

ĐÁNH GIÁ XU THẾ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH BẰNG KIỂM ĐỊNH PHI THAM SỐ MANN-KENDALL

Cần Thu Văn⁽¹⁾, Nguyễn Văn Tín⁽¹⁾, Nguyễn Vĩnh An⁽¹⁾, Trần Tuấn Việt⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Tài nguyên Môi trường TP. Hồ Chí Minh

⁽²⁾Viện Công nghệ Nhiệt đới

Ngày nhận bài: 27/7/2025; ngày gửi phản biện: 28/7/2025; ngày chấp nhận đăng: 26/9/2025

Tóm tắt: Bài báo đánh giá xu thế biến đổi khí hậu tại Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) của lượng mưa năm giai đoạn 1980-2024 sử dụng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall và ước lượng xu thế Sen. Các kết quả được đánh giá dựa trên quá trình phân tích thống kê ở mức ý nghĩa $P_{value}=0,1$ (xác suất phạm sai lầm loại I là 10%). Với nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao tuyệt đối, tối thấp tuyệt đối có mức tăng tương ứng là: $0,04^{\circ}\text{C}/\text{năm}$, $0,03^{\circ}\text{C}/\text{năm}$, $0,08^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ (thỏa mãn $P_{value}<0,1$), về lượng mưa năm tăng $8,49\text{ mm}/\text{năm}$, và mùa khô tăng $3,63\text{ mm}/\text{năm}$ (thỏa mãn ý nghĩa thống kê, riêng lượng mưa mùa mưa tăng $2,92\text{ mm}/\text{năm}$ tuy nhiên $P_{value}=0,4$ không thỏa mãn ý nghĩa thống kê), $Rx1day$ và $Rx5day$ có xu thế tăng tuy nhiên $P_{value}>0,1$, và xu thế của số ngày tối đa không mưa giảm $0,58\text{ day}/\text{năm}$ ($P_{value}=0,1$). Xu thế biến đổi khí hậu ở TP.HCM đang diễn ra rất rõ rệt thể hiện rõ qua sự gia tăng của nhiệt độ và lượng mưa.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, kiểm định Mann-Kendall, xu thế Sen.

1. Đặt vấn đề

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) nằm ở trung tâm vùng Nam Bộ, Bắc giáp Đồng Nai, Tây, Tây Bắc và Tây Nam giáp Tỉnh Tây Ninh, phía Đông và Đông Nam giáp Biển Đông [1].

Hiện nay sau khi sát nhập Bình Dương và Bà Rịa - Vũng Tàu thành đơn vị hành chính mới, lấy tên là TP.HCM, với 168 đơn vị hành chính cấp xã, gồm 113 phường, 54 xã và 1 đặc khu. Thành phố có diện tích hơn 6.700 km^2 , dân số gần 14 triệu người.

TP.HCM nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, thời tiết hàng năm ở các tỉnh thành Nam Bộ nói chung và TP.HCM nói riêng có hai mùa rõ rệt: Mùa khô và mùa mưa, hai mùa này gần như trùng khớp với thời kỳ hoạt động của gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam. Mùa mưa thường kéo dài từ tháng V đến tháng XI hàng năm, với tỷ trọng lượng mưa chiếm khoảng từ 90 đến 95% tổng lượng mưa cả năm. Trong thời kỳ này, hoạt động liên tục của

gió mùa tây nam mạnh tương tác với bão và áp thấp nhiệt đới trên khu vực Biển Đông luôn mang đến những đợt mưa lớn diện rộng và kéo dài cho các khu vực TP.HCM.

Trong những năm gần đây do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu toàn cầu làm gia tăng các hiện tượng khí hậu cực đoan ở TP.HCM. Do vậy bài báo này nhằm mục đích đánh giá xu thế biến đổi của các yếu tố khí hậu cực đoan tại TP.HCM giai đoạn 1980-2024, qua đó xác định đặc điểm biến động theo thời gian và làm rõ xu hướng gia tăng hay suy giảm của các yếu tố này. Ngoài ra bài báo cũng sử dụng phương pháp đánh giá xu thế Sen [2-8] thay vì sử dụng phương trình hồi quy tuyến tính truyền thống [9], [10], và kiểm định Mann-Kendall để đánh giá mức ý nghĩa thống kê.

