

XU HƯỚNG DÀI HẠN CỦA CHỈ SỐ MƯA CỰC ĐOAN TẠI KHU VỰC PHÍA TÂY TỈNH GIA LAI (1980-2024)

Trần Bá Lê Hoàng¹, Trần Đình Thành¹, Trần Thị Thu Thảo^{1*}, Cao Hữu Thanh Vũ¹

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá xu hướng dài hạn của năm chỉ số mưa cực đoạn ($Rx1day$, $Rx5day$, $SDII$, CDD và CWD) tại khu vực phía Tây Gia Lai trong giai đoạn 1980–2024 bằng cách sử dụng dữ liệu lượng mưa ngày từ ba trạm khí tượng. Phương pháp kiểm định Mann–Kendall và ước lượng độ dốc Sen được áp dụng để phát hiện các xu hướng đơn điệu và định lượng cường độ của chúng. Kết quả cho thấy sự tương phản rõ rệt giữa số ngày khô liên tiếp (CDD) và số ngày mưa liên tiếp (CWD), phản ánh tính mùa vụ mạnh của khí hậu khu vực, đồng thời khẳng định vai trò của địa hình và hoàn lưu gió mùa trong chi phối mưa cực đoạn. Xu thế biến đổi cho thấy sự gia tăng các sự kiện mưa lớn không diễn ra đồng đều mà mang tính cục bộ, trong khi các giai đoạn khô hạn có xu hướng kéo dài hơn, thể hiện tính phức tạp của khí hậu cực đoạn. Phân tích không gian chỉ ra rằng các chỉ số mưa lớn ($Rx1day$, $Rx5day$) tăng mạnh hơn tại khu vực có độ cao lớn và sườn đón gió, đặc biệt với mưa nhiều ngày. Ngược lại, CDD giảm theo độ cao, cho thấy vùng thấp chịu biến động hạn rõ hơn, trong khi $SDII$ biến đổi ít, phản ánh tính đồng nhất tương đối của cường độ mưa.

Từ khóa: Xu thế hạn dài, Tây Nguyên, chỉ số mưa cực đoạn, biến đổi khí hậu.

1. MỞ ĐẦU

Mưa là một thành phần cơ bản của chu trình thủy văn và đóng vai trò quan trọng đối với sự phân bố nguồn nước, sản xuất nông nghiệp và hệ sinh thái ở các vùng nhiệt đới như Tây Nguyên. Những sự kiện mưa cực đoạn, bao gồm lượng mưa tập trung lớn và các chuỗi khô hạn kéo dài, có thể gây ra các tác động bất lợi như ngập lụt, xói mòn đất, hạn hán và thiệt hại nông nghiệp (Eric và nnk, 2028). Sự biến đổi của các chỉ số mưa cực đoạn này theo thời gian là một dấu hiệu nhạy cảm của biến đổi khí hậu (IPCC, 2021) và do đó thu hút sự quan tâm ngày càng tăng trong cộng đồng nghiên cứu khí tượng - thủy văn.

Trong nghiên cứu về xu thế mưa cực đoạn ở khu vực đô thị, nhiều tác giả đã sử dụng bộ các chỉ số mưa cực đoạn tiêu chuẩn như $Rx1day$, $Rx5day$, $SDII$, CDD và CWD để đánh giá biến đổi theo thời gian của các đặc trưng mưa. Ví dụ, một nghiên cứu tại Thành phố Hồ Chí Minh đã phân tích biến động không gian - thời gian của các chỉ số này trong giai đoạn 1980–2017 và nhận thấy có sự gia tăng đáng kể trong một số chỉ số liên quan đến cường độ và thời gian kéo dài của mưa cực đoạn, sử dụng các phương pháp thống kê phi tham số như kiểm định Mann–Kendall và độ dốc Sen để đánh giá xu thế và độ lớn xu thế của từng chỉ số (Quan và nnk, 2021). Ngoài ra, các nghiên cứu ở khu vực Bắc Bộ cũng ghi nhận xu thế gia tăng cường độ mưa ($SDII$) và sự biến

động của các đặc trưng mưa cực đoạn khác trong các giai đoạn nhiều thập kỷ (Thành, 2023). Tại khu vực Tây Nguyên, nghiên cứu của Dang et al. (2021) cũng nghiên cứu các chỉ số cực đoạn (cụ thể $SDII$, CDD , CWD) ở Tây Nguyên, xu hướng theo thập kỷ và liên hệ ENSO bằng phương pháp ITA (innovative trend analysis) (Phương và nnk, 2022).

