

NGHIÊN CỨU VIỆC SỬ DỤNG CƠ SỞ LÝ THUYẾT RỐI THỐNG KÊ HIỆN ĐẠI CHO DỰ BÁO TỔNG LƯỢNG ÔZÔN KHÍ QUYỂN, BỨC XẠ CỰC TÍM (UVB) VÀ THỜI GIAN PHƠI NẮNG TỐI ĐA CHO PHÉP

GS.TS Phạm Ngọc Hồ, ThS Vũ Văn Mạnh
Trường Đại học Khoa học tự nhiên - ĐHQG Hà Nội

1. Mở đầu

Khí hậu là một loại tài nguyên đặc biệt, đóng một vai trò quan trọng đối với các hệ sinh thái trên trái đất, do vậy, việc bảo vệ, sử dụng hợp lý nguồn tài nguyên này đã được sự quan tâm chú ý của cộng đồng quốc tế nói chung và nước ta nói riêng, đặc biệt là trong một vài thập kỷ gần đây khi sự thay đổi môi trường khí hậu toàn cầu như hiệu ứng nhà kính, mực nước biển dâng cao, El Niño, La Niña, lỗ thủng ôzôn,... đã và đang gây ra những ảnh hưởng nghiêm trọng tới sự sống trên trái đất.

Nghiên cứu khí hậu nhằm mục đích hiểu được những quá trình cơ bản của khí quyển trái đất và nguyên nhân gây ra những biến đổi của khí hậu trái đất. Bằng quan trắc và sử dụng các mô hình, chúng ta có thể dự báo được những biến đổi của khí hậu.

Dự báo khí hậu, chỉ có thể đạt độ tin tưởng và chính xác cao khi chúng ta có được những mô hình biểu diễn được một cách chính xác và đầy đủ hệ thống khí hậu có nghĩa là những mô hình này đã được kiểm chứng một cách kỹ lưỡng bằng những số liệu đã quan sát được. Tất nhiên, không thể chờ đợi vài trăm năm nữa cho tới khi khí hậu thay đổi để xem liệu những mô hình của chúng ta có dự báo đúng hay không mà phải tạo ra được sự tin cậy cho những mô hình dự báo bằng cách kiểm tra số liệu dự báo, so sánh chúng với những chu kỳ biến đổi của khí hậu từ mùa này qua mùa khác và từ năm này qua năm khác, đồng thời cũng phải đảm bảo rằng, những mô hình đó đưa ra được những kết quả đặc trưng cho khí hậu hiện tại. Thông qua quá trình này kỹ năng dự báo và độ tin cậy của kết quả dự báo bằng mô hình được nâng cao.

Hiện nay, ở nhiều nước trên thế giới, việc nghiên cứu, dự báo ôzôn và bức xạ cực tím đã được tiến hành tương đối nhiều, song ở nước ta các tài liệu và đặc biệt là số liệu về ôzôn và bức xạ cực tím còn hạn chế, do mới chỉ tiến hành lắp đặt các trạm đo tổng lượng ôzôn (TLO) tại 3 khu vực Hà Nội, Tp Hồ Chí Minh và Sa Pa vào giữa những năm 1990, việc nghiên cứu ôzôn và bức xạ cực tím còn ít. Trong giai đoạn đầu mới được tiến hành lắp đặt, các máy hoạt động chưa ổn định cộng với nhiều lý do khách quan khác dẫn tới chuỗi số liệu chưa liên tục và đủ dài. Trạm Láng ở Hà Nội đã được đưa vào danh sách của mạng lưới đo đạc ôzôn toàn cầu với mã số 330 và chính thức phát báo từ tháng I năm 1994. Vì lý do trên, Đề tài "Nghiên cứu việc sử dụng cơ sở lý thuyết rối thống kê hiện đại cho dự báo tổng lượng ôzôn khí quyển, bức xạ cực tím (UVB) và thời gian phơi nắng tối đa cho phép" sẽ góp phần bổ sung thêm thông tin về tổng lượng ôzôn, làm cơ sở giúp cho các nhà quản lý bảo vệ được tầng ôzôn nói riêng và tài nguyên khí hậu nước ta nói chung, đồng thời góp phần thiết thực vào việc thực hiện Chương trình Quốc gia của Việt Nam về bảo vệ tầng ôzôn.

2. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là TLO, bức xạ cực tím (UVB) và thời gian phơi nắng tối đa cho phép (DT) với chuỗi số liệu 1996÷2000.

Khu vực nghiên cứu có toạ độ địa lý như sau:

- Hà Nội : 21°02'B, 105°51'Đ (Trạm Láng),
- Tp Hồ Chí Minh : 10°47'B, 106°42'Đ (Trạm Tân Sơn Hoà),
- Sa Pa : 22°21'B, 103°49'Đ.

3. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Hiện nay, việc cải tiến các mô hình tính toán, dự báo các yếu tố môi trường không khí nhằm nâng cao chất lượng các mô hình dự báo là một điều hết sức quan trọng. Trong số các mô hình dự báo xây dựng trên cơ sở lý thuyết xác suất thống kê và lý thuyết hàm ngẫu nhiên, được sử dụng rộng rãi nhất là các mô hình được trình bày trong [1÷4]. Tuy vậy, đối với các mô hình này còn nhiều hạn chế, mức độ chính xác của chúng mới chỉ đạt được 60÷70%.

Có thể xem mỗi yếu tố môi trường không khí f là hàm ngẫu nhiên của không gian và thời gian:

$$f = f(\vec{r}, t) \quad (1)$$

($\vec{r}$ là thành phần ngẫu nhiên về mặt không gian của yếu tố f)

Nếu nhiều động của đại lượng trên tạo nên một trường rối, thì đặc trưng quan trọng nhất của nó là momen cấp hai. Các momen cấp hai đặc trưng cho cấu trúc của trường f là những hàm tương quan, hàm tương quan lẫn nhau, hàm cấu trúc không gian, thời gian. Chẳng hạn, đối với giá trị C của TLO, các hàm trên có thể biểu diễn dưới dạng tổng quát sau:

$$B_C(\vec{r}_1, \vec{r}_2; t_1, t_2) = \overline{C'(\vec{r}_1, t_1) \cdot C'(\vec{r}_2, t_2)} \quad (2)$$

$$D_C(\vec{r}_1, \vec{r}_2; t_1, t_2) = \overline{[C(\vec{r}_2, t_2) - C(\vec{r}_1, t_1)]^2} \quad (3)$$

Trong đó, B_C , D_C - hàm tương quan và hàm cấu trúc không gian, thời gian của C , $C'(\vec{r}_1, t_1)$, $C'(\vec{r}_2, t_2)$ - các nhiễu động tương ứng; gạch ngang ứng với ký hiệu lấy trung bình thống kê.

Khi cho trước quy luật biến đổi của C theo t , có thể xác định được giá trị C ở một thời điểm t .

Ký hiệu $\tilde{C}(t)$ - giá trị đo được của tổng lượng ôzôn ở thời điểm t với sai số $C^*(t)$, còn $C(t)$ - giá trị thực tế của C ở thời điểm t , khi đó ta có:

$$\tilde{C}(t) = C(t) + C^*(t) \quad (4)$$

Giả sử cho trước quy luật biến đổi của C , C^* theo thời gian t và thể hiện $\tilde{C}(t)$ trong khoảng $t \in [a, b]$, cần phải xác định giá trị $C(t^*)$ của thể hiện $C(t)$ ở thời điểm $t^* = b + \tau^*$ với τ^* - khoảng thời gian dự báo. Việc giải bài toán trên dẫn đến tìm một toán tử nào đó để khi tác dụng toán tử này lên tập hợp các thể hiện $\tilde{C}(t)$ sẽ thu được giá trị $C(t^*)$ của thể hiện $C(t)$ với kết quả là tối ưu nhất.

