

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TÍNH CHẤT VÀ XU THẾ CỦA NHIỆT ĐỘ CỰC ĐOAN

NCS. Đỗ Huy Dương

Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường

Bài báo này giới thiệu các kết quả tính toán xác định tính chất và xu thế của nhiệt độ cực đoạn trên lãnh thổ Việt Nam. Các chỉ số nhiệt độ được tính toán bao gồm: TXx; TNn; TN10p; TX10p; TN90p và TX90p. Từ chuỗi số liệu khí hậu thống kê từ 1990-2000, các chỉ số về nhiệt độ trên được tính toán bằng phần mềm Rclimdex. Các kết quả tính toán cho thấy xu thế của nhiệt độ cực đoạn ở Việt Nam được thể hiện khá rõ và phù hợp với xu hướng nóng lên toàn cầu hiện nay.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu đang là một trong những thách thức lớn nhất đối với nhân loại trong thế kỷ 21. Thiên tai và các hiện tượng khí hậu cực đoạn khác đang gia tăng ở hầu hết các nơi trên thế giới, nhiệt độ và mực nước biển trung bình toàn cầu tiếp tục tăng nhanh chưa từng có và đang là mối lo ngại của các quốc gia trên thế giới.

Sự nguy hiểm của những thiên tai cực đoạn này có thể dẫn đến những thảm họa khôn lường. Chính vì vậy, trong những năm gần đây nhiều công trình nghiên cứu chú trọng vào bài toán khí hậu cực đoạn trong mối quan hệ với sự biến đổi khí hậu và đó cũng là mục tiêu nghiên cứu được giới thiệu trong bài báo này, nhằm góp phần làm sáng tỏ tính chất và xu thế của yếu tố nhiệt độ ở Việt Nam.

Bài báo này sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu tính toán xác định tính chất và xu thế của nhiệt độ trên ở Việt Nam dựa trên chuỗi số liệu 10 năm (từ 1991-2000) cho 7 phân vùng khí hậu nghiên cứu. Phần 2 của bài báo sẽ giới thiệu sơ bộ về phương pháp tính toán các chỉ số nhiệt độ và phần mềm tính toán Rclimdex. Phần 3 trình bày về các kết quả tính toán bao gồm:

+ TXx - Giá trị nhiệt độ cực đại tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực đại;

+ TNn - Giá trị cực tiểu tháng thuộc ngày có nhiệt

độ cực tiểu;

+ TN10p - Phân vị 10 khi ngày có TN < 10th (trong tổng phân vị 100);

+ TX10p - Phân vị 10 khi ngày có TX < 10th (trong tổng phân vị 100);

+ TN90p - Phân vị 90 khi ngày có TN > 90th (trong tổng phân vị 100);

+ TX90p - Phân vị 90 khi ngày có TX > 90th (trong tổng phân vị 100).

Cuối cùng là phần kết luận, kiến nghị hướng nghiên cứu tiếp theo và danh mục tài liệu tham khảo.

