

Bài báo khoa học

Diễn biến của chỉ số nhiệt (heat index) tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn năm 1990-2023

Nguyễn Thị Tuyết Nam^{1*}

¹ Khoa Môi trường, Đại học Sài Gòn; ntnam@sgu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ntnam@sgu.edu.vn; Tel.: +84-779534930

Ban Biên tập nhận bài: 25/5/2024; Ngày phản biện xong: 5/7/2024; Ngày đăng bài: 25/12/2024

Tóm tắt: Nghiên cứu này nhằm đánh giá diễn biến của chỉ số nhiệt (HI) tại thành phố Hồ Chí Minh trong 33 năm (1990-2023). HI là chỉ số thể hiện mức nhiệt độ mà con người thực sự cảm nhận. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị trung bình năm của HI dao động trong khoảng 27-32°C. Ngoài ra, giá trị HI có xu hướng tăng trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu, và tăng khá mạnh vào các năm 1997-1998, 2002-2003, 2009-2010, 2018-2019, và 2023. Bên cạnh đó, giá trị HI có xu hướng tăng dần từ tháng 3 cho đến tháng 9, giảm dần đến cuối năm và thường đạt đỉnh vào tháng 4-5. Giá trị HI trung bình thường đạt đỉnh vào tháng 4-5 và thường cao hơn 32°C, thể hiện mức cảnh báo mức cảnh báo cần phải thận trọng khi hoạt động ngoài trời. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy chỉ số HI có sự tương quan thuận với nhiệt độ và độ ẩm không khí, tương quan nghịch với độ mây che phủ. Nghiên cứu này có thể làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về đánh giá xu hướng của nhiệt độ và chỉ số nhiệt tại khu vực thành phố Hồ Chí Minh.

Từ khóa: Chỉ số nhiệt; HI; Tp.HCM; 1990-2023.

1. Giới thiệu

Hiện nay, các đợt nắng nóng đang có xu hướng diễn ra với tần suất nhiều hơn và kéo dài hơn tại các khu vực trên thế giới. Vào năm 2023, nhiệt độ không khí trung bình tại Việt Nam có xu hướng cao hơn so với những năm trước đây. Những ngày có nhiệt độ không khí cao hơn 35°C được xem là có hiện tượng nắng nóng. Trong những năm gần đây, các đợt nắng nóng tại thành phố Hồ Chí Minh thường diễn ra gay gắt hơn và kéo dài hơn [1]. Các đợt nắng nóng thường có ảnh hưởng tiêu cực tới sức khỏe và các hoạt động của con người. Cụ thể là khi nhiệt độ tăng cao, người dân dễ cảm thấy mệt mỏi và khó tái tạo sức lao động. Ngoài ra, người dân làm việc ngoài trời có khả năng bị sốc nhiệt, say nắng và đột quỵ. Nắng nóng cũng có thể ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của những người mắc các bệnh mạn tính, chẳng hạn như hen suyễn và cao huyết áp [2, 3].

Để đo lường mức nhiệt độ mà con người thực sự cảm nhận, chỉ số nhiệt (*heat index - HI*) có thể được sử dụng. Chỉ số nhiệt HI là chỉ số được tính toán dựa vào nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí tương đối [4, 5]. Các mức cảnh báo về ảnh hưởng của nắng nóng đến sức khỏe người dân có thể được cung cấp dựa trên các giá trị của HI. Chẳng hạn như khi chỉ số HI dao động trong khoảng 33-39°C thì người dân cần phải thận trọng khi hoạt động ngoài trời nắng trong thời gian dài [4]. Nghiên cứu về đánh giá diễn biến của các đợt nắng nóng và chỉ số nhiệt đã được thực hiện tại nhiều nơi trên thế giới. Tại khu vực Đông Nam Á, các đợt nắng nóng có xu hướng diễn ra thường xuyên hơn, gay gắt hơn, và đa số các đợt nắng nóng đều có mối quan hệ với hiện tượng El Nino [6]. Bên cạnh đó, lượng phát thải CO₂ được báo cáo có mối tương quan thuận với giá trị của chỉ số HI [7, 8]. Ngoài ra, dữ liệu về nhiệt độ

không khí tại 6 thành phố lớn của Hàn Quốc giai đoạn 1994-2003 đã chỉ ra rằng nhiệt độ vào mùa hè tại các thành phố này đã tăng lên 1°C [9].

