

MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TƯƠNG QUAN CHÉO TRONG NGHIÊN CỨU KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN - ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Ngày nhận bài : 13-5-2008

VŨ THANH TÂM

Trung tâm Quy hoạch & Điều tra Tài nguyên nước

I. MỞ ĐẦU

Trong nghiên cứu khí tượng thủy văn - địa chất thủy văn (KTTV-ĐCTV), việc đo đạc quan trắc các đại lượng biến động theo thời gian, ví dụ lượng mưa, dòng chảy, mực nước ngầm..., đóng vai trò rất quan trọng. Việc phân tích luận giải theo hướng thống kê - xác suất các chuỗi số liệu thu được rất hữu ích và trong rất nhiều trường hợp đã góp phần đưa ra các kết luận có tính định lượng rất cao, điều nhiều phương pháp nghiên cứu khác không phải lúc nào cũng có thể đạt được. Thông thường, trong các phân tích luận giải này, đối tượng KTTV-ĐCTV đang nghiên cứu được xem như một hộp đen (black box) và các đại lượng này được xem như những biến đầu vào và/hay đầu ra của hộp đen đó; trong hộp đen, các phương trình toán lý mô phỏng bản chất của các quá trình KTTV-ĐCTV xảy ra trong tự nhiên được đơn giản hóa và thay thế bằng các hàm toán thống kê - xác suất biểu thị quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra. Hàm tương quan chéo là một trong số rất nhiều hàm thống kê - xác suất đã và đang được sử dụng rất hiệu quả trong phân tích luận giải các chuỗi số liệu KTTV -ĐCTV của các trạm quan trắc [1, 3-5].

Bài báo này trình bày ba ví dụ cụ thể của ứng dụng phương pháp phân tích tương quan chéo trong nghiên cứu KTTV-ĐCTV, đó là : 1. Xác định khoảng thời gian trung bình để nước mưa bổ cập cho các tầng chứa nước ở Hà Nội, 2. Xác định

$$r(k) = \frac{C(k)}{C(0)}, \quad \text{với } C(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-i} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x}) \quad (1)$$

trong đó $C(k)$ - hàm tự hiệp biến (auto-covariance function), k - thời gian trễ ($k = 0$ đến m), n - độ dài của chuỗi dữ liệu, x - một sự kiện trong chuỗi số liệu, \bar{x} - giá trị trung bình của chuỗi và m - điểm

khoảng thời gian ảnh hưởng của nước mưa tới dòng chảy ở sông Krông Knô và 3. Xác định khoảng thời gian trung bình nước vận động qua hệ thống sông ngầm karst ở thị xã Sơn La. Hy vọng thông qua ba ví dụ này, phương pháp phân tích tương quan chéo có thể phát triển và áp dụng rộng rãi hơn trong thực tiễn nghiên cứu KTTV-ĐCTV.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Với mục đích giới thiệu và minh họa hiệu quả của phương pháp, chúng tôi chỉ lựa chọn áp dụng và trình bày trong bài báo một loại hàm tương quan chéo tương đối đơn giản. Trong thực tế các nhà khoa học trên thế giới đã và đang áp dụng rất hiệu quả rất nhiều phương pháp phân tích tương quan, phân tích phổ tương quan (cross-spectrum analysis) và phân tích sóng tương quan (cross-wave analysis) khác. Người đọc quan tâm có thể tham khảo phần giới thiệu tổng quan và một vài ứng dụng trong [5].

Một chuỗi số liệu theo thời gian có thể xem như bảng liệt kê các sự kiện xảy ra theo trật tự thời gian. Trong phân tích tương quan đơn, người ta định lượng mối quan hệ tuyến tính của từng số liệu liên tiếp trong chuỗi số liệu theo thời gian. Trong phân tích này, đồ thị quan hệ $C(k)$ phác họa đặc tính nhớ của hệ thống. Nếu một sự kiện có một ảnh hưởng lâu dài tới chuỗi dữ liệu, hàm tự quan hệ (auto-correlation function) $r(k)$ sẽ giảm nhỏ dần :

cắt. Điểm cắt xác định khoảng thời gian mà phân tích sẽ tiến hành và thường được chọn sao cho bao hàm một hiệu ứng nào đó, ví dụ những ảnh hưởng hàng năm hay lâu dài của sự kiện.

