Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Science of The Earth & Environment 2024, ():1-13

Open Access Full Text Article

Bài nghiên cứu

Phân tích xu hướng dài hạn các yếu tố khí hậu và ảnh hưởng của chúng lên lưu lượng dòng chảy ở một số lưu vực sông ở Việt Nam

Lê Trọng Diệu Hiền[1,*], Nguyễn Lê Tấn Đạt[2], Lê Mạnh Hùng[3], Đỗ Xuân Hồng[4], Lê Hoàng Tú[5], Phạm Thành Hưng[6], Đoàn Văn Bình[7], Nguyễn Quang Bình[6]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Các lưu vực ở Việt Nam có khí hậu thay đổi gần đây có thể có tác động sâu sắc đến tài nguyên nước ở các lưu vực này. Vì vậy, nghiên cứu các xu hướng dài hạn của các yếu tố khí hậu chẳng hạn như nhiệt độ và lượng mưa và ảnh hưởng của chúng đến lưu lượng dòng chảy là cần thiết. Nghiên cứu này tập trung vào việc phân tích xu hướng dài hạn của yếu tố khí hậu (nhiệt độ và lượng mưa) tác động đến lưu lượng dòng chảy các sông trên ba lưu vực của Việt Nam gồm: Đồng Nai, sông Cả, và sông Hồng- Thái Bình. Dữ liệu lưu lượng nước từ 44 trạm thủy văn được cung cấp bởi trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia được phân tích bằng phép thử Mann-Kendall và độ dốc Sen. Ngoài ra, dữ liệu khí hậu được phân tích cho các lưu vực trong giai đoạn 1990–2019. Phân tích xu hướng được thực hiện trên dữ liệu lưu lượng nước theo quy mô hàng tháng, theo mùa và hàng năm. Nhiệt độ và lượng mưa trên các lưu vực đã tăng lên kể từ năm 1990, trong khi đó lưu lượng dòng chảy có xu hướng giảm trên ba lưu vực. Tuy nhiên, mô hình xu hướng này có thể không nhất quán trên toàn bộ các trạm quan trắc trong từng lưu vực.

Từ khoá: lưu lượng dòng chảy, Mann-Kendall, elastic net, xu hướng

[1]*Chương trình Quản lý Tài nguyên Môi trường, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Bình Dương, Việt Nam*

[2]*Chương trình Quản lý Đất đai, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Bình Dương, Việt Nam*

[3]*Phòng thí nghiệm khoa học thủy văn, Trung tâm vũ trụ Goddard, NASA, Hoa Kỳ*

[4]*Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Nông lâm Tp. HCM, Việt Nam*

[5]*Trung tâm Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Nông Lâm Tp. HCM, Việt Nam*

[6]*Khoa Xây dựng Công trình Thuỷ, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Việt Nam*

[7]*Khoa Kỹ thuật, trường Đại học Việt Đức, Việt Nam*

Liên hệ

Lê Trọng Diệu Hiền, Chương trình Quản lý Tài nguyên Môi trường, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Bình Dương, Việt Nam

Email: hienltd@tdmu.edu.vn

GIỚI THIỆU

Các yếu tố khí hậu có thể ảnh hưởng đáng kể đến chế độ thủy văn ở các lưu vực sông trên khắp thế giới. Những thay đổi về lượng nước sẵn có ở các lưu vực sông có tác động đáng kể đến các hệ sinh thái, nông nghiệp, lâm nghiệp, ngư nghiệp, công nghiệp và quản lý rủi ro (Xu & Singh, 2004). Vì vậy, giám sát liên tục dòng chảy và giám sát các yếu tố ảnh hưởng của nó, chẳng hạn như lượng mưa và nhiệt độ là rất quan trọng. Xây dựng mô hình thủy văn cho các lưu vực lớn rất khó khăn do tính chất phức tạp của khí hậu, thủy văn kết hợp với những thay đổi về lớp phủ, địa hình, thổ nhưỡng, khả năng thoát nước, khí hậu, và các hoạt động của con người. Ở các lưu vực có thời tiết khô hạn, dòng nước chảy thường thấp, trong khi vào mùa mưa lưu lượng nước tăng đáng kể, có thể dẫn đến lũ lụt [1].

Những sự can thiệp của con người vào chu trình nước bao gồm xây dựng hồ chứa, thủy lợi và thay đổi lớp phủ đang ảnh hưởng đến thủy văn và thậm chí vượt qua tác động của biến đổi khí hậu ở một số vùng trong tương lai. Để dự đoán tốt hơn những thay đổi trong tương lai về tài nguyên nước và chế độ thủy văn của thế giới, điều cần thiết là phải có phân tích, đánh giá những thay đổi của chúng. Do đó, ngày càng có nhiều nghiên cứu trên cả phạm vi thế giới và khu vực đã thực hiện các nghiên cứu phân tích, đánh giá thay đổi của chế độ dòng chảy tại các lưu vực sông, bao gồm ở khu vực Bắc Mỹ thì có những nghiên cứu của Hodgkins và cộng sự, 2017 [2], ở khu vực Châu Âu [3–5]. Chỉ một số ít nghiên cứu được thực hiện cho các khu vực quan trọng như Châu Phi và châu Á [6,7]. Tuy nhiên có sự không đồng nhất của các phân tích, đánh giá trong các nghiên cứu chẳng hạn như loại câu hỏi nghiên cứu, cách thức lấy mẫu với số lượng và không gian lấy mẫu khác nhau và các khoảng thời gian nghiên cứu khác nhau. Một số nghiên cứu điều tra các dòng chảy trung bình [8,9], trong khi những nghiên cứu khác tập trung vào lũ lụt [10] hoặc các chỉ số dòng chảy thấp [11]. Một số nghiên cứu khác lại tập trung vào việc điều tra những thay đổi trong một số lưu vực sông được lựa chọn cẩn thận [9,11,12], do đó kích thước mẫu và không gian tương đối nhỏ. Điều này trái ngược với các nghiên cứu khác với số lượng mẫu quan sát đầy đủ [10], do đó cung cấp một không gian lớn hơn về những thay đổi nguồn nước sẵn có.

Việt Nam là một quốc gia có địa hình đa dạng, với hệ thống sông ngòi phong phú trải dài từ Bắc vào Nam. Các lưu vực sông đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước cho nông nghiệp, công nghiệp, và sinh hoạt của dân cư. Tuy nhiên, biến đổi khí hậu và yếu tố khí tượng đang tác động mạnh mẽ đến biến động dòng chảy của các lưu vực sông ở Việt Nam. Hiểu rõ tác động của yếu tố khí tượng là một yếu tố quan trọng

Trích dẫn bài báo này: Hiền L T D, Đạt N L T, Hùng L M, Hồng D X, Tú L H, Hưng P T, Bình D V, Bình N Q. **Phân tích xu hướng dài hạn các yếu tố khí hậu và ảnh hưởng của chúng lên lưu lượng dòng chảy ở một số lưu vực sông ở Việt Nam**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2024; ():1-13.

Lịch sử
- Ngày nhận: 22-11-2023
- Ngày chấp nhận: 25-4-2024
- Ngày đăng:

DOI :

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

để quản lý tài nguyên nước hiệu quả và đưa ra các biện pháp ứng phó với tình huống khí hậu thay đổi. Chính những lý do này mà nghiên cứu này được thực hiện để phân tích xu hướng dài hạn của khí hậu, và tác động của các yếu tố khí hậu lên lưu lượng dòng chảy ở các lưu vực Đồng Nai (SDN); lưu vực sông Cả (Ca); và lưu vực sông Hồng – Thái Bình (HTB) của Việt Nam với những mục tiêu cụ thể 1) Phân tích xu hướng dài hạn của bộ dữ liệu lưu lượng nước của các trạm đo trên các sông trong 3 lưu vực này ở quy mô hàng tháng, theo mùa và hàng năm. Những phân tích sẽ cho thấy được xu hướng dòng chảy trong quá khứ và gần đây, bên cạnh đó cũng có thể phát hiện các tháng và mùa khi dòng chảy giảm hoặc tăng 2) Xu hướng về nhiệt độ và lượng mưa ở các lưu vực để điều tra các tác động có thể có của chúng với lưu lượng dòng chảy 3) Thảo luận các xu hướng gần đây về các loại lớp phủ đất, phát triển đập thủy điện ở các lưu vực và tương tác tiềm năng với lưu lượng dòng chảy.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vị trí địa lý

