

MÔ HÌNH SƯƠNG MÙ BÌNH LƯU VÀ ỨNG DỤNG TRONG DỰ BÁO Ở VỊNH BẮC BỘ

PGS PTS Trần Tân Tiến
Đại học quốc gia Hà Nội

Mô hình hóa quá trình hình thành và phát triển sương mù giúp ta đánh giá được vai trò của các nhân tố hình thành và tan sương mù. Sử dụng các mô hình trị số này trong dự báo sương mù cho ta các dự báo định lượng và chi tiết về biến đổi cường độ sương mù theo thời gian và không gian. Trong các công trình [1,2] đã trình bày một số kết quả mô hình hóa sương mù bức xạ ở Việt Nam. Trong công trình này chúng tôi sẽ trình bày mô hình sương mù bình lưu và ứng dụng nó trong dự báo sương mù ở Vịnh Bắc Bộ.

1. Mô hình sương mù bình lưu trên biển

Để dự báo sương mù bình lưu trên biển ta sử dụng hệ các phương trình mô tả biến đổi nhiệt độ và độ ẩm của khối khí chuyển động :

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \theta}{\partial z} + \frac{Lm}{Cp} + \varepsilon_{Bx} \quad (1)$$

$$\frac{\partial q}{\partial z} + u \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial q}{\partial z} - m \quad (2)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial z} + u \frac{\partial \delta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \delta}{\partial z} + m + \frac{\partial G}{\partial z} \quad (3)$$

ở đây, θ - nhiệt độ thế vị, q - độ ẩm riêng, δ - độ chứa nước của sương mù, m - tốc độ ngưng kết, k - hệ số trao đổi rối, G - thông lượng trọng lực của các hạt nước, ε_{Bx} - nhập nhiệt bức xạ; L - ẩn nhiệt ngưng kết.

Sử dụng các hàm :

$$P = \theta + \frac{Lq}{Cp}$$

$$s = q + \delta$$

ta đưa phương trình (1) - (3) về dạng:

$$\frac{\partial P}{\partial z} + u \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial P}{\partial z} + \varepsilon_{Bx} \quad (4)$$

$$\frac{\partial s}{\partial z} + u \frac{\partial s}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial s}{\partial z} + \frac{\partial G}{\partial z} \quad (5)$$

Giả thiết tốc độ chuyển động của khối khí không đổi $u = \text{const}$, ta đưa vào biến mới $\eta = x - ut$ và biến đổi (4), (5) về dạng:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial p}{\partial z} + \varepsilon_{BX} \quad (6)$$

$$\frac{\partial s}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial s}{\partial z} + \frac{\partial s}{\partial z} + \frac{\partial G}{\partial z} \quad (7)$$

Phương trình (6) và (7) mô tả biến đổi đại lượng P và S của phần tử khí chuyển động với vận tốc u do các quá trình trao đổi rối, nhập nhiệt bức xạ và lăng động trọng lực.

Nguồn nhập nhiệt bức xạ sóng dài trong sương mù ε_{BX} chỉ tính trong khoảng cửa sổ của khí quyển ($8-12 \mu\text{k}$), các thông lượng bức xạ sóng dài đi xuống A, đi lên B được xác định bằng phương trình

$$\frac{dA}{dz} = \alpha f_B (A - pu)$$

$$\frac{dB}{dz} = \alpha f_B (pu - B)$$

ở đây f_B - mật độ chất hấp thụ, $u = \sigma T^4$, $\alpha = 0,1 \text{ cm}^2/\text{g}$.

p - phần bức xạ trong khoảng cửa sổ khí quyển được tính bằng công thức:

$$p = 0,39 - 0,055 \sqrt{q}$$

(q là độ ẩm riêng ở mặt đất).

Điều kiện biên cho các phương trình này là:

$$B = \delta^* pu + (1 - \delta^*)A \text{ tại } z = 0$$

$$A = 0 \text{ tại biên trên của sương mù.}$$

$$(\delta^* = 0,9)$$

Nguồn nhập nhiệt bức xạ sóng dài khi đó sẽ là:

$$\varepsilon_{BX} = \frac{1}{Pep} \frac{d(B - A)}{dz} = \frac{\alpha \delta}{Pcp} (A + B - 2pu)$$

Thông lượng lăng động trọng lực G của các hạt nước trong sương mù được tính bằng công thức [1].

$$G = 5,7 \delta^{1,22} \frac{\text{gcm}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$

ở đây δ - độ chứa nước của sương mù đo bằng g/m^3 .

