



Original Article

Apply Cluster Analysis to Study Daily Maximum Temperature Variation Over Vietnam

Bui Minh Tuan*

*Faculty of Meteorology Hydrology and Oceanography,
VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 25th August 2025

Revised 15th October 2025; Accepted 30th October 2025

Abstract: Studying the trends of maximum temperature variation over Vietnam is essential for assessing the impacts and developing climate change adaptation strategies. However, previous studies have relied on linear trend analysis at individual stations, which does not capture short-term fluctuations or abrupt changes in the data series. In this study, the Self-Organizing Map (SOM) method is applied to monthly averaged daily maximum temperature anomalies to provide a more detailed analysis of the spatiotemporal variability of maximum temperature across Vietnam. The results indicate that the variability of maximum temperature can be classified into six primary patterns, with significant differences among climatic regions. Patterns characterized by below-average maximum temperatures show a strong decreasing trend throughout the study period, while those with above-average maximum temperatures exhibit a marked increase in recent decades. Seasonal analysis further reveals that during summer, patterns with a temperature increase of 1-2 °C occur more frequently, whereas in winter, patterns with increases exceeding 2 °C are more prevalent. Notably, the frequency of months within each cluster is closely linked to ENSO, with above-average temperature months tending to occur more frequently during El Niño phases, and the opposite during La Niña phases.

Keywords: maximum temperature; trend of variation; climate change; Self-Organizing Map (SOM), clustering.

* Corresponding author.

E-mail address: buiminhtuan@hus.vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5386>

Nghiên cứu xu thế biến đổi nhiệt độ cực đại ngày trên khu vực Việt Nam dựa trên phương pháp phân cụm

Bùi Minh Tuan*

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,
Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 25 tháng 8 năm 2025

Chỉnh sửa ngày 15 tháng 10 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 30 tháng 10 năm 2025

Tóm tắt: Nghiên cứu xu thế biến đổi của nhiệt độ cực đại trên khu vực Việt Nam có ý nghĩa quan trọng trong đánh giá tác động và xây dựng các chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH). Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây chủ yếu dựa trên phân tích xu thế tuyến tính tại từng trạm (hoặc điểm lưới), nên chưa phản ánh được các thay đổi đột ngột trong chuỗi số liệu và mối liên hệ của sự biến đổi giữa các trạm. Trong nghiên cứu này, phương pháp Self-Organizing Map (SOM) được áp dụng cho bộ số liệu dị thường nhiệt độ cực đại ngày đã được trung bình theo tháng, nhằm phân tích chi tiết hơn sự biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ cực đại trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Kết quả cho thấy sự biến đổi của nhiệt độ cực đại có thể được phân thành sáu hình thể chính, với mức độ khác biệt rõ rệt giữa các vùng khí hậu. Các hình thể có nhiệt độ cực đại thấp hơn trung bình có xu hướng giảm mạnh trong toàn giai đoạn, trong khi các hình thể có nhiệt độ cao hơn trung bình lại gia tăng rõ rệt trong giai đoạn gần đây. Ngoài ra, phân tích theo mùa cho thấy vào mùa hè, các hình thể với mức tăng nhiệt độ 1 – 2 °C xuất hiện phổ biến hơn, trong khi vào mùa đông, các hình thể với mức tăng trên 2 °C có tần suất xuất hiện cao hơn. Đáng chú ý, tần suất xuất hiện các tháng trong từng cụm có mối liên hệ chặt chẽ với ENSO: các tháng có nhiệt độ cao hơn trung bình thường xuất hiện nhiều hơn trong pha El Niño, và ngược lại trong pha La Niña.

Từ khóa: Nhiệt độ cực đại, xu thế biến đổi, BĐKH, Self-Organizing Map, phân cụm.

1. Mở đầu

Do sự gia tăng phát thải khí nhà kính từ sau cách mạng công nghiệp lần thứ nhất (thế kỉ 18, 19) và các mạng công nghiệp lần thứ hai (thế kỉ 19 tới đầu thế kỉ 20), đã có nhiều bằng chứng cho thấy khí hậu trái đất đã có sự thay đổi đáng kể. Theo báo cáo mới nhất của Ủy ban liên Chính phủ về BĐKH (IPCC), nồng độ trung bình năm của khí carbon dioxide đã đạt 410 ppm vào năm 2019 (IPCC 2021) [1]. Hệ quả là, nhiệt độ bề mặt trung bình toàn cầu trong thập kỉ 2011-2020 đã tăng lên 1,09 °C so với giai đoạn 1850-1900, và

tiếp tục được dự báo sẽ tăng lên trong các thập kỉ tiếp theo (IPCC 2021) [1]. Tại Việt Nam, nhiệt độ trung bình năm trong giai đoạn 1958-2018 đã tăng lên 0,89 °C, riêng giai đoạn 1986-2018 đã tăng 0,74 °C (Báo cáo Kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020) [2]).

