

Bài báo khoa học

Đánh giá xu hướng biến động mưa trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn giai đoạn 1978-2020

Nguyễn Thành Long^{1*}, Nguyễn Tú Anh¹, Đỗ Thị Ngọc Bích¹, Lê Văn Linh¹, Hoàng Thị Thảo¹, Nguyễn Hoàng Bách¹, Hoàng Bích Ngọc¹, Phạm Lan Anh¹

¹ Viện Khoa học Tài nguyên nước; longnt.works@gmail.com; tuanhevp@gmail.com; bichdam555@gmail.com; linhlevan6527@gmail.com; thaohoang0602@gmail.com; bachnh46@wru.vn; ngocbhoang22@gmail.com; plananh.151199@gmail.com

*Tác giả liên hệ: longnt.works@gmail.com; Tel.: +84-948451652

Ban Biên tập nhận bài: 9/10/2023; Ngày phản biện xong: 3/11/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2024

Tóm tắt: Bài báo trình bày những kết quả thống kê, tính toán và kiểm định phi tham số Mann-Kendall để phân tích xu thế mưa tại 16 trạm đo thuộc lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong giai đoạn từ năm 1978 đến năm 2020. Kết quả cho thấy xu thế gia tăng lượng mưa theo mùa (mùa khô và mùa mưa) và theo cả năm trên phạm vi toàn lưu vực. Cụ thể hơn, trong cả năm, giá trị phi tham số S mức độ ý nghĩa 95% tại tất cả các trạm đều biểu thị xu hướng tăng. Trong đó, trạm Hiên là trạm ghi nhận sự biến động lượng mưa lớn nhất khi tăng 0,978% (trong cả năm) và tăng 0,758% (vào mùa mưa). Chỉ xét riêng sự biến động vào mùa khô, trạm Khâm Đức cho thấy sự thay đổi rõ rệt nhất khi lượng mưa gia tăng 2,138%. Bài báo cũng đã thực hiện tính toán xu thế Sen cho các xu thế mưa toàn lưu vực vào các giai đoạn được thống kê. Những kết quả nghiên cứu đã góp phần tính toán xu thế biến động về lượng nước đến lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong giai đoạn 1978-2020, mang ý nghĩa thực tiễn trong quản lý và phân bổ tài nguyên nước hợp lý cho các nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực.

Từ khóa: Xu thế mưa; Phi tham số Seasonal Mann- Kendall; Xu thế Sen.

1. Giới thiệu

Biến đổi khí hậu là sự biến đổi đáng kể về mức trung bình của khí hậu tồn tại qua nhiều thập kỷ hoặc thậm chí trong thời gian dài hơn, có ảnh hưởng rõ nét đến tất cả các khu vực trên thế giới. Những thay đổi về khí hậu kéo theo những biến chuyển rõ ràng về các đặc điểm khí tượng theo từng năm, do đó, kết quả đánh giá xu hướng biến động của từng yếu tố khí tượng đơn lẻ sẽ phản ánh trực tiếp những xu thế biến đổi khí hậu trong phạm vi khu vực và trên thế giới [1–3].

Lượng mưa thường được sử dụng như một đại lượng để kiểm tra các biến đổi của khí hậu và các kiểu thời tiết, có vai trò quan trọng trong việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với cả môi trường tự nhiên và quá trình phát triển kinh tế xã hội. Tiến hành nghiên cứu và phân tích về sự thay đổi dài hạn của lượng mưa cùng các mô hình thuộc tính cho phép đánh giá tần suất các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt, hạn hán, từ đó hỗ trợ hiệu quả việc xây dựng các chiến lược giảm thiểu và kiểm soát rủi ro liên quan đến thiên tai xảy ra trên lưu vực. Có thể thấy, những kết quả phân tích đánh giá phân bố và sự thay đổi của mưa theo không gian và thời gian quyết định đến sự phát triển bền vững của kinh tế - xã hội và các hệ sinh thái, đặc biệt trong bối cảnh những tác động của biến đổi khí hậu đang ngày một rõ rệt. Mưa thường được sử dụng để nghiên cứu các biến động của khí hậu và

thời tiết, và là một trong những yếu tố quan trọng nhất trong đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến môi trường sinh thái và các hoạt động phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực. Nghiên cứu, xem xét các thay đổi của mưa (và nhiệt độ) trong thời gian dài cùng với các đặc trưng, xu hướng biến đổi của mưa sẽ cho phép xem xét tần suất xuất hiện của các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt, hạn hán, ngập lụt đô thị. Do đó, phân tích đánh giá phân bố và sự thay đổi của mưa theo không gian và thời gian là yếu tố then chốt quyết định đến sự phát triển bền vững của kinh tế - xã hội, của các hệ sinh thái cũng như trợ giúp cho việc đề xuất các giải pháp nhằm giảm thiểu và quản lý rủi ro thiên tai do lũ lụt và hạn hán xảy ra trên lưu vực, nhất là trước những thách thức và tác động của biến đổi khí hậu.

Rất nhiều nghiên cứu về sự biến đổi lượng mưa trên toàn cầu và khu vực đã được công bố [4–17], các con số thống kê đã cho thấy rằng tổng lượng mưa và các đặc điểm mưa khác đã thay đổi rất nhiều, đặc biệt là tần suất mưa lớn hơn, ngay cả khi lượng mưa trung bình không thay đổi nhiều. Ngoài ra, trong thế kỷ 20, hạn hán đã tăng lên, và các nghiên cứu sử dụng chỉ số đo mức độ hạn hán Palmer (PDSI) đã phát hiện ra rằng từ những năm 1970 đến nay, số lượng đất khô trên toàn cầu đã tăng gấp đôi [18].

Các tác giả Isidore và Joseph trong nghiên cứu của mình đã phân tích diễn biến lượng mưa từ năm 1990 đến năm 2020 ở Burkina Faso (Tây Phi) thông qua việc thu thập và chuẩn hóa dữ liệu về lượng mưa hàng tháng thu thập từ Cơ quan Khí tượng Quốc gia Burkina Faso [19]. Nghiên cứu đã cho thấy tổng lượng mưa hàng năm tại quốc gia này đang tăng lên trong khoảng thời gian từ năm 1990 đến năm 2020, được thể hiện bằng các giai đoạn mùa khô và mùa mưa xen kẽ. Hơn nữa, lượng mưa tập trung nhiều hơn vào một số tháng (tháng 7, tháng 8, tháng 9) ở khu vực phía Bắc do chỉ số tập trung lượng mưa ($RCI \geq 25\%$) trong khoảng thời gian từ 1990 đến 2020 và lượng mưa trải đều hơn ở các vùng vài tháng (tháng 5, 6, 7, 8, 9, 10) ở khu vực Tây Nam Bộ, do RCI dao động trong khoảng 18,13% đến 19,09%, ngoại trừ thập kỷ 2000-2010 khi RCI là 20,3%.

