vụ của bài toán nghiên cứu lý tưởng là xây dựng những điều kiện môi trường lý tưởng, rồi chồng lên đó một xoáy lý tưởng, xuất phát từ các biểu thức lý thuyết hay bán thực nghiệm, để xem xét ảnh hưởng của các quá trình khác nhau đối với xoáy lý tưởng đó.

Cho đến nay đã có nhiều công trình nghiên cứu theo hướng này và chủ yếu dựa trên các mô hình đơn giản. Với bài toán nghiên cứu chuyển động của XTND, người ta thường sử dụng các mô hình chính áp hai chiều [8], [9]. Trong khi đối với những nghiên cứu liên quan tới sự biến đổi của cấu trúc và cường độ của XTND thì các mô hình nước nông nhiều mực lại được ưa chuộng [6]. Việc nghiên cứu lý tưởng XTND dựa trên các mô hình ba chiều đầy đủ hiện vẫn còn khá hạn chế, trong đó chủ yếu chúng được sử dụng để mô phỏng các trường hợp bảo cụ thể.

Trong bài báo này, các tác giả sẽ trình bày một phương pháp ban đầu hóa xoáy cân bằng. Chi tiết về phương pháp này sẽ được mô tả ở mục 2. Một sơ đồ ban đầu hóa lý tưởng cho mô hình WRF sử dụng phương pháp trên cũng được xây dựng. Từ đó, đã khảo sát một số trường hợp đơn giản nhằm xem xét tác động của một số quá trình đến cấu trúc của một xoáy cân bằng trong mô hình.

2. Xây dựng xoáy lý tưởng cân bằng

Thông thường, xoáy cân bằng được xây dựng dựa trên giả thiết xấp xỉ không nén được. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng phương pháp xây dựng xoáy cân bằng không dùng đến xấp xỉ không nén được [7]. Dưới đây là các mô tả sơ lược về phương pháp này.

Giả sử, bằng cách nào đó (lý thuyết hoặc bán thực nghiệm) đã xây dựng được một phân bố gió là hàm giải tích của bán kính r và độ cao z ($v=v(r, z)$), bài toán đặt ra là xác định các yếu tố khí tượng còn lại ở trạng thái cân bằng với trường gió cho trước.

Trong hệ tọa độ bán kính – độ cao (r, z) , phương trình gió gradient và phương trình thủy tĩnh có thể viết dưới dạng:

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho C \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad (2)$$

Hay dưới dạng khác:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial r}, \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \rho(C, -g) \quad (3)$$

trong đó:

$$C = \frac{v^2}{r} + fv \quad (4)$$

là tổng của các lực quán tính và lực Coriolis, v – gió tiếp tuyến, r – bán kính, z – độ cao, p – áp suất, f – tham số Coriolis, ρ – mật độ và g là gia tốc trọng trường. Từ (1) và (2), lấy vi phân chéo để loại bỏ p ta sẽ nhận được phương trình sau:

$$\frac{\partial}{\partial r} \ln \rho + \frac{C}{g} \frac{\partial}{\partial z} \ln \rho = -\frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial z} \quad (5)$$

Các mặt đặc trưng của (4) thỏa mãn:

$$\frac{dz}{dr} = \frac{C}{g} \quad (6)$$

Trên các mặt này ta có:

$$\frac{d}{dr} \ln \rho = -\frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial z} \quad (7)$$

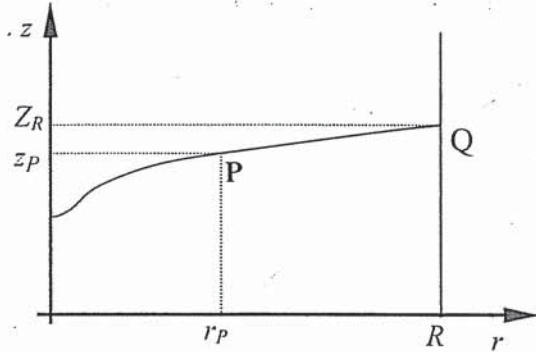
Từ (6), nếu dịch chuyển một khoảng cách nhỏ (dr, dz) trên các mặt đặc trưng, ta có $(dr, dz) \cdot (C, -g) = 0$; hay từ (3) suy ra (dr, dz) vuông góc với vec tơ gradien khí áp. Điều đó, cũng có nghĩa là những mặt đặc trưng của (5) là các mặt đẳng áp. Phương trình (7) cho biết sự biến đổi của $\ln \rho$ (và do đó, ρ) trên các mặt đẳng áp tỷ lệ với $\frac{\partial v}{\partial z}$. Nếu $\frac{\partial v}{\partial z} > 0$, thì mật độ ρ giảm và tương ứng nhiệt độ T tăng khi bán kính tăng. Tức là, nếu xét trên các mặt đẳng áp, một xoáy thuận cân bằng sẽ có “lõi lạnh”. Ngược lại, với trường hợp $\frac{\partial v}{\partial z} < 0$, xoáy sẽ có “lõi nóng”.