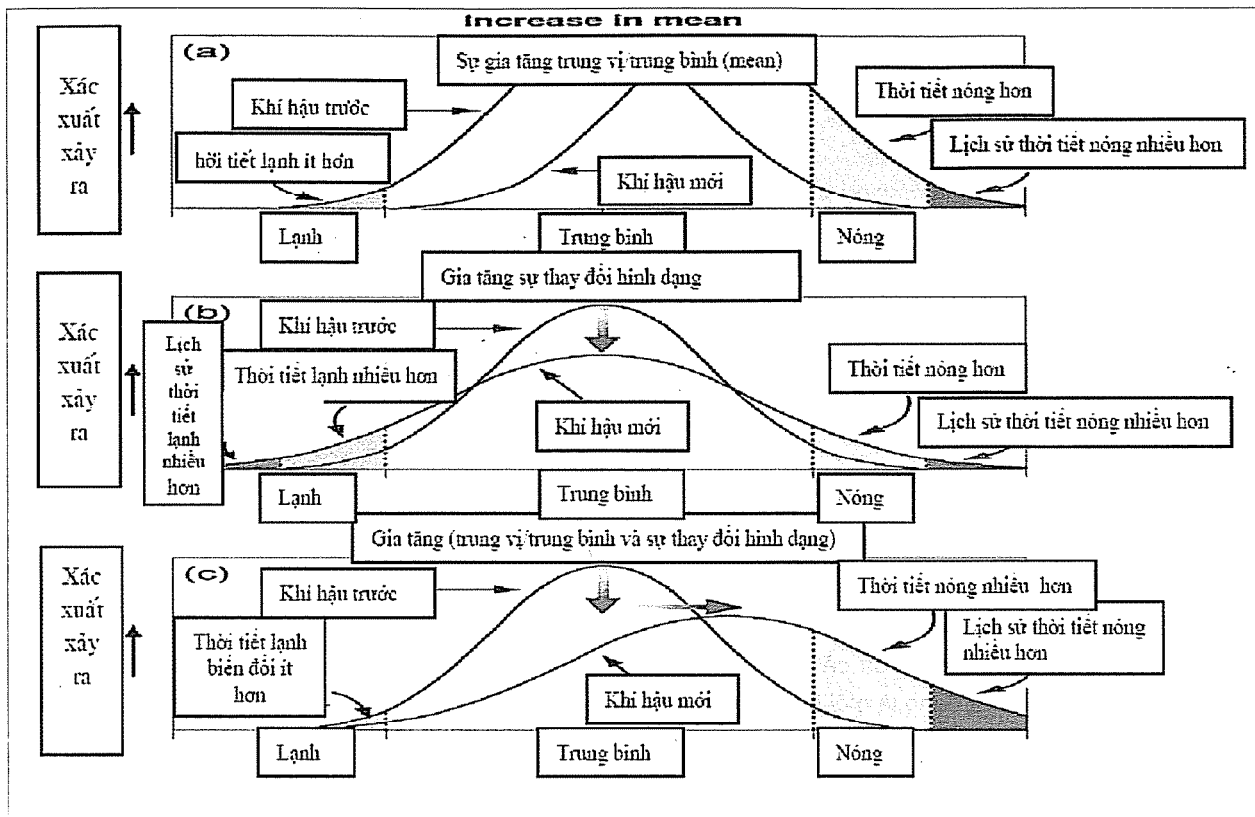
2. Phương pháp tính

a. Cơ sở lý thuyết

Để hiểu rõ sự biến đổi của thời tiết, khí hậu cực đoạn, đặc biệt là nhiệt độ cực đoạn, các nghiên cứu thường dựa trên khái niệm cơ bản các về sự biến đổi khả năng thống kê. Hình 2.1 biểu thị sự phân bố thống kê của một biến khí hậu, đó là sự phân bố dị thường (chẳng hạn là nhiệt độ). Nếu có một sự dịch chuyển đơn giản của sự phân bố khí hậu tương lai, thì sẽ có sự tăng lên hoặc giảm đi các hiện tượng cực đoạn. Điều này có thể xảy ra thông qua sự biến đổi trung vị/trung bình (mean). Vấn đề quan trọng cần chú ý là tần số của sự biến đổi cực đoạn không tuyến tính với sự thay đổi phân bố trung vị, đó chỉ là một sự biến đổi nhỏ trong mean mà có thể kết quả

trong sự biến đổi lớn trong tần số của các hiện tượng (Mearns et al. 1984). Ngược lại, sự phân bố cũng có thể biến đổi. Ví dụ, độ lệch chuẩn trong khí hậu tương lai có thể tăng lên. Một sự biến đổi trong

các biến của hàm phân bố sẽ làm ảnh hưởng lớn đến tần suất của cực đoan hơn là sự biến đổi trung bình (Katz and Brown 1992).



