

NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH SỐ TRỊ DENGLER VỀ CHUYỂN ĐỘNG CỦA XOÁY THUẬN NHIỆT ĐỐI MÔ PHỎNG CHO TRƯỜNG HỢP 1 LỚP HOẠT ĐỘNG

ThS. Đỗ Ngọc Thắng ; KS. Nguyễn Chi Mai
Trung tâm Quốc gia dự báo KTTV

I. Mở đầu

Trên cơ sở hợp tác nghiên cứu khoa học (NCKH) giữa Trường Đại học Tổng hợp Munich (CHLB Đức) với Bộ môn khí tượng Trường Đại học khoa học tự nhiên Hà Nội, hiện nay đã có được mô hình (gồm một số bài báo và một bộ các chương trình bằng FORTRAN) của K.Dengler xây dựng một mô hình số trị cho chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) mô phỏng.

Trong bài báo này, sẽ xét trường hợp khi số lớp hoạt động (active layers) của mô hình khí quyển bằng một. Việc đưa về trường hợp một lớp có mục đích nghiên cứu bài toán mô hình xoáy thuận nhiệt đới một cách cơ bản. Hơn nữa, mô hình một lớp còn có thể dùng vào một số mục đích khác của việc nghiên cứu dự báo số trị.

II. Nội dung

1. Hệ phương trình cơ bản của mô hình DENGLER (với 3 lớp hoạt động)

Theo [1], hệ thống các giả thiết, phương trình, điều kiện của mô hình Dengler cho mỗi lớp i ($i=1,2,3$) là:

$$\frac{1}{\rho_i} \nabla p_i = g \sum_{j=1}^3 R_{ij} \nabla h_j \quad (1)$$

trong đó :

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{\rho_i - \rho_0}{\rho_i} & \text{đối với } j \geq i \\ \frac{\rho_j - \rho_0}{\rho_i} & \text{đối với } j < i \end{cases} \quad (2)$$

ρ_i và h_i là mật độ và độ sâu (bề dày) của lớp i ; g là gia tốc trọng trường; p_i là áp suất gây ra bởi cột khí quyển có bề dày h_i và có diện tích đáy là đơn vị. Lấy $\rho_0 = 0$, điều này về mặt vật lý là điều kiện mật tự do của biên trên của mô hình. Sử dụng các hệ thức (1) và (2), các phương trình cân bằng động lượng, có bao hàm các quá trình đối lưu và lớp biên sẽ có dạng :

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial u_i}{\partial y} - f v_i = -g \sum_{j=1}^3 R_{ij} \frac{\partial h_j}{\partial x} + F_{3x} + M_{ix} \quad (3)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial v_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial y} + f u_i = -g \sum_{j=1}^3 R_{ij} \frac{\partial h_j}{\partial y} + F_{3y} + M_{iy} \quad (4)$$

Ở đây (F_{3x}, F_{3y}) diễn tả các quá trình ma sát trong lớp biên sát đất, còn M_{ix}, M_{iy} là các đại lượng liên quan đến sơ đồ tham số hoá đối lưu.

Nguyên lý bảo toàn khối lượng trong mỗi lớp được cho bởi phương trình :

$$\frac{\partial h_i}{\partial t} + \nabla \cdot (h_i \vec{V}_i) = Q_i \quad (5)$$

trong đó Q_i được cho bởi sơ đồ tham số hoá đối lưu, là dương nếu lớp i nhận thêm khối lượng từ các lớp kế cận, âm nếu nó mất khối lượng cho lớp khác;

$\vec{V}_i = (u_i, v_i)$ là vectơ gió trong mỗi lớp. Các hàm ẩn là : u_i, v_i, h_1, h_2 và h_3 . Biến độc lập trong mỗi lớp là (x, y, t) . Điều kiện (1) là giả thiết cân bằng thủy tĩnh.