Ký hiệu toán tử cần tìm bằng $\hat{L}$ ta có thể mô tả cách lập luận trên đây bởi một hệ thức toán học như sau:

$$C(t^*) = \hat{L} \{ \tilde{C}(t) \} \quad (5)$$

hay

$$C(t^*) = \hat{L} \{ C(t) + C^*(t) \} \quad (6)$$

Từ đây thấy rằng, việc đánh giá toán tử $\hat{L}$ chỉ có thể tiến hành theo nghĩa thống kê, tức là dưới dạng trung bình hoá một tập hợp các thể hiện có được của đại lượng khảo sát.

Nếu δ là hiệu giữa giá trị thực $C(t^*)$ và giá trị nhận được "dự báo" theo công thức (5), thì chỉ tiêu đánh giá $\hat{L}$ chính là để cho đại lượng δ^2 đạt cực tiểu:

$$\overline{\delta^2} = \overline{[C(t^*) - L\{\tilde{C}(t)\}]^2} \rightarrow \min \quad (7)$$

Nói khác đi, để cho sai số bình phương trung bình của phương pháp dự báo là nhỏ nhất. Trong trường hợp tìm được toán tử L thoả mãn hệ thức (7), thì nó được xem như *toán tử tối ưu*, và cách xác định $C(t^*)$ tương ứng được coi là bài toán dự báo tối ưu đại lượng $C(t)$.

Giả thiết $\hat{L}$ là một *toán tử tuyến tính*, còn $C(t)$, $\tilde{C}(t)$ - những quá trình ngẫu nhiên có các đặc trưng cấu trúc xem như đã biết. Xét trường hợp thể hiện $\tilde{C}(t)$ cho trước trên một khoảng biến đổi hữu hạn của t , tức là cho trước một số hữu hạn những giá trị của thể hiện $\tilde{C}(t)$ tại các thời điểm $t_1, t_2, \dots, t_n$ ($t_1 < t_2 < \dots < t_n$). Các giá trị $\tilde{C}(t_k)$ này có thể xem như những giá trị đo được ở thời điểm t_k với sai số đo $C^*(t_k)$, trên cơ sở hệ thức (4), ta có:

$$\tilde{C}(t_k) = C(t_k) + C^*(t_k), k = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Với danh nghĩa là một toán tử tuyến tính, có thể chọn $\hat{L}$ dưới dạng tổ hợp của các hệ số xác định α_k nào đó:

$$\hat{L} = \sum_{k=1}^n \alpha_k \quad (9)$$

Khi đó giá trị $C(t^*)$ cần dự báo sẽ là kết quả tác dụng của $\hat{L}$ lên tất cả các giá trị của thể hiện $\tilde{C}(t_k)$:

$$C(t^*) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \tilde{C}(t_k) \quad (10)$$

Như vậy, bài toán dẫn đến việc tìm các hệ số $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ sao cho:

$$\overline{\delta^2} = \delta_n^2(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = [C(t^*) - \sum_{k=1}^n \alpha_k \tilde{C}(t_k)]^2 \rightarrow \min \quad (11)$$

Như đã biết, điều kiện cần để hàm n biến cực tiểu là các đạo hàm riêng theo mỗi biến tương ứng phải bằng 0:

$$\frac{\partial \delta_n^2(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)}{\partial \alpha_k} = 0, K = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

