

DOI:10.22144/ctujos.2025.072

ĐÁNH GIÁ XU THẾ LƯỢNG MƯA VÀ NHIỆT ĐỘ SỬ DỤNG KIỂM ĐỊNH PHI THAM SỐ TẠI TỈNH KIÊN GIANG, VIỆT NAM

Ngô Mỹ Linh¹, Nguyễn Thị Hồng Diệp², Đặng Thị Hồng Ngọc^{3,4}, Phạm Anh Khoa⁵, Nguyễn Văn Khang² và Huỳnh Vương Thu Minh^{2*}

¹Học viên Cao học Khóa 30, ngành Biến đổi khí hậu và Quản lý đồng bằng, Khoa môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

³Khoa Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

⁴Nghiên cứu sinh ngành Môi trường đất và nước, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

⁵Trường Đại học Nam Cần Thơ, Việt Nam

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

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 12/01/2025

Sửa bài (Revised): 15/04/2025

Duyệt đăng (Accepted): 21/04/2025

Title: Evaluation of rainfall trends using non-parametric testing in Kien Giang province, Viet Nam

Author(s): Ngô Mỹ Linh¹, Nguyễn Thị Hồng Diệp², Đặng Thị Hồng Ngọc^{3,4}, Phạm Anh Khoa⁵, Nguyễn Văn Khang² and Huỳnh Vương Thu Minh^{2*}

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá xu thế biến đổi khí hậu tại Kiên Giang dựa trên dữ liệu lượng mưa giai đoạn từ năm 1979 đến 2022 và nhiệt độ từ năm 1992 đến 2022, phân tích theo các thang đo năm, mùa và tháng. Sử dụng phương pháp kiểm định phi tham số gồm: MK, Sen's Slope, SMK và ITA, kết quả cho thấy tổng lượng mưa, số ngày mưa mùa khô và số ngày mưa trong năm có xu hướng tăng ($p \leq 0,05$), trong khi lượng mưa mùa mưa có xu hướng giảm nhẹ nhưng không đáng kể. Lượng mưa trong tháng 1 tăng ($p = 0,024$), phản ánh tăng lượng mưa vào mùa khô. Nhiệt độ, Tmax có xu hướng giảm nhẹ, trong khi Tmin lại tăng mạnh, đặc biệt tháng đầu năm, phản ánh xu thế ấm lên. Nhiệt độ trung bình (Ttb) vẫn tăng mặc dù giảm nhẹ của Tmax. Kết quả nghiên cứu xác nhận xu hướng biến đổi khí hậu tại Kiên Giang, nổi bật sự gia tăng lượng mưa mùa khô và nhiệt độ tối thiểu, từ đó nhấn mạnh yêu cầu cấp thiết trong việc quản lý tài nguyên nước và xây dựng chiến lược ứng phó dài hạn.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, kiểm định phi tham số, Mann – Kendall test (MK), nhiệt độ

ABSTRACT

This study assessed climate change trends in Kien Giang using rainfall data from 1979 to 2022 and temperature data from 1992 to 2022, analyzed on annual, seasonal, and monthly scales. Non-parametric methods, including the Mann–Kendall test, Sen's Slope, Sequential Mann–Kendall (SMK), and Innovative Trend Analysis (ITA), were applied. The results revealed statistically significant increases in total dry-season rainfall, the number of rainy days during the dry season, and annual rainy days ($p \leq 0,05$). In contrast, wet-season rainfall showed a slight but statistically insignificant decline. Rainfall in January increased notably ($p = 0,024$), reflecting a trend toward wetter drier seasons. Maximum temperature (Tmax) exhibited a slight decreasing trend, whereas minimum temperature (Tmin) increased significantly, particularly in the early months of the year, indicating a clear warming trend. Despite the slight decline in Tmax, the average temperature (Tavg) continued to rise. The findings confirmed the presence of climate change in Kien Giang, characterised by increasing dry-season rainfall and rising minimum temperatures. These changes emphasized the urgent need for adjustments in water resource management and the development of long-term climate adaptation strategies.

Keywords: Climate change, Mann – Kendall test, non-parametric testing, rainfall, temperature

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề bởi biến đổi khí hậu. Đặc biệt là vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) cũng đang đối mặt với các tác động do biến đổi khí hậu, nước biển dâng, lũ lụt, hạn hán, cạn kiệt tài nguyên nước (Nguyen, 2014; Phan et al., 2016). Trong đó, hai yếu tố hạn hán và xâm nhập mặn tác động đến năng suất và sản lượng nông nghiệp, hệ sinh thái về đa dạng loài, môi trường và cơ sở hạ tầng tại các vùng bị ảnh hưởng (Dutta et al., 2015; Nguyen et al., 2017). Lượng mưa và nhiệt độ thường được xác định là hai yếu tố khí hậu quan trọng ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu toàn cầu (Sa'adi et al., 2019). Nhiều nghiên cứu hiện đang được thực hiện trên khắp thế giới về đánh giá xu thế lượng mưa và nhiệt độ ở các khung thời gian tác động đến biến đổi khí hậu tại các khu vực nghiên cứu (Bari et al., 2016; Camera et al., 2017).

Phương pháp kiểm định Mann-Kendall test (MK) (Ghalhari et al., 2012; Mann, 1945) là một kiểm định phi tham số thường được sử dụng kết hợp với kỹ thuật phân tích xu hướng Thiel-Sen. Và phương pháp phân tích xu hướng Innovative Trend Analysis (ITA) và phương pháp kiểm định phi tham số Sequential Mann Kendall Test (SMK) chuỗi thời gian tăng hoặc giảm, được sử dụng để kiểm định xu hướng thay đổi của các thông số khí tượng thủy văn, chẳng hạn như nhiệt độ và lượng mưa (Mondal et al., 2012; Oluwatobi & Oluwakemi, 2016; Asfaw et al., 2018).

Khí hậu Kiên Giang phân hóa thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa, kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm kế tiếp (Danh, 2020). Kiên Giang là khu vực có sinh thái đa dạng, hiện đang đối mặt với những thách thức của biến đổi khí hậu, tác động tiêu cực đến môi trường và tự nhiên. Các hiện tượng thời tiết cực đoan như bão, hạn hán, cùng với tình trạng ngập úng đô thị, ngày càng trở nên nghiêm trọng (Do, 2022).

Biến đổi khí hậu tác động đến tự nhiên, xã hội và môi trường, đã gây ra những biến đổi đáng kể trong đặc trưng khí hậu của vùng. Nghiên cứu được thực hiện nhằm hướng đến việc phân tích các đặc điểm và xu hướng biến đổi của nhiệt độ (hàng năm, theo mùa và theo tháng) cũng như lượng mưa trên phạm vi toàn tỉnh bằng cách sử dụng chuỗi số liệu lượng mưa trong 43 năm, giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2022 và nhiệt độ trong 30 năm giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022 để đảm bảo tính tin cậy và chính

xác về mặt thống kê trong quá trình phân tích và đánh giá.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu thập số liệu

Trong nghiên cứu, biến động lượng mưa và nhiệt độ dựa trên dữ liệu quan trắc dài hạn tại trạm Rạch Giá – tỉnh Kiên Giang do Đài khí tượng Thủy văn thuộc khu vực Nam Bộ cung cấp được tiến hành phân tích.

Dữ liệu lượng mưa tháng được thu thập liên tục giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2022, tạo thành chuỗi thời gian 43 năm. Chuỗi số liệu nhiệt độ bao gồm nhiệt độ tối đa (Tmax), tối thiểu (Tmin) và trung bình (Ttb) ghi nhận giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022, tương ứng với khoảng thời gian 30 năm.

Số liệu được thu thập liên tục theo năm, mùa (mùa mưa và mùa khô) và tháng. Mục đích của việc này là để định lượng và đánh giá xu hướng thay đổi khí hậu ở các cấp độ thời gian khác nhau.

2.2. Phương pháp kiểm định phi tham số

Phương pháp kiểm định xu hướng MK test, SMK và ITA. Trong nghiên cứu này, phương pháp thống kê được sử dụng để đánh giá phân tích và tính toán. Để đánh giá độ tin cậy của xu hướng thay đổi lượng mưa, phương pháp phân tích xu hướng độ dốc Sen's Slope được sử dụng kết hợp kiểm định phi tham số MK test và SMK, ITA với mức ý nghĩa 5%.

2.2.1. Kiểm định xu hướng Mann – Kendall (MK test)

Kiểm định Mann – Kendall test (MK test) là một kiểm định phi tham số được xây dựng bởi Mann (Mann, 1945), để phát hiện xu hướng và phân phối thống kê thử nghiệm được đưa ra bởi Kendall (Kendall, 1948). Mục đích chính của Mann – Kendall (Gilbert, 1987) là để đánh giá thống kê xem dữ liệu có xu hướng tăng hay giảm đơn điệu của biến quan tâm theo thời gian hay không. Kiểm định Mann – Kendall test (MK) kiểm định xu hướng của một chuỗi thời gian được thể hiện trong phương trình (1).

