

DOI:10.22144/ctujos.2025.136

PHÂN TÍCH XU THẾ BIẾN ĐỔI LƯỢNG MƯA THEO VÙNG SINH THÁI Ở TỈNH KIÊN GIANG TRONG GIAI ĐOẠN TỪ NĂM 1992 ĐẾN NĂM 2023

Đặng Thị Hồng Ngọc^{1,2}, Giáp Minh Nhật³, Ngô Mỹ Linh³, Ngô Thị Hiếu¹, Trần Văn Ty⁴ và Huỳnh Vương Thu Minh^{5*}

¹Khoa Tài nguyên - Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

²Nghiên cứu sinh Môi trường đất và nước, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

³Học viên cao học chuyên ngành Biến đổi khí hậu và Quản lý đồng bằng, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁴Khoa Kỹ thuật Thủy lợi, Trường Bách khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁵Bộ môn Tài nguyên nước, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): hvtminh@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 09/02/2025

Sửa bài (Revised): 27/04/2025

Duyệt đăng (Accepted): 29/06/2025

Title: Rainfall trend analysis by ecological zone in Kien Giang Province from 1992 to 2023

Author: Dang Thi Hong Ngoc^{1,2}, Giap Minh Nhat³, Ngo My Linh³, Ngo Thi Hieu¹, Tran Van Ty⁴ and Huynh Vuong Thu Minh^{5*}

Affiliation(s): ¹Faculty of Natural Resources and Environment, Kien Giang University, Viet Nam; ²PhD student in soil and water Environment, College of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Viet Nam; ³Graduate student, Major in Climate Change and Delta Management, Faculty of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Viet Nam; ⁴Water Resource Engineering Faculty, College of Engineering, Can Tho University, Can Tho, Vietnam; ⁵College of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Viet Nam.

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu, việc phân tích biến động lượng mưa tại ba vùng sinh thái điển hình Kiên Giang, giai đoạn 1992 – 2023 đã được thực hiện bằng cách sử dụng kiểm định phi tham số Mann-Kendall và ước lượng Sen's slope. Kết quả cho thấy tổng lượng mưa hàng năm nhìn chung không thay đổi đáng kể, nhưng tồn tại sự khác biệt rõ rệt theo không gian và thời gian. Vùng nước ngọt, lượng mưa tăng có ý nghĩa thống kê vào tháng 1, tháng 9 và cả năm, nổi bật tại Châu Thành. Xu hướng giảm lượng mưa tại Giồng Riềng và Gò Quao vào tháng 8 ($p \leq 0,05$). Tại vùng nước lợ, lượng mưa tăng vào tháng 9 và mùa khô tại Kiên Lương, nhưng giảm vào tháng 8 ở Hòn Đất và Hà Tiên, với các xu hướng đều có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Vùng nước mặn, xu hướng tăng vào tháng 9 và tại An Biên, trong khi Vĩnh Thuận giảm nhẹ ($p \leq 0,05$). Kết quả nghiên cứu giúp khẳng định tác động của biến đổi khí hậu đến phân bố lượng mưa, đòi hỏi điều chỉnh chiến lược sản xuất và quản lý tài nguyên nước phù hợp.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, Kiên Giang, lượng mưa, Mann-Kendall test, Sen's slope, xu thế

ABSTRACT

This study analyzed rainfall variability across three typical ecological zones in Kien Giang Province from 1992 to 2023, using the non-parametric Mann-Kendall test and Sen's slope estimator. The results indicated that the total annual rainfall generally showed no significant changes, but clear spatial and temporal variations existed. In the freshwater zone, rainfall significantly increased in January, September, and annually, with a notable rise in Chau Thanh. Rainfall trends in Giồng Riềng and Gò Quao showed significant decreases in August ($p \leq 0,05$). In the brackish water zone, rainfall increased in September and during the dry season at Kien Luong, whereas a significant decrease was observed in August at Hon Dat and Ha Tien ($p \leq 0,05$). In the saline water zone, rainfall trends increased in September and at An Bien, while Vinh Thuan experienced a slight decrease ($p \leq 0,05$). The study confirmed the influence of climate change on rainfall distribution, highlighting the need for appropriate adjustments in production strategies and water resource management tailored to each ecological zone.

Keywords: Climate change, Mann-Kendall test, rainfall, Sen's slope, trend

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu và thích ứng hiện đang là trọng tâm trong các diễn đàn khoa học quốc tế (Moore & Schindler, 2022; Van Aalst, 2006). Sự biến đổi này tác động tiêu cực đến môi trường, nguồn nước, hoạt động sản xuất công nghiệp, nông nghiệp và đời sống nhân sinh. Việc định lượng chính xác các biến động khí hậu và hệ quả của chúng đóng vai trò then chốt trong việc kiến tạo lộ trình thích ứng và củng cố năng lực phục hồi (Nelson, 2011). Biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng đáng kể đến sự biến động của các thông số khí tượng thủy văn, chẳng hạn như nhiệt độ, lượng mưa và bốc hơi (Wang et al. 2020). Lượng mưa là một thành phần quan trọng của chu trình thủy văn, đóng vai trò tích cực trong việc hình thành các nguồn nước mặt và nước ngầm (Basharin & Stankūnavičius, 2022; Mercado-Bettín et al., 2021).

Sự biến đổi khí hậu đang làm thay đổi quy luật mưa, kéo theo sự gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán và lũ lụt (Solomon et al., 2007). Do tác động của biến đổi khí hậu, chế độ lượng mưa đã trải qua những thay đổi đáng kể trên quy mô toàn cầu (Das et al., 2022; Fowler et al., 2021). Xu thế được hiểu là sự biến động dài hạn (tăng hoặc giảm) của các yếu tố khí hậu trong một khoảng thời gian nhất định. Phân tích xu thế là một công cụ quan trọng trong nghiên cứu khí hậu học, giúp xác định sự thay đổi của nhiệt độ, lượng mưa và các yếu tố khác theo thời gian (Ragatoa et al., 2018). Phân tích xu hướng dài hạn trong các thông số khí hậu mang tính thiết yếu trong nghiên cứu giám sát biến đổi khí hậu (Halder et al., 2023). Một số quốc gia, nền kinh tế chủ yếu dựa vào nông nghiệp thì yếu tố nhiệt độ và lượng mưa là hai thông số được nhiều nhà khoa học nghiên cứu nhiều (Camberlin, 2017; Gbobaniyi et al., 2014; Gil-Alana et al., 2019; Karthik et al., 2024; Kliengchuay et al., 2024). Việc kiểm soát hai thông số này rất quan trọng để tối đa hóa sản xuất nông nghiệp.

Hiện nay nhiều nhà nghiên cứu sử dụng đa dạng phương pháp để đánh giá xu thế các yếu tố khí hậu: Mann Kendall test, Mann Kendall test theo mùa, rho Spearman, ước lượng Sen-Theli và hồi quy tuyến tính (Bari et al., 2016; Caloiero, 2020; Furl et al., 2014; Halder et al., 2023; Jha & Singh, 2013; Kliengchuay et al., 2024; Pal et al., 2017; Toros et al., 2017; Wang et al., 2020). Kỹ thuật phát hiện xu hướng phổ biến nhất trong số các nhà nghiên cứu là Mann Kendall test (Kendall, 1948a; Mann, 1945) và Sen's Slope (Sen, 1968) và được áp dụng nhiều trên thế giới (Gadedjisso-Tossou et al., 2021; Kliengchuay et al., 2024; Kothawale & Rajeevan,

2017; Kumar et al., 2011; Panda & Sahu, 2019; Sai & Joseph, 2018). Trong các nghiên cứu, phương pháp phân tích xu hướng đã được ứng dụng nhằm xác định sự thay đổi của lượng mưa. Güçlü (2020) ghi nhận cả xu hướng tăng và giảm tại Malaysia. Nacar (2023) tập trung phân tích xu hướng giá trị cực đại và cực tiểu theo mùa và hàng năm tại Thổ Nhĩ Kỳ. Nghiên cứu của Sa'adi et al. (2019a) thực hiện phân tích tương tự, tập trung vào lượng mưa và lượng mưa cực trị tại Sarawak, Malaysia. Kết quả các công trình này thể hiện tính ứng dụng rộng rãi của phương pháp trong việc đánh giá biến động lượng mưa.