Các nghiên cứu khác trên thế giới và ở khu vực Đông Nam Á cũng đã ghi nhận sự biến đổi phức tạp của các chỉ số mưa cực đoạn trong khoảng vài thập kỷ gần đây, với xu hướng tăng chuỗi khô hạn (CDD) tại nhiều điểm quan trắc và sự thay đổi trong chuỗi ẩm (CWD) cũng như lượng mưa cực trị tích lũy (Yazid và Humphries, 2015) (Cheong và nnk, 2018; Endo và nnk, 2009; Limsakul và Singhruck, 2016; Supari và nnk, 2017). Một nghiên cứu khu vực Châu Á - Thái Bình Dương cho thấy CDD là một trong những chỉ số có xu thế tăng rõ rệt trong khi một số chỉ số khác thay đổi phức tạp phụ thuộc vào vị trí địa lý và ảnh hưởng khí hậu đại quy mô (Westra và nnk, 2013; Alexander và nnk, 2006). Các chỉ số mưa cực đoạn như lượng mưa lớn nhất trong 1 ngày ($Rx1day$), lượng mưa.

Tuy nhiên, xét đến địa hình cao nguyên phức tạp và chế độ mưa phân hóa rõ rệt ở khu vực Tây Nguyên nói chung và phía tây tỉnh Gia Lai nói riêng, vẫn còn thiếu các nghiên cứu dài hạn về xu thế biến đổi các chỉ số mưa cực đoạn ở quy mô địa phương. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng số liệu mưa ngày dài hạn giai đoạn 1980–2024 từ ba trạm khí tượng ở phía tây tỉnh Gia Lai để tính toán và phân tích xu thế của năm chỉ số cực đoạn chính là $Rx1day$, $Rx5day$, $SDII$, CDD và CWD . Mục tiêu là cung cấp một đánh giá cập nhật và có hệ thống về

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: ttthao@hcmunre.edu.vn

biến đổi mưa cực đoan trong vùng nghiên cứu, làm cơ sở khoa học cho việc quản lý tài nguyên nước, hoạch định chính sách nông nghiệp và thích ứng biến đổi khí hậu.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU
Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại khu vực phía Tây tỉnh Gia Lai, thuộc vùng Tây Nguyên Việt Nam, nằm trong khoảng 12°58'–14°36'B và 107°27'–108°54'Đ, giáp Campuchia về phía Tây. Địa hình khu vực chủ yếu là cao nguyên và đồi núi phức tạp, với độ cao dao động từ khoảng 400 m đến trên 1.000 m. Sự phân hóa mạnh về độ cao và độ dốc tạo nên khác biệt không gian rõ rệt trong các quá trình khí hậu và thủy văn. Hiệu ứng địa hình ảnh hưởng đáng kể đến phân bố mưa, đặc biệt trong mùa gió mùa. Khí hậu mang tính chất nhiệt đới gió mùa với hai mùa rõ rệt: mùa mưa (tháng 5–10) và mùa khô

(tháng 11–4). Lượng mưa trung bình năm khoảng 1.800–2.500 mm, trong đó 80–90% tập trung vào mùa mưa. Khu vực này thuộc lưu vực của nhiều hệ thống sông quan trọng ở Tây Nguyên. Nông nghiệp (cà phê, cao su, hồ tiêu) là ngành sử dụng đất chủ yếu, do đó rất nhạy cảm với các hiện tượng mưa cực đoan và khô hạn kéo dài. Với địa hình phức tạp, khí hậu gió mùa và sự phụ thuộc lớn vào lượng mưa, khu vực phía Tây tỉnh Gia Lai là địa bàn phù hợp để nghiên cứu xu thế của các chỉ số mưa cực đoan.