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

Trong đó: x_i và x_j là các giá trị dữ liệu tuần tự, n là độ dài của chuỗi thời gian và:

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{if}(x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if}(x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if}(x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Mann (1945) và Kendall (1975) (Gilbert, 1987; Wu & Qian, 2017) tuyên bố rằng khi $n \geq 8$, S gần như có phân phối chuẩn với giá trị trung bình và phương sai như sau:

$$E(S_k) = 0 \quad (4)$$

Giá trị của S gần bằng 0, dương và âm hàm ý không có xu hướng tăng và giảm tương ứng đáng kể. Độ lớn của S đo lường sức mạnh của xu hướng. Lưu ý rằng nếu giá trị tuyệt đối của S lớn hơn giá trị tới hạn của S cho thấy xu hướng có ý nghĩa thống kê.

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

Trong đó: t_i là số lượng mối quan hệ của phạm vi i và n là số lượng quan sát trong tập hợp. Thống kê Z_{sk} tiêu chuẩn được tính như sau:

$$Z_{sk} = \begin{cases} \frac{S_k - 1}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} S_k > 0 \\ 0 & S_k = 0 \\ \frac{S_k + 1}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} S_k < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó Z_{sk} theo chuỗi phân phối chuẩn chuẩn với $\mu = 0$ và $\delta = 1$. Độ dốc của Sen được sử dụng để xác định độ lớn của xu hướng. Thống kê Z được hình thành và so sánh với điểm tới hạn từ phân phối chuẩn chuẩn. Ngoài ra, độ lớn của xu hướng chuỗi thời gian được đánh giá bằng quy trình phi tham số đơn giản do Sen, T_i phát triển giữa hai giá trị bất kỳ của chuỗi thời gian (cung cấp tổng số $n(n-1)/2$ cặp dữ liệu có thể là được tính theo phương trình 7.

$$T_i = \frac{X_j - X_i}{j - i} \quad (7)$$

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 T_i này được biểu diễn dưới dạng ước tính độ dốc của Sen. Các giá trị dương và âm của T_i lần lượt biểu thị xu hướng tăng và giảm trong chuỗi thời gian.

2.2.2. SMK

Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Sequential Mann Kendall Test (SMK) được phát triển nhằm mục đích (Helsel & Hirsch, 1993; Hirsch et al., 1982), kiểm tra xu hướng đơn điệu của biến quan tâm khi dữ liệu được thu thập theo thời gian dự kiến 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 (Kitayama et al., 2012).

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

Trong đó: N là số lượng điểm dữ liệu. Giả sử $(X_j - X_i) = 0$, giá trị của $\text{sgn}(\theta)$ được tính như sau:

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

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 ($N > 0$), phép thử được tiến hành sử dụng phân phối chuẩn giá trị trung bình và phương sai như sau:

$$E[S] = 0$$

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

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 chênh 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%.

2.2.3. Phương pháp phân tích xu hướng Innovative trend Analysis (ITA)

ITA chia một chuỗi thời gian thành hai phần bằng nhau và sắp xếp cả hai chuỗi con theo thứ tự tăng dần. Sau đó, chuỗi con đầu tiên (x_i) được đặt trên trục ngang (trục x) và chuỗi con thứ hai (y_i) được đặt trên trục dọc (trục y) trong một hệ tọa độ Descartes hai chiều. Nếu hai chuỗi con bằng nhau, điều này cho thấy không có xu hướng, các điểm trong biểu đồ phân tán tập trung trên đường 1:1 (45 độ). Nếu các điểm nằm trên đường 1:1, có thể nói rằng chuỗi thời gian thể hiện một xu hướng tăng.

Nếu các điểm tích tụ dưới đường 1:1, có thể kết luận rằng có một xu hướng giảm trong chuỗi thời gian. Giá trị tuyệt đối của sự khác biệt giữa giá trị y và x của một điểm là khoảng cách ngang hoặc dọc từ đường 1:1. Sự khác biệt này gợi ý về độ lớn nhau điều này cho thấy không có xu hướng, các điểm trong biểu đồ phân tán tập trung trên đường 1:1 (45 độ). Nếu các điểm nằm trên đường 1:1, có thể nói rằng chuỗi thời gian thể hiện một xu hướng tăng. Nếu các điểm tích tụ dưới đường 1:1, có thể kết luận rằng có một xu hướng giảm trong chuỗi thời gian. Giá trị tuyệt đối của sự khác biệt giữa giá trị y và x của một điểm là khoảng cách ngang hoặc dọc từ đường 1:1. Sự khác biệt này gợi ý về độ lớn của một xu hướng tăng hoặc giảm. Do đó, nó có thể được sử dụng để đo lường một xu hướng và các sự khác biệt trung bình cho thấy xu hướng tổng thể của một chuỗi thời gian. ITA được sử dụng để xác nhận kết quả của MK, Mức độ nghiêm trọng của hạn hán có thể được phân loại thành ba cấp độ: cấp độ thấp ($X < \bar{X} - S_x$), cấp độ trung bình ($\bar{X} - S_x < X < \bar{X} + S_x$), và cấp độ cao ($X > \bar{X} + S_x$). Trong đó, $\bar{X}$ biểu thị giá trị trung bình và S_x biểu thị độ lệch chuẩn (Caloiero et al., 2018; Şen, 2012).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích biến đổi lượng mưa tại trạm Rạch Giá – Kiên Giang

Kết quả phân tích đặc trưng về lượng mưa (Bảng 1) và kết quả kiểm định MK test và độ dốc Sen's Slope ($p \leq 0,05$) trong giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2022 được thể hiện ở (Bảng 2). Tổng lượng mưa trung bình hàng năm đạt 2.231,78 mm/năm, độ lệch chuẩn là 346,25 mm và hệ số biến động thấp ($cv = 0,16$), điều này cho thấy tổng lượng mưa giữa các năm có sự dao động không quá lớn. Mùa mưa, lượng mưa đóng góp chủ yếu 2.020,57 mm/năm (chiếm 90,54% tổng lượng mưa năm) và có tính ổn định cao ($cv = 0,14$). Ngược lại, tổng lượng mưa trung bình mùa khô tương đối thấp (211,21 mm/năm), chiếm 9,46% tổng lượng mưa năm nhưng lại có sự biến động lớn ($cv = 0,77$), minh chứng bằng phép kiểm định Mann Kendall và Sen's Slope ($p \leq 0,05$). Dữ liệu cho thấy sự chênh lệch lượng mưa giữa mùa mưa và mùa khô.

Bảng 1. Đặc trưng về lượng mưa tại trạm Rạch giá trong giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

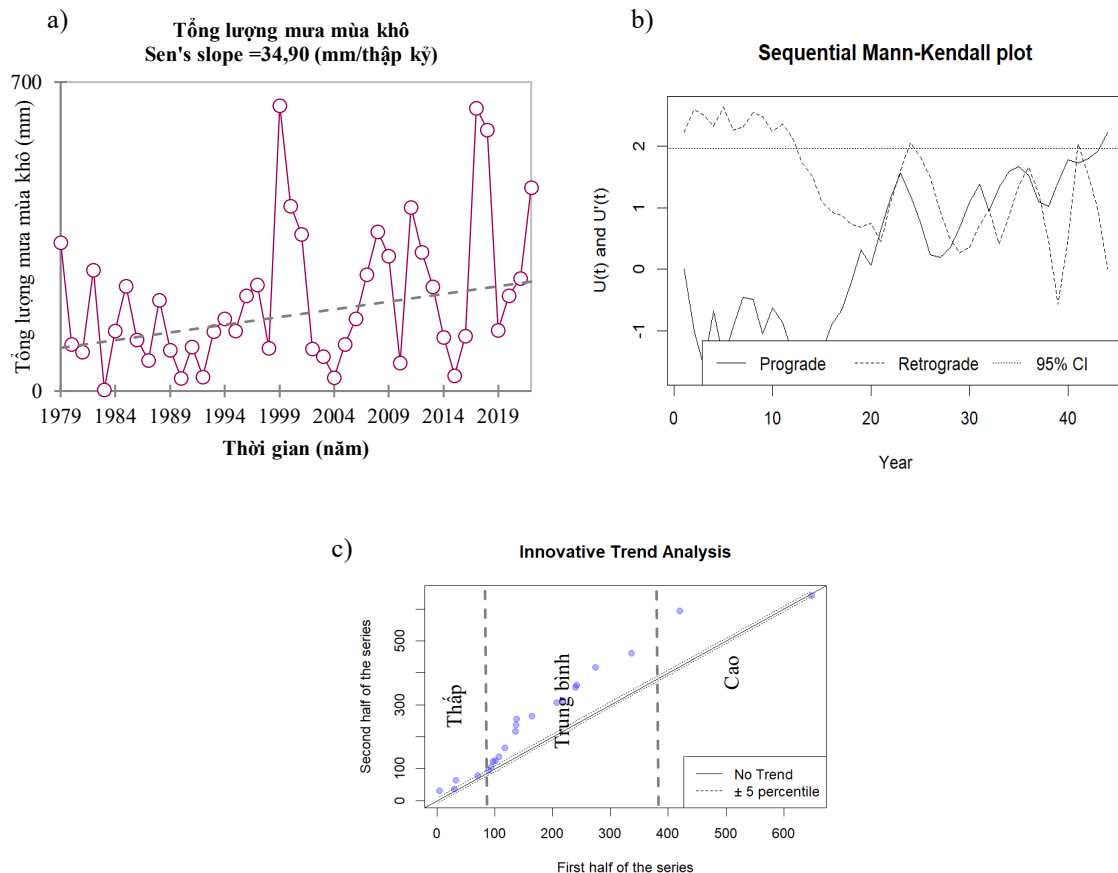
Đặc trưng mưa	Tối thiểu	Tối đa	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Hệ số biến động (cv)
Tổng lượng mưa hàng năm	1.528,60	2.925,20	2.231,78	346,25	0,16
Tổng lượng mưa trong mùa mưa (mm)	1.492,30	2.788,50	2.020,57	287,86	0,14
Tổng lượng mưa trong mùa khô (mm)	4,00	648,00	211,21	162,09	0,77
Ngày mưa	124,00	192,00	158,64	16,76	0,11
Ngày mưa trong mùa mưa	107,00	164,00	136,82	9,94	0,07
Ngày mưa trong mùa khô	3,00	52,00	21,82	11,24	0,51
Lượng mưa tối đa	65,90	260,50	120,71	43,36	0,36
Ngày mưa >25 mm	15,00	41,00	29,27	5,81	0,20
Ngày mưa >50 mm	4,00	17,00	8,18	3,08	0,38
Ngày mưa >100 mm	0,00	4,00	1,05	1,08	1,03