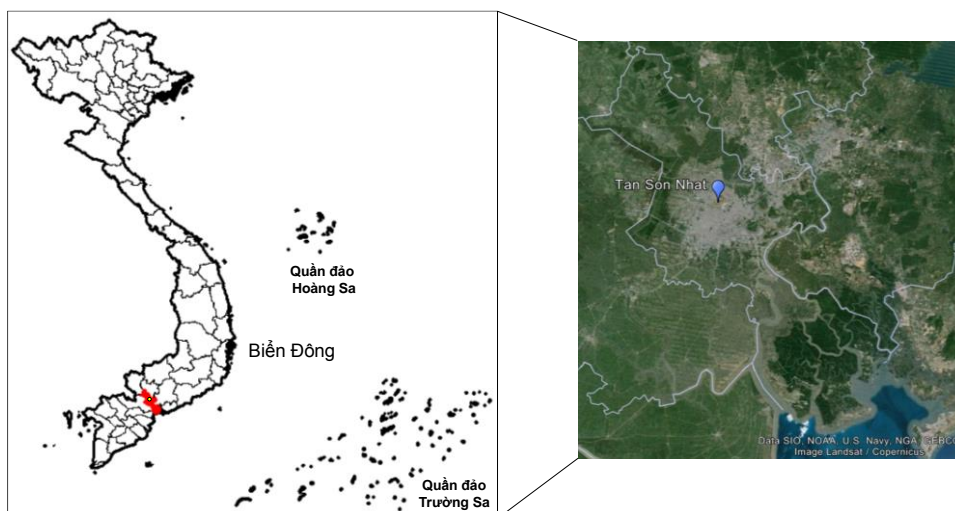
Tại Việt Nam, nghiên cứu về chỉ số nhiệt đã chỉ ra rằng nhiệt độ cao vào buổi tối kết hợp với nắng nóng vào ngày tiếp theo làm cho công nhân khó tái tạo sức lao động [10]. Ngoài ra, nghiên cứu về xu hướng thay đổi theo không gian và thời gian của các đợt nắng nóng trên toàn quốc giai đoạn năm 1979-2018 đã cho thấy các đợt nắng nóng có xu hướng kéo dài hơn tại các tỉnh thành [11]. Theo nghiên cứu về dự báo chỉ số nhiệt (HI) tại Hà Nội [5], giá trị HI sẽ tăng khoảng 0,08 °C/năm và số tuần có mức nhiệt độ chạm ngưỡng nguy hiểm cho sức khỏe con người sẽ tăng lên 5,5-6 tuần/5 năm. Ngoài ra, nghiên cứu về diễn biến nắng nóng tại khu vực Bắc Trung Bộ giai đoạn năm 2010-2015 đã cho thấy nhiệt độ cao nhất trong ngày tại khu vực này có xu hướng tăng so với giai đoạn trước đó (năm 1981-2010), đồng thời số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt cũng cao hơn [12].

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá xu hướng diễn biến của chỉ số nhiệt tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn năm 1990-2023. Ngoài ra, sự ảnh hưởng và mối tương quan của các điều kiện thời tiết, chẳng hạn như nhiệt độ và độ ẩm không khí, lượng mưa, vận tốc gió,..., và yếu tố xã hội như số lượng dân số đến chỉ số nhiệt cũng được phân tích. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp tổng quan về sự thay đổi của chỉ số nhiệt tại thành phố Hồ Chí Minh, làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về đánh giá diễn biến nhiệt độ và chỉ số HI tại khu vực này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

Nghiên cứu này tập trung đánh giá chỉ số nhiệt tại thành phố Hồ Chí Minh. Dữ liệu về nhiệt độ không khí và nhiệt độ hóa sương (*dew point temperature*) tại khu vực nghiên cứu được thu thập từ trạm quan trắc Tân Sơn Nhất (Hình 1). Vĩ độ và kinh độ của vị trí quan trắc lần lượt là 10.82°E và 106.85°N. Dữ liệu nhiệt độ được thu thập từ Cơ sở dữ liệu về khí tượng toàn cầu của NOAA (Cục Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia, Mỹ) tại trang web <https://www.noaa.gov>. Các giá trị nhiệt độ không khí được thu thập theo từng giờ (24 giờ/ngày) trong vòng 33 năm từ 1990 đến năm 2023. Sau khi thu thập, toàn bộ dữ liệu được kiểm tra, các giá trị âm và giá trị bất thường được loại bỏ nhằm đảm bảo chất lượng của dữ liệu. Sau đó, bộ dữ liệu nhiệt độ không khí đã được xử lý được dùng để tính toán trong các bước tiếp theo.



Hình 1. Vị trí trạm quan trắc nhiệt độ không khí tại thành phố Hồ Chí Minh.

Ngoài ra, các dữ liệu khí tượng và dữ liệu dân số tại khu vực nghiên cứu cũng được thu thập nhằm tìm hiểu sự ảnh hưởng của các yếu tố này đến chỉ số HI. Cụ thể là dữ liệu về độ

mây che phủ, lượng mưa, số ngày mưa, và vận tốc gió tại thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn năm 1990-2023 được thu thập từ cơ sở dữ liệu khí tượng ERA5 do Trung tâm Dự báo Thời tiết Trung hạn Châu Âu (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF*) cung cấp tại trang <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Dữ liệu về tổng số lượng dân số trên toàn thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn năm 1990-2023 được thu thập từ cơ sở dữ liệu của Ngân hàng Thế giới (*World Bank Open Data, https://data.worldbank.org/*).