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nằm ở hạ lưu sông Mê Kông, được xem là vựa lúa chính của Việt Nam (Yıldız et al., 2024). Kiên Giang là tỉnh thuộc ĐBSCL, có sản lượng lúa và sản lượng thủy sản lớn nhất ĐBSCL (Ha et al., 2022). Nền nông nghiệp vững mạnh đóng vai trò then chốt trong sự phát triển kinh tế của tỉnh, vừa góp phần đảm bảo an ninh lương thực quốc gia, vừa tạo ra nguồn nguyên liệu nông sản chất lượng cung ứng cho chế biến xuất khẩu (Le, 2024). Tuy nhiên, nông nghiệp của tỉnh chịu tác động nặng bởi hạn hán và gây ra nhiều tổn thất liên tiếp trong giai đoạn năm 2015 – 2016 và 2019 – 2020 (Thuy, 2022). Đồng thời, nền nông nghiệp trồng lúa tại Kiên Giang có sự lệ thuộc đáng kể vào lượng mưa tự nhiên, yếu tố then chốt quyết định thời vụ, cấp nước và năng suất (Kien Giang Department of Agriculture and Rural Development, 2021). Theo Vo et al. (2020), việc hiểu rõ cường độ và tần suất hiện tượng trên có vai trò then chốt trong thiết kế, phân tích và vận hành hạ tầng tài nguyên nước. Việc đánh giá đặc điểm mưa theo thời gian là một yếu tố quan trọng để nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (Mondal et al., 2015; Yilmaz & Perera, 2015). Bên cạnh đó, việc phân tích xu hướng mưa, dựa trên dữ liệu lịch sử từ trạm quan trắc tại chỗ, là phương pháp hiệu quả để nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu lên lượng mưa (Touhedi et al., 2023; Wang et al., 2020).

Tỉnh Kiên Giang, với ba vùng sinh thái đặc trưng, thể hiện sự khác biệt rõ rệt về lượng mưa, hình thành do sự đa dạng địa hình, thành phần đất và đặc điểm thủy văn riêng biệt. Trong nghiên cứu này, việc phân tích xu hướng biến đổi lượng mưa đã được tiến hành bằng cách kết hợp phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall cùng ước lượng Sen's Slope. Sự kết hợp này đảm bảo độ tin cậy cao trong việc xác định sự tồn tại xu hướng có ý nghĩa thống kê, đồng thời định lượng mức độ biến đổi theo thời gian một cách chính xác. Nhờ đó, kết quả đánh giá về xu thế trở nên toàn diện và đáng tin cậy. Điểm

nổi bật của nghiên cứu không chỉ ở phương pháp luận chặt chẽ, mà còn ở khả năng phân tích chi tiết kết quả theo từng vùng sinh thái. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc hỗ trợ quá trình hoạch định chính sách ở cấp địa phương, đảm bảo tính hiệu quả và phù hợp với điều kiện đặc thù của từng khu vực.

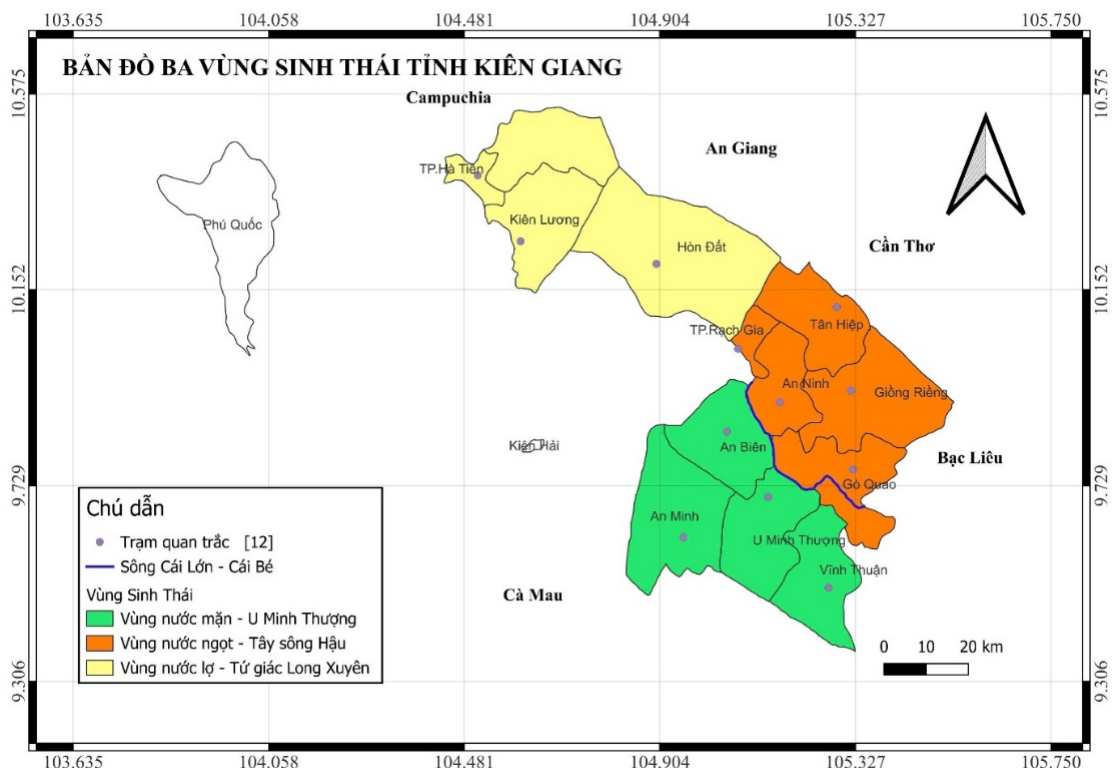
Việc nghiên cứu chuyên sâu về sự biến thiên lượng mưa tại ba vùng sinh thái của Kiên Giang, ứng dụng phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall và ước lượng Sen's Slope. Mục tiêu là xác định xu hướng tăng, giảm, hoặc duy trì ổn định của lượng mưa qua thời gian, đồng thời đo lường mức độ thay đổi. Kết quả nghiên cứu tạo cơ sở khoa học vững chắc cho việc quản lý hiệu quả nguồn tài nguyên nước và ứng phó với biến đổi khí hậu ở cấp vùng. Trên cơ sở này, Kiên Giang có thể chủ động thích ứng và giảm thiểu tác động tiêu cực từ biến đổi khí hậu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vùng nghiên cứu

Kiên Giang là một tỉnh ven biển ĐBSCL với diện tích tự nhiên 6.352 km² (lớn nhất ĐBSCL) và dân số 1,76 triệu người (đứng thứ ba ĐBSCL, chỉ sau An Giang và Tiền Giang) (General Statistics Office, 2023). Dân số chủ yếu tập trung nông thôn (1.226,7 người) và phần lớn người dân sống ở nông thôn và dựa vào sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng và khai thác thủy sản và một ít lâm nghiệp (General Statistics Office, 2023).

Nghiên cứu được thực hiện tập trung tại ba vùng sinh thái tỉnh Kiên Giang (Hình 1): vùng nước mặn - U Minh Thượng (02 trạm đo mưa Vĩnh Thuận và An Biên); vùng nước ngọt - Tây Sông Hậu (05 trạm đo mưa Rạch Giá, Châu Thành, Tân Hiệp, Giồng Riềng và Gò Quao); vùng nước lợ - Tứ giác Long Xuyên (Trạm Hòn Đất, Giang Thành, Kiên Lương và Hà Tiên) (Nguyễn, 2017).