Lưu vực sông Hồng – Thái Bình

Lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình (Hình 1) là một lưu vực sông liên quốc gia chảy qua 3 nước Việt Nam, Trung Quốc, Lào với tổng diện tích tự nhiên vào khoảng 169.000km^2 và diện tích lưu vực của hai sông này trong lãnh thổ Việt Nam vào khoảng 87.840km^2. Châu thổ sông nằm hoàn toàn trong lãnh thổ Việt Nam có diện tích ước tính khoảng 17.000km^2. Chiều dài sông Hồng trong lãnh thổ Việt Nam khoảng 328km. Phần lưu vực nằm ở Trung quốc là: 81.200 km^2 chiếm 48% diện tích toàn lưu vực. Phần lưu vực nằm ở Lào là: 1.100 km^2 chiếm 0,7% diện tích toàn lưu vực. Phần lưu vực nằm ở Việt Nam là: 87.840 km2 chiếm 51,3% diện tích lưu vực. Đây là con sông lớn thứ hai (sau sông Mêkông) chảy qua Việt Nam đổ ra biển Đông. Sông Hồng được hình thành từ 3 sông nhánh lớn là sông Đà, sông Lô và sông Thao. Sông Thái Bình cũng được hình thành từ 3 nhánh sông lớn là sông Cầu, sông Thương và sông Lục Nam. Hai hệ thống sông được nối thông với nhau bằng sông Đuống và sông Luộc tạo thành lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình. Lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình được giới hạn từ 20^0 23' đến 25^{0}30' vĩ độ Bắc và từ 100^0 đến 107^0 10' kinh độ Đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Trường Giang và sông Châu Giang của Trung Quốc. Phía Tây giáp lưu vực sông Mêkông. Phía Nam giáp lưu vực sông Mã. Phía Đông giáp vịnh Bắc Bộ. Phần lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình trên lãnh thổ Việt Nam có vị trí địa lý từ: 20^0 23' đến 23^0 22' vĩ độ Bắc và từ 102^0 10' đến 107^0 10' kinh độ Tây (Văn Phòng Ban Quản Lý Quy Hoạch Lưu Vực Sông Hồng - Thái Bình, 2023). Các lưu vực khác gồm Đồng Nai, Sông Cả được trình bày trong Tài liệu bổ sung, Hình S1 và S2

Dữ liệu

Dữ liệu lưu lượng dòng chảy

Dữ liệu quan trắc dòng chảy trên các lưu vực SDN, Ca, và HTB được thu thập từ Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia (Tài liệu bổ sung, Bảng S1). Tất cả các trạm quan trắc có dữ liệu kéo dài vài chục năm (1990 – 2019) sẽ được sử dụng cho phân tích này. Tất cả các trạm này đều là trạm quan trắc nước ngọt, và không bị ảnh hưởng bởi chế độ triều (Hình 1).

Dữ liệu khí hậu

Dữ liệu khí hậu như nhiệt độ trung bình ngày, nhiệt độ lớn nhất trong ngày, nhiệt độ nhỏ nhất trong ngày, lượng mưa trung bình ngày, được lấy từ bộ dữ liệu MERRA-2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, phiên bản 2) của Chương trình Khoa học Trái đất thuộc Cơ quan Hàng không Vũ trụ Quốc gia Hoa Kỳ (NASA). Hình 2 mô tả diễn biến đặc điểm khí hậu trong giai đoạn 1990-2019.

Dữ liệu phân loại sử dụng đất

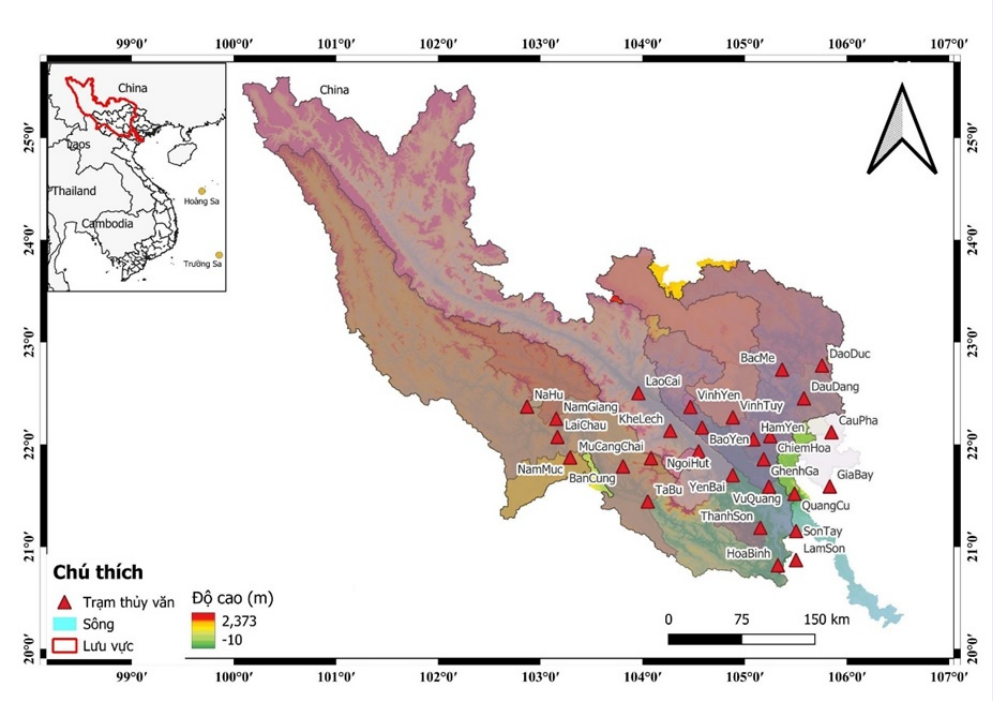
Thông tin địa lý về sử dụng đất như diện tích đất nông nghiệp, đất đô thị, mặt nước đã được trích ra từ ESA Land Cover CCI v2.1.1 (Dự án Bao phủ Lục địa của ESA, phiên bản 2.1.1) (Hình 3, Hình S5 a,b) với độ phân giải không gian 30 m hàng năm từ năm 1992 đến 2020. Đối với mỗi vị trí đo lưu lượng, các tiểu lưu vực được lấy từ mô hình độ cao dựa trên nhiều thuật toán định hướng[13] được triển khai trong GRASS GIS 8[14]. Trong quá trình tính toán tiểu lưu vực, chúng tôi cũng tính toán các chỉ số như diện tích và độ cao cho mỗi lưu vực.

Dữ liệu công trình thủy lợi

Ngoài ra, thông tin về các hồ chứa và công trình thủy lớn đang hoạt động trong lưu vực cũng được thu thập từ cơ sở dữ liệu của bộ công thương, được cập nhật online tại https://thuydienvietnam.vn. Cụ thể, các thông tin về năm xây dựng, vị trí địa lý của công trình cũng như các thông số kỹ thuật (như dung tích hữu ích và dung tích phòng lũ của hồ chứa, các mực nước lũ kiểm tra và mực nước chết của hồ chứa…) đã được thu thập để hỗ trợ cho các phân tích trong nghiên cứu này.

