

PHÂN TÍCH XU THẾ CỦA NHIỆT ĐỘ, MƯA VÀ DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG HỒNG

TS. Trần Hồng Thái, ThS. Nguyễn Thanh Tùng
Trung tâm Tư vấn Khí tượng, Thủy văn và Môi trường
Viện Khoa học Khí tượng, Thủy văn và Môi trường

Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng hai phương pháp là phân tích hồi quy và Mann-Kendall để phát hiện xu thế diễn biến của nhiệt độ, mưa và dòng chảy trên lưu vực sông Hồng. Số liệu trung bình tháng và năm của 14 trạm khí tượng và 5 trạm thủy văn đã được dùng để phân tích. Những trạm bị ảnh hưởng bởi các công trình điều tiết không được sử dụng. Kết quả bước đầu cho thấy biến đổi khí hậu có khả năng là nguyên nhân gây ra sự thay đổi của các yếu tố khí tượng - thủy văn.

1. Giới thiệu

Phân tích xu thế của các yếu tố khí tượng thủy văn đặt biệt, mưa và dòng chảy là rất cần thiết trong việc đánh giá tác động của sự thay đổi và biến đổi khí hậu (BĐKH) tới tài nguyên nước của một vùng. Ở Châu Á cũng như ở Việt Nam, chỉ có một số ít các công trình nghiên cứu về xu thế diễn biến của dòng chảy được công bố (World Water Assessment Programme, 2009). Báo cáo của chúng tôi tập trung nghiên cứu xu thế của cả ba yếu tố nhiệt độ, mưa và dòng chảy cho lưu vực sông Hồng - một trong những lưu vực sông lớn nhất Việt Nam. Mục tiêu của bài báo là xác định (BĐKH) toàn cầu có làm thay đổi các yếu tố nhiệt độ và mưa hay không; sự thay đổi của dòng chảy trên lưu vực là do tác động của biến đổi khí hậu hay do sự can thiệp của các hoạt động của con người. Số liệu trung bình tháng và năm của nhiệt độ, mưa và dòng chảy được sử dụng để phát hiện xu thế bằng hai phương pháp là hồi quy tuyến tính và phương pháp Mann - Kendall.

2. Giới thiệu về lưu vực sông Hồng và mô tả số liệu sử dụng

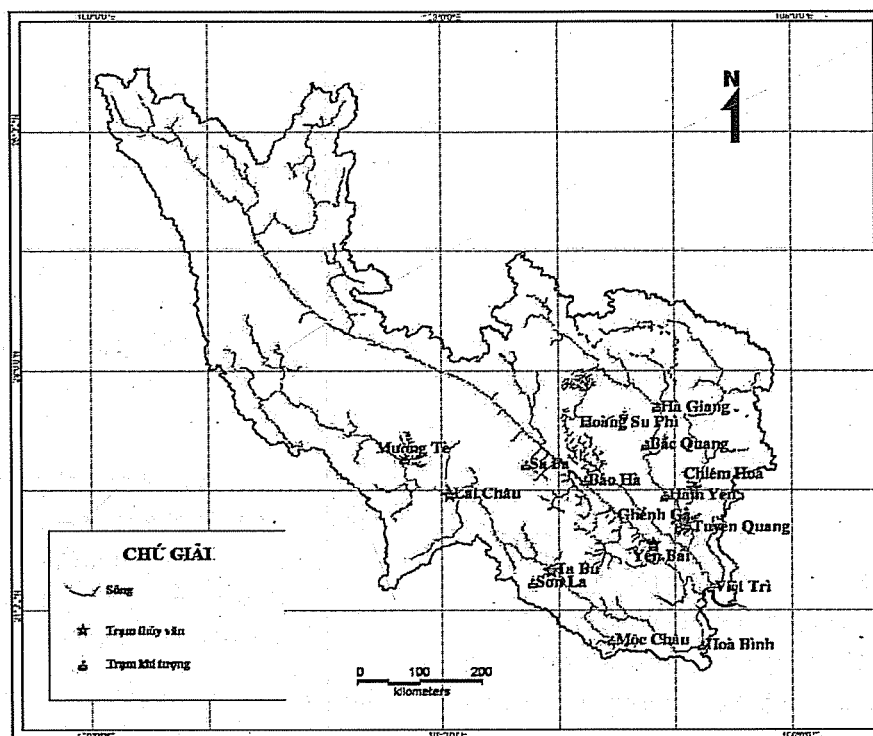
Sông Hồng bắt nguồn từ núi Ngụy Sơn, Vân Nam, Trung Quốc, diện tích lưu vực là 169.000 km², chiếm một khu vực rộng lớn từ vùng núi cao Tây Bắc đến giáp vịnh Bắc Bộ - khu vực đông dân cư, có tiềm năng kinh tế lớn. Lưu vực sông dài, hẹp ở thượng nguồn, mở rộng ở phần Việt Nam. Núi cao, bị chia cắt mạnh tạo địa hình đón gió từ biển gây

mưa lớn, dòng chảy phong phú. Sông Đà là nhánh lớn nhất, sau đó là nhánh Thao, Lô. Mạng lưới sông trên lưu vực khá dày, thường 1-1,5 km/km²; có khoảng 500 sông suối, riêng sông Đà có tới 188 sông suối nhỏ dài trên 10km mỗi sông.

