

Bài báo khoa học

Ứng dụng thử nghiệm dự báo số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam năm 2022 bằng phương pháp tương quan Canon

Mai Văn Khiêm^{1*}, Hoàng Phúc Lâm¹, Nguyễn Văn Hưởng¹, Hoàng Thị Mai¹, Trần Ngọc Vân¹, Nguyễn Thanh Hoa¹, Trịnh Thùy Nguyên¹, Trần Quang Điệp¹

¹Trung tâm dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia, Tổng cục Khí tượng thủy văn;
maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com;
nvhuonghanngan@gmail.com; hoangmaik52dubao@gmail.com; tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; diep.quanghn@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hoangmaik52dubao@gmail.com; Tel.: +84-986093573

Ban Biên tập nhận bài: 15/2/2022; Ngày phản biện xong: 25/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Bài báo trình bày một số kết quả thử nghiệm dự báo số ngày nắng nóng (SNNN), nắng nóng gay gắt (NNGG) theo mùa 3 tháng tại Việt Nam năm 2022, sử dụng phương pháp phân tích tương quan Canon (CCA), nhằm chuyển hóa thông tin dự báo của các mô hình khí hậu toàn cầu về khu vực quan tâm. Trong nghiên cứu, nhóm tác giả sử dụng 3 nhân tố là: nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao và áp cao cận nhiệt mực 500mb theo mùa 3 tháng, thời điểm dự báo 01/2022, miền tính: 80°E–140°W; 5°S–45°N, độ phân giải 1,0×1,0° chiết suất từ các mô hình khí hậu: NASAGEO_SS2S, CCSM_4, CFS2, GFDL_SPEAR, ECMWF. Sau khi, xác định tương quan cao giữa các nhân tố với SNNN và NNGG gắt trên gần 200 điểm trạm, nhóm tác giả thực hiện thử nghiệm dự báo cho các mùa năm 2022. Kết quả cho thấy vào mùa tháng 3–5, hầu hết các mô hình đều mô phỏng SNNN, NNGG có xu hướng xuất hiện thấp hơn trung bình nhiều năm (TBNN), xác suất từ 60–75%. Trong khi các mùa từ tháng 4–6, 5–7, 6–8 và 7–9 SNNN, NNGG cao hơn TBNN; riêng một số nơi ở miền Nam Tây Nguyên và Đông Nam Bộ thấp hơn TBNN. Dự báo áp dụng thử nghiệm tại một số thành phố: Hà Nội, Đà Nẵng và Bình Phước, kết quả được trình bày chi tiết trong phần 3.

Từ khóa: Dự báo; Số ngày nắng nóng; Nắng nóng gay gắt; Phương pháp tương quan Canon (CCA); Phần mềm CPT.