Bảng 1: Các dữ liệu được dùng trong nghiên cứu này

Biến	Loại dữ liệu	Ký hiệu	Đơn vị	Thời gian dữ liệu	Nguồn
y	Lưu lượng dòng chảy	Q	m^3/s	1990 - 2019	Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia
	Dữ liệu khí hậu				
x	Nhiệt độ cao nhất trong ngày	TempMax	(°C).	1990 - 2019	Dữ liệu POWER của Chương trình Khoa học Trái đất thuộc Cơ quan Hàng không Vũ trụ Quốc gia Hoa Kỳ (NASA)
	Nhiệt độ thấp nhất trong ngày	TempMin	(°C).	1990 - 2019	
	Nhiệt độ trung bình trong ngày	TempAverage		1990 - 2019	
	Precipitation	Dữ liệu đất và phân loại sử dụng đất	(mm/ng	1990 - 2019	
	Dữ liệu đất và phân loại sử dụng đất				
x	Tính chất đất	Soil properties	(Tấn Cacbon/		Đối tác Toàn cầu về Đất (Global Soil Partnership - GSP). Tổ chức quốc tế được thành lập bởi Tổ chức Nông lương và Lương thực (FAO)
	Phân loại sử dụng đất	Đất nông nghiệp Đất đô thị Mặt nước	. %	1992 - 2019	Nguồn: ESA Land Cover CCI v2.1.1 (Dự án Bao phủ Lục địa của ESA, phiên bản 2.1.1)
	Dữ liệu về hồ chứa				
x	Số lượng đập		Cái		Bộ công thương, https://thuydienvietnam.vn
	Tổng dung tích đập	Sum Dam Capacity	m^3		
	Dữ liệu địa hình				
x	Độ cao	Elevation	m		Độ cao kỹ thuật số SRTM của NASA 30m
	Độ dốc	Slope	degree		
	Diện tích tiểu lưu vực	Area	m^2		Được tạo ra từ dữ liệu độ cao và dòng chảy



Hình 1: Bản đồ các lưu vực cũng như vị trí trạm quan trắc lưu lượng trên các sông trên lưu vực sông Hồng – Thái Bình. Lưu vực sông Đồng Nai; sông Cả xem Tài liệu bổ sung, Hình S1, S2

Dữ liệu địa hình

Dữ liệu độ cao kỹ thuật số của Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) được sử dụng trong nghiên cứu này. Sản phẩm SRTM V3 (SRTM Plus) này do NASA JPL cung cấp ở độ phân giải 1 cung giây (khoảng 30m). Các giá trị về độ cao và độ dốc được trích xuất từ nguồn dữ liệu SRTM này. Bảng 1 mô tả chi tiết các dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này.

Phương pháp phân tích xu hướng khí hậu và lưu lượng dòng chảy

Phương pháp Mann-Kendall (MK) là một kiểm định phi tham số phổ biến trong việc phát hiện xu hướng trong dữ liệu thủy văn[15]. Nó dựa trên giả thuyết H0 - không có xu hướng trong dữ liệu, tức là các phép đo thu được theo thời gian là độc lập và phân phối giống hệt nhau. Thử nghiệm MK có thể phát hiện xu hướng dữ liệu ở các mức ý nghĩa nhất định (90 % trong nghiên cứu này). Độ dốc xu hướng được tính toán bằng cách sử dụng phương pháp Sen. Độ dốc Sen là một công cụ ước tính độ dốc phi tham số xác định độ lớn và xu hướng của các biến số thủy văn. Công thức toán học của bài kiểm tra MK và độ dốc Sen được nêu dưới đây. Thống kê kiểm tra MK được tính bằng:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn\left(x_j - x_k\right) \quad (1)$$

và

$$sgn\left(x_j - x_k\right) = \begin{cases} +1 \; if \; \left(x_j - x_k\right) > 0 \\ 0 \; if \; \left(x_j - x_k\right) = 0 \\ -1 \; if \; \left(x_j - x_k\right) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

trong đó n là số lượng đo lường, và xj và xk là giá trị dữ liệu trong chuỗi thời gian i và j. Phương sai được tính bằng công thức:

$$var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

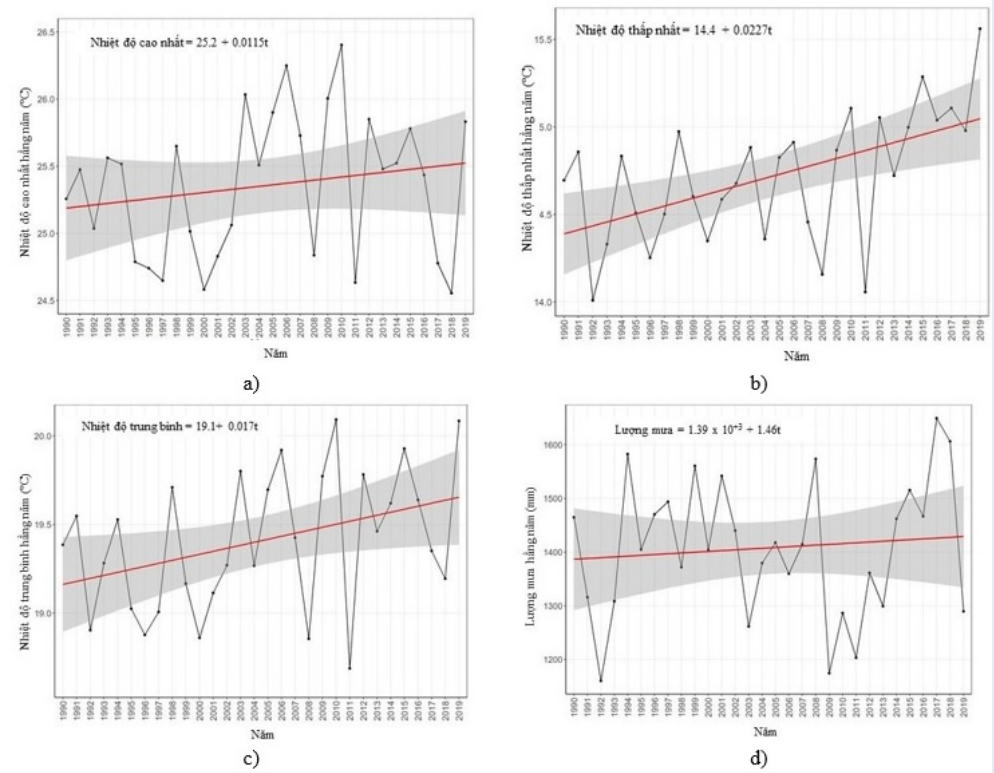
khi n > 10, thống kê kiểm định chuẩn chuỗi Z được tính bằng công thức:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{var(S)}} \; if \; S > 0 \\ 0 \; if \; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{var(S)}} \; if \; S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$Q = \frac{x_j - x_i}{j - i}, \; i = 1, 2, 3, \ldots, N \quad (5)$$

Xj và xi là những dữ liệu tại thời gian j và i (j>i), theo thứ tự. Nếu có n giá trị x_j trong chuỗi thời gian, sẽ có N=n(n-1)/2 ước lượng độ dốc. N giá của Q_i sẽ được sắp xếp từ nhỏ nhất đến thấp nhất, sau đó độ dốc Sen's sử dụng trung vị Q_i (Q_{med}).

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{(N-1)/2}, \; N \; le \\ \frac{Q_{N/2} + Q_{(N+1)/2}}{2}, \; N \; chan \end{cases} \quad (6)$$



Hình 2: Diễn biến khí hậu cho lưu vực sông Hồng – Thái Bình. a) Nhiệt độ cao nhất trong ngày b) Nhiệt độ thấp nhất trong ngày c) Nhiệt độ trung bình ngày d) Lượng mưa tích lũy năm. Các lưu vực khác xem Tài liệu bổ sung, S3, S4

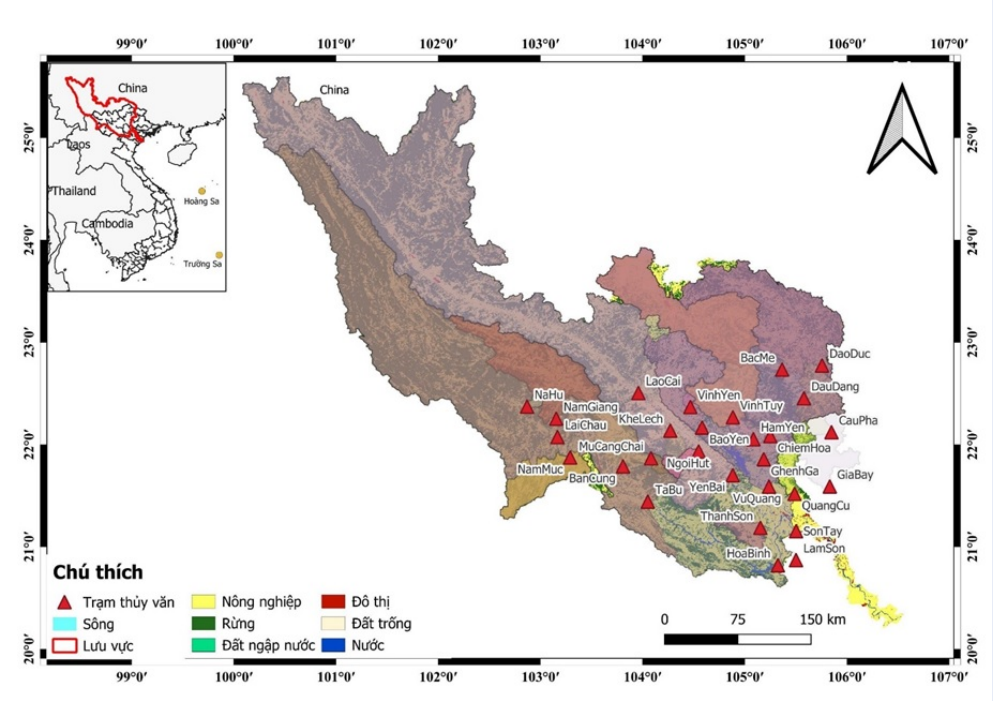
Mô hình hồi quy tuyến tính với elastic net xác định các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy

Mô hình LR được cho bởi: $Y = \beta o + \beta_1 X_1 + ... + \beta X_n + u$

Trong đó $x_1, . . . , x_n$ là các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy; y là biến lưu lượng và n là số yếu tố ảnh hưởng. Hệ số hồi quy β (β_0, β_2, . . . β) được rút ra từ việc điều chỉnh mô hình, ví dụ: sử dụng bình phương tối thiểu (ordinary least squares - OLS) bằng cách giảm bình phương tổng bình phương phần dư (residual sum of squares). Tuy nhiên, OLS có thể hoạt động kém trong cả dự đoán và khả năng giải thích kết quả, đặc biệt khi có sự hiện diện của mối tương quan giữa các biến độc lập [16]. Các phương pháp ước lượng (penalized approaches) như mô hình hôi quy LASSO, ridge và elastic net được đề xuất để khắc phục yếu điểm của OLS.

LASSO áp dụng 'ước lượng' L1 (*L1-penalty*) đối với các hệ số hồi quy và đồng thời thực hiện cả sự thu nhỏ dần của các hệ số hồi quy liên tục trong quá trình ước lượng (*continuous shrinkage*) và lựa chọn biến tự động sao cho chỉ có các biến quan trọng vẫn còn trong mô hình. Mặt khác, bằng giới hạn trên định mức L2 (*L2-norm*) của các hệ số và độ thu nhỏ dần của các hệ số hồi quy liên tục trong quá trình ước lượng, hồi quy rigde [17] có thể giảm thiểu root-mean-squared errors (RMSE) và đạt được hiệu suất dự đoán cao hơn. Các hệ số hồi quy trong các kỹ thuật này được thu nhỏ lại theo hướng bằng 0 bằng cách áp dụng' hình phạt' lên với kích thước của chúng [18]. Bühlmann & van de Geer đã chỉ ra rằng khi các biến dự đoán có mối tương quan, phân tích elastic net có thể dẫn đến mean squared error (MSE) thấp hơn so với LASSO và hồi quy ridge. Hơn nữa, việc sử dụng của phương pháp elastic net đã được chứng minh là xác định được các biến có ảnh hưởng tốt hơn LASSO và hồi quy ridge [19,20].

Nhiều biến độc lập có mối tương quan cao, chúng tôi đã áp dụng mô hình LR với phương pháp ước lượng elastic net (gói R glmnet) [18]. Elastic net là sự sự kết hợp giữa hồi quy ridge và LASSO do Zou & Hastie đề xuất sử dụng ước lượng elastic net P(β) bao gồm hai



Hình 3: Phân loại sử dụng đất lưu vực sông Hồng- Thái Bình năm 2019

hàm ước lượng thành phần (Zou & Hastie, 2005b) [16]:

$$P(\beta) = \Sigma_{j=1}^{p} \frac{1}{2}(1-\alpha)\beta_j^2 + \alpha|\beta_j| \quad (7)$$

Ước lượng đầu tiên là ước lượng ridge (*L2*) nhằm giảm thiểu trọng số của tổng các bình phương hệ số hồi quy (weighted sum of squared regression coefficients), trong khi thành phần thứ hai là giảm thiểu hình phạt LASSO (*L1*) là trọng số của tổng các hệ số hồi quy tuyệt đối (the weighted sum of absolute regression coefficients). Ước lượng tham số $\alpha[(0,1)]$ xác định sự đánh đổi phương sai sai lệch giữa *L1* và *L2* (tức là nên đặt trọng lượng bao nhiêu cho hoặc hồi quy LASSO hoặc ridge). Elastic net có α=0 thực hiện hồi ridge, trong khi α= 1tương đương với hồi quy LASSO; β biểu thị giá trị của các hệ số hồi quy.

Chúng tôi đã điều chỉnh α và λ trong các mô hình của mình và chọn ra giá trị tối ưu mô hình dưới dạng kết hợp α và λ mang lại hiệu quả dự đoán cao nhất dựa trên *ten-fold cross-validation*. λ là tham số *shrinkage* được chọn trong phạm vi từ 0,0001 đến 1 và siêu tham số α dao động từ 0 đến 1. Trước khi phát triển mô hình hồi quy tuyến tính, chúng tôi đã áp dụng *spread-level plots* (gọi Car trong R, Fox, 1997) để đánh giá về tính chất đồng nhất của phần dư để cho thấy rằng biến phản hồi được chuyển đổi log (Tài liệu bổ sung, Hình S5). Chúng tôi cũng đã chuyển sang dạng log biến dự diện tích lưu vực để cải thiện tính tuyến tính giữa yếu tố này và biến lưu lượng dòng chảy. Các biến dự đoán hệ số có giá trị lớn hơn được coi là quan trọng.

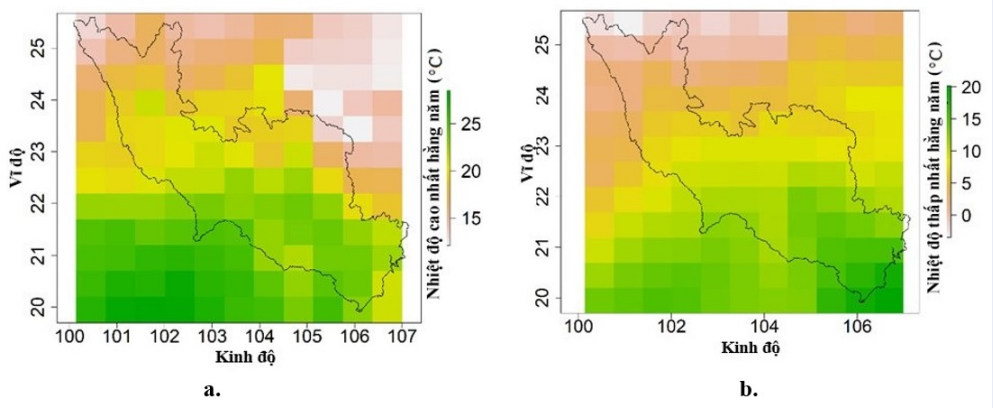
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Xu hướng khí hậu

Khí hậu là một trong những yếu tố chính tăng cường lưu lượng dòng nước. Tuy nhiên, tác động của chúng lên lưu lượng còn phụ thuộc vào một số yếu tố khác, chẳng hạn như đô thị hóa, công tác thu hoạch, loại đất, địa hình, ... Để thể hiện sự biến đổi theo không gian của khí hậu trên các lưu vực và môi trường xung quanh, nhiệt độ trung bình tối đa và tối thiểu hàng ngày được tính từ năm 1990 đến năm 2019, cũng như lượng mưa tích lũy trung bình hàng năm trong khoảng thời gian đó. Các kết quả được thể hiện trong Hình 4, Hình S6, và Hình S7. Nhiệt độ ngày tăng trên cả ba lưu vực, đặc biệt ở lưu vực sông Đồng Nai và lưu vực sông Cả. Ngoài ra, lượng mưa cũng tăng trong trong cả ba lưu vực kể từ năm 1990.

Phân tích xu hướng MK và độ dốc Sen của dữ liệu khí hậu cũng cho thấy sự tăng về lượng mưa trên các lưu vực và tương tự nhiệt độ ngày càng tăng, như thể hiện trong Bảng 2.