Hình 1. Bản đồ vị trí 3 vùng sinh thái và tọa độ trạm đo mưa tỉnh Kiên Giang

2.2. Số liệu thu thập

Dữ liệu lượng mưa tại 10 trạm đo mưa nhân dân của tỉnh Kiên Giang được thu thập từ Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam bộ. Độ dài chuỗi số liệu được

sử dụng từ năm 1992 đến 2023, đảm bảo số liệu dài hạn và liên tục để đánh giá biến động theo thời gian và phân tích xu hướng về lượng mưa theo không gian. Danh sách các trạm đo mưa được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Danh sách các trạm đo mưa được phân theo 03 vùng sinh thái nước mặn, ngọt và lợ tỉnh Kiên Giang

TT	Tên Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Ghi chú
Vùng nước mặn – U Minh Thượng				
1	An Biên	105,0753	9,8183	
2	Vĩnh Thuận	105,2108	9,5333	
Vùng nước ngọt – Tây Sông Hậu				
1	Rạch Giá	105,04	10,01	
2	Châu Thành	105,1367	9,9633	
3	Tân Hiệp	105,2797	10,0067	
4	Giồng Riềng	105,3108	9,9057	
5	Gò Quao	105,2775	9,7330	
Vùng nước lợ - Tứ giác Long Xuyên				
1	Kiên Lương	104,5973	10,2557	
2	Hòn Đất	104,8967	10,2083	
3	Hà Tiên	104,5083	10,3983	

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall (MK)

Thử nghiệm Mann-Kendall đã được Mann (Mann, 1945) xây dựng dưới dạng thử nghiệm phi tham số để phát hiện xu hướng và phân phối thống kê thử nghiệm đã được đưa ra bởi Kendall (Kendall, 1948b). Phương pháp Mann-Kendall (MK) được ứng dụng nhằm xác định sự hiện diện của xu hướng có ý nghĩa thống kê trong chuỗi số liệu mưa. Ưu điểm nổi bật của kiểm định phi tham số này là khả năng thích ứng với mọi dạng phân phối, không bị ảnh hưởng bởi các giá trị cực đoan hay thiếu dữ liệu. Do đó, MK đặc biệt phù hợp với phân tích dữ liệu mưa trong nghiên cứu này. Thống kê kiểm định Mann-Kendall (S) được tính toán theo công thức (1) (Noor et al., 2023):

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

Trong đó x_i và x_j là các giá trị dữ liệu tuần tự trong chuỗi thời gian i và j ($j > i$), n là độ dài của chuỗi thời gian và $\text{sgn}(x_j - x_i)$ được tính theo công thức (2).

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{if}(x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if}(x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if}(x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Mann (1945) và Kendall (1975) (Kendall, 1948b; 1975; Mann, 1945) cho rằng khi $n \geq 8$, S gần như có phân phối chuẩn với giá trị trung bình và phương sai công thức (3).

$$E(S_k) = 0 \quad (3)$$

Giá trị của S_k gần bằng 0, dương và âm hàm ý không có xu hướng, tăng và giảm tương ứng đáng kể. Độ lớn của S_i đo lường sức ảnh hưởng của xu hướng. Lưu ý rằng nếu giá trị tuyệt đối của S_i lớn hơn giá trị tới hạn của S_k cho thấy xu hướng có ý nghĩa thống kê công thức (4).

$$\text{Var}(S_k) = \frac{1}{18} \left[\sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i + 5) - \right] \quad (4)$$

Trong đó t , là số lượng mối quan hệ của phạm vi i biểu thị số lượng quan sát trong tập hợp, m là số nhóm liên kết và n là số điểm dữ liệu. Thống kê Z_{sk} tiêu chuẩn được tính công thức (5).

$$Z_{sk} = \begin{cases} \frac{S_k - 1}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} S_k > 0 \\ 0 & S_k = 0 \\ \frac{S_k + 1}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} S_k < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Giá trị dương của Z_{sk} biểu thị xu hướng tăng, trong khi giá trị âm của Z_{sk} biểu thị xu hướng giảm. $|S_{sk}| = Z_1 - \alpha/2$. Giả thuyết không bị bác bỏ và tồn tại xu hướng đáng kể trong chuỗi thời gian. $Z_1 - \alpha/2$ thu được từ bảng phân phối chuẩn chuẩn. Giả thuyết không không có xu hướng bị bác bỏ ở mức ý nghĩa 1% và nếu $|Z_{sk}| > 1,96$ và bị bác bỏ nếu $|Z_{sk}| > 2,576$ ở mức ý nghĩa 1%.

2.3.2. Độ dốc Sen's slope

Sen (1968) đã phát triển phương trình phi tham số để ước tính độ dốc của xu hướng trong mẫu dữ liệu N cặp có thể được tính theo công thức

$$Q_i = \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (6)$$

Trong đó X_j và X_i là các giá trị tại thời điểm j và i ($1 < i < j < n$), n là số lượng dữ liệu. Trung vị của n giá trị Q_i này được biểu diễn dưới dạng ước tính độ dốc của Sen. Các giá trị dương và âm của Q_i lần lượt biểu thị xu hướng tăng và giảm trong chuỗi thời gian.

Nếu chỉ có một dữ liệu trong mỗi khoảng thời gian, thì $N = n(n-1)/2$; trong đó n là số khoảng thời gian. Nếu có nhiều quan sát trong một hoặc nhiều khoảng thời gian, thì $N < n(n-1)$.

Các giá trị N của Q_i được xếp hạng từ nhỏ nhất đến lớn nhất và giá trị trung bình của độ dốc hoặc

ước lượng độ dốc Sen được tính như thể hiện trong Công thức (7).

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{[(N+1)/2]} & \text{nếu } N \text{ là số lẻ} \\ \frac{Q_{[N/2]} + Q_{[(N+2)/2]}}{2} & \text{nếu } N \text{ là số chẵn} \end{cases} \quad (7)$$

Dấu Q_{med} phản ánh sự phân ánh xu hướng dữ liệu, trong khi giá trị của nó biểu thị độ dốc của xu hướng. Để xác định xem độ dốc trung bình có khác biệt về mặt thống kê so với không hay không, người ta nên lấy khoảng tin cậy của Q_{med} ở xác suất cụ thể.

Khoảng tin cậy về độ dốc thời gian (Gilbert, 1987; Hollander et al., 2013) có thể được tính toán như thể hiện trong Công thức (8).

$$C_{\alpha} = Z_1 - \alpha/2\sqrt{Var(S)} \quad (8)$$

Trong đó, $Z_1 - \alpha/2$ được lấy từ bảng phân phối chuẩn chuẩn. Trong nghiên cứu này, khoảng tin cậy được tính toán ở hai mức ý nghĩa ($\alpha < 0,01$ và $\alpha < 0,05$). Nếu $M_1 = (N - C_{\alpha})/2$ và $M_2 = (N + C_{\alpha})/2$ được tính toán thì giới hạn dưới và trên của khoảng tin cậy, Q_{min} và Q_{max} là ước tính độ dốc lớn nhất thứ M_1 và lớn nhất thứ $(M_2 + 1)$ trong N ước tính độ dốc có thứ tự (Gilbert, 1987). Cần lưu ý rằng độ dốc Q_{med} khác về mặt thống kê so với 0 nếu hai giới hạn (Q_{min} và Q_{max}) cùng dấu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá xu thế biến đổi tổng lượng mưa năm tại ba vùng sinh thái từ năm 1992 đến 2023

Dựa trên kết quả phân tích độ dốc Sen's Slope kết hợp kiểm định phi tham số Mann – Kendall (MK), xu thế biến đổi lượng mưa tại vùng sinh thái nước mặn, nước ngọt và vùng nước lợ Kiên Giang không rõ rệt qua các năm và không có ý nghĩa thống kê. Tại vùng mặn và vùng ngọt, tổng lượng mưa năm có xu hướng tăng nhẹ (Sen's slope = 5.387 mm/năm và 6.585 mm/năm) nhưng không đạt mức ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên, tại Châu Thành (vùng ngọt) tổng lượng mưa năm từ giai đoạn năm 1992 đến năm 2023 có xu hướng tăng rõ rệt với độ dốc Sen's slope = +18.202 mm/năm và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$) (Bảng 1). Ngược lại, vùng lợ thì lượng mưa có hướng giảm không đáng kể, tổng lượng mưa năm có, độ dốc Sen's slope < 0 (- 0,656 mm/năm) với $p = 0,961$, cho thấy không có sự biến đổi nào về mặt xu thế. Tóm lại, trong giai đoạn nghiên cứu, lượng mưa năm tại ba vùng sinh thái Kiên Giang duy trì sự ổn định tương đối. Tuy nhiên, hiện tượng gia tăng cục bộ tại một số khu vực như huyện Châu Thành (vùng ngọt), điều này cho thấy sự tác động phức tạp của yếu tố khí hậu và môi trường.