Đối với bài toán ban đầu hóa xoáy cân bằng trong mô hình số, vấn đề là xác định trường mật độ cân bằng ứng với một phân bố gió tiếp tuyến $v(r, z)$ cho trước với điều kiện biết giá trị của mật độ môi trường $\rho_0(R, z)$ và áp suất môi trường $p_0(R, z)$ tại khoảng cách bán kính phía ngoài R và độ cao z nào đó. Giả thiết rằng: các xoáy thuận nhiệt đới điển hình có $\frac{\partial v}{\partial z} < 0$. Khi đó bài toán có thể được giải quyết một cách chính xác khi sử dụng các phương trình (6) và (7). Ta có thể thiết lập một hệ tọa độ cực gồm các nút lưới theo bán kính và độ cao. Xét tại một nút lưới bất kì $P(r_p, z_p)$ nào đó, ta tích phân (6) ra phía ngoài để xác định được độ cao Z_R của mặt đẳng áp đi qua $P(r_p, z_p)$ tại bán kính ngoài R nào đó; từ (7), có thể xác định được sự thay đổi của mật độ giữa $P(r_p, z_p)$ và $Q(R, Z_R)$. Vì mật độ ρ và áp suất p tại các điểm (R, z) đã biết, nên ta có thể xác định được ρ và p cũng như nhiệt độ tại P khi sử dụng phương trình khí lý tưởng (hình 1).

Tuy nhiên, trong mô hình WRF cũng như nhiều mô hình dự báo qui mô vừa khác, thay vì hệ tọa độ thẳng đứng là độ cao, người ta thường sử dụng hệ tọa độ sigma:

$$\sigma = \frac{p - p_i}{p_s - p_i} \quad (8)$$

với p_s - áp suất tại bề mặt và p_i - áp suất tại đỉnh mô hình. Khi đó phương trình (3) có thể được viết dưới dạng:



Hình 1. Sơ đồ xác định mật độ của xoáy cân bằng trong hệ tọa độ (r, z) . Điểm nút lưới đang xét (P), giả sử phân bố mật độ môi trường theo độ cao (tại $r=R$) đã biết.

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial r}, \frac{\partial \phi}{\partial \sigma} \right) = \left(C - \sigma \alpha \frac{\partial p_s}{\partial r}, -\alpha (p_s - p_i) \right) \quad (9)$$

Hay, sau khi thực hiện phép biến đổi, có thể nhận:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial r} - \alpha \frac{\partial}{\partial r} \ln(p_s - p_i) \frac{\partial \alpha}{\partial \sigma} = -\frac{1}{p_s - p_i} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \quad (10)$$

Các mặt đặc trưng của phương trình này thỏa mãn:

$$\frac{d\sigma}{dr} = -\sigma \frac{\partial}{\partial r} \ln(p_s - p_i) \quad (11)$$

và có nghiệm:

$$\sigma(p_s - p_i) = \text{const} \quad (12)$$

Đây cũng chính là các mặt đẳng áp. Từ phương trình (9), trên các mặt đặc trưng, ta có:

$$\frac{d\alpha}{dr} = -\frac{1}{(p_s - p_i)} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \quad (13)$$

với $\alpha = 1/\rho$.

Trong trường hợp này, việc xác định trường mật độ gặp khó khăn khi các mặt đặc trưng (12) thực chất là các mặt đẳng áp trong khi ta cần giá trị các trường trên các mặt sigma. Thực tế, việc xác định trường mật độ lại đơn giản hơn bằng việc phân tích theo độ cao (vì phân bố gió $v(r, z)$, nên đạo hàm của C theo z (7) sẽ dễ thực hiện hơn theo σ (13)). Trong nghiên cứu này, các giá trị áp suất, mật độ, độ cao tại tâm của xoáy (sẽ xây dựng) tại các mực sigma của trường ban đầu được cho là các giá trị nền hay trường môi trường. Khi đó sẽ tính được trường mật độ và độ cao trên các mặt đẳng áp (nền). Phân bố của áp suất bề mặt theo bán kính $p_s(r)$ cũng sẽ được xác định bằng cách tích phân phương trình (6) từ điểm cân xét ra phía ngoài để tìm độ cao của mặt đẳng áp $p = p_s(r)$ tại bán kính ngoài. Khi biết được áp suất bề mặt, có thể tính chính xác áp suất tại mỗi điểm trong hệ tọa độ σ