Sự gia tăng của nhiệt độ trung bình liên quan trực tiếp tới sự gia tăng của các hiện tượng cực đoan như sóng nóng, hạn hán, mưa lớn và tần suất xuất hiện nhiều hơn của các cơn bão mạnh (IPCC 2021). Báo cáo Kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020), cho thấy xu thế tăng trên hầu hết cả nước của nhiệt độ cao

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: buiminhtuan@hus.vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5386>

nhất năm (TXx) với mức tăng phổ biến từ 0,2 đến 1,7 °C giai đoạn 1961-2021. Số ngày nắng nóng (ngày có nhiệt độ cực đại $T_x > 35$ °C) cũng có xu thế tăng lên ở hầu hết các vùng khí hậu, ngược lại, số ngày rét đậm, rét hại đã giảm rõ rệt. Ngô Đức Thành và Bùi Thị Khánh Hòa (2023) cũng cho thấy, số ngày nắng nóng gay gắt có sự gia tăng mạnh trong các thập kỉ vừa qua, với khu vực Bắc Bộ có sự gia tăng mạnh nhất. Giá trị lặp lại của các ngưỡng nắng nóng và nắng nóng gay gắt tăng lên khi chu kì lặp tăng lên.

Hồ Thị Minh Hà và Phan Văn Tân (2009) [4] sử dụng phương pháp phân tích xu thế tuyến tính để phân tích xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị tại 58 trạm trên khu vực Việt Nam giai đoạn 1961 - 2007. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ cực đại trung bình cả Việt Nam tăng khoảng 1-2 °C, trong đó khu vực Bắc Bộ tăng khoảng 2-3 °C và Trung Bộ khoảng 1-2 °C. Mức độ biến đổi của nhiệt độ cực đại chủ yếu dao động trong khoảng < 1 °C hoặc > 3 °C, một số biến đổi có thể vượt ngoài ngưỡng $[-5, 5$ °C], nhưng tần suất nhỏ.

Có thể nhận thấy rằng, các nghiên cứu trước đây chủ yếu dựa trên phân tích xu thế tuyến tính để đánh giá sự thay đổi của nhiệt độ. Tuy nhiên, cách tiếp cận này tồn tại một số hạn chế. Thứ nhất, phương pháp giả định sự biến đổi theo thời gian là tuyến tính, trong khi trên thực tế, các yếu tố khí hậu thường có tính phi tuyến hoặc biến đổi theo chu kỳ. Ví dụ, trong giai đoạn giữa thế kỉ XX, nhiệt độ một số trạm ở Việt Nam có xu hướng giảm, trong giai đoạn tiếp theo, nhiệt độ tăng nhẹ và tăng nhanh trong những năm sau đó [4]. Thứ hai, xu thế tuyến tính không phản ánh được các biến động ngắn hạn hay những thay đổi đột ngột trong các giai đoạn khí hậu không ổn định. Ví dụ trong giai đoạn 1976-1998 có sự ấm lên rất nhanh của nhiệt độ khí quyển và đại dương khu vực Bắc Thái Bình Dương [5]. Cuối cùng, phương pháp này chỉ áp dụng lên từng trạm (hoặc điểm lưới riêng biệt) do đó không thể được mối liên hệ không gian giữa các trạm quan trắc trong cùng một khu vực hoặc giữa các khu vực khác nhau [4].

Sự phát triển của các thuật toán học máy đã cung cấp những công cụ mạnh mẽ để phân tích

sự biến đổi trong các bộ số liệu khí tượng. Trong đó, phương pháp tự tổ chức bản đồ (Self-Organizing Map - SOM) là một công cụ hiệu quả trong việc nhận diện và phân tích các cấu trúc phi tuyến phức tạp của dữ liệu và đã được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu sự thay đổi của các hình thái thời tiết [6, 7]. So với phương pháp phân cụm k -means, SOM giúp khai phá tốt hơn cấu trúc phi tuyến của số liệu khí hậu và từ đó giúp xác định tốt hơn số cụm cần sử dụng để phân loại bộ số liệu đó [6]. So với phương pháp phân tích trực giao (EOF) vốn dựa trên giả định rằng số liệu có thể biểu diễn bằng tổ hợp tuyến tính của các mode, SOM có thể chỉ ra các mode phi tuyến và phức tạp hơn. Trong nghiên cứu này, SOM được áp dụng để phân tích sự biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ cực đại trung bình tháng, nhằm nhận diện các đặc trưng chính của sự biến đổi này cũng như mối liên hệ với dao động nam (El Niño-Southern Oscillation - ENSO). Cấu trúc bài báo được tổ chức như sau: Mục 2 trình bày số liệu và phương pháp nghiên cứu, Mục 3 trình bày kết quả phân tích, và Mục 4 đưa ra các kết luận chính.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