Phân tích tương quan chéo được sử dụng để thiết lập mối liên hệ giữa chuỗi số liệu đầu vào x_i , và chuỗi số liệu đầu ra y_i . Nếu chuỗi số liệu đầu vào là một đại lượng ngẫu nhiên thì hàm tương quan chéo $r_{xy}(k)$, tương ứng với sự trả lời xung nhịp (impulse response) của hệ thống. Trong những trường hợp còn lại, hàm tương quan chéo cung cấp những thông tin về quan hệ nhân quả và không nhân quả (causal and non-causal relationship) giữa hai chuỗi số liệu đầu vào và đầu ra cũng như tầm quan trọng của mối quan hệ này. Hàm tương quan chéo có tính chất không đối xứng, nghĩa là $r_{xy}(k) \neq r_{yx}(k)$, và nếu $k < 0$, x thay thế y và ngược lại trong phương trình (2). Nếu $r_{xy}(k) > 0$ với $k > 0$ thì biến đầu vào sẽ có ảnh

$$K_{Corr} = r_{xy}(k) = \frac{C_{xy}(k)}{\sigma_x \sigma_y}$$

trong đó $C_{xy}(k)$ - hàm hiệp biến tương quan chéo, σ_x và σ_y - độ lệch chuẩn của các chuỗi số liệu tương ứng.

Do giá trị hàm tương quan chéo đã được chuẩn hóa (nghĩa là $C_{xy}(k)$ chia cho các độ lệch chuẩn) nên trong phân tích tương quan chéo các biến đầu vào và đầu ra không nhất thiết phải có cùng hệ đơn vị. Ngoài ra, để giảm bớt ảnh hưởng của sai số của chuỗi dữ liệu, trước khi áp dụng các hàm tương quan chéo người ta thường lọc chuỗi số liệu bằng các cửa sổ lọc (filter windows), thường hay được sử dụng nhất trong thủy văn là cửa sổ lọc "Turkey".

Việc phân tích tương quan chéo có thể thực hiện khá đơn giản nhờ sự trợ giúp của modul Time Series Analysis/Processing tích hợp sẵn trong phần mềm STATISTICA hay modul Signal Processing của phần mềm MATLAB.

III. ỨNG DỤNG

1. Xác định khoảng thời gian trung bình nước mưa bổ cập cho các tầng chứa nước

Các công trình khảo sát điều tra địa chất - địa chất thủy văn trước đây [2, 6] đã xác định trong diện tích thành phố Hà Nội có ba tầng chứa nước lỗ hổng chính, đó là các tầng chứa nước Holocen qh , Pleistocen qp và Neogen. Tầng chứa nước Đệ Tứ qh phân bố rộng khắp diện tích Hà Nội, ở phần phía bắc sông Hồng và phía tây Hà Nội, tầng này do bị bào mòn nên diện tích phân bố không liên tục; còn ở phần lớn diện tích ở trung tâm và phía đông, nam Hà Nội tầng này phân bố liên tục. Cũng như tầng chứa nước nằm phía trên, tầng chứa nước

hướng tới biến đầu ra; trong trường hợp ngược lại nếu $r_{xy}(k) > 0$ với $k < 0$, biến đầu ra sẽ ảnh hưởng tới biến đầu vào. Nếu hàm tương quan chéo đối xứng hoàn toàn với trục đối xứng đi qua $k = 0$ chứng tỏ cả biến đầu vào và biến đầu ra cùng đồng thời phản ứng với một biến độc lập khác; trong trường hợp này, biến đầu vào không có ảnh hưởng tới biến đầu ra. Thời gian trễ là khoảng thời gian giữa $k = 0$ và giá trị cực đại $r_{xy}(k)$. Thông thường, thời gian trễ càng ngắn, sự biến đổi từ biến đầu vào thành biến đầu ra càng nhanh. Ngoài ra, khoảng thời gian giữa $k = 0$ và $r_{xy}(k) = 0$ được hiểu như khoảng thời gian biến đầu vào có thể có ảnh hưởng tới biến đầu ra. Với $k > 0$ thì:

$$C_{xy}(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2)$$

qp phân bố rộng khắp vùng nghiên cứu, chỉ trừ một diện tích nhỏ ở phía bắc thành phố trên địa bàn huyện Sóc Sơn. Tuy nhiên, trong phạm vi thành phố Hà Nội, phần lớn diện tích, đặc biệt là khu vực phía hữu sông Hồng, các dải ven hai bờ sông Hồng, tầng chứa nước bị phủ bởi các trầm tích hệ tầng qh . Nằm xen kẽ cục bộ giữa hai tầng chứa nước này là các dải và thấu kính sét bột cách nước của các hệ tầng Vĩnh Phúc, Hải Hưng và Thái Bình. Nguồn cung cấp cho các tầng chứa nước chủ yếu là nước mưa, nước ao hồ và sông ngòi (đặc biệt dải ven sông Hồng) và một phần là nước tưới cho nông nghiệp. Miền thoát là sông suối, hồ ao vào mùa khô và một phần thấm xuống cung cấp cho tầng chứa nước phía dưới (tầng qp), còn một phần nhỏ bốc hơi.

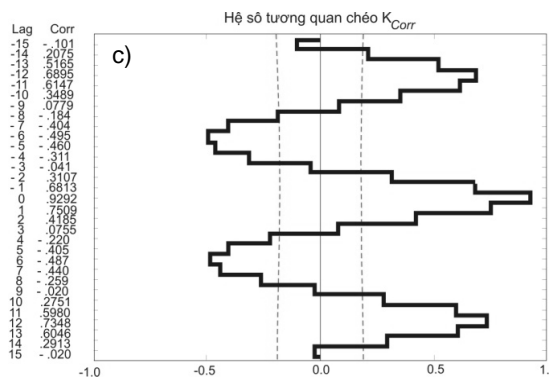
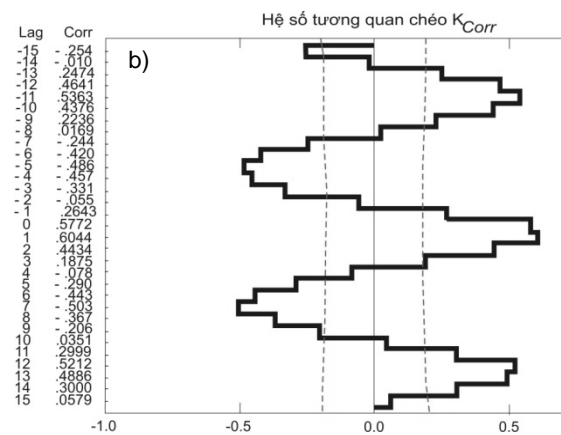
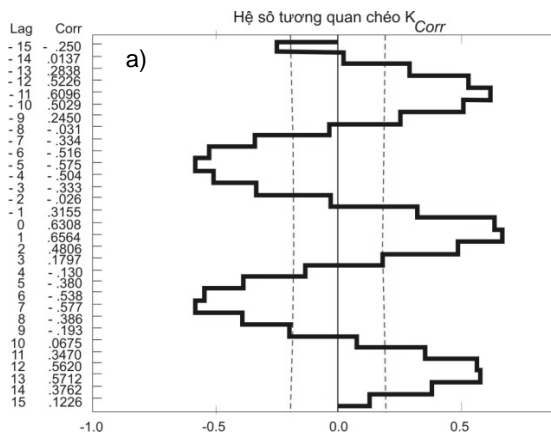
Công tác quan trắc nghiên cứu động thái và chất lượng nước dưới đất ở thành phố Hà Nội được tiến hành bằng mạng lưới quan trắc xây dựng từ năm 1989 gồm 67 trạm, trong đó 62 trạm quan trắc nước ngầm. Trong ví dụ minh họa này, chúng tôi đã sử dụng số liệu quan trắc (từ năm 1989 đến năm 2004) lượng mưa và bốc hơi đo tại trạm khí tượng Láng, mực nước sông Hồng đo tại trạm PSH2 ($x = 579809$, $y = 2332466$ tại bờ phải sông Hồng chảy qua xã Đông Ngạc H. Từ Liêm) và mực nước ngầm tầng qh và tầng qp quan trắc tại lỗ khoan P.65a (tại bờ trái cách bờ sông Hồng 120m, tọa độ $x = 581781$, $y = 2333890$ $z = 2,6$ m, thôn An Hạ xã Hải Bối huyện Đông Anh). Ngoài ra, chúng tôi sử dụng giá trị hiệu số (lượng mưa - lượng bốc hơi) như một tham chiếu tới lượng bổ cập nước ngầm do mưa để phân tích tương quan chéo giữa lượng mưa và dao động mực nước ngầm.