2.2. Phương pháp tính chỉ số nhiệt (HI)

Chỉ số nhiệt được tính theo các công thức (1) đến (5). Công thức (1) còn được gọi là công thức tuyến tính Steadman và được tính dựa trên giá trị của nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí [13].

$$HI = 0.5 \times \{T + 61 + [(T - 68) \times 1,2] + (RH \times 0,094)\} \quad (1)$$

Trong đó T là nhiệt độ không khí (°F), RH là độ ẩm không khí tương đối (%). Trong trường hợp giá trị HI tính toán được cao hơn 26°C (80°F) thì công thức Rothfusz được sử dụng thay cho công thức Steadman [14].

$$HI = -42,379 + (2,04901523T) + (10,14333127RH) + (-0,22475541TRH) + (-6,83783 \times 10^{-3}T^2) + (5,481717 \times 10^{-2}RH^2) + (1,22874 \times 10^{-3}T^2RH) + (8,5282 \times 10^{-4}TRH^2) + (-1,99 \times 10^{-6}T^2RH^2) \quad (2)$$

Nếu độ ẩm không khí nhỏ hơn 13% và nhiệt độ không khí dao động trong khoảng 26-44°C (80-112°F) thì chỉ số nhiệt HI tính theo Rothfusz cần phải được hiệu chỉnh theo công thức (3) [14].

$$HI = \left[\frac{(13 - RH)}{4} \right] \times \sqrt{\frac{(17 - |T - 95|)}{17}} \quad (3)$$

Ngoài ra, nếu độ ẩm không khí lớn hơn 85% và nhiệt độ không khí dao động trong khoảng 26-30,5°C (80-87°F) thì chỉ số nhiệt HI tính theo Rothfusz được hiệu chỉnh theo công thức sau [14]:

$$HI = \frac{(RH - 85)}{10} \times \frac{(87 - T)}{5} \quad (4)$$

Độ ẩm tương đối được tính dựa theo nhiệt độ không khí và nhiệt độ hóa sương (dew point temperature), cụ thể như sau [15]:

$$RH = 100 \times \frac{e^{(17,625 \times TD)}}{243,04} + TD \times 243,04 + \frac{T}{e^{(17,625 \times T)}} \quad (5)$$

Trong đó RH là độ ẩm không khí (%), TD là nhiệt độ hóa sương, và T là nhiệt độ không khí. Đơn vị tính TD và T là độ F, vì vậy HI tính toán theo các công thức (1)-(4) cũng có đơn vị là độ F. Công thức chuyển đổi từ độ F sang độ C như sau:

$$T (^{\circ}C) = [T(^{\circ}F) - 32] \times 5/9 \quad (6)$$

Dựa vào giá trị của chỉ số HI, các cảnh báo về ảnh hưởng của nắng nóng đến sức khỏe con người có thể được cung cấp. Chẳng hạn như khi giá trị HI dao động trong khoảng 33 đến 39°C thì người dân cần hết sức thận trọng khi hoạt động ngoài trời trong thời gian dài vì có thể bị kiệt sức và sốc nhiệt. Khi giá trị HI từ 40-50°C thì hoạt động ngoài trời có khả năng cao gây nguy hiểm cho sức khỏe của người dân [4]. Ngưỡng giá trị HI và ảnh hưởng đến sức khỏe con người được tóm tắt trong bảng 1.

Bảng 1. Giá trị HI và các mức ảnh hưởng đến sức khỏe con người [4].

Giá trị HI	Mức cảnh báo	Ghi chú
27 - 32°C	Thận trọng	Khuyến cáo nên uống nhiều nước khi hoạt động ngoài trời.
33 - 41°C	Hết sức thận trọng	Tăng nguy cơ bị chuột rút và kiệt sức do nhiệt. Trẻ nhỏ, người già, và những người mắc bệnh mãn tính nên tránh ra ngoài trời.

Giá trị HI	Mức cảnh báo	Ghi chú
42 - 51°C	Nguy hiểm	Nguy cơ cao bị chuột rút, kiệt sức, và sốc nhiệt. Nên tránh các hoạt động thể chất nặng và tìm nơi mát mẻ để nghỉ ngơi.
> 52°C	Rất nguy hiểm	Có thể gây ra sốc nhiệt nhanh chóng và nguy hiểm đến tính mạng.

2.3. Phương pháp phân tích thống kê và trực quan hóa dữ liệu

Dữ liệu chỉ số HI và các thông số khác được phân tích thống kê và trực quan hóa bằng phần mềm Origin Pro 2020. Phân tích tương quan Pearson và phân tích cụm phân cấp được sử dụng để tìm hiểu sự ảnh hưởng của các yếu tố khác đến chỉ số HI. Công thức tính tương quan Pearson như sau:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2) \times (\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (7)$$

Trong đó r là hệ số tương quan; x_i là giá trị thứ i của biến x và \bar{x} là giá trị trung bình của biến x. Tương tự như vậy, y_i là giá trị thứ i của biến y và \bar{y} là giá trị trung bình của biến y. Giá trị của hệ số tương quan r càng tiến về 1 hoặc -1 nghĩa là hai biến có tương quan cao, càng tiến về 0 thì hai biến tương quan thấp. Ngoài ra, giá trị $r > 0$ biểu thị mối quan hệ thuận giữa hai biến (cùng tăng hoặc cùng giảm). Ngược lại, khi $r < 0$ thì hai biến có quan hệ nghịch.