Phạm vi nghiên cứu được giới hạn theo địa giới hành chính TP.HCM trước khi sáp nhập đơn vị hành chính cấp tỉnh theo Nghị quyết số 76/2025/UBTVQH15. Số liệu được khai thác từ trạm khí tượng Tân Sơn Hòa, là trạm duy nhất có chuỗi quan trắc đầy đủ trong giai đoạn nghiên cứu, do đó kết quả phân tích chủ yếu phản ánh xu thế khí hậu mang tính đại diện

Liên hệ tác giả: Trần Tuấn Việt

Email: vietvittep@gmail.com

cho khu vực đô thị trung tâm TP.HCM trong giai đoạn 1980-2024.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu sử dụng

2.1. Phương pháp nghiên cứu

a) Kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall (M-K test) [5]

Kiểm nghiệm Mann-Kendall so sánh độ lớn tương đối của các phần tử trong chuỗi dữ liệu, điều này có thể tránh được các giá trị cực đại hoặc cực tiểu cục bộ của chuỗi số liệu. Nếu giả thiết rằng có một dữ liệu theo chuỗi trình tự thời gian ($x_1, x_2, \dots, x_n$) với xi biểu diễn số liệu tại thời điểm i tại mỗi một thời điểm thì mỗi giá trị dữ liệu tại mỗi thời điểm được so sánh với các giá trị trên toàn chuỗi thời gian. Giá trị ban đầu của thống kê Mann-Kendall, S là 0 (nghĩa là không có xu thế). Nếu một dữ liệu ở một thời điểm sau lớn hơn giá trị của dữ liệu ở một thời điểm nào đó trước đây, S được tăng thêm 1; và ngược lại. Xét chuỗi $x_1, x_2, \dots, x_n$ biểu diễn n điểm dữ liệu trong đó x_j là giá trị dữ liệu tại thời điểm j . Khi đó chỉ số thống kê Mann-Kendall S [5] được tính bởi

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

Trong đó

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

Giá trị $S > 0$ chỉ xu thế tăng, $S < 0$ chỉ xu thế giảm

Tuy nhiên cần phải tính toán xác suất đi kèm với S và n để xác định mức ý nghĩa của xu hướng. Phương sai của S được tính theo công thức:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (3)$$

Trong đó g là số các nhóm có giá trị giống nhau, t_p là số phần tử thuộc nhóm thứ p .

Giá trị chuẩn Z của S tuân theo định luật

phân phối chuẩn.

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

Z có phân phối chuẩn $N(0,1)$ dùng để kiểm định chuỗi có xu thế hay không với mức ý nghĩa cho trước (trong nghiên cứu này dùng $\alpha = 0,1$).

Dữ liệu khí tượng - thủy văn thường có tự tương quan, dễ gây "xu thế giả" khi dùng kiểm định Mann-Kendall. Trong nghiên cứu này, tự tương quan được kiểm tra bằng hệ số r_1 và đồ thị ACF; nếu có ý nghĩa thống kê thì Mann-Kendall được hiệu chỉnh theo Hamed & Rao (1998).

Hệ số tự tương quan tại độ trễ k được tính

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-1} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (5)$$

Với $k = 1$ gọi là tự tương quan bậc 1, để kiểm tra tự tương quan bậc 1 (r_1) có ý nghĩa thống kê hay không, sử dụng công thức ngưỡng:

Ngưỡng = $\pm 1,96 / \sqrt{n}$, với chuỗi $n = 45$ năm:

Ngưỡng = $1,96 / \sqrt{45} \approx 0,29$.

- Nếu $|r_1| > 0,29 \rightarrow$ chuỗi có tự tương quan bậc 1 đáng kể, cần hiệu chỉnh khi dùng Mann-Kendall.

- Nếu $|r_1| \leq 0,29 \rightarrow$ không có tự tương quan đáng kể, có thể dùng kết quả Mann-Kendall gốc.

Với chuỗi không có tự tương quan đáng kể, giữ nguyên kết quả Mann-Kendall gốc.

b) Phương pháp xu thế Sen (Sen's slope) [2], [3]

Để xác định độ lớn của xu thế chuỗi Q (độ dốc đường xu thế) ta dùng ước lượng Sen Q là median của chuỗi $n(n-1)/2$ phần tử

$$Q = \text{median} \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} \right\} \quad (6)$$

$Q > 0$ chuỗi có xu thế tăng và ngược lại.

2.2. Số liệu sử dụng

Số liệu sử dụng trong bài báo là, nhiệt độ (bao gồm nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao tuyệt đối, tối thấp tuyệt đối) lượng mưa ngày,

lượng mưa năm, mùa mưa, mùa khô, lượng mưa 1 ngày lớn nhất và lượng mưa 5 ngày lớn nhất tại Tân Sơn Hòa từ 1980-2024.

