

Khả năng ứng dụng một vài phương pháp vật lý thống kê vào dự báo thủy văn hạn vừa

PTS. BUI VĂN ĐỨC

Cục Dự báo KTTV

MỞ ĐẦU

Dự báo thủy văn (DBTV) hạn vừa có ý nghĩa quan trọng đối với nhiều ngành kinh tế quốc dân, đặc biệt là trong việc phòng chống lũ lụt và quản lý khai thác các nguồn nước, kho nước.

Có thể quan niệm DBTV hạn vừa là loại dự báo có thời gian dự kiến lớn hơn thời gian chảy truyền của lưu vực sông (đối với sông nhỏ: 3-10 ngày, sông vừa: 5-15 ngày và sông lớn: 7-31 ngày).

Các mô hình tất định có nhiều triển vọng trong DBTV hạn vừa. Song trong giai đoạn hiện nay, khi chưa có điều kiện mô tả các trạng thái ban đầu của lưu vực và biến đổi lượng mưa dự báo theo thời gian và không gian một cách đầy đủ và chính xác, thì các phương pháp vật lý thống kê còn đóng vai trò quan trọng và chủ đạo trong công tác DBTV hạn vừa.

Cho đến nay, ở nước ta tuy đã có những đầu tư nghiên cứu về DBTV hạn vừa, song các phương pháp dự báo còn có nhiều hạn chế, nhất là trong điều kiện có sự can thiệp của con người ngày càng nhiều vào dòng chảy tự nhiên của các sông, thì việc sử dụng các phương pháp truyền thống càng gặp nhiều khó khăn.

Các sơ đồ dự báo hiện nay là các biểu đồ thống kê hoặc các phương trình hồi quy, biểu diễn mối quan hệ giữa yếu tố dự báo với các nhân tố dự báo (dòng chảy quá khứ, mưa quá khứ, mưa dự kiến sẽ rơi trong thời gian dự báo). Ở nước ta, dự báo mưa chưa đáp ứng yêu cầu của DBTV hạn vừa. Vì vậy, các sơ đồ dự báo hiện nay còn chứa nhiều sai số lớn và thường chưa nắm bắt được các điểm biến đổi đột ngột của dòng chảy.

Ngoài ra còn sử dụng phương pháp xu thế có tính đến ảnh hưởng tổng hợp của điều kiện KTTV. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, song điểm yếu của nó là mang tính chủ quan, mức bảo đảm của dự báo phụ thuộc vào kinh nghiệm của từng dự báo viên và cũng khó phát hiện được những biến đổi lớn của dòng chảy.

Những năm gần đây, trong các tài liệu nước ngoài, đã xuất hiện một hướng nghiên cứu mới: sử dụng các nhân tố của hoàn lưu thay cho lượng mưa dự báo. Những nghiên cứu và ứng dụng ở Liên Xô, Trung Quốc, Bun-ga-ri [1,8,9] đã cho một số kết quả khả quan. Đặc biệt là những nghiên cứu dự báo cho sông ngòi vùng Viễn Đông Liên Xô, nơi có chế độ khí hậu gió mùa và dòng chảy mưa phức tạp, đã mở cho chúng ta một hướng nghiên cứu mới có nhiều triển vọng.

Bài viết này giới thiệu khả năng ứng dụng một vài phương pháp vật lý thống kê nhiều chiều vào DBTV hạn vừa. Hy vọng rằng nó sẽ là một tài liệu tham khảo tốt phục vụ cho công tác nghiên cứu dự báo thủy văn hạn vừa hiện nay.

I. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO THỦY VĂN HẠN VỪA

Cơ sở lý thuyết của các phương pháp dự báo thủy văn hạn vừa là phương trình cân bằng nước viết cho thời gian dự kiến lớn hơn thời gian chảy truyền của lưu vực

$$\sum_{t_0}^{t_0+\tau} Q \Delta t = Wt_0 + \sum_{t_0}^{t_0+\tau} Q_{ng} \Delta t + \sum_{t_0}^{t_0+\tau} Q_m \Delta t \quad (1)$$

Ở đây Q, Q_{ng}, Q_m - lưu lượng chung, lưu lượng thành phần ngầm và thành phần mưa (m^3/s)

W - lưu lượng trữ nước trong sông (m^3)

t_0 - thời gian phát báo (h)