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây cũng đã có nhiều nghiên cứu về đặc điểm và xu thế biến đổi của lượng mưa, với đa dạng các phương pháp sử dụng có thể kể đến như phương trình hồi quy tuyến tính, xu thế Sen và kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall. Trong năm 2021, nghiên cứu [20] đã ứng dụng các phương pháp phân tích kể trên nhằm nghiên cứu đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa ngày tại đảo Phú Quốc. Các kết quả cho thấy, theo phân tích hồi quy tuyến tính, lượng mưa khu vực biến động không nhiều, mùa mưa và cả năm lượng mưa đang có xu hướng giảm, còn lượng mưa trong mùa khô có xu hướng tăng lên. Theo biểu đồ biểu diễn xu thế Sen thì tháng 7 có xu hướng tăng mạnh nhất, trong khi tháng 8 có xu hướng giảm mạnh nhất.

Năm 2022, nhóm tác giả Lê Thị Thu Hiền, Phạm Văn Chiến cũng đã thực hiện nghiên cứu đánh giá xu hướng biến động mưa trên lưu vực sông Cả trong giai đoạn 1959-2016 [21]. Thông qua sử dụng dữ liệu mưa thực đo tại 8 trạm kết hợp cùng phân tích thống kê và kiểm định Mann-Kendall, nghiên cứu đã cho kết quả thể hiện rằng lượng mưa tháng có xu hướng giảm từ -0,06 đến -3,21 mm/tháng tại vùng thượng và hạ lưu, từ -0,01 đến -1,15 mm/tháng tại vùng trung lưu. Xu hướng giảm không chỉ xuất hiện trong các tháng mùa khô từ tháng 5-11 mà còn xảy ra ở các tháng mùa mưa như tháng 6. Lượng mưa tháng có xu hướng gia tăng trong tháng 7, với giá trị lên đến 3,80 mm/tháng.

Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn là một trong những hệ thống sông lớn của Việt Nam, đóng góp rất lớn vào sự phát triển văn hóa - kinh tế - xã hội trong toàn khu vực. Tuy vậy, do đặc điểm địa hình và chịu ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu nên khu vực nghiên cứu có lượng mưa lớn hơn nhiều so với các lưu vực lân cận, gia tăng nguy cơ xảy ra lũ lụt, có thể gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Do đó, việc thực hiện nghiên cứu, đánh giá xu thế biến động mưa vô cùng cần thiết và có ý nghĩa lớn cho quản lý tài nguyên nước, phát triển kinh tế và đảm bảo an sinh xã hội cho lưu vực.

Thông qua việc kết hợp một số phương pháp khác nhau như: phương trình hồi quy tuyến tính, phương pháp đánh giá xu thế Sen và kiểm định phi tham số Seasonal Mann-

Kendall, bài báo này công bố các kết quả đánh giá về xu thế biến đổi của lượng mưa tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn giai đoạn từ năm 1978 đến năm 2020 dựa trên các số liệu thực đo tại các trạm trên lưu vực.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

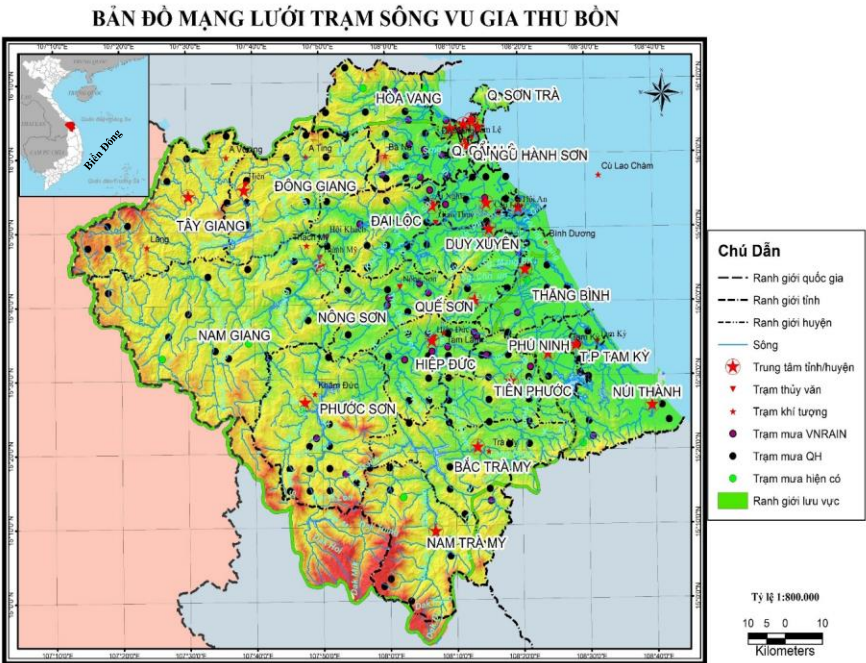
2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu đầu vào

Bài báo thực hiện nghiên cứu tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn, khu vực địa phận tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng. Nghiên cứu cũng lựa chọn thu thập số liệu tại 16 trạm đo mưa thuộc lưu vực sông tại các địa điểm: Ái Nghĩa, Cẩm Lệ, Câu Lâu, Đà Nẵng, Giao Thủy, Hiên, Hiệp Đức, Hội An, Hội Khách, Khâm Đức, Nông Sơn, Quế Sơn, Tam Kỳ, Thành Mỹ, Tiên Phước, Trà My. Vị trí và yếu tố đo của từng trạm được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1. Số liệu được sử dụng trong nghiên cứu là số liệu lượng mưa ngày (lượng mưa theo ngày) tại các trạm đo mưa trong giai đoạn từ năm 1978-2020, đã được xử lý phân tích thành các chuỗi mưa tháng, năm.