Khai triển về phải của hệ thức (11) và sử dụng tính chất trung bình hoá, sẽ được:

$$\begin{aligned}
 \delta_n^2(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) &= [\alpha(t^*) - \sum_{k=1}^n \alpha_k \tilde{\alpha}(t_k)]^2 = [\alpha(t^*) - \sum_{k=1}^n \alpha_k [\alpha(t_k) + C^*(t_k)]]^2 \\
 &= \overline{C^2(t^*)} - 2 \sum_{k=1}^n \alpha_k [\overline{\alpha(t^*) \alpha(t_k)} + \overline{\alpha(t^*) C^*(t_k)}] \\
 &\quad + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_k \alpha_j [\overline{\alpha(t_k) \alpha(t_j)} + \overline{\alpha(t_k) C^*(t_j)} + \overline{C^*(t_k) \alpha(t_j)} + \overline{C^*(t_k) C^*(t_j)}] \\
 &= B_C(0) - 2 \sum_{k=1}^n \alpha_k [B_C(t^* - t_k) + B_{C^*}(t^* - t_k)] \\
 &\quad + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_k \alpha_j [B_C(t_j - t_k) + B_{C^*}(t_j - t_k) + B_{CC^*}(t_j - t_k) + B_{C^*C}(t_j - t_k)]
 \end{aligned} \tag{13}$$

Lấy các đạo hàm riêng về phải của (13) theo α_k , rồi đặt các đạo hàm đó bằng 0, sẽ được n phương trình tuyến tính sau đối với α_k :

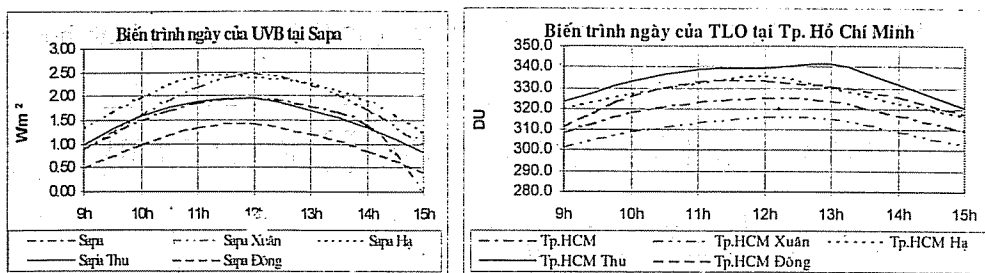
$$\begin{aligned}
 B_C(t^* - t_k) + B_{C^*}(t^* - t_k) - \sum_{j=1}^n \alpha_j [B_C(t_j - t_k) + B_{C^*}(t_j - t_k) + B_{CC^*}(t_j - t_k) + B_{C^*C}(t_j - t_k)] &= 0 \\
 k = 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{14}$$

Vì các hàm tương quan và các hàm tương quan lẫn nhau là *những hàm xác định dương*, nên hệ (14) có một nghiệm khác không duy nhất, và dễ dàng thấy rằng ứng với nghiệm này thì δ_n^2 thực sự nhận giá trị nhỏ nhất; có nghĩa là (14) cũng là điều kiện đủ để δ_n^2 đạt cực tiểu.

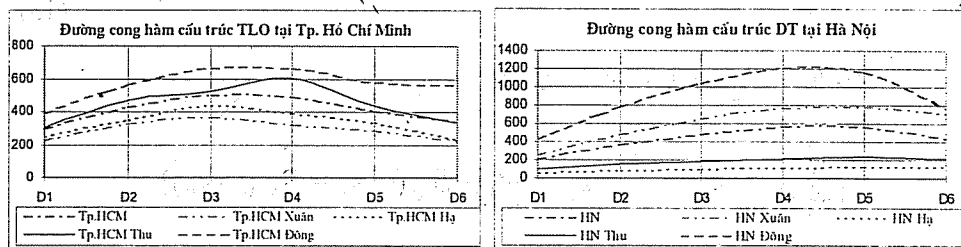
Giải hệ phương trình (14) bằng cách thay thế các hàm tương quan và tương quan lẫn nhau B_C , B_{C^*} , B_{CC^*} , B_{C^*C} bởi những giá trị tương ứng của chúng xác định được từ các số liệu thực nghiệm, sẽ tìm được các giá trị nhân tử dự báo $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, sau đó thay chúng vào (10) ta xác định được giá trị $C(t^*)$ cần phải tìm.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Trên cơ sở phương pháp nghiên cứu nêu trên, việc dự báo được tiến hành cho TLO, bức xạ cực tím (UVB) và thời gian phơi nắng tối đa cho phép (DT). Trong quá trình tính toán cho thấy, do đặc điểm biến trình ngày của TLO, bức xạ cực tím và thời gian phơi nắng tối đa cho phép phụ thuộc vào bức xạ mặt trời (Hình 1), hơn nữa, việc quan trắc được tiến hành theo 7 lần đo từ 9 giờ đến 15 giờ (giờ Hà Nội), nên để giảm sai số của phép dự báo, việc tính toán được tiến hành trên cơ sở tịnh tiến đường cong hồi qui của hàm cấu trúc về gốc ứng với khoảng thời gian $\tau = \Delta t = 0$ (Hình 2).