Nghiên cứu này sử dụng bộ số liệu nhiệt độ cực đại ngày trên khu vực đất liền Việt Nam trong giai đoạn 1980 - 2020. Bộ số liệu có độ phân giải không gian $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, được xây dựng từ dữ liệu quan trắc ngày tại 147 trạm khí tượng, thông qua phương pháp nội suy Spheremap [8]. Thay vì sử dụng trực tiếp số liệu trung bình tháng, nghiên cứu tính toán dị thường trung bình tháng bằng cách lấy giá trị nhiệt độ tại từng điểm lưới trong mỗi tháng trừ đi giá trị trung bình nhiều năm của cùng tháng (trong giai đoạn 41 năm). Cách xử lý này giúp loại bỏ chu kỳ biến thiên theo mùa, chỉ giữ lại sự sai khác nhiệt độ so với trung bình nhiều năm. Nhờ đó, việc phân cụm các hình thái trở nên hiệu quả hơn, không bị chi phối bởi sự khác biệt nhiệt độ giữa các mùa. Nghiên cứu cũng sử dụng chỉ số Niño đại dương

(Oceanic Niño Index - ONI) để xác định các pha ENSO. Bộ số liệu này được tính toán dựa trên trung bình trượt 3 tháng của dị thường nhiệt độ mặt nước biển trên khu vực Niño 3.4 và được cung cấp bởi Trung tâm Dự báo Khí hậu Hoa Kỳ, thuộc Cục Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia (NOAA).

2.2. Phương pháp SOM

Self-Organizing Map (SOM) là một mạng nơ-ron nhân tạo không giám sát, được ứng dụng rộng rãi trong phân cụm và giảm chiều dữ liệu [9]. SOM đặc biệt hữu ích trong việc nhận diện cũng như trực quan hóa các cấu trúc phi tuyến và phức tạp của dữ liệu nhiều chiều. Cấu trúc của SOM gồm hai lớp: lớp đầu vào nhận các vector dữ liệu nhiều chiều, và lớp bản đồ hai chiều được tạo thành từ các cụm, thường sắp xếp theo cấu trúc lục giác. Thông qua quá trình lượng tử hóa vector (vector quantization), SOM biểu diễn tập dữ liệu đầu vào bằng một tập hữu hạn các vector đặc trưng, qua đó giảm chiều dữ liệu nhưng vẫn bảo toàn được những thông tin quan trọng từ dữ liệu quan trắc ngày tại 147 trạm khí tượng, thông qua phương.

Trong nghiên cứu này, phương pháp SOM được áp dụng cho bộ số liệu dị thường của nhiệt độ cực đại trung bình tháng trên khu vực Việt Nam. Kết quả phân tích cho thấy các hình thể dị thường nhiệt độ có thể được phân loại thành sáu cụm chính, phản ánh những đặc trưng nổi bật về không gian của nhiệt độ cực đại. Sự biến đổi theo thời gian của dị thường nhiệt độ được thể hiện thông qua sự phân bố các tháng vào các cụm này. Đồng thời, mối liên hệ giữa biến đổi nhiệt độ cực đại và ENSO được đánh giá dựa trên thống kê tần suất xuất hiện của các tháng trong từng cụm theo các pha ENSO.

3. Kết quả

3.1. Phân cụm các hình thể của dị thường nhiệt độ cực đại ngày

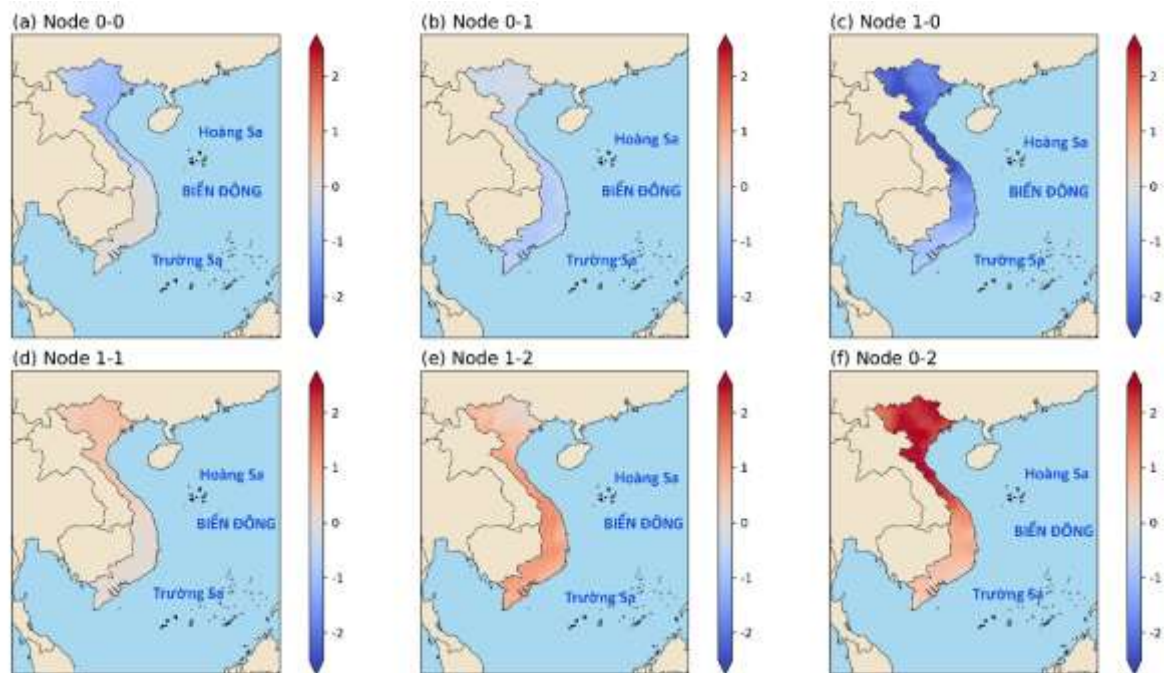
Hình 1 minh họa các hình thể dị thường nhiệt độ. Cụm 0-0 thể hiện dị thường âm của nhiệt độ

