

# NGHIÊN CỨU KHÍ TƯỢNG LỚP BIÊN HÀ NỘI BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ BA CHIỀU

TS. Dương Hồng Sơn

Trung tâm Nghiên cứu Môi trường không khí và nước  
Viện Khí tượng Thủy văn

## 1. Giới thiệu

Tại các nước đang phát triển hiện nay, vấn đề nghiên cứu ô nhiễm môi trường không khí đang dần được đưa lên ưu tiên hàng đầu vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến sức khoẻ con người. Việc đưa ra các giải pháp hiệu quả cả về môi trường và kinh tế đang là một thách thức lớn cho các nhà khoa học trên thế giới. Mặc dù hàm lượng các chất ô nhiễm trong không khí tại Việt Nam nói chung và Hà Nội nói riêng vẫn còn thấp hơn nhiều so với các nước trong khu vực, song với tốc độ tăng trưởng của nền kinh tế đặc biệt là các khu công nghiệp và sự gia tăng của các phương tiện giao thông cơ giới thì sự gia tăng hàm lượng chất ô nhiễm trong môi trường không khí cũng đáng lo ngại. Nếu như chưa kể tới sự phức tạp của các quá trình quang hoá mà sẽ làm thay đổi đáng kể nồng độ các chất ô nhiễm, đặc biệt là đối với các khu vực nhiệt đới có khí hậu nóng ẩm và cường độ bức xạ mạnh như ở Việt Nam, thì phân bố các chất ô nhiễm về cơ bản sẽ được quyết định bởi trường khí tượng của lớp biên khí quyển.

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đây [1,3,4], mặc dù đã phần nào cung cấp được bức tranh tổng quát về quá trình lan truyền và phân bố chất ô nhiễm cũng như đặt nền móng cho lĩnh vực nghiên cứu môi trường không khí tại Việt Nam, nhưng hầu hết chưa xem xét tới tính không dừng của trường khí tượng, tính phức tạp của địa hình và đặc biệt là đối lưu thẳng đứng.

Trong bối cảnh đó, có thể xem nghiên cứu này là một trong những cố gắng nhằm định lượng những quá trình đóng vai trò chính trong điều tiết khí hậu đô thị nói chung và Hà Nội nói riêng bằng mô hình số trị ba chiều quy mô vừa với các xấp xỉ rời bậc cao. Nghiên cứu này có thể dùng làm cơ sở cho các nghiên cứu phân bố chất ô nhiễm mang tính thực tế hơn.

## 2. Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu này sử dụng mô hình ba chiều để mô phỏng tốc độ, hướng gió, nhiệt độ, tỷ số xáo trộn của hơi nước, mây, mưa và chuyển động rối trên vùng có địa hình phức tạp trong đó coi bức xạ sóng ngắn đóng vai trò quan trọng nhất trong thời gian chuyển tiếp và có tính tới sự suy giảm bức xạ sóng ngắn do địa hình khi góc nghiêng của mặt trời nhỏ [7].

Sau khi áp dụng phép chuyển trục toạ độ  $z^* = \bar{H} \frac{z - z_g}{H - z_g}$  vào hệ phương trình

Reynold, ta có hệ phương trình mô tả chuyển động của dòng không khí trong lớp biên khí quyển là:

$$\frac{dU}{dt} = f(V - V_g) + g \frac{\bar{H} - z^*}{\bar{H}} \left( 1 - \frac{\langle \Theta_v \rangle}{\Theta_v} \right) \frac{\partial z_g}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{xy} \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{uw}) \quad (1)$$

$$\frac{dV}{dt} = -f(U - U_g) + g \frac{\bar{H} - z^*}{\bar{H}} \left( 1 - \frac{\langle \Theta_v \rangle}{\Theta_v} \right) \frac{\partial z_g}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xy} \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{vw}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial W^*}{\partial z^*} - \frac{1}{H - z_g} \left( U \frac{\partial z_g}{\partial x} + V \frac{\partial z_g}{\partial y} \right) = 0 \quad (3)$$

$$W^* = \frac{\bar{H}}{H - z_g} W + \frac{z^* - \bar{H}}{H - z_g} \left( U \frac{\partial z_g}{\partial x} + V \frac{\partial z_g}{\partial y} \right) \quad (4)$$