Hình 1. Sự phân bố thống kê của khí hậu

Tuy nhiên, mối quan hệ giữa trung bình và dao động tăng lên bởi vì mỗi thống kê phụ thuộc vào cả độ nhọn và quy mô tham số của hàm phân bố Gamma. Một trong ba hàm phân bố là Gumbel, phương pháp này để phân tích giá trị cực đoan cùng với kỹ thuật dựa vào nghiên cứu dọc theo các ngưỡng cao (Davison and Smith 1990), khoa học thống kê tiếp tục phát triển lý thuyết về giá trị cực đoan (Smith et al. 1997; Dupuis and Field 1998).

Lý thuyết thống kê về các giá trị cực đoan được ứng dụng trong việc xác định chuỗi nhiệt độ cực đại, cực tiểu cho các vùng phân bố khí hậu ở Việt Nam. Nếu độ phân giải không gian về tần suất của các giá trị nhiệt độ cực trị có thể được thể hiện một cách đơn giản như sự dịch chuyển vị trí và quy mô (như trung vị và độ lệch chuẩn) của các phân bố nhiệt độ, thì khu vực bên dưới của hàm phân bố quan tâm có

thể được giới hạn như một vùng. Dựa vào khu vực phân tích này, nếu khí hậu biến đổi theo thời gian và không gian, thì ta sẽ có thể biết trước được tần suất về nhiệt độ cực đoan có thể thay đổi đến mức nào.

1) Một số phân bố lý thuyết

Về bản chất, các phương pháp thống kê cho phép chỉ ra những thuộc tính của các đặc trưng yếu tố khí tượng, khí hậu căn cứ vào những tập số liệu cụ thể thu thập được từ quan trắc thực tế. Tuy nhiên, do hạn chế của dung lượng mẫu, trong nhiều trường hợp những kết quả nhận được có thể sẽ phản ánh không chính xác bản chất của quá trình được xét. Chẳng hạn, khi nghiên cứu nhiệt độ tối cao ở một khu vực nào đó, trong chuỗi số liệu hiện có phạm vi biến đổi của nó là 25 0C-39 0C. Khi tiến hành xây dựng hàm phân bố thực nghiệm theo phương pháp

chia khoảng, tần suất xuất hiện nhiệt độ tối cao trong khoảng từ 27-28 °C bằng 0. Xét về mặt vật lý, điều đó là vô lý, vì với khoảng biến thiên của nhiệt độ là 25 °C-39 °C thì sự kiện nhiệt độ rơi vào khoảng 27-28 °C không thể không xảy ra. Rõ ràng ở đây không phải do bản chất của yếu tố nhiệt độ tối cao mà là do chuỗi số liệu của chúng ta chưa đủ để bao quát hết sự biến thiên của nó.

Để khắc phục tình trạng đó, đồng thời với việc nghiên cứu các tập mẫu, chúng ta sẽ sử dụng các phân bố lý thuyết và xấp xỉ các phân bố thực nghiệm bởi những phân bố lý thuyết phù hợp. Việc sử dụng phân bố lý thuyết làm xấp xỉ cho phân bố thực nghiệm cũng có nghĩa là chúng ta đã lý tưởng hóa tập số liệu thực nghiệm, tức là ép buộc các kết quả thực nghiệm vào một lớp hàm toán học cụ thể phù hợp với chúng. Tất nhiên, đây chỉ là sự biểu diễn gần đúng các số liệu thực nghiệm, mặc dù trong rất nhiều trường hợp sự biểu diễn này cho độ chính xác rất cao. Về cơ bản có ba ưu điểm khi sử dụng các phân bố lý thuyết:

- Thứ nhất phân bố lý thuyết cho phép biểu diễn một cách cô đọng, ngắn gọn những thông tin từ tập mẫu thông qua dạng và một vài tham số phân bố. Trong nhiều trường hợp, chúng ta phải lặp đi lặp lại những tính toán thống kê các đặc trưng mẫu cho một địa điểm hoặc một vùng không gian nhất định nào đó. Quá trình tính toán đó có thể mất khá nhiều thời gian thậm chí xảy ra những sai sót bất thường. Nếu tồn tại một phân bố lý thuyết phù hợp tốt với tập số liệu, thay cho việc khảo sát đầy đủ n bậc thống kê $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ta chỉ cần một vài tham số của phân bố này.