Hình 1. Biến trình ngày của TLO và bức xạ cực tím (UVB) tại Tp Hồ Chí Minh và Sa Pa theo các mùa trong năm và trung bình năm



Hình 2. Đường cong hàm cấu trúc của thời gian phơi nắng tối đa cho phép (DT) và TLO tại Hà Nội và Tp Hồ Chí Minh theo các mùa trong năm và trung bình năm.

Kết quả nghiên cứu được thể hiện bằng giá trị của các nhân tử dự báo α ứng với các mùa xuân, hạ, thu, đông trong năm.

Bảng 1. Giá trị các nhân tử dự báo α cho TLO tại Tp Hồ Chí Minh vào mùa hạ

Hạ	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
α_1	1,0247	0,0181	0,0391	-0,0783	-0,0310	-0,0236	0,0000
α_2	-0,0046	1,0085	-0,0062	-0,0208	-0,0146	-0,0072	0,0000
α_3	-0,0084	-0,0097	1,0009	-0,0238	-0,0013	-0,0072	0,0000
α_4	0,1766	-0,0102	-0,0103	0,9689	-0,0097	0,0019	0,0000
α_5	-0,1792	0,1748	-0,0151	0,0081	0,9693	-0,0074	0,0000
α_6	0,0014	-0,1842	0,1673	-0,0341	0,0280	0,9767	0,0000
α_7	-0,0177	-0,0148	-0,2087	0,1092	0,0291	0,0518	1,0000

Bảng 2. Giá trị các nhân tử dự báo α cho bức xạ cực tím (UVB) tại Hà Nội vào mùa đông

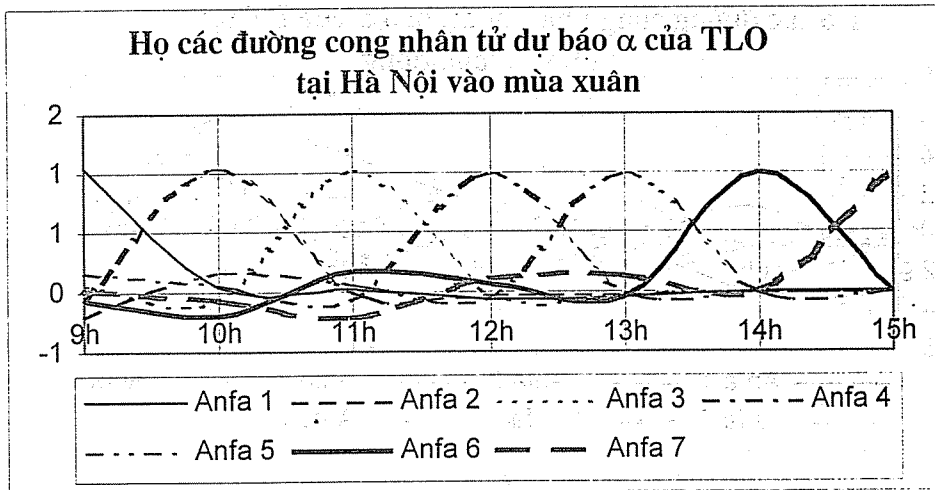
Đông	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
α_1	1,6127	1,4135	0,6671	-0,6422	-1,1584	-0,6627	0,0000
α_2	0,0917	0,8845	0,5825	0,3277	-0,1391	-0,1917	0,0000
α_3	0,1172	-0,0395	0,6817	0,4482	0,4082	0,1033	0,0000
α_4	0,1614	0,3847	0,1628	0,6646	0,2435	0,1852	0,0000
α_5	-0,0154	0,3740	0,6212	0,2535	0,5166	-0,0309	0,0000
α_6	-0,2299	-0,2545	0,2383	0,6987	0,4452	0,6579	0,0000
α_7	-0,6003	-1,1734	-0,9515	0,3210	1,4236	1,2104	1,0000