Kết quả tính toán hệ số tương quan chéo giữa lượng mưa hiệu dụng và mực nước ngầm qh (hình 1a) cho thấy mực nước ngầm có quan hệ yếu với lượng mưa (hệ số tương quan $K_{Corr} = 0,6564$) và nước mưa phải mất một thời gian khá lâu (thời gian trễ $Lag = 1$ tháng) mới ngấm xuống và bổ cập cho tầng chứa nước ngầm. Sơ dĩ thời gian trễ khá lâu như vậy là do tại vị trí lỗ khoan P.65a phủ trên tầng chứa nước Holocene là một lớp mỏng sét bột cách nước của hệ tầng Vĩnh Phú. Tính gần như đối xứng của biểu đồ phản ánh không chỉ lượng mưa bổ cập ảnh hưởng tới mực nước ngầm mà còn có một yếu tố nữa, đó là nước sông Hồng xuyên thấm ngang.

Biểu đồ tính toán hệ số tương quan chéo giữa lượng mưa hiệu dụng và mực nước ngầm qp (hình 1b) cho thấy quan hệ của mực nước ngầm của tầng này với lượng mưa còn yếu hơn so với tầng chứa

nước qh (hệ số tương quan $K_{Corr} = 0,6044$). Điều này có thể giải thích là tại những khu vực tầng qh phủ bởi tầng qp nước mưa phải ngấm xuyên qua tầng qh trước rồi mới bổ cập cho tầng qp . Cũng tương tự như đối với trường hợp của tầng qh , tính gần đối xứng của biểu đồ phản ánh ngoài lượng mưa bổ cập, nước ngầm tầng qp còn được bổ sung bởi nước sông Hồng xuyên thấm ngang.

Cuối cùng, có thể thấy rất rõ tầng chứa nước qp có quan hệ thủy lực rất chặt chẽ với nước sông Hồng, thể hiện qua giá trị rất cao của hệ số tương quan ($K_{Corr} = 0,9292$) (hình 1c). Điều này được giải thích bằng quan hệ thủy lực chặt chẽ giữa tầng qp và sông Hồng (thể hiện qua tính chất đối xứng và $K_{Corr} > 0$ với $Lag < 0$). Ngoài ra còn có thể thấy sự thay đổi mực nước sông Hồng gần như ảnh hưởng tức thì tới mực nước ngầm ($Lag = 0$).



Hình 1. Biểu đồ tương quan chéo biểu diễn hệ số tương quan (Corr) theo thời gian trễ (Lag, đơn vị tính là tháng) giữa :

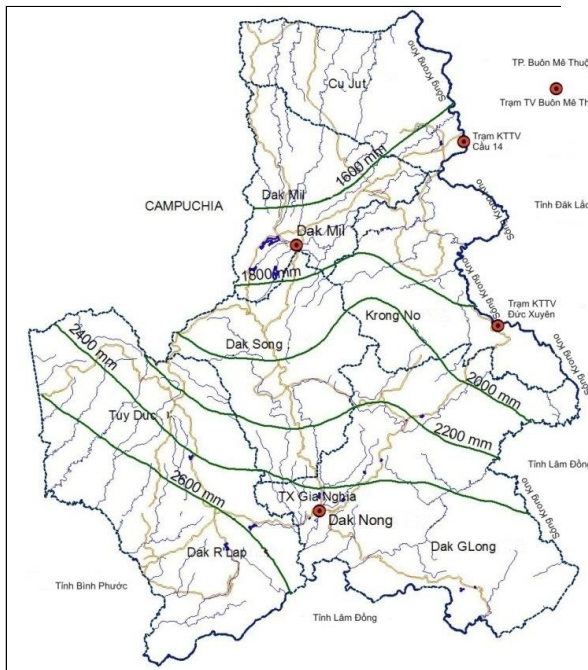
- a. Lượng mưa hiệu dụng và mực nước ngầm tầng qh ,
- b. Lượng mưa hiệu dụng và mực nước ngầm tầng qp ,
- c. Mực nước sông Hồng và mực nước ngầm tầng qp

