

PHÂN TÍCH XU HƯỚNG XUẤT HIỆN VÀ BIẾN ĐỘNG CƯỜNG ĐỘ CỦA HIỆN TƯỢNG ENSO TRONG GIAI ĐOẠN 1960-2019

**Phạm Chí Biết⁽¹⁾, Đỗ Xuân Hồng^(1,2), Lê Hoàng Tú⁽³⁾,
Nguyễn Đặng Xuân Hiên⁽²⁾, Lê Nguyễn Tường An⁽¹⁾**

(1)Trung tâm Ươm tạo Doanh nghiệp Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM

(2) Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM

(3)Trung tâm Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM

Ngày nhận bài 30/9/2025; Chấp nhận đăng 30/10/2025

Liên hệ email: biet.phamchi@hcmuaf.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá xu hướng biến động và tần suất xuất hiện của ENSO trong giai đoạn 1960-2019 dựa trên chỉ số Niño Đại Dương (ONI), được phân tích theo ba chu kỳ 20 năm bằng các phương pháp Mann–Kendall và Sen's slope. Kết quả cho thấy El Niño có xu hướng gia tăng cường độ, với ONI cực đại đạt 2,6°C (2016), trong khi La Niña suy giảm với ONI cực tiểu -1,6°C (2007, 2010). Về tần suất, hai pha ENSO xuất hiện xen kẽ theo chu kỳ nhưng có sự khác biệt về số lần và thời gian duy trì giữa các giai đoạn. Kiểm định thống kê chỉ ra El Niño có xu hướng tăng nhẹ, La Niña giảm nhẹ, song cả hai đều không đạt mức ý nghĩa. Điều này cho thấy biến động ENSO trong giai đoạn nghiên cứu chủ yếu mang tính dao động tự nhiên, chưa đủ cơ sở khẳng định một xu thế dài hạn rõ rệt. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho dự báo sớm các hiện tượng khí hậu cực đoan, hỗ trợ công tác quản lý và chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu.

Từ khoá: biến đổi khí hậu, ENSO

Abstract

ANALYSIS OF ENSO OCCURRENCE TRENDS AND INTENSITY VARIABILITY DURING 1960-2019

This study evaluates the variability and frequency of ENSO during 1960–2019 using the Oceanic Niño Index (ONI), analyzed across three 20-year cycles with the Mann–Kendall test and Sen's slope estimator. Results show that El Niño has intensified, reaching a maximum ONI of 2.6°C in 2016, while La Niña has weakened, with a minimum ONI of -1.6°C (2007, 2010). In terms of frequency, the two ENSO phases occurred alternately but differed in number of events and duration across periods. Statistical tests indicate a slight increasing trend for El Niño and a slight decreasing trend for La Niña, though neither reached statistical significance. These findings suggest that ENSO variability during the study period is mainly cyclical and natural, without evidence of a clear long-term trend. The results provide a scientific basis for early forecasting of extreme climatic events and support strategies for climate change adaptation and resource management.

1. Đặt vấn đề

El Niño – Dao động Nam (ENSO) là hiện tượng khí hậu quy mô toàn cầu, thể hiện sự biến đổi bất thường của nhiệt độ bề mặt nước biển ở khu vực trung tâm và phía Đông Thái Bình Dương, làm thay đổi hoàn lưu Walker và gây ra những tác động sâu rộng đến hệ thống khí hậu Trái đất (Smith và nnk., 2008). ENSO được mô tả thông qua sự luân phiên của ba trạng thái chính: trung tính, El Niño và La Niña. Kể từ các phát hiện nền tảng của Walker (1924) và Bjerknes (1966), ENSO được xem là chỉ báo quan trọng phản ánh biến động khí hậu toàn cầu và được giám sát qua các chỉ số như Southern Oscillation Index (SOI) và Oceanic Niño Index (ONI).