Dữ liệu

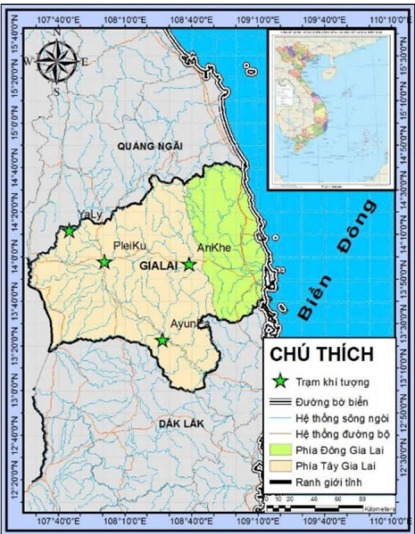
Khu vực nghiên cứu có 4 trạm quan trắc khí tượng (Bảng 1, hình 1), tuy nhiên nghiên cứu chỉ sử dụng lượng mưa ngày từ 3 trạm khí tượng có chuỗi số liệu liên tục từ 1980 đến 2024. Các chỉ số cực đoan được sử dụng trong nghiên cứu được định nghĩa trong bảng 2, chi tiết về các chỉ số có thể xem trong (Alexander, 2006).

Bảng 1. Danh sách các trạm khí tượng và toạ độ kinh vĩ các trạm tại khu vực phía tây tỉnh Gia Lai

Tên trạm	Kinh độ (°E)	Vĩ độ (°N)	Giai đoạn
PleiKu	108.0167°E	13.96667°N	1980-2024
AnKhe	108.65°E	13.95°N	1980-2024
AyunPa	108.45°E	13.38333°N	1980-2024
YaLy	107.75°E	14.12°N	2002-2024

Bảng 2. Các chỉ số sử dụng trong nghiên cứu

Chỉ số	Định nghĩa	Đơn vị	Công thức tính
Rx1day	Lượng mưa ngày lớn nhất năm	mm	$Rx1day = \max(P_i),$ $i = 1, 2, \dots, N$
Rx5day	Lượng mưa 5 ngày lớn nhất năm	mm	$Rx5day = \max \left(\sum_{j=i}^{i+4} P_j \right) \quad i = 1, 2, \dots, N - 4$
SDII	Cường độ mưa của các ngày mưa	mm/ngày	$SDII = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N_w}$
CDD	Số ngày khô liên tiếp lớn nhất năm	Ngày	$CDD = \max(d_k)$
CWD	Số ngày mưa liên tiếp lớn nhất năm	Ngày	$CWD = \max(w_k)$



Hình 1. Bản đồ vùng nghiên cứu và vị trí các trạm khí tượng khu vực phía tây tỉnh Gia Lai

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall

Dữ liệu chỉ số lượng mưa cực đoan được phân tích bằng phương pháp thống kê, trong đó chỉ số trung bình và độ lệch chuẩn của chuỗi được sử dụng (Daniel, 1997; Tân, 1999).

Phương pháp Mann-Kendall được áp dụng khá rộng rãi trong bài toán đánh giá xu hướng biến đổi của các yếu tố khí tượng với ràng buộc xu hướng biến đổi đáng tin cậy trong một mức ý nghĩa thống kê nào đó, có thể là 90%, 95% hoặc 98%. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra được những ưu việt của phương pháp Mann-Kendall trong bài toán đánh giá xu hướng biến đổi của các yếu tố khí tượng (quan và nnk, 2021; Thành, 2023; Yazid và

Humphries, 2015; Cheong và nnk, 2018; Endo và nnk, 2009; Limsakul và Singhruck, 2016; Supari và nnk, 2017; Westra và nnk, 2013; Alexander và nnk, 2006). Nghiên cứu này sử dụng mức ý nghĩa thống kê là 95% (Pvalue<5%) để kiểm định xu hướng biến đổi của lượng mưa và nhiệt độ tại tỉnh Bạc Liêu. Lý thuyết chi tiết về phương pháp Mann-Kendall có thể tìm trong (Westra và nnk, 2013, Yazid và nnk, 2015).

Chỉ số thống kê Mann-Kendall S được tính theo công thức (1):

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

Trong đó

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{khi } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{khi } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{khi } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

Khi $S > 0$ tương ứng với xu hướng tăng; ngược lại $S < 0$ xu hướng giảm.