Phương trình bảo toàn nhiệt

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ K_x \frac{\partial \Theta}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ K_y \frac{\partial \Theta}{\partial y} \right] + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \left[ \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{w\theta}) + \frac{1}{\rho C_p} \frac{\partial R_N}{\partial z^*} \right] \quad (5)$$

Phương trình bảo toàn hệ số xáo trộn hơi nước

$$\frac{dQ_v}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ K_x \frac{\partial Q_v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ K_y \frac{\partial Q_v}{\partial y} \right] + \frac{\bar{H}}{H - z_g} \frac{\partial}{\partial z^*} (-\overline{wq_v}) \quad (6)$$

Trong đó:  $U_g, V_g$  - các thành phần vận tốc gió địa chuyển,  $\Theta$  - Nhiệt độ thế vị,  $Q_v$  - tỷ số xáo trộn hơi nước,  $\overline{uw}, \overline{vw}, \overline{w\theta}, \overline{wq_v}$  - các thành phần thông lượng.

Bức xạ mặt trời cũng như năng lượng rối và kích thước rối, đặc biệt là rối phát sinh do thấm phủ thực vật, được tính dựa trên các nghiên cứu của Yamada [8].

### 3. Áp dụng

Hệ các phương trình vi phân đạo hàm riêng trên đây được sai phân hoá và giải bằng phương pháp ẩn luân hướng. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, toàn bộ các số liệu đo đạc được trích dẫn từ nghiên cứu của Nguyễn Văn Việt [2].

Điều kiện biên, lưới tính

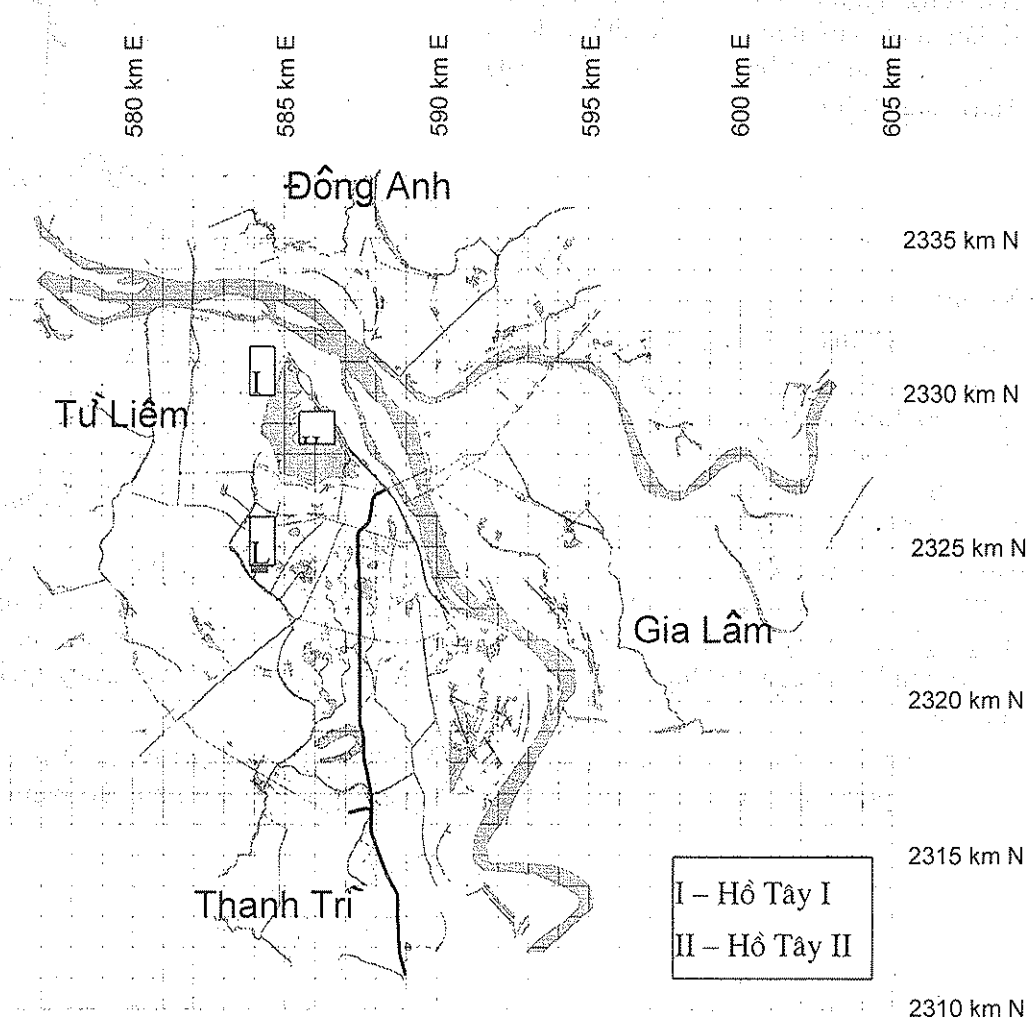
Gió đông nam tại trạm Hoài Đức (IX-1997) với tốc độ bằng 1,9 m/s được dùng làm điều kiện biên. Nhiệt độ trong các lớp đất được tính từ phương trình truyền nhiệt trong đất:

$$\frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z_s} \left[ K_s \frac{\partial T_s}{\partial z_s} \right] \quad (7)$$

với điều kiện biên là quá trình cân bằng nhiệt do bức xạ tại mặt đất:

$$R_s + [\varepsilon R_{l\downarrow} - \varepsilon \sigma T_G^4] = -\rho_a c_p u_* T_s (1 + B^{-1}) - K_s \frac{\partial T_s}{\partial z_s} \Big|_G \quad (8)$$

Trong đó:  $T_s$  – nhiệt độ đất,  $z_s$  – độ sâu của lớp đất,  $K_s$  – hệ số khuếch tán nhiệt trong đất ( $4,44 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ),  $T_G$  – nhiệt độ mặt đất,  $R_l$  – bức xạ sóng dài,  $R_s$  – bức xạ mặt trời hấp thụ bởi bề mặt,  $B$  – hệ số Bowen,  $\sigma$  – hằng số Stefan – Bozman,  $\varepsilon$  – hệ số phát xạ của bề mặt.



Hình 1. Miền mô phỏng khí tượng lớp biên thành phố Hà Nội

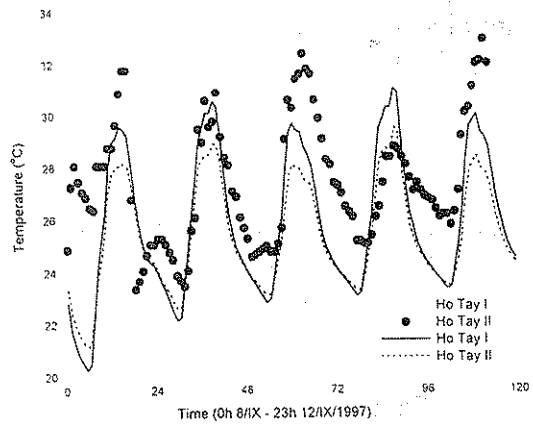
Lưới tính theo phương thẳng đứng được dẫn dần từ bề mặt đất cho tới độ cao khoảng 2 km với độ dày nhỏ nhất (tại bề mặt) 0,2 m. Nhằm xem xét ảnh hưởng của hệ thống sông Hồng và các hồ nằm rải rác trong thành phố, độ phân giải theo phương ngang được lấy là 200m x 200m để chi tiết hoá và nâng cao độ chính xác. Như vậy, miền tính (hình 1) 2310km N – 2338km N và 576km E – 605km E (UTM 48N) được chia thành 146 x 141 (20586) điểm tính. Thời gian tính toán bằng khoảng một nửa thời gian thực (PC C700). Điều kiện ban đầu được giả thiết như sau: Nhiệt độ nước bằng 23°C, nhiệt độ đất 20°C đồng nhất từ mặt cho tới tận lớp đất dưới cùng của vùng nghiên cứu (1,4 m). Hồ Tây I và II lần lượt đại diện cho các điểm đo tại Công ty Đầu tư khai thác hồ Tây (Nhật Tân) và giữa hồ.