- Thứ hai phân bố lý thuyết cho phép làm trơn và nội suy các đặc trưng xác suất. Rõ ràng số liệu thực nghiệm phụ thuộc vào dung lượng mẫu. Như đã nêu ở trên, sự hạn chế của dung lượng mẫu có thể dẫn đến sự gián đoạn hoặc đứt quãng trong phân bố thực nghiệm. Việc xấp xỉ phân bố thực nghiệm bởi một phân bố lý thuyết cho tập mẫu tạo khả năng liên tục hóa những khoảng không có số liệu, từ đó cho phép ước lượng xác suất trong những khoảng này.

- Thứ ba phân bố lý thuyết cho phép tính toán

ngoại suy các đặc trưng xác suất. Do sự hạn chế của dung lượng mẫu, phân bố thực nghiệm chỉ có thể phản ánh được sự biến đổi của đặc trưng yếu tố trong phạm vi biến đổi của tập mẫu. Việc ước lượng xác suất cho những sự kiện nằm ngoài phạm vi của tập mẫu đòi hỏi phải chấp nhận những giả thiết về cách xử lý như là chưa có số liệu quan trắc.

Cũng cần nhấn mạnh rằng, việc xấp xỉ phân bố thực nghiệm bởi một phân bố lý thuyết là một quá trình xử lý tính toán. Sau khi xây dựng hàm phân bố thực nghiệm, ta cần phải xem xét, khảo sát tỷ mỉ và lựa chọn một trong các lớp hàm lý thuyết sao cho nó phù hợp nhất với phân bố thực nghiệm. Mặt khác, để tránh sự nhầm lẫn đáng tiếc ta cần phân biệt rõ hai khái niệm: các tham số của phân bố và các tham số (hay đặc trưng) thống kê. Các tham số của phân bố là những đại lượng không ngẫu nhiên mà trước đây chúng ta đã chú thích gọi chúng là các đặc trưng tổng thể, còn các tham số thống kê là những đại lượng ngẫu nhiên, chúng được rút ra từ quá trình xử lý tính toán trên tập mẫu.

2) Phân bố GEV (*Generalized Extreme Value*)

Phân tích thống kê sự thay đổi khí hậu thường được nghiên cứu liên quan đến trung bình của một biến ngẫu nhiên thay đổi như giá trị thủy trung bình hay nhiệt độ trung bình. Trong bài báo này chỉ tập trung phân tích yếu tố nhiệt độ. Những năm gần đây, cực trị của các biến ngẫu nhiên đặc biệt được quan tâm nghiên cứu, có thể liệt kê một cách sơ bộ bao gồm: [Wettstein và Mearns (2002) (hereafter, WM), Brown và Katz (1995), Zwiers và Kharin (1998), Kharin và Zwiers (2000, 2005), Jagger và các cộng sự năm (2001), Ekstrom và các cộng sự năm 2005; Fowler và các cộng sự năm 2005]. Khi nghiên cứu về biến trung bình của sự phân bố, lý thuyết giới hạn chủ yếu về các chỉ số trung bình là sự phân bố tiệm cận thông thường. Với các hiện tượng cực trị, có một lý thuyết tương tự để tính toán được gọi là Loại quy tắc cực trị (*Extremal Types Theorem*) đã được các tác giả [Beirlant và các cộng sự năm 2004, Coles năm 2001, Embrechts và các cộng sự năm 1997, Reiss và Thomas năm 2001 và Leadbetter và các cộng sự năm 1983] đưa ra sự chứng minh tiệm cận về dữ liệu cực trị, theo đó một trong ba loại hàm