2. Xác định khoảng thời gian ảnh hưởng của nước mưa tới dòng chảy ở sông Krông Knô

Sông Krông Knô là phần đầu nguồn của Sê Rê Pôk, một chi lưu cấp 1 của sông Mê Kông. Đây là

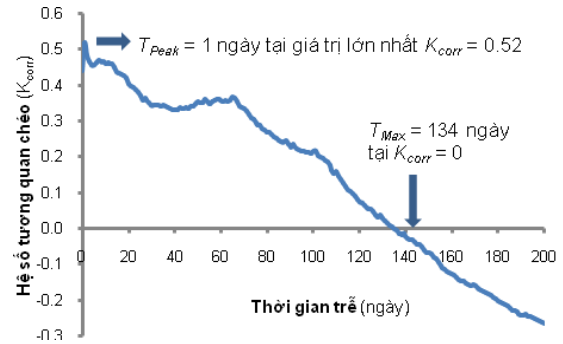
con sông chảy qua ranh giới phân chia ba tỉnh Đắk Nông, Lâm Đồng và Đắk Lắk. Trong diện tích lưu vực sông, thành tạo địa chất có tiềm năng chứa nước lớn nhất là lớp vỏ phong hóa và đập vỡ đá basalt dày tới 200m phân bố chủ yếu ở phía nam chiếm tới gần 75% diện tích toàn lưu vực ; phần còn lại là các thành tạo địa chất chứa nước kém hoặc không chứa nước. Phần địa hình cao nhất là khối núi Nam Jer Bri có độ cao 1.578m nằm ở ranh giới giữa huyện Đắk Song và Krong-Kno.

Chỉ tính riêng trên địa phận tỉnh Đắk Nông đã có bốn trạm quan trắc khí tượng thủy văn cấp I và II là Đắk Nông, Đắk Mil, Đức Xuyên và Cầu 14 (hình 2). Theo số liệu thống kê từ các trạm này, lượng mưa trung bình trên toàn lưu vực là 2.150mm, lưu lượng dòng chảy trung bình tại Cầu 14 là 255m³/l. Do lưu vực thu gom nước rộng và đặc thù địa hình miền núi dốc với đỉnh cao nhất là Nam Jer Bri ở huyện Đắk Song và thấp dần về mọi hướng nên phân bố lượng mưa trong tỉnh thay đổi rất lớn : không có bất kỳ số liệu mưa đo được trong bốn trạm kể trên có ảnh hưởng quyết định tới dòng chảy sông Krông Knô. Điều này có thể thấy được qua phân tích tương



Hình 2. Vị trí các trạm quan trắc khí tượng thủy văn và phân bố mưa theo diện tích ở tỉnh Đắk Nông (thành lập trên cơ sở kiểm định và biên tập lại bản đồ phân bố mưa của TT KTTV Đắk Nông năm 2003)

quan chéo giữa lượng mưa đo được tại các trạm này với lưu lượng dòng chảy đo tại trạm Cầu 14 (hình 3).



Hình 3. Biểu đồ hệ số tương quan chéo giữa lượng mưa và lưu lượng đo tại trạm Cầu 14

Nếu chỉ xét riêng tương quan chéo giữa lượng mưa và lưu lượng đo tại trạm Cầu 14, có thể thấy giá trị hệ số tương quan $K_{Corr} = 0,52$ tương đối thấp. Điều này có nghĩa không chỉ có mưa ở khu vực xung quanh Cầu 14 mà còn ở rất nhiều nơi khác trong tỉnh tác động đến dòng chảy. Giá trị $T_{Peak} = 1$ nói lên g bình chỉ sau một ngày lượng mưa rơi xuống h khu vực sẽ được thu gom và đổ về Cầu 14. trị $T_{Max} = 134$ cho biết mỗi trận mưa rơi xuống vực này còn có tác dụng tới dòng chảy trong ing thời gian bốn tháng sau khi kết thúc mưa vì phân mưa bổ cập cho nước ngầm rồi sau đó chảy thoát ra sông suối.