### Kết quả

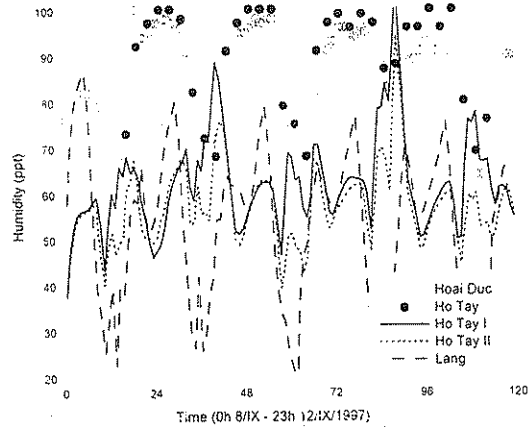
Hình 2 cho thấy sự khác biệt tương đối đáng kể trong nửa đầu ngày 12-IX giữa nhiệt độ tính toán (22-24°C) và thực đo (26-28°C). Lý do có thể là do điều kiện ban đầu chưa thật phù hợp: trên thực tế nhiệt độ rạng sáng ngày 12-IX cao hơn

hẳn so với cùng thời điểm của các ngày tiếp theo (có thể có đột biến về nhiệt độ 1 ngày trước khi bắt đầu mô phỏng). Tối ngày 8 và đêm 11-IX có mưa và dòng trên vùng nghiên cứu [2]. Mặc dù cả hai hiện tượng thời tiết này chắc chắn sẽ ảnh hưởng tới độ chính xác của mô hình nhưng đều chưa được đưa vào xem xét trong quá trình tính toán.

Ngoài ra hình 2 còn cho thấy nhiệt độ tính toán giữa hồ Tây (hồ Tây II) luôn thấp hơn phía tây bắc của hồ (hồ Tây I) vào ban ngày và thấp hơn vào ban đêm và