3. Kết quả và phân tích

3.1. Xu thế biến đổi của nhiệt độ

a) Nhiệt độ trung bình

Bài báo phân tích, đánh giá xu thế biến đổi khí hậu tại trạm Tân Sơn Hòa từ 1980-2024, sử dụng phương pháp xu thế Sen và kiểm định Mann-Kendall với mức ý nghĩa 10%. Để tránh xảy ra hiện tượng xu thế giả, bài báo kiểm tra bằng hệ số r_1 và đồ thị ACF để xác định các trạm có tự tương quan có ý nghĩa thống kê cần hiệu chỉnh Mann-Kendall theo Hamed & Rao 1998 (HR98).

Kết quả cho thấy các biến Ttb, Tm, SU35, R

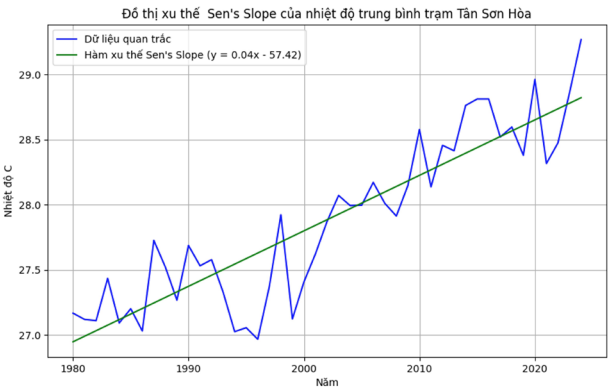
có $r_1 > 0,29$ có tự tương quan có ý nghĩa thống kê cần phải hiệu chỉnh theo HR98 (Bảng 1).

Dựa trên dữ liệu quan trắc từ năm 1980 đến 2024, xu thế chung của nhiệt độ trung bình tăng dần qua các năm, với tốc độ tăng trưởng trung bình khoảng 0,04 độ mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 0,04x - 57,42$, với P-value (HR98) = 0,02 < 0,05 cho thấy xu thế này có ý nghĩa thống kê và đảm bảo độ tin cậy cao. Giá trị cao nhất (Max) đạt 29,3 độ vào năm 2024, trong khi giá trị thấp nhất (Min) là 27,0 độ, xuất hiện vào các năm 1986, 1994, và 1996. Chênh lệch giữa giá trị cao nhất và thấp nhất là 2,3 độ. Tổng thể, đồ thị phản ánh một sự gia tăng ổn định nhưng rõ rệt của biến số trong suốt hơn 40 năm qua (Hình 1).

Bảng 1. Kết quả kiểm định Mann-Kendall và xu thế khí hậu (có hiệu chỉnh tự tương quan)

	Ttb	Tx	Tm	SU35	R	Rmua	Rkho	Rx1day	Rx5day	CDD
Sen's Slope	0,04	0,03	0,08	2,28	8,49	2,92	3,63	0,36	0,74	-0,58
MK: S	687	338	559	546	288	86	276	146	138	-169
MK: Z	6,72	3,31	5,47	5,34	2,22	0,84	2,70	1,43	1,35	-1,65
MK: P-value	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,01	0,15	0,18	0,09
MK: Z (HR98)	2,26	2,17	2,18	2,04	1,88	0,86	1,96	1,65	1,31	-1,76
MK: P-value (HR98)	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07	0,39	0,05	0,09	0,19	0,08
Lag-1 autocorr (r1)	0,81	0,24	0,41	0,58	0,34	-0,10	0,28	0,18	0,00	-0,01

HR98: Hiệu chỉnh Hamed & Rao (1998)



Hình 1. Xu thế biến đổi của nhiệt độ trung bình tại Tân Sơn Hòa

b) Nhiệt độ tối cao tuyệt đối

Dựa trên dữ liệu từ năm 1980 đến 2024, xu hướng nhiệt độ cực đại trong ngày (Tx) cho thấy sự tăng dần qua các năm, với tốc độ tăng trưởng trung bình là 0,03 độ mỗi năm. Phương trình xu

thế được xác định là $y = 0,03x - 24,72$, và P-value = 0,00, cho thấy xu thế này có ý nghĩa thống kê và đảm bảo độ tin cậy cao. Giá trị cao nhất (Max) đạt 39 độ vào các năm 1997, 2013, và 2024, trong khi giá trị thấp nhất (Min) là 35,1 độ vào

năm 1980. Chênh lệch giữa giá trị cao nhất và thấp nhất là 3,9 độ. Tổng thể, đồ thị phản ánh một sự gia tăng ổn định nhưng rõ rệt của nhiệt độ cực đại trong suốt hơn 40 năm qua (Hình 2).

c) Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối

Hình 3 thể hiện xu thế biến đổi của nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tại Tân Sơn Hòa dựa trên dữ liệu từ năm 1980 đến 2024, nhiệt độ trung bình tháng (Tm) đã có xu hướng tăng qua các năm, với mức tăng trung bình khoảng 0,08 độ mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 0,08x - 147,46$, và với P-value (HR98) = 0,03, điều này khẳng định xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê, đảm bảo độ tin cậy cao. Giá trị cao nhất (Max) được ghi nhận là 23 độ vào năm 2024, trong khi giá trị thấp nhất (Min) là 16,4 độ vào năm 1999. Chênh lệch giữa mức cao nhất và thấp nhất là 6,6 độ. Điều này cho thấy sự gia tăng rõ rệt của nhiệt độ trung bình tháng trong suốt hơn 40 năm qua, đặc biệt là sự thay đổi mạnh mẽ trong các năm gần đây.

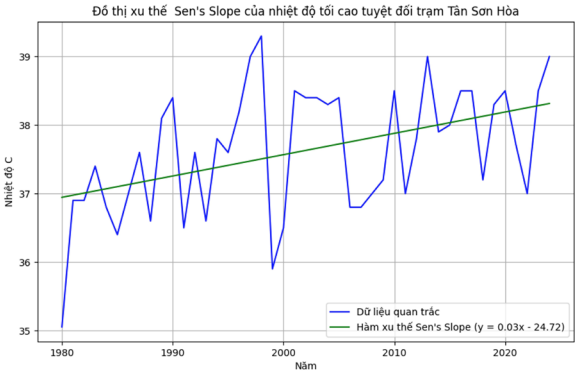
d) Đánh giá xu thế số ngày nắng nóng SU35 (Tx > 35°C)

Từ đồ thị xu thế Sen's Slope của số ngày nắng

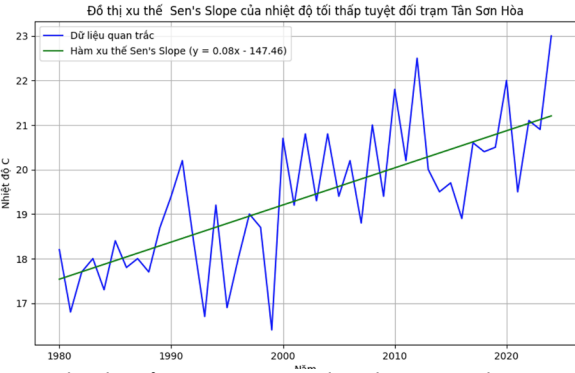
nóng từ năm 1980 đến 2024, có thể thấy số ngày nắng nóng có xu thế tăng rõ rệt với tốc độ trung bình là 2,28 ngày/năm, được xác định bởi hệ số góc (Sen's Slope) của phương trình xu thế $y = 2,28x - 4.496,08$ (Hình 4).

Về mặt ý nghĩa thống kê, giá trị P-value (HR98) = 0,04, nhỏ hơn ngưỡng 0,1, cho thấy phương trình xu thế có ý nghĩa thống kê cao.

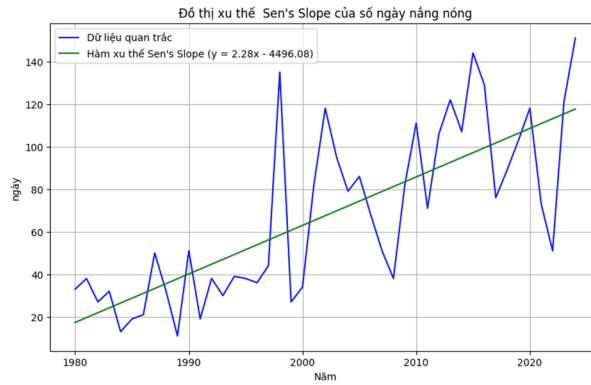
Số ngày nắng nóng cao nhất đạt 175 ngày vào năm 1998, trong khi mức thấp nhất là 11 ngày vào năm 1989, với chênh lệch giữa hai giá trị này là 164 ngày. Nhìn chung, dữ liệu cho thấy số ngày nắng nóng tăng ổn định qua các năm, phản ánh tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu và sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu trong khu vực. Sự gia tăng đồng thời của Ttb, Tx, Tm và SU35 tại TP.HCM là kết quả tổng hợp của nhiều yếu tố trong đó ảnh hưởng của BĐKH toàn cầu, quá trình đô thị hóa nhanh ở TP.HCM sau năm 2000 gây ra hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, ngoài ra trong các năm El Niño mạnh (như 1997-1998, 2015-2016), TP.HCM thường ghi nhận nhiệt độ cao kỷ lục và số ngày nắng nóng tăng vọt (ví dụ SU35 đạt 175 ngày vào năm 1998).