theo định nghĩa. Từ đó, mật độ và độ cao có thể nội suy theo áp suất từ các giá trị đã tính được trên các mặt đẳng áp nền.

3. Thiết kế thí nghiệm

Phương pháp ban đầu hóa xoáy cân bằng trên đây đã được các tác giả xây dựng thành một mô đun ban đầu hóa cho mô hình WRF phiên bản 2.1. Để nghiên cứu sự tiến triển của một XTNĐ lý tưởng cho mục đích xây dựng sơ đồ ban đầu hóa xoáy cũng như xem xét tác động của một số quá trình đến cấu trúc và cường độ của nó trong mô hình WRF, các tác giả đã tiến hành một số thí nghiệm có cấu hình từ đơn giản đến phức tạp, trong đó mô hình WRF được cấu hình như sau:

- Độ phân giải ngang 20km, gồm 101x101 nút lưới ngang,
- 21 mực nguyên thẳng đứng, độ cao đỉnh mô hình 20km,
- Tham số Coriolis được xét là hằng số trên toàn miền (mặt f).
- Điều kiện biên xung quanh được sử dụng là điều kiện biên mở.

Việc xây dựng xoáy giả ban đầu đòi hỏi phân bố của gió là hàm của độ cao và bán kính. Có nhiều các dạng phân bố gió khác nhau, nhưng ở đây các tác giả sử dụng phân bố gió tiếp tuyến theo bán kính r và độ cao z dưới dạng:

$$v(r, z) = W_r(r) \cdot W_z(z) \cdot V(r) \quad (14)$$

Trong đó:

$$V(r) = V_{\max} \cdot \exp\left(\frac{1-x^b}{b}\right), \quad x=r/r_m \quad (15)$$

$$W_r(r) = \begin{cases} 1 & r < r_m \\ \frac{1}{2} \left(1 + \cos\left(\pi \left(\frac{r-r_m}{R-r_m} \right) \right) \right) & r \geq r_m \end{cases} \quad (16)$$

$$W_z(z) = 1 - \frac{z}{H} \quad (17)$$

với $V_{\max}$ - gió tiếp tuyến cực đại, r_m - bán kính gió tiếp tuyến cực đại; b - tham số xác định độ rộng của profin gió; R - bán kính ngoài cùng của miền phân tích; H - độ cao từ bề mặt đến đỉnh mô hình; W_r - hàm trọng số theo bán kính nhằm làm giảm dần gió tiếp tuyến về 0 tại bán kính ngoài R để tránh sự bất liên tục của trường gió giữa xoáy bão và môi trường; W_z - hàm trọng số theo độ cao nhằm xây dựng một xoáy thuận nhiệt đới có gió tiếp tuyến giảm dần theo độ cao tương tự như trong thực tế. Xoáy giả có tốc độ gió cực đại $v_{\max} = 35\text{m/s}$; bán kính gió cực đại $r_m = 100\text{km}$, tham số b được xác định sao cho bán kính gió 5m/s bằng 500km. Trong thực tế, bán kính gió cực đại của một cơn bão mạnh có giá trị nhỏ hơn nhiều so với giá trị được lựa chọn ở đây (có thể nhỏ hơn 20km). Tuy nhiên, với độ phân giải ngang 20km, bán kính gió cực đại cần lựa chọn tương ứng để mô hình có thể mô phỏng được cấu trúc của bão.

Với cấu hình mô hình trên, tác giả khảo sát các trường hợp thí

nghiệm sau:

+ Trường hợp 1 (TH1): không ban đầu hóa ẩm cho mô hình, không có các quá trình vật lý như ma sát bề mặt, các quá trình lớp biên, các quá trình đối lưu, bức xạ. Mục đích nhằm tạo ra ở đây một “điều kiện lý tưởng” nhằm khảo sát tính cân bằng của xoáy giả.