Trong bối cảnh nóng lên toàn cầu, các nghiên cứu chỉ ra rằng ENSO đang có xu hướng gia tăng về mức độ cực đoan, cả ở pha El Niño lẫn La Niña (Ham, 2018), kéo theo những biến động khó dự đoán trong hệ thống khí hậu toàn cầu. Ward và nnk. (2014) cho rằng ENSO ảnh hưởng mạnh đến các hiện tượng cực đoan khí hậu, trong khi Huang và nnk. (2023) nhận định tác động của ENSO đối với khí hậu cực đoan có thể tương đương hoặc vượt trội hơn so với xu thế khí hậu dài hạn. Đồng thời, El Niño và La Niña có sự bất đối xứng rõ rệt trong tần suất cũng như cường độ qua từng giai đoạn lịch sử (Del Rio Amador và nnk., 2023).

Giai đoạn 1960-2019 là khoảng thời gian đủ dài để đánh giá xu hướng khí hậu quy mô lớn, bao gồm sự biến động của ENSO dưới tác động của hoạt động con người. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu thích ứng khí hậu hiện nay mới tập trung vào các tác động của ENSO mà chưa phân tích chuyên sâu về xu hướng xuất hiện và biến động cường độ ENSO theo thời gian dài. Điều này tạo ra khoảng trống nghiên cứu cần được bổ sung nhằm nhận diện rõ hơn sự thay đổi mang tính cấu trúc của hiện tượng ENSO trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang tiếp tục diễn tiến.

Do đó, việc phân tích xu hướng xuất hiện và biến động cường độ ENSO trong giai đoạn 1960-2019 là cần thiết nhằm cung cấp luận cứ khoa học cho việc hiểu rõ bản chất biến đổi khí hậu, nâng cao hiệu quả dự báo ENSO và hỗ trợ xây dựng các chiến lược thích ứng phù hợp ở quy mô quốc gia trong tương lai.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

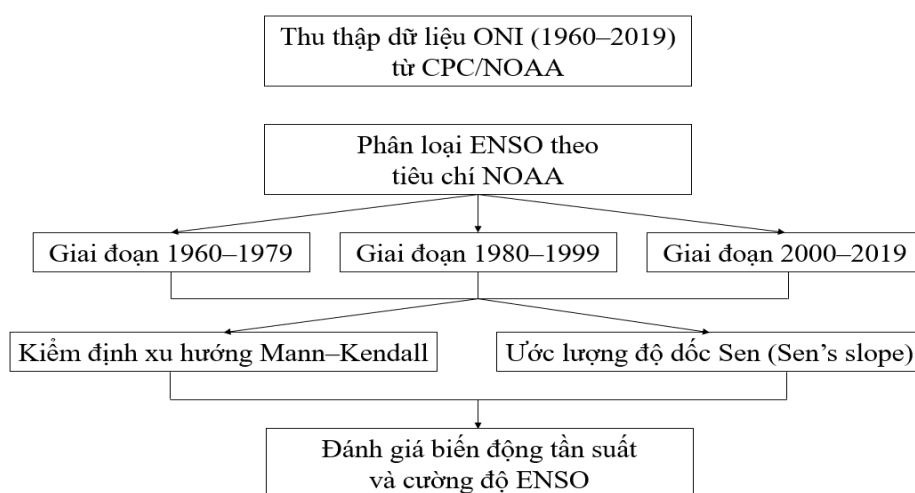
Trong nghiên cứu này, dữ liệu chỉ số Niño Đại Dương (Oceanic Niño Index – ONI) được thu thập từ Trung tâm Dự báo Khí hậu (CPC) thuộc Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia (NOAA) cho giai đoạn 1960-2019. Dữ liệu này đóng vai trò nền tảng trong việc phân tích xu thế xuất hiện và đánh giá mức độ biến động cường độ của ENSO (El Niño và La Niña) trong giai đoạn nghiên cứu. Giai đoạn nghiên cứu được chia thành ba chu kỳ tương ứng 20 năm gồm (i) 1960-1979, (ii) 1980-1999 và (iii) 2000-2019, nhằm phục vụ việc so sánh và đánh giá biến động. Cường độ ENSO trong từng chu kỳ được xác định dựa trên giá trị của chỉ số ONI tại khu vực Niño 3.4, theo tiêu chí phân loại của NOAA (bảng 1) (Smith và nnk., 2008). Phương pháp này cho phép xác định chính xác các đợt ENSO và phân loại thành ba mức gồm (i) yếu, (ii) trung bình và (iii) mạnh.