Bảng 1. Thống kê các trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn.

TT	Trạm	Yếu tố đo	Vĩ độ	Kinh độ
1	Đà Nẵng	X, T, U, Z, V	16°02'	108°11'
2	Trà My	X, T, U, Z, V	15°21'	108°13'
3	Tam Kỳ	X, T, U, Z, V	15°33'	108°30'
4	Tiên Phước	X	15°29'	108°18'
5	Hiên	X	15°55'	107°39'
6	Quế Sơn	X	15°42'	108°13'
7	Khâm Đức	X	15°26'	107°47'
8	Ái Nghĩa	X	15°53'	108°07'
9	Cẩm Lệ	X	16°00'	108°02'
10	Câu Lâu	X	15°51'	108°17'
11	Giao Thủy	X	15°48'	108°01'
12	Hội An	X	15°52'	108°20'
13	Hội Khách	X	15°49'	107°49'
14	Nông Sơn	X	15°42'	108°03'
15	Sơn Tân (Hiệp Đức)	X	16°06'	108°13'
16	Thành Mỹ	X	15°46'	107°50'

Trong đó X là lượng mưa, T là nhiệt độ, U là số giờ nắng, Z là bốc hơi, V là tốc độ gió.

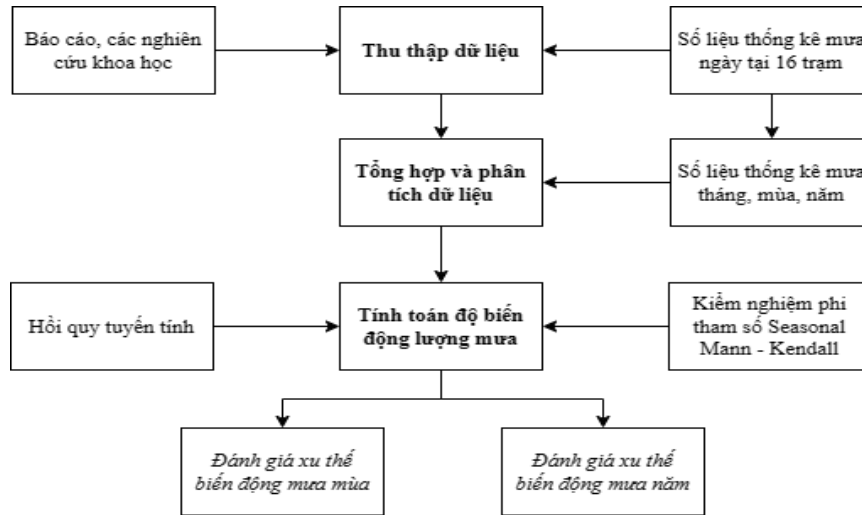


Hình 1. Bản đồ mạng lưới trạm sông Vu Gia - Thu Bồn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

a) Phương pháp luận

Nghiên cứu sẽ tiến hành tổng hợp và phân tích các dữ liệu về lượng mưa (theo ngày) đã được thu thập từ các trạm đo trên lưu vực sông, từ đó xây dựng dữ liệu nền là lượng mưa theo tháng, theo mùa và theo năm để thực hiện kiểm nghiệm xu hướng biến động. Mục đích của phân tích xu thế biến đổi của chuỗi số liệu theo thời gian là xác định các biến đổi của một biến ngẫu nhiên là tăng hay giảm theo thời gian hay xác suất phân bố thay đổi theo thời gian. Trong nghiên cứu này, các phương pháp hồi quy tuyến tính, kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall (SMK), xu thế Sen đã được áp dụng. Trình tự thực hiện của nghiên cứu được sơ đồ hóa trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ quy trình thực hiện nghiên cứu.

b) Kiểm nghiệm phi tham số SMK (Seasonal Mann-Kendall)

Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số SMK được phát triển nhằm mục đích [23–25] kiểm tra xu hướng đơn điệu của biến quan tâm khi dữ liệu được thu thập theo thời gian dự kiến sẽ thay đổi theo cùng một hướng (lên hoặc xuống) trong một hoặc nhiều mùa. SMK được áp dụng cho chuỗi dữ liệu theo tháng, theo mùa, đặc biệt SMK không nhạy cảm đối với các trường hợp bị thiếu dữ liệu và dữ liệu lỗi [26].

Thống kê SMK được định nghĩa như sau:

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (1)$$

Trong đó N là số lượng điểm dữ liệu. Giả sử $(x_j - x_i) = \theta$, giá trị của $\text{sgn}(\theta)$ được tính như sau:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} +1, & \theta > 0 \\ 0, & \theta = 0 \\ -1, & \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Thống kê này thể hiện số chênh lệch dương trừ đi số chênh lệch âm cho tất cả các khác biệt được xem xét. Đối với các mẫu lớn ($N > 10$), phép thử được tiến hành sử dụng phân phối chuẩn với giá trị trung bình và phương sai như sau:

$$E[S] = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_{k=1}^n t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad (3)$$

Trong đó n là số lượng nhóm bị ràng buộc (chênh lệch bằng 0 giữa các giá trị được so sánh) và t_k là số lượng điểm dữ liệu trong nhóm ràng buộc thứ k . Khi đó độ lệch chuẩn (thống kê Z) được tính như sau:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Giá trị của Z được tính toán và nếu giá trị nằm trong giới hạn $\pm 1,96$ thì giả thuyết về việc không có xu hướng trong chuỗi không thể bị bác bỏ ở mức độ tin cậy 95%.

c) Xu thế Sen (Sen's slope)

Độ lớn của xu hướng trong chuỗi thời gian có thể được xác định bằng phương pháp phi tham số được gọi là công cụ ước tính Sen (hay xu thế Sen). Phương pháp này giả định một xu hướng tuyến tính trong chuỗi thời gian. Trong phương pháp này, độ dốc (T_i) của tất cả các cặp dữ liệu được tính như sau:

$$T_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (5)$$

Trong đó $i = 1, 2, 3, \dots, N$; x_j và x_k lần lượt là các giá trị dữ liệu tại thời điểm j và k ($j > k$). Trung vị của các giá trị N này của T_i cho ra ước lượng độ dốc (Q) của Sen. Giá trị dương của Q biểu thị xu hướng tăng và giá trị âm biểu thị xu hướng giảm trong chuỗi thời gian, với cách tính như sau:

$$Q = \begin{cases} Q_{(N + \frac{1}{2})}, & N \text{ lẻ} \\ \frac{Q_{(\frac{N}{2})}}{2} + Q_{(\frac{N+2}{2})}, & N \text{ chẵn} \end{cases} \quad (6)$$