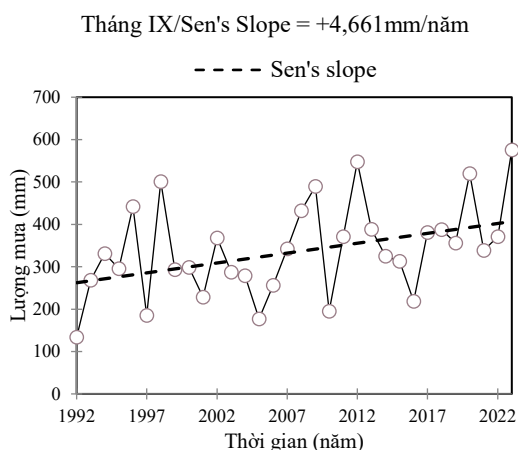
Bảng 1. Xu thế biến đổi lượng mưa vùng ngọt từ năm 1992 đến năm 2023 tại trạm đo mưa Huyện Châu Thành, tỉnh Kiên Giang

Chuỗi thời gian/kiểm định	Kendall's tau	Giá trị p	Sen's slope
I	0,262	0,042	0,485
II	0,026	0,853	0,000
III	0,035	0,795	0,016
IV	0,056	0,661	0,656
V	0,089	0,486	1,655
VI	-0,030	0,820	-0,485
VII	0,185	0,140	6,085
VIII	0,000	1,000	-0,013
IX	0,238	0,058	5,178
X	-0,012	0,935	-0,208
XI	0,141	0,263	1,210
XII	0,079	0,538	0,449
Tổng lượng mưa năm	0,315	0,012	18,202
Tổng lượng mưa mùa mưa	0,306	0,014	14,370
Tổng lượng mưa mùa khô	0,109	0,390	2,662

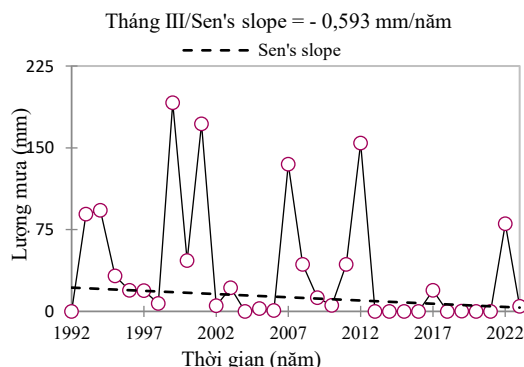
3.2. Đánh giá xu thế biến đổi lượng mưa tháng tại ba vùng sinh thái, giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2023

3.2.1. Vùng sinh thái nước mặn tại Kiên Giang, từ năm 1992 đến năm 2023

Kết quả phân tích xu thế biến đổi lượng mưa tại vùng mặn Kiên Giang cho thấy sự ổn định tương đối về tổng lượng mưa hằng năm. Tuy nhiên, xu hướng gia tăng lượng mưa tháng IX đã được chỉ ra trong nghiên cứu, với hệ số Sen's slope = +4,661 mm/năm và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$) (Hình 2). Ngược lại, lượng mưa tại Vĩnh Thuận có xu hướng giảm (S < 0), đặc biệt trong tháng 3 (Sen's slope = - 0,593 mm/năm) và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$) (Hình 3), cùng với tổng lượng mưa năm và mùa khô đều giảm nhẹ nhưng không đáng kể về mặt thống kê. Các huyện ven biển An Biên, Vĩnh Thuận nằm trong vùng chịu ảnh hưởng trực tiếp của gió mùa Tây Nam, nhưng lại có hệ sinh thái ven biển ổn định, ít có sự biến đổi lớn về mặt thảm thực vật hay sử dụng đất. Tính ổn định này góp phần hạn chế sự biến động lượng mưa tổng thể. Tuy nhiên, sự gia tăng mưa vào tháng IX có thể liên quan đến hiện tượng dịch chuyển thời điểm kết thúc mùa mưa hoặc biến động cục bộ do biến đổi khí hậu, tác động đến sự phân bố thời gian mưa. Do đó, mặc dù vùng mặn chưa ghi nhận xu hướng thay đổi đáng kể lượng mưa hằng năm, việc giám sát chặt chẽ lượng mưa trong giai đoạn giao mùa là cần thiết, nhằm đánh giá rủi ro xâm nhập mặn và các hiện tượng thời tiết cực đoan.



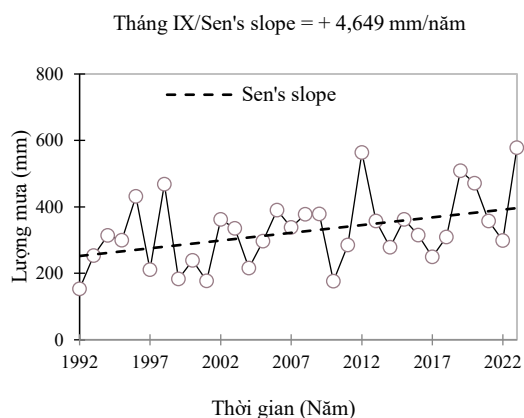
Hình 2. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng IX tại vùng sinh thái nước mặn từ năm 1992 đến năm 2023



Hình 3. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng III Vĩnh Thuận, vùng sinh thái nước mặn, giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2023

3.2.2. Xu thế biến đổi lượng mưa tại vùng sinh thái nước ngọt Kiên Giang, từ năm 1992 đến năm 2023

Dựa trên kết quả phân tích, xu thế biến đổi lượng mưa tại vùng sinh thái nước ngọt Kiên Giang, bao gồm các huyện Rạch Giá, Tân Hiệp, Gò Quao, Giồng Riềng và Châu Thành, nhìn chung có xu hướng gia tăng nhẹ nhưng không rõ rệt và thiếu ý nghĩa thống kê ở phần lớn các tháng và mùa. Đáng chú ý, tháng IX là tháng duy nhất có xu thế tăng lượng mưa với Sen's slope = + 4,649 mm/năm, có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$), điều này phản ánh sự gia tăng mưa rõ rệt vào cuối mùa mưa (Hình 4). Nhìn chung, vùng nước ngọt Kiên Giang cho thấy dấu hiệu gia tăng lượng mưa cục bộ, đặc biệt vào tháng IX, nhưng chưa hình thành một xu thế biến đổi mạnh mẽ trên quy mô năm hoặc mùa.



Hình 4. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng IX vùng sinh thái nước ngọt từ năm 1992 đến năm 2023

Tổng hợp kết quả phân tích tại các huyện thuộc vùng sinh thái nước ngọt Kiên Giang, xu thế biến đổi lượng mưa thể hiện sự khác biệt cục bộ giữa các khu vực, nhưng nhìn chung xu hướng tăng lượng mưa đang chiếm ưu thế, đặc biệt vào một số thời điểm và tại một số huyện.