Δt - thời đoạn tính toán (6 hoặc 12 giờ)

Gộp thành phần lượng trữ nước trong sông W với thành phần ngầm $\sum Q_{ng}$, rồi biến đổi phương trình (1) về dạng lưu lượng ta nhận được phương trình mới:

$$Q = Q^{(1)} + Q^{(2)} \quad (2)$$

với $Q^{(1)}$ - thành phần dòng chảy cơ sở, m^3/s

$Q^{(2)}$ - thành phần dòng chảy mưa, m^3/s

Trên cơ sở phương trình (1) hoặc (2) người ta tiến hành xây dựng phương án dự báo cho từng sông cụ thể ứng với điều kiện hình thành dòng chảy và khả năng đảm bảo thông tin dự báo của nó. Trong thực tế dự báo dòng chảy từ mưa trong mùa lũ, việc xây dựng các phương án dự báo gặp nhiều khó khăn vì thiếu thông tin và buộc ta tiến hành giải gần đúng các phương trình (1) hoặc (2) bằng các quan hệ vật lý thống kê giữa dòng chảy (Q hoặc H) với các nhân tố ảnh hưởng (chỉ số độ ẩm mặt đệm, mưa dự báo hoặc các nhân tố gián tiếp gây mưa v.v.)

Trong sơ đồ phân loại dự báo thủy văn hạn vừa (hình 1), khối 1 và khối 2 dành cho dự báo thủy văn hạn vừa mùa kiệt, khối 3.1 dành cho các lưu vực lớn có điều kiện mưa, tuyết ổn định theo cùng thời kỳ của năm. Khối 3.2 được sử dụng nhiều trong các



Hình 1. Phân loại dự báo thủy văn hạn vừa theo nhân tố

phương án dự báo truyền thống (các biểu đồ dự báo $Q_{t_0+\tau} = f(W_{t_0}, X_{t_0}, X'_{t_0+\tau})$ trong đó W_{t_0} đặc trưng cho trạng thái thủy văn ban đầu; X_{t_0} là lượng mưa quá khứ rơi trên lưu vực và $X'_{t_0+\tau}$ là lượng mưa rơi trong thời gian dự kiến.

Cho tới nay không phải với mọi lưu vực sông đều có được dự báo mưa, hơn nữa nếu có thì chất lượng dự báo mưa cũng chưa đáp ứng cho các sơ đồ dự báo thủy văn. Vì vậy, nhiều chuyên gia dự báo thủy văn muốn thay thế lượng mưa dự báo trên bằng các nhân tố gián tiếp đã được xác định tới thời điểm làm dự báo (khối 3.3)

Để dự báo dòng chảy 5-10 ngày, các nhân tố gián tiếp gây mưa có thể là các trường khí tượng, trên các mặt đẳng áp tầng thấp và tầng trung, đặc trưng cho các dạng thời tiết đặc biệt gây mưa lũ, như áp thấp nhiệt đới, bão, dải hội tụ, gió mùa v.v. Tất cả các nhân tố trên đều được số hóa để thuận lợi cho việc xử lý thông tin trên máy tính.

II- DỰ BÁO DÒNG CHẢY CƠ SỞ

Dòng chảy cơ sở trực tiếp là một thành phần dòng chảy chung và là nhân tố gián tiếp ảnh hưởng tới dòng chảy mưa. Có nhiều phương pháp tính toán và dự báo dòng chảy cơ sở. Đối với sông lớn, mạng lưới sông phức tạp, dòng chảy cơ sở thường được dự báo từ lượng trữ nước trong mạng lưới sông [4].

$$W_{t_0} = \Delta W_{1,t_0} + \Delta W_{2,t_0} + \dots + \Delta W_{m,t_0} \quad (3)$$

Trong đó ΔW_i ($i = 1 - m$) là lượng trữ nước của các đoạn sông, giới hạn bằng các trạm đo thủy văn. Lượng trữ thành phần ΔW xác định bằng một trong các công thức sau:

$$\Delta W_i = [Q_d - (Q_{tr} + Q_g)] \Delta t \quad (4)$$

$$W_i = \tau_i Q \quad (5)$$

$$W_i = [(\omega_{tr} + \omega_d) / 2] \cdot l_i \quad (6)$$

Trong các công thức (4),(5) :