+ Trường hợp 2 (TH2): gần giống với TH1, tức là môi trường “khô”, không có các quá trình vật lý, nhưng đã đưa vào ma sát bề mặt nhằm xem xét sự suy yếu của xoáy do ma sát,

+ Trường hợp 3 (TH3): đưa vào các quá trình vật lý khác nhau, như trường môi trường được ban đầu hóa ẩm, có ma sát bề mặt và vật lý vi mô dạng hiện (explicit microphysic, grid scale, khác với implicit, như tham số hóa đối lưu, subgrid scale) nhằm mô phỏng các quá trình mây đơn giản.

4. Kết quả và nhận xét

TH1 là trường hợp đơn giản nhất, được đưa ra nhằm khảo sát tính cân bằng của xoáy. Khái niệm cân bằng ở đây không có nghĩa là xoáy luôn bảo toàn khi tích phân mô hình theo thời gian mà chỉ bảo toàn trong một điều kiện lý tưởng nào đó. Điều kiện lý tưởng ở đây là mô hình không có sai số, không có ma sát và các quá trình vật lý và ẩm, hệ số Coriolis không đổi trên toàn miền (trên mặt f). Thông thường, không thể loại trừ hết sai số trong các mô hình số, vì vậy cường độ của xoáy thường sẽ yếu đi, đặc biệt do các số hạng nhớt giả xuất hiện khi sai phân hóa các phương trình vi phân. Vấn đề cần giải quyết là sau khi xoáy giả được “cài” trở lại trường ban đầu, các trường cần phải ở trạng thái cân bằng với nhau để tránh hiện tượng sốc của mô hình. Một xoáy cân bằng được xem là tốt, nếu sự suy giảm cường độ của xoáy không đáng kể, và tương quan giữa các trường là không đổi.

Các hình 2.A, 3.A, 4.A tương ứng dẫn ra mặt cắt kinh hướng của trường gió vĩ hướng, áp suất và nhiệt độ ban đầu cho cả 3 trường hợp. Tương tự, các hình 2.B, 3.B, 4.B là các trường tương ứng sau 24h tích phân của TH1; các hình 2.C, 3.C, 4.C là các trường tương ứng sau 24h tích phân của TH2; và các hình 2.D, 3.D, 4.D là của TH3.

Các hình 2.B, 3.B, 4.B cho thấy: sau 24 giờ tích phân TH1, các trường của xoáy giả hầu như không thay đổi. Tuy nhiên, khi xem xét sự biến đổi của áp suất mực nước biển tại tâm theo thời gian (hình 8), các tác giả thấy rõ hơn những biến đổi của cường độ xoáy. Trong giờ đầu tiên, áp suất tại tâm giảm một chút, thể hiện xoáy ban đầu chưa thực sự cân bằng và do đó phải có sự biến đổi nào đó của trường áp để cân bằng lại với trường gió. Tuy nhiên, sự biến đổi này là nhỏ, có thể chấp nhận được. Nguyên nhân của sự mất cân bằng nhỏ ở đây có thể do những sai số khi thực hiện phép nội suy từ các mực áp suất về các mực sigma. Sau một thời gian ngắn giảm áp, áp suất tại tâm bắt đầu tăng dần tuyến tính, có thể do sai số (nhỏ) của mô hình. Nhưng nói chung sự biến đổi này là không lớn.

Sự giảm áp tại tâm một xoáy thuận cân bằng được gắn với sự giảm mật độ. Vì vậy, nếu tốc độ gió tiếp tuyến giảm theo độ cao (như trong một xoáy

thuận nhiệt đới điển hình), thì xoáy có lõi nóng nếu xét trên mặt áp suất. Tức là nhiệt độ tăng khi đi từ ngoài vào theo phương bán kính trên mặt áp suất. Các hình 4.A và 4.B còn thể hiện rõ cấu trúc lõi nóng trên mặt sigma của xoáy lý tưởng.