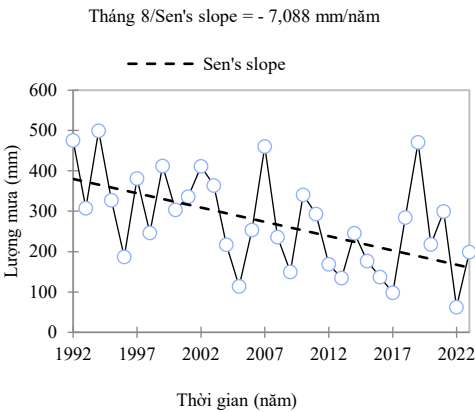
Tại các huyện thuộc vùng nước ngọt như Châu Thành và Rạch Giá, lượng mưa có xu hướng tăng rõ rệt, cụ thể vào các tháng tháng 1, 2 và 9 ($p \leq 0,05$). Kết quả phân tích độ dốc Sen's slope xác nhận hiện tượng kéo dài mùa mưa và dịch chuyển chu kỳ mưa. Tại Châu Thành có xu thế tăng lượng mưa mùa mưa vượt trội so với các huyện khác cùng khu vực (Sen's Slope = 14,370 mm/năm) và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$) (Bảng 1). Tương tự, Rạch Giá ghi nhận xu hướng gia tăng lượng mưa với tháng II ($p \leq 0,05$) và tháng IX ($p \leq 0,05$), trong đó giá trị Sen's slope tháng IX đạt + 7,537 mm/năm ($p \leq 0,05$), cho thấy lượng mưa gia tăng mạnh vào cuối mùa mưa (Bảng 2).

Bảng 2. Xu thế biến đổi lượng mưa tại Rạch Giá, vùng nước ngọt Kiên Giang từ năm 1992 đến năm 2023

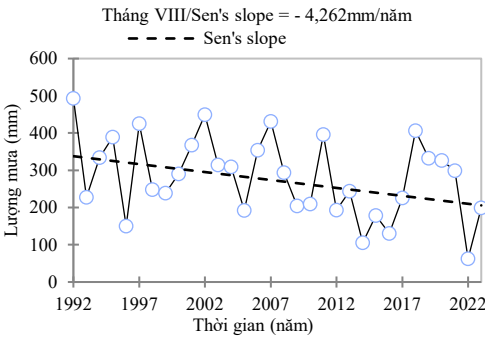
Chuỗi thời gian/kiểm định	Kendall's tau	Giá trị p	Sen's slope
I	0,235	0,064	0,531
II	0,297	0,026	0,081
III	0,117	0,362	0,156
IV	0,164	0,194	2,022
V	0,073	0,570	0,851
VI	-0,081	0,527	-1,092
VII	0,016	0,910	0,562
VIII	-0,097	0,446	-2,161
IX	0,355	0,005	7,537
X	-0,020	0,884	-0,503
XI	0,008	0,961	0,085
XII	-0,012	0,935	-0,039
Tổng lượng mưa năm	0,242	0,054	14,306
Tổng lượng mưa mùa mưa	0,141	0,263	6,371
Tổng lượng mưa mùa khô	0,198	0,116	4,032

Khác với các khu vực khác trong vùng, lượng mưa tại Tân Hiệp, Gò Quao và Giồng Riềng có xu thế mưa không đồng đều. Đặc biệt, tháng VIII tại Gò Quao và Giồng Riềng ghi nhận được sự giảm đáng kể về lượng mưa, đạt ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$), báo hiệu hiện tượng bất thường giữa mùa mưa. Cụ thể, Giồng Riềng có xu thế giảm đáng kể lượng mưa vào tháng VIII với Sen's slope = - 7,088 mm/năm (Hình 5), trong khi Gò Quao có Sen's Slope = -

4,262 mm/năm (Hình 6). Hiện tượng này phản ánh rõ nét sự thiếu hụt nguồn nước trong giai đoạn cao điểm mùa mưa và gây ảnh hưởng tiêu cực đến sản xuất.



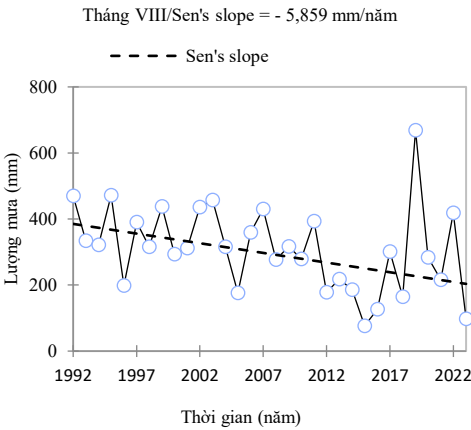
Hình 5. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng VIII tại Giồng Riềng, vùng sinh thái nước ngọt từ năm 1992 đến năm 2023



Hình 6. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng VIII tại Gò Quao, vùng sinh thái nước ngọt từ năm 1992 đến năm 2023

3.2.3. Xu thế biến đổi lượng mưa vùng nước lợ tại Kiên Giang, từ năm 1992 đến năm 2023

Kết quả phân tích dữ liệu mưa tại các huyện thuộc vùng nước lợ Kiên Giang (Hòn Đất, Kiên Lương và Hà Tiên) cho thấy xu thế lượng mưa không đồng đều giữa các tháng và giữa các huyện, với sự xuất hiện đồng thời của cả xu hướng tăng và giảm. Lượng mưa vùng lợ (Hình 7) có xu hướng giảm rõ rệt ($S < 0$) vào tháng 8 và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$).



Hình 7. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng VIII tại vùng sinh thái nước lợ, giai đoạn 1992 – 2023

Kết quả phân tích xu thế lượng mưa tại Hòn Đất (Bảng 3) cho thấy sự chênh lệch lượng mưa trong tháng 8 và tháng 9, phản ánh tính bất thường trong phân bố thời gian của mùa mưa. Cụ thể, trong tháng 8, lượng mưa có xu hướng giảm mạnh với độ dốc Sen's slope = -7,386 mm/năm ($p \leq 0,05$). Đây là một kết quả có ý nghĩa thống kê, khẳng định xu thế giảm lượng mưa rõ rệt trong một tháng vốn được xem là giai đoạn cao điểm của mùa mưa tại Tây Nam Bộ. Ngược lại, tháng 9 lại diễn biến theo chiều hướng gia tăng lượng mưa có ý nghĩa thống kê (Kendall's tau = 0,266, $p = 0,034$), với độ dốc Sen's slope = + 5,892 mm/năm. Điều này cho thấy sự dịch chuyển lượng mưa về cuối mùa. Sự chuyển đổi bất thường giữa hai tháng 8 và tháng 9 không chỉ phản ánh biến thiên khí hậu thông thường mà còn là biểu hiện rõ nét của biến đổi khí hậu đang làm xáo trộn thời điểm mưa toàn cầu. Tháng 8 khan hiếm nguồn nước, đe dọa sản lượng vụ Hè Thu; ngược lại, tháng 9 mưa nhiều gây trở ngại cho việc gieo trồng vụ Thu Đông tại khu vực.

Kết quả phân tích chuỗi số liệu khí tượng tại trạm Kiên Lương cho thấy xu thế tăng lượng mưa rõ rệt trong mùa khô và tháng 9. Cụ thể, tổng lượng mưa mùa khô có $p = 0,024$ và Sen's slope = +5,513 mm/năm, chứng tỏ xu hướng tăng có ý nghĩa thống kê. Bên cạnh đó, lượng mưa tháng 9 – thời điểm cuối mùa mưa – cũng gia tăng đáng kể, với Sen's slope = + 5,418 mm/năm và $p = 0,019$ (Bảng 4). Kết quả cho thấy sự gia tăng lượng mưa tại thời điểm cuối mùa mưa là một hiện tượng đáng chú ý. Sự gia tăng lượng mưa trong mùa khô và tháng 9 mang lại hai mặt tác động: Một mặt, nó có thể hỗ trợ cải thiện nguồn nước trong mùa khô hạn và kéo dài thời gian canh tác; mặt khác, lại làm mờ ranh giới giữa mùa

mưa và mùa khô, gây khó khăn trong việc xây dựng lịch mùa vụ, thu hoạch và ứng phó với hiện tượng ngập úng cục bộ do mưa bất thường cuối vụ.