Để thấy rõ hơn ảnh hưởng của phân bố mưa tới ỹ chảy tại Cầu 14, chúng tôi đã tiến hành phân tương quan chéo giữa lượng mưa đo được tại trạm quan trắc khác với lưu lượng dòng chảy và g kê kết quả ở bảng 1. Theo kết quả tính toán, ô tương quan thấp ($K_{Corr} = 0,29-0,52$) chứng tỏ g mưa trong tỉnh biến động lớn theo diện tích hông có vùng mưa nào ảnh hưởng chủ đạo đến lượng tại Cầu 14. Khoảng thời gian trễ $T_{Peak} =$ cho thấy đỉnh lũ tại Cầu 14 đến trễ từ 1 đến 7 ỉ sau mỗi trận mưa (tùy thuộc thời điểm mưa, ỉg độ mưa và diện phân bố mưa trên diện tích tỉnh). Ngoài ra, còn có thể thấy sau mỗi trận mưa, ngoài phần bốc hơi và chảy tràn trên bề mặt còn có một lượng bổ cập cho hệ thống nước ngầm rồi sau đó dần dần thoát ra và cung cấp cho sông suối ; quá trình này có thể kéo dài tới 6 tháng ($T_{Max} = 134-171$ ngày).

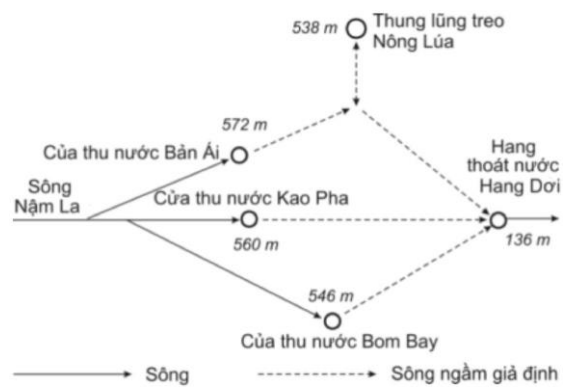
Bảng 1. Thống kê tính toán tương quan chéo giữa lượng mưa đo được ở các trạm khí tượng với lưu lượng dòng chảy sông Krông Nô đo tại trạm Cầu 14 (giai đoạn 1981 - 2005)

Đặc trưng	Trạm				
	Đăk Nông	Đăk Mil	Cầu 14	Đức Xuyên	Buôn Mê Thuột
Hệ số tương quan K_{Corr} lớn nhất	0,29	0,43	0,52	0,50	0,39
Khoảng thời gian T_{Peak} (ngày) để hệ số tương quan đạt giá trị lớn nhất	7	4	1	5	3
Khoảng thời gian T_{Max} (ngày) để không còn tương quan ($K_{Corr} = 0$)	167	158	134	163	171

Kết quả tính toán ở bảng 1 còn phản ánh một quy luật tự nhiên : mưa càng ở xa Cầu 14 (theo thứ tự xa dần là Cầu 14, Buôn Mê Thuột, Đăk Mil, Đức Xuyên và Đăk Nông) thì thời gian tập trung nước càng lâu ($T_{Peak} = 1 - 7$ ngày). Khoảng thời gian ảnh hưởng (T_{Max}) của mỗi trận mưa đến dòng chảy ở Cầu 14 không phản ánh quy luật trên vì còn phụ thuộc vào khả năng chứa nước và tốc độ nhả nước của các thành tạo địa chất phân bố trong vùng. Tại khu vực Đăk Nông và Buôn Mê Thuột phân bố lớp vỏ phong hóa tối xốp rất dày có khả năng chứa nước tốt của đá basalt trong khi ở các khu vực còn lại phân bố lớp vỏ phong hóa mỏng hơn nhiều và đá gốc nứt nẻ của các thành tạo lục nguyên có mức độ chứa nước kém hơn. Có lẽ đây là một trong các yếu tố chính gây nên sự khác biệt T_{Max} ở các khu vực này.