Bảng 1. Phân loại cường độ của các đợt El Niño và La Niña

| | Yếu | Trung bình | Mạnh |
|------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|
| Cường độ El Niño | $0,5 \leq ONI \leq 0,9$ | $1,0 \leq ONI \leq 1,4$ | $\geq 1,5$ |
| Cường độ La Niña | $-0,5 \geq ONI \geq -0,9$ | $-1,0 \geq ONI \geq -1,4$ | $\leq -1,5$ |

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Theo dõi hình 1, nghiên cứu được bắt đầu từ việc thu thập dữ liệu chỉ số ONI trong giai đoạn 1960-2019, sau đó tiến hành phân loại các hiện tượng El Niño và La Niña theo tiêu chí của NOAA/CPC, phân chia chuỗi thời gian thành ba giai đoạn 20 năm, sau đó tiếp tục kiểm định xu hướng bằng phương pháp Mann-Kendall và ước lượng tốc độ biến đổi bằng độ dốc Sen, qua đó đánh giá biến động tần suất và cường độ ENSO một cách toàn diện.



Hình 1. Lưu đồ phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall (Kendall, 1948; Mann, 1945) là phép kiểm tra đơn xu hướng với dữ liệu được thu thập theo chuỗi thời gian thay đổi tăng dần trải dài từ năm 1960 đến năm 2019. Mann-Kendall phù hợp áp dụng cho dữ liệu theo kiểu chuỗi ngày, tháng, năm và không thể hiện tốt khi dữ liệu bị lỗi, thiếu hoặc đột biến. Xét chuỗi dữ liệu theo thời gian $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ (N số lượng điểm dữ liệu theo thời gian), x_i và x_j là giá trị của dữ liệu trong chuỗi thời tại i và j . Khi đó Mann-Kendall được xác định theo công thức như sau:

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

Trong đó, $\text{sgn}(x_j - x_i) = 1$ nếu $(x_j - x_i) > 0$, $\text{sgn}(x_j - x_i) = 0$ nếu $(x_j - x_i) = 0$, $\text{sgn}(x_j - x_i) = -1$ nếu $(x_j - x_i) < 0$ ADDIN ZOTERO_TEMP (Kendall, 1948)

Ban đầu giá trị S không có xu hướng khi $S=0$, giá trị âm thể hiện xu hướng giảm và xu thế tăng khi giá trị S dương. Đối với các mẫu $N > 10$, được tiến hành sử dụng độ lệch chuẩn với phương sai như sau:

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{8}$$

Trong đó, n là số điểm dữ liệu, m là số các nhóm dữ liệu có cùng giá trị và t_i số lượng các điểm số liệu trong nhóm thứ i . Giá trị độ lệch chuẩn được tính theo phương trình:

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{với } S > 0 \\ 0 & \text{với } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{với } S < 0 \end{cases}$$

Giá trị của Z_S được tính toán và để biết giả thuyết bị bác bỏ hay được chấp nhận tồn tại. Nếu giá trị $Z > Z_\alpha$ tồn tại xu hướng biến đổi và ngược lại (α là mức ý nghĩa)

Xu thế Sen (Sen's slope): Sen (1968) sử dụng mô hình tuyến tính để ước tính độ dốc của xu thế chuỗi Q, khi Q là trung vị của chuỗi N cặp dữ liệu $N = \frac{n(n-1)}{2}$ $N = \frac{n(n-1)}{2}$, (n là khoảng thời gian):

$$Q_k = \frac{x_j - x_i}{j - i} \text{ với } i = 1, \dots, N; j > i.$$

Trong đó, x_j và x_i lần lượt là giá trị dữ liệu dòng chảy quan trắc tại thời điểm j và i.