Hình 2. Xu thế biến đổi của nhiệt độ tối cao tuyệt đối tại Tân Sơn Hòa



Hình 3. Xu thế biến đổi của nhiệt độ tối thấp tuyệt đối tại Tân Sơn Hòa



Hình 4. Kết quả dự báo số ngày nắng nóng SU35 tại TP.HCM

3.2. Xu thế biến đổi của lượng mưa

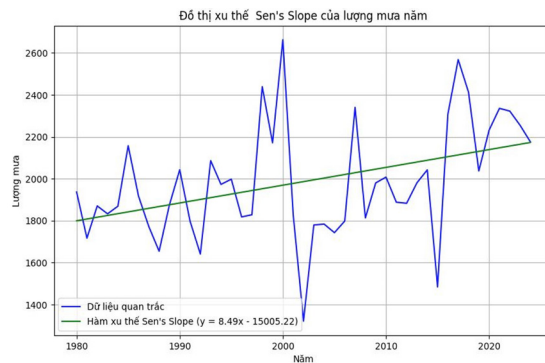
a) Lượng mưa năm

Lượng mưa hàng năm có xu hướng tăng dần qua các năm, với tốc độ tăng trưởng trung bình là 8,49 mm mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 8,49x - 15.005,22$, và với P-value (HR98) = 0,07, điều này khẳng định xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê ở mức 10%. Nguyên nhân dẫn đến xu thế lượng mưa tăng ngoài do BĐKH thì đô thị hóa tại TP.HCM có thể

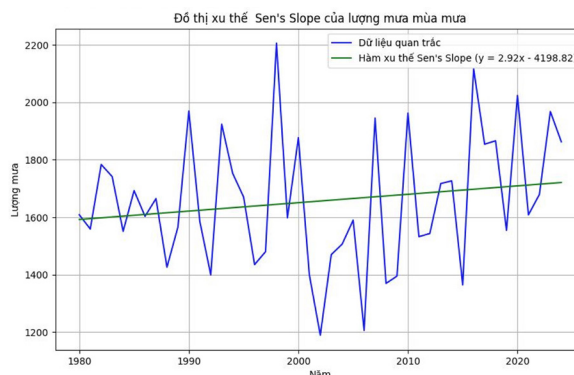
góp phần làm tăng đối lưu cục bộ, làm mưa lớn hơn ở khu vực đô thị (Hình 5).

b) Lượng mưa mùa mưa

Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa mưa từ năm 1980 đến 2024 tại Tân Sơn Hòa có xu hướng tăng dần qua các năm, với tốc độ tăng trưởng trung bình là 2,92 mm mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 2,92x - 4.198,82$, tuy nhiên với P-value = 0,40, điều này cho thấy phương trình xu thế không có ý nghĩa thống kê, vì P-value lớn hơn 0,1 (Hình 6).



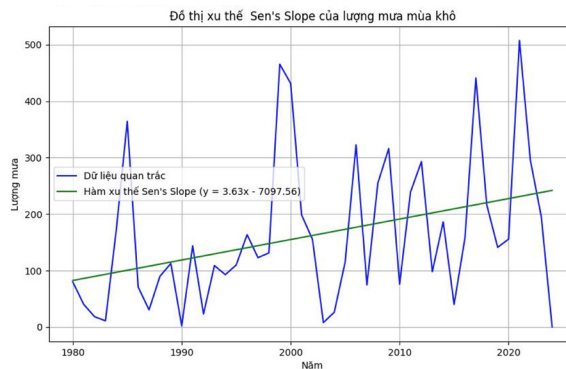
Hình 5. Xu thế biến đổi của lượng mưa năm tại Tân Sơn Hòa