Lưu vực thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa: nóng, ẩm, mưa nhiều. Nhiệt độ trung bình 15 - 21°C ở phần thuộc Trung Quốc và 16 - 24°C ở phần Việt Nam. Lượng mưa lưu vực sông Hồng khá phong phú, trung bình lưu vực là 1500 mm; phân bố không đều, phần thuộc Trung Quốc ít mưa, đạt 750-1036 mm, phần ở Việt Nam, lượng mưa trung bình đến Sơn Tây đạt 1925 mm. Các trung tâm mưa lớn nhất là Bắc Quang (4765 mm), Mường Tè (2.800) mm, Hoàng Liên Sơn (3000 mm). Lượng bốc hơi năm không đều: phía Trung Quốc nhiều hơn (Nguyên Giang - 3010 mm, Vân Sơn - 2000 mm), phần Việt Nam, bốc hơi ít hơn (Lai Châu - 733 mm, Lào Cai - 637 mm). Mùa kiệt kéo dài từ tháng 11 tới tháng 4 năm sau với lượng mưa chỉ chiếm 10% lượng mưa năm. Tổng lượng nước đến trên lưu vực vào khoảng 130 tỉ m³, lưu lượng trung bình là 3600 m³/s. Số liệu dòng chảy nhỏ nhất đo đạc được trên sông Hồng là 370 m³/s, trong khi lưu lượng lớn nhất đo được là 38.000 m³/s (1971).

Bài báo sử dụng số liệu trung bình tháng của nhiệt độ và lượng mưa tại 14 trạm khí tượng và số liệu dòng chảy tháng của 5 trạm thủy văn phục vụ cho việc phân tích xu thế (hình 1). Danh sách các trạm và thời kỳ quan trắc được trình bày chi tiết

trong bảng 1. Các trạm được lựa chọn đều có số liệu đo đạc liên tục trong thời gian dài. Các trạm bị tác động mạnh của các công trình thủy lợi không được đưa vào xem xét và phân tích.



Hình 1. Bản đồ các trạm Khí tượng Thủy văn trên lưu vực sông Hồng được sử dụng trong nghiên cứu.

Bảng 1. Các trạm khí tượng thủy văn được sử dụng trong nghiên cứu

TT	Trạm	Sông	Yếu tố đo đạc	Thời kỳ quan trắc
1.	Hòa Bình	Đà	Nhiệt độ (T), Lượng mưa (X)	1956-2004
2.	Lai Châu	Đà	T, X	1957-2004
3.	Mộc Châu	Đà	X	1962-2005
4.	Mường Tè	Đà	T, X	1961-2004
5.	Sơn La	Đà	X	1961-2004
6.	Bắc Quang	Lô	T, X	1962-2004
7.	Hà Giang	Lô	X	1957-2004
8.	Hàm Yên	Lô	T, X	1961-2004
9.	Hoàng Su Phì	Lô	T, X	1962-2004
10.	Tuyên Quang	Lô	T, X	1960-2004
11.	Việt Trì	Lô	T, X	1961-2004
12.	Bảo Hà	Thao	T, X	1960-2004
13.	Sa Pa	Thao	X	1960-2003
14.	Yên Bái	Thao	T, X	1957-2004
15.	Lai Châu	Đà	Lưu lượng (Q)	1959-2006
16.	Tạ Bú	Đà	Q	1961-2006
17.	Yên Bái	Thao	Q	1956-2006
18.	Chiêm Hóa	Lô	Q	1959-2004
19.	Ghềnh Gà	Lô	Q	1956-2003

3. Phương pháp nghiên cứu

Phân tích và phát hiện xu thế của các biến khí tượng thủy văn như giáng thủy, nhiệt độ và dòng chảy đã được các nhà thủy văn quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Helsel và Hirsch đã tổng hợp khá toàn diện những phương pháp thống kê được sử dụng trong phân tích xu thế của chuỗi số liệu thủy văn – tài nguyên nước trong cuốn sách "Statistical methods in Water resources" (2002). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hai phương pháp: hồi quy tuyến tính và Mann-Kendall.

a. Hồi quy tuyến tính

Một trong những phương pháp thông dụng nhất thường được sử dụng trong phát hiện xu thế là hồi quy tuyến tính. Phương pháp này dựa trên các giả thiết: chuỗi có phân bố chuẩn, có cùng hệ số biến đổi C_v và tương quan tuyến tính (Helsel và Hirsch, 2002). Trong phương pháp này, biến phụ thuộc Y có thể được mô tả bằng một phương trình có dạng như sau:

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Trong đó, X = thời gian (năm), a = hệ số góc dốc

và b = bình phương nhỏ nhất của giao điểm của Y với trục tung.

Hệ số góc chỉ tốc độ thay đổi trung bình hàng năm của các đặc trưng thủy văn. Nếu độ dốc là đáng kể, có thể kết luận có sự thay đổi thực sự theo thời gian. Dấu của hệ số góc xác định hướng thay đổi của xu thế thay đổi của biến thủy văn: tăng nếu dấu dương và giảm nếu dấu âm.

Giá trị thống kê kiểm định S được xác định:

$$S = \frac{\alpha}{\sigma} \quad (2)$$

Trong đó:

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - b - ax_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}} \quad (3)$$

S tuân theo phân bố Student-t với bậc tự do là $n-2$ theo giả thiết Không: không có xu thế trong chuỗi quan trắc (giá trị thống kê kiểm định tới hạn cho các mức ý nghĩa khác nhau có thể tra theo bảng thống kê của chỉ tiêu Student-t) (Kundzewicz và nnk, 2000).