Bảng 2. Kết quả của Mann – Kendall test (MK) và độ dốc Sen's Slope về lượng mưa qua các năm trong giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

Đặc trưng mưa	Kendall's tau	p-value	Sen's slope
Tổng lượng mưa hàng năm (mm)	0,101	0,337	4,548
Tổng lượng mưa trong mùa mưa (mm)	- 0,004	0,976	- 0,161
Tổng lượng mưa trong mùa khô (mm)	0,233	0,027	3,490
Số Ngày mưa (ngày)	0,253	0,016	0,526
Số ngày mưa trong mùa mưa (ngày)	0,072	0,504	0,066
Số ngày mưa trong mùa khô (ngày)	0,301	0,005	0,333
Lượng mưa tối đa (mm)	- 0,103	0,332	- 0,516
Ngày mưa >25 mm	0,053	0,626	0,041
Ngày mưa >50 mm	- 0,012	0,919	0,000
Ngày mưa >100 mm	- 0,098	0,408	0,000

Kết quả phân tích xu thế lượng mưa giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2022 được trình bày ở Hình 1 và Hình 2 cho thấy sự thay đổi đáng kể trong khu vực nghiên cứu. Tổng lượng mưa năm tăng 4.548 mm/năm và số ngày mưa trong năm có xu hướng tăng 0,526 mm/năm. Tuy nhiên, xét về mặt ý nghĩa thống kê thì chỉ có số ngày mưa có xu hướng tăng ở mức ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$).

Kết quả kiểm định MK test và độ dốc Sen's Slope, mùa khô có lượng mưa và số ngày mưa có xu hướng tăng ($S > 0$) và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Tổng lượng mưa mùa khô, số ngày mưa mùa khô đều tăng là 34,9 mm/năm và tương đương 3,92 ngày/thập kỷ. Tổng lượng mưa trong mùa mưa cũng như lượng mưa ngày lớn nhất có xu hướng giảm nhưng sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.



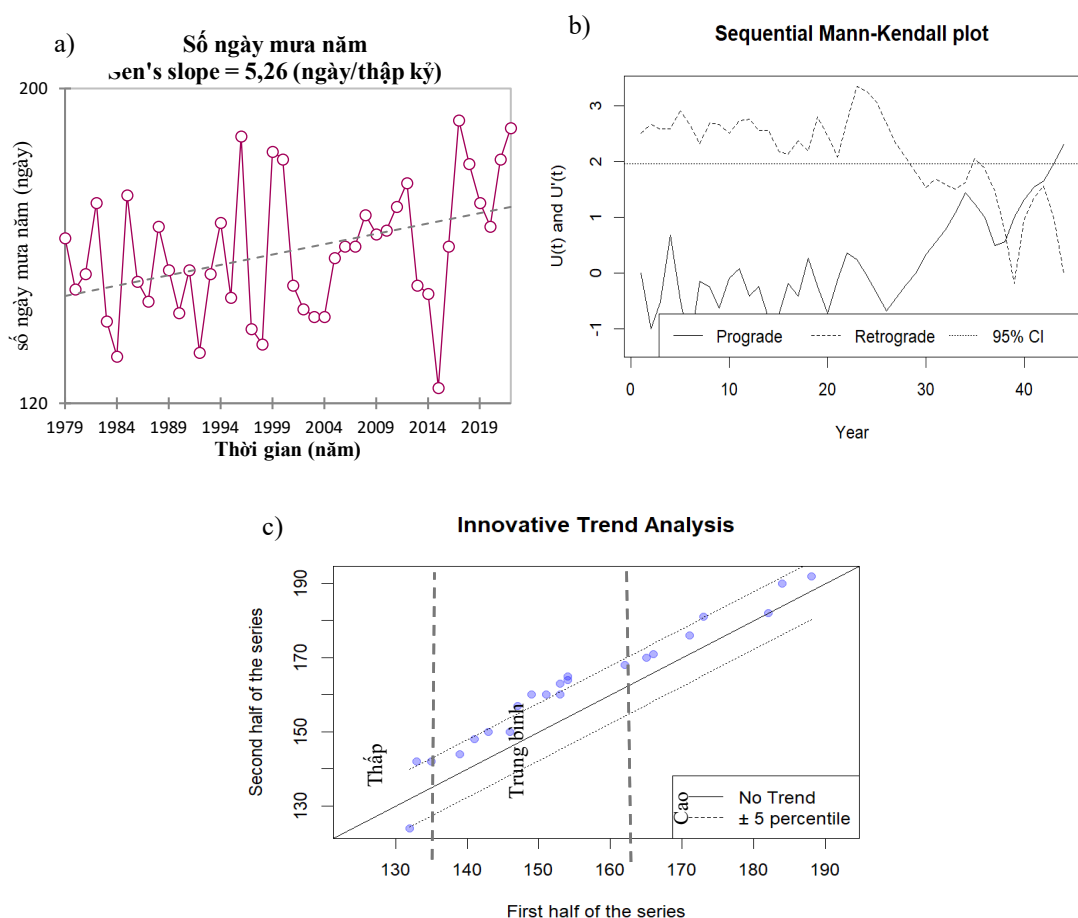
Hình 1. Xu thế tổng lượng mưa vào mùa khô sử dụng MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

Trung bình = 211,209 mm, độ lệch chuẩn = 162,088 mm.

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Kết quả từ việc phân tích số liệu lượng mưa mùa khô giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022 (Hình 1) cho thấy xu hướng gia tăng. Lượng mưa mùa khô có xu hướng gia tăng rõ rệt với độ dốc Sen's slope = 34,9 mm/thập kỷ và đạt ý nghĩa thống kê (95% CI, Hình 1b). Đồng thời, dựa vào kết quả phân tích

(Hình 1c), cho thấy xu hướng tăng đáng kể lượng mưa mùa khô mức trung bình và cao với tổng lượng mưa mùa khô đạt 211,209 mm/năm, tuy nhiên độ lệch chuẩn cao (162,088 mm) phản ánh sự biến động mạnh giữa các năm. Nhìn chung lượng mưa mùa khô trong giai đoạn nghiên cứu có sự gia tăng không đồng đều và phân bố không ổn định.