Phân tích cụm phân cấp dựa theo công thức sau:

$$d = 1 - \text{corr}(x, y) \quad (8)$$

Với d được định nghĩa là khoảng cách giữa hai biến x và y. $\text{corr}(x, y)$ là hệ số tương quan Pearson giữa hai biến này.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Diễn biến của chỉ số nhiệt theo thời gian

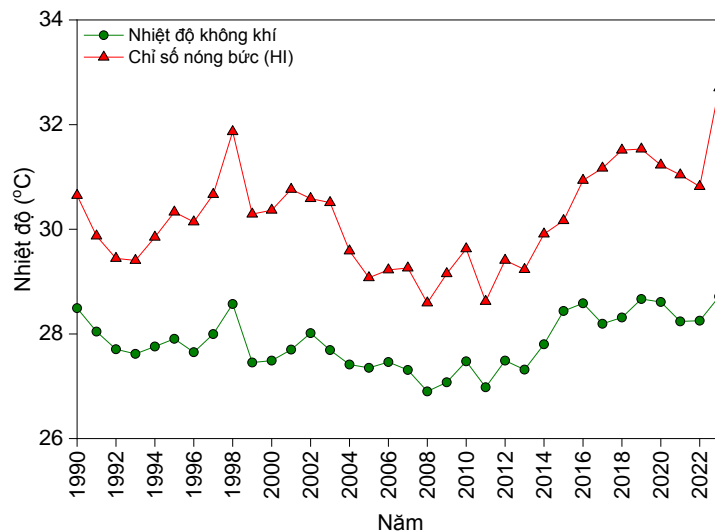
3.1.1. Diễn biến của chỉ số nhiệt theo năm

Hình 2 thể hiện sự thay đổi của HI và nhiệt độ không khí tại thành phố Hồ Chí Minh theo từng năm, từ năm 1990 đến năm 2023. Nhìn chung, giá trị HI luôn cao hơn giá trị của nhiệt độ không khí từ 1,5°C đến 4°C trong toàn giai đoạn nghiên cứu. Ngoài ra, xu hướng tăng/giảm của HI tương đồng với xu hướng thay đổi của nhiệt độ không khí. Giai đoạn năm 2003-2013, giá trị của HI có xu hướng giảm, và đạt giá trị thấp nhất vào năm 2008 và 2011.

Xét trong toàn giai đoạn nghiên cứu, chỉ số HI tại thành phố Hồ Chí Minh tăng khá mạnh vào các năm 1997-1998, 2002-2003, 2009-2010, 2018-2019, và 2023 (Hình 2). Đây cũng là giai đoạn hiện tượng El Nino hoạt động khá mạnh [16] khiến cho nhiệt độ không khí tăng cao hơn, từ đó góp phần làm tăng chỉ số nhiệt.

3.1.2. Diễn biến của chỉ số nhiệt theo tháng và theo mùa

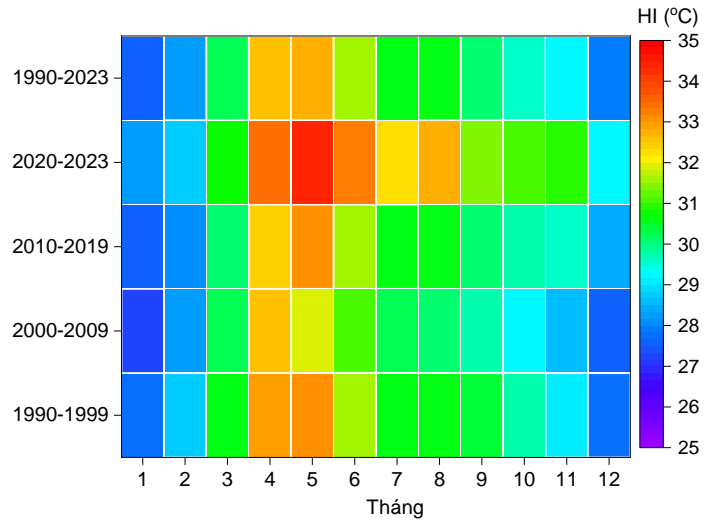
Diễn biến của chỉ số nhiệt theo từng tháng trong giai đoạn năm 1990-2023 tại thành phố Hồ