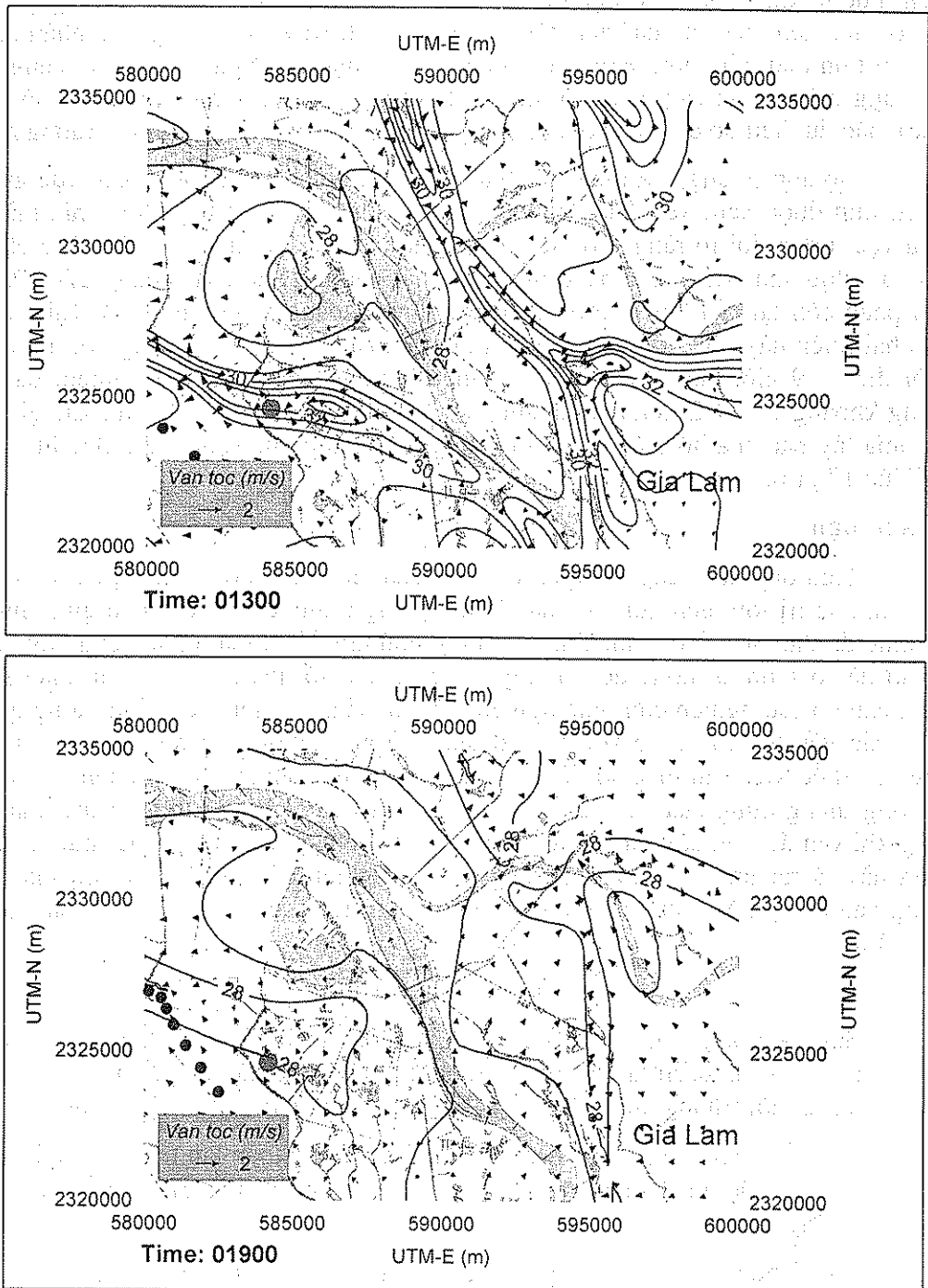


Hình 2. So sánh biến trình nhiệt độ giữa tính toán và thực đo tại hồ Tây



Hình 3

Hình 3: Biến trình độ ẩm theo tính toán (đường) và thực đo (ký hiệu)



Hình 4. Phân bố nhiệt độ và gió mực 10 m tại Hà Nội lúc 13 h và 19 h, ngày 8-IX-1997  
điều này có vẻ như là hợp lý: nhiệt dung riêng của nước lớn hơn đất. Nhưng thực tế thì lại ngược lại.

Kết quả mô phỏng trên hình 3 cho thấy hiện tượng lệch pha của biến trình độ ẩm tương đối giữa các khu vực chịu ảnh hưởng của hồ (Hồ Tây I và II) và khu vực không chịu ảnh hưởng của hồ (Láng). Tuy nhiên, hiện tượng này hoàn toàn không có

trên thực tế khi so sánh số liệu độ ẩm giữa Trạm Hoài Đức và Hồ Tây. Nguyên nhân là do chưa xem xét tới quá trình bốc hơi từ mặt đất. Đây cũng là nguyên nhân làm cho độ ẩm tính toán nhỏ hơn tương đối nhiều so với thực đo. Nghiên cứu này cũng không cố gắng hiệu chỉnh các tham số một cách không có cơ sở (hay không có số liệu đo đạc) mặc dù điều đó có thể cho một kết quả khả quan hơn trong một số trường hợp.