$Q > 0$ chuỗi dữ liệu có xu hướng tăng và ngược lại.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tần suất xuất hiện và xu hướng biến động cường độ của ENSO

Dựa trên chỉ số ONI và tiêu chí phân loại cường độ ENSO (bảng 2 và bảng 3), thông kê trong giai đoạn 1960-2019 cho thấy có 19 đợt El Niño và 16 đợt La Niña (bảng 4) với đặc điểm thời gian và tần suất khác nhau. El Niño tập trung nhiều nhất ở giai đoạn 1960-1979 (8 đợt, dài nhất 12 tháng), giảm xuống 5 đợt trong giai đoạn 1980-1999 (dài nhất 18 tháng) và xuất hiện 6 đợt trong giai đoạn 2000-2019 (dài nhất 19 tháng). Trong khi đó, La Niña ít hơn nhưng biến động mạnh, với 4 đợt ở giai đoạn 1960-1979 (9-19 tháng), 5 đợt ở giai đoạn 1980-1999 (5-32 tháng) và 7 đợt ở giai đoạn 2000-2019 (5-13 tháng). Nhìn chung, độ dài trung bình của cả El Niño và La Niña có xu hướng tăng dần theo từng chu kỳ 20 năm, qua đó làm gia tăng nguy cơ khô hạn, thiếu hụt nguồn nước ở khu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp, đồng thời thúc đẩy sự xuất hiện của các hiện tượng khí hậu cực đoan như bão và lũ ở những vùng khác.

Bảng 2. Các đợt El Niño giai đoạn 1960-1979, 1980-1999 và 2000-2019

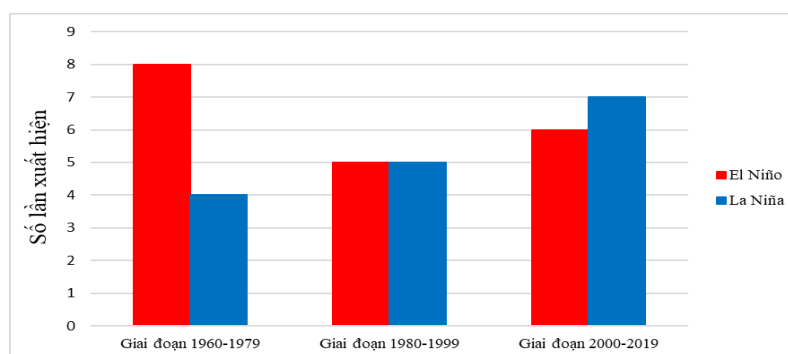
| SL | Đợt El Niño | Thời gian bắt đầu | Thời gian kết thúc | Độ dài (tháng) |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Giai đoạn 1 (1960-1979) | | | | |
| 1 | 1963-1964 | 04/1963 | 02/1964 | 9 |
| 2 | 1965-1966 | 05/1965 | 04/1966 | 12 |
| 3 | 1968-1969 | 10/1968 | 05/1969 | 8 |
| 4 | 1969-1970 | 08/1969 | 01/1970 | 6 |
| 5 | 1972-1973 | 05/1972 | 03/1973 | 11 |
| 6 | 1976-1977 | 09/1976 | 02/1977 | 6 |
| 7 | 1977-1978 | 09/1977 | 01/1978 | 5 |
| 8 | 1979-1980 | 10/1979 | 02/1980 | 5 |
| Giai đoạn 2 (1980-1999) | | | | |
| 1 | 1982-1983 | 04/1982 | 06/1983 | 15 |
| 2 | 1986-1988 | 09/1986 | 02/1988 | 18 |
| 3 | 1991-1992 | 05/1991 | 06/1992 | 14 |
| 4 | 1994-1995 | 09/1994 | 03/1995 | 7 |
| 5 | 1997-1998 | 05/1997 | 05/1998 | 13 |