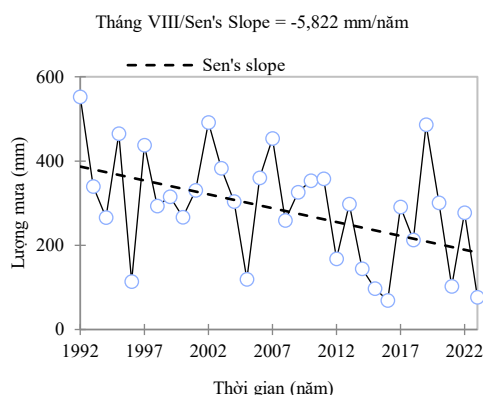
Bảng 3. Xu thế biến lượng mưa tại Hòn Đất, vùng nước lợ Kiên Giang từ năm 1992 đến năm 2023

Chuỗi thời gian/kiểm định	Kendall 's tau	Giá trị p	Sen's slope
I	0,154	0,246	0,000
II	0,254	0,061	0,000
III	-0,134	0,309	0,000
IV	0,087	0,496	0,909
V	0,165	0,189	2,469
VI	-0,157	0,212	-2,230
VII	-0,206	0,101	-4,254
VIII	-0,315	0,012	-7,386
IX	0,266	0,034	5,892
X	-0,024	0,858	-0,721
XI	0,044	0,733	0,813
XII	0,050	0,697	0,402
Tổng lượng mưa năm	0,012	0,935	1,402
Tổng lượng mưa mùa mưa	-0,032	0,808	-1,223
Tổng lượng mưa mùa khô	0,177	0,158	4,113

Bảng 4. Xu thế biến lượng mưa tại Kiên Lương, vùng nước lợ Kiên Giang từ năm 1992 đến năm 2023

Chuỗi thời gian/kiểm định	Kendall 's tau	Giá trị p	Sen's slope
I	0,208	0,103	0,479
II	0,021	0,888	0,000
III	0,061	0,637	0,100
IV	0,177	0,158	2,566
V	0,069	0,593	0,702
VI	0,036	0,783	0,583
VII	-0,137	0,277	-2,322
VIII	-0,218	0,083	-5,259
IX	0,294	0,019	5,418
X	0,040	0,758	0,717
XI	0,198	0,116	2,496
XII	0,162	0,200	1,097
Tổng lượng mưa năm	0,165	0,189	8,912
Tổng lượng mưa mùa mưa	0,089	0,486	3,768
Tổng lượng mưa mùa khô	0,282	0,024	5,513

Tại Hà Tiên, kết quả cho thấy xu thế biến đổi lượng mưa trong giai đoạn nghiên cứu chủ yếu thiên về sự ổn định, không có xu hướng tăng hoặc giảm rõ rệt ở tổng lượng mưa năm và mùa. Tuy nhiên, khi phân tích theo từng tháng, tháng VIII (giữa mùa mưa) nổi bật với xu thế giảm lượng mưa có ý nghĩa thống kê, với và Sen's slope = -5,822 mm/năm (Hình 8). Đây là dấu hiệu rõ rệt cho thấy lượng mưa giữa mùa có xu hướng giảm dần, dù tổng lượng mưa năm vẫn ổn định. Hiện tượng giảm mưa trong tháng 8 tại Hà Tiên có thể liên quan đến sự rối loạn trong hoạt động của gió mùa Tây Nam, đặc biệt là khi khu vực ven biển Tây Nam Bộ bị ảnh hưởng bởi các pha nóng (El Niño) của hiện tượng ENSO, làm suy yếu đối lưu và gây giảm mưa vào thời điểm đỉnh mùa (Nguyễn & Nguyễn, 2019). Ngoài ra, việc chuyển đổi hệ sinh thái ven biển, đặc biệt là suy giảm rừng ngập mặn và mở rộng đô thị tại Hà Tiên, có thể góp phần làm thay đổi vi khí hậu địa phương, gây ra sự gián đoạn trong chu kỳ hình thành mưa.



Hình 8. Xu thế biến đổi lượng mưa tháng VIII tại Hà Tiên, vùng sinh thái nước lợ từ năm 1992 đến năm 2023

Tóm lại, xu thế biến đổi lượng mưa tại vùng nước lợ Kiên Giang không thể hiện qua tổng lượng mưa hàng năm, mà thể hiện qua sự thay đổi phân bố mưa theo thời gian, với đặc điểm giảm mạnh giữa mùa và tăng vào cuối mùa. Đây là một chỉ dấu rõ ràng về sự bất thường trong chu kỳ khí hậu, cần được xem xét nghiêm túc trong việc điều chỉnh lịch thời vụ, phân phối nước tưới và dự báo thiên tai tại khu vực ven biển.

Kết quả phân tích số liệu lượng mưa năm tại ba vùng sinh thái tỉnh Kiên Giang không biến động rõ rệt từ năm 1992 đến năm 2023, song xu thế biến đổi theo tháng và mùa lại có dấu hiệu bất thường và có ý nghĩa thống kê tại nhiều thời điểm, đặc biệt ở tháng VIII và tháng IX. Đây là điểm khác biệt đáng

chú ý, phản ánh rõ sự dịch chuyển về mặt thời gian của mùa mưa, phù hợp với nhận định của Masson-Delmotte et al., (2021) về xu hướng kéo dài hoặc lệch pha mùa mưa dưới tác động của biến đổi khí hậu (Masson-Delmotte et al., 2021).

Hiện tượng giảm lượng mưa tháng VIII tại các huyện như Hà Tiên, Hòn Đất, Gò Quao, Giồng Riềng, với độ dốc Sen's slope âm và $p \leq 0,05$, cho thấy nguy cơ khô hạn cục bộ thời điểm đỉnh điểm của mùa mưa. Trong khi đó, xu thế tăng mưa vào tháng IX và mùa khô tại Kiên Lương, Rạch Giá và Châu Thành lại phản ánh xu hướng dồn mưa về cuối mùa, gây khó khăn trong việc xác định ranh giới mùa khô – mùa mưa, từ đó ảnh hưởng đến lịch gieo trồng và hệ thống thoát nước.

Các kết quả này nhất quán với nghiên cứu của Huỳnh et al. (2024), chỉ ra sự khác biệt đáng kể về lượng mưa giữa các vùng tại ĐBSCL, với xu hướng giảm tại Cà Mau và tăng tại Mộc Hóa trong mùa khô (Huỳnh et al., 2024). Đồng thời, kết quả nghiên cứu cũng giúp bổ sung bằng chứng địa phương cụ thể cho cảnh báo của Dang et al., (2019) về ảnh hưởng của ENSO đến tính bất định của chu kỳ mưa tại ĐBSCL, đặc biệt là ngày bắt đầu và kết thúc và độ dài của mùa (Dang et al., 2020). Xu hướng tăng và giảm lượng mưa trong một số tháng nhất định, nhưng không nhất quán trong tất cả các tháng trong năm đã được nhiều nhà nghiên cứu khác nhau nghiên cứu (Kumar et al., 2017; Sa'adi et al., 2019b), phản ánh rõ nét của biến đổi khí hậu. Thực tế cho thấy, ngay cả trong phạm vi địa lý gần kề, phân bố lượng mưa cũng thể hiện sự đa dạng đáng kể. Những biến đổi này, một phần bắt nguồn từ sự thay đổi trong hệ thống lưu chuyển khí quyển toàn cầu (Trenberth, 2011). Ngoài ra, các đặc điểm địa hình của một khu vực góp phần hình thành các mô hình lượng mưa khác biệt (Pitman et al., 2012). Bên cạnh đó, sự tác động của việc sử dụng đất và đặc điểm lớp phủ đất ảnh hưởng đến các quá trình thời tiết và khí hậu ở quy mô địa phương, khu vực và toàn cầu (Brown et al., 2014).