Do ảnh hưởng của điều kiện biên nên chỉ nhiệt độ và gió ở khu vực giữa của miền tính được xem xét. Theo phương ngang, phân bố nhiệt độ được chia thành hai khu vực tương đối rõ ràng vào lúc 13 giờ ngày 8-IX: dọc theo hai bên sông Hồng và hồ Tây chịu ảnh hưởng của hệ thống nước mặt với nhiệt độ chỉ khoảng 27-28°C trong khi phần còn lại của khu vực nhiệt độ cao hơn khoảng 2-3°C (hình 4). Tại ranh giới của hai miền này nhiệt độ còn cao hơn nữa (khoảng 32°C) và là vùng hội tụ gió. Vào thời điểm 19 giờ, biến thiên nhiệt độ theo phương ngang giảm đi nhiều: dao động trong khoảng 27-29°C trên toàn thành phố. Nhìn chung, nhiệt độ không khí tại hồ Tây và phía tây bắc của hồ luôn thấp hơn trung tâm thành phố (khoảng 2-3°C lúc 13 giờ; 1°C lúc 17 giờ).

#### 4. Kết luận

Trên đây là những kết quả đầu tiên của việc mô phỏng khí hậu Hà Nội bằng mô hình số trị lớp biên qui mô vừa vì vậy không tránh khỏi các sai số giữa tính toán và thực đo đặc biệt là độ ẩm. Giả thiết rằng những số liệu mà nghiên cứu này lấy làm cơ sở để so sánh là tương đối tin cậy (mặc dù các số liệu này chưa đủ nhiều) thì rõ ràng cần có các nghiên cứu thực nghiệm để làm sáng tỏ một cách định lượng quan hệ giữa các yếu tố khí tượng với bề mặt đệm. Trong khuôn khổ nghiên cứu này cũng chưa có điều kiện thu thập số liệu tại tháp khí tượng Láng để kiểm chứng profil theo phương thẳng đứng của các yếu tố khí tượng. Từ các kết quả trên có thể nhận định rằng khi vấn đề trên đây được giải quyết thì khả năng phục vụ yêu cầu thực tế của mô hình này là rất lớn – không chỉ trong vấn đề nghiên cứu khí hậu đô thị mà còn cả trong vấn đề nghiên cứu phân bố chất ô nhiễm trong không khí và cả dự báo quy mô vừa và nhỏ.

#### Tài liệu tham khảo

1. Bùi Tá Long, Nguyễn Minh Nam, 1997. Mô hình mô phỏng quá trình lan truyền và khuếch tán chất bẩn trong bài toán thiết lập quan trắc sự nhiễm bẩn trong môi trường không khí. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 10, 38-48.
2. Nguyễn Văn Việt, 1998. Xây dựng mô hình tính toán lan truyền ô nhiễm nước hồ Tây. Dự án "Điều tra cơ bản về môi trường và các giải pháp bảo vệ môi trường hồ Tây".
3. Trần Thục, 1999. Áp dụng mô hình toán nghiên cứu chất lượng môi trường không khí vùng đồng bằng sông Hồng. Đề tài cấp nhà nước KHCN-07-04 "Nghiên cứu biến động môi trường vùng đồng bằng sông Hồng".
4. Duong Ngoc Hai, Nguyen Van Diep, and Nguyen The Duc, 1997. Wind Field over complex terrain and air quality modeling. *J. Mechanics*, 29-38.

5. Stull R.B., 1989. An introduction to boundary layer meteorology. Kluwer Academic Publisher, 666p.
6. Yamada T. and Bunker S., 1988. Development of a nested grid, second moment turbulence closure model and application to the 1982 ASCOT Brush Creek data simulation. *J. App. Met.*, 27, 562-578.
7. Yamada T., 1982. A numerical model study of turbulent airflow in and above a forest canopy. *J. Met. Soc. Jan.*, 60, 439-454.