Bảng 3. Giá trị các nhân tử dự báo α cho thời gian phơi nắng tối đa cho phép (DT) tại Sa Pa vào mùa xuân

Xuân	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h
α_1	1,8448	-0,5613	-0,2779	-0,6551	-0,2103	0,3632	0,0000
α_2	-0,5604	2,0766	-0,0704	0,0588	-0,4329	-0,6476	0,0000
α_3	-0,4701	-0,5266	1,4227	-0,1491	-0,1698	0,0574	0,0000
α_4	0,3105	-0,5548	-0,5092	1,3342	-0,1594	-0,1603	0,0000
α_5	-0,2341	0,3547	-0,6990	-0,4868	1,2911	-0,0612	0,0000
α_6	0,9965	-0,5476	0,1361	-1,0761	-0,6271	1,5424	0,0000
α_7	-0,1123	1,1222	0,0763	0,3816	-0,8269	-1,1374	1,0000

Từ các bảng số liệu trên thấy hầu hết các giá trị $\sum_{k=1}^n \alpha_k$ đều xấp xỉ bằng 1, điều đó chứng tỏ hiệu suất cao của phép dự báo.

Trên cơ sở của các giá trị nhân tử dự báo α , ta xây dựng họ các đường cong α theo các mùa (xem các hình 3,4,5). Các đường cong này tạo thuận lợi cho việc xác định được các giá trị α_i trong việc tính toán các giá trị TLO, UVB và DT theo từng lần quan trắc, bổ sung số liệu hoặc dự báo cho các ngày tiếp theo.