Lượng mưa ở lưu vực sông Cả tăng 3.511 mm mỗi năm ở mức ý nghĩa 95%, kể từ năm 1990 (Bảng 2).



Hình 4: Bản đồ không gian phân bố nhiệt độ tối đa và tối thiểu hàng ngày, và lượng mưa tích lũy hàng năm kể từ năm 1990 trên lưu vực sông Hồng Thái Bình– a) Nhiệt độ lớn nhất trung bình trong năm, b) Nhiệt độ nhỏ nhất trung bình trong năm

Bảng 2: Độ dốc xu hướng MK của dữ liệu khí hậu ở các lưu vực Việt Nam từ năm 1990 đến năm 2019.

Độ dốc (Slope/year) và ý nghĩa thống kê (Significance, ** = 95%; *** = 99%)				
	Mưa	Nhiệt độ cao nhất	Nhiệt độ thấp nhất	Nhiệt độ trung bình
Lưu vực sông Cả	3.511**	0.012	0.020***	0.016***
Lưu vực sông Hồng – Thái Bình	1.445	0.011	0.026***	0.019***
Lưu vực Đồng Nai	2.980	0.0245**	0.025***	0.024***

Lượng mưa ở hai lưu vực sông Hồng – Thái Bình, sông Đồng Nai cũng tăng dần nhưng với không có ý nghĩa thống kê. Độ dốc Sen được trình bày trong Bảng 2, một lần nữa xác nhận kết quả xu hướng được trình bày ở nghiên cứu này. Lưu ý rằng "Nhiệt độ cao nhất trung bình hàng năm" trên trục y là giá trị trung bình của nhiệt độ tối đa hàng ngày trong mỗi năm. Tương tự như vậy, "Nhiệt độ tối thiểu hàng năm" là giá trị trung bình của nhiệt độ tối thiểu hàng ngày trong mỗi năm. Nhiệt độ trung bình năm' là tính trung bình của các nhiệt độ trung bình ngày.

Xu hướng dòng chảy

Kết quả phân tích xu hướng dòng chảy MK và độ dốc Sen tại các trạm quan trắc được thể hiện trong Bảng 3 với mức ý nghĩa thống kê 95% và 99%. Kết quả cho thấy lưu lượng nước trung bình hàng năm ở các lưu vực giảm xuống với mức ý nghĩa 95%. Xu hướng này được phát hiện trong mọi khoảng thời gian trong khoảng thời gian từ 20 năm qua. Tại các trạm Lào Cai, Sơn Tây, và Yên Bái (có ý nghĩa thống kê) theo Bảng 3. Điều này có nghĩa tại những trạm này, mức độ giảm lưu lượng dòng chảy nước là đáng kể. Lưu vực sông Đồng Nai, lưu lượng dòng chảy tăng trong các tháng đầu mùa mưa (tháng 4, 5, 6, 7). Điều này có thể đồng nghĩa với việc trong giai đoạn này, lượng mưa tăng và góp phần làm tăng lưu lượng dòng chảy nước trong lưu vực này. Trong giai đoạn mùa mưa, lượng mưa thường tăng do các yếu tố như hệ thống áp thấp nhiệt đới và các hệ thống thời tiết di chuyển vào khu vực. Khi có lượng mưa lớn, nước từ mưa sẽ được cung cấp cho các con sông và lưu vực, từ đó tạo ra sự gia tăng lưu lượng dòng chảy nước. Tương tự, kết quả tìm thấy ở lưu vực sông Cả là lưu lượng dòng chảy nước tăng trong tháng 8 và 9. Lượng mưa trong giai đoạn này có thể góp phần làm tăng lưu lượng dòng chảy nước trong sông Cả và lưu vực liên quan. Thêm vào đó, có thể có các yếu tố khác như sự tăng cường của hệ thống áp thấp nhiệt đới hoặc các yếu tố thời tiết đặc biệt trong khu vực trong tháng 8 và 9, góp phần làm tăng lưu lượng dòng chảy nước. Những yếu tố này có thể tạo ra mưa lớn và làm tăng lượng nước chảy vào sông Cả.

Bảng 3: Xu hướng dòng chảy các lưu vực

Trạm	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12	Trung bình năm
LƯU VỰC SÔNG ĐỒNG NAI													
Cần Đăng	0.054 ***	0.037 ***	0.024 ***	0.032 ***	0.051 **	0.005	-0.01	-0.009	0.114	0.21**	-0.016	0.059 **	0.069 ***
Đại Ngà	-0.022	-0.045 **	-0.013	0.013	0.027	-0.235 **	0.084	-0.21	-0.428 ***	-0.3	0.265 ***	-0.103 *	-0.056
Phú Hiệp	0.525 ***	0.797 ***	1.808 ***	1.662 ***	0.704	0.843 **	1.344 ***	0.144	-1.097	-1.904 ***	-1.253	-0.326	-0.036
Phước Hòa	1.162 ***	0.951 **	2.014 ***	3.021 ***	3.474 ***	2.969 **	0.656	-6.12 ***	-7.066 ***	-3.306 **	2.067 ***	0.172	-0.274
Tà Lài	0.416 *	0.785 ***	1.555 **	2.005 ***	2.841 ***	1.964 **	3.175	-2.516	-6.942 ***	-4.781 ***	-1.984 *	0.188	-0.114
Tà Bao	0.228	0.447 ***	0.812 ***	1.181 ***	1.031 **	-0.281	-0.218	-2.032 ***	-2.608 ***	-2.01 ***	-1.005 ***	-0.412 *	-0.326
Thanh Bình	0.05 ***	0.027 ***	0.034 ***	0.065	0.138	0.063	0.068	0.091	0.118	-0.018	0.04*	0.047 *	0.053 ***
Đắc Nông	0.114 ***	0.094 ***	0.102 ***	0.128 ***	0.234 ***	0.315 ***	0.608 ***	0.599 ***	0.413 ***	0.288 ***	0.217 ***	0.133 ***	0.295 ***
LƯU VỰC SÔNG CẢ													
Hoa Duyệt	1.429 ***	0.47 **	0.3	-0.06	-0.908 *	-0.126	0.541	-0.291	5.107 **	5.045	1.542	1.655***	1.887 *
Mường Xén	0.347 ***	0.26 **	0.329 ***	0.307 ***	0.271 ***	-0.013	-0.323	0.851 ***	0.508 *	-0.178	0.096	0.171*	0.201 *
Nghĩa Khánh	0.495 ***	-0.46 ***	0.456 ***	0.615 ***	-0.538 **	1.394 ***	0.008	1.662 ***	1.497 *	-4.603 ***	-1.185 ***	-0.73 ***	-0.654 ***
Quý Châu	-0.376 *	-0.342 *	-0.273 *	-0.262 *	-0.456 *	-1.119 ***	-0.371	0.733*	0.226	-2.573 ***	-1.162 ***	-0.779 ***	-0.588 ***