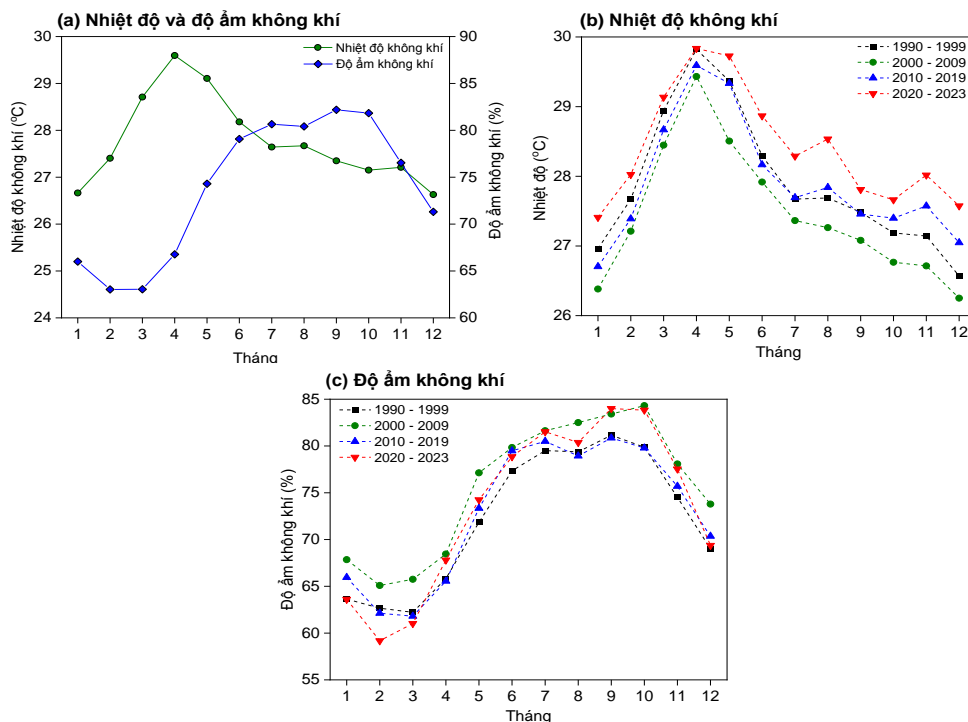
Hình 2. Sự thay đổi của chỉ số nhiệt tại thành phố Hồ Chí Minh theo từng năm.

Chí Minh được trình bày trong hình 3. Giá trị trung bình theo tháng của HI giai đoạn năm 1990-1999, 2000-2009, 2010-2019, và 2020-2023 khá tương đồng nhau. Nhìn chung, HI đạt giá trị thấp nhất vào các tháng 1, 2, và 12 (tháng 1: 27,5°C, tháng 2: 28,2°C, và tháng 12: 27,8°C). Xu hướng thay đổi này tương ứng với sự suy giảm của nhiệt độ và độ ẩm không khí. Các tháng này có thời tiết mát mẻ, vì vậy nhiệt độ mà con người cảm nhận (chỉ số HI) là thấp nhất trong năm. Giá trị HI tăng dần từ tháng 3 (30,3°C) cho đến tháng 9 (30,1°C), giảm dần từ tháng 10 (29,6°C), và thường đạt đỉnh vào tháng 4-5 (32,6°C). Trong tháng 4 và tháng 5, nhiệt độ không khí tại thành phố Hồ Chí Minh thường cao hơn so với các tháng còn lại do ảnh hưởng của các đợt nắng nóng, đồng thời độ ẩm không khí trong các tháng này cũng gia tăng (Hình 4a). Cơ thể con người có thể tự làm mát thông qua cơ chế tiết mồ hôi, tuy nhiên, độ ẩm không khí cao có thể khiến cho cơ thể khó tiết mồ hôi hơn [17], từ đó làm gia tăng nhiệt độ cơ thể. Chỉ số HI thể hiện nhiệt độ mà con người cảm nhận được. Vì vậy, giá trị HI trong các tháng 4-5 tại thành phố Hồ Chí Minh có xu hướng cao nhất trong năm.

Giá trị HI giảm dần từ tháng 6 cho đến cuối năm. Nhiệt độ không khí trong giai đoạn này cũng có xu hướng giảm dần (Hình 4a), có thể do tác động của các cơn mưa vì mùa mưa tại thành phố Hồ Chí Minh thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11. Bên cạnh đó, những tháng có tần suất mưa nhiều và lượng mưa lớn thường rơi vào tháng 6 đến tháng 10 [18]. Các cơn mưa có thể góp phần làm giảm nhiệt độ không khí, từ đó chỉ số HI cũng suy giảm. Giai đoạn năm 2020-2023, giá trị HI vào các tháng 6-8 tăng cao hơn so với các giai đoạn khác



Hình 3. Giá trị trung bình tháng của chỉ số nhiệt giai đoạn năm 1990-2023.