Bảng 2. Phân tích xu thế bằng hồi quy tuyến tính

Độ tin cậy	Độ dốc tuyến tính		
	Dương	Âm	
<90%	Không có xu thế	$C_v < 1$ $C_v > 1$	Ổn định Không có xu thế
90% - 95%	Có khả năng tăng	Có khả năng giảm	
>95%	Tăng	Giảm	

b. Phương pháp Mann - Kendall

Phương pháp kiểm định thống kê phi tham số Mann - Kendal đang được sử dụng rộng rãi trong đánh giá xu thế của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn như nhiệt độ, giáng thủy và dòng chảy. Điểm mạnh của phương pháp phi tham số so với các phương pháp tham số khác là nó có thể áp dụng cho các số liệu thống kê không tuân theo phân bố chuẩn và bị gián đoạn (điều rất thường gặp trong các số liệu khí tượng thủy văn). Có thể tham khảo một số công

trình nghiên cứu sử dụng phương pháp Mann-Kendal để phát hiện xu thế của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn trong thời gian gần đây như K. H. Hamed và nnk (1998), Donald H. Burn và nnk (2002, 2004), B. Bonaccorso và nnk (2005), Cecilia Svensson và nnk (2005), E. McBean và nnk (2006), E. V. Novotny và nnk (2007), J. M. Kampata và nnk (2008), W. Wang và nnk (2008). Cơ sở của phương pháp Mann-Kendal như sau (Kundzewicz và nnk, 2000):

$$Sign(T) = \begin{cases} +1 & \text{for } T_j > T_i \\ 0 & \text{for } T_j = T_i \\ -1 & \text{for } T_j < T_i \end{cases} \quad (4)$$

Giá trị thống kê kiểm định Kendall S được tính toán như sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sign(T_j - T_i) \quad (5)$$

Nếu giả thiết Không H_0 là đúng: không có xu thế trong chuỗi số liệu, thì S có phân bố gần chuẩn với

$$H=0.$$

$$\mu = 0$$

$$\sigma = n.(n-1).(2n+5) / 18 \quad (6)$$

Chỉ tiêu thống kê z được xác định theo (7) (giá trị thống kê kiểm định tới hạn cho các mức ý nghĩa khác nhau có thể tra từ bảng tra của phân bố chuẩn)

$$Z = |S| / \sigma^{0.5} \quad (7)$$

$S > 0$: xu thế tăng và ngược lại.

Bảng 3. Phân tích xu thế bằng phương pháp Mann - Kendal

S	Độ tin cậy	Xu thế
$S > 0$	$> 95\%$	Tăng
$S > 0$	90 - 95%	Có khả năng tăng
$S > 0$	$< 90\%$	Không có xu thế
$S < 0$	$< 90\%$ và $C_y > 1$	Không có xu thế
$S < 0$	$< 90\%$ và $C_y < 1$	Ổn định
$S < 0$	90 - 95%	Có khả năng giảm
$S < 0$	95%	Giảm

c. Ảnh hưởng của tự tương quan trong chuỗi số liệu và phương pháp lọc prewhitening

Sự tồn tại của tự tương quan dương trong chuỗi số liệu làm phương pháp Mann - Kendal phát hiện nhầm xu thế trong khi nó thực sự không tồn tại (von Storch, 1995). Điều này dẫn đến việc loại bỏ sai lầm giả thiết Không H_0 . Kulkarni và von Storch (1995) đã nghiên cứu ảnh hưởng của tự tương quan đến kiểm định thống kê MK bằng mô phỏng Monte-Carlo và nhận thấy ngay cả với hệ số tự tương quan trung bình cũng dẫn đến kết quả thiên lệch trong phân tích xu thế. Do đó, với các chuỗi số liệu có hệ số tự tương quan lớn hơn 0.1, các tác giả này đề xuất nên áp dụng phương pháp MK cho chuỗi số liệu đã được xử lý bằng phép lọc prewhitening x^* :

$$x_t^* = x_t - r_1 x_{t-1} \quad (8)$$

Phương pháp lọc prewhitening chỉ phù hợp trong trường hợp chuỗi số liệu có thể mô phỏng bằng mô

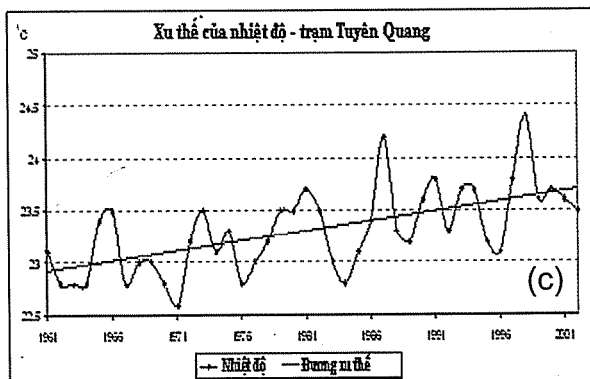
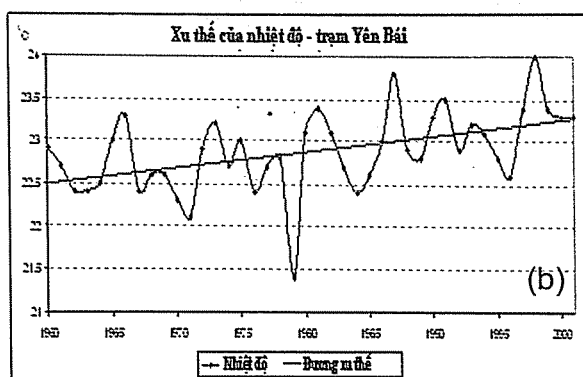
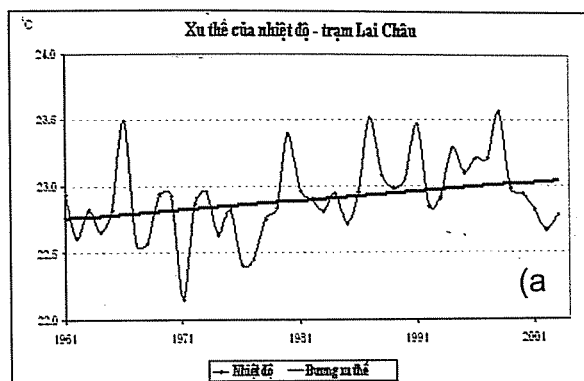
hình tự hồi quy bậc 1 AR(1). Công trình nghiên cứu gần đây của Sheng Yue và các cộng sự (2002) đã chứng minh khi chuỗi số liệu đủ dài và độ lớn của xu thế là đáng kể thì tự tương quan không ảnh hưởng nhiều đến kết quả kiểm định MK. Trong những trường hợp như vậy, các tác giả này đề xuất nên áp dụng phương pháp MK cho chuỗi số liệu nguyên bản hơn là chuỗi số liệu đã được xử lý bằng phép lọc prewhitening, bởi vì phép lọc có thể loại bỏ một phần xu thế cũng như cho kết quả thiên lệch trong phân tích xu thế.