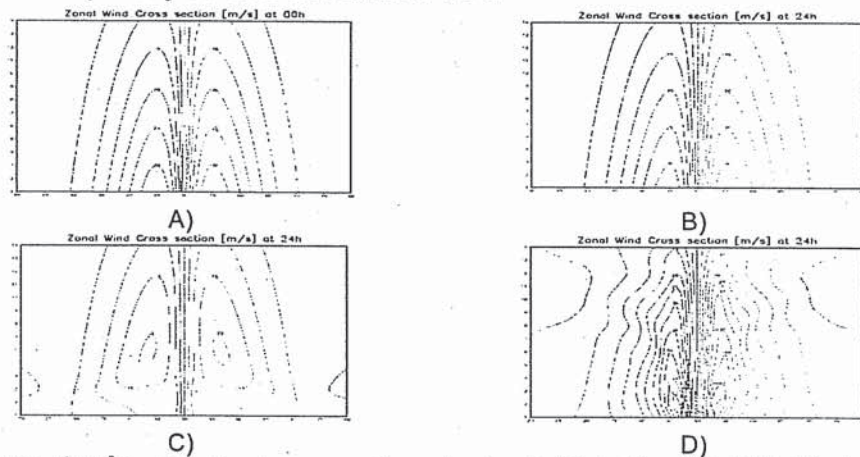
Khi một xoáy cân bằng được đặt vào môi trường có ma sát, gió ở gần bề mặt sẽ yếu đi. Khi đó sự cân bằng giữa lực gradien khí áp, lực quán tính ly tâm và lực Coriolis sẽ bị phá vỡ. Hậu quả là gió sẽ hội tụ ở mực thấp và xuất hiện dòng thăng mạnh nhất ở khu vực gió cực đại. Do bảo toàn mômen động lượng, tốc độ gió sẽ tăng lên khi hội tụ. Trong thực tế, đây là quá trình thúc đẩy sự vận chuyển ẩn nhiệt trong bão và là một cơ chế tăng cường bão. Tuy nhiên, nếu không có các quá trình ẩm vật lý mây (TH2), hoàn lưu sơ cấp của xoáy sẽ yếu dần, tương ứng với nó cường độ xoáy sẽ giảm dần, đặc biệt ở gần bề mặt. Hình 2.C cho thấy: gió ở các mực thấp giảm đáng kể, trong khi gió ở các mực cao (nơi ít chịu ảnh hưởng của ma sát) hầu như không đổi. Kết luận tương tự cho trường áp và trường nhiệt (hình 3.C, 4.C). Khí áp tại tâm cũng giảm mạnh (hình 9) so với TH1, nhưng không giảm một cách tuyến tính. Điều này có thể liên quan tới sự giảm của gió bề mặt do ma sát, từ đó gắn liền với sự giảm lực Coriolis (f_v) và lực quán tính ly tâm (v^2/r), trong đó lực quán tính ly tâm đóng vai trò chủ chốt trong mối quan hệ cân bằng và tỷ lệ bậc 2 với tốc độ gió (khí áp giảm mạnh hơn khi tốc độ gió lớn và ngược lại).

TH3 là trường hợp đáng quan tâm nhất, vì ở đây đã đưa vào tương đối đầy đủ các yếu tố vật lý. Khác với 2 trường hợp trước, để mô phỏng các quá trình vật lý trong mây, mô hình được ban đầu hóa ẩm. Độ ẩm riêng ban đầu được cho chỉ là hàm của độ cao (hình 5.A). Tuy nhiên, do cấu trúc lõi nóng, độ ẩm tương đối lại có giá trị nhỏ ở vùng trung tâm (hình 5.B). Như đã nói ở trên, ma sát bề mặt dẫn tới sự hội tụ của gió bề mặt. Nếu không có thêm vai trò của các yếu tố khác, xoáy sẽ suy yếu. Sự tăng cường xoáy từ lâu đã được gắn với vai trò của đối lưu và giải phóng ẩn nhiệt trong bão. Đây là một quá trình hồi tiếp khá phức tạp. Tuy nhiên, có thể mô tả sơ lược rằng: hội tụ ẩm làm xuất hiện dòng thăng ở khu vực bán kính gió cực đại. Khi dòng khí đi lên đạt trạng thái bão hòa, hơi nước ngưng tụ làm giải phóng một lượng ẩn nhiệt và làm tăng sự chênh lệch nhiệt độ giữa dòng thăng và môi trường. Dòng khí đi lên đến mực cân bằng nhiệt (nơi nhiệt độ dòng khí bằng nhiệt độ môi trường), tốc độ thăng giảm dần, đồng thời xuất hiện sự phân kỳ ở đỉnh tầng đối lưu. Quá trình này dẫn tới sự giảm áp suất ở tâm xoáy, đồng thời tăng cường sự cuốn hút mực thấp và hoàn lưu sơ cấp.