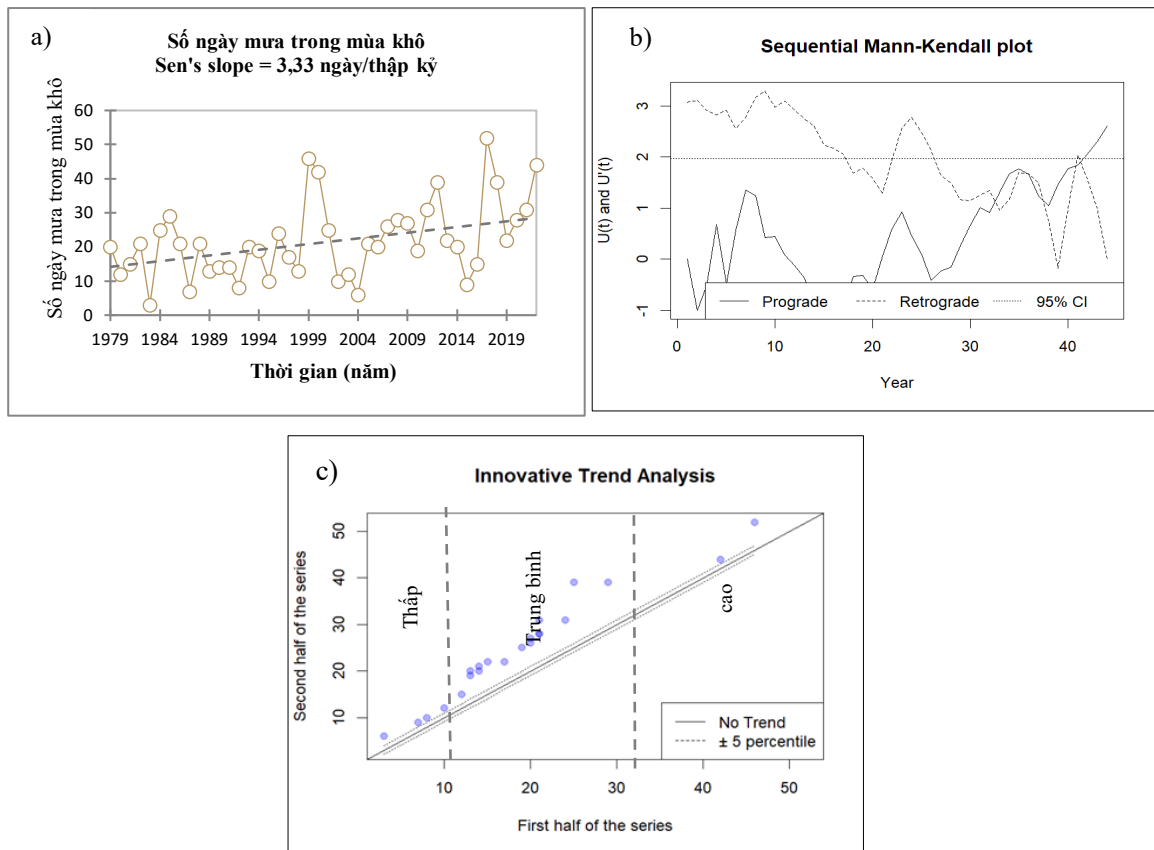
Hình 2. Xu thế số ngày mưa trong năm sử dụng phép kiểm định MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

Trung bình = 158,636 mm, độ lệch chuẩn = 16,758 mm.

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Kết quả phân tích xu hướng biến đổi số ngày mưa trong năm giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022 cho thấy sự gia tăng đáng kể tần suất ngày mưa trong năm (Hình 2a). Sự gia tăng số ngày mưa trong năm được minh chứng bằng hệ số Sen's slope = 5,26 ngày/thập kỷ và có ý nghĩa thống kê (Hình 2b). Dựa vào phương pháp phân tích ITA (Hình 2c) củng cố kết luận trên khi đa số dữ liệu phân bố trên đường trung tính, đặc biệt tại các phân vị trung bình và cao, cho thấy xu hướng gia tăng xuất hiện đồng đều trong toàn bộ phân bố thời gian khảo sát. Với giá trị lượng mưa trung bình 158,636 mm và độ lệch chuẩn tương đối nhỏ (16,758 mm), kết quả cho thấy sự gia tăng ổn định số ngày mưa. Nhìn chung kết quả nghiên cứu khẳng định sự gia tăng rõ rệt tần suất mưa, nhất quán với xu hướng chung lượng mưa hàng năm.

Lượng mưa tại khu vực nghiên cứu đều có xu thế tăng vào một số tháng trong mùa khô (1, 3, 4, 12) và mùa mưa (7, 9, 11). Các tháng mùa khô như tháng 1 tăng 21,8 %, tháng 3 tăng 29,9%, tháng 4 tăng 44,2%, tháng 12 tăng 26,3%. Mùa mưa có các tháng 7 tăng 82%, tháng 9 tăng 49,8 %. Tuy nhiên, chỉ có lượng mưa trung bình tháng 1 có xu hướng tăng 2,91 mm/thập kỷ và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Lượng mưa trung bình các tháng 5, 6, 8, 10 có xu thế giảm, tuy nhiên không có ý nghĩa thống kê (Bảng 3). Nhìn chung, kết quả cho thấy sự biến động lượng mưa theo tháng diễn ra không đồng đều và thời gian mưa đang dịch chuyển về đầu năm.



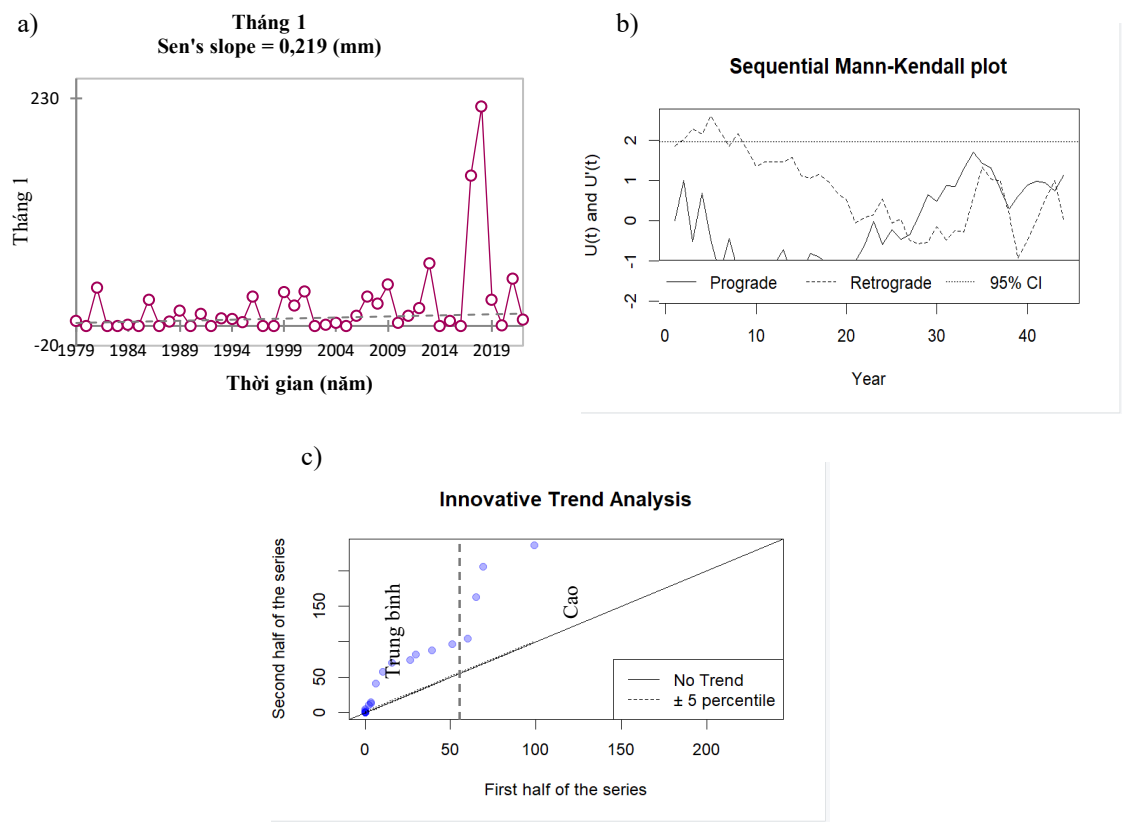
Hình 3. Xu thế lượng mưa của số ngày mưa trong mùa khô sử dụng phép kiểm định MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

Xu thế gia tăng số ngày mưa trong mùa khô giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 tại Kiên Giang với kết quả Sen's slope = 3,33 ngày/thập kỷ cùng với đường xu hướng (Hình 3a) cho thấy sự tăng dần và ổn định về số ngày mưa trong mùa khô. Kết quả nghiên cứu được kiểm định bằng phương pháp SMK cho thấy lượng mưa của số ngày mưa mùa khô tăng có ý nghĩa thống kê 95%. Nghiên cứu kết hợp phương pháp ITA (Hình 3c), kết quả cho thấy hầu hết các điểm dữ liệu nằm trên đường trung tính, đặc biệt ở các phân vùng trung bình và cao, điều này cho thấy sự gia tăng hiện diện đồng đều trên toàn chuỗi thời gian. Xu thế tăng số ngày mưa trong mùa khô làm mờ ranh giới giữa mùa mưa và mùa khô, gây ra những thách thức đáng kể. Các hoạt động kinh tế phụ thuộc vào yếu tố thời tiết, đặc biệt là sản xuất nông nghiệp, có thể đối mặt với rủi ro gia tăng. Bên cạnh đó, nguy cơ ngập úng trong mùa khô cũng có khả năng xảy ra.

Kết quả từ việc phân tích dữ liệu từ Bảng 3 và Hình 4 chỉ ra rằng, trong khoảng thời gian từ 1992 đến năm 2022, tháng 1 là thời điểm duy nhất ghi nhận sự thay đổi đáng kể về lượng mưa ($p = 0,024$). Độ dốc Sen's slope đạt 0,219 mm/năm, minh chứng cho xu hướng gia tăng lượng mưa tháng 1 qua các năm. Kết quả phân tích (Hình 4a) cho thấy sự biến động mạnh bắt đầu từ sau năm 2000, với giá trị tăng đáng chú ý. Trong khi kết quả phân tích (Hình 4b) bổ sung xác định xu thế tăng rõ nét và tiệm cận ngưỡng tin cậy 95%. Biểu đồ (Hình 4c) cho thấy các điểm dữ liệu phân bố trên đường trung tính, đặc biệt tập trung ở vùng phân vị trung bình và cao. Mặc dù, lượng mưa trung bình tháng 1 không lớn (20,618 mm), xu hướng gia tăng này có thể tác động đến hoạt động sản xuất nông nghiệp tại địa phương.