| Giai đoạn 3 (2000-2019) | | | | |
|-------------------------|-----------|---------|---------|----|
| 1 | 2002-2003 | 06/2002 | 02/2003 | 9 |
| 2 | 2004-2005 | 07/2004 | 02/2005 | 8 |
| 3 | 2006-2007 | 09/2006 | 01/2007 | 5 |
| 4 | 2009-2010 | 07/2009 | 03/2010 | 9 |
| 5 | 2014-2016 | 10/2014 | 04/2016 | 19 |
| 6 | 2018-2019 | 09/2018 | 06/2019 | 10 |

Bảng 3. Các đợt La Niña giai đoạn 1960-1979, 1980-1999 và 2000-2019

| SL | Đợt La Niña | Thời gian bắt đầu | Thời gian kết thúc | Độ dài (tháng) |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Giai đoạn 1 (1960-1979) | | | | |
| 1 | 1964-1965 | 05/1964 | 01/1965 | 9 |
| 2 | 1970-1972 | 07/1970 | 01/1972 | 19 |
| 3 | 1973-1974 | 05/1973 | 07/1974 | 15 |
| 4 | 1974-1976 | 10/1974 | 04/1976 | 19 |
| Giai đoạn 2 (1980-1999) | | | | |
| 1 | 1983 - 1984 | 09/1983 | 01/1984 | 5 |
| 2 | 1984 - 1985 | 10/1984 | 08/1985 | 11 |
| 3 | 1988 - 1989 | 05/1988 | 05/1989 | 13 |
| 4 | 1995 - 1996 | 08/1995 | 03/1996 | 8 |
| 5 | 1998 - 2001 | 07/1998 | 02/2001 | 32 |
| Giai đoạn 3 (2000-2019) | | | | |
| 1 | 2005 - 2006 | 11/2005 | 03/2006 | 5 |
| 2 | 2007 - 2008 | 06/2007 | 06/2008 | 13 |
| 3 | 2008 - 2009 | 11/2008 | 03/2009 | 5 |
| 4 | 2010 - 2011 | 06/2010 | 05/2011 | 12 |
| 5 | 2011 - 2012 | 07/2011 | 04/2012 | 10 |
| 6 | 2016 | 08/2016 | 12/2016 | 5 |
| 7 | 2017 - 2018 | 10/2017 | 04/2018 | 7 |

Theo dõi hình 2 để có thể thấy được số đợt xuất hiện của các đợt El Niño và La Niña trong các giai đoạn 20 năm. Nhìn chung, số lần xuất hiện tương El Niño không có xu hướng rõ ràng tăng giảm khác nhau qua các giai đoạn 20 năm. Các đợt El Niño có xu hướng biến động trong các giai đoạn 20 năm, khi ở đợt 1 xuất hiện nhiều nhất là 8 đợt, giảm nhẹ ở giai đoạn 2 là 5 đợt và tăng lại ở giai đoạn 3 là 6 đợt. Trong khi đó, số lần xuất hiện tương La Niña có xu hướng tăng rõ rệt dựa trên trên hàm tuyến tính qua các giai đoạn 20 năm. Theo thống kê các đợt xuất hiện của El Niño và La Niña trong các giai đoạn 20 năm thì các đợt xuất hiện La Niña ở giai đoạn 1 có số lần xuất hiện ít nhất 4 đợt, giai đoạn 2 là 5 đợt, giai đoạn 3 cao nhất với 7 đợt.