Q_d, Q_{tr} - lưu lượng qua mặt cắt dưới và mặt cắt trên;

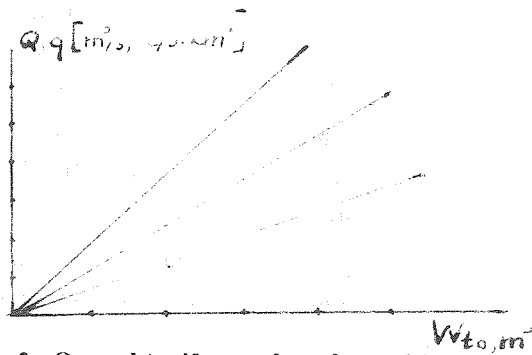
Q - lưu lượng trung bình của đoạn sông

τ - thời gian chảy truyền của đoạn sông

sông

l_i - độ dài của đoạn sông

Dòng chảy cơ sở $Q^{(1)}$ phụ thuộc vào lượng trữ ban đầu W_{t_0} và quy luật biến đổi của nó. Để dự báo dòng chảy, thông thường người ta dựa vào tài liệu quá khứ để xây dựng các quan hệ kinh nghiệm $Q_{t_0} + \tau = f(Q_{t_0})$ cho từng sông cụ thể và cho từng thời kỳ trong năm (Hình 2).



Hình 2. Quan hệ giữa modul dòng chảy và lượng trữ nước trong sông

Nếu xây dựng theo modul dòng chảy ($q, l/km^2.s$) thì các quan hệ dạng hình 2 có thể dùng chung cho các sông trong cùng một vùng thủy văn. Thành phần cơ sở $Q^{(1)}$ cũng có thể dự báo theo các phương trình hồi quy, hoặc phương trình nước rút dạng:

$$Q^{(1)}_{t_0+\tau} = A W_{t_0} + Q^{(1)}_{min} \quad (7)$$

$$Q^{(1)}_{t_0+\tau} = A_1 W_{t_0} e^{-\gamma \tau} \quad (7')$$

Khi xây dựng các phương án dự báo hạn vừa dòng chảy đến hồ Hòa Bình, chúng tôi đã sử dụng phương pháp hồi quy bội để xác định dòng chảy cơ sở trực tiếp từ thông tin thủy văn của các tuyến trên [2].

$$Q^{(1)}_{t_0+\tau} = \sum_{i=1}^{m_1} a_i Q_{i,t_0} + \sum_{j=1}^{m_2} B_j H_{j,t_0} + \sum_{k=1}^{m_3} X_{k,t_0} + Q^{(1)}_{min} \quad (8)$$

Trong đó $Q_{i,t}; H_{j,t}; X_{k,t}$ - là lưu lượng, mực nước và lượng mưa của các trạm tuyến trên.

Sở dĩ trong phương trình trên các nhân tố gồm cả mực nước và lưu lượng là vì có những trạm mực nước và có những trạm lưu lượng. Điều đó cũng không quan trọng vì trước khi sử dụng phương pháp hồi quy đã tiến hành chuẩn hóa (loại bỏ ảnh hưởng của thứ nguyên) các nhân tố.

Nghiên cứu điều kiện hình thành dòng chảy các sông vùng Primore (Liên Xô) [1], các tác giả đã đưa ra công thức xác định dòng chảy cơ sở như sau:

$$Q = A (1 - c^{(Q_{to} - Q_{min})/B}) + C (Q_{to} - Q_{min}) + \overline{Q}_{min} \quad (9)$$

Số hạng thứ nhất $A[1 - c^{(Q_{to} - Q_{min})/B}]$ đặc trưng cho sự tiêu hao nước mặt, trong đó Q_{to} là lưu lượng qua mặt cắt khống chế tại thời điểm dự báo; Q_{min} là lưu lượng nhỏ nhất được xác định theo đường nước rút chuẩn và phụ thuộc vào Q ; c là cơ số logarit tự nhiên và A, B là các tham số tiêu hao nước mặt.

Số hạng thứ hai $C(Q_{to} - Q_{min})$ đặc trưng cho tiêu hao nước ngầm tầng nông; số hạng thứ 3 $\overline{Q}_{min}$ là thành phần nước ngầm tầng sâu, thành phần này tương đối ổn định và được xác định từ tài liệu quá khứ.