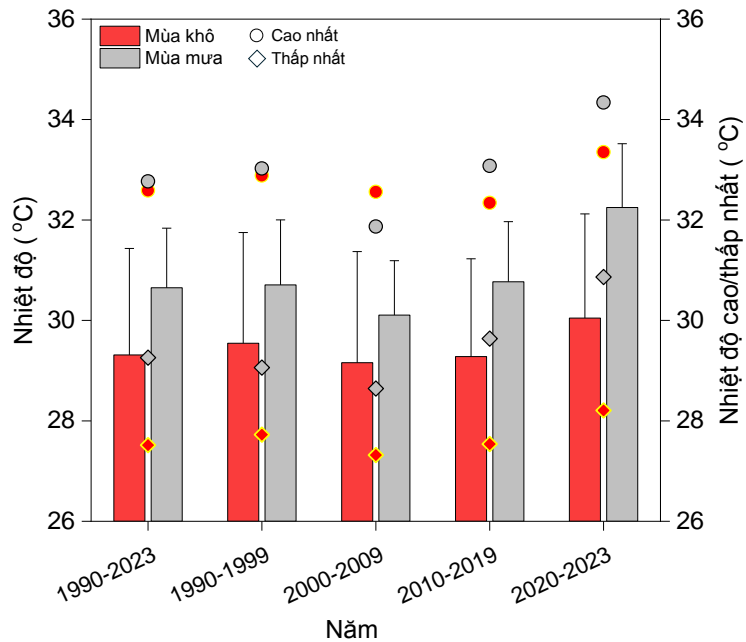


Hình 4. Giá trị trung bình tháng của nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn năm 1990-2023.

(Hình 3). Nguyên nhân có thể do sự gia tăng của HI vào năm 2023, ngoài ra, HI trong các giai đoạn khác được tính trung bình trong khoảng thời gian 10 năm, do đó HI trong các giai đoạn này thấp hơn HI giai đoạn 2020-2023 (3 năm).

Vào năm 2020-2023, chỉ số HI trong các tháng 6-8 cao hơn giai đoạn cùng kỳ của các năm trước đó khoảng 2-3°C (Hình 3). Điều này có thể do sự gia tăng của nhiệt độ không khí và đặc biệt là độ ẩm không khí trong tháng 6-8 của năm 2020-2023 so với các giai đoạn khác (Hình 4c). Khi độ ẩm không khí tăng cao, chẳng hạn như trên 80% thì chúng ta có thể cảm thấy nóng bức hơn do cơ thể khó tiết mồ hôi [17]. Tuy nhiên, cần có sự phân tích chỉ số HI theo giai đoạn dài hơn, chẳng hạn như năm 2020-2030, để có sự đánh giá và so sánh chính xác hơn chỉ số HI giai đoạn này so với các giai đoạn 10 năm trước đó.

Hình 5 thể hiện diễn biến giá trị chỉ số nhiệt theo mùa khô và mùa mưa trong các giai đoạn 1990-2023, 1990-1990, 2000-2009, 2010-2020 và 2020-2023. Mùa khô bắt đầu từ tháng 12 cho đến tháng 4 của năm tiếp theo, và mùa mưa bao gồm các tháng 5-11. Nhìn chung, giá trị trung bình của chỉ số nhiệt vào mùa mưa và mùa khô lần lượt dao động trong khoảng 30,1-32,2°C và 29,2 -30,1°C. Vào mùa khô, giá trị trung bình của HI giảm có thể do nhiệt độ trong vài tháng mùa khô, chẳng hạn như tháng 12, tháng 1, và tháng 2, thường thấp nhất trong năm. Thời tiết trở nên mát mẻ hơn và làm cho nhiệt độ mà con người cảm nhận (chỉ số HI) cũng thấp hơn.



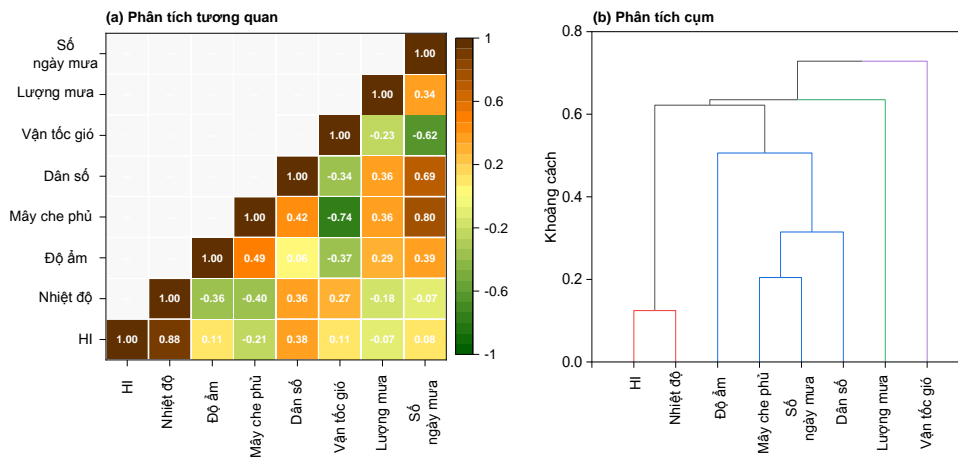
Hình 5. Giá trị trung bình của chỉ số nhiệt theo mùa.