Bảng 3. Kết quả kiểm định Mann – Kendall (MK test) và Sen's Slope của lượng mưa tháng tại trạm quan trắc Rạch Giá – Kiên Giang

Đặc trưng mưa	Kendall's tau	p-value	Sen's slope
I	0,243	0,024	0,219
II	0,154	0,170	0,000
III	0,160	0,135	0,182
IV	0,103	0,331	0,907
V	- 0,047	0,664	- 0,511
VI	- 0,066	0,537	- 0,642
VII	0,101	0,337	1,536
VIII	- 0,165	0,117	- 2,596
IX	0,188	0,073	2,700
X	- 0,080	0,448	- 1,085
XI	0,015	0,895	0,116
XII	0,187	0,077	0,976



Hình 4. Xu thế thay đổi lượng mưa tháng 1 thỏa mãn điều kiện $P\text{-value} \leq 0,05$ tại Rạch Giá – Kiên Giang MK test (a), SMK (b) và ITA (c) giai đoạn từ năm 1979 đến 2022

3.2. Đánh giá xu thế thay đổi nhiệt độ

Việc phân tích xu hướng biến đổi nhiệt độ Rạch Giá (Kiên Giang) giai đoạn 1992 - 2022 được thực hiện bằng phương pháp Sen's slope và kiểm định MK test. Dữ liệu nhiệt độ tối đa và tối thiểu (31 năm) được phân tích riêng biệt nhằm nâng cao độ chính xác và chi tiết của kết quả nghiên cứu.

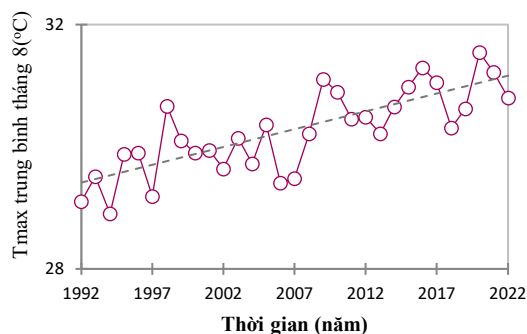
❖ Xu hướng nhiệt độ lớn nhất (Tmax)

Phép kiểm định MK test trên số liệu nhiệt độ cao nhất trung bình tháng phục vụ khí tượng tại Rạch Giá – Kiên Giang cho thấy một biến động đáng chú ý. Nhiệt độ cao nhất trong năm là 37°C, có xu hướng giảm dần, giảm 0,33°C/thập kỷ và có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Mặc dù nhiệt độ trung bình cao nhất

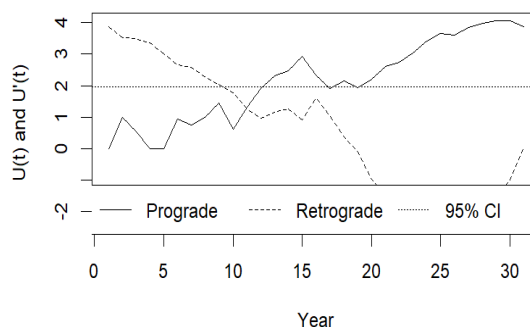
trong tháng 3 và tháng 4 có dấu hiệu suy giảm, sự thay đổi này không có ý nghĩa thống kê. Ngược lại, các tháng 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 nhiệt độ có xu hướng tăng, với mức tăng lần lượt $0,06^{\circ}\text{C}$, $0,08^{\circ}\text{C}$, $0,49^{\circ}\text{C}$, $0,35^{\circ}\text{C}$, $0,58^{\circ}\text{C}$, $0,44^{\circ}\text{C}$, $0,32^{\circ}\text{C}$, $0,56^{\circ}\text{C}$ và

$0,35^{\circ}\text{C}$ mỗi thập kỷ, tất cả đều có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Trong đó, nhiệt độ tháng 8 và tháng 11 là tăng cao nhất ($p \leq 0,05$) trong giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022.

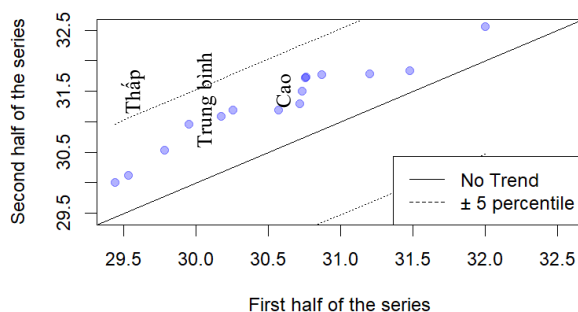
a) Tmax trung bình tháng 8 / Sen's slope = $0,058^{\circ}\text{C}$



b) Sequential Mann-Kendall plot



Innovative Trend Analysis



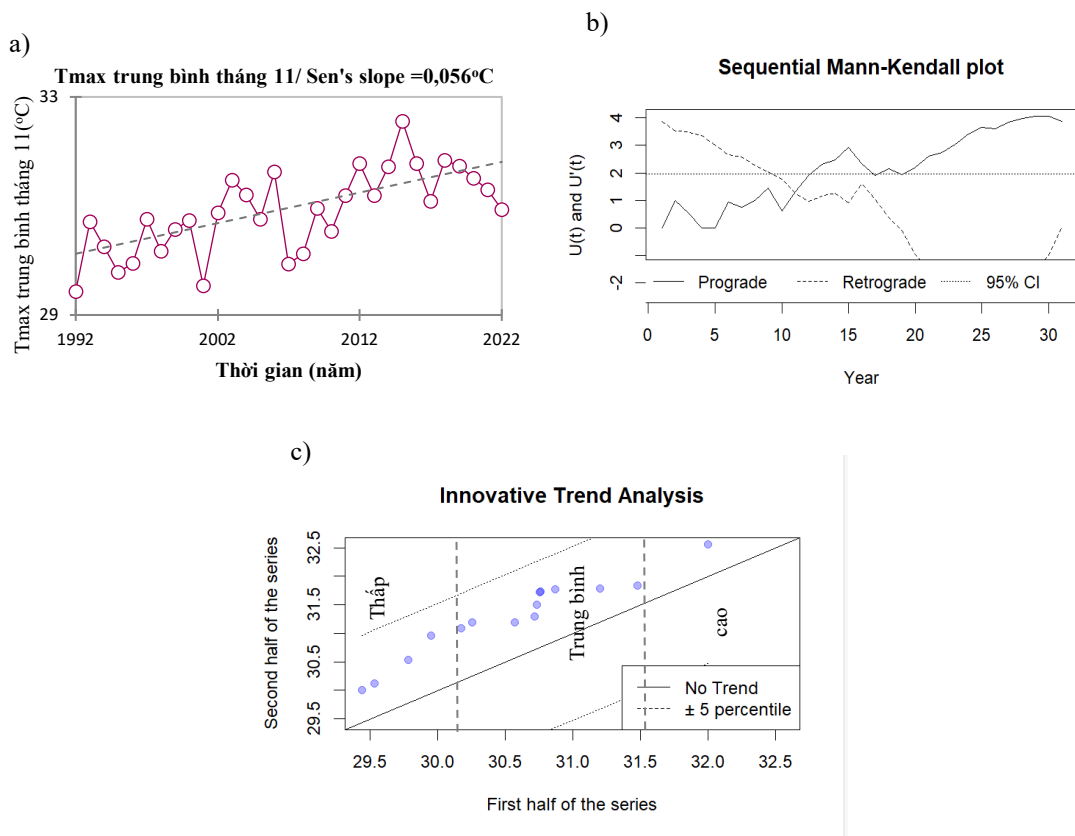
Hình 5. Xu hướng nhiệt độ trong tháng 8 sử dụng các kiểm định MK test (a), SMK (b) và ITA (c) trong suốt những năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

$$\text{Mean} = 30,250^{\circ}\text{C}, \text{Std. deviation} = 0,687^{\circ}\text{C}$$

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – No trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Việc phân tích xu hướng nhiệt độ cực đại trung bình trong tháng 8 giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 (Hình 5) được phân tích theo ba phương pháp: kiểm định MK test, SMK và phân tích xu thế cải tiến ITA. Kết quả cho thấy Tmax trung bình tháng 8 (Hình 5a) có xu hướng tăng dần theo thời gian, với hệ số độ dốc Sen's slope đạt $0,058^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ và xu thế tăng có ý nghĩa thống kê (Hình 5b). Kết quả phân tích ITA (Hình 5c), cho thấy sự phân bố các điểm chủ yếu nằm phía trên đường "No Trend" và tập trung khu vực trung bình và cao, khẳng định xu hướng tăng

trong giai đoạn sau. Nhiệt độ trung bình toàn chuỗi đạt $30,250^{\circ}\text{C}$ với độ lệch chuẩn $0,687^{\circ}\text{C}$, thể hiện xu hướng biến thiên nhiệt độ tương đối ổn định nhưng nghiêng về xu hướng ấm lên chiếm ưu thế. Xu thế gia tăng nhiệt độ cực đại vào tháng 8, thời điểm giữa mùa mưa, đây là một biểu hiện rõ rệt của biến đổi khí hậu tại địa phương. Sự gia tăng này gây ra hiện tượng nắng nóng kéo dài và tăng nguy cơ thiếu hụt nguồn nước tạm thời ngay cả trong mùa mưa.