Hệ phương trình (6), (7) thỏa mãn các điều kiện sau:

a) Ở thời điểm ban đầu ta xác định vị trí của khối khí sẽ chuyển đến điểm cần dự báo sau khoảng thời gian Δt . Tại vị trí ban đầu sự phân bố nhiệt độ và độ ẩm trong khối khí được xác định bởi các công thức sau:

$$\begin{aligned} T(z,0) &= T(0,0) - \gamma z \\ q(z,0) &= q(0,0) \cdot 10^{-az-bz^2} \\ \delta(z,0) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Với $a = 0,0905$, $b = 0,0124$, z đo bằng km. Khi đó p và s xác định được:

$$\begin{aligned} p(z,0) &= T(0,0) + (8a - \gamma)z + \frac{L}{C_p} \cdot q(0,0) \cdot 10^{-az-bz^2} \\ S(z,0) &= q(z,0) = q(0,0) \cdot 10^{-az-bz^2} \end{aligned} \quad (9)$$

b) Tại mặt biển $z = 0$: Ta coi nhiệt độ mặt biển không đổi trong đêm mùa đông. Như vậy, khi biết quỹ đạo phần tử khí trên mặt biển ta có thể xác định được nhiệt độ tại $z = 0$ còn hàm lượng nước tại $z = 0$ sẽ là hằng số và bằng giá trị ban đầu:

$$P(0,t) = T(0,t) + \frac{L}{C_p} \cdot q \max [T(0,t)] \quad (10)$$

$$s(0,t) = s(0,0)$$

Nhiệt độ mặt nước biển T_B xác định bằng cách sử dụng bản đồ sinopsis 19 giờ nội suy giá trị nhiệt độ ở các trạm khí tượng về các điểm trên quỹ đạo phần tử khí T_k sau đó sử dụng công thức:

- Cho các điểm cách bờ 200km

$$T_B = 10,79 + 0,5 T_k$$

- Ngoài khơi vịnh Bắc Bộ:

$$+ T_B = 4,83 + 0,75 T_k$$

c) Ở giới hạn trên của lớp biên ($z^* = 1000\text{m}$), nhiệt độ và độ ẩm riêng không biến đổi theo thời gian:

$$\begin{aligned} p(z^*, t) &= p(z^*, 0) \\ s(z^*, t) &= s(z^*, 0) \end{aligned} \quad (11)$$

Hệ số trao đổi rối được xác định bằng công thức:

$$k = \begin{cases} k_0 + k_1 z & 0 \leq z \leq h \\ k_0 + k_1 h & z > h \end{cases} \quad (12)$$

Các hệ số $k_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$; $k_1 = 0,04 \text{ u}$; u là tốc độ gió (m/s).

Sai phân hệ phương trình trên theo sơ đồ sai phân sáu điểm ẩn với bước thời gian và không gian là Δt , Δz_i ; và sau khi biến đổi ta nhận được:

$$a_i^n \cdot p_{i+1}^{n+1} - 2b_i^n \cdot p_i^{n+1} + c_i^n \cdot p_{i-1}^{n+1} = d_i^n \quad (13)$$

$$a_i^n \cdot s_{i+1}^{n+1} - 2b_i^n \cdot s_i^{n+1} + c_i^n \cdot s_{i-1}^{n+1} = f_i^n \quad (14)$$

Trong đó:

$$a_i^n = \frac{1}{\Delta z_{i+1}} \left(k_i^n + \frac{\Delta z_i}{2} D_i^n \right), \quad (15)$$

$$c_i^n = \frac{1}{\Delta z_i} = \left(k_i^n - \frac{\Delta z_i + 1}{2} \cdot D_i^n \right) \quad (16)$$

$$2b_i^n = a_i^n + c_i^n + \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{\Delta t}, \quad D_i^n = \frac{\partial k}{\partial z} \quad (17)$$

$$d_i^n = -a_i^n \cdot p_{i+1}^n + 2 \left(b_i^n - \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{\Delta t} \right) p_i^n - c_i^n \cdot p_{i-1}^n - E_{BX} \quad (18)$$

$$f_i^n = -a_i^n \cdot s_{i-1}^n + 2 \left(b_i^n - \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{\Delta t} \right) s_i^n - c_i^n \cdot s_{i-1}^n - \\ - \frac{\Delta z_i}{\Delta z_{i+1}} (G_{i+1} - G_i) - \frac{\Delta z_{i+1}}{\Delta z_i} (G_i - G_{i-1}) \quad (19)$$

Hệ phương trình (13) - (14) được giải theo phương pháp truy đuổi.

Tính được các giá trị hàm p_i^{n+1} và s_i^{n+1} ta có thể xác định được nhiệt độ không khí và độ nước sương mù theo cách sau. Giả sử ở thời điểm t^{n+1} sương mù được hình thành (không khí bão hòa hơi nước), khi đó từ hệ thức xác định đối với hàm p dẫn tới:

$$\Delta p_i^{n+1} = \Delta T_i^{n+1} + (L / C_p) \cdot (\Delta q_m)_i^{n+1} \quad (20)$$

Sử dụng phương trình Clandius - Clapayron thì độ ẩm riêng cực đại Δq_m có thể viết dưới dạng

$$(\Delta q_m)_i^{n+1} = 0,622 \frac{L \cdot E(T_i^n)}{A R_n \cdot p_i} \frac{\Delta T_i^{n+1}}{(T_i^n)^2} \quad (21)$$