1. Mở đầu

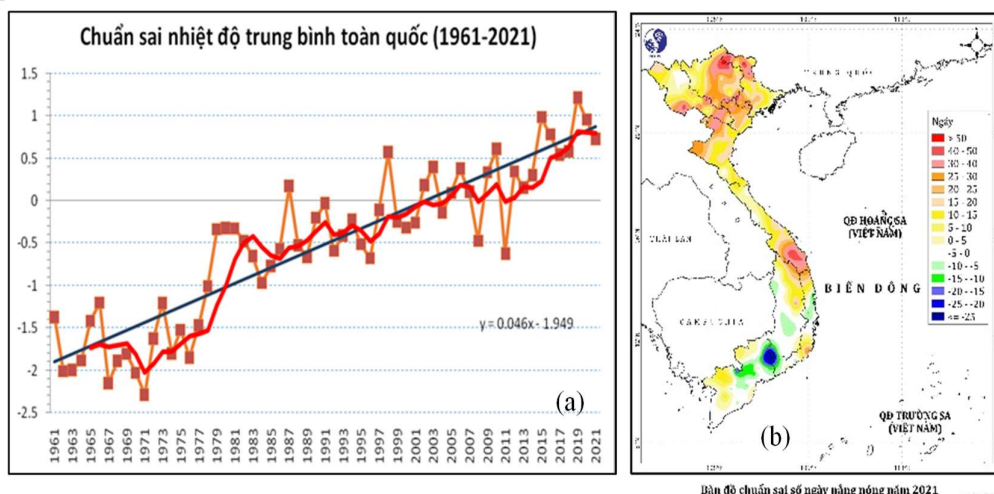
Xu thế nóng lên toàn cầu khiến cho nắng nóng trở thành một mối đe dọa lớn với nhiều quốc gia trên thế giới, ảnh hưởng đến sức khỏe con người, an ninh lương thực, cháy rừng, tiêu thụ năng lượng, giao thông, sản xuất nông nghiệp... Bởi vậy, dự báo mùa cho các đợt nắng nóng, nắng nóng gay gắt là một nhu cầu thiết yếu, giúp giảm thiểu tác động tiêu cực của hiện tượng này đối với xã hội, con người. Vấn đề này là một trong những mối quan tâm hàng đầu trên thế giới về lĩnh vực biến đổi khí hậu, đã có rất nhiều nghiên cứu của nhiều quốc gia trên thế giới về dự báo nắng nóng, nắng nóng gay gắt, trong đó phải kể đến nghiên cứu của nhóm tác giả tại Trung Tâm Châu Âu. Trong nghiên cứu [1], các tác giả sử dụng bộ số liệu tái phân tích ERA5, dữ liệu nhiệt độ trên ô lưới quan trắc và tổ hợp 25/51 thành phần dự báo trong Hệ thống mô hình ECMWF. Bằng phương pháp thống kê dựa trên xu thế tuyến tính để xác định đợt nắng nóng tại Châu Âu với quy mô thời gian mùa, đánh giá kỹ năng dự báo của mô hình

ECMWF và chứng minh được rằng, các dự báo về mùa nắng nóng từ khoảng đầu tháng 5 có thể cung cấp các thông tin hữu ích về tiềm năng và xu hướng nắng nóng của mùa hè. Gần đây nhất, theo nghiên cứu của Wei Zhang và các cs [2] đã áp dụng phương pháp dự báo xác suất cho nắng nóng tại Trung Quốc được xây dựng bằng cách sử dụng 4 mô hình (ECMWF, CMA, UKMO và NCEP) từ cơ sở dữ liệu cận mùa – mùa (S2S), sau đó tính trung bình đa mô hình (MME) theo mô hình Bayes, từ những thử nghiệm với đợt nắng nóng trong quá khứ, nghiên cứu đưa ra xác suất dự báo: ngày bắt đầu, ngày kết thúc của các đợt nắng nóng. Theo nghiên cứu của Lauriane Battle (2018) [3] về các đợt nắng nóng quy mô mùa cho khu vực Tây Phi nhằm đưa ra các dấu hiệu sớm của các điều kiện nắng nóng cực đoan, đồng thời kiểm tra khả năng dự báo dài hạn và chất lượng dự báo dựa trên hệ thống mô hình khí hậu toàn cầu CNRM – CM, các kết quả đạt được cho thấy khả năng dự báo về các sự kiện cực đoan đã xảy ra trong năm 2016, tuy nhiên khi dự báo cho năm 2017 lại không đưa ra được tín hiệu rõ ràng cho các đợt nắng nóng cực đoan. Nghiên cứu là bước đầu để đưa ra những cải tiến có thể trong tương lai bắt nguồn từ việc sử dụng kết hợp đa mô hình và hiệu chuẩn đầu ra mô hình. Hay đợt nắng nóng tàn khốc ở Nga năm 2010 cho thấy việc dự đoán được hay không các đợt nắng nóng, sự kiện cực trị là vô cùng quan trọng, theo nghiên cứu của Katsafados (2014) và các cs [4] nhằm mục đích kiểm tra khả năng dự báo các sự kiện khí quyển có thể tác động theo mùa đến khu vực, kết quả cho thấy chỉ một số thành phần cho thấy tính năng cảnh báo trước 3 tháng, còn hầu hết các nhân tố không thể mô tả sự lan truyền của hệ thống khí quyển, bỏ lỡ các pha khí quyển, bởi vậy cũng đặt ra những hạn chế trong khả năng dự báo các sự kiện cực đoan.