Hình 6. Xu hướng nhiệt độ trong tháng 11 sử dụng các kiểm định MK test (a), SMK (b) và ITA (c) trong suốt những năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

Trung bình = 30,903°C, Độ lệch chuẩn = 0,757°C

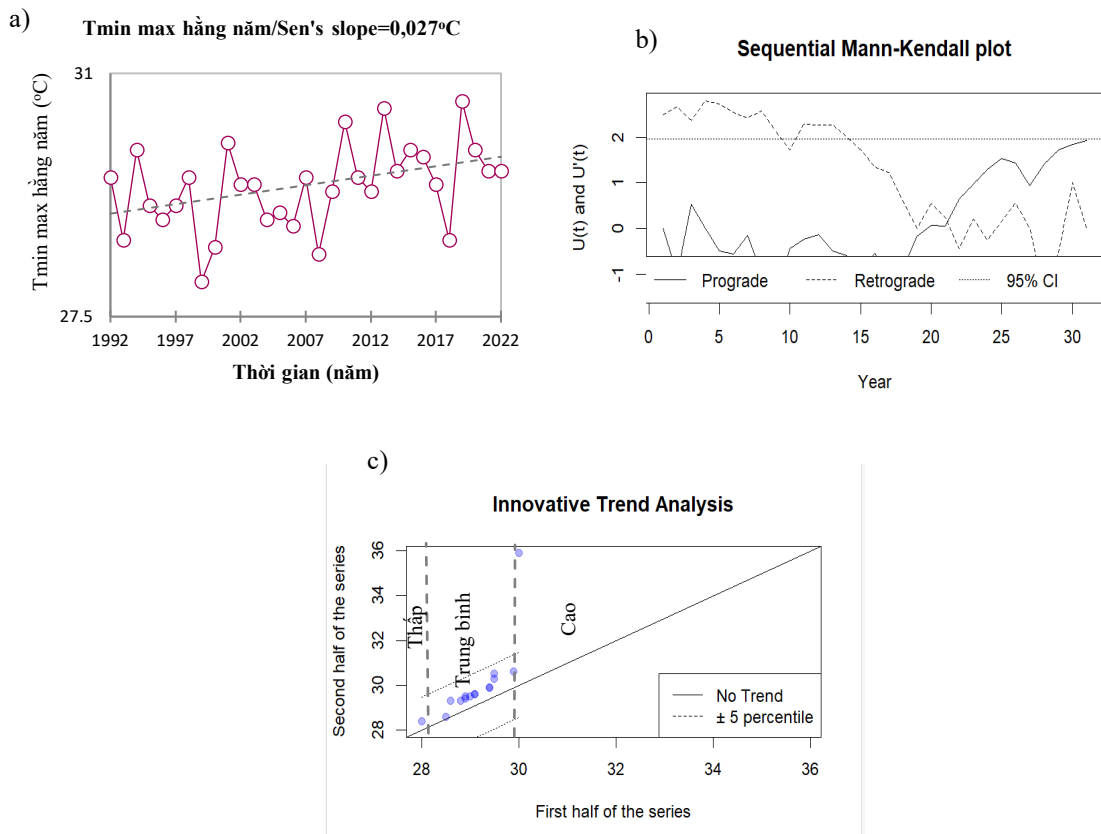
(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – No trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Xu thế biến đổi nhiệt độ cực đại trung bình tháng 11 giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 (Hình 6) dựa trên kết quả kiểm định MK test, Sen's Slope, SMK và ITA. Nhiệt độ có chiều hướng gia tăng (Hình 6a), độ dốc Sen's Slope đạt 0,056°C/năm cho thấy tốc độ tăng nhiệt độ tương đối ổn định qua thời gian. Biểu đồ SMK (Hình 6b) thể hiện được thể hiện khoảng giao nhau và có phần vượt ra ngoài khoảng tin cậy 95%, cho thấy xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê ở một số thời kỳ nhất định. Kết quả từ phân tích ITA (Hình 6c) cũng củng cố nhận định khi phần lớn các điểm nằm trên đường "No trend", đặc biệt là ở nhóm dữ liệu trung bình và cao. Nhiệt độ cực đại trung bình tháng 11 đạt 30,903°C với độ lệch chuẩn 0,757°C, cho thấy mức dao động nhiệt không quá lớn. Như vậy, có thể kết luận rằng nhiệt độ cực đại tháng 11 tại khu vực nghiên cứu có xu hướng gia tăng đáng kể trong 30 năm qua. Xu thế này làm kéo dài giai đoạn nắng nóng sang đầu mùa khô, từ đó

gây ra nhiều hệ quả như tăng nguy cơ xâm nhập mặn sớm, hạn hán và ảnh hưởng đến vụ lúa Đông xuân.

❖ Xu hướng nhiệt độ nhỏ nhất (Tmin)

Kết quả phân tích xu thế nhiệt độ nhỏ nhất tại Kiên Giang giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 cho thấy sự gia tăng rõ rệt và có ý nghĩa thống kê ở hầu hết các tháng trong năm. Nhiệt độ nhỏ nhất trung bình năm (Tmin) có xu hướng tăng mạnh với độ dốc Sen's slope = 0,03°C/năm ($p \leq 0,05$). Nhiệt độ nhỏ nhất các tháng 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 có xu hướng tăng với giá trị Sen's slope giao động từ 0,027°C đến 0,043°C/năm, có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Trong đó, giá trị lớn nhất của Tmin trong năm (Tin max) tăng đáng kể (0,027°C/năm, $p = 0,028$). Nhiệt độ nhỏ nhất có xu thế tăng rõ rệt bao gồm tháng 1, tháng 3 và tháng 4. Xu thế tăng được thể hiện qua (Hình 7, hình 8, hình 9 và hình 10).



Hình 7. Xu thế giá trị cao nhất của nhiệt độ nhỏ nhất năm theo phép thử MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

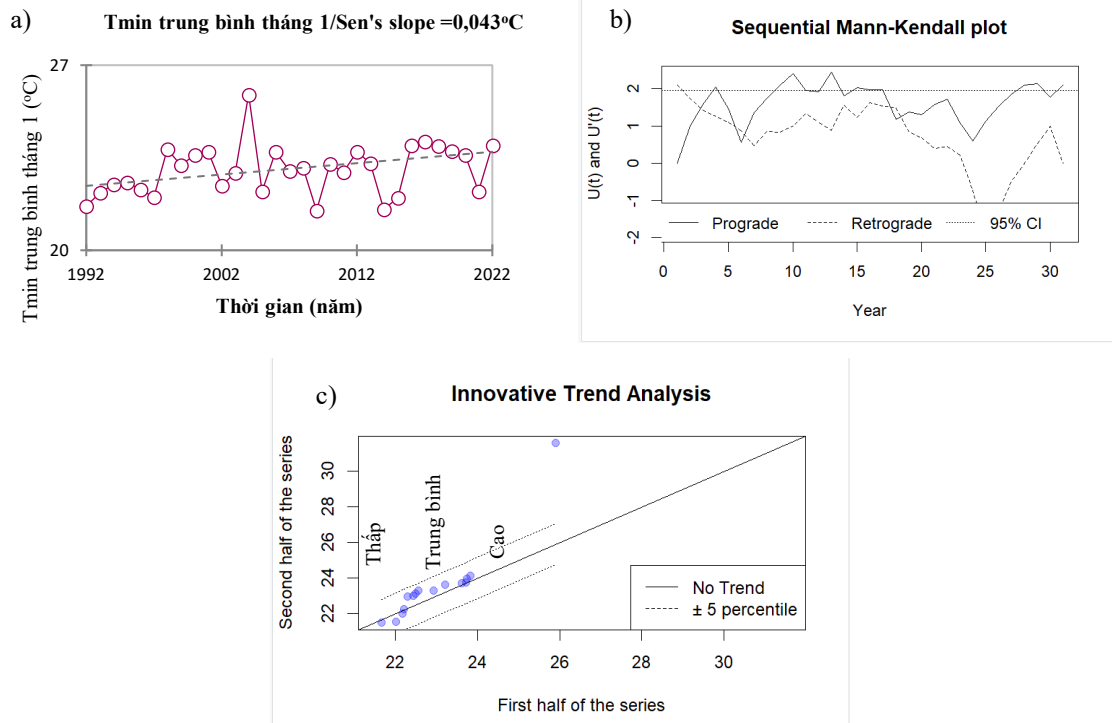
Trung bình = 29,3680C, độ lệch chuẩn = 0,6090C.