3.2. Xu thế biến đổi của chỉ số nhiệt ở các ngưỡng tác động đến sức khỏe con người và ảnh hưởng của một số yếu tố đến chỉ số nhiệt

Nhìn chung, giá trị trung bình năm của HI tại thành phố Hồ Chí Minh dao động trong khoảng 27-32°C. Đây là ngưỡng không gây tác động xấu đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, giá trị trung bình của HI trong các tháng 4 và tháng 5 tăng cao và thường > 32°C, thể hiện mức cảnh báo cần phải thận trọng khi hoạt động ngoài trời dưới điều kiện nắng nóng. Khi HI dao động trong khoảng 33-41°C thì có thể làm tăng nguy cơ bị chuột rút và kiệt sức do nhiệt cho sức khỏe con người. Trẻ em, người già, và những người mắc bệnh mãn tính nên tránh ra ngoài trời [4]. Vào các tháng như tháng 3 và tháng 6-10, HI dao động trong khoảng 29-31°C và mức nhiệt độ này không gây ra cảnh báo đến sức khỏe con người, tuy nhiên cần phải uống nhiều nước khi hoạt động ngoài trời.

Phân tích tương quan và phân tích cụm được thực hiện nhằm tìm hiểu sự ảnh hưởng của một số điều kiện khí tượng và yếu tố xã hội (ví dụ: số lượng dân số) đến chỉ số nhiệt (HI). Kết quả cho thấy HI có mối tương quan thuận khá cao với nhiệt độ không khí, nghĩa là khi nhiệt độ không khí tăng thì giá trị HI cũng có xu hướng tăng theo. Ngoài ra, chỉ số HI cũng có tương quan thuận với số lượng dân số (Hình 6). Sự gia tăng dân số và đô thị hóa có thể dẫn đến đảo nhiệt đô thị [19], đây là hiện tượng mà nhiệt độ tại khu vực đô thị cao hơn so với các khu vực xung quanh [20]. Do đó, dân số gia tăng gián tiếp làm tăng chỉ số nhiệt (HI). Ngoài ra, giá trị HI có tương quan nghịch với độ mây che phủ. Đây là thông số thể hiện phần

bầu trời bị mây che phủ. Trời nhiều mây và âm u thường dẫn đến mưa, và mưa giúp kéo giảm nhiệt độ không khí, từ đó giảm chỉ số HI.



Hình 6. Phân tích tương quan và phân tích cụm giữa chỉ số nhiệt và một số yếu tố khác.

4. Kết luận

Nghiên cứu này phân tích diễn biến của chỉ số nhiệt tại thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn từ năm 1990 đến 2023. Kết quả cho thấy chỉ số HI có xu hướng tăng dần theo thời gian, đặc biệt là vào các năm có hiện tượng El Nino hoạt động mạnh như 1997-1998, 2002-2003, 2009-2010, 2018-2019, và 2023. Ngoài ra, giá trị HI có xu hướng tăng dần từ tháng 3 cho đến tháng 9 và thường đạt đỉnh vào các tháng 4 và 5. Vào các tháng này, giá trị trung bình của HI thường tăng cao hơn 32°C, thể hiện mức cảnh báo người dân cần phải thận trọng khi hoạt động ngoài trời vì nhiệt độ cao có thể làm tăng nguy cơ bị kiệt sức do nhiệt. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy giá trị HI có mối tương quan với nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí và số lượng dân số.

Hạn chế của nghiên cứu này chưa đánh giá ảnh hưởng của gió trong tính toán mức nhiệt độ mà con người cảm nhận. Ngoài ra, các thông số khác như độ thông gió, diện tích phủ xanh, diện tích bề mặt không thấm,... chưa được xem xét trong phân tích đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chỉ số nhiệt. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tìm hiểu chi tiết hơn về các vấn đề này. Nhìn chung, kết quả của nghiên cứu này có thể làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về đánh giá xu hướng của nhiệt độ và chỉ số nhiệt tại khu vực thành phố Hồ Chí Minh.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu; Thu thập dữ liệu; Xử lý số liệu; Viết bản thảo bài báo; Chỉnh sửa bài báo: N.T.T.N.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ sự hỗ trợ của Đại học Sài Gòn.

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

Tài liệu tham khảo

- Đức, V. Chuối ngày nắng nóng dài kỷ lục ở Sài Gòn. Journal, 2024. Trục tuyến: <https://vnexpress.net/chuoi-ngay-nang-nong-dai-ky-luc-o-sai-gon-4739003.html>.
- Phung, D.; Chu, C.; Rutherford, S.; Nguyen, H.L.T.; Do, C.M.; Huang, C. Heatwave and risk of hospitalization: A multi-province study in Vietnam. *Environ. Pollut.* **2017**, *220*, 597–607.
- Kovats, R.S.; Hajat, S. Heat stress and public health: A critical review. *Annu. Rev. Public Health.* **2008**, *29*, 41–55.