phân bố (Gumbel, Fréchet hay Weibull) có thể được viết trong biểu thức đơn giản như sự phân bố tương tự liên quan đến sự phân bố chung giá trị cực đoan (GEV). Ở đây, chúng tôi lựa chọn và giới thiệu một số phân bố lý thuyết áp dụng để tính toán sự phân bố nhiệt độ cực đoan, bao gồm các phân bố Weibull, Fréchet, Gumbel. Mặc dù đây là một phương pháp cổ và khá cơ bản trong quá trình lựa chọn các biến cực đoan, song là phương pháp được các nhà khoa học thường sử dụng để tính toán sự phân bố các yếu tố khí hậu, gồm có: [Reiss và Thomas, 2001, Gumbel, 1960, Gilleland và Katz, 2006, URL 4, Katz và các cộng sự 2002]. Trong phương pháp này, các giá trị cực đoan được lựa chọn như là giá trị cực đại/cực tiểu đã cho cố định trong một khoảng nào đó. Ví dụ, từ giá trị tháng, giá trị cực đoan có thể được lựa chọn từ nhiệt độ cực đại/cực tiểu trong năm. Theo lý thuyết giá trị cực đoan tương tự phân bố cực đại/cực tiểu, được xác định bởi phương trình:

$$F(x, \mu, \sigma, \xi) = \exp\left(-\left[1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right]^{-1/\xi}\right) \quad (1)$$

Trong đó:

F là hàm phân bố tích lũy

μ là tham số địa phương xác định vị trí đỉnh của hàm phân bố

σ là tham số quy mô xác định độ rộng của hàm phân bố

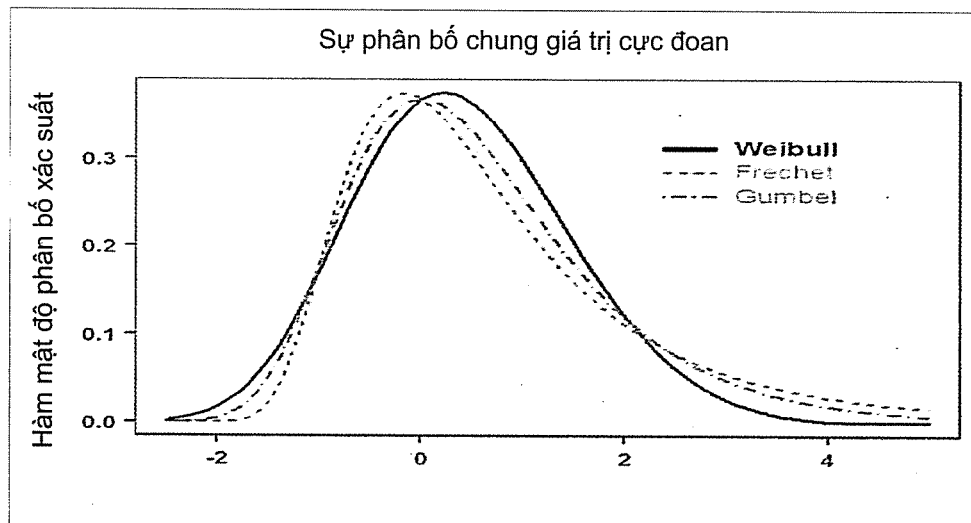
ξ là tham số xác định hình dạng của hàm phân bố

Với ba loại ξ có thể xác định ba loại hàm phân bố.

Khi $\xi < 0$ hàm phân bố GEV được gọi là phân bố Weibull

Khi $\xi > 0$ hàm phân bố GEV được gọi là phân bố Fréchet

Khi $\xi = 0$ hàm phân bố GEV là phân bố Gumbel



Hình 2. Phân bố lý thuyết GEV

3) Phương pháp xác định ngưỡng (POT)

Với phương pháp POT (Peak Over Threshold), một ngưỡng đầu tiên được xác định theo công thức sau:

$$G(x, \bar{\sigma}, \xi, u) = 1 - \left[1 + \frac{\xi(x-u)}{\bar{\sigma}}\right]^{-1/\xi} \quad (2)$$

Trong đó: $x - u > 0$; $\left[1 + \frac{\xi(x-u)}{\bar{\sigma}}\right] > 0$ và $\bar{\sigma} = \sigma + \xi(u - \mu)$