4. Kết quả phân tích xu thế của nhiệt độ, mưa và dòng chảy

a. Kết quả phân tích xu thế của nhiệt độ

Phương pháp hồi quy tuyến tính:

Bảng 4 và hình 2 trình bày kết quả phân tích xu thế của nhiệt độ bằng phương pháp hồi quy tuyến tính. Kết quả tính toán cho thấy nhiệt độ tại tất cả các trạm đều có xu hướng tăng.

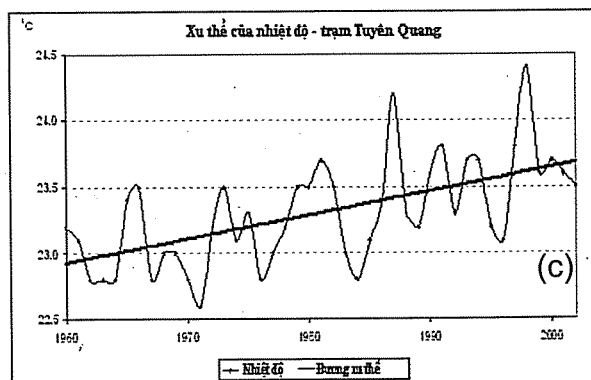
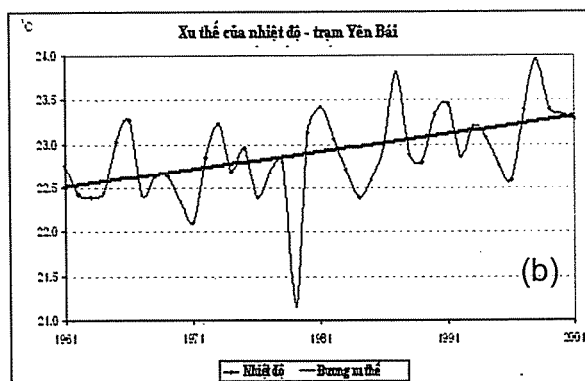
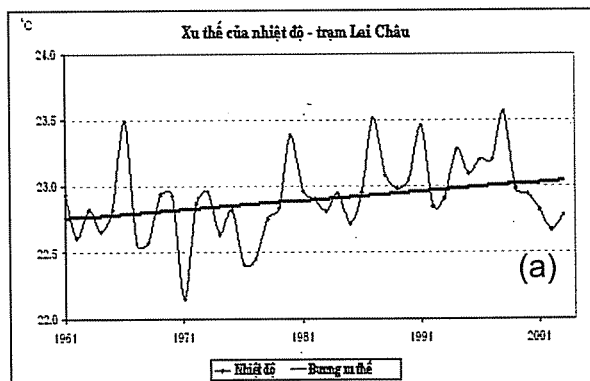


Hình 2. Xu thế của nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) theo thời gian (năm)

Phương pháp Mann - Kendall:

Kết quả áp dụng phương pháp MK phân tích xu thế của nhiệt độ trung bình năm và tháng tại các trạm trên lưu vực sông Hồng được trình bày trong

bảng 4 và hình 3. Các kết quả này khá tương đồng với kết quả phân tích xu thế bằng phương pháp hồi quy tuyến tính.



Hình 3. Xu thế của nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) theo thời gian (năm) bằng phương pháp Mann - Kendall