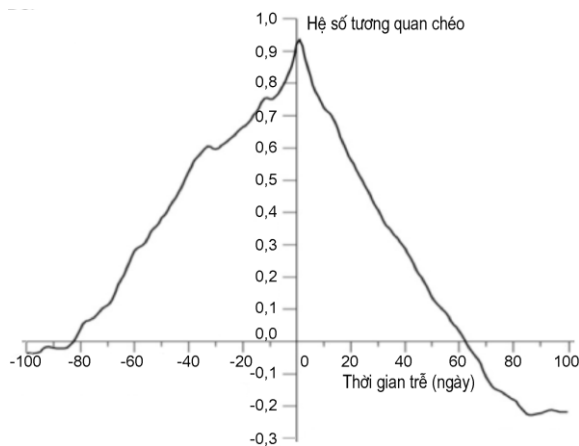
3. Xác định khoảng thời gian trung bình nước vận động qua hệ thống sông ngầm karst ở Tx Sơn La

Sông Nậm La bắt nguồn từ các dãy đồi núi cao trập tích lục nguyên ở phía bắc, các dãy núi đá vôi nứt nẻ phát triển hang hốc karst ở phía đông và tây, chảy qua Tx Sơn La. Khu vực gần đèo Kao Pha (trên đường tỉnh lộ từ Tx Sơn La đi huyện Mường Trai), nước sông Nậm La chảy vào và biến mất tại ba cửa hang karst thu nước : Bản Ái, Bom Bay và Kao Pha. Ngay sát phía bên kia chân đèo thuộc xã Mường Bú huyện Mường Trai là Hang Dơi, một kiểu hang karst xuất lộ nước. Có giả thiết và đã được chứng minh [5] tồn tại hệ thống sông ngầm kết nối các cửa hang karst thu nước với cửa hang xuất lộ nước (hình 4a). Cơ sở chứng minh có sự kết nối này là các phân tích hướng phát triển của hệ thống hang động ngầm và đặc biệt là kết quả thí nghiệm chất chỉ thị tiến hành cuối mùa mưa 2002 với 1,7kg chất chỉ thị Sulforhodamine B ($C_{27}H_{29}N_2NaO_7S_2$) thả vào cửa hang thu nước Bản Ái và 2kg chất chỉ thị Uranine ($C_{20}H_{10}Na_2O_5$) thả vào cửa hút nước Kao Pha ; sau 20.30 giờ phát hiện Sulforhodamine B hòa tan trong nước thoát ra từ cửa Hang Dơi, còn đối với Uranine sau 19 giờ.



Hình 4a. Sơ đồ phác thảo vị trí và cao trình các cửa hang karst thu nước và thoát nước hệ thống sông ngầm Nậm La (khu vực đèo Kao Pha, Tx Sơn La)

Trong giai đoạn 2000-2003, đã tiến hành quan trắc bằng các thiết bị đo tự động biến động dòng chảy sông Nậm La ở đoạn trước khi nước sông chảy hút vào các cửa hang và thoát ra ở cửa Hang Dơi. Để phục vụ cho minh họa ứng dụng này, chúng tôi đã phân tích mối tương quan chéo giữa chuỗi số liệu dòng chảy sông Nậm La trước khi chảy vào hệ thống sông ngầm và chuỗi số liệu dòng chảy sau khi thoát ra ở Hang Dơi. Kết quả tính toán hệ số tương quan ứng với các khoảng thời gian trễ (hình 4b) cho thấy hệ số tương quan K_{Corr} đạt giá trị lớn nhất 0,93, tương ứng với thời gian trễ $Lag = 1$ ngày (lưu ý phân tích tương quan chéo trong bài này sử dụng đơn vị thời gian là ngày). Điều đó có nghĩa là thời gian trung bình để nước từ khi đi vào hệ thống sông ngầm đến khi thoát khỏi là 1 ngày. Dĩ nhiên 1 ngày chỉ là giá trị trung bình vì hệ thống hang ngầm thông thường bao gồm nhiều đoạn ống ngầm (siphon) kết nối với các hồ ngầm (lake, room) ; trong quá trình di chuyển nước có thể lắng đọng trong các hồ ngầm một thời gian trước khi thoát hoàn toàn khỏi hệ thống hang ngầm. Vì thế giá trị $T_{Max} = 61$ ngày (tương ứng với $K_{Corr} = 0$) có thể hiểu như một giá trị đại diện (cho