Phương trình (2) đưa ra khả năng của một thay đổi ngẫu nhiên đang kéo dài một ngưỡng cao $[\Pr\{X > x | X > u\}]$. Việc lựa chọn các ngưỡng là tối hạn đến mỗi phân tích POT. Một ngưỡng được lựa chọn quá cao có thể làm mất đi quá nhiều số liệu, điều này dẫn đến sự ước lượng thay đổi quá cao, ngược lại một ngưỡng được lựa chọn quá thấp có thể dẫn đến sai số khá lớn.

b. Phương pháp xác định các chỉ số nhiệt độ

Như đã trình bày ở trên về cơ sở lý thuyết hàm phân bố thống kê thường được sử dụng trong nghiên cứu khí hậu, trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành tính toán xác định tính chất và xu thế của nhiệt độ cực đoan vì thế với chuỗi số liệu quan trắc trong 10 năm từ 1990 đến 2000.

Các số liệu được định dạng format dưới file text theo các cột thứ tự tương ứng là năm, tháng, ngày và giá trị cực đại, giá trị cực tiểu. Trước khi số liệu được đưa vào tính toán thông qua khâu tiền xử lý QC-Quality Control bằng phần mềm Rclimdex gồm các bước như sau:

Bước 1: Kiểm tra và thay thế tất cả các giá trị sai (hiện tại mã là -99.9) vào để module R nhận dạng đúng format;

Bước 2: Thay thế tất cả các giá trị vô lý vào module tính toán như nhiệt độ cực đại ngày nhỏ hơn nhiệt độ cực tiểu ngày.

Thêm vào đó, chương trình kiểm tra chất lượng QC (Quality Control) cũng nhận biết các giá trị ngoài nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu. Các giá trị bên ngoài là các giá trị ngày bên ngoài khu vực được xác định bởi người dùng.

Hiện tại, khu vực này được xác định bằng cộng hoặc trừ n lần độ lệch chuẩn của giá trị ngày, tức là $(\text{mean} - n \cdot \text{std}, \text{mean} + n \cdot \text{std})$. Ở đây, std thể hiện độ lệch chuẩn trong ngày và n là một biến đưa vào từ người dùng và mean được tính toán từ số liệu khí hậu theo ngày.

Việc lựa chọn và chạy chương trình kiểm tra chất lượng QC từ giao diện chính của Chương trình RclimDex thành công, tiếp đó, chương trình cho phép người dùng lựa chọn số liệu để tính toán các chỉ số. Trong khuôn khổ bài báo này, như mục tiêu đặt ra ban đầu nên các chỉ số được lựa chọn và phương pháp tính toán được xác định dưới bảng 1 sau đây:

Bảng 1. Danh mục các chỉ số về nhiệt độ cực đoan đưa vào tính toán

TT	Chỉ số	Xác định	Đơn vị
TXx	Max max	Giá trị nhiệt độ cực đại tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực đại	$^{\circ}\text{C}$
		TX _x , giá trị nhiệt độ cực đại tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực đại: Đặt TX _x là nhiệt độ cực đại trong tháng k, khoảng thời gian j. Vậy giá trị nhiệt độ cực đại ngày có nhiệt độ cực đại mỗi tháng là: $TX_{xkj} = \max(TX_{xkj})$	
TNx	Max Tmin	Giá trị cực đại tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực tiểu	$^{\circ}\text{C}$
		TN _x , giá trị cực đại tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực tiểu: Đặt TN _x là nhiệt độ cực tiểu ngày trong tháng k, khoảng thời gian j. Vậy Giá trị cực đại ngày có nhiệt độ cực tiểu mỗi tháng là: $TN_{xkj} = \max(TN_{xkj})$	
TXn	Min Tmax	Giá trị cực tiểu tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực đại	$^{\circ}\text{C}$
		TX _n , giá trị cực tiểu tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực đại: Đặt TX _n là nhiệt độ cực đại trong tháng k, khoảng thời gian j. Vậy giá trị cực tiểu ngày có nhiệt độ cực đại trong mỗi tháng là: $TX_{nkj} = \min(TX_{nkj})$	