Bảng 4. Kết quả phân tích xu thế của nhiệt độ

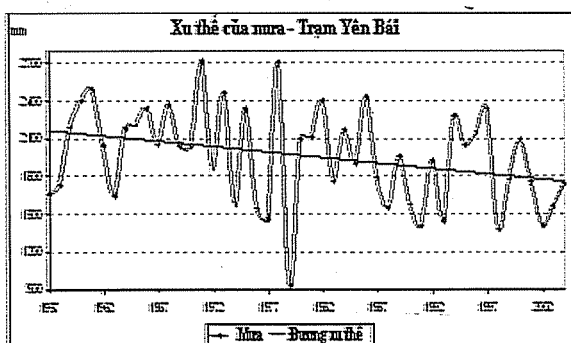
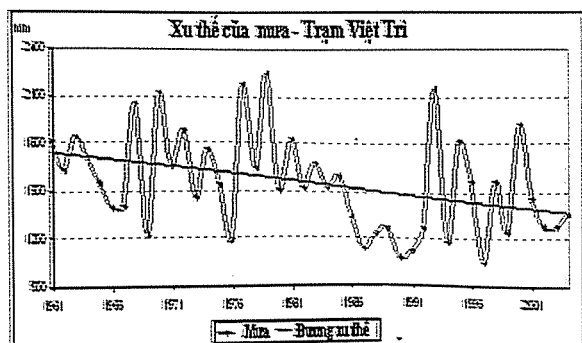
Trạm	Hồi quy tuyến tính			Mann-Kendall				Mann-Kendall theo mùa							
	Sigma	S	Xu thế	S	Z	P	Xu thế	Mùa khô				Mùa mưa			
								S	Z	P	Xu thế	S	Z	P	Xu thế
Bão Hả	0,007	3,345	Tăng	2160	6,773	0	Tăng	883	3,493	0,0005	Tăng	1364	6,411	0	Tăng
Bắc Quang	0,004	6,128	Tăng	2521	7,9101	0	Tăng	1248	3,114	0	Tăng	1286	6,25	0	Tăng
Hầm Yên	0,003	6,219	Tăng	2640	8,396	0	Tăng	1418	3,614	0	Tăng	1422	6,672	0	Tăng
Hòa Bình	0,003	4,268	Tăng	2394	7,088	0	Tăng	1018	3,64	0,0003	Tăng	1375	6,666	0	Tăng
Hoàng Su Phì	0,004	3,979	Tăng	1530	4,793	0	Tăng	800	3,277	0,001	Tăng	732	3,651	0,0003	Tăng
Lai Châu	0,003	2,311	Tăng	857	2,499	0,0124	Tăng	321	1,988	0,0466	Tăng	344	1,552	0,1207	Không có
Mường Tè	0,003	3,116	Tăng	1303	3,502	0,0001	Tăng	461	1,762	0,078	Tăng	848	6,832	0,0001	Tăng
Tuyên Quang	0,004	4,548	Tăng	2155	6,302	0	Tăng	1018	3,592	0,0001	Tăng	1137	3,156	0	Tăng
Việt Trì	0,003	3,332	Tăng	1455	4,502	0	Tăng	516	3,229	0,0012	Tăng	672	3,15	0,0016	Tăng
Yên Bái	0,003	3,604	Tăng	1781	3,615	0	Tăng	725	3,091	0,002	Tăng	946	4,764	0	Tăng

Từ bảng 4, có thể thấy xu thế tăng lên đáng kể của nhiệt độ trong giai đoạn nghiên cứu. Kết quả này khá phù hợp với các nghiên cứu gần đây của IPCC (2007) và World Water Assessment Programme (2009).

b. Kết quả phân tích xu thế của mưa

Phương pháp hồi quy:

Kết quả phân tích xu thế của mưa được trình bày trong Bảng 5 và Hình 4. Chỉ có 4 trạm (Mường Tè, Việt Trì, Sa Pa và Yên Bái) có xu thế đáng kể (có khả năng giảm hoặc tăng). 10 trạm còn lại không ghi nhận được sự thay đổi đáng kể nào.

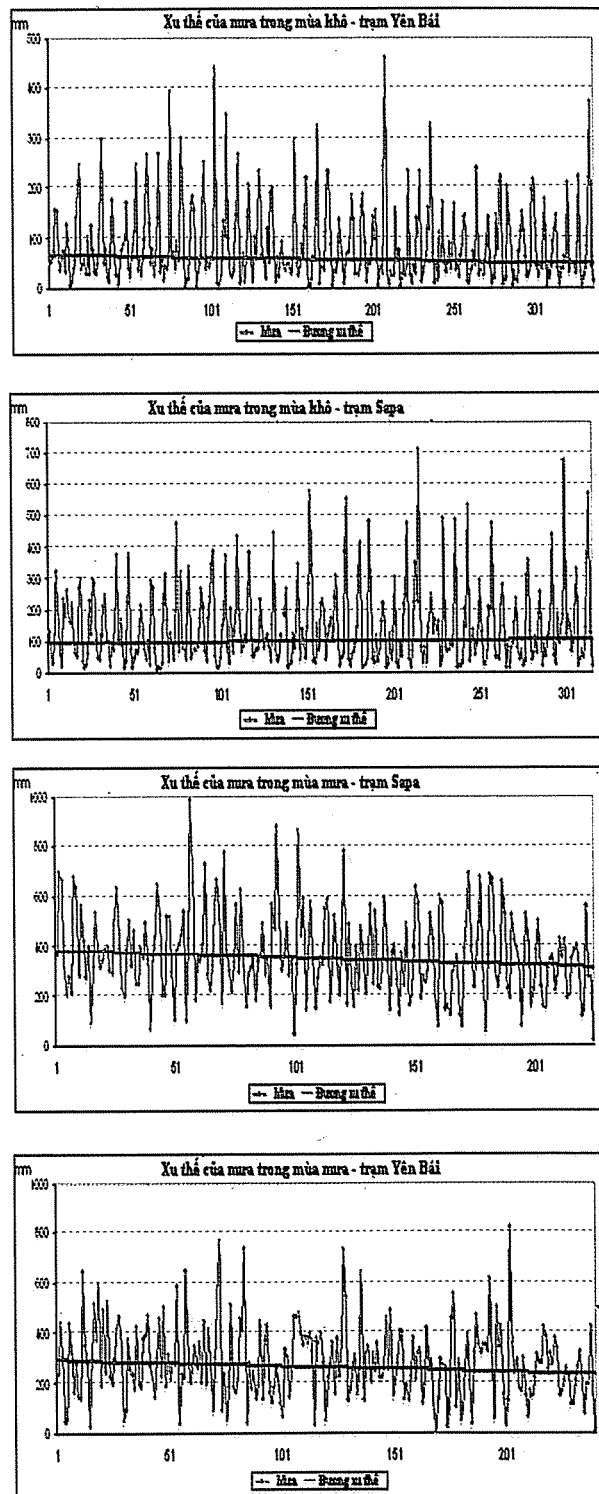


Hình 4. Xu thế của mưa (mm/năm) theo thời gian (năm) sử dụng phương pháp hồi quy

Phương pháp Mann-Kendal:

Phương pháp Mann-Kendall áp dụng cho lượng mưa trung bình năm cho kết quả tương tự như phương pháp hồi quy tuyến tính.