Trong công trình nghiên cứu của Buxenck [3] đã đưa ra lời khuyên rằng, đối với những lưu vực có lượng nước ngầm ổn định và phong phú, dòng chảy cơ sở có thể được xác định bằng hàm mũ:

$$Q_{to+\tau} = Q_{to} c^{-\alpha\tau} \quad (10)$$

Đối với sông nhỏ, nước ngầm nghèo thì:

$$Q_{to+\tau} = Q_{to} [1 / (1 + \alpha_1 \tau)] \quad (11)$$

(α, α_1 - hệ số tiêu hao)

III- DỰ BÁO DÒNG CHẢY MÙA

1. Phân vùng ảnh hưởng và sơ tuyến nhân tố

Có nhiều loại nhân tố ảnh hưởng (nhân tố lượng trữ, nhân tố mặt đệm và nhân tố đặc trưng cho hoàn lưu khí quyển v.v.). Các phương pháp tính toán và dự báo dòng chảy cơ sở đặc trưng cho lượng trữ đã được mô tả kỹ trong phần II. Trong phần này sẽ tập trung bàn tới các phương pháp xử lý các loại nhân tố còn lại.

Trên cơ sở phân tích định tính (synop) ta chọn ra các vùng synop tự nhiên trên các trường đẳng áp (mặt đất, AT850, AT500 v.v) có ảnh hưởng tới mưa rơi trên lưu vực nghiên cứu. Các vùng trên được mô phỏng bằng các giá trị nhiệt độ, độ cao địa thế vị của các nút lưới [4]. Dùng hàm khoảng cách phân biệt (12) [7] loại bỏ những nút ít ảnh hưởng (chứa ít thông tin), một lần nữa giới hạn các trường nhân tố.

$$d^2_c = (1/N_1 N_2) \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{f=1}^{N_2} (X^I_{ic} - X^{II}_{fc})^2 \quad (12)$$

Ở đây X^I là nhân tố thuộc lớp I ; X^{II} - nhân tố lớp II; i và f là chỉ số thời gian; c - chỉ số không gian (các nút); N_1, N_2 - số quan trắc thuộc vào lớp I và số quan trắc thuộc vào lớp II.

Các lớp nhân tố X^I và X^{II} được phân ra theo yếu tố dự báo sau khi có sắp xếp lại theo giá trị giảm dần hoặc tăng dần. Để loại trừ sự ảnh hưởng của biên độ biến thiên (σ_c) của các nhân tố, người ta không dùng trực tiếp chỉ tiêu khoảng cách d_c^2 mà dùng (d_c^2 / σ_c).

2. Phân tích các trường nhân tố theo hàm trực giao tự nhiên

Bản chất của phân tích theo hàm trực giao tự nhiên là quá trình biến đổi tuyến tính tập nhân tố ban đầu $\{H\}$ thành tập nhân tố mới $\{T\}$, có kích thước nhỏ hơn và loại bỏ tương quan giữa các nhân tố mới [6]. Cả hai tính chất trên đều có ý nghĩa quan trọng đối với phương pháp hồi quy bội [4].

Giả sử các trường khí tượng được mô phỏng dưới dạng ma trận $H(t,x)$ (số cột tương ứng với các nút đo; số hàng tương ứng với các lượt quan trắc):

$$H = \begin{vmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & \dots & H_{1,m} \\ H_{2,1} & H_{2,2} & \dots & H_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n,1} & H_{n,2} & \dots & H_{n,m} \end{vmatrix} \quad (13)$$

Cần tìm một hàm tuyến tính $X(x)$ để biểu diễn tập số liệu ban đầu dưới dạng:

$$H(t,x) = \sum_{h=1}^p T_{h(t)} X_{h(x)} \quad (14)$$

Ở đây $X_{h(x)}$ là hàm không gian và được gọi là véc tơ riêng của tập hợp $H(t,x)$

Các hàm $T_{h(t)}$ và $X_{h(x)}$ được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu [5,6]

$$H(t,x) = \sum_{h=1}^p T_{h(t)} X_{h(x)} \quad (15)$$

Sau một số biến đổi toán học từ điều kiện (15) ta nhận được hệ phương trình mới:

$$(A - \lambda E) \cdot X = 0 \quad (16)$$

Ở đây A là ma trận tương quan giữa các nhân tố của trường $H(x)$, nó là ma trận đối xứng với kích thước $n.n$; λ - giá trị riêng tương ứng với véc tơ X ; E - ma trận đơn vị, có kích thước $n.n$