Ngoài ra mức độ ý nghĩa thống kê của xu hướng biến đổi được tính thông qua xác suất của S và n.

$$\text{Phương sai } S: AR(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (2)$$

Trong đó: g là số nhóm (nhóm được xác định là một tập hợp các phần tử của chuỗi có cùng giá trị)

t_p là số các phần tử thuộc nhóm thứ p.

Giá trị chuẩn hóa của S là Z tuân theo luật phân phối chuẩn và được xác định trong công thức (4) - (6).

$$Z = \frac{S-1}{[VAR(S)]^{1/2}}, S > 0 \quad (3), \quad Z = 0, S = 0 \quad (4),$$

$$Z = \frac{S+1}{[VAR(S)]^{1/2}}, S < 0 \quad (5)$$

Z có phân phối chuẩn N (0,1).

$Z > 0$ thì yếu tố cần đánh giá có xu hướng tăng

$Z < 0$ thì yếu tố cần đánh giá có xu hướng giảm.

Xu hướng Sen

Nghiên cứu sử dụng xu hướng Sen (Sen, 1968) để xác định độ lớn xu hướng của chuỗi số liệu về chỉ số mưa cực đoạn tại phía tây tỉnh Gia Lai. Công thức tính (6)

$$Q = \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} \right\}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, n-1;$$

$$j > 1 \quad (6)$$

Trong đó: Q là trung vị của chuỗi

Bảng 3. Mô tả thống kê các chỉ số mưa cực đoạn ở khu vực phía Tây tỉnh Gia Lai (1980–2024)

Trạm	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	SDII (mm/day)	CDD (days)	CWD (days)
An Khê	140.96 ± 53.57	260.17 ± 99.68	5.48 ± 1.73	42.93 ± 13.86	9.22 ± 2.57
Ayunpa	109.88 ± 43.85	170.26 ± 55.35	4.52 ± 1.52	85.82 ± 31.59	8.82 ± 2.18
Pleiku	114.29 ± 32.51	244.47 ± 70.74	7.38 ± 1.41	92.69 ± 31.10	21.24 ± 7.44

4.2. Phân tích xu thế

Trong phần này nghiên cứu phân tích xu thế biến

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Đặc điểm thống kê của các chỉ số mưa cực đoạn

Các đặc trưng thống kê của năm chỉ số mưa cực đoạn tại ba trạm được trình bày trong Bảng 3, cho thấy sự phân hóa không gian rõ rệt giữa các trạm, đặc biệt giữa trạm An Khê và Ayun Pa, trong khi Pleiku thể hiện đặc trưng khí hậu cao nguyên.

Đối với các chỉ số mưa lớn, trạm An Khê ghi nhận giá trị trung bình cao nhất của Rx1day và Rx5day, phản ánh cường độ mưa cực đoạn theo ngày và theo chuỗi 5 ngày lớn hơn so với các trạm còn lại. Ngược lại, trạm Ayun Pa có giá trị thấp nhất cho hai chỉ số này, cho thấy mức độ tích lũy mưa trong các đợt cực đoạn thấp hơn. Sự chênh lệch giữa các trạm thể hiện tính không đồng nhất đáng kể của mưa cực đoạn trong khu vực phía Tây tỉnh Gia Lai. Giá trị cao tại An Khê có thể được lý giải bởi vị trí địa lý nằm ở khu vực chuyển tiếp giữa cao nguyên và duyên hải Trung Bộ, chịu ảnh hưởng đồng thời của hoàn lưu gió mùa cao nguyên và các hệ thống mưa từ phía Đông. Điều này làm gia tăng hội tụ ẩm và khả năng xuất hiện mưa lớn. Chỉ số SDII tại trạm Pleiku ghi nhận cường độ mưa trung bình ngày mưa cao nhất, trong khi Ayun Pa thấp nhất. Tuy nhiên, so với Rx1day và Rx5day, SDII có mức độ chênh lệch giữa các trạm nhỏ hơn, cho thấy cường độ mưa trong những ngày mưa phân bố tương đối đồng đều hơn so với lượng mưa cực đại.