cực đại tại khu vực Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, trong khi ở Tây Nguyên và Nam Bộ lại xuất hiện dị thường dương (Hình 1a). Ngược lại, cụm 1-1 cho thấy dị thường dương ở Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, đồng thời duy trì dị thường dương tại Tây Nguyên và Nam Bộ (Hình 1d). Như vậy, hai cụm này phản ánh sự đối lập về xu thế tăng giảm nhiệt độ giữa các vùng khí hậu. Tuy nhiên, biên độ dị thường chỉ dao động trong khoảng hẹp từ -1°C đến 1°C , cho thấy mức biến động còn khá nhỏ so với trung bình nhiều năm.

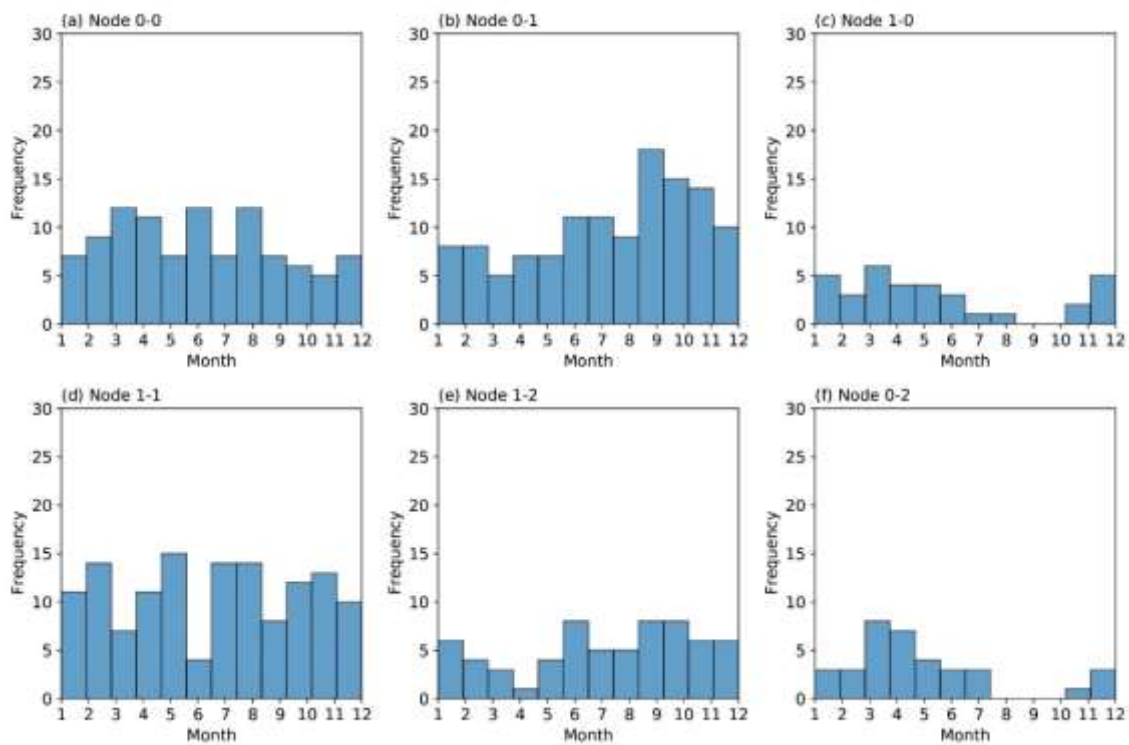
Hai cụm 0-1 và 1-2 lần lượt đặc trưng cho các tháng có nhiệt độ cực đại cao hơn và thấp hơn so với trung bình nhiều năm, với sự biến đổi quan sát được trên toàn lãnh thổ Việt Nam (Hình 1b và 1e). Dị thường nhiệt độ cực đại lớn nhất (nhỏ nhất) xuất hiện tại khu vực Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ, với giá trị dao động trong khoảng $1-2^{\circ}\text{C}$ (-1 đến -2°C). Ngược lại, tại Đông Bắc Bộ và Đồng bằng sông Hồng, mức chênh lệch nhỏ hơn, chỉ khoảng $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Hai cụm 1-0 và 0-2 đại diện cho các tháng có mức chênh lệch nhiệt độ cực đại lớn nhất so với trung bình nhiều năm, với sự biến đổi quan sát được trên toàn lãnh thổ Việt Nam (Hình 1c và 1f). Dị thường nhiệt độ cực đại nhỏ nhất xuất hiện tại khu vực Tây Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, trong khi giá trị dị thường lớn nhất được ghi nhận tại toàn bộ khu vực Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, đạt trên $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Kết quả này cho thấy sự biến động nhiệt độ không đồng đều giữa các vùng khí hậu, đồng thời các pha tăng và giảm nhiệt mạnh cũng không xảy ra đồng thời trong cùng một vùng khí hậu.