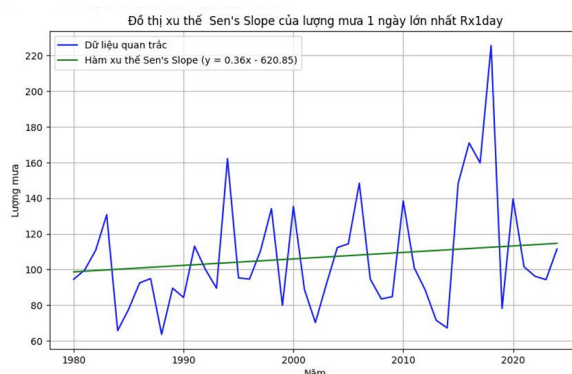
Hình 6. Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa mưa tại Tân Sơn Hòa

c) Lượng mưa mùa khô

Dựa trên dữ liệu từ năm 1980 đến 2024, lượng mưa mùa khô có xu hướng tăng dần qua các năm, với tốc độ tăng trưởng trung bình là 3,63 mm mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 3,63x - 7.097,56$, và với P-value = 0,01, điều này khẳng định xu hướng tăng này có ý nghĩa thống kê và đảm bảo độ tin cậy cao. Giá trị lượng mưa cao nhất (Max) đạt 465 mm vào năm 1999, trong khi giá trị thấp nhất (Min) là 0 mm vào năm 2024. Chênh lệch giữa lượng mưa cao nhất và thấp nhất là 465 mm. Dù có sự biến động lớn trong lượng mưa qua các năm, đặc biệt là sự giảm mạnh vào năm 2024, xu hướng chung vẫn là sự gia tăng nhẹ nhưng ổn định của lượng mưa mùa khô. Sự gia tăng mưa mùa khô cho thấy mưa trái mùa ngày càng xuất hiện nhiều hơn (Hình 7).



Hình 7. Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa khô tại Tân Sơn Hòa



Hình 8. Xu thế biến đổi của lượng mưa Rx1day tại Tân Sơn Hòa

e) Số ngày tối đa không mưa CDD

Số ngày không mưa liên tiếp giá trị CDD theo từng năm trong giai đoạn 1980-2024, hàm xu thế có dạng $y = -0,58x + 1.223$ cho thấy xu hướng

d) Lượng mưa 1 ngày lớn nhất Rx1day

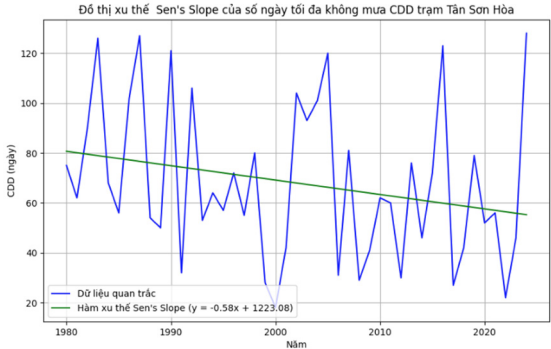
Dữ liệu từ năm 1980 đến 2024 cho thấy lượng mưa 1 ngày lớn nhất hàng năm (Rx1day) có xu hướng tăng dần, với tốc độ tăng trưởng trung bình khoảng 0,36 mm mỗi năm. Phương trình xu thế được xác định là $y = 0,36x - 620,85$, và với P-value = 0,15, điều này cho thấy xu hướng tăng này không có ý nghĩa thống kê mạnh mẽ, vì P-value lớn hơn 0,1. Giá trị lượng mưa cao nhất (Max) đạt 225,7 mm vào năm 2018, trong khi giá trị thấp nhất (Min) là 63,6 mm vào năm 1988. Chênh lệch giữa lượng mưa cao nhất và thấp nhất là 162,1 mm. Mặc dù xu hướng chung là sự gia tăng nhẹ, sự biến động mạnh trong các năm như 2018 cho thấy lượng mưa 1 ngày lớn nhất thay đổi không đều, và xu hướng này không được củng cố vững chắc về mặt thống kê (Hình 8).

giảm trung bình khoảng 0,58 ngày làm mát mỗi năm. Mức ý nghĩa P_value = 0,09 < 0,1 cho thấy phương trình xu thế có ý nghĩa ở mức 10%. Mặc dù có xu hướng giảm, song sự dao động CDD

theo từng năm rất lớn, thể hiện qua các đỉnh (năm có CDD cao như 1983, 1987, 2016, 2024) và các đáy (năm có CDD thấp như 2000, 2006, 2017, 2022) (Hình 9).

Tuy nhiên, bên cạnh xu thế giảm này, biểu đồ cũng phản ánh sự biến động rất lớn giữa các năm, đặc biệt từ sau năm 2000 trở đi, với những

năm có CDD rất thấp xen kẽ với những năm cao đột biến như 2024 (128 ngày - mức cao nhất toàn chuỗi). Điều này cho thấy tình trạng thời tiết cực đoan, thiếu ổn định đang gia tăng, có thể liên quan đến biến đổi khí hậu. Xu thế giảm CDD có thể do sự xuất hiện thường xuyên của mưa trái mùa (vì CDD thường kéo dài trong mùa khô).