Đối với các chỉ số hạn, ví dụ CDD tại trạm Ayun Pa có số ngày khô liên tiếp dài nhất, phản ánh xu hướng kéo dài mùa khô tại khu vực trung nội địa. Trạm An Khê có thời gian khô hạn ngắn hơn, cho thấy điều kiện ẩm ướt thuận lợi hơn so với Ayun Pa. Chỉ số CWD dao động trong khoảng một đến ba tuần giữa các trạm, phản ánh các đợt mưa gió mùa kéo dài. Pleiku ghi nhận chuỗi ngày mưa liên tục dài nhất, phù hợp với đặc điểm địa hình cao nguyên, nơi điều kiện nâng cưỡng bức địa hình giúp duy trì hội tụ ẩm và kéo dài thời gian mưa.

Nhìn chung, sự tương phản rõ rệt giữa CDD và CWD cho thấy tính mùa vụ mạnh của khí hậu khu vực. Kết quả này khẳng định vai trò của địa hình và hoàn lưu gió mùa trong việc chi phối sự phân bố và cường độ mưa cực đoạn tại phía Tây Gia Lai.

đổi của các chỉ số mưa cực đoạn tại khu vực phía tây tỉnh Gia Lai. Kiểm định Mann-Kendall cho thấy các

xu hướng không đồng nhất giữa năm chỉ số mưa cực đoan trên ba trạm. Cả các chỉ số liên quan đến cường độ mưa và các chỉ số liên quan đến hạn hán đều thể hiện mức độ thay đổi theo thời gian khác nhau trong suốt giai đoạn nghiên cứu (bảng 4).

Đối với nhóm mưa lớn (Rx1day, Rx5day và SDII) có xu thế tăng ở trạm An Khê, và có xu thế giảm ở 2 trạm còn lại. Cho thấy khả năng gia tăng các sự kiện mưa lớn kéo dài và sự kiện mưa lớn hạn ngắn ở nơi sườn đón gió, và khả năng giảm đáng kể các sự kiện trên ở khu vực có địa hình cao và vùng phía nam khu vực nghiên cứu. Xét về giá trị độ dốc Sen, chỉ số SDII có độ dốc nhỏ, cho thấy cường độ mưa hàng ngày biến đổi theo thời gian chậm hơn so với các chỉ số mưa lớn còn lại. Tuy nhiên, các xu thế có ý nghĩa thống kê chỉ giới hạn ở các vị trí cụ thể tùy từng chỉ số, điều này cho thấy sự gia tăng hoặc giảm mưa lớn không đồng đều về mặt thời gian.

Đối với chỉ số hạn (CDD), CDD tăng mạnh ở trạm Pleiku với tốc độ tăng lớn, cho thấy thời gian khô hạn đang dần kéo dài tại đây. Hai trạm An Khê

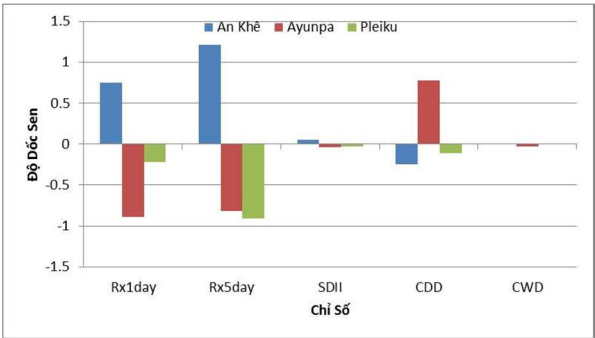
và Ayunpa CDD có xu thế giảm với tốc độ giảm lần lượt là 2.5 ngày/thập kỷ và 1.1 ngày/thập kỷ. Trong khi đó, chỉ số CWD có xu thế giảm tại trạm Ayunpa, phản ánh thời gian mưa liên tục ngắn hơn, cho thấy tín hiệu về sự gián đoạn lượng mưa ngày càng tăng tại đây. Hai trạm còn lại chỉ số CWD không có xu thế (hệ số Sen=0), kết quả này chỉ ra thời gian mưa liên tục khá ổn định theo thời gian (không kéo dài ra, không ngắn hơn).