Đối với phương pháp Mann-Kendall theo mùa, kết quả có sự khác biệt khá rõ. Chỉ có một trạm có xu thế tăng (trong mùa khô), trong khi có 8 trạm có xu thế giảm (trong mùa mưa) bằng 5 và hình 5.



Hình 5, Xu thế của mưa (mm/năm) theo thời gian (năm) bằng phương pháp Mann-Kendall

Bảng 5. Kết quả phân tích xu thế của mưa

Trạm	Hồi quy tuyến tính			Mann-Kendall						Mann-Kendall theo mùa					
	Sigma	S	Xu thế	S	Z	P	Xu thế	Mùa khô			Mùa mưa				
								S	Z	P	Xu thế	S	Z	P	Xu thế
Hòa Bình	3,512	-0,643	Ổn định	129	0,328	0,7426	Không có	360	1,206	0,2278	Không có	-231	-0,914	0,3606	Ổn định
Lai Châu	3,002	-0,087	Ổn định	-42	-0,105	0,9162	Ổn định	143	0,477	0,6333	Không có	-185	-0,731	0,4645	Ổn định
Mộc Châu	3,246	-1,156	Ổn định	-297	-0,864	0,3874	Ổn định	-54	-0,203	0,8181	Không có	-239	-1,077	0,2817	Ổn định
Mường Tè	4,011	-1,7	Khả năng giảm	-112	-0,324	0,7458	Ổn định	267	1,017	0,3091	Không có	-379	-1,71	0,0873	Giảm
Sơn La	2,484	-0,325	Ổn định	-111	-0,322	0,7473	Ổn định	306	1,167	0,2432	Ổn định	-435	-1,963	0,0496	Giảm
Bắc Quang	10,589	-0,052	Ổn định	-73	-0,218	0,8278	Ổn định	121	-0,475	0,635	Ổn định	48	0,22	0,8259	Không có
Hà Giang	3,515	-0,539	Ổn định	-85	-0,209	0,8344	Ổn định	205	0,665	0,5062	Không có	-290	-1,114	0,2652	Ổn định
Hàm Yên	3,203	-1,456	Ổn định	-311	-0,905	0,3654	Ổn định	129	0,489	0,6246	Không có	-440	-1,986	0,048	Giảm
Hoàng Su Phì	2,954	-1,446	Ổn định	24	0,069	0,9446	Không có	498	1,966	0,0493	Không có	-474	-2,214	0,0268	Giảm
Tuyên Quang	2,904	-0,262	Ổn định	-131	-0,381	0,7035	Ổn định	177	0,673	0,501	Không có	-308	-1,398	0,1621	Ổn định
Việt Trì	4,425	-2,275	Giảm	-832	-2,427	0,0152	Giảm	-72	-0,271	0,786	Ổn định	-760	-3,434	0,0006	Giảm
Bắc Hà	2,613	-1,535	Ổn định	-384	-0,983	0,3257	Ổn định	291	0,974	0,3299	Không có	-675	-2,679	0,0074	Giảm
Sa Pa	4,685	-1,7	Khả năng giảm	-370	-1,051	0,2935	Ổn định	168	0,62	0,535	Không có	-538	-2,38	0,0173	Giảm
Yên Bái	3,882	-2,214	Giảm	-1410	-3,634	0,0003	Giảm	912	-3,061	0,0022	Giảm	-498	-2	0,0455	Giảm

c. Kết quả phân tích xu thế của dòng chảy

- Phương pháp hồi quy:

Kết quả tính toán cho thấy, chỉ có trạm Yên Bái (trên tổng số 5 trạm) có xu thế giảm (bảng 6 và bảng 7),

- Phương pháp Mann-Kendall:

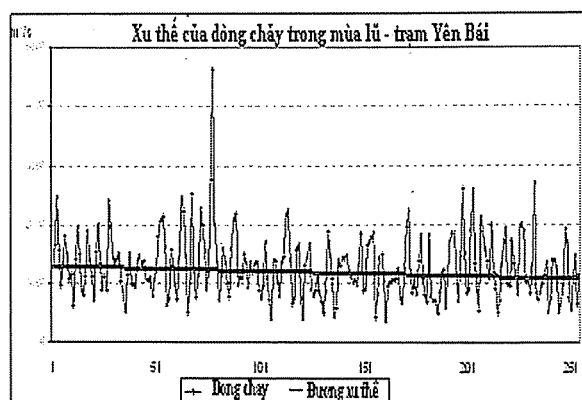
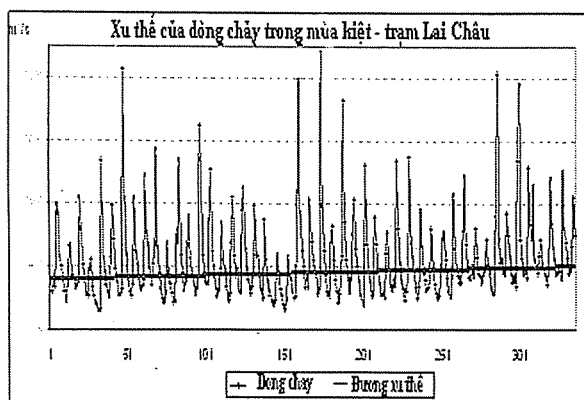
Kết quả phân tích bằng phương pháp Mann - Kendall theo mùa có sự khác biệt so với với phương pháp hồi quy tuyến tính và phương pháp Mann - Kendall cho chuỗi số liệu trung bình năm, Dòng chảy có xu thế tăng đáng kể trong mùa kiệt (trên sông Đà và sông Lô) và không có xu thế trong mùa lũ (trừ trạm Yên Bái trên sông Thao) (bảng 6 và 7),