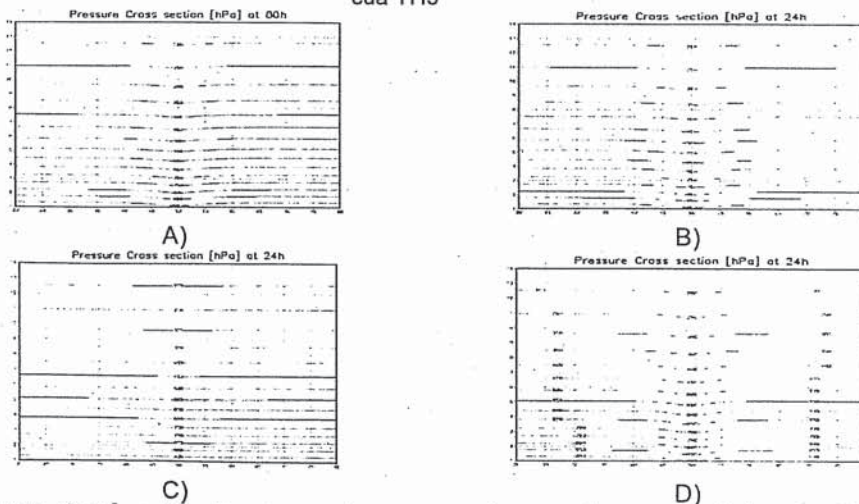
Trong mô phỏng TH3, có thể thấy: quá trình tăng cường xoáy đã được mô tả khá tốt. Từ hình 2.D cho thấy: gió tiếp tuyến sau 24h tích phân đã tăng lên đáng kể, với tốc độ gió cực đại trên 50m/s ở phía trên lớp biên. Gió bề mặt tuy yếu hơn gió ở phía trên lớp biên do vai trò của ma sát, nhưng mạnh hơn nhiều so với gió ban đầu. Hình 3.D cho thấy: áp suất tương ứng cũng giảm (cường độ xoáy được tăng cường). Có thể thấy rõ hơn sự biến đổi của áp suất tại tâm qua hình 9. Sự giảm áp suất tại tâm không diễn ra ngay

từ thời điểm bắt đầu mô phỏng. Thực tế trong khoảng hơn 6h đầu, áp suất tăng do sự hội tụ ẩm vào khu vực gần trung tâm xoáy. Khi đối lưu xuất hiện, và hình thành phân kì gió ở mực cao, xoáy được tăng cường rõ rệt so với TH1 và TH2.

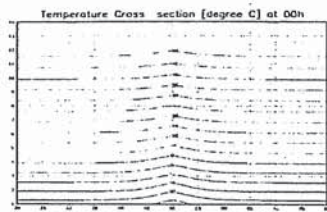
Hình 4.D là mặt cắt của trường nhiệt độ (TH3) sau 24 giờ mô phỏng. Nhiệt độ giảm ở gần bề mặt do không khí xung quanh có nhiệt độ thấp hơn hội tụ vào vùng áp suất thấp và do các khu vực dòng giáng do giáng thủy ở khu vực thành mắt bão. Còn ở các lớp khí quyển phía trên sự đốt nóng ẩn nhiệt đã làm xuất hiện cấu trúc lõi nóng khá rõ. Mặt cắt thẳng đứng của các trường độ ẩm riêng, độ ẩm tương đối, lượng nước mây riêng và tốc độ thẳng đứng sau 24 giờ mô phỏng trên các hình 6.A, 6.B, 6.C và 6.D tương ứng thể hiện rõ cấu trúc thành mây mắt bão và sự phân kì với màn mây phía trên đỉnh tầng đối lưu. Sự hội tụ mực thấp và phân kì ở trên cao của trường gió còn có thể nhận thấy rõ hơn trên hình 7 và 8.



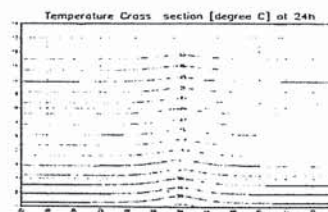
Hình 2. Mặt cắt thẳng đứng theo trục x qua tâm xoáy của gió tiếp tuyến: A) Tại thời điểm ban đầu; B) Sau 24h tích phân của TH1; C) Sau 24h tích phân của TH2; D) Sau 24h tích phân của TH3



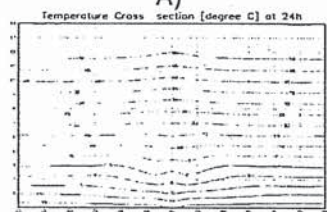
Hình 3. Mặt cắt thẳng đứng theo trục x qua tâm xoáy của áp suất: A) Tại thời điểm ban đầu; B) Sau 24h tích phân của TH1; C) Sau 24h tích phân của TH2; D) Sau 24h tích phân của TH3