3. Kết quả

3.1. Xu hướng thay đổi mưa năm

Kết quả kiểm định SMK xu thế lượng mưa tại các trạm đo trên lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn được thể hiện trong Bảng 2. Theo đó, kết quả kiểm định tham số SMK cho giá trị $S > 0$ ở tất cả các trạm đo mưa, điều này chứng tỏ lượng mưa ở lưu vực sông có xu hướng chung đều gia tăng theo thời gian. Theo số liệu tính toán, lượng mưa trung bình năm tại khu vực là 2630,8mm và thống kê cho thấy có 6/16 trạm ghi nhận lượng mưa trung bình hàng năm cao hơn mức này bao gồm trạm Hiệp Đức, Khâm Đức, Nông Sơn, Tam Kỳ, Tiên Phước và Trà My. Trạm ghi nhận lượng mưa trung bình năm lớn nhất là Trà My (đạt 4165,98 mm), trong khi trạm có lượng mưa ít nhất là Hội Khách (1692,77 mm).

So sánh số liệu tính toán với báo cáo Quy hoạch thủy lợi tỉnh Quảng Nam [22], số liệu tính toán là hoàn toàn trùng khớp. Cụ thể hơn theo báo cáo, lượng mưa hàng năm trên lưu vực sông từ 2.000-4.000 mm và được phân bố dựa theo đặc điểm địa hình tại từng khu vực, với từ 3.000-4.000 mm ở vùng núi cao (Trà My, Tiên Phước); từ 2.500-3.000 mm ở vùng núi trung bình (Khâm Đức, Nông Sơn, Quế Sơn) và từ 2.000-2.500 mm ở các vùng núi thấp và đồng bằng ven biển (Tây Giang, Đông Giang, Ba Na, Hội Khách, Ái Nghĩa, Giao Thủy, Hội An, Đà Nẵng).

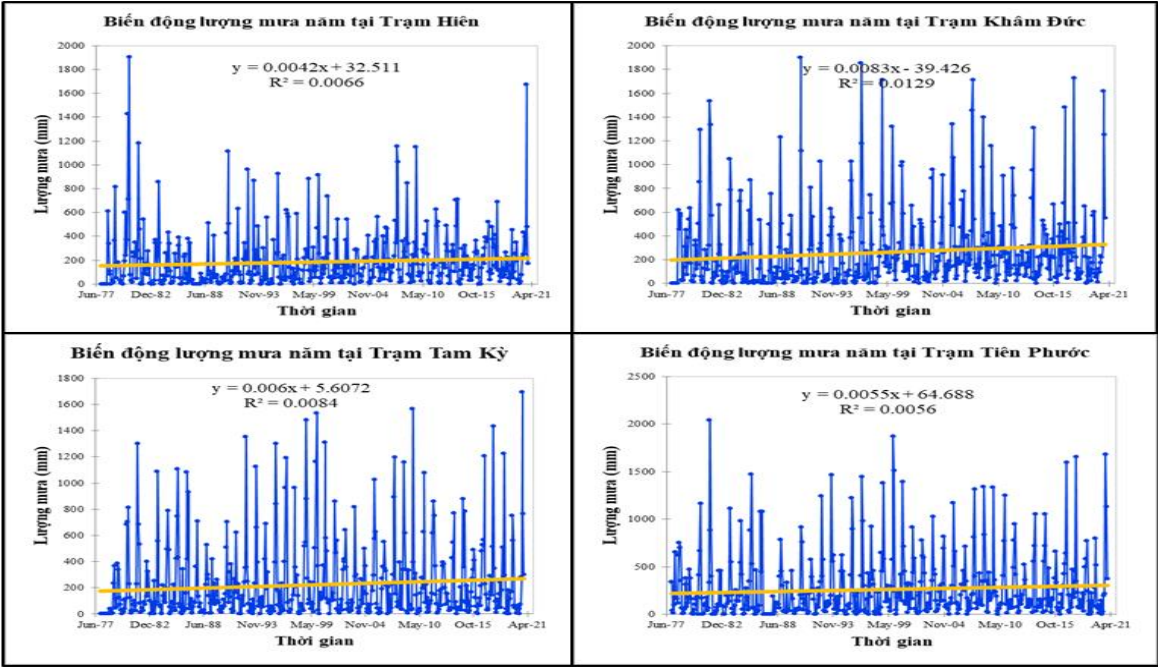
Bảng 2. Các đặc trưng thống kê của lượng mưa năm.

Trạm	Lượng mưa trung bình năm (mm)	SMK (S)	Sen's slope	Độ thay đổi (%)
Trạm Ái Nghĩa	2428,86	456	0,458	0,227
Trạm Cẩm Lệ	2231,78	749	0,325	0,175*
Trạm Câu Lâu	2164,84	773	0,471	0,261*
Trạm Đà Nẵng	2381,88	534	0,496	0,25

Trạm	Lượng mưa trung bình năm (mm)	SMK (S)	Sen's slope	Độ thay đổi (%)
Trạm Giao Thủy	2476,04	78	0,367	0,178
Trạm Hiên	2216,52	2063	1,807	0,978***
Trạm Hiệp Đức	3047,13	753	1,187	0,467*
Trạm Hội An	2214,96	452	0,252	0,136
Trạm Hội Khách	1962,77	1107	0,917	0,56**
Trạm Khâm Đức	3160,71	2202	1,749	0,664***
Trạm Nông Sơn	2985,83	685	0,543	0,218*
Trạm Quế Sơn	2482,22	220	0,189	0,092
Trạm Tam Kỳ	2692,46	1340	1,405	0,626***
Trạm Thành Mỹ	2302,52	523	0,480	0,25
Trạm Tiên Phước	3178,38	1377	1,355	0,512***
Trạm Trà My	4165,98	455	0,880	0,254

Chú thích: * ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,05$); ** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,01$); *** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,001$).