Từ (20) và (21) ta nhận được c:

$$\Delta T_i^{n+1} = \frac{\Delta p_i^{n+1}}{\frac{L^2 \cdot E(T_i^n)}{A R_n \cdot C_p \cdot p_i \cdot (T_i^n)^2}} \quad (22)$$

ở đây: $A R_n = 0,110 \text{ cal/g độ}$

Từ đây ta xác định được nhiệt độ không khí ở thời điểm t^{n+1} là:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \Delta T_i^{n+1} \quad (23)$$

Biết nhiệt độ không khí ta tính được độ ẩm riêng cực đại $(q_m)_i^{n+1}$ và sau đó tính được độ chứa nước của sương mù theo công thức:

$$\delta_i^{n+1} = s_i^{n+1} - (q_m)_i^{n+1} \quad (24)$$

Nếu $\delta_i^{n+1} > 0$ thì giả thiết về sự bắt đầu của sương mù ở thời điểm t^{n+1} là đúng, còn nếu $\delta_i^{n+1} < 0$ thì khi đó tại thời điểm t^{n+1} không khí chưa bão hòa hơi nước, nhiệt độ không khí được xác định bởi công thức:

$$T_i^{n+1} = p_i^{n+1} - \gamma_a z_i - LS_i^{n+1} / c_p \quad (25)$$

Như vậy, để dự báo sương mù theo mô hình này cần phải biết quỹ đạo phần tử khí trên biển. Phương pháp xác định quỹ đạo phần tử khí trên biển đã được trình bày trong [2].

2. Kết quả thử nghiệm dự báo sương mù ở tây bắc vịnh Bắc Bộ

Để thử nghiệm dự báo theo mô hình, đã chọn ngày có sương mù là 7/III/1985. Trên bản đồ sinopsis lúc 7h các trạm khí tượng ở phía tây bắc vịnh Bắc Bộ đều thấy có sương mù dày đặc.

Trạm	Thời gian	Tầm nhìn xa (km)
Cô Tô	≈ Sđ - 19.00	0,5 - 1
Bạch Long Vĩ	≈ 19.00 - 21.00	0,5 - 1
	≈ 21.00 - 5.00	2 - 4
Hòn Dáu	≈ Sđ - 9.00	0,5 - 1
Hòn Ngư	≈ Sđ - 8.30	0,05 - 0,2

Chúng tôi đã dự báo cho các trạm trên. Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi chỉ trình bày kết quả tính cho trạm Cô Tô.

Theo kết quả tính toán thì tại 23 giờ ở Cô Tô chưa có sương mù ($\delta = 0$ ở tất cả các mực). Đến 1 giờ, sương mù đã đạt độ cao 300m với độ chứa nước ở 1m là 1,76g/kg. Sau các khoảng thời gian khác nhau các phần tử khí ở các điểm khác nhau trên biển di chuyển đến trạm Cô Tô. Tính chất của các phần tử khí này khác nhau nên làm thay đổi cường độ của sương mù. Đến 5 giờ sương mù chỉ đạt độ cao 200m và đến 7 giờ lại đạt độ cao 300m. Rất tiếc là không có số liệu đo đặc về độ chứa nước của sương mù để so sánh với kết quả tính, song trên thực tế tầm nhìn xa ở Cô Tô quan trắc được là 0,5 - 1km, tức là sương mù nặng.

Dự báo sương mù ở trạm Cô Tô ngày 6 - 7/III/1985
(độ chứa nước riêng g/kg)

Giờ z(m)	23	1	3	5	7
400	0	0	0	0	0
300	0	0,02	0,17	0	0,2
250	0	0,22	0,30	0	0,32
200	0	0,36	0,40	0,04	0,41
150	0	0,51	0,45	0,13	0,51
95	0	0,71	0,50	0,19	0,62
60	0	0,76	0,50	0,23	0,72
30	0	0,85	0,56	0,19	0,77
10	0	0,91	0,72	0,22	0,91
5	0	1,01	0,82	0,39	1,01
2	0	1,15	0,90	0,46	1,08
1	0	1,76	1,03	0,51	1,17

Đã tiến hành tính cho các trạm khác và các ngày không có sương mù đều cho kết quả khá phù hợp với quan trắc. Kết quả thử nghiệm cho thấy khả năng ứng dụng mô hình trong dự báo sương mù ở Vịnh Bắc Bộ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Trần Tân Tiến. Mô hình hóa quá trình hình thành và phát triển sương mù bức xạ ở Việt Nam. Tạp chí các khoa học về trái đất. Số 1(T.16) 1994.
- Trần Tân Tiến. Tính quỹ đạo phần tử khí trên biển và ứng dụng trong dự báo sương mù bình lưu ở vịnh Bắc Bộ. Tập san KTTV số 4 (424), 1996.