Vì hệ phương trình tuyến tính (16) là đồng nhất, nên nó chỉ có nghiệm khi:

$$A - \lambda E = 0$$

(17)

Giải hệ phương trình (17) ta nhận được n nghiệm dương ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$), lần lượt thay thế vào (16) ta nhận được n véc tơ riêng X_h ($h=1 \div m$) của ma trận tương quan A . Độ chính xác của phân tích (14) được đánh giá theo công thức sau:

$$R^2 = \sum_{h=1}^p \lambda_h / \sum_{h=1}^m \lambda_h \quad (18)$$

Ở đây m - kích thước véc tơ nhân tố ban đầu H ; h - bậc phân tích; p - số thành phần, đảm bảo cho phương sai bằng R^2 .

Hệ số phân tích được tính theo công thức:

$$Th_{ij} = \sum_{j=1}^m H_{ij} \cdot X_{hj} / \sum_{j=1}^m X_{hj}^2 \quad (19)$$

Ở đây j là số thứ tự các nút trong trường nhân tố H . Vì các véc tơ riêng X có tính trực giao với nhau ($\sum X_{hj}^2 = 1$) nên phương trình (19) có thể viết gọn lại như sau:

$$Th_{ij} = \sum_{j=1}^m H_{ij} \cdot X_{hj} \quad (20)$$

3. Sàng lọc nhân tố theo chỉ tiêu F

Tính hội tụ nhanh của phân tích theo hàm trực giao tự nhiên cho ta khả năng nén thông tin (làm giảm kích thước véc tơ nhân tố một cách đáng kể). Nhưng do sự phân tích theo hàm trực giao tự nhiên tiến hành riêng rẽ cho từng trường nhân tố đồng nhất, nên mỗi chỉ loại bỏ được tương quan giữa các nhân tố trong một trường. Sự loại bỏ tương quan giữa các nhân tố của các trường khác nhau có thể tiến hành sàng lọc theo chỉ tiêu [4]

Quá trình sàng lọc là quá trình tuyển và loại.

- Quá trình loại bắt đầu từ tập nhân tố giả thiết đầy đủ ban đầu. Nó tiến hành loại dần dần các nhân tố chứa ít thông tin. Phụ thuộc vào giá trị tính toán của chỉ tiêu F_1 (21), quá trình loại tiến hành tới khi nào giá trị chuẩn của F (theo bảng thống kê) nhỏ hơn giá trị tính toán F của tất cả các nhân tố nằm trong tập nhân tố c . Giá trị chỉ tiêu Fisher F được tính theo công thức sau:

$$F_{y,x,c} = r_{y,x,c}^2 (n-k^2-2) / (1 - r_{y,x,c}^2) \quad (21)$$

Ở đây: $r_{y,x,c}^2$ - hệ số tương quan riêng giữa nhân tố x và yếu tố y loại bỏ sự ảnh hưởng của k' nhân tố trong tập nhân tố c ; n - độ dài chuỗi quan trắc.

- Quá trình tuyển nhân tố là quá trình ngược của quá trình loại, nó đi từ việc tuyển nhân tố đầu tiên và tiếp tục đến khi giá trị tính toán F (của các nhân tố nằm ngoài tập

đã được tuyển) nhỏ hơn giá trị chuẩn F. Đối với quá trình tuyển chỉ tiêu Fiser được tính theo công thức sau:

$$F_{y,x,c} = r_{y,x,c}^2 (n-k-2) / (1 - r_{y,x,c}^2) \quad (22)$$

Ở đây k là số nhân tố đã được tuyển; r - hệ số tương quan thành phần.

$$r_{y,x,c'} = \frac{r_{y,x} - r_{y,c'} \cdot r_{x,c}}{\sqrt{(1 - r_{y,c}^2)(1 - r_{x,c'}^2)}} \quad (23)$$

Quá trình tuyển và loại cũng có thể tiến hành kết hợp. Từ tập nhân tố dự kiến ban đầu tiến hành tuyển một nhân tố đầu tiên có tương quan lớn nhất với yếu tố dự báo. Sau đó tiến hành tuyển nhân tố thứ hai, thứ ba v.v.