Theo tính toán, giá trị phi tham số $S > 0$ ở tất cả các trạm, biểu hiện cho xu hướng gia tăng chung về lượng mưa của toàn lưu vực. Xét điều kiện thỏa mãn mức ý nghĩa khi $p < 0,05$, thống kê cho thấy có 9 trạm thỏa mãn điều kiện này, chiếm 56,25%. Trong đó, có 4 trạm có mức ý nghĩa rất cao với $p < 0,001$ (bao gồm các trạm Hiên, Khâm Đức, Tam Kỳ và Tiên Phước); 1 trạm có mức ý nghĩa cao với $p < 0,01$ (trạm Hội Khách) và 4 trạm có mức ý nghĩa $p < 0,05$ (bao gồm các trạm Cẩm Lệ, Câu Lâu, Hiệp Đức và Nông Sơn). Trong số 9 trạm kể trên, độ biến động trung bình đạt 0,464%; với giá trị thấp nhất tại trạm Cẩm Lệ (0,175%) và giá trị cao nhất tại trạm Hiên (0,978%). Cũng theo tính toán, trạm Hiên là trạm có giá trị xu thế Sen cao nhất là 1,807 cùng với giá trị tham số S đạt 2063.

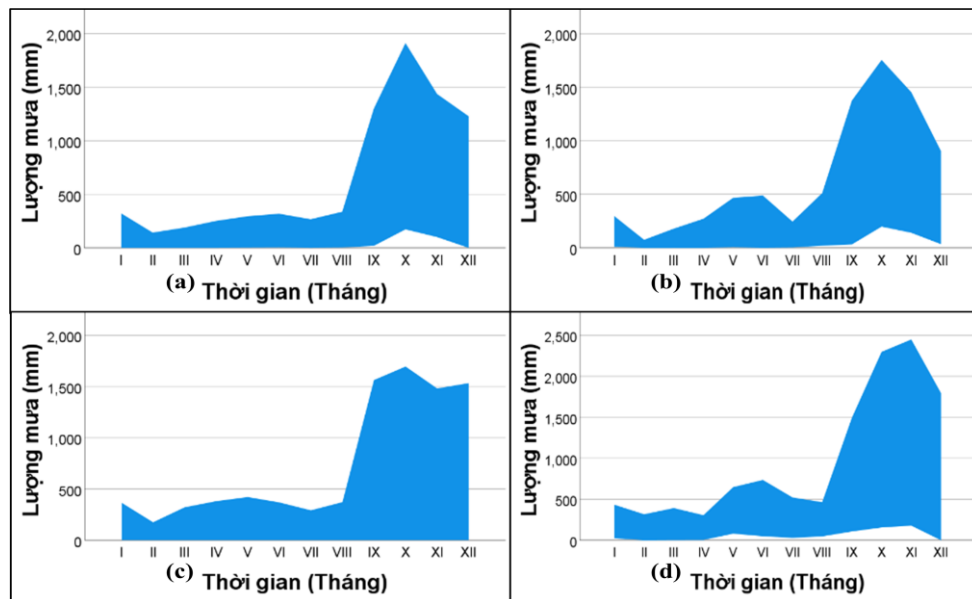


Hình 3. Biến đổi lượng mưa theo năm tại trạm Hiên, trạm Khâm Đức, trạm Tam Kỳ và trạm Tiên Phước.

3.2. Xu hướng thay đổi mưa mùa

Theo báo cáo Quy hoạch thủy lợi tỉnh Quảng Nam [5], mùa mưa hàng năm trên lưu vực sông thường kéo dài 4 tháng (từ tháng IX đến tháng XII), mùa khô kéo dài 8 tháng (từ tháng I đến tháng VIII). Riêng tháng V và tháng VI xuất hiện đỉnh mưa phụ, càng về phía

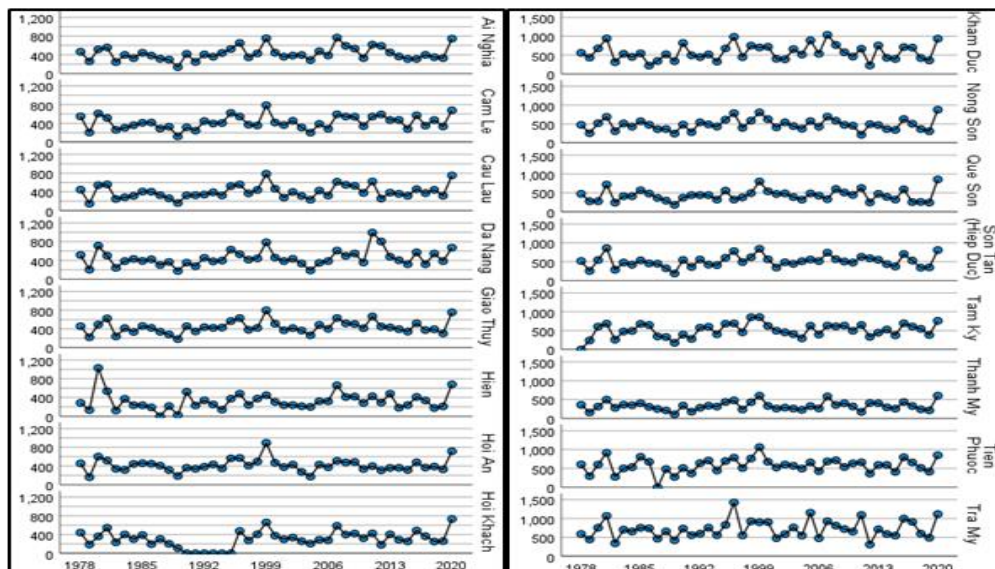
Tây của vùng nghiên cứu đỉnh mưa phụ càng rõ nét hơn, hình thành thời kỳ tiểu mãn trên các lưu vực sông. Điều này khá tương đồng với biến động mưa được thể hiện trong Hình 4, khi lượng mưa tháng tại các trạm đều có xu hướng tăng mạnh vào các tháng cuối năm, trong khi 2 tháng V và VI xuất hiện đỉnh mưa.



Hình 4. Biến động mưa theo từng tháng tại một số trạm đo mưa: (a) Trạm Câu Lâu; (b) Trạm Đà Nẵng; (c) Trạm Tam Kỳ; (d) Trạm Trà My.

a) Xu hướng thay đổi trong mùa mưa

Những biến động trong lượng mưa vào mùa mưa được tổng hợp từ các dữ liệu được ghi nhận trong 04 tháng cuối năm tại 16 trạm đo mưa thuộc lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Kết quả biến động mưa theo mùa mưa được thể hiện Hình 5 và các kết quả tính toán thống kê cùng tham số SMK được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 5. Lượng mưa trong mùa mưa tại các trạm đo mưa.