Tần suất xuất hiện của các tháng trong từng cụm được thể hiện ở Hình 2. Kết quả cho thấy sự khác biệt đáng kể về số lượng tháng giữa các cụm, trong đó, cụm 0-1 chiếm số lượng lớn nhất, phản ánh sự xuất hiện phổ biến của các tháng có nhiệt độ cực đại thấp hơn trung bình nhiều năm (Hình 2b). Các tháng này phân bố rải rác trong năm, tập trung nhiều nhất vào giai đoạn cuối hè - đầu thu (tháng 9, 10 và 11) và ít nhất vào mùa xuân (tháng 3, 4 và 5). Ngược lại, các tháng thuộc cụm 0-0 xuất hiện nhiều hơn vào mùa xuân và ít hơn trong các tháng mùa thu (Hình 2a).



Hình 1. Trung bình dị thường nhiệt độ cực đại các tháng thuộc các cụm được phân loại bởi SOM. Đơn vị $^{\circ}\text{C}$.



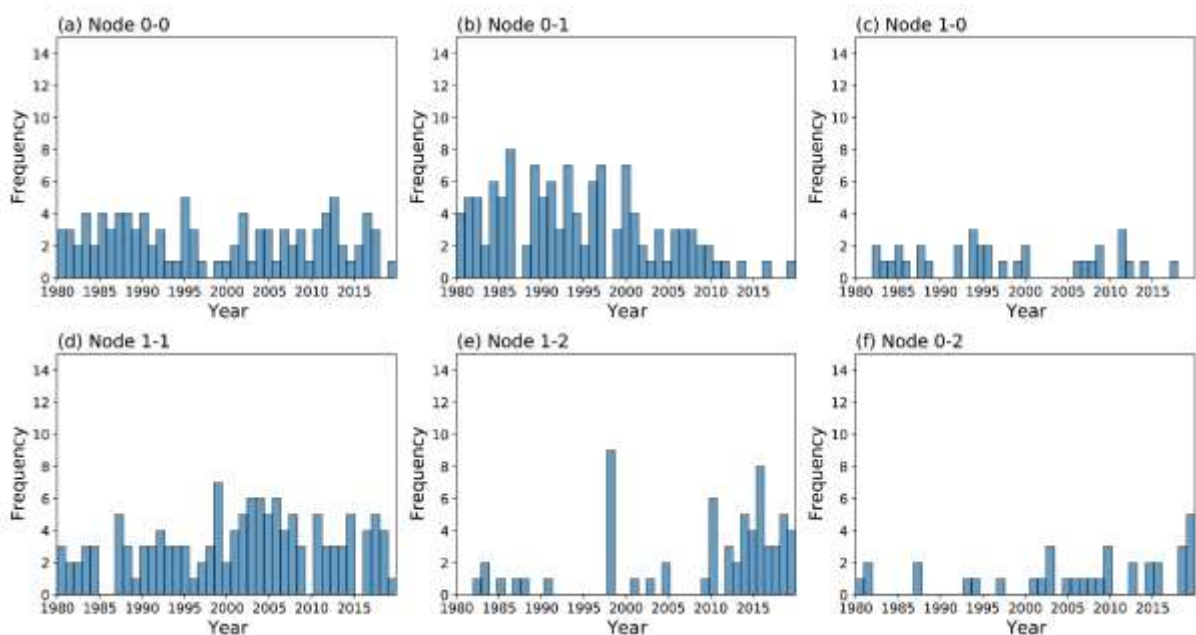
Hình 2. Tần suất xuất hiện của các tháng thuộc từng cụm.

3.2. Xu thế thay đổi của tần suất xuất hiện các cụm theo thời gian

Sự biến đổi nhiều năm của tổng số hình thể thuộc từng cụm được thể hiện trong Hình 3. Kết quả cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các cụm. Đối với các cụm phản ánh sự giảm nhiệt độ cực đại so với trung bình nhiều năm, tổng số hình thể có xu hướng tập trung nhiều hơn trong giai đoạn 1980-2000 và giảm mạnh sau đó. Xu thế giảm rõ rệt nhất được ghi nhận ở cụm 0-1, khi số tháng đạt 6-8 tháng/năm trong giai đoạn 1980-2000 nhưng chỉ còn 1-2 tháng/năm trong giai đoạn 2001-2020.