2. Suy diễn hệ phương trình vi phân cho 1 lớp từ hệ phương trình DENGLER

Đối với trường hợp này, không còn khái niệm trao đổi thực thể (khối lượng hoặc động lượng) giữa các lớp, vì vậy cần phải loại bỏ sơ đồ tham số hoá đối lưu. Lớp khí quyển là lớp sát đất, nên vẫn để lại các đại lượng liên quan đến ma sát. Chỉ xét $i=3$, có thể nhận thấy rằng $R_{33} = 1$. Sau một số biến đổi, bỏ đi chỉ số dưới khi đó (3),(4) và (5) có dạng gọn gồm 3 phương trình sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f v = -g \frac{\partial h}{\partial x} + F_x \quad (6)$$

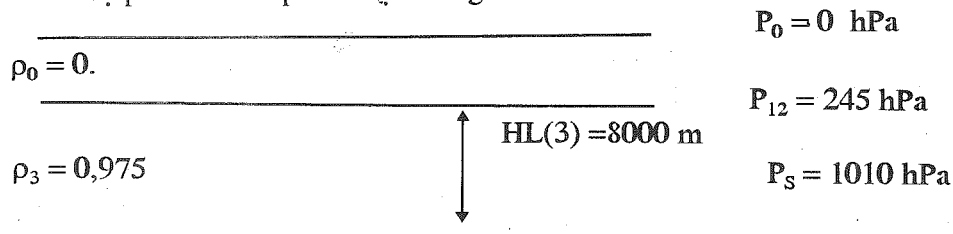
$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f u = -g \frac{\partial h}{\partial y} + F_y \quad (7)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (8)$$

(6), (7) và (8) tạo nên 1 hệ phương trình vi phân chứa các hàm - ẩn là :

$$u = u(x, y, t) ; v = v(x, y, t) ; h = h(x, y, t)$$

Sự phân chia lớp thể hiện trong sơ đồ sau:



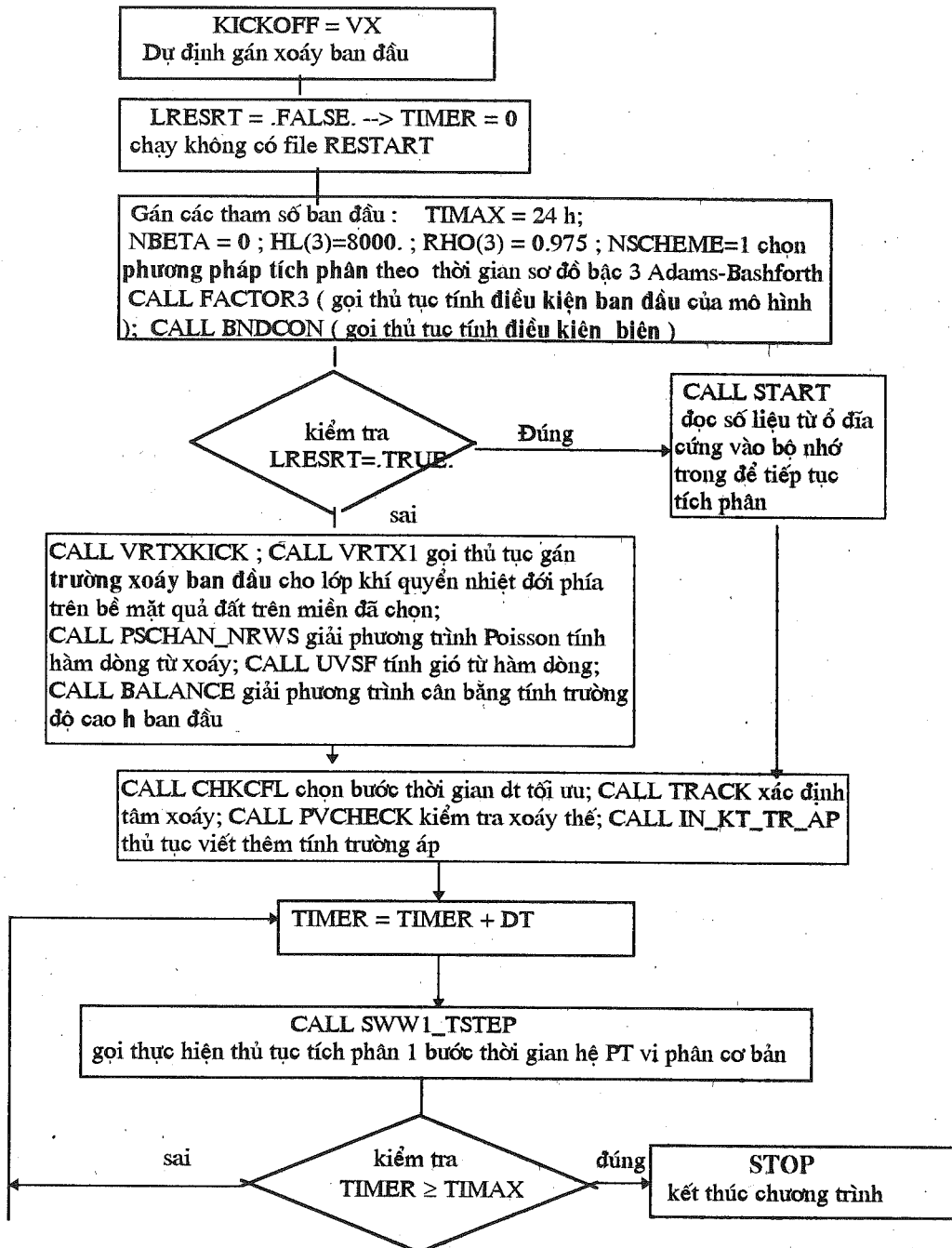
Hình 1: Sơ đồ mô hình khí quyển một lớp (chưa nhiễu động)