Continued on next page

Table 3 continued

Sơn Diệm	0.28 **	-0.047	-0.073	-0.181 **	-0.513 ***	-0.484 ***	-0.016	-0.29	-0.088	0.529	0.579 *	0.113	0.023
Yên Thượng	1.433 ***	1.415 ***	2.247 ***	2.056 ***	0.704	-2.812 *	-0.666	1.824	3.847	-15.427**	-4.588 ***	0.055	-0.301
LƯU VỰC SÔNG HỒNG – THÁI BÌNH													
Chiêm Hóa	4.814 **	4.614 **	1.298 ***	2.852 ***	4.237 ***	4.713 ***	2.589	-5.308	-4.12*	-1.606	-1.593 *	-0.084	0.791
Chu	-0.045 ***	-0.078 ***	-0.065 ***	-0.122 ***	-0.498 ***	-0.593 ***	0.168	1.457 ***	-0.076	-0.43 ***	-0.147 **	-0.067 **	-0.155 **
Đạo Đức	0.035	-0.031	0.268 *	0.161	-0.475 **	-1.868 ***	-2.902 **	-4.062 ***	-3.172 ***	-2.731 ***	-1.383 ***	-0.18	-1.629 ***
Dứa	-0.053	0.292	1.176 **	0.873	0.931	-2.531 ***	-1.222	1.607	2.515	-10.59 ***	-4.041 ***	-1.63 ***	-1.297 *
Ghềnh ga	3.428 **	3.583 ***	0.555	2.314 **	1.08	-2.415	-4.993	-18.955 ***	-12.428 ***	-9.986 ***	-6.884 ***	-2.206 ***	-4.237 ***
Gia Bảy	0.009	-0.056	0.001	-0.062	-0.297 *	-0.793 **	-0.779	0.378	-0.54	-0.623 **	-0.089	0.146	-0.433 *
Hàm Yên	-0.039	-0.231	0.381*	0.458	-1.249 ***	-3.437 **	-1.518	-5.869 ***	-3.705	-3.088 ***	-1.144 *	0.284	-1.971 ***
Hòa Bình	11.025 ***	10.072 ***	6.886	29.061 ***	39.55 ***	-9.402	-48.484	-40.777 ***	-30.633 ***	-23.80 ***	-13.738 ***	-3.948 *	-5.983
Khê Lệch	0.086 **	0.038 *	0.047 **	0.038 ***	-0.014	-0.126 ***	0.045	0.365***	0.128	-0.156 **	-0.053 *	0.02	0.026
Lai Châu	2.593	3.448 **	8.321 ***	9.229 ***	6.046 ***	-9.456	-21.364	-15.712 *	-7.471 **	-8.316 ***	-1.19	2.521	-2.439
Lam Sơn	0.005 ***	0.003 *	0.002*	0.001	0	-0.003	0.011 *	0.055 ***	0.041 ***	0.019 **	0.009 ***	0.006 ***	0.013 ***
Lào Cai	-4.918 ***	-4.223 ***	-3.568**	-3.028	-9.626 ***	-19.47 ***	-40.85 ***	-39.304 ***	-19.619 ***	-21.488 ***	-19.035 ***	-11.198 ***	-16.370 ***

Continued on next page

Table 3 continued

Nam Giang	0.495*	0.137	0.201	0.689	0.698 *	0.194	1.569	-0.273	0.918	-0.205	-0.721	0.191	-0.106
Nậm Mức	0.317	0.316	0.315	0.322	0.224	-0.842	-1.068	-2.005 *	-0.647	-0.075	0.09	0.428	-0.235
Ngòi Hút	0.069	0.041*	0.053 ***	0.063 ***	-0.005	-0.198 ***	-0.007	0.532 ***	0.335 *	-0.191	-0.088	0.02	-0.006
Sơn Tây	22.649 ***	20.134 ***	14.572 ***	30.484 ***	44.867 ***	-26.632 *	-67.96 *	-64.186 ***	-51.235 ***	-45.148 ***	-19.876 ***	-0.112	-12.372 ***
Tà Bu	6.456 ***	6.598 ***	9.758**	13.657 **	19.202 ***	-8.064	-29.136	-25.782 *	-9.812 *	-3.415	1.022	3.175	2.897
Thanh Sơn	0.81 ***	0.629 ***	0.512***	0.594 ***	0.402 ***	-0.208	-0.639	1.598 ***	1.116 **	0.738 ***	0.64 ***	0.689 ***	0.642 ***
Vĩnh Yên	0.013	0.002	0.009	-0.003	0.005	0	0.036	0.19 ***	0.194 **	0.015	0.005	0.012	0.042 **
Vụ Quang	2	2.114	0.861	4.712 *	6.41 **	-2.29	-8.032	-19.405 ***	-16.559 **	-12.345 ***	-7.675 **	-2.948	-3.250
Yến Bái	0.275	-1.112 ***	-0.655	0.147	-1.225	-8.152 ***	-3.941	1.051	-5.724 ***	-12.558 ***	-6.78 ***	-4.187 ***	-4.012 **
Bắc Mê	1.066	-0.527 ***	-0.723 ***	-1.502 ***	-2.239 ***	-1.729	-15.355 ***	0.037	7.85 **	-0.088	1.88	3.045 *	-1.278
BanCung	1.071	1.795	9.609	9.548	4.154	-14.941 ***	-20.324 **	-3.046	0.31	1.391	1.239	3.915 **	-0.263
Bảo Yên	0.008	0.265 *	0.106	0.047	-0.22	-2.519 ***	-1.16	0.929	-0.296	-1.27 ***	-0.968 ***	0.038	-0.442 **
CauPha	-0.091	0.098	1.373	-0.425	1.079	0.856 *	1.428	-1.962 **	0.073	0.461	-1.475	0.411	-0.130
Mù Cang Chải	0.273 ***	0.118 ***	0.114 ***	0.232 ***	0.514 ***	1.287 ***	1.704*	1.655 ***	2.076 ***	0.594 ***	0.18 *	-0.058	0.712 ***
Nà Hừ	0.126 **	0.025	0.042	-0.001	-0.297 ***	-0.432	-1.604 ***	-0.395	0.058	0.174	0	0.061	-0.210 *
QuangCu	0.517 *	0.058	0.096	0.356	-0.329	1.246 **	-0.433	-1.494	1.956	1.404 **	0.166	-0.12 *	0.261
Vĩnh Tuy	9.28 ***	3.55 ***	2.151	11.169 **	18.927	53.233 ***	-69.923	-14.758	16.825	9.79	-2.702	-3.081	-5.084

Các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy

Số lượng các yếu tố được chọn sau khi chạy mô hình hồi quy elastic net là 11 yếu tố (từ 14 yếu tố ban đầu – Bảng 1). 88.6% sự khác biệt (variance) của lưu lượng dòng chảy được giải thích bởi 11 yếu tố trong Bảng 4 với sai số bình phương trung bình là 0.09 (Hình 5)

Ba trong 14 yếu tố bị loại ra khỏi mô hình là do có sự tương quan cao với các yếu tố còn lại đó là nhiệt độ cao nhất trong ngày, nhiệt độ trung bình năm, và độ cao. Trong 11 yếu tố còn lại trong mô hình (Bảng 4), chúng tôi nhận thấy rằng các yếu tố: diện tích tiểu lưu vực, tỷ lệ diện tích mặt nước trong tiểu lưu vực, nhiệt độ thấp nhất trong ngày, và lượng mưa trung bình tích lũy năm là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy ở ban lưu vực sông Đồng Nai, sông Cả, và sông Hồng - Thái Bình. Tương tự, trong nghiên cứu của mình năm 2010 Hirpa và cộng sự cũng đã đưa ra kết luận diện tích tiểu lưu vực là một yếu tố quan trong trong những nghiên cứu về dự báo dòng chảy bề mặt. Kết quả của Mudelsee, 2007 [21], về ảnh hưởng của diện tích lưu vực đến biến động dòng chảy của sông, do các xu hướng phát sinh từ sự khác biệt về khí hậu và cảnh quan. Một nghiên cứu khác của Giafagna và cộng sự (2015) [22] chỉ ra rằng một phương pháp ước lượng dòng chảy đơn giản dựa trên về tỷ lệ diện tích lưu vực là hợp lý và thực sự được ưu tiên để ước tính lượng dòng chảy hàng ngày ở các lưu vực sông ở vùng Catskills, Mỹ.

Mối tương quan giữa nhiệt độ và lưu lượng dòng chảy là tương quan nghịch (Bảng 4), hay nói cách khác lưu lượng dòng chảy sẽ giảm xuống khi nhiệt độ tăng. Điều này có thể giải thích nhiệt độ tăng trong các lưu vực trong giai đoạn nghiên cứu do gây ra sự bốc hơi cao dẫn đến sự suy giảm về lưu lượng nước nói chung. Mối tương quan giữa lượng mưa và lưu lượng dòng chảy là tương quan thuận (Bảng 4) từ năm 1990 đến 2019. [23–25] cũng đã tìm ta mối liên quan tương tự giữa lưu lượng dòng chảy và các yếu tố khí hậu bao gồm nhiệt độ và lượng mưa.