Từ kết quả tính toán, nhận thấy, trong khoảng thời gian nghiên cứu từ năm 1978 đến năm 2020, lượng mưa trung bình trong mùa mưa dao động từ 301 mm (tại trạm Hội Khách) đến 717,14 mm (được ghi nhận tại trạm Trà My). Có 6 trong tổng số 16 trạm đo ghi nhận mức mưa cao hơn mức trung bình của toàn khu vực (457,17 mm) bao gồm các trạm Hiệp Đức, Khâm Đức, Nông Sơn, Tam Kỳ, Tiên Phước và Trà My.

Bảng 3. Các đặc trưng thống kê của lượng mưa mùa mưa.

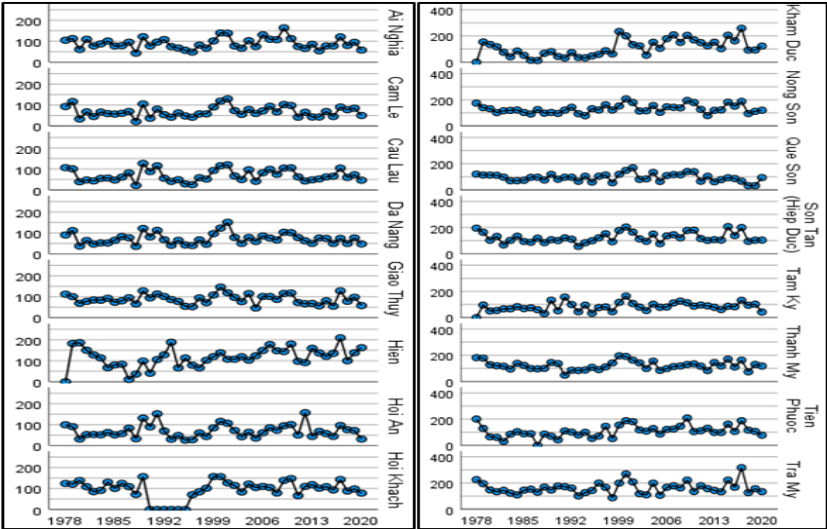
Trạm	Lượng mưa trung bình	SMK (S)	Sen's slope	Độ thay đổi (%)
Trạm Ái Nghĩa	427,59	224	1,110	0,26
Trạm Cẩm Lệ	420,83	268	1,937	0,46
Trạm Câu Lâu	402,86	245	1,683	0,418
Trạm Đà Nẵng	450,75	347	1,929	0,428
Trạm Giao Thủy	441,01	201	0,898	0,204
Trạm Hiên	321,70	445	2,438	0,758*
Trạm Hiệp Đức	512,61	212	2,403	0,469
Trạm Hội An	414,96	8	-0,032	-0,008
Trạm Hội Khách	301,00	430	2,000	0,664*
Trạm Khâm Đức	571,91	145	0,503	0,088
Trạm Nông Sơn	484,37	110	0,910	0,188
Trạm Quế Sơn	431,66	62	0,744	0,172
Trạm Tam Kỳ	507,12	350	2,156	0,425
Trạm Thành Mỹ	330,25	172	1,614	0,489
Trạm Tiên Phước	578,92	202	1,614	0,279
Trạm Trà My	717,14	111	0,954	0,133

Chú thích: * ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,05$).

Cũng theo thống kê, trạm Hội An là trạm đo duy nhất ghi nhận xu hướng giảm về lượng mưa vào mùa mưa trong 43 năm, trong khi đó, giá trị $S > 0$ ở 15 trạm còn lại đã biểu thị xu hướng gia tăng chung của biến động của lượng mưa trong mùa mưa tại khu vực. Tuy vậy, khi xét đến tham số thể hiện độ tin cậy p-value của các số liệu, chỉ có duy nhất trạm Hội Khách và trạm Hiên có mức ý nghĩa cao khi ghi nhận giá trị $p < 0,05$. Cụ thể hơn, trạm Hiên ghi nhận giá trị phi tham số S là 445 cùng độ dốc Sen 2,438. Các giá trị này ở trạm Hội Khách được tính toán lần lượt là 430 và 2,0. Các tính toán cũng làm rõ sự khác biệt về xu thế mưa của 02 trạm này cao hơn hẳn so với 14 trạm còn lại, lần lượt đạt mức 0,758% và 0,664% khi so với trung bình của 14 trạm còn lại chỉ đạt 0,29%.

b) Xu hướng thay đổi trong mùa khô

Những biến động trong lượng mưa vào mùa khô được tổng hợp từ các dữ liệu được ghi nhận trong 08 tháng đầu năm tại 16 trạm đo mưa thuộc lưu vực sông Vu Gia–Thu Bồn. Sự biến động về lượng mưa tại từng trạm qua từng năm trong giai đoạn nghiên cứu được sơ đồ hóa trong Hình 6.



Hình 6. Lượng mưa theo mùa khô tại các trạm đo mưa.

Vào mùa khô, lượng mưa trung bình của toàn lưu vực giảm xuống ở mức 100,27 mm. Trong đó, giá trị cao nhất được ghi nhận ở trạm Trà My (đạt 162,18 mm) và giá trị thấp nhất ở trạm Cẩm Lệ (ở mức 68,56 mm). Các số liệu thống kê và các tham số đặc trưng về xu hướng mưa trong mùa khô được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Các đặc trưng thống kê của lượng mưa mùa khô.