Bảng 6. Kết quả phân tích xu thế của dòng chảy

TT	Trạm	Hồi quy tuyến tính			Mann- Kendall			
		Sigma	S	Xu thế	S	Z	P	Xu thế
1	Chiêm Hóa	0,764	1,081	Không có	121	1,136	0,2559	Không có
2	Ghềnh Gà	1,949	0,56	Không có	16	0,189	0,8504	Không có
3	Lai Châu	1,957	0,82	Không có	172	1,431	0,1525	Không có
4	Tạ Bú	2,55	0,911	Không có	103	0,966	0,3341	Không có
5	Yên Bái	1,249	-1,758	Giảm	-241	-1,841	0,0656	Giảm

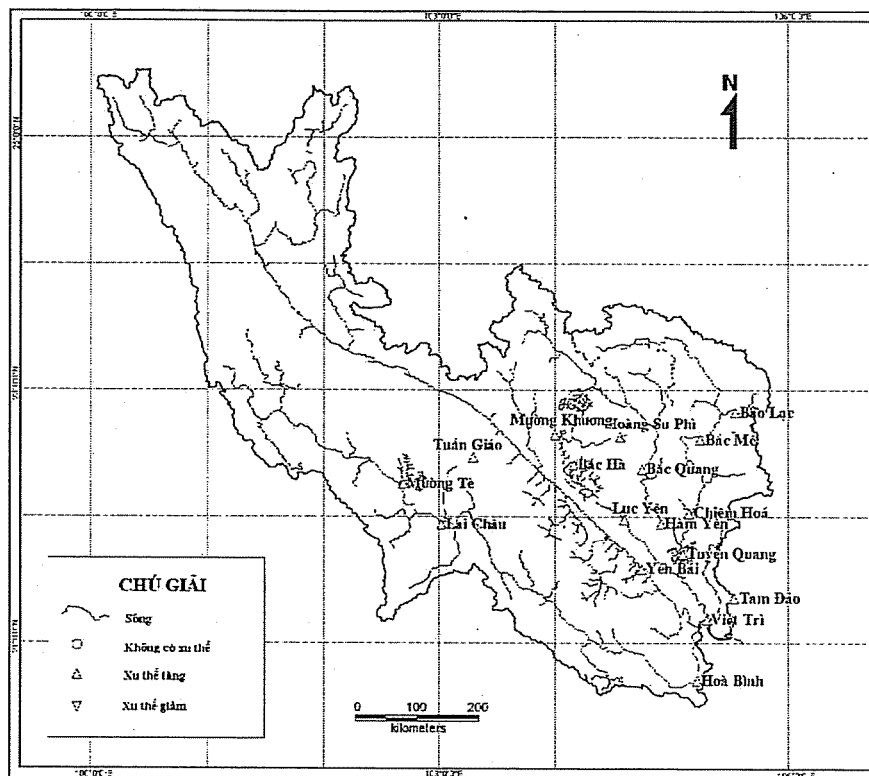
Bảng 7. Kết quả phân tích xu thế của dòng chảy

TT	Trạm	Mann-Kendall theo mùa							
		Mùa lũ				Mùa kiệt			
		S	Z	P	Xu thế	S	Z	P	Xu thế
1	Chiêm Hóa	612	2,187	0,0288	Tăng	208	0,877	0,3807	Không có
2	Ghềnh Gà	506	1,697	0,0898	Tăng	405	1,606	0,1083	Không có
3	Lai Châu	1283	4,307	0	Tăng	268	1,061	0,2885	Không có
4	Tạ Bú	238	0,848	0,3963	Không có	165	0,695	0,4873	Không có
5	Yên Bái	-375	-1,219	0,223	Ổn định	-600	-2,309	0,059	Giảm