Như vậy, trạm An Khê và trạm Ayunpa có xu hướng tăng/giảm đáng kể ở chỉ số Rx1day và Rx5day, kết quả này cho thấy tại hai trạm này có sự thay đổi các hiện tượng mưa cực đoan ngắn hạn và dài hạn cần được lưu ý trong các kế hoạch phòng chống thiên tai hoặc hoạch định kinh tế của khu vực. Trong khi đó, trạm Pleiku chủ yếu thể hiện những thay đổi không đáng kể ở chỉ số Rx1day, cho thấy đặc điểm lượng mưa lớn thời hạn ngắn tương đối ổn định theo thời gian. Tuy nhiên chỉ có chỉ số Rx1day tại trạm Ayunpa có xu thế đảm bảo mức ý nghĩa thống kê 95%.

Bảng 4. Kết quả kiểm định Mann–Kendall và hệ số góc Sen (1980–2024)

Chỉ số	Trạm	Độ dốc Sen	Xu thế	Mức ý nghĩa
Rx1day	AnKhe	0.75	Tăng	Ns
Rx5day		1.21	Tăng	Ns
SDII		0.05	Tăng	**
CDD		-0.25	Giảm	Ns
CWD		0.00	Không có xu thế	Ns
Rx1day	Ayunpa	-0.89	Giảm	**
Rx5day		-0.81	Giảm	Ns
SDII		-0.03	Giảm	**
CDD		0.77	Tăng	**
CWD		-0.03	Giảm	Ns
Rx1day	Pleiku	-0.22	Giảm	Ns
Rx5day		-0.90	Giảm	Ns
SDII		-0.03	Giảm	Ns
CDD		-0.11	Giảm	Ns
CWD		0.00	Không có xu thế	Ns

Ghi chú: ** ($p < 0.05$, có ý nghĩa thống kê); * ($0.05 \leq P < 0.1$, có ý nghĩa thống kê cận biên); Ns ($p \geq 0.1$, không có ý nghĩa thống kê)



Hình 2. So sánh không gian các giá trị độ dốc Sen đối với các chỉ số lượng mưa cực đoan tại ba trạm (1980–2024)

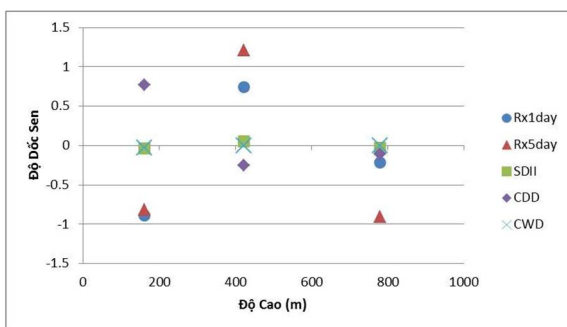
Hình 2 biểu thị so sánh không gian của độ dốc Sen ứng với từng chỉ số. Từ hình 2 cho thấy Rx5day hiển thị độ dốc hướng lên mạnh nhất tại trạm Ayunpa, cho thấy nguy cơ xảy ra các hiện tượng mưa cực đoan kéo dài nhiều ngày sẽ tăng lên. Trong các chỉ số hạn, CDD tại trạm Ayunpa thể hiện độ dốc Sen lớn nhất, nêu bật sự tồn tại của đợt khô hạn đang có xu hướng tăng dần lên và thay đổi đáng kể nhất trong khu vực.

Nhìn chung, phân tích xu hướng cho thấy sự thay đổi theo hướng biến đổi lượng mưa lớn hơn thay vì tăng cường lượng mưa diễn ra đồng đều. Sự tồn tại đồng thời của các đợt mưa lớn ngày càng gia tăng và

các đợt khô hạn kéo dài cho thấy sự phức tạp của những thay đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan ở phía Tây Gia Lai.

4.3. So sánh xu thế theo không gian

Hình 3 thể hiện mối quan hệ giữa hệ số Sen và độ cao của trạm. Từ hình 3 là biểu đồ liên hệ giữa độ dốc-độ cao cho thấy các chỉ số mưa lớn (Rx1day và Rx5day) có xu hướng thể hiện xu hướng mạnh hơn ở độ cao lớn hơn và có vị trí ở sườn đón gió, đặc biệt là đối với lượng mưa nhiều ngày (Rx5day). Riêng chỉ số CDD có sự giảm đáng kể về độ dốc của Sen theo độ cao, kết quả này cho thấy khu vực vùng thấp phía nam có thể trải qua những thay đổi rõ rệt hơn về thời gian khô hạn. Ngược lại, SDII có sự thay đổi nhỏ theo độ cao, cho thấy cường độ mưa của các ngày mưa có những thay đổi tương đối đồng nhất trong khu vực.