Gán các tham số ban đầu như sau :

* Độ dày của lớp khí quyển HL (3) = 8000mét; việc chọn bề dày này tùy theo mục đích của bài toán. Cùng với giá trị áp suất xung quanh tâm xoáy (1010 hPa) sẽ suy ra giá trị $P_{12} = 245$ hPa (tức là mặt đẳng áp cần khảo sát) và mật độ $\rho_3 = 0,975$ tương ứng.

Để tạo ra xoáy ban đầu, gán tốc độ gió cực đại $V_{max} = 20$ m/s, bán kính gió cực đại $R_{vmax} = 190$ km. Miền tích phân $4000\text{km} \times 4000\text{km}$ với tâm tại vĩ độ 20^0 và đồng thời là điểm gốc của hệ trục tọa độ.

3. Mô tả quá trình xử lý, tính toán trong mô hình khí quyển một lớp



4. Một số thí nghiệm số trị và kết quả tính toán

Mô hình DENGLER có thể chạy trên mặt f (khi đó tâm xoáy đứng yên) hoặc trên mặt β (tâm xoáy chuyển động). Ta có $\beta = df/dy$; nếu giả thiết $\beta = 0$ thì $f = \text{const}$ và tâm xoáy đứng yên; còn nếu xét $\beta \neq 0$ thì f biến đổi theo kinh hướng, gây nên tâm xoáy chuyển động (gọi là hiệu ứng β). Đã thực hiện 2 thí nghiệm với $\text{NBETA} = 0$ (tức $\beta = 0$) và $\text{NBETA} = 1$ (β biến đổi).