Ngược lại, các cụm thể hiện sự tăng nhiệt độ cực đại so với trung bình nhiều năm lại có xu

hướng gia tăng số hình thể. Xu thế này được ghi nhận ở tất cả các cụm, đặc biệt rõ tại các cụm có mức chênh lệch nhiệt độ lớn như 1-2 và 0-2. Cụ thể, số hình thể thuộc cụm 1-2 xuất hiện rất ít trong giai đoạn 1980-2000 (0-2 tháng/năm), nhưng tăng nhanh trong giai đoạn 2010-2020, đạt tới 4-8 tháng/năm và xuất hiện liên tục hàng năm. Đối với cụm 0-2, đại diện cho mức tăng nhiệt độ cực đại mạnh nhất, xu thế gia tăng diễn ra chậm hơn so với cụm 1-2 nhưng vẫn thể hiện rõ rệt. Trong giai đoạn 1980-2000, số tháng chỉ khoảng 0-2 tháng/năm và phân bố rải rác, trong khi giai đoạn 2001-2020 đã tăng lên, có năm vượt quá 4 tháng/năm.



Hình 3. Sự biến đổi theo năm của số hình thể thuộc từng cụm.

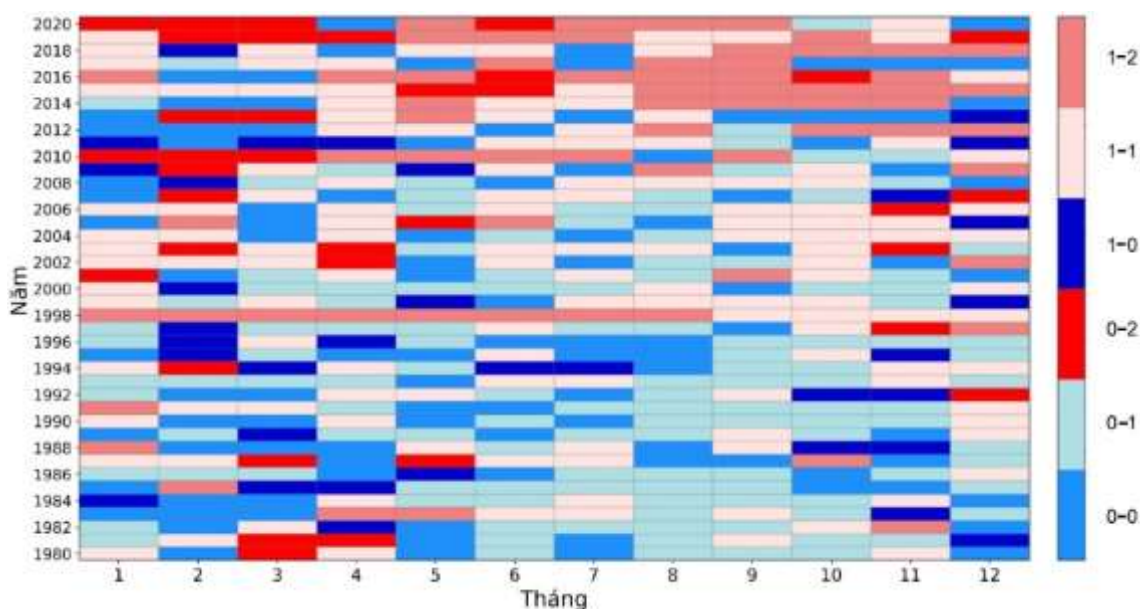
Sự biến đổi của số hình thể thuộc từng cụm theo thời gian phản ánh xu thế tăng nhiệt độ trong toàn giai đoạn 1980 - 2020. Khác với các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào xu thế tuyến tính, phương pháp SOM cho phép làm rõ sự biến đổi phi tuyến của nhiệt độ cực đại tại các khu vực khác nhau với cường độ khác nhau. Xu thế này được biểu hiện qua nhiều khía

canh, gắn liền với các đặc trưng không gian riêng biệt. Cụ thể, xu thế tăng nhiệt độ thể hiện rõ nhất qua sự gia tăng số tháng có nhiệt độ cực đại cao hơn trung bình tại Tây Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ, với biên độ từ 1-2 °C. Đồng thời, xu thế tăng cũng được ghi nhận ở khu vực Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, với mức độ thường vượt quá 2 °C. Mặc dù mức độ thể hiện của xu

thể tăng trong trường hợp sau không mạnh bằng trường hợp đầu, song giá trị nhiệt độ cao hơn, có thể liên quan nhiều hơn tới sự gia tăng tần suất và cường độ của các hiện tượng cực đoan như nắng nóng và nắng nóng gay gắt.