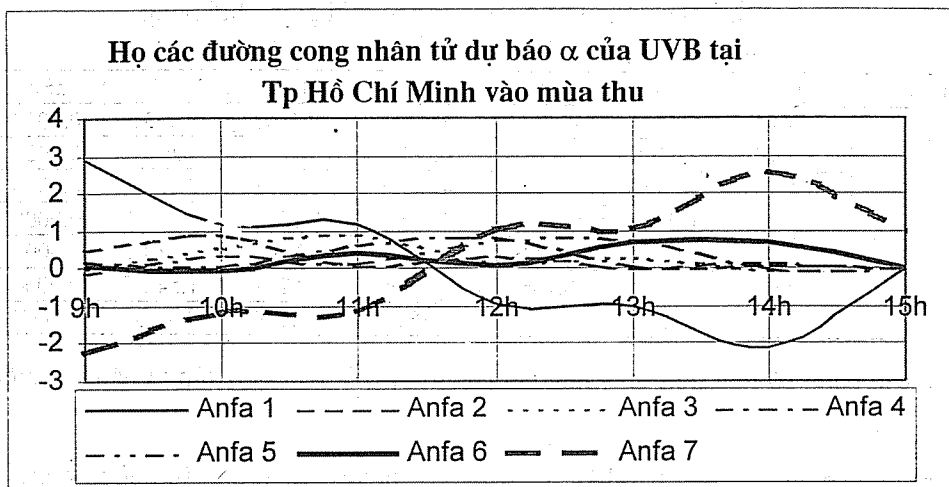


Hình 3. Họ đường cong nhân tử dự báo α , của TLO tại Hà Nội vào mùa xuân

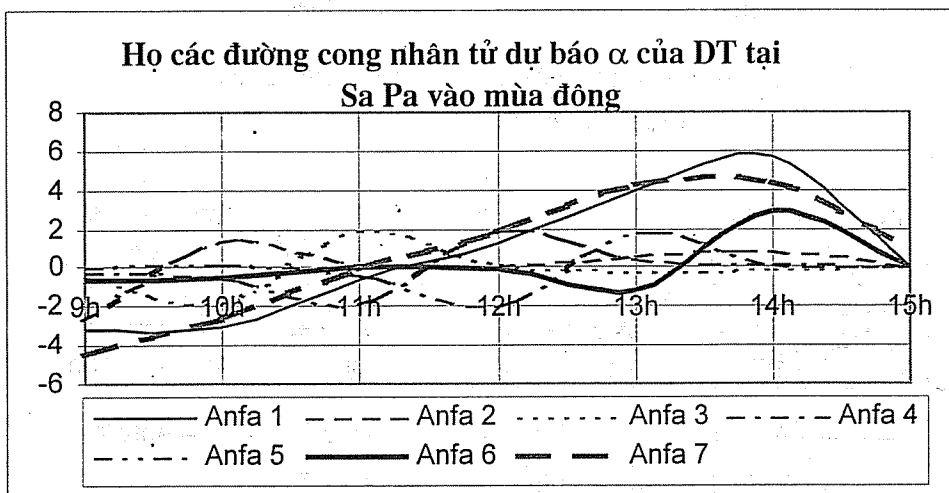
Sau khi tính toán được các giá trị nhân tử dự báo, chúng tôi đã tiến hành đánh giá hiệu suất của phương pháp dự báo. Do sai số bình phương trung bình δ_n^2 không vượt quá độ tán (phương sai) σ_c^2 của đại lượng $C(t)$ nên để việc đánh giá sai số của phương pháp dự báo trong trường hợp này được thuận lợi hơn, ta sử dụng đại lượng vô thứ nguyên ε_n có dạng sau:

$$\varepsilon_n = \frac{\delta_n^2}{\sigma_c^2} = \frac{\delta_n^2}{B_c(0)} = \frac{\delta_n^2}{\frac{1}{2} D_c(\infty)} \quad (15)$$

Trong thực tế các giá trị quan trắc được chỉ qui toán ứng với các thời điểm trung bình sau một khoảng thời gian τ nhất định. Vì vậy, sau khi áp dụng công thức



Hình 4. Họ đường cong nhân tử dự báo α_i của bức xạ UVB tại Tp HCM vào mùa thu



Hình 5. Họ đường cong nhân tử dự báo α_i của thời gian phơi nắng
tối đa cho phép tại Sa Pa vào mùa đông

dự báo, kết quả thu được là một tập hợp các giá trị $C(t)$ là một chuỗi số liệu rời rạc, do đó ta sử dụng khái niệm sai số bình phương trung bình tương đối thống kê, giá trị này được xác định bởi công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(C_{i(db)} - C_{i(t)})^2}{\sigma_{i(t)}^2} \quad (16)$$

Trong đó:

n - tổng các số liệu dự báo được tiến hành so sánh kết quả,

$C_{i(db)}$ - giá trị nồng độ dự báo,

$C_{i(t)}$ - giá trị nồng độ thực đo,

$\sigma_{i(t)}$ - phương sai của $C_i(t)$,

ε - sai số bình phương trung bình tương đối của phép dự báo.