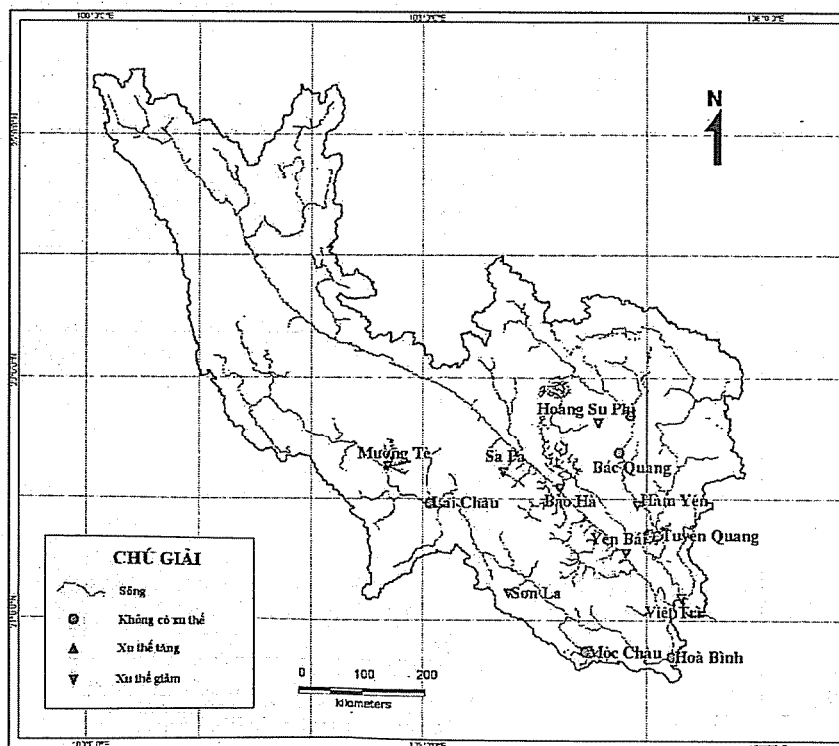


Hình 6. Xu thế của dòng chảy bằng phương pháp Mann-Kendall

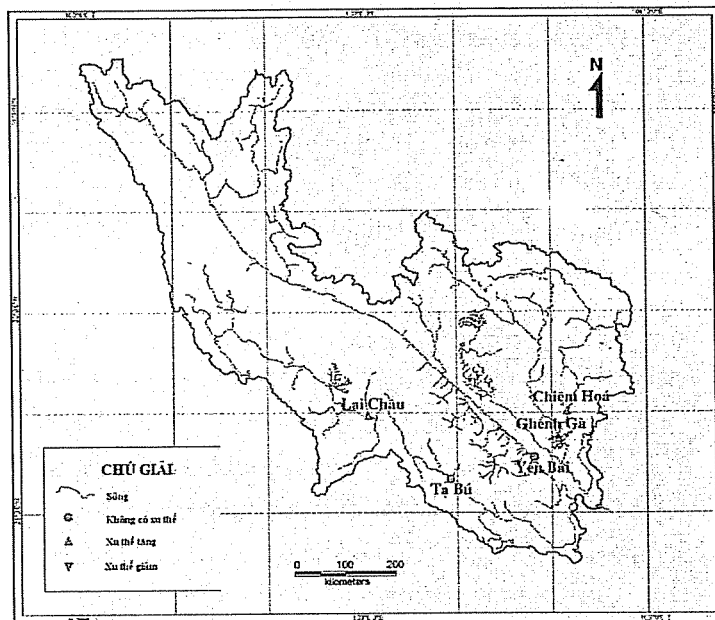
Xu thế của nhiệt độ, mưa và dòng chảy theo không gian được trình bày trong các hình 7, 8 và 9,5.



Hình 7. Phân bố không gian xu thế của nhiệt độ trung bình tháng sử dụng phương pháp MK



Hình 8. Phân bố không gian xu thế của mưa trong mùa mưa sử dụng phương pháp MK.



Hình 9. Phân bố không gian xu thế của dòng chảy trong mùa kiệt sử dụng phương pháp MK

5. Kết luận

Kết quả phân tích chuỗi số liệu lịch sử của nhiệt độ, mưa và dòng chảy trên lưu vực sông Hồng bằng các phương pháp hồi quy tuyến tính và Mann-Kendal cho thấy nhiệt độ có xu thế tăng lên đáng kể, lượng mưa và dòng chảy năm giảm trong khi dòng chảy mùa kiệt lại tăng lên, Xu thế thay đổi của chuỗi số liệu trung bình năm là tương đối nhỏ, Chỉ khi phân tích chuỗi số liệu trung bình tháng mới phát hiện được các xu thế rõ rệt của mưa và dòng chảy,

Những thay đổi của lượng mưa chỉ có thể giải thích phần nào xu thế của dòng chảy, Để có thể tìm hiểu kĩ hơn về nguyên nhân gây ra sự thay đổi xu thế của dòng chảy, cần nghiên cứu quan hệ của dòng chảy với các đặc trưng khác của lưu vực như độ dày của lớp đất đá, chế độ sử dụng đất, diện tích rừng,... và sự thay đổi của các yếu tố khí hậu bên ngoài, Hơn nữa, cần thiết lập mối liên hệ giữa biến đổi khí hậu và xu thế các biến thủy văn,

Tài liệu tham khảo

1. Asian Development Bank, "Final report: TA 2871-VIE Red River Basin Water Resources Management Project", 2001,
2. B, Bonaccorso et al., "Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily", *Advances in Geosciences*, Vol, 2, 7 – 11, 2005,
3. Cecilia Svensson et al., "Trend detection in river flow series: 2, Flood and low-flow index series", *Hydrological Sciences*, Vol, 50(5), 811 – 824, 2005,
4. Donald H, Burn et al., "Detection of hydrologic trends and variability", *Journal of Hydrology*, Vol, 255, 107 – 122, 2002,
5. Donald H, B, and Juraj M, C., "Hydrological trends and variability in the Liard River basin", *Hydrological Sciences*, Vol, 49(1), 53 – 67, 2004,
6. E, McBean and H, Motiee, "Assessment of impacts of climate change on water resources – a case study of the Great Lakes of North America", *Hydro, Earth Syst, Sci.*, Vol, 12, 239 – 255, 2008,
7. K, H, Hamed and A, R, Rao, "A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data", *Journal of*