Trạm	Lượng mưa trung bình	SMK (S)	Sen's slope	Độ thay đổi (%)
Trạm Ái Nghĩa	89,81	232	0,210	0,233
Trạm Cẩm Lệ	68,56	481	0,275	0,401
Trạm Câu Lâu	69,17	528	0,216	0,312
Trạm Đà Nẵng	72,36	187	0,164	0,227
Trạm Giao Thủy	89,00	-123	0,139	0,156
Trạm Hiên	116,22	1618	1,807	1,555***
Trạm Hiệp Đức	124,59	541	0,767	0,615*
Trạm Hội An	69,39	444	0,252	0,363
Trạm Hội Khách	94,85	677	0,576	0,607*
Trạm Khâm Đức	109,13	2057	2,333	2,138***
Trạm Nông Sơn	131,04	575	0,543	0,414*
Trạm Quế Sơn	94,45	158	0,189	0,201
Trạm Tam Kỳ	83,00	990	0,586	0,706***
Trạm Thành Mỹ	122,69	351	0,329	0,268
Trạm Tiên Phước	107,84	1175	1,355	1,257***
Trạm Trà My	162,18	344	0,880	0,543

Chú thích: * ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,05$); ** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,01$); *** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,001$).

Từ bảng kết quả tính toán thống kê, có thể thấy xu hướng gia tăng lượng mưa chung của toàn lưu vực vào mùa khô, khi có 15/16 trạm cho giá trị $S > 0$ (ngoại trừ trạm Giao Thủy ghi nhận xu hướng giảm khi $S = -123$). Tuy vậy, mức ý nghĩa tại Giao Thủy không được đánh giá cao, khi p-value của trạm chỉ đạt 0,652. Xét đến điều kiện $p < 0,05$ làm mức ý nghĩa, nghiên cứu xác định được 7 trạm cho mức ý nghĩa phù hợp, đạt 43,75%. Trong số đó, có 4 trạm đạt mức ý nghĩa rất cao ($p < 0,001$) bao gồm trạm Hiên, Khâm Đức, Tam Kỳ và Tiên Phước; cùng 3 trạm đạt mức ý nghĩa trung bình cao ($0,01 < p < 0,05$) bao gồm Hiệp Đức, Hội Khách và Nông Sơn.

Trong 07 trạm có độ tin cậy cao kể trên, độ biến động của lượng mưa đều có xu hướng tăng, với giá trị tăng nằm trong khoảng từ 0,607% đến 2,138%, đạt mức tăng trung bình khoảng 1,04%/trạm. Nếu chỉ xét riêng đối với 4 trạm có độ tin cậy rất cao, kết quả này tăng lên 1,41%/trạm. Trong đó, trạm Khâm Đức là nơi ghi nhận có sự thay đổi lượng mưa cao nhất với 2,138% cùng với giá trị tham số S và độ dốc Sen lần lượt đạt 2057 và 2,333. Trạm có mức tăng ít nhất được ghi nhận trong 07 trạm kể trên là trạm Nông Sơn (0,414%), với các giá trị tham số S là 158 và độ dốc Sen là 0,543.

4. Kết luận

Bài báo đã đánh giá xu thế biến động của lượng mưa tại 16 trạm đo mưa tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong thời gian 43 năm (từ năm 1978 đến năm 2020) theo từng mùa và theo năm. Trong bài báo đã kết hợp sử dụng nhiều phương pháp thống kê và các chỉ số, tham số khác nhau. Kết quả tính toán cho thấy xu thế biến đổi của lượng mưa theo mùa mưa, mùa khô và cả năm đều có xu hướng gia tăng. Tuy vậy, có sự biến đổi không đồng đều giữa các mùa trong năm, và giữa các trạm trong cùng lưu vực. Cụ thể hơn, đối với biến

động mưa năm, 09 trạm có dữ liệu thống kê thỏa mãn điều kiện về mức ý nghĩa bao gồm trạm Hiên, Khâm Đức, Tam Kỳ, Tiên Phước, Hội Khách, Cẩm Lệ, Câu Lâu, Hiệp Đức và Nông Sơn. Giá trị mưa trung bình năm được tính toán ở mức 219,23 mm, với lượng mưa lớn nhất tại trạm Trà My (347,17 mm) và lượng mưa thấp nhất tại trạm Câu Lâu (180,4 mm). Giá trị phi tham số S của 09 trạm có mức ý nghĩa cao dao động từ 749 (trạm Cẩm Lệ) đến 2202 (trạm Khâm Đức). Biến động lượng mưa lớn nhất thuộc về trạm Hiên với giá trị là tăng 0,987; cùng với giá trị phi tham số S và xu thế Sen lần lượt là 2063 và 1,807.

Các giá trị thống kê theo mùa cũng cho kết quả tương tự về xu thế, khi đa số các trạm đều ghi nhận lượng mưa trung bình theo mùa tăng hàng năm. Vào mùa mưa, lượng mưa tăng đáng kể nhất tại trạm Hiên với độ biến động 0,758 cùng giá trị S và xu thế Sen lần lượt là 445 và 2,438. Vào mùa khô, giá trị biến động lớn nhất tại Khâm Đức khi tăng 2,138%, cùng với các giá trị S là 2057 và độ dốc Sen là 2,333. Trong 43 năm từ 1978 đến 2020, xu thế mưa tăng vào mùa khô là một tín hiệu tốt. Bên cạnh đó, giá trị mưa tăng vào mùa mưa lại là thách thức và khó khăn lớn đối với cơ sở hạ tầng và an sinh xã hội.

Trong quá trình thống kê và phân tích, các kết quả của nghiên cứu còn gặp nhiều hạn chế về dữ liệu đầu vào. Các số liệu biến động lượng mưa chưa thực sự đầy đủ tại tất cả các trạm, dẫn đến sự thiếu ổn định và nhất quán về số liệu chung. Điển hình là vào mùa mưa, chỉ có 2 trong tổng số 16 trạm cho giá trị mức độ ý nghĩa p-value thỏa mãn điều kiện $<0,05$ (chiếm 12,5%). Tỷ lệ này vào mùa khô và cả năm lần lượt là 43,75% và 56,25%. Do đó, những nhận định về xu thế vào mùa mưa không thể phản ánh xu thế chung của toàn lưu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.A., L.V.L., N.T.L.; Xử lý số liệu: P.L.A., N.H.B.; Viết bản thảo bài báo: N.T.L., H.B.N.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.T.N.B., H.T.T.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ sự trợ giúp từ đề tài KHCN cấp Bộ “Nghiên cứu xây dựng quy định kỹ thuật về định giá tài nguyên nước trên lưu vực sông theo hướng dẫn của Liên Hợp Quốc (UN WWDR 2021)”, mã số TNMT.2022.02.14 do Viện Khoa học tài nguyên nước chủ trì thực hiện.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. IPCC. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA. 2001, pp. 398.
2. IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom and New York, USA. 2007, pp. 104.
3. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland. 2014, pp. 151.
4. Van Belle, G.; Hughes, J.P. Nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resour Res.* **1984**, *20*, 127–136.
5. Yu, Y.S.; Zou, S. Whittemore D. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *J. Hydrol.* **1993**, *150*, 61–80.
6. Turkeş, M. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatol.* **1996**, *16*, 1057–1076.