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu, xu thế biến đổi lượng mưa trong giai đoạn 1992–2023 tại ba vùng sinh thái đặc trưng của tỉnh Kiên Giang đã được phân tích, bao gồm: vùng nước mặn (U Minh Thượng), vùng nước ngọt (Tây Sông Hậu) và vùng nước lợ (Tứ giác Long Xuyên), được thực hiện bằng kiểm định phi tham số Mann–Kendall và ước lượng độ dốc Sen's slope (độ tin cậy 95%). Kết quả nghiên cứu chỉ ra xu hướng biến đổi lượng mưa trong từng vùng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy xu thế biến đổi lượng mưa tại ba vùng sinh thái của tỉnh Kiên Giang trong giai đoạn 1992 – 2023 chủ yếu không thể hiện rõ ở tổng lượng mưa năm, nhưng lại có sự phân hóa rõ rệt theo tháng và mùa. Tại vùng nước ngọt, một số khu vực như Châu Thành và Rạch Giá ghi nhận xu hướng tăng lượng mưa vào tháng I và tháng IX với độ dốc Sen's slope dao động từ + 0,485 đến + 7,537 mm/năm và $p \leq 0,05$. Trong khi đó, tại Giồng Riềng và Gò Quao, lượng mưa tháng VIII giảm có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$), cho thấy xu thế giảm mưa giữa mùa. Vùng nước mặn và vùng lợ cũng ghi nhận xu thế tương tự, đặc biệt là sự giảm mạnh lượng mưa trong tháng VIII (Sen's slope từ -5,8 đến -7,3 mm/năm) và tăng rõ rệt vào tháng IX tại Kiên Lương và Hòn Đất ($p \leq 0,05$).

Biến đổi lượng mưa bất thường gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp vùng ven biển. Mưa trái mùa gia tăng, mùa mưa chính suy giảm, đặt ra thách thức lớn cho công tác quản lý nguồn nước và lịch thời vụ tại các vùng sản xuất nông nghiệp ven biển.

Trong nghiên cứu, việc giám sát chặt chẽ lượng mưa từng tháng, nâng cao dự báo khí tượng địa phương và điều chỉnh lịch canh tác nông nghiệp lịch hoạt cũng đã được đề xuất. Dữ liệu thu được tạo nền tảng khoa học vững chắc cho chiến lược ứng phó biến đổi khí hậu và phát triển bền vững tỉnh Kiên Giang. Việc theo dõi diễn biến thời tiết góp phần quan trọng vào hoạch định chính sách hiệu quả. Kiên Giang cần chủ động thích ứng với những thay đổi bất thường của khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Bari, S. H., Rahman, M. T. U., Hoque, M. A., & Hussain, M. M. (2016). Analysis of seasonal and annual rainfall trends in the northern region of Bangladesh. *Atmospheric Research*, 176, 148–158.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.008>
- Basharin, D., & Stankūnavičius, G. (2022). European precipitation response to Indian ocean dipole events. *Atmospheric Research*, 273(155), 106142.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106142>
- Brown, D., Polsky, C., Bolstad, P. V., Brody, S. D., Hulse, D., Kroh, R., Loveland, T., & Thomson, A. M. (2014). *Land use and land cover change*. Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).
<https://www.osti.gov/biblio/1182345>
- Caloiero, T. (2020). Evaluation of rainfall trends in the South Island of New Zealand through the innovative trend analysis (ITA). *Theoretical and Applied Climatology*, 139(1–2), 493–504.
<https://doi.org/10.1007/s00704-019-02988-5>
- Camberlin, P. (2017). Temperature trends and variability in the Greater Horn of Africa: Interactions with precipitation. *Climate Dynamics*, 48(1–2), 477–498.
<https://doi.org/10.1007/s00382-016-3088-5>
- Dang, V. H., Tran, D. D., Cham, D. D., Phan, H. T. T., Nguyen, H. T., Truong, H. V., Tran, P. H., Duong, M. B., Nguyen, N. T., & Le, K. V. (2020). Assessment of rainfall distributions and characteristics in coastal provinces of the Vietnamese Mekong Delta under climate change and ENSO processes. *Water*, 12(6), 1555.
<https://doi.org/10.3390/w12061555>
- Das, S., Kamruzzaman, M., & Islam, A. R. M. T. (2022). Assessment of characteristic changes of regional estimation of extreme rainfall under climate change: A case study in a tropical monsoon region with the climate projections from CMIP6 model. *Journal of Hydrology*, 610, 128002.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128002>
- Fowler, H. J., Ali, H., Allan, R. P., Ban, N., Barbero, R., Berg, P., Blenkinsop, S., Cabi, N. S., Chan, S., Dale, M., Dunn, R. J. H., Ekström, M., Evans, J. P., Fosser, G., Golding, B., Guerreiro, S. B., Hegerl, G. C., Kahraman, A., Kendon, E. J., ... Whitford, A. (2021). Towards advancing scientific knowledge of climate change impacts on short-duration rainfall extremes. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 379(2195), 20190542.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0542>
- Furl, C., Sharif, H. O., Alzahrani, M., El Hassan, A., & Mazari, N. (2014). Precipitation Amount and Intensity Trends Across Southwest Saudi Arabia. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 50(1), 74–82.
<https://doi.org/10.1111/jawr.12118>
- Gadedjisso-Tossou, A., Adjegan, K. I., & Kablan, A. K. M. (2021). Rainfall and temperature trend analysis by Mann–Kendall test and significance for Rainfed Cereal Yields in Northern Togo. *Sci*, 3(1), 17.
<https://doi.org/10.3390/sci3010017>
- Gbobaniyi, E., Sarr, A., Sylla, M. B., Diallo, I., Lennard, C., Dosio, A., Dhiédiou, A., Kamga, A., Klutse, N. A. B., & Hewitson, B. (2014). Climatology, annual cycle and interannual variability of precipitation and temperature in CORDEX simulations over West Africa. *International Journal of Climatology*, 34(7).
<https://doi.org/10.1002/joc.3834>