Hình 3. Mối quan hệ giữa giá trị độ dốc Sen và độ cao trạm đối với năm chỉ số lượng mưa cực đoan trong giai đoạn 1980–2024.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phân tích xu hướng dài hạn của các chỉ số mưa cực đoan tại khu vực phía Tây tỉnh Gia Lai trong giai đoạn 1980–2024, qua đó làm rõ đặc điểm biến đổi theo thời gian và không gian của các hiện tượng khí hậu cực đoan trong khu vực.

Kết quả cho thấy sự tương phản rõ rệt giữa chỉ số số ngày khô liên tiếp (CDD) và số ngày mưa liên tiếp (CWD), phản ánh tính mùa vụ mạnh mẽ của chế độ khí hậu khu vực. Điều này khẳng định vai trò chi phối của địa hình và hoàn lưu gió mùa trong việc điều chỉnh sự phân bố và cường độ mưa, đặc biệt tại các khu vực sườn đón gió ở phía Tây Gia Lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tân, P. V. (1999). *Phương pháp thống kê khí hậu học*. Đại học Quốc Gia Hà Nội.
- Alexander, L. V., et al. (2006). *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*. American Journal of Climate Change, 3(2).
- Cheong, W. K., Timbal, B., Golding, N., Srirabaha, S., Kwan, K. F., Cinco, T. A., Archevarrybrook, B., Vo, V. H., Gunawan, D., & Han, S. (2018). *Observed and modelled temperature and precipitation extremes over Southeast Asia from 1972 to 2010*. International Journal of Climatology, 38(7), 3013–3027. DOI: 10.1002/joc.547.

Phân tích xu thế cho thấy các hiện tượng khí hậu cực đoan trong khu vực không biểu hiện theo hướng gia tăng đồng đều lượng mưa, mà chủ yếu thể hiện qua sự gia tăng tính cực đoan của các hiện tượng mưa. Cụ thể, sự gia tăng tần suất và cường độ của các sự kiện mưa lớn (thể hiện qua các chỉ số Rx1day và Rx5day) đồng thời với sự kéo dài của các đợt khô hạn (CDD) cho thấy sự tồn tại song song của các cực trị ẩm và khô. Kết quả này phản ánh tính phức tạp và phi tuyến của khí hậu khu vực, làm gia tăng rủi ro cả về lũ lụt và hạn hán.

Xét theo không gian, mối quan hệ giữa độ dốc xu thế (hệ số Sen) và độ cao cho thấy các chỉ số mưa lớn có xu hướng gia tăng mạnh hơn tại các khu vực có địa hình cao và nằm trên sườn đón gió, đặc biệt đối với các sự kiện mưa kéo dài nhiều ngày (Rx5day). Ngược lại, chỉ số CDD có xu thế giảm theo độ cao, cho thấy các khu vực vùng thấp, đặc biệt là phía nam, có khả năng chịu tác động rõ rệt hơn của sự thay đổi về thời gian khô hạn. Trong khi đó, chỉ số cường độ mưa trung bình (SDII) ít biến đổi theo độ cao, phản ánh sự đồng nhất tương đối về cường độ mưa trong các ngày có mưa trên toàn khu vực.

Các kết quả nghiên cứu cung cấp bằng chứng rõ ràng về sự gia tăng tính cực đoan và phân hóa không gian của lượng mưa tại phía Tây Gia Lai trong giai đoạn 1980–2024. Những phát hiện này có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao hiểu biết về xu thế biến đổi khí hậu cực đoan khu vực, đồng thời là cơ sở khoa học phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước, quy hoạch nông nghiệp và giảm nhẹ rủi ro thiên tai.

Các nghiên cứu trong tương lai nên kết hợp mạng lưới trạm quan trắc dày đặc hơn và các kịch bản dự báo khí hậu để định lượng tốt hơn các rủi ro trong tương lai. Việc tích hợp phân tích hoàn lưu khí quyển sẽ làm rõ hơn các cơ chế thúc đẩy sự thay đổi lượng mưa đã quan sát được.