Hình 4b. Đồ thị hàm tương quan chéo giữa lưu lượng dòng chảy sông Nậm La và lưu lượng thoát ở Hang Dơi.

tất cả các trạng thái dòng chảy ở các thời điểm khác nhau) cho khoảng thời gian cần thiết để nước sông Nậm La từ khi chảy vào đến khi thoát ra hoàn toàn khỏi hệ thống hang ngầm.

KẾT LUẬN

Qua ba ví dụ minh họa ứng dụng nêu trên có thể thấy phương pháp phân tích tương quan chéo các chuỗi số liệu quan trắc rất có hiệu quả trong công tác nghiên cứu KTTV-ĐCTV. Có thể thấy, với bất cứ chuỗi số liệu theo thời gian nào cũng đều có thể áp dụng phương pháp phân tích tương quan chéo. Vấn đề quan trọng nhất trong phân tích tương quan chéo là phải xác định rõ liệu tồn tại hay không mối quan hệ vật lý giữa hai chuỗi sự kiện (được thể hiện bằng chuỗi dữ liệu) cần phân tích; ngoài ra việc hiểu rõ bản chất vật lý của mối quan hệ này cũng giúp ích rất nhiều trong công tác luận giải kết quả phân tích chéo. Chỉ khi đã có những hiểu biết như vậy, các kết quả luận giải mới thực sự có độ tin cậy.

Các ứng dụng nêu trong bài này là một trong rất nhiều ứng dụng của phương pháp phân tích tương quan chéo; hy vọng phương pháp này sẽ được áp dụng rộng rãi hơn trong nghiên cứu KTTV-ĐCTV ở Việt Nam.

TÀI LIỆU DẪN

[1] M. LAROCQUE, A. MANGIN, M. RAZACK, O.BANTON, 1997: Contribution of correlation and

spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France). Journal of Hydrology, Vol. 205, 217-231.

[2] TRẦN MINH (chủ biên), 1993: Báo cáo thành lập bản đồ ĐCTV-ĐCCT thành phố Hà Nội tỷ lệ 1:50.000. Lưu trữ Địa chất, Viện TTLT và BT Địa chất, Hà Nội.

[3] A. PADILLA, A. PULIDO-BOSH, 1995: Study of hydrographs of karstic aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis. Journal of Hydrology, Vol. 168, 73-89.

[4] VU THANH TAM, FLORIDMOND DE SMEDT, OKKE BATELAAN & ALAIN DASSARGUES, 2004: Characterization of a cavern conduit system in Vietnam by time series correlation, cross-spectrum and wavelet analyses. Atypon Publisher. Hydrological Sciences Journal 49, 5, 879-900.

[5] VU THANH TAM, FLORIDMOND DE SMEDT, OKKE BATELAAN, LE QUOC HUNG & ALAIN DAS-SARGUES, 2004: Study of cavernous underground conduits in Nam La (Northwest Vietnam) by an integrative approach. Springer Publisher. Hydro-geology Journal, Vol. 13, 5-6, 675-689.

[6] CAO SƠN XUYỀN (chủ biên), 1985: Báo cáo thành lập bản đồ Địa chất thủy văn địa chất công trình 1:200.000 tờ Tp. Hà Nội. Trung tâm Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.

SUMMARY

Some applications of cross-correlation analysis in meteorological-hydrogeological study

This paper briefly presents theoretical backgrounds with three illustrative examples to demonstrate the application of the cross-correlation analysis in the interpretation of recorded meteorological - hydrogeological time series data: 1. Determination of average time for rainwater recharging to the ground water system in Hanoi, 2. Determination of impact rainfall duration to the flowrate in the Krong Kno river and 3. Determination of average travel time of water in the cavernous underground river near Son La Town. As proven to be highly effective and reliable, the cross-correlation analysis method should be further developed and deployed in meteorological - hydrogeological data analyses in Vietnam.