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%

Dựa trên kết quả kiểm định MK test, Sen's Slope, SMK và ITA đối với chuỗi số liệu nhiệt độ tối đa thấp nhất (Tmin max) giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022 (Hình 7). Xu hướng nhiệt độ có chiều hướng gia tăng. Độ dốc Sen's Slope đạt 0,027°C/năm cho thấy tốc độ tăng nhiệt độ tương đối ổn định qua thời gian. Biểu đồ SMK thể hiện đường $U(t)$ và $U'(t)$ giao nhau và có phần vượt ra ngoài khoảng tin cậy 95%, cho thấy xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê ở một số thời kỳ nhất định. Kết quả từ phân tích ITA (Hình 7c) cũng củng cố nhận định khi phần lớn các điểm nằm trên đường "No trend", đặc biệt là ở nhóm dữ liệu trung bình. Nhiệt độ nhỏ nhất Tmin max hằng năm đạt 29,368°C với độ lệch

chuẩn 0,609°C, cho thấy mức dao động nhiệt không quá lớn.

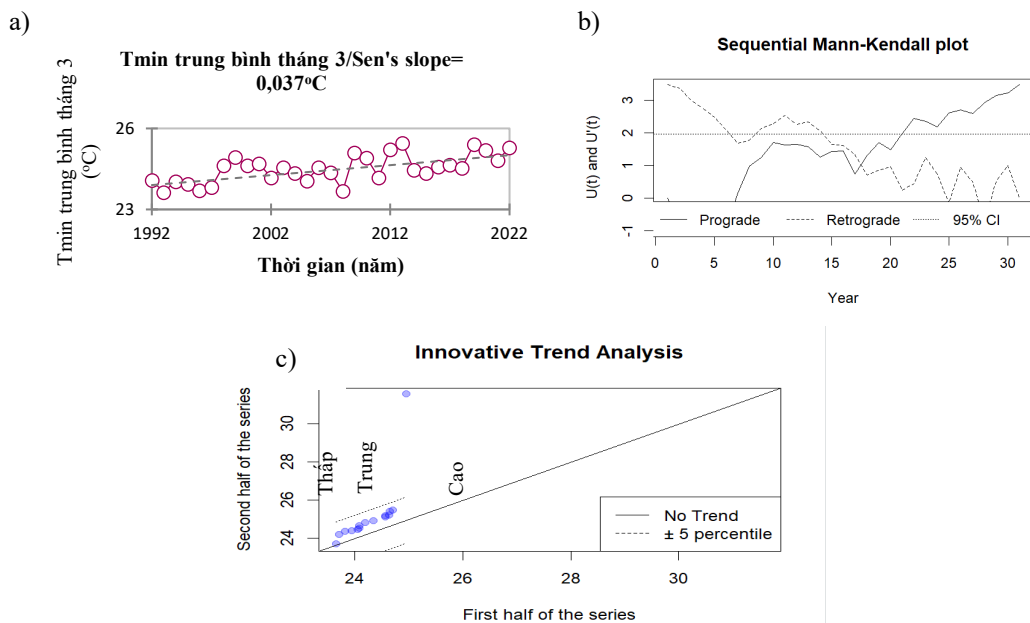
Kết quả từ việc phân tích nhiệt độ tối thiểu trung bình tháng 1 (Tmin) giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 (Hình 8) với độ dốc Sen's slope = 0,043°C/năm, cho thấy xu hướng tăng nhẹ nhưng ổn định qua thời gian. Biểu đồ SMK thể hiện đường $U(t)$ và $U'(t)$ giao nhau và có phần vượt ra ngoài khoảng tin cậy 95%, cho thấy xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê. Trong khi phân tích ITA (Hình 8c), kết quả cho thấy nhiều điểm dữ liệu tập trung ở vùng trung bình và cao, phản ánh xu thế tăng đang dần hình thành. Giá trị nhiệt độ Tmin trung bình tháng 1 đạt 23,058°C với độ lệch chuẩn 0,955°C, cho thấy mức dao động nhiệt không quá lớn.



Hình 8. Xu thế trung bình nhiệt độ nhỏ nhất tháng 1 theo phép thử MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

Mean =23,058⁰C, Std. deviation = 0,955⁰C

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

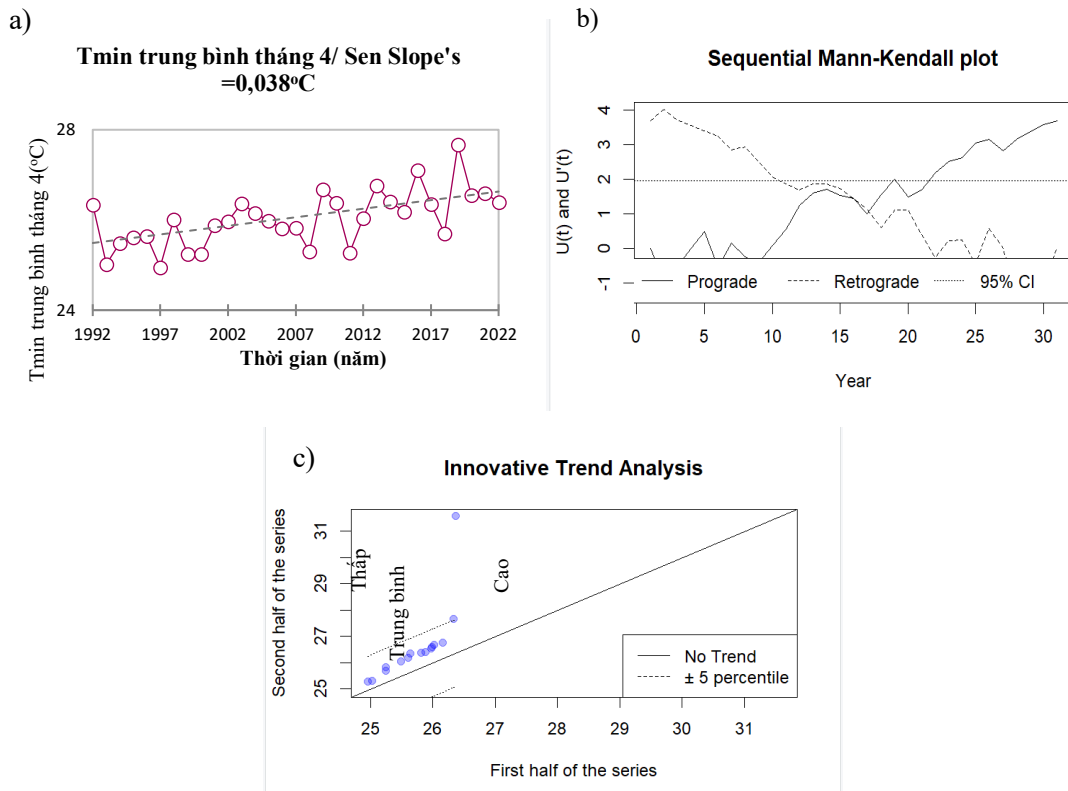


Hình 9. Xu thế trung bình nhiệt độ nhỏ nhất tháng 3 theo phép thử MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

(Ghi chú: low: Thấp, medium: trung bình, high: cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Dựa trên kết quả kiểm định MK test, Sen's Slope, SMK và ITA đối với chuỗi số liệu nhiệt độ Tmin trung bình tháng 3 trong giai đoạn từ năm 1992 đến 2022 (Hình 9), có thể nhận thấy xu hướng nhiệt độ có chiều hướng gia tăng. Độ dốc Sen's Slope đạt $0,037^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ cho thấy tốc độ tăng nhiệt độ tương đối ổn định qua thời gian. Từ biểu đồ SMK,

kết quả thể hiện đường $U(t)$ và $U'(t)$ giao nhau và có phần vượt ra ngoài khoảng tin cậy 95%, cho thấy xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê ở một số thời kỳ nhất định. Kết quả từ phân tích ITA, nhiệt độ Tmin trung bình tháng 3 đạt $24,523^{\circ}\text{C}$ với độ lệch chuẩn $0,517^{\circ}\text{C}$.



Hình 10. Xu thế trung bình nhiệt độ nhỏ nhất tháng 4 theo phép thử MK test (a), SMK (b) và ITA (c) qua các năm giai đoạn từ năm 1992 đến 2022

Trung bình = 26,0310C, Std. deviation = 0,6180C

(Ghi chú: low: thấp, medium: trung bình, high: Cao – no trend: không có xu hướng, ± 5 percentile: mức ý nghĩa 5%)

Kết quả phân tích xu thế nhiệt độ trung bình thấp nhất (Tmin) tháng 4 trong giai đoạn từ năm 1992 đến năm 2022 cho thấy xu hướng gia tăng ổn định. Hệ số Sen's slope = $0,038^{\circ}\text{C}/\text{năm}$, chứng minh cho xu hướng này. Kiểm định MK test, một phương pháp phi tham số, khẳng định xu thế tăng có ý nghĩa thống kê (Hình 10b). Đồng thời, phân tích ITA cũng chỉ ra rằng phần lớn các giá trị quan sát vượt trên đường trung tính, đặc biệt tại các phân vị trung bình và cao. Nhiệt độ thấp nhất trung bình tháng 4 đạt $26,031^{\circ}\text{C}$ với độ lệch chuẩn thấp ($0,618^{\circ}\text{C}$), mặc dù độ lệch chuẩn thấp nhưng có xu hướng tăng nhiệt độ vẫn thể hiện một cách rõ ràng.