Trong khi sự gia tăng nhiệt độ đồng thời tại Tây Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ xảy ra cả vào mùa hè và mùa đông và ít xuất hiện hơn vào mùa xuân (cụm 1 - 2, Hình 2e), thì sự gia tăng mạnh của nhiệt độ ở Bắc Bộ và Trung Bộ lại tập trung chủ yếu vào mùa đông và mùa xuân (cụm 0 - 2, Hình 2f). Sự khác biệt này cho thấy các quá trình chi phối sự ấm lên của nhiệt

độ cực đại giữa 2 cụm này không giống nhau. Đối với trường hợp thứ nhất, do sự tăng nhiệt có thể diễn ra ở tất cả các tháng trong năm, do đó có thể liên quan đến các quá trình như sự yếu đi của gió mùa mùa hè, gây giảm mưa và tăng nhiệt độ và sự yếu đi của không khí lạnh. Ngược lại, trong trường hợp thứ hai, sự gia tăng của nhiệt độ cực đại chỉ diễn ra trong mùa đông và mùa xuân, do đó có thể chỉ gắn với sự suy yếu của hoạt động xâm nhập lạnh. Điều này cũng phù hợp với quan sát rằng, đối với các khu vực phía Nam, do ít chịu ảnh hưởng của xâm nhập lạnh, mức độ gia tăng nhiệt độ cũng yếu hơn (Hình 2f).



Hình 4. Sự phân bố của các cụm trong toàn giai đoạn.

3.3. Mối liên hệ với ENSO

Sự phân bố của các cụm trong toàn giai đoạn được trình bày ở Hình 4. Kết quả cho thấy, các tháng có nhiệt độ cực đại thấp hơn trung bình (các cụm màu xanh) tập trung chủ yếu trong giai đoạn 1980-2000, trong khi các tháng có nhiệt độ cực đại cao hơn trung bình (các cụm màu đỏ) lại chiếm ưu thế trong giai đoạn 2001-2020. Mặc dù các tháng thuộc cụm màu xanh vẫn xuất hiện rải rác, song từ sau năm 2010, các cụm màu đỏ trở nên vượt trội, phản ánh xu thế tăng nhiệt rõ rệt trong thập kỷ gần đây. Đặc biệt trong giai đoạn

mùa hè và mùa thu, tần suất xuất hiện của các cụm màu đỏ, cho thấy sự ấm lên nhiều hơn trong giai đoạn này. Hình 4 cũng cho thấy, các hình thể có sự tăng nhiệt độ ở mức 1-2 °C độ xuất hiện nhiều hơn, trong khi đó trong mùa xuân, các hình thể có sự tăng nhiệt độ ở mức trên 2 °C độ xuất hiện nhiều hơn.

Để phân tích mối liên hệ, số lượng các tháng thuộc từng cụm tương ứng với các pha ENSO được trình bày trong Bảng 1. Kết quả cho thấy, ở một số cụm như 0-0 và 1-1, tỷ lệ số tháng giữa các pha ENSO hầu như không có sự khác biệt đáng kể, phản ánh mối liên hệ yếu giữa ENSO

và sự xuất hiện của những tháng có biến động nhiệt độ nhỏ so với trung bình. Ngược lại, đối với cụm 1-0 và 0-1, số tháng xuất hiện trong pha La Niña nhiều hơn rõ rệt so với pha El Niño, cho thấy xu thế giảm nhiệt độ trên khu vực Việt Nam, trong đó sự giảm nhiệt độ mạnh (như ở cụm 1-0) thường xảy ra nhiều hơn trong những năm La Niña. Trái lại, tại các cụm 1-2 và 0-2, số tháng xuất hiện trong pha El Niño chiếm ưu thế, phản ánh xu thế tăng nhiệt độ tại Việt Nam gắn liền với pha El Niño.

Bảng 1. Số lượng tháng thuộc từng cụm tương ứng với các pha ENSO

Cụm	El nino	La Nina	Trung tính
0-0	30	26	47
0-1	27	39	57
0-2	16	5	14
1-0	2	21	11
1-1	34	37	62
1-2	30	11	23

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, phương pháp SOM được sử dụng để phân tích xu thế biến đổi của nhiệt độ cực đại ngày trên khu vực Việt Nam trong giai đoạn 1980-2020. Các kết quả chính thu được như sau:

Dị thường nhiệt độ cực đại trung bình tháng được phân thành 6 nhóm chính, phản ánh các mối quan hệ khác nhau trong sự biến đổi nhiệt độ giữa các vùng khí hậu. Sự thay đổi nhiệt độ có thể diễn ra đồng thời trên phạm vi toàn quốc, hoặc thể hiện xu thế đối lập giữa các khu vực. Đáng chú ý, có hai hình thể cho thấy một số tháng ghi nhận mức tăng nhiệt độ mạnh so với trung bình, đặc biệt tập trung ở Trung Bộ, Tây Nguyên và Bắc Bộ.

Hình thể liên quan đến sự gia tăng nhiệt độ cực đại đồng thời trên toàn bộ Việt Nam có sự gia tăng mạnh từ sau những năm 2010, chủ yếu diễn ra trong mùa hè và mùa thu. Trong khi đó, hình thể liên quan đến sự gia tăng nhiệt độ cực đại ở Bắc Bộ và Trung bộ có xu thế gia tăng từ sau những năm 2000 nhưng xu thế yếu hơn, và chủ yếu diễn ra vào mùa xuân và đầu mùa hè.