Đối với TLO, nói chung sai số dao động trong khoảng 0,01÷0,10 chứng tỏ hiệu suất cao của phép dự báo, sai số lớn nhất là 0,63 vào mùa hạ, sai số này có khả năng do số liệu thực nghiệm vào mùa hạ năm 1998 không chính xác, thời gian đó máy đo hoạt động không ổn định dẫn tới số liệu đo đạc và số liệu dự báo có sai số (xem bảng 4).

Bảng 4. Sai số ε_n của phép dự báo đối với TLO

	Xuân	Hạ	Thu	Đông
Hà Nội	0,0832	0,6300	0,3067	0,0327
Tp HCM	0,0117	0,0557	0,2651	0,842
Sa Pa	0,0641	0,0254	0,0097	0,1459

Đối với bức xạ cực tím UVB, sai số dự báo tại Hà Nội và Sa Pa dao động trong khoảng 0,43-0,79 chứng tỏ hiệu suất dự báo chỉ đạt mức trung bình. Tuy nhiên, nếu phân tích kỹ có thể thấy rằng tại Hà Nội sai số vào mùa hạ vẫn lớn nhất (0,73) so với các mùa khác, điều này khẳng định thêm nguyên nhân dẫn tới sai số lớn trong việc dự báo TLO tại Hà Nội vào mùa hạ đã được phân tích ở trên, đồng thời điều này còn cho thấy sự tương quan cao giữa TLO và bức xạ cực tím tại Hà Nội.

Đối với thời gian phơi nắng tối đa cho phép DT, các kết quả cho thấy hiệu suất dự báo cũng ở mức trung bình như đối với bức xạ cực tím.

Nếu so sánh sai số của phép dự báo cho bức xạ cực tím (UVB) của 3 trạm với nhau, nhận thấy sai số nhỏ nhất ở Hà Nội, lớn nhất ở Tp Hồ Chí Minh. Nguyên nhân ở đây được lý giải từ bản chất của phép dự báo như sau: để giải hệ phương trình (14) ta đã thay thế các hàm tương quan và tương quan lẫn nhau bởi những giá trị tương ứng của chúng xác định được từ các số liệu thực nghiệm nên nếu chuỗi số liệu thực nghiệm càng dày, càng có độ chính xác cao thì hiệu suất của phép dự báo càng lớn. Trong quá trình tính toán cho bức xạ cực tím, đã sử dụng số liệu 5 năm liên tục của Trạm Láng (Hà Nội) 1996÷2000, số liệu 3 năm liên tục của Sa Pa 1996÷1998 và số liệu 2 năm liên tục 1998÷1999 của Trạm Tân Sơn Hoà (Tp Hồ Chí Minh). Kết quả trên đã phản ánh đúng bản chất của lý thuyết rồi thống kê hiện đại.

5. Kết luận

- Có thể sử dụng các kết quả nêu trên vào dự báo TLO, bức xạ cực tím và thời gian phơi nắng tối đa cho phép cho các khu vực Hà Nội, Tp Hồ Chí Minh và Sa Pa.
- Ngoài ý nghĩa dự báo, các kết quả trên còn có thể được áp dụng để nội, ngoại suy chuỗi số liệu về TLO, UVB và DT theo thời gian.
- Cần phải tiếp tục tính toán bổ sung các nhân tử dự báo α trên cơ sở chuỗi số liệu quan trắc dài hơn trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo chính

1. David D. Kemp, 1994. Global Environmental Issues (A climatological approach). Second edition, *Routledge Publisher*, p.122-143.
2. Gandin L.C, 1965. Bài toán nội, ngoại suy tổng quát trường các yếu tố khí tượng. *Tuyển tập công trình khí tượng thủy văn quốc gia, tập 168*.
3. Gandin L.C, 1968. Phân tích khách quan trường các yếu tố khí tượng thủy văn. *Leningrát*.
4. Howard E.Hesketh, 1991. Air pollution Control, Traditional and Hazardous Pollutants. *Technomic*.