4. THẢO LUẬN

Kết quả từ việc phân tích dữ liệu cho thấy những biến đổi đáng lưu ý lượng mưa và nhiệt độ tại Kiên Giang. Lượng mưa Kiên Giang trung bình mùa khô có xu hướng gia tăng với biên độ $34,9 \text{ mm}/\text{năm}$, số ngày mưa mùa khô tăng $3,92 \text{ ngày}/\text{thập kỷ}$ và có ý nghĩa thống kê. Đáng lưu ý, tháng 1, giai đoạn ghi nhận xu hướng tăng lượng mưa với $0,219 \text{ mm}/\text{năm}$ ($p = 0,024$). Kết quả trên tương đồng và các nghiên cứu của (Nguyen, 2014; Nguyen et al, 2017) về sự gia tăng lượng mưa trái mùa tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Kết quả nghiên cứu của (Bui & Pham, 2018) tại Kiên Giang cũng chỉ ra sự biến đổi theo mùa, với xu hướng gia tăng lượng mưa vào mùa khô và sự bất ổn kèm theo suy giảm nhẹ lượng mưa mùa mưa. Kết quả phân tích ITA và SMK trong nghiên cứu này đã chứng minh thêm về các điểm chuyển tiếp xu thế, đặc biệt sau năm 2018. Như vậy, kết quả này cũng cổ thêm cho việc thay đổi đáng kể trong mô hình thời tiết tại khu vực nghiên cứu, phù hợp với các quan sát thực được ghi nhận.

Nhiệt độ tối thiểu (Tmin) gia tăng đáng kể, đạt mức $0,69^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ, đặc biệt vào các tháng khô hạn, là minh chứng cho xu hướng nóng lên toàn cầu. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu tại Ethiopia (Asfaw et al., 2018) và Malaysia (Sa'adi et al., 2019) cũng chỉ ra sự tăng lên đáng kể của Tmin so với Tmax. Sự phân kỳ nhiệt độ này có khả năng đẩy mạnh quá trình bốc hơi nước, gây xáo trộn chu trình sinh học, đồng thời tác động tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng. Đây là vấn đề cần được quan tâm và nghiên cứu sâu rộng hơn để đưa ra các giải pháp ứng phó kịp thời.

Trong khi đó giá trị nhiệt độ tối đa (Tmax) ghi nhận sự suy giảm ($0,33^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ). Sự tương phản giữa nhiệt độ tối thiểu (Tmin) tăng nhanh và Tmax giảm nhẹ khiến nhiệt độ trung bình (Ttb) vẫn có xu hướng tăng lên. Điều này góp phần vào sự ấm lên toàn cầu và làm thay đổi cân bằng năng lượng của bầu khí quyển khu vực. Hiện tượng này cần được theo dõi sát sao để đánh giá tác động toàn diện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Asfaw, A., Simane, B., Hassen, A., & Bantider, A. (2018). *Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin*. *Weather and Climate Extremes*, 19, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.002>
- Bui, T. T., & Pham, T. M. (2018). Studying characteristics and the trend in changing rainfall and temperature of Kien Giang Province. *Hydrometeorological Journal*, 2, 1–12 (in Vietnamese).
- 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>
- Caloiero, T., Coscarelli, R., & Ferrari, E. (2018). Application of the innovative trend analysis method for the trend analysis of rainfall anomalies in southern Italy. *Water Resources*

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu, xu thế biến đổi mưa và nhiệt độ tại Kiên Giang trong giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2022 (lượng mưa) và từ năm 1992 đến năm 2022 (nhiệt độ) được đánh giá bằng phương pháp kiểm định phi tham số (MK test, Sen's slope, SMK và ITA). Kết quả cho thấy tổng lượng mưa mùa khô có xu thế tăng trung bình $34,9\text{ mm/năm}$, số ngày mưa mùa khô tăng $3,92\text{ ngày/thập kỷ}$ và số ngày mưa trong năm tăng $4,64\text{ ngày/thập kỷ}$, tất cả đều có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Trong khi đó, lượng mưa mùa mưa có xu hướng giảm nhưng không đáng kể. Đặc biệt, lượng mưa tháng 1 có xu thế tăng $0,219\text{ mm/năm}$ ($p \leq 0,05$), điều này phản ánh xu hướng gia tăng mưa vào mùa khô và sự dịch chuyển phân bố thời gian mưa trong năm.

Về nhiệt độ, nhiệt độ tối thiểu (Tmin) có xu hướng tăng $0,69^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ, trong khi nhiệt độ tối đa (Tmax) giảm nhẹ $0,33^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ. Ngoài ra, Tmin trung bình tháng 1, 3 và 4 có xu hướng tăng rõ rệt $0,043^{\circ}\text{C}$, $0,037^{\circ}\text{C}$ và $0,08^{\circ}\text{C}$ mỗi năm ($p \leq 0,05$).

Sự gia tăng (Tmin) góp phần làm tăng nhiệt độ trung bình, phản ánh dấu hiệu điển hình của hiện tượng nóng lên toàn cầu. Các biến động về mưa và nhiệt độ này đang làm thay đổi đặc điểm khí hậu tại địa phương, ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp, tài nguyên nước và môi trường sống. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng cho công tác dự báo, lập kế hoạch thích ứng và quản lý biến đổi khí hậu tại tỉnh Kiên Giang trong tương lai.

Management, 32, 4971–4983.

<https://doi.org/10.1007/s11269-018-2117-z>

- Camera, C., Bruggeman, A., Hadjinicolaou, P., Michaelides, S., & Lange, M. A. (2017). Evaluation of a spatial rainfall generator for generating high resolution precipitation projections over orographically complex terrain. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31, 757–773. <https://doi.org/10.1007/s00477-016-1239-1>

- Danh, H. (2020). The natural conditions of Rach Gia city (in Vietnamese). <https://rachgia.kiengiang.gov.vn/trang/TinTuc/102/1489/dIEU-KIEN-TU-NHIEN-CUA-THANH-PHO-RACH-GIA.html>

- Do T. C. (2022). Impact of climate change on urban drainage infrastructure in Rach Gia city, Kien Giang province. *Construction Magazine - Ministry of Construction*. 3, 84-87 (in Vietnamese) <https://tapchixaydung.vn/tac-dong-cua-bien-doi-khi-hau-den-ha-tang-thoat-nuoc-do>

- thi-tai-to-rach-gia-tinh-kien-giang-20201224000010043.html
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N., Saha, S., & Siddiqui, A. (2015). Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 53–63.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.03.006>
- Ghalhari, G., Dastjerdi, J., & Nokhandan, M. (2012). Using Mann Kendal and t-test methods in identifying trends of climatic elements: A case study of northern parts of Iran. *Management Science Letters*, 2(3), 911–920.
<https://doi.org/10.5267/j.msl.2011.10.015>
- Gilbert, R. O. (1987). Statistical methods for environmental pollution monitoring. *John Wiley & Sons*.
- Helsel, D. R., & Hirsch, R. M. (1993). Statistical methods in water resources. *Elsevier*.
<https://doi.org/10.3133/tm4A3>
- Hirsch, R. M., Slack, J. R., & Smith, R. A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, 18(1), 107–121.
<https://doi.org/10.1029/WR018i001p00107>
- Kendall, M. G. (1948). Rank correlation methods. *Charles Griffin & Company, London*.
- Kitayama, K., Seto, S., Sato, M., & Hara, H. (2012). Increases of wet deposition at remote sites in Japan from 1991 to 2009. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 69, 33–46.
<https://doi.org/10.1007/s10874-012-9228-3>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 13(3), 245–259.
<https://doi.org/10.2307/1907187>
- Mondal, A., Kundu, S., & Mukhopadhyay, A. (2012). Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1), 70–78.
- Nguyen, B. V., Tran, T. V., Van, T. P. D., & Tran, H. T. L. (2017). Impacts of saline intrusion on agriculture and aquaculture in the Tran De district, Soc Trang province. *Can Tho University Science Magazine*, 50, 94–100 (in Vietnamese).
<https://doi.org/10.22144/jvn.2017.071>
- Nguyen, T. H., & Van, T. P. Đ (2014). Possible impacts of seawater intrusion and strategies for water management in coastal areas in the Vietnamese Mekong Delta in the context of climate change. In *Coastal disasters and climate change in Vietnam* (pp. 219–232).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800007-6.00010-1>
- Oluwatobi, A., & Oluwakemi, O. (2016). Analysis of trend and variability of atmospheric temperature in Ijebu-Ode, Southwest Nigeria. *African Journal of Geo-Science Research*, 4(2), 09–12.
<https://doi.org/10.14303/irjas.2016.013>
- Phan, V. H., Pham, V. T., & Van, T. P. Đ. (2016). Classification of risk zones in agriculture under the impacts of saltwater intrusion in Bac Lieu province. *Can Tho University Science Magazine*, 42, 70–80 (in Vietnamese).
- Sa’adi, Z., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E.-S., & Wang, X.-J. (2019). 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>
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042–1046.
<https://doi.org/10.1007/s00703-017-0564-3>
- Wu, H., & Qian, H. (2017). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall and extreme values in Shaanxi, China, since the 1950s. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2582–2592.
<https://doi.org/10.1002/joc.4866>