4. US-NOAA. The Heat Index Equation. 2022. Available online: https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml (Accessed on 27 September 2022).
5. Hoang, T.L.; Dao, H.N.; Cu, P.T.; Tran, V.T.; Tong, T.P.; Hoang, S.T.; Vuong, V.V.; Nguyen, T.N. Assessing heat index changes in the context of climate change: a case study of Hanoi (Vietnam). *Front. Earth Sci.* **2022**, *10*, 897601.
6. Li, X.X. Heat wave trends in Southeast Asia during 1979-2018: The impact of humidity. *Sci. Total Environ.* **2020**, *721*, 137664.
7. Vargas, Z.L.R.; Raftery, A.E.; Battisti, D.S. Probabilistic projections of increased heat stress driven by climate change. *Commun. Earth Environ.* **2022**, *3*, 183.
8. Delworth, T.L.; Mahlman, J.D.; Knutson, T.R. Changes in heat index associated with CO₂-induced global warming. *Clim. Change.* **1999**, *43*, 369–386.
9. Kim, H.; Ha, J.S.; Park, J. High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. *Arch. Environ. Occup. Health.* **2006**, *61*, 265–270.
10. Opitz, S, S.; Sabbag, L.; Hawley, K.; Tran, P.; Hoang, L.; Nguyen, P.H. Heat index trends and climate change implications for occupational heat exposure in Da Nang, Vietnam. *Clim. Serv.* **2016**, *2–3*, 41–51.
11. Vu, N.; Ngo, D.T. Spatial Distribution and trends of heat stress in Vietnam. *Environ. Nat. Resour. J.* **2023**, *93–104*.
12. Hằng, P.M.; Dung, T.T.; Quang, N.Đ. Ảnh hưởng của áp thấp Nam Á và áp cao cận nhiệt đới Tây Thái Bình Dương đến diễn biến nắng nóng tại khu vực Bắc Trung Bộ thời kỳ 2010-2015. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, *674*, 46–52.
13. Steadman, R.G. The assessment of sultriness. Part II: effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *J. Appl. Meteorol.* **1979**, *1962-1982*, 874–885.
14. Rothfus, L.P.; Headquarters, N.S.R. The heat index equation (or, more than you ever wanted to know about heat index). Fort Worth, Texas: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology. **1990**, *9023*, 640.
15. Lawrence, M.G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **2005**, *86*, 225–234.
16. Stojanovic, M.; Liberato, M.L.; Sorí, R.; Vázquez, M.; Phan, V.T.; Duong, H.V.; Hoang, C.T.; Nguyen, P.N.; Nieto, R.; Gimeno, V. Trends and extremes of drought episodes in Vietnam sub-regions during 1980-2017 at different timescales. *Water* **2020**, *12*, 813.
17. Han, Q.; Liu, Z.; Jia, J.; Anderson, B.T.; Xu, W.; Shi, P. Web-based data to quantify meteorological and geographical effects on heat stroke: Case study in China. *GeoHealth* **2022**, *6*, e2022GH000587.
18. Phuong, D.N.D.; Linh, V.T.; Nhat, T.T.; Dung, H.M.; Loi, N.K. Spatiotemporal variability of annual and seasonal rainfall time series in Ho Chi Minh city, Vietnam. *J. Water Clim. Change.* **2019**, *10*, 658–670.
19. Manoli, G.; Fatichi, S.; Schlöpfer, M.; Yu, K.; Crowther, T.W.; Meili, N.; Burlando, P.; Katul, G.G.; Zeid, E.B. Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature* **2019**, *573*, 55–60.
20. Estoque, R.C.; Murayama, Y.; Myint S.W. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Sci. Total Environ.* **2017**, *577*, 349–359.

Long-term observation of heat index in Ho Chi Minh City from 1990 to 2023

Nguyen Thi Tuyet Nam^{1*}

¹ Faculty of Environment, Saigon University; ntnam@sgu.edu.vn

Abstract: This study aims to evaluate the temporal variations in heat index (HI) in Ho Chi Minh City over 33 years (1990-2023). HI is an indicator reflecting the actual temperature perceived by humans. The results showed that the annual mean values of HI ranged from 27 to 32°C. Additionally, HI values tended to increase over the study period, with the peaks in the years 1997-1998, 2002-2003, 2009-2010, 2018-2019, and 2023. Moreover, HI values tended to gradually increase from March to September, decrease towards the end of the year, and typically peak in April-May. The mean HI values commonly peaked in April-May and tended to exceed 32°C, indicating an extreme caution for outdoor activities. This study also revealed that HI values had positive correlation with ambient air temperature and humidity, as well as negative correlation with cloud cover. This study contributes to understanding of heat index trend in the city and supports for further research investigating temporal trend of air temperature and HI in the area.

Keywords: Temperature index; HI; Ho Chi Minh city; 1990-2023.