Ngoài các yếu tố về diện tích tiểu lưu vực và khí hậu thì sử dụng đất và độ che phủ đất (LULC) cũng ảnh hưởng đến lượng dòng chảy trong nghiên cứu của chúng tôi. Bản đồ phân loại độ che phủ đất (LULC) được hiển thị trong Hình 2, Hình S3, Hình S4 minh họa độ che phủ đất phổ biến trên các lưu vực vào năm 2019. Điều quan trọng cần lưu ý là bản đồ LULC chỉ liên quan đến chế độ thủy văn gần đây của các lưu vực ở Việt Nam, các dữ liệu LULC quá khứ không có sẵn. Kết quả phân tích hồi quy của nghiên cứu này cho thấy sự gia tăng về tỷ lệ diện tích đất nông nghiệp và đất đô thị làm giảm lưu lượng dòng chảy (Bảng 4). Hoạt động của con người là nguyên nhân chính gây ra những thay đổi trong sử dụng đất và độ che phủ đất. Việc mở rộng các khu dân cư và con người cần nhiều không gian sống hơn, điều này có thể dẫn đến giảm diện tích thảm thực vật. Nhu cầu liên tục về không gian và các tài nguyên thiên nhiên khác có thể dẫn đến việc người dân chuyển đến và định cư ở các khu vực có rừng, dẫn đến suy thoái rừng.

Ngoài ra, việc mở rộng đất canh tác cũng làm giảm độ che phủ rừng ảnh hưởng đến tính chất của lớp đất mặt khiến cho độ che phủ thấp hơn. Tính thấm và độ thấm ít hơn do tỷ lệ lượng mưa chuyển thành dòng chảy bề mặt ngày càng tăng trong khi lưu lượng dòng chảy đang giảm đi. Kundu và cộng sự. (2017) [26] cho rằng việc tăng đất nông nghiệp sẽ làm tăng nhu cầu về nước, làm giảm lưu lượng dòng chảy. Một thực tế được công nhận rõ ràng là tác động của sự thay đổi LULC là rất nhỏ khi được xem xét tổng thể theo không gian và thời gian [27], trong khi ở quy mô tiểu lưu vực, tác động của sự thay đổi sử dụng đất động lên chế độ thủy văn. phản ứng trở nên rõ ràng hơn [28].

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, đã tiến hành phân tích xu hướng cho dữ liệu lưu lượng nước và khí hậu trong ba lưu vực sông Hồng Thái Bình, Sông Cả và Sông Đồng Nai bằng cách sử dụng phép kiểm định MK và phương pháp bình phương tối thiểu. Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ nhiều vị trí khác nhau trong ba lưu vực trên, với khoảng thời gian từ năm 1990 đến 2019.

1.Xu hướng lượng mưa: Dựa trên các phân tích thống kê, lượng mưa tăng có ý 3.541mm/năm ($p<0.001$) trên lưu vực sông Cả. Lượng mưa trên Sông Hồng Thái Bình và Sông Đồng Nai cũng tăng lần lượt (1.44mm/năm và 2.98mm/năm) những không có ý nghĩa thống kê trong suốt giai đoạn nghiên cứu.

2. Xu hướng nhiệt độ: Dựa trên kết quả phân tích xu hướng, nhiệt độ trên cả ba lưu vực tăng có ý nghĩa.

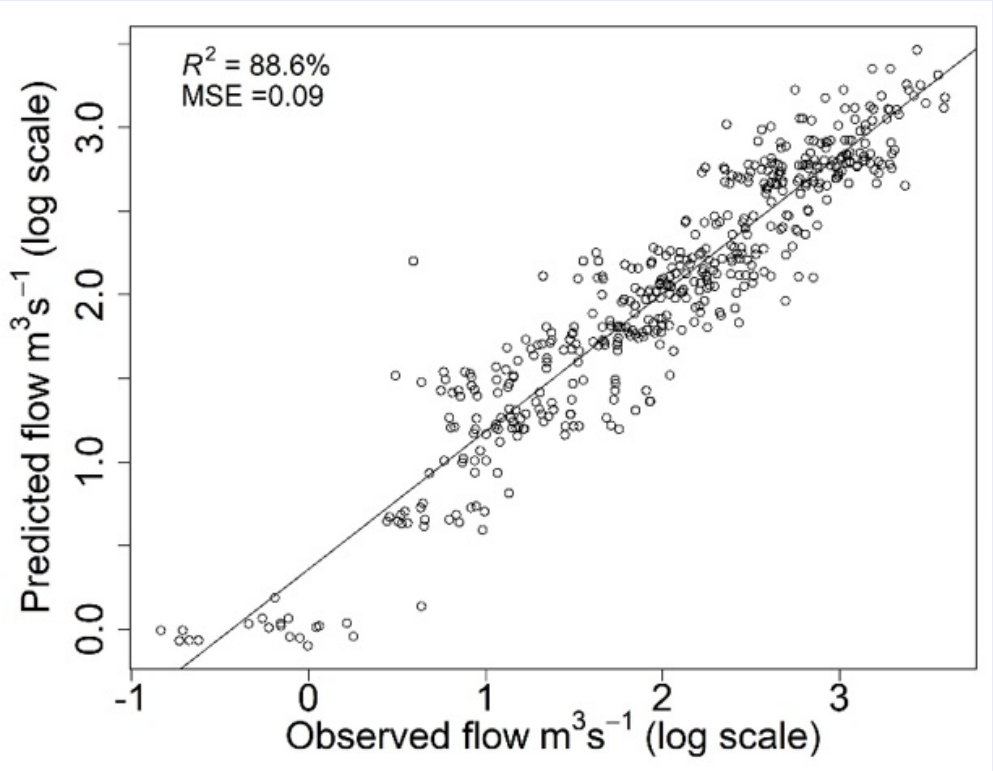
3. Xu hướng lưu lượng dòng chảy: Các kết quả phân tích cho thấy có xu hướng lưu lượng dòng chảy có xu hướng giảm trên ba lưu vực. Tuy nhiên, mô hình xu hướng này có thể không nhất quán trên toàn bộ các trạm quan trắc trong từng lưu vực.

4. Các yếu tố: diện tích tiểu lưu vực, tỷ lệ diện tích mặt nước trong tiểu lưu vực, nhiệt độ thấp nhất trong ngày, và lượng mưa trung bình tích lũy năm là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy ở ban lưu vực sông Đồng Nai, sông Cả, và sông Hồng - Thái Bình

Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ mới xét đến 3 lưu vực ở Việt Nam, phương pháp nghiên cứu này có thể được ứng dụng trong các nghiên cứu tiếp theo cho các lưu

Bảng 4: Các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy và hệ số trong mô hình

Biến	Hệ số	Biến	Hệ số
Intercept	-2.79e+00	Tỷ lệ diện tích đất nông nghiệp	-2.53e-03
Nhiệt độ nhỏ nhất	-1.85e-02	Tỷ lệ diện tích đất đô thị	-6.01e-02
Lượng mưa trung bình năm	3.23e-01	Tỷ lệ diện tích rừng	3.68e-03
Độ dốc	6.81e-04	Tỷ lệ diện tích mặt nước	3.63e-01
Số lượng đập	-5.36e-05	Tính chất đất	3.23e-03
Khả năng hoạt động của đập (dam of capacity)	-1.57e-05	Diện tích tiểu lưu vực	7.57e-01



Hình 5: Lưu lượng dự báo bằng mô hình tuyến tính elastic net và lưu lượng quan trắc trên 3 lưu vực sông

vực khác của Việt Nam. Ngoài ra, phương trình hồi quy tìm thấy trong nghiên cứu có thể áp dụng để dự đoán lưu lượng dòng chảy trong các viễn cảnh biến đổi khí hậu.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả không có xung đột lợi ích với cá nhân hay tổ chức nào liên quan đến bài nghiên cứu