Sau đây là bảng kết quả tính toán:

Số TT	Thời gian t(h)	P_{MIN} hPa		Toạ độ tâm xoáy, Tốc độ di chuyển, Quãng đường tâm xoáy đã đi khi NBETA=1			
		NBETA=0	NBETA=1	x km	y km	V_c km/h	S km
1	0,8	999,6	999,5	-0,4	1,5	0,5	0,4
2	4,0	1000,2	1000,1	-3,5	6,5	3,0	7,5
3	7,3	1000,7	1000,7	-9,8	18,6	4,9	21,2
4	10,5	1001,2	1001,2	-19,5	34,5	6,4	39,8
5	13,7	1001,6	1001,6	-31,0	53,4	6,9	61,9
6	17,0	1002,0	1002,1	-45,4	74,7	8,1	87,6
7	20,2	1002,3	1002,5	-61,2	98,2	8,9	115,9
8	23,5	1002,7	1002,9	-78,8	122,6	9,6	146,0

5. Một số nhận xét và kết luận bước đầu

+ Sau 24 h tích phân, áp suất ở tâm xoáy đây lên trong cả 2 thí nghiệm (xem hình 3). Điều này phù hợp với quan điểm của K. Dengler cho rằng đối lưu là nguyên nhân gây nên sự phát triển của bão nhiệt đới. Khi đưa về mô hình một lớp, ta đã buộc phải loại bỏ sơ đồ tham số hoá đối lưu, với sự tồn tại của ma sát dẫn đến tốc độ gió giảm dần, xoáy đây lên.

+ Khi cho chuyển động trên mặt β , tâm xoáy di chuyển theo hướng tây bắc (xem hình 2 mô tả trường áp suất tại bề mặt), tốc độ di chuyển nhỏ vào lúc mới gán xoáy do tính bất đối xứng ban đầu chưa lớn, sau 24 h tích phân V_c đạt khoảng 10 m/s, phù hợp với tốc độ di chuyển trung bình của các XTNĐ thực.

+ Hệ phương trình cơ bản cho trường hợp một lớp hoạt động thực chất là mô hình khí quyển chính áp, xét với lớp chất lỏng không nén được ($\rho = \text{const}$). Thật vậy, ta có:

$$p_* = \rho \cdot g \cdot h \quad (h \text{ là bề dày lớp khí quyển; } g = 9,81 \text{ m/s}^2; p_* \text{ là áp suất bề mặt})$$

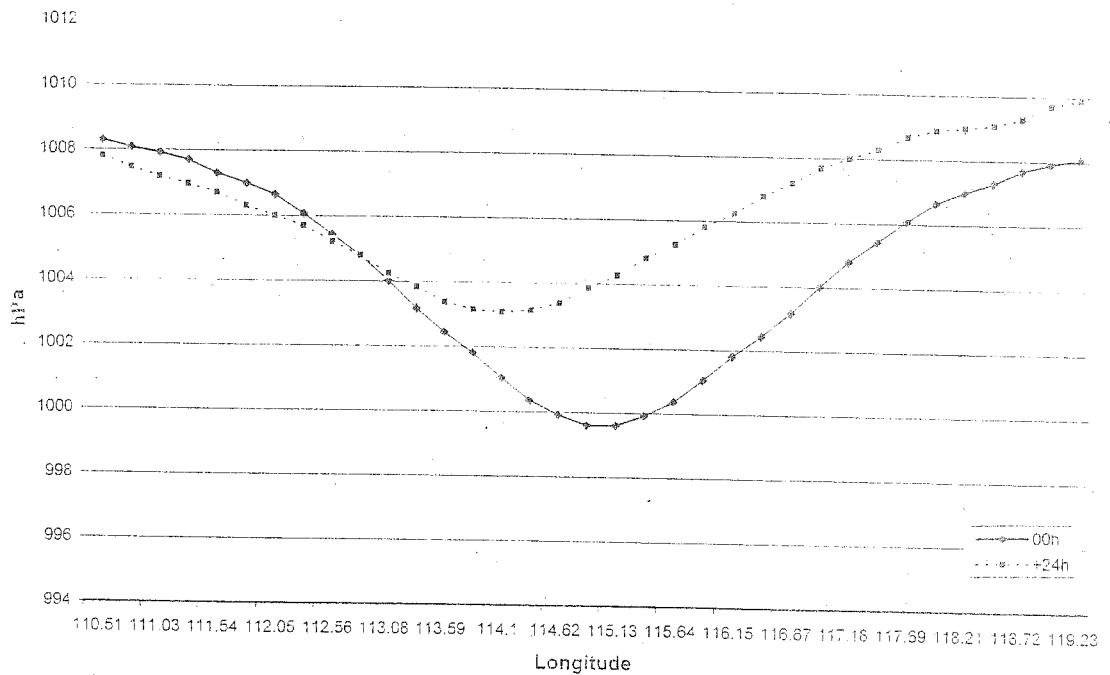
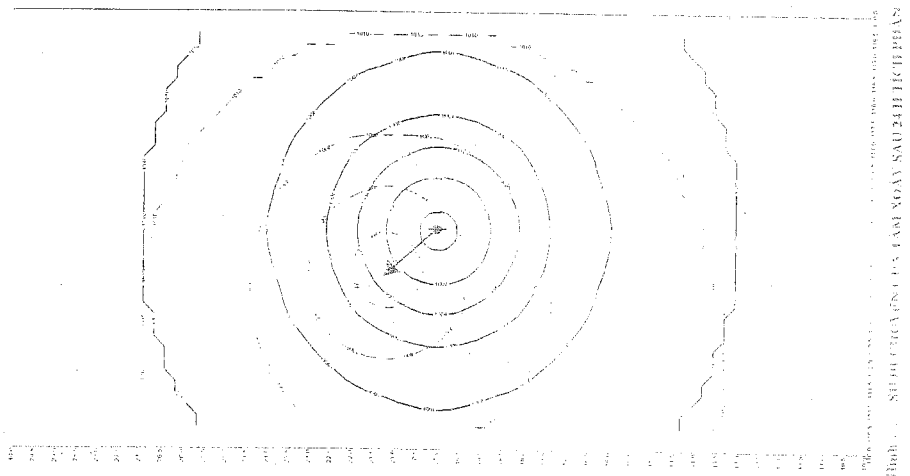
lấy đạo hàm, ta có:

$$\partial p_*/\partial x = \rho \cdot g \cdot \partial h / \partial x; \quad \partial p_*/\partial y = \rho \cdot g \cdot \partial h / \partial y \quad (9)$$

Thay thế (9) vào (6), (7) và (8) đồng thời bỏ qua ma sát (coi lớp chất lỏng là lý tưởng), sẽ gặp lại các phương trình mô tả khí quyển chính áp trong [2] (chương X, tiết 3, trang 346). Theo [3], thì hệ phương trình mô tả chuyển động của khí quyển chính áp có thể dùng cho mục bất kỳ với h là độ cao mặt đẳng áp, song trên thực tế nó dùng tốt nhất cho mục khí quyển trung bình (mặt 500 hPa).

Để có thể ứng dụng mô hình Dengler vào nghiên cứu và nhất là vào nghiệp vụ, còn cần các nghiên cứu tiếp theo, như chạy mô hình cho số liệu thực, nghiên cứu việc cài xoáy ban đầu ...

Lời cảm ơn: Trong quá trình thực hiện nội dung trên chúng tôi đã nhận được sự góp ý và giúp đỡ của TS. Kiều Thị Xin và Thạc sĩ Lê Công Thành. Xin chân thành cảm ơn.



Hình 3. BIẾN THIÊN CỦA ÁP SUẤT ĐỌC THEO VỊ TUYẾN ĐI QUA TÂM XOAY

Tài liệu tham khảo

1. K. Dengler (Meteorological Institute , University of Munich , Germany) and Michael J. Reeder (Centre of Dynamical Meteorology and Oceanography - Monash University , Melbourne - Australia). *The effect of convection and baroclinicity on the motion of tropical cyclone - like vortices.* June 1995, Submitted to the Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society; 50 pages.
2. L. S. Gandin , A. S. Dubov. *Trislenute metodu kratkosrosnovo prognoza pagodu.* Gidrometeorologitreskoe izdatelstvo., Leningrad - 1968; 426 pages.
3. Trần Tân Tiến. *Dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị.* NXB ĐH Quốc gia Hà Nội - 1997; 206 tr.