Từ khi tuyển được nhân tố thứ hai, sau từng bước tuyển lại tiến hành quá trình loại. Quá trình tuyển - loại chỉ dừng khi không có nhân tố nào được tuyển thêm hoặc bị loại [4]

4. Xác định tham số phương trình dự báo

Phương trình hồi quy bội dự báo dòng chảy mưa ($Q^{(2)}$) có thể viết dưới dạng tổng quát:

$$Q^{(2)} = a \cdot Q^{(1)} + \sum_{e=1}^{h_e} X_{e,i} \sum_h c_{h,k} T_{h,j} + z \quad (24)$$

ở đây $Q^{(1)}$ là dòng chảy cơ sở; $X_{e,i}$ - lượng mưa rơi trong thời kỳ tiền dự báo; h_j - các nhân tố gián tiếp gây mưa; a, b, c, z - hệ số của phương trình hồi quy.

Các tham số trên được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu [4,5]. Độ tin cậy của phương trình hồi quy được xác định theo chỉ tiêu Student (t)

$$t_j = \frac{|K_j|}{|\sigma_{kj}|} \quad (25)$$

Ở đây K_j - ký hiệu giá trị tham số (a, b, c, z); σ_{kj} sai số tính toán hệ số k.

Cơ sở toán học của phương pháp hồi quy bội được trình bày trong nhiều tài liệu [4,5], nên việc trình bày ở đây chúng tôi không đề cập tới.

KẾT LUẬN

- Trong lĩnh vực dự báo thủy văn hạn vừa ở nước ta đây là một hướng ứng dụng mới có nhiều triển vọng. Nó xem xét tương đối toàn diện ảnh hưởng của các nhân tố tới sự hình thành dòng chảy 5 ngày.

- Tuy nhiên đây chỉ là sơ đồ chung phục vụ việc nghiên cứu xây dựng phương án, còn khi ứng dụng cần nghiên cứu kỹ điều kiện hình thành dòng chảy của từng sông cụ thể, từ đó chọn ra tập nhân tố tốt nhất.

- Kết quả ứng dụng sơ đồ nghiên cứu trên sẽ tốt lên cùng với sự tích lũy kiến thức, kinh nghiệm synop và việc đảm bảo các thông tin dự báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Văn Đức - Điều kiện hình thành dòng chảy và dự báo thủy văn hạn vừa cho các sông vùng Primore Viễn Đông Liên Xô - Luận án PTS, Odessa, 1984. (Tiếng Nga)
2. Bùi Văn Đức - Dự báo dòng chảy 5 ngày đến hồ Hòa Bình - Báo cáo khoa học. Cục Dự báo KTTV, 1990.
3. Apollov B.A., Kalinhin G.P. và Kamarob V.D. Giáo trình dự báo thủy văn. NXB Khí tượng thủy văn, Leningrat, 1974.
4. Aphihi A., Eizen C. Phân tích thống kê, hướng cho sử dụng máy tính điện tử. NXB "MIR", Maxcova, 1982.
5. Rozdextvenxki A.V. và Trebotarev A.I., Các phương pháp thống kê dùng trong thủy văn. NXB Khí tượng thủy văn Leningrat, 1974.
6. Bagrov N.A., Biểu diễn các trường khí tượng bằng hàm trực giao tự nhiên. Tuyển tập công trình của Trung tâm dự báo KTTV Liên Xô, 1960, Tập 1966.
7. Rumenxev V.A., Ruxin X .A. ...Về tuyển các nhân tố dự báo chứa nhiều thông tin. Tuyển tập công trình của Viện nghiên cứu KTTV quốc gia Liên Xô, 1979, Tập 259.
8. Varonhina B.F. Quan hệ giữa hoàn lưu khí quyển và các quá trình của hải dương với sự hình thành lũ do mưa trên lưu vực sông Amua. Tuyển tập công trình của Viện nghiên cứu KTTV Viễn Đông Liên Xô, 1979, Tập 76.
9. Dobry Dimitrov. Dự báo thủy văn hạn vừa theo phương pháp vật lý thống kê. Tạp chí KTTV Bulgaria, 1979, Số 6.