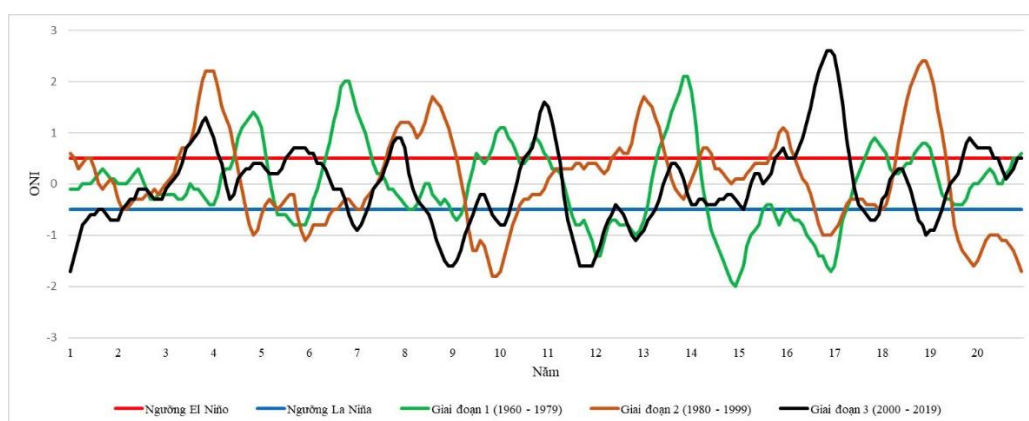
Hình 2. Số lần xuất hiện của 2 hiện tượng El Niño và La Niña

Dựa trên bảng 3 và hình 3, giá trị chỉ số ONI của các đợt ENSO trong giai đoạn 1960-2019 biến động rõ rệt giữ các chu kỳ 20 năm. Đối với El Niño, cường độ cực đại tăng dần từ 2,1°C (tháng 11-12/1972) trong giai đoạn 1960-1979 lên 2,4°C (tháng 11-12/1997) trong giai đoạn 1980-1999 và 2,6°C (tháng 11-12/2016) trong giai đoạn 2000-2019. Trong khi đó, La Niña có xu hướng suy giảm cường độ, với giá trị ONI thấp nhất là -2,0°C (tháng 9-12/1964), giảm xuống -1,8°C (tháng 11-12/1988) và -1,6°C (tháng 12/2007; 1/2008; 9-12/2010) trong giai đoạn 2000-2019. Nhìn chung, xét theo xu hướng tuyến tính, El Niño ngày càng gia tăng về cường độ, trong khi La Niña có xu hướng giảm, phản ánh sự biến động phức tạp của các hiện tượng ENSO trong các chu kỳ 20 năm.

Bảng 3. Thống kê giá trị chỉ số ONI các đợt El Niño và La Niña trong các giai đoạn.

| SL | Đợt El Niño | Cường độ mạnh nhất (ONI cao nhất) |
|-------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Giai đoạn 1 (1960-1979) | | |
| 1 | 1963-1964 | 1,4 - Tháng 11/1963 |
| 2 | 1965-1966 | 2,0 - Tháng 10, 11/1965 |
| 3 | 1968-1969 | 1,1 - Tháng 1,2/1969 |
| 4 | 1969-1970 | 0,9 - Tháng 10/1969 |
| 5 | 1972-1973 | 2,1 - Tháng 11,12/1972 |
| 6 | 1976-1977 | 0,9 - Tháng 11/1976 |
| 7 | 1977-1978 | 0,8 - Tháng 11, 12/1977 |
| 8 | 1979-1980 | 0,6 - Tháng 12/1979, Tháng 1/1980 |
| Giai đoạn 2 (1980-1999) | | |
| 1 | 1982-1983 | 2,2 - Tháng 11, 12/1982; Tháng 1/1983 |
| 2 | 1986-1988 | 1,7 - Tháng 8/1987 |
| 3 | 1991-1992 | 1,7 - Tháng 1/1992 |
| 4 | 1994-1995 | 1,1 - Tháng 12/1994 |
| 5 | 1997-1998 | 2,4 - Tháng 11, Tháng 12/1997 |
| Giai đoạn 3 (2000-2019) | | |
| 1 | 2002-2003 | 1,3 - Tháng 11/2002 |
| 2 | 2004-2005 | 0,8 - Tháng 9, 10, 11, 12/2004 |
| 3 | 2006-2007 | 0,9 - Tháng 11, 12/2006 |
| 4 | 2009-2010 | 1,6 - Tháng 12/2009 |
| 5 | 2014-2016 | 2,6 - Tháng 11, 12/2016 |
| 6 | 2018-2019 | 0,9 - Tháng 11/2018 |
| SL | Đợt La Niña | Cường độ mạnh nhất (ONI cao nhất) |
| Giai đoạn 1 (1960-1979) | | |
| 1 | 1964-1965 | -0,8 - Tháng 9, 10, 11, 12/1964 |
| 2 | 1970-1972 | -1,4 - Tháng 1, 2/1971 |
| 3 | 1973-1974 | -2,0 - Tháng 12/1973 |
| 4 | 1974-1976 | -1,7 - Tháng 12/1975 |
| 1 | 1983 - 1984 | -1,0 - Tháng 11/1983 |
| Giai đoạn 2 (1980-1999) | | |
| 2 | 1984 - 1985 | -1,1 - Tháng 12/1984 |
| 3 | 1988 - 1989 | -1,8 - Tháng 11,12/1988 |
| 4 | 1995 - 1996 | -1,0 - Tháng 10,11,12/1995 |
| 5 | 1998 - 2001 | -1,7 - Tháng 12/1999, Tháng 1/2000 |