- General Statistics Office. (2023). *Vietnam Statistical Yearbook 2022*. Statistical Publishing House.
- Gil-Alana, L. A., Yaya, O. S., & Fagbamigbe, A. F. (2019). Time series analysis of quarterly rainfall and temperature (1900–2012) in sub-Saharan African countries. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1–2), 61–76. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2583-5>
- Gilbert, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons.
- Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674>
- Ha, T. T., Nguyen, B. T., & Van, T. P. D. (2022). Potential for developments of agriculture, forestry, fishery and marine economy in Kien Giang province within the context of the Vietnamese Mekong Delta and international linkages. *Can Tho University Journal of Science*, 58(3), 115–125. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.065>
- Haldar, S., Choudhury, M., Choudhury, S., & Samanta, P. (2023). Trend analysis of long-term meteorological data of a growing metropolitan city in the era of global climate change. *Total Environment Research Themes*, 7, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100056>
- Hollander, M., Wolfe, D. A., & Chicken, E. (2013). *Nonparametric statistical methods*. John Wiley & Sons.
- Huynh, M. V. T., Bui, L. T. B., Dang, N. H. T., Tran, T. V., Nguyen, V. C., Nguyen, C. P., Downes, N. K., Meraj, G., & Kumar, P. (2024). Understanding rainfall distribution characteristics over the Vietnamese Mekong Delta: A comparison between coastal and inland localities. *Atmosphere*, 15(2), 217. <https://doi.org/10.3390/atmos15020217>
- Jha, M. K., & Singh, A. K. (2013). Trend analysis of extreme runoff events in major river basins of Peninsular Malaysia. *International Journal of Water*, 7(1/2), 142. <https://doi.org/10.1504/IJW.2013.051995>
- Karthik, V. C., Vinay, H. T., Jagadeesh, M. S., Ragini, H. R., Prem, G., & Pavithra, V. (2024). Analysis of Rainfall Trends and Change Point Detection in Kodagu District, Karnataka. *British Journal of Environment & Climate Change*, 14(9), 33–43. <https://doi.org/10.9734/ijecce/2024/v14i94389>
- Kendall, M. G. (1948a). Rank correlation methods. Griffin. <https://psycnet.apa.org/record/1948-15040-000>
- Kendall, M. G. (1948b). *Rank correlation methods*. Charles Griffin.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods* (4th edition). Charles Griffin.
- Kien Giang Department of Agriculture and Rural Development. (2021). *Report on the Agricultural Production Summary of Kien Giang Province in 2020 and the Production Plan for 2021*.
- Kliengchuay, W., Mingkhwan, R., Kiangkoo, N., Suwanmancee, S., Sahanavin, N., Kongpran, J., Aung, H. W., & Tantrakarnapa, K. (2024). Analyzing temperature, humidity, and precipitation trends in six regions of Thailand using innovative trend analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 7800. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57980-5>
- Kothawale, D. R., & Rajeevan, M. (2017). *Monthly, seasonal, annual rainfall time series for all-india, homogeneous regions, meteorological subdivisions: 1871-2016*.
- Kumar, K. K., Kamala, K., Rajagopalan, B., Hoerling, M. P., Eischeid, J. K., Patwardhan, S. K., Srinivasan, G., Goswami, B. N., & Nemani, R. (2011). The once and future pulse of Indian monsoonal climate. *Climate Dynamics*, 36(11–12), 2159–2170. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0974-0>
- Kumar, N., Panchal, C. C., Chandrawanshi, S. K., & Thanki, J. D. (2017). Analysis of rainfall by using Mann-Kendall trend, Sen’s slope and variability at five districts of south Gujarat, India. *Mausam*, 68(2), 205–222. <https://doi.org/10.54302/mausam.v68i2.604>
- Le, H. H. (2024). *Kien Giang develops agriculture as the mainstay of the economy*. <https://vpubnd.kiengiang.gov.vn:443/Trang/TinTuc/ChiTiet.aspx?nid=9452&chuyenmuc=147>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., & Gomis, M. I. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2(1), 2391. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Mercado-Bettin, D., Clayer, F., Shikhani, M., Moore, T. N., Frías, M. D., Jackson-Blake, L., Sample, J., Iturbide, M., Herrera, S., & French, A. S. (2021). Forecasting water temperature in lakes and reservoirs using seasonal climate prediction. *Water Research*, 201, 117286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117286>

- Mondal, A., Khare, D., & Kundu, S. (2015). Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India. *Theoretical and Applied Climatology*, 122, 143–158.
<https://doi.org/10.1007/s00704-014-1283-z>.
- Moore, J. W., & Schindler, D. E. (2022). Getting ahead of climate change for ecological adaptation and resilience. *Science*, 376(6600), 1421–1426.
<https://doi.org/10.1126/science.abo3608>
- Nacar, S. (2023). Trends of high and low values of annual and seasonal precipitation in Turkey. *Sustainability*, 15(23), 16523.
<https://doi.org/10.3390/su152316523>
- Nelson, D. R. (2011). Adaptation and resilience: Responding to a changing climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 113–120.
<https://doi.org/10.1002/wcc.91>
- Nguyen, N. T., & Nguyen, T. T. X. (2019). Application of the ahp weighting method to identify vulnerability indicators to impacts of climate change in Con Dao island. *Journal of Water resources & Environmental engineering*, 64, 25–35.
- Nguyen, T. V. (2017). *Report on current status and solutions for rice production and aquaculture in Kien Giang province until 2020*. Department of Agriculture and Rural Development of Kien Giang.
- Noor, M., HALEK, M. A., Lim, A., & Ahmat, H. (2023). Rainfall intensity classification in the East Coast of Malaysia using discriminant analysis. *Journal of Sustainability Science and Management*, 18(7), 87–102.
<https://doi.org/10.46754/jssm.2023.07.006>
- Pal, A. B., Khare, D., Mishra, P. K., & Singh, L. (2017). Trend analysis of rainfall, temperature and runoff data: A case study of Rangoon watershed in Nepal. *Int. J. Stud. Res. Technol. Manag*, 5, 21–38.
<https://doi.org/doi.org/10.18510/ijstrtm.2017.535>
- Panda, A., & Sahu, N. (2019). Trend analysis of seasonal rainfall and temperature pattern in Kalahandi, Bolangir and Koraput districts of Odisha, India. *Atmospheric Science Letters*, 20(10), e932.
<https://doi.org/10.1002/asl.932>
- Pitman, A. J., de Noblet-Ducoudré, N., Avila, F. B., Alexander, L. V., Boisier, J.-P., Brovkin, V., Delire, C., Cruz, F., Donat, M. G., & Gayler, V. (2012). Effects of land cover change on temperature and rainfall extremes in multi-model ensemble simulations. *Earth System Dynamics*, 3(2), 213–231.
<https://doi.org/10.5194/esd-3-213-2012>
- Ragatoa, D. S., Ogunjobi, K. O., Okhimamhe, A. A., Francis, S. D., & Adet, L. (2018). A trend analysis of temperature in selected stations in Nigeria using three different approaches. *Open Access Library Journal*, 5(2), 1–17.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1104371>
- Sa'adi, Z., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E.-S., & Wang, X.-J. (2019a). Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann–Kendall test. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131(3), 263–277.
<https://doi.org/10.1007/s00703-017-0564-3>
- Sa'adi, Z., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E.-S., & Wang, X.-J. (2019b). Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann–Kendall test. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131, 263–277.
<https://doi.org/10.1007/s00703-017-0564-3>
- Sai, K. V., & Joseph, A. (2018). Trend analysis of rainfall of Pattambi region, Kerala, India. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(9), 3274–3281.
<https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.709.406>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., & Miller, H. (2007). IPCC fourth assessment report (AR4). *Climate Change*, 374.
- Thuy T. (2022). *Hon Dat, one of Kien Giang's primary rice-producing regions*. Báo Kiên Giang. <https://www.baokiengiang.vn/nong-nghiep/hon-dat-vung-san-xuat-lua-gao-trong-diem-cua-kien-giang-11347.html>
- Toros, H., Abbasnia, M., Sagdic, M., & Tayanç, M. (2017). Long-Term Variations of Temperature and Precipitation in the Megacity of Istanbul for the Development of Adaptation Strategies to Climate Change. *Advances in Meteorology*, 2017, 1–14.
<https://doi.org/10.1155/2017/6519856>
- Touhedi, H., Kankal, M., & Yıldız, M. B. (2023). Trend analysis of maximum rainfall series of standard durations in Turkey with innovative methods. *Natural Hazards*, 119(3), 1479–1511.
<https://doi.org/10.1007/s11069-023-06085-9>
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1–2), 123–138.
<https://doi.org/10.3354/cr00953>
- Van Aalst, M. K. (2006). The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30(1), 5–18.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00303.x>

- Vo, T. Q., Roelvink, D., Van Der Wegen, M., Reynolds, J., Kernkamp, H., Giap, V. V., & Vo, L. T. P. (2020). Flooding in the Mekong Delta: The impact of dyke systems on downstream hydrodynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(1), 189–212.
<https://doi.org/10.5194/hess-24-189-2020>
- Wang, Y., Xu, Y., Tabari, H., Wang, J., Wang, Q., Song, S., & Hu, Z. (2020). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 231, 104673.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104673>
- Yilmaz, A., & Perera, B. (2015). Spatiotemporal trend analysis of extreme rainfall events in Victoria, Australia. *Water Resources Management*, 29, 4465–4480.
<https://doi.org/10.1007/s11269-015-1070-3>
- Yıldız, M. B., Kankal, M., Nacar, S., Linh, N. T. T., Hoa, H. V., & Nam, V. T. (2024). Investigation of precipitation trends in Lower Mekong Delta River Basin of Vietnam by innovative trend analysis methods. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(12), 10033–10050.
<https://doi.org/10.1007/s00704-024-05221-0>