Hình 9. Xu thế biến đổi của số ngày tối đa không mưa CDD tại Tân Sơn Hòa

4. Kết luận

Bài báo đã đánh giá xu thế biến đổi khí hậu tại TP.HCM giai đoạn 1980-2024, dùng ước lượng xu thế Sen và kiểm định phi tham số Mann-Kendall và có áp dụng hiệu chỉnh Hamed & Rao (1998).

Nhiệt độ trung bình năm tại Tân Sơn Hòa có xu hướng tăng rõ rệt với tốc độ trung bình 0,04°C mỗi năm, và xu hướng này có ý nghĩa thống kê cao (P-value (HR98) = 0,02). Nhiệt độ tối cao tuyệt đối cũng tăng ổn định với tốc độ 0,03°C mỗi năm, trong khi nhiệt độ tối thấp tuyệt đối ghi nhận mức tăng nhanh nhất, 0,08°C mỗi năm, phản ánh rõ hiện tượng ấm lên vào ban đêm. Xu thế tăng của Ttb, Tx, Tm cho thấy TP.HCM đang chịu ảnh hưởng rõ rệt của BĐKH.

Tổng lượng mưa năm và lượng mưa mùa khô tại Tân Sơn Hòa đều có xu hướng tăng rõ rệt và có ý nghĩa thống kê, với tốc độ tăng trung bình lần lượt là 8,49 mm/năm và 3,63 mm/năm, cho thấy khí hậu TP.HCM đang trở nên ẩm hơn, kể

cả trong mùa khô. Trong khi đó, lượng mưa mùa mưa cũng tăng nhưng không đáng kể (2,92 mm/năm) tuy nhiên xu thế không có ý nghĩa thống kê. Lượng mưa cực đoan trong 1 ngày lớn nhất (Rx1day) và 5 ngày lớn nhất (Rx5day) lần lượt tăng trung bình 0,36 mm/năm và 0,74 mm/năm, song cả hai xu hướng này đều không đạt độ tin cậy thống kê cao (P-values > 0,1). Đáng chú ý, số ngày không mưa liên tiếp (CDD) có xu hướng giảm trung bình 0,58 ngày/năm, nhưng lại thể hiện dao động mạnh giữa các năm, với các giá trị biến thiên từ 18 đến 128 ngày.

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu bài báo còn một số hạn chế như: (i) Chỉ sử dụng số liệu của trạm Tân Sơn Hòa thực sự chưa hoàn toàn đại diện cho toàn bộ TP.HCM sau khi sát nhập bao gồm cả Bình Dương và Bà Rịa-Vũng Tàu; (ii) Do giới hạn số trang lên bài báo nên chưa trình bày rõ các đồ thị ACF thể hiện toàn bộ dãy [r1,r2,r3,...] để phát hiện xu thế giả của các yếu tố khí hậu ở TP.HCM.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Cấn Thu Văn, Trần Tuấn Việt; Xử lý số liệu: Nguyễn Văn Tín, Nguyễn Vĩnh An; Viết bản thảo bài báo: Cấn Thu Văn, Nguyễn Văn Tín, Trần Tuấn Việt; Chỉnh sửa bài báo: Cấn Thu Văn.

Lời cảm ơn: Kết quả của nghiên cứu này là một phần của đề tài KHCN thành phố Hồ Chí Minh: “Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến ngành nông nghiệp đô thị của thành phố Hồ Chí Minh và đề xuất giải pháp ứng phó”.