TT	Chỉ số	Xác định	Đơn vị
TN _n	Min T _{min}	Giá trị cực tiểu tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực tiểu	°C
TN10 p	Phân vị 10 của TN	TN _n , giá trị cực tiểu tháng thuộc ngày có nhiệt độ cực tiểu: Đặt TN _n là nhiệt độ cực tiểu ngày trong tháng k, khoảng thời j. Vậy giá trị cực tiểu ngày có nhiệt độ cực tiểu trong mỗi tháng là: $TN_{n,j} = \min(TN_{n,j})$ Phân vị 10 của TN khi số ngày có TN < 10th (trong tổng số 100 phân vị)	Ngày
TX10 p	Phân vị 10 của TX	Phân vị 10 của TX khi số ngày có TX < 10th (trong tổng số 100 phân vị)	Ngày
TN90 p	Phân vị 90 của TN	Phân vị 90 của TN khi số ngày có TN > 90th (trong tổng số 100 phân vị)	Ngày
TX90 p	Phân vị 90 của TX	Phân vị 90 của TX khi số ngày có TX > 90th (trong tổng số 100 phân vị)	Ngày

Phần tiếp theo sẽ trình bày toàn bộ các kết quả tính toán xu thế và tính chất của nhiệt độ.

3. Một số kết quả tính toán xu thế của nhiệt độ cực đoan

Dưới đây xin trình bày một số kết quả sơ lược

về tính toán xu thế và tính chất của nhiệt độ trong giai đoạn 1990-2000. Kết quả được thể hiện chi tiết trong bảng 2. Kết quả về xu hướng trong các chỉ số nhiệt độ cực đoan được kiểm nghiệm bằng phương pháp Student.

Bảng 2. Xu hướng biến đổi của nhiệt độ

TT	Đơn vị	1990-2000
TX _x	°C	0.09 (0.04-0.13)
TN _n	°C	0.25 (0.16-0.3)
TN10p	Ngày	5.08 (5.90-4.26)
TX10p	Ngày	1.65 (3.63-1.47)
TN90p	Ngày	4.25 (3.58-5.35)
TX90p	Ngày	2.35 (1.45-3.85)

Xu hướng các khu vực có nhiệt độ cực trị nhận được từ một chuỗi tính toán các chỉ số trung bình khu vực như sự tính toán giá trị các chỉ số trung bình mùa trong thời kỳ 1990-2000. Theo kết quả tính toán từ bảng 2 cho thấy: giai đoạn 1990-2000 các chỉ số

TX_x và TN_n có xu hướng tăng lên. Điều đó cho thấy trong thập kỷ 1990-2000 có xu hướng gia tăng của nhiệt độ. Các chỉ số tính toán phân vị 10 (TN10p) của TN giảm từ 5.90 xuống 4.26, và chỉ số phân vị 10 (TX10p) của TX giảm từ 3.63 xuống 1.47 cho

thấy số ngày xảy các đợt rét đậm giảm đi khoảng 0.19 phần trăm trong thập kỷ 1990-2000, trong khi đó chỉ số phân vị 90 (TN90p) của TN tăng lên từ 3.58 đến 5.35 và chỉ số phân vị 90 (TX90p) của TX tăng lên từ 1.45 đến 3.85. Dấu hiệu giảm đi của các chỉ số phân vị 10 của TX và TN cho thấy xu hướng giảm đi các đợt lạnh và tăng lên của các chỉ số phân vị 90 của TX và TN cho thấy xu hướng ấm lên của nhiệt độ. Kết quả mở ra khả năng cho thấy, việc tính toán các chỉ số nhiệt độ cực đoan có ý nghĩa khoa học trong việc nghiên cứu biến đổi khí hậu, đặc biệt là hướng nghiên cứu về các hiện tượng cực đoan.