ĐÓNG GÓP CỦA NHÓM TÁC GIẢ

T.D.H.L, L.M.H, N.L.T.D đóng góp vào việc thu thập dữ liệu, trích xuất dữ liệu; phân tích và giải thích dữ liệu, soạn thảo bài báo và sửa đổi bản thảo. Đ.X.H: đã giúp soạn thảo bản thảo và chỉnh sửa. L.H.T: đã giúp soạn thảo bản thảo và chỉnh sửa. P.T.H: tham gia phân tích dữ liệu địa lý. Đ.V.B: đã giúp soạn thảo bản thảo và chỉnh sửa. N.Q.B: đã giúp soạn thảo bản thảo và chỉnh sửa .Tất cả các tác giả đã phê duyệt cuối cùng để xuất bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wolfe BB, Humphries MM, Prowse TD, Balasubramaniam AM, Hall RI, Edwards TW, et al. Impacts of climate and river flooding on the hydro-ecology of a floodplain basin, Peace-Athabasca Delta, Canada since A.D. 1700. Quat Res. 2005;64(2):147-62;Available from: https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.05.001.
2. Hodgkins GA, Dudley RW, Archfield SA. Climate-driven variability in the occurrence of major floods across North America and Europe. J Hydrol. 2017;552:704-17;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.027.
3. Blöschl G, Hall J, Parajka J, Perdigão RA, Merz B, Arheimer B, et al. Changing climate shifts timing of European floods. Science. 2017;357(6351):588-90;PMID: 28798129. Available from: https://doi.org/10.1126/science.aan2506.
4. Gudmundsson L, Seneviratne SI, Zhang X. Anthropogenic climate change detected in European renewable freshwater resources. Nat Clim Chang. 2017;7(11):813-6;Available from: https://doi.org/10.1038/nclimate3416.
5. Hannaford J, Buys G, Stahl K, Tallaksen LM. The influence of decadal-scale variability on trends in long European streamflow records. Hydrol Earth Syst Sci. 2013;17(7):2717-33;Available from: https://doi.org/10.5194/hess-17-2717-2013.
6. Fooladi M, Golmohammadi MH, Safavi HR, Mirghafari R, Akbari H. Trend analysis of hydrological and water quality variables to detect anthropogenic effects and climate variability on a river basin scale: A case study of Iran. J Hydro-Environ Res. 2021;34:11-23;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jher.2021.01.001.
7. Tananaev NI, Makarieva OM, Lebedeva LS. Trends in annual and extreme flows in the Lena River basin, Northern Eurasia. Geophys Res Lett. 2016;43(20):10,764-72;Available from: https://doi.org/10.1002/2016GL070796.
8. Alkama R, Decharme B, Douville H, Ribes A. Trends in global and basin-scale runoff over the late twentieth century: Methodological issues and sources of uncertainty. J Clim. 2011;24(12):3000-14;Available from: https://doi.org/10.1175/2010JCLI3921.1.
9. Jaramillo F, Destouni G. Local flow regulation and irrigation raise global human water consumption and footprint. Science. 2015;350(6265):1248-51;PMID: 26785489. Available from: https://doi.org/10.1126/science.aad1010.
10. Do HX, Westra S, Leonard M. A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. J Hydrol. 2017;552:28-43;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.06.015.
11. Svensson C, Kundzewicz WZ, Maurer T. Trend detection in river flow series: 2. Flood and low-flow index series / Détection de tendance dans des séries de débit fluvial: 2. Séries d'indices de crue et d'étiage. Hydrol Sci J. 2005;50(5):824-32;Available from: https://doi.org/10.1623/hysj.2005.50.5.811.
12. Milly PC, Dunne KA, Vecchia AV. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. Nature. 2005;438(7066):347-50;PMID: 16292308. Available from: https://doi.org/10.1038/nature04312.
13. Holmgren P. Multiple flow direction algorithms for runoff modelling in grid based elevation models: An empirical evaluation. Hydrol Process. 1994;8(4):327-34;Available from: https://doi.org/10.1002/hyp.3360080405.
14. Metz M, Mitasova H, Harmon RS. Efficient extraction of drainage networks from massive, radar-based elevation models with least cost path search. Hydrol Earth Syst Sci. 2011;15(2):667-78;Available from: https://doi.org/10.5194/hess-15-667-2011.
15. Mann HB. Nonparametric tests against trend. Econometrica. 1945;13(3):245-59;Available from: https://doi.org/10.2307/1907187.
16. Zou H, Hastie T. Regularization and variable selection via the elastic net. J R Stat Soc Series B Stat Methodol. 2005;67(2):301-20;Available from: https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2005.00503.x.
17. Hoerl AE, Kennard RW. Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems. Technometrics. 1970;12(1):55-67;Available from: https://doi.org/10.1080/00401706.1970.10488634.
18. Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. New York: Springer; 2009;Available from: https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7.
19. Bühlmann P, Van De Geer S. Statistics for high-dimensional data: methods, theory and applications. Springer; 2011. doi:10.1007/978-3-642-20192-9;Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-20192-9.
20. Tutz G, Ulbricht J. Penalized regression with correlation-based penalty. Stat Comput. 2009;19(3):239-53;Available from: https://doi.org/10.1007/s11222-008-9088-5.
21. Mudelsee M. Long memory of rivers from spatial aggregation. Water Resour Res. 2007;43(1);Available from: https://doi.org/10.1029/2006WR005721.
22. Gianfagna CC, Johnson CE, Chandler DG, Hofmann C. Watershed area ratio accurately predicts daily streamflow in nested catchments in the Catskills, New York. J Hydrol Reg Stud. 2015;4:583-94;Available from: https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.09.002.
23. Cherinet AA, Alemayehu T, Demissie TA, Moges SA, Tigabu AT, Ayana EK. Climate trends of temperature, precipitation and river discharge in the Abbay River Basin in Ethiopia. J Water Resour Prot. 2019;11(10):1292-311;Available from: https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.1110075.
24. Yang ZF, Yan Y, Liu Q. The relationship of streamflow-precipitation-temperature in the Yellow River Basin of China during 1961-2000. Procedia Environ Sci. 2012;13:2336-45;Available from: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.222.
25. Gentilucci M, Djouohou SI, Barbieri M, Hamed Y, Pambianchi G. Trend analysis of streamflows in relation to precipitation: A case study in Central Italy. Water. 2023;15(8):1586;Available from: https://doi.org/10.3390/w15081586.
26. Kundu S, Khare D, Mondal A. Past, present and future land use changes and their impact on water balance. J Environ Manage. 2017;197:582-96;PMID: 28431371. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.018.
27. Fohrer N, Haverkamp S, Eckhardt K, Frede HG. Hydrologic response to land use changes on the catchment scale. Phys Chem Earth Parts A/B/C. 2001;26(7-8):577-82;Available from: https://doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00052-1.
28. Aghsaei H, Sadeghi SH, Seifollahi-Aghmiuni S, Karimi F, Noori R, Kalantari Z. Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. Sci Total Environ. 2020;712:136449;PMID: 32050376. Available from: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136449.

Science & Technology Development Journal – Science of The Earth & Environment 2024, ():1-1

Open Access Full Text Article

Research Article

Long-term trend analysis of climate factors and their impacts on flows in some river basins in Vietnam

Le Trong Dieu Hien[1,*], Nguyen Le Tan Dat[2], Le Manh Hung[3], Do Xuan Hong[4], Le Hoang Tu[5], Pham Thanh Hung[6], Doan Van Binh[7], Nguyen Quang Binh[6]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Basins in Vietnam recently, have experienced the changes in climate that could have impacts on water resources in these basins. Therefore, it is important to study long-term trends in water flows as well as their influencing factors, such as temperature and precipitation. This study focuses on analyzing long-term trends of water flows in three basins of Vietnam including: Dong Nai, Ca, and Hon -Thai Binh rivers. Water flows data from 44 hydrological stations provided by the national hydro-meteorological forecasting center were analyzed using the Mann-Kendall test and Sen'slope. Additionally, climate data were analyzed for the period 1990–2019. Trend analysis was performed on water flow data at monthly, seasonal, and yearly scales. Overall temperatures and precipitation across the basins have increased since 1990, whereas stream-flows have tended to decrease across the three basins. However, this trend pattern may not be consistent across all monitoring stations within each basin.

Key words: flows, Mann-Kendall, elastic net, trend

[1]*Program of Environmental Resources and Management, Thu Dau Mot University, Binh Duong, Viet nam*

[2]*Program of Land Management, Thu Dau Mot University, Binh Duong, Vietnam*

[3]*Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, USA*

[4]*Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam*

[5]*Research Center for Climate change, Nong Lam Univeristy, Ho Chi Minh city, Viet Nam*

[6]*The University of Da Nang – Univeristy of Science and Technology, Da Nang, Vietnam*

[7]*Engineering Faculty, Vietnam – German University, Vietnam*

Correspondence

Le Trong Dieu Hien, Program of Environmental Resources and Management, Thu Dau Mot University, Binh Duong, Viet nam

Email: hienltd@tdmu.edu.vn

Cite this article : Hien L T D, Dat N L T, Hung L M, Hong D X, Tu L H, Hung P T, Binh D V, Binh N Q. **Long-term trend analysis of climate factors and their impacts on flows in some river basins in Vietnam**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2024; ():1-1.