| SL | Đợt El Niño | Cường độ mạnh nhất (ONI cao nhất) |
|-------------------------|-------------|------------------------------------|
| Giai đoạn 3 (2000-2019) | | |
| 1 | 2005 - 2006 | -0,9 - Tháng 1/2006 |
| 2 | 2007 - 2008 | -1,6 - Tháng 12/2007, Tháng 1/2008 |
| 3 | 2008 - 2009 | -0,8 - Tháng 1,2/2009 |
| 4 | 2010 - 2011 | -1,6 - Tháng 9,10,11,12/2010 |
| 5 | 2011 - 2012 | -1,1 - Tháng 11/2011 |
| 6 | 2016 | -0,7 - Tháng 10,11/2016 |
| 7 | 2017 - 2018 | -1,0 - Tháng 12/2017 |



Hình 3. Biến động giá trị chỉ số ONI trong các giai đoạn 20 năm

3.2. Đánh giá xu hướng biến động của ENSO

Theo dõi (bảng 4), kết quả kiểm định Mann-Kendall và Sen’s Slope phản ánh xu hướng biến động của ENSO. Kết quả cho thấy pha của El Niño có giá trị Mann-Kendall dương (0,0421), điều này thể hiện xu thế chuỗi El Niño có xu hướng tăng nhẹ trong giai đoạn nghiên cứu. Ngược lại, pha La Niña có giá trị Mann-Kendall âm (-0,0293), cho thấy có xu hướng gia giảm nhẹ trong giai đoạn nghiên cứu. Tuy nhiên, giá trị Sen’s Slope của cả hai pha đều bằng 0, cho thấy tốc độ thay đổi trung bình qua các năm là không đáng kể. Như vậy, sự biến động của ENSO chủ yếu mang tính chu kỳ tự nhiên, chưa ghi nhận dấu hiệu rõ rệt của sự thay đổi dài hạn do biến đổi khí hậu trong giai đoạn 1960-2019. Kết quả nghiên cứu cho thấy mối liên hệ giữa chỉ số ONI và chế độ thủy văn, có thể thấy pha El Niño (ONI âm) thường gắn liền với sự suy giảm lượng mưa và dòng chảy, đặc biệt trong mùa khô, từ đó làm gia tăng nguy cơ hạn hán và thiếu hụt nguồn nước. Ngược lại, pha La Niña (ONI dương) thường làm tăng lượng mưa và dòng chảy, dễ dẫn đến các hiện tượng cực đoan như lũ lụt và ngập úng. Kết quả này phù hợp với cơ chế được mô tả bởi Smith và nnk. (2008) và Ham (2018), trong đó El Niño làm suy yếu gió mùa Đông Bắc dẫn đến giảm lượng mưa ở khu vực Đông Nam Á, còn La Niña tạo hiệu ứng ngược lại.