Một cách tổng quát có thể nhận thấy quả tính toán từ các chỉ số trên chỉ ra xu hướng gia tăng của nhiệt độ ở hầu hết các khu vực trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Điều này phù hợp với xu hướng ấm lên toàn cầu.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành tính toán các chỉ số nhiệt độ bao gồm: TXx; TNn; TN10p; TX10p; TN90p và TX90p bằng phần mềm Rclimdex. Kết quả tính toán cho thấy xu hướng giảm đi của các chỉ số (TX10p và TN10p) và xu hướng tăng lên

của các chỉ số (TX90p và TN90p) phù hợp với xu hướng chung của sự ấm lên toàn cầu. Kết quả tính toán góp phần đẩy mạnh nghiên cứu về các hiện tượng cực đoan như nắng nóng, hạn hán, rét đậm, rét hại.v.v..Tuy nhiên, để tiếp tục góp phần nghiên cứu về biến đổi khí hậu, ngoài việc tính toán các chỉ số nhiệt độ cực đoan nêu trên, cần tiếp tục tiến hành nghiên cứu tính toán các chỉ số khác như Rx1day (Monthly maximum 1-day precipitation-lượng mưa cực đại của một ngày trong từng tháng); Rx5day (Monthly maximum consecutive 5-day precipitation-lượng mưa cực đại trong năm ngày liên tiếp trong từng tháng); R10mm (Annual count of days-Lượng ngày trong năm khi PRCP $\geq$ 10mm); R20mm (Annual count of days-Lượng ngày trong năm khi PRCP $\geq$ 20mm) và các phân vị 95 hoặc phân vị 99 về tổng lượng mưa năm.v.v..

Mặc dù kết quả đã thể hiện tốt xu hướng ấm lên của nhiệt độ song việc đánh giá và kiểm soát chất lượng số liệu là một khâu rất quan trọng nên ngoài việc loại bỏ sai số thô, trong chương trình QC cần tiếp tục cải tiến để có thể loại bỏ một cách tối đa sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên hoặc tiến hành bổ khuyết số liệu.

Tài liệu tham khảo

1. Phan Văn Tân. Phương pháp thống kê trong khí hậu. Đại học Quốc gia Hà Nội - 1997;
2. Nguyễn Duy Chính: Đánh giá bước đầu xu thế diễn biến nhiệt độ và lượng mưa ở Việt Nam - Tập san KTTV số 3 (1986);
3. Nguyễn Duy Chính, Trương Đức Trí và nnk.: Các đặc trưng khí hậu và các chỉ tiêu xác định, Tập I, II- Hà Nội 2005 (Sản phẩm đề tài "Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam");
4. Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu: Tài nguyên khí hậu Việt Nam-Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội 1988.
5. Barry H. Lynn and ect. 2006. An Analysis of the Potential for Extreme Temperature change Based on Observations and Model simulations;
6. Bell. J. L., L. C. Sloan, and M. A. Snyder, 2004: Regional changes in extreme climatic events: A future climate scenario. J. Climate, 17, 81-87;
7. Bunker. M. J., J.R. Miller Jr., and A. T. Degaetano, 1996: An examination of El Nino-La Nina-related precipitation and temperature anomalies across the Northern Plains. J. Climate. 9, 147-160;
8. Boo.K.O., W.T. Kwon, and H.J. Baek, 2006: Change of extreme events of temperature and precipitation

- over Korea using regional projection of future climate change *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01701. doi: 10.1029/2005GL023378;
5. Dai, A., K. E. Trenberth, and T. R. Karl, 1988: Global variations in droughts and wet spells. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3367-3370;
 6. DeGaetano, A., 1996: Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in the northeastern United States. *J. Climate*, 9, 1646-1657;
 7. Easterling, D. R., and Coauthors, 1997: Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277, 364-367;
 8. Gerald A. Meehl and ect. 2006. *An Introduction to trends in extreme weather and climate events: Observation, socioeconomic Impact, terrestrial Ecological Impacts and model Projections*;
 9. Karl, and D. R. Easterling, 1999: Climate extremes: Selected review and future research directions. *Climate Change*, 42, 309-325;
 10. Karl and K. Andsager, and D. R. Easterling, 1999a: Long-term trends in extreme precipitation events over the conterminous United States. *J. Climate*, 12, 2515-2527.