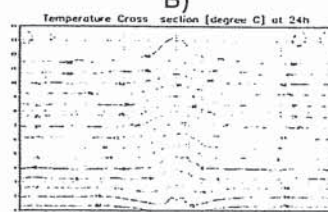
A)



B)

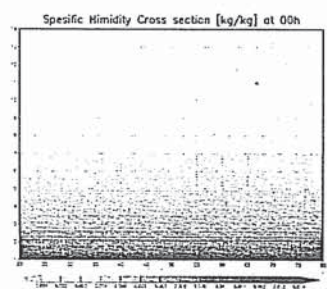


C)

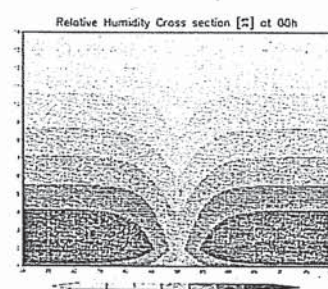


D)

Hình 4. Mặt cắt thẳng đứng theo trục x qua tâm xoáy của nhiệt độ: A) Tại thời điểm ban đầu; B) Sau 24h tích phân của TH1; C) Sau 24h tích phân của TH2; D) Sau 24h tích phân của TH3

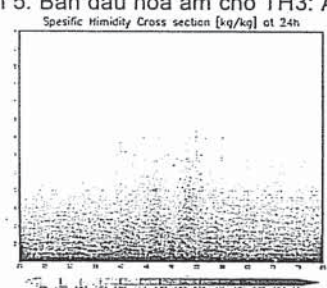


A)

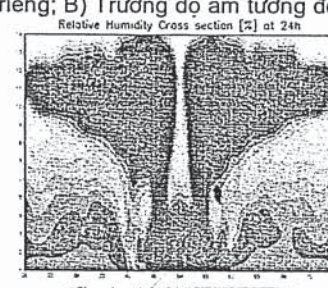


B)

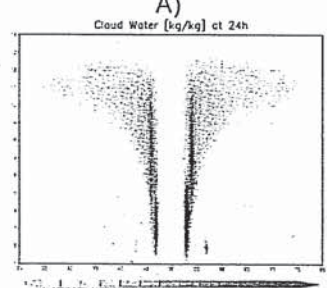
Hình 5. Ban đầu hóa ẩm cho TH3: A) Trường độ ẩm riêng; B) Trường độ ẩm tương đối.



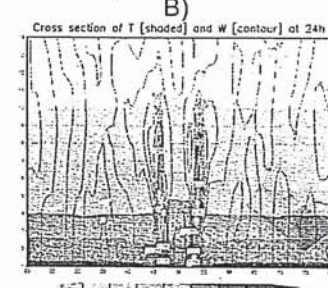
A)



B)

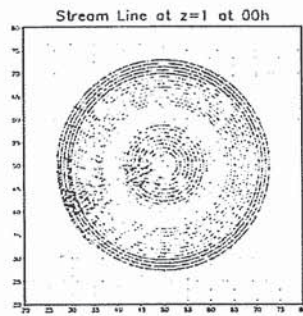


C)

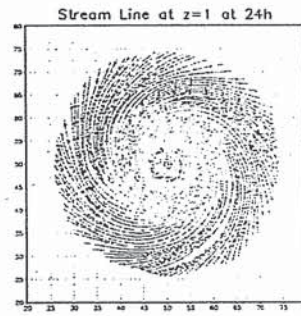


D)

Hình 6. Sau 24 giờ tích phân của TH3: A) Trường độ ẩm riêng; B) Trường độ ẩm tương đối. C) Lượng nước riêng trong mây; D) Tốc độ thẳng đứng.