Lời cảm ơn: Bản thảo được hỗ trợ word bởi sinh viên Lâm Thái Vĩ và Nguyễn Chí Dương là sinh viên Khoa Khí tượng Thủy văn và Tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh.

- Endo, N., Matsumoto, J., & Lwin, T. (2009). *Trends in precipitation extremes over Southeast Asia*. SOLA, 5, 168–171. DOI: 10.2151/sola.2009-043.
- Eric, M. M., George, M. O., & Jacques, S. (2018). *Statistical analysis of annual maximum daily rainfall for Nelspruit and its environs*. Jambá - Journal of Disaster Risk Studies, 499.
- IPCC (2021). Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- Limsakul, A., & Singhruck, P. (2016). *Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand*. Atmospheric Research, 169, 301–317. DOI: 10.1016/j.atmosres.2015.10.015.
- Mann, H. B. (1945). *Non-Parametric Test against Trend*. The Econometric Society, 13, 245–259. <http://www.jstor.org/stable/1907187>
- Ngo-Duc, T. (2023). *Rainfall extremes in Northern Vietnam: A comprehensive analysis of patterns and trends*. Vietnam Journal of Earth Sciences, 45(2), 183–198. <https://doi.org/10.15625/2615-9783/18284>.
- Phuong, D. N. D., Huyen, N. T., Liem, N. D., Hong, N. T., Cuong, D. K., & Loi, N. K. (2022). *On the use of an innovative trend analysis methodology for temporal trend identification in extreme rainfall indices over the Central Highlands, Vietnam*. Theoretical and Applied Climatology, 147, 835–852. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03842-3>.
- Quan, N. T., Khoi, D. N., Hoan, N. X., & et al. (2021). *Spatiotemporal trend analysis of precipitation extremes in Ho Chi Minh City (1980–2017)*. International Journal of Disaster Risk Science, 12, 131–146. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00311-9>.
- Sen, P. K. (1968). *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau*. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379–1389.
- Supari, F., Tangang, L., Juneng, E., & Aldrian, E. (2017). *Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia*. International Journal of Climatology, 37(4), 1979–1997. DOI: 10.1002/joc.4829
- Westra, S., Alexander, L. V., & Zwiers, F. W. (2013). *Global increasing trends in annual maximum daily precipitation*. Journal of Climate, 26(11), 3904–3918.
- Yazid, M., & Humphries, U. (2015). *Regional observed trends in daily rainfall indices of extremes over the Indochina Peninsula from 1960 to 2007*. Climate, 3(1), 168–192. <https://doi.org/10.3390/cli3010168>.
- Daniel, S. W. (1997). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Ithaca, New York.

Abstract:

LONG-TERM TRENDS OF EXTREME RAINFALL INDICES IN THE WESTERN REGION OF GIA LAI PROVINCE (1980–2024)

This study assesses the long-term trends of five extreme precipitation indices (Rx1day, Rx5day, SDII, CDD, and CWD) in the western part of Gia Lai Province during the period 1980–2024, using daily rainfall data from three meteorological stations. The Mann–Kendall test and Sen's slope estimator were employed to detect monotonic trends and quantify their magnitudes. The results reveal a pronounced contrast between consecutive dry days (CDD) and consecutive wet days (CWD), reflecting the strong seasonality of the regional climate and highlighting the controlling roles of topography and monsoonal circulation in shaping extreme precipitation patterns. Trend analysis indicates that increases in heavy rainfall events are spatially heterogeneous rather than uniform, while dry spells tend to become more prolonged, underscoring the complexity of extreme climate variability. Spatial analysis further shows that heavy precipitation indices (Rx1day and Rx5day) exhibit stronger increasing trends at higher elevations and on windward slopes, particularly for multi-day rainfall (Rx5day). In contrast, CDD decreases with elevation, suggesting that lowland areas experience more pronounced changes in dry spell duration. Meanwhile, SDII shows relatively minor variation with elevation, indicating a broadly consistent rainfall intensity across the region.

Keywords: Long-term trend, Central Highlands, extreme rainfall index, climate change.

Ngày nhận bài: 06/3/2026

Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2026