Bảng 4. Kết quả kiểm định xu thế ENSO

| Thông số | Kết quả | |
|--------------|---------|---------|
| | El Niño | La Niña |
| Mann-Kendall | 0,0421 | -0,0293 |
| Sen's_slope | 0 | 0 |

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy trong giai đoạn 1960-2019, hiện tượng El Niño có xu hướng giảm về tần suất xuất hiện nhưng lại gia tăng về cường độ. Ngược lại, La Niña có xu hướng xuất hiện nhiều hơn nhưng cường độ suy giảm. Số đợt ENSO nhìn chung biến động theo chu kỳ nhưng không thể hiện xu thế tăng hay giảm rõ rệt. Kết quả kiểm định Mann-Kendall và Sen's Slope chỉ ra rằng El Niño có xu hướng tăng nhẹ, trong khi La Niña có xu hướng giảm nhẹ; tuy nhiên, cả hai đều không đạt mức ý nghĩa thống kê. Điều này cho thấy biến động của ENSO trong giai đoạn nghiên cứu chủ yếu mang tính dao động tự nhiên theo chu kỳ, chưa đủ cơ sở khẳng định về một xu thế biến đổi dài hạn rõ rệt. Trong các nghiên cứu tiếp theo

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Anh, T. V., & Hậu, P. X. (2011). *Hiệu ứng nhà kính và những giải pháp hạn chế hậu quả của việc tăng hiệu ứng nhà kính của trái đất đối với đời sống, kinh tế ở Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2] Del Rio Amador, L., O'Loughlin, F., & Huybrechts, P. (2023). *Global asymmetries in the influence of ENSO on flood risk*. *Geophysical Research Letters*, 50(5), e2022GL102027. <https://doi.org/10.1029/2022GL102027>
- [3] Giang, N. N. H., Quang, C. N. X., Long, D. T., Ky, P. D., Vu, N. D., & Tran, D. D. (2022). Statistical and hydrological evaluations of water dynamics in the lower Sai Gon–Dong Nai River, Vietnam. *Water*, 14(1), 130. <https://doi.org/10.3390/w14010130>
- [4] Ham, Y.-G. (2018). El Niño events will intensify under global warming. *Nature*, 564(7735), 192-193. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07753-9>
- [5] Huang, X., Chen, D., & Chen, X. (2023). Contributions of climate change and ENSO variability to hydrological extremes. *Geophysical Research Letters*, 50(7), e2023GL103322. <https://doi.org/10.1029/2023GL103322>
- [6] Kendall, M. G. (1948). *Rank correlation methods*. Charles Griffin & Co.
- [7] Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- [8] Nguyễn, T. L., Nguyễn, T. A., Đỗ, T. N. B., Lê, V. L., Hoàng, T. T., Nguyễn, H. B., Hoàng, B. N., & Phạm, L. A. (2024). Đánh giá xu hướng biến động mưa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn giai đoạn 1978–2020. *Vietnam Journal of Hydrometeorology*, 1, 74-85. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2024\(757\)](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2024(757)).
- [9] Nobre, P., et al. (2019). Achieving the reduction of disaster risk by better predicting extreme phases of the El Niño Southern Oscillation (ENSO). *One Earth*, 1(1), 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.08.014>
- [10] 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>.
- [11] Smith, T. M., et al. (2008). *NOAA operational definitions for El Niño and La Niña*. Climate Prediction Center/NCEP. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensodef.shtml.
- [12] Thăng, N. V., Hiệu, N. T., Thực, T., Hương, P. T. T., Lan, N. T., Thăng, V. V., & Sáp, K. T. V. (2010). *Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

- [13] Ward, P. J., et al. (2014). *Annual flood sensitivities to El Niño–Southern Oscillation at the global scale*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 47-66. <https://doi.org/10.5194/hess-18-47-2014>