7. Yue, S.; Wang, C. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resour. Manag.* **2004**, *18*, 201–218.
8. Admassu, S.; Seid, I.A.H. Analysis of rainfall trend in Ethiopia. *Ethiopian. J. Sci. Technol.* **2006**, *3*(2), 15–30.
9. Guhathakurta, P.; Rajeevan, M. Trends in the rainfall pattern over India. *NCC Res. Report* **2006**, *2*, 23.
10. Vennila, G. Rainfall variation analysis of Vattamalaikarai subbasin, Tamil Nadu. *J. Hydrol.* **2004**, *3*, 5059.
11. Korecha, D.; Barnston, A.G. Predictability of June–September rainfall in Ethiopia, *Mon. Weather Rev.* **2004**, *135*(2), 628–650. <https://doi.org/10.1175/MWR3304.1>.
12. Wagesho, N.; Goel, N.K.; Jain, M.K. Temporal and spatial variability of annual and seasonal rainfall over Ethiopia. *Hydrol. Sci. J.* **2013**, *58*(2), 354–373. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.754543>.
13. Vousoughi, F.D.; Dinpashoh, Y.; Aalami, M.T.; Jhajharia, D. Trend analysis of groundwater using non-parametric methods (case study: Ardabil plain). *Stoch. Env. Res. Risk A* **2013**, *27*(2), 547–559.
14. Mengistu, D.; Bewket, W.; Lal, R. Recent spatiotemporal temperature and rainfall variability and trends over the upper Blue Nile River basin, Ethiopia. *Int. J. Climatol.* **2014**, *34*(7), 2278–2292. <https://doi.org/10.1002/joc.3837>.
15. Legesse, S.A. The outlook of Ethiopian long rain season from the global circulation model. *Environ. Syst. Res.* **2016**, *5*(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40068-016-0066-1>.
16. Eshetu, G.; Johansson, T.; Garedew, W. Rainfall trend and variability analysis in Setema-Gatira area of Jimma, Southwestern Ethiopia. *Afr. J. Agric. Res.* **2016**, *11*(32), 3037–3045. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10160>.
17. Abebe, G. Long-term climate data description in Ethiopia. *Data Brief* **2017**, *14*, 371–392. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.07.052>.
18. Trenberth, K.E.; Smith, L.; Qian, T.; Dai, A.; Fasullo, J. Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data. *Am. Meteorol. Soc.* **2007**, *8*, 758–769.
19. Isidore, P.Y.; Joseph, Y. Recent rainfall trends between 1990 and 2020: Contrasting characteristics between two climate zones in Burkina Faso (West Africa). *Glasnik Srpskog Geografskog Drustva* **2023**, *103*(1), 87–106.
20. Hung, N.Q.; Hien, L.X. Trend analysis of rainfall in the Phu Quoc Island. *VNU J. Sci: Earth. Environ. Sci.* **2021**, *37*(4), 22–32. <https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4683>.
21. Hiền, L.T.T.; Chiến, P.V. Đánh giá xu hướng biến động mưa trên lưu vực sông Cả giai đoạn 1959 - 2016 sử dụng số liệu thực đo. *Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi* **2022**, *71*, 1–9.
22. Viện Quy hoạch Thủy lợi (IWRP). Quy hoạch thủy lợi tỉnh Quảng Nam đến năm 2025 và định hướng đến năm 2030, 2017, tr. 254.
23. Robert, H.; James, S.; Richard, S. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* **1982**, *18*(1), 107–121.
24. Warren, J.; Gilbert, R.O. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. *Technometrics* **1988**, *30*(3), 348.
25. Helsel, D.R.; Hirsch, R.M.; Ryberg, K.R.; Archfield, S.A.; Gilroy, E.J. Statistical Methods in Water Resources Techniques and Methods 4–A3. USGS Tech.Methods. 2020, pp. 458.
26. Kitayama, K.; Seto, S.; Sato, M.; Hara, H. Increases of wet deposition at remote sites in Japan from 1991 to 2009. *J. Atmos. Chem.* **2012**, *69*(1), 33–46.

Trend analysis of rainfall on Vu Gia - Thu Bon river basin from 1978 to 2020

Nguyen Thanh Long^{1*}, Nguyen Tu Anh¹, Do Thi Ngoc Bich¹, Le Van Linh¹, Hoang Thi Thao¹, Nguyen Hoang Bach¹, Hoang Bich Ngoc¹, Pham Lan Anh¹

¹ The Water Resources Institute; longnt.works@gmail.com; tuanhevp@gmail.com; bichdam555@gmail.com; linhlevan6527@gmail.com; thaohoang0602@gmail.com; bachnh46@wru.vn; ngocbhoang22@gmail.com; plananh.151199@gmail.com

Abstract: This article provides an analysis of rainfall trends in the Vu Gia - Thu Bon river basin from 1978 to 2020. The analysis includes statistical computations, non-parametric tests using the Seasonal Mann-Kendall test, and the examination of data from 16 rain gauge sites. The findings indicate a consistent pattern of escalating seasonal precipitation, encompassing both the dry and wet seasons and an overall annual increase across the whole basin. In a more precise manner, it can be observed that the non-parametric value S at the 95% significance level exhibits a consistent upward trend across all stations over the year. Among the stations under consideration, Hien station has the most significant variation in rainfall, with a yearly rise of 0.978% and a seasonal increase of 0.758%. When analyzing solely the variations seen during the dry season, it becomes evident that the Kham Duc station exhibits the most pronounced alteration, with a substantial surge of 2,138% in rainfall. The article additionally computed Sen's slope to analyze the patterns of rainfall over the basin for the specified statistical periods. Calculating the fluctuating trend in the volume of water entering the Vu Gia-Thu Bon River basin from 1978 to 2020 has been facilitated by the research findings. This has practical implications for the basin's water resources management and rational allocation.

Keywords: Rainfall trend; Seasonal Mann-Kendall non-parametric tests; Sen's Slope.