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

Tài liệu tham khảo

1. Cổng thông tin điện tử Thành phố Hồ Chí Minh, *Giới thiệu*, Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh, 27/05/2025. Truy tuyến: <http://www.hochiminhcity.gov.vn>.
2. Ngô Đức Thanh, Phan Văn Tân (2012), "*Kiểm nghiệm phi tham số xu thế biến đổi của một số yếu tố khí tượng giai đoạn 1961-2007*", *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 28(2S), 111-120.
3. Nguyễn Văn Tín (2017), "*Đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất ở TP. Hồ Chí Minh giai đoạn 1971-2016 bằng kiểm định phi tham số Mann-Kendall*", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 685, 11/2017, 15-21.
4. Hamed, K.H., Rao, A.R. (1998), "*A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data*", *Journal of Hydrology*, 204, 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X).
5. Kendall, M.G., (1975), *Rank Correlation Methods (4th ed.)*, London: Charles Griffin, 272 pp.
6. 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/10.1080/01621459.1968.1048093>.
7. Krishnan, M. V. N. et al. (2018), "*Statistical analysis of trends in monthly precipitation at the Limbang River Basin, Sarawak (NW Borneo), Malaysia*", *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131, 883-896. <https://doi.org/10.1007/s00703-018-0611-8>.
8. Hong Van Nguyen et al. (2021), "*Study on the trends of annual rainfall in Binh Dinh province during the periods from 1980 to 2019*", *Science & Technology Development Journal - Science of the Earth & Environment*, 5(S12), 1-8.
9. Nguyễn Văn Hồng, Nguyễn Thị Cẩm Mi (2021), "*Xu thế biến đổi của các yếu tố khí hậu và kịch bản biến đổi khí hậu tỉnh Ninh Thuận*", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 727, 44-55; doi:10.36335/VNJHM.2021(727).44-55. 727, p. 44-55.
10. Nguyễn Văn Hồng và cộng sự (2021), "*Xu thế biến đổi các yếu tố khí hậu tại Tỉnh Kiên Giang*", *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, 18, 19-25.
11. Bùi Minh Tuấn (2022), "*Xu thế biến đổi phi tuyến tính của mưa cực đoan trên khu vực Việt Nam*", *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, 22, 46-55.
12. Ha T. M. Ho-Hagemann and Tan Phan-Van (2009), "*Xu thế và mức độ biến đổi của nhiệt độ cực trị ở Việt Nam trong giai đoạn 1961-2007*", *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 25(3S), 412-422.
13. Eric M. Masereka, George M. Ochieng and Jacques Snyman (2018), "*Statistical analysis of annual maximum daily rainfall for Nelspruit and its environs*", *Jambá - Journal of Disaster Risk Studies*, 10(1), 499. <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.499>.
14. Seth Westra, Lisa V Alexander and Francis W Zwiers (2013), "*Global increasing trends in annual maximum daily precipitation*", *Journal of Climate*, 26(11), 3904-3918. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00502.1>.
15. Alexander LV et al. (2006), "*Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D5), D05109. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
16. Nekkache Ghenim, A., & Megnounif, A. (2016), "*Variability and trend of annual maximum daily rainfall in northern Algeria*", *International Journal of Geophysics*, 2016, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2016/9203827>.
17. Wilks, D. S. (1997), *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Ithaca, New York: Academic Press.

ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE TRENDS IN HO CHI MINH CITY USING THE NON-PARAMETRIC MANN-KENDALL TEST

Can Thu Van⁽¹⁾, Nguyen Van Tin⁽¹⁾, Nguyen Vinh An⁽¹⁾, Tran Tuan Viet⁽²⁾

⁽¹⁾HCMC University of Natural Resources and Environment

⁽²⁾Institute of Tropical Technology

Received: 27/7/2025; Accepted: 26/9/2025

Abstract: *This paper assesses the climate change trends in Ho Chi Minh City by analyzing annual rainfall at meteorological stations in the city during the period 1980-2024, using the non-parametric Mann-Kendall test and Sen's slope estimator. The results were evaluated based on statistical analysis at a significance level of $P\text{-value} = 0.1$ (Type I error probability of 10%). For mean temperature, absolute maximum temperature, and absolute minimum temperature, the corresponding increasing trends were $0.04^{\circ}\text{C}/\text{year}$, $0.03^{\circ}\text{C}/\text{year}$, and $0.08^{\circ}\text{C}/\text{year}$, respectively (meeting the criterion of $P\text{-value} < 0.1$). With annual rainfall, the observed increasing trend was $8.49\text{ mm}/\text{year}$, and in the dry season the increase was $3.63\text{ mm}/\text{year}$ (both statistically significant). In contrast, rainfall in the rainy season showed an increase of $2.92\text{ mm}/\text{year}$; however, this was not statistically significant ($P\text{-value} = 0.4$). $Rx1\text{day}$ and $Rx5\text{day}$ also exhibited increasing trends, but with $P\text{-values} > 0.1$. The maximum number of consecutive dry days showed a decreasing trend of $0.58\text{ days}/\text{year}$ ($P\text{-value} = 0.1$). The results indicate that climate change trends in Ho Chi Minh City are occurring markedly, as evidenced by the significant increases in temperature and rainfall.*

Keywords: *Climate change, non-parametric Mann-Kendall test, Sen's slope.*