Sự thay đổi nhiệt độ cực đại ở Việt Nam có sự liên quan chặt chẽ với ENSO. Trong pha El Niño, có sự gia tăng của các hình thể liên quan đến sự tăng nhiệt độ trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Ngược lại, trong pha La Niña có sự gia tăng của các hình thể liên quan đến sự giảm nhiệt độ trên toàn lãnh thổ Việt Nam.

So với các phương pháp truyền thống chủ yếu dựa trên phân tích xu thế tuyến tính hoặc tổ hợp tuyến tính, phương pháp SOM cho thấy nhiều ưu điểm nổi bật trong việc phân tích nhiệt độ cực đại. Trước hết, SOM cho phép nhận diện được xu thế biến đổi phi tuyến của nhiệt độ tối cao thông qua việc thống kê số lượng hình thể thuộc các cụm theo từng năm (Hình 3). Kết quả phân tích cho thấy sự biến đổi của nhiệt độ có tính thăng giáng theo giai đoạn, thay vì tăng hoặc giảm đều trong toàn bộ thời kỳ nghiên cứu. Thứ hai, SOM giúp làm rõ mối liên hệ không gian giữa các vùng khí hậu, thể hiện qua các hình thể điển hình như sự tăng đồng thời của nhiệt độ cực đại ở Bắc Bộ và Trung Bộ (Hình 1f) hoặc xu thế trái ngược giữa Bắc Bộ và Nam Bộ (Hình 1a). Cuối cùng, phương pháp này còn có khả năng phát hiện những biến đổi đột ngột trong trường nhiệt độ cực đại, minh chứng qua sự gia tăng đáng kể số lượng hình thể trong cụm 1-2 (Hình 3e) trong những thập kỷ gần đây.

Mặc dù nghiên cứu đã chỉ ra được xu thế biến đổi của nhiệt độ cực đại giữa các vùng khí hậu cũng như những đặc điểm phi tuyến trong sự thay đổi theo thời gian, song các cơ chế vật lý chi phối những biến đổi này vẫn chưa được làm rõ một cách cụ thể. Các yếu tố tác động có thể liên quan đến những quá trình quy mô lớn như gió mùa mùa hè, gió mùa mùa đông, ENSO và các tác động ở quy mô địa phương như địa hình, gió đất biển,... Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tập trung vào việc làm sáng tỏ cơ chế vật lý đứng sau những biến đổi được nhận diện bởi phương pháp SOM, thông qua việc kết hợp thêm các trường khí quyển và hải dương liên quan.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi nhiệm vụ khoa học QG.25.51 của Đại học Quốc gia Hà Nội.

Tài liệu tham khảo

- [1] IPCC, Summary for Policymakers In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, In Press, England, 2023, <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- [2] MONRE, Climate Change Scenarios, Vietnam Natural Resources, Environment and Mapping Publishing House, 2020, pp. 286 (in Vietnamese).
- [3] N. D. Thanh, B. T. K. Hoa, Trends and Return Frequencies of Hot and Cold Extreme Events in Northern Vietnam from 1961 - 2018. VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 39, No. 2, 2023, pp. 31-42, <https://doi.org/10.25073/25881094/vnuees.4934>.
- [4] H. T. M. Ha, P. V. Tan, Trends and Magnitude of Changes in Extreme Temperatures in Vietnam during the Period 1961 - 2007, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 25, No. 3S, 2009, pp. 412-422 (in Vietnamese).
- [5] A. J. Miller, D. R. Cayan, T. P. Barnett, N. E. Graham, J. M. Oberhuber, The 1976 - 77 Climate Shift of the Pacific Ocean, Oceanography, Vol. 7, No. 1, 1994, pp. 21-26, <https://doi.org/10.5670/oceanog.1994.11>.
- [6] B. M. Tuan, D. Q. Van et al., Determining the Onset of Summer Rainfall over Vietnam Using Self-organizing Maps, Climate Dynamic, Vol. 62, 2024, pp. 9189-9206, <https://doi.org/10.1007/s00382-024-07385-x>.
- [7] B. M. Tuan, N. K. Cương et al., An Application of Cluster Analysis in Investigating Characteristics of the South and Southeast Asian Monsoon Onset in ENSO Years, SOLA, Vol. 20, 2024, pp. 386-391, <https://doi.org/10.2151/sola.2024-051>.
- [8] T. A. Quan, N. D. Thanh, E. Espagne, T. T. Long, A 10-km CMIP6 Downscaled Dataset of Temperature and Precipitation for Historical and Future Vietnam Climate, Scientific Data, Vol. 10, No. 1, 2023, pp. 257, <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02159-2>.
- [9] T. Kohonen, The Self-organizing Map, Proc IEEE, Vol. 78, 1991, pp. 1464-1480, <https://doi.org/10.1109/5.58325>.