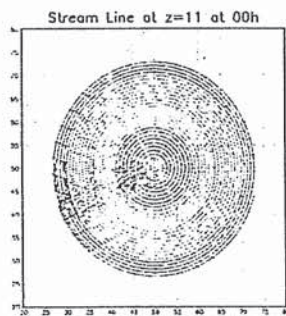


A)

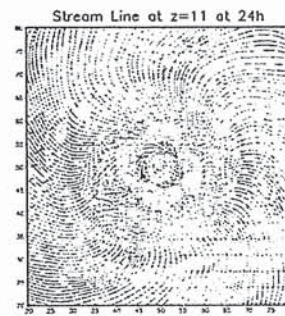


B)

Hình 7. Trường đường dòng mức 1 (mức hội tụ) tại thời điểm ban đầu (A) và sau 24h tích phân (B)

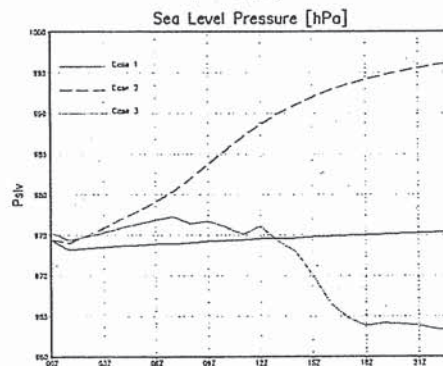


A)



B)

Hình 8. Trường đường dòng mức 11 (mức phân kỳ) tại thời điểm ban đầu (A) và sau 24h tích phân (B)



Hình 9. Biến đổi của áp suất tại tâm theo thời gian của TH1 (Case 1), TH2 (Case 2) và TH3 (Case 3)

5. Kết luận

Bằng việc sử dụng mô hình WRF, tác giả đã tiến hành nghiên cứu mô phỏng sự tiến triển của một xoáy thuận nhiệt đới lý tưởng. Mặc dù đây mới chỉ là một số kết quả bước đầu, song nó đã cho phép rút ra một số nhận xét sau:

1) Mô hình WRF là một mô hình ba chiều đầy đủ có thể được sử dụng để nghiên cứu mô phỏng các quá trình thời tiết nói chung và mô phỏng

XTNĐ nói riêng,

2) Việc thiết kế các trường hợp thí nghiệm lý tưởng, từ đơn giản đến phức tạp, cho phép khảo sát ảnh hưởng của các quá trình tách biệt tới sự tiến triển của xoáy trong quá trình tích phân theo thời gian,

3) Việc đưa vào các quá trình ẩm và vật lý vi mô trong TH3 đã cho thấy: vai trò quan trọng của quá trình đối lưu và giải phóng ẩn nhiệt đối với sự tăng cường xoáy. Mặc dù đây chỉ là một cấu hình thí nghiệm tối thiểu (ma sát bề mặt, vật lý vi mô dạng hiện), những kết quả nhận được đã phản ánh quá trình tăng cường của XTNĐ, cấu trúc lõi nóng, cấu trúc mây và một số đặc tính khác của XTNĐ thực.

Tài liệu tham khảo

1. Phan Văn Tân, Bùi Hoàng Hải. Về một phương pháp ban đầu hóa xoáy ba chiều. *Tạp chí Khí tượng Thủy Văn*, số 11, tr. 1 – 12, 2003
2. Phan Văn Tân, Kiều Thị Xin, Nguyễn Văn Sáng, Nguyễn Văn Hiệp. Kỹ thuật phân tích xoáy tạo trường ban đầu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão. *Tạp chí Khí tượng Thủy Văn*, số 1, tr. 13 – 25, 2002.
3. Christopher A. Davis and Simon Low-Nam, 2001. The NCAR-AFWA Tropical Cyclone Bogussing Scheme, A Report Prepared for the Air Force Weather Agency (AFWA).
4. Davidson, N. E., and H. C. Weber, 2000. The BMRC high-resolution tropical cyclone prediction system: TC-LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1245-1265,.
5. Kurihara Y., Bender M. A., and Ross R. J., 1993. An initialization scheme of hurricane model by vortex specification. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 2030-2045,.
6. Nguyen, C. M., R. K. Smith, H. Zhu and W. Ulrich, 2002: A minimal axisymmetric hurricane model. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 128, 2641-2661.
7. Smith R. K., 2005: Accurate determination of a balanced axisymmetric vortex in a compressible atmosphere, *Tellus*.
8. Smith R. K. and W. Ulrich, 1993: Vortex motion in relation to the absolute vorticity gradient of the environment. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 119, 207-215.
9. Smith R. K., W. Ulrich and G. Dietachmayer, 1990: A numerical study of tropical cyclone motion using a barotropic model. Part I. The role of vortex asymmetries. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 116, 337
10. Weber, H. C., 2001: Hurricane track prediction with a new barotropic model. *Mon. Wea. Rew.*, 129, 1834-1858
11. Weber, H. C., and R. K. Smith, 1995. Data sparsity and the tropical cyclone analysis and prediction problem: some simulation experiments with a barotropic model. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 121, 631-654.