Tại Việt Nam, nắng nóng là hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra vào các tháng mùa hè, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất, sinh hoạt và sức khỏe người dân. Do địa hình trải dài theo phương kinh tuyến, kết hợp với đồi núi chính vì vậy đối với khu vực Bắc Bộ – Bắc Trung Bộ, nắng nóng thường do hiệu ứng Föhn (Föhn) với dòng gió từ áp thấp nóng phía Tây (lục địa Ấn – Miến) [5 – 7]. Cùng với xu thế tăng lên của nhiệt độ, số ngày nắng nóng cũng tăng lên ở hầu hết các trạm thuộc Bắc Bộ – Bắc Trung Bộ, đặc biệt là khu vực đồng bằng Bắc Bộ [8]. Các kết quả dự tính theo các kịch bản biến đổi khí hậu cũng cho thấy, số ngày nắng nóng có xu thế gia tăng trong tương lai [8]. Theo nghiên cứu gần đây của tác giả Nguyễn Đăng Mậu và các cs [9] năm 2017, đã sử dụng số liệu tái phân tích (FNL) của Cục Khí quyển và Đại dương Hoa Kỳ (NOAA) để phân tích cơ chế gây nắng nóng diện rộng từ ngày 1/6 đến hết ngày 6/6/2017 ở Bắc Bộ, kết quả chỉ ra rằng đợt nắng nóng này được gây ra bởi hiệu ứng địa hình với nhiều hình thể thời tiết từ quy mô vừa đến quy mô lớn: mực thấp (850mb) tồn tại một áp thấp địa phương hình thành ở khu vực Bắc Bộ, tạo điều kiện cho gió Tây từ Mi-an-ma mang không khí khô nóng tới Việt Nam, đồng thời gặp địa hình cao gió Tây này gây ra hiệu ứng Föhn, trên cao là sự hoạt động của áp cao cận nhiệt mực 500–200mb. Để nắm bắt được xu thế gia tăng nhiệt độ trung bình, cũng như gia tăng số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt vào các tháng mùa hè trên lãnh thổ Việt Nam, nhóm tác giả sẽ tiến hành thử nghiệm và ứng dụng dự báo số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt tại Việt Nam trong năm 2022 vào các tháng mùa hè từ tháng 3–9 bằng phương pháp tương quan Canon với các nhân tố được lựa chọn bao gồm: nhiệt độ trung bình (T_2m), nhiệt độ tối cao tháng (T_x) và áp cao cận nhiệt mực 500 mb ($H500$), đây là những nhân tố chi phối đến nền nhiệt các tháng mùa hè trên khu vực Việt Nam.

Trên cơ sở số liệu nhiệt độ trung bình hàng ngày quan trắc được của hơn 180 trạm khí tượng cơ bản trên toàn quốc từ năm 1961 đến hiện tại, nhóm tác giả tính toán giá trị nhiệt độ trung bình năm của tất cả các trạm khí tượng nêu trên [10]. Theo đó, tại Việt Nam nhiệt độ trung bình toàn quốc cũng được đánh giá là một trong những năm tương đối nóng với giá trị là $24,6^{\circ}C$, cao hơn TBNN là $0,7^{\circ}C$ (TBNN được tính từ năm 1991–2020 theo khuyến cáo của WMO) và được xếp hạng là năm nóng thứ 5 trong chuỗi số liệu quan trắc được kể từ năm 1961 (Hình 1a).

Trong năm 2021 số đợt nắng nóng (12 đợt) tương đương so với năm 2020, ít hơn so với trung bình nhiều năm (TBNN). Thời điểm bắt đầu nắng nóng sớm hơn TBNN tại khu vực Tây Nguyên – Nam Bộ, Trung Bộ, các khu vực còn lại phù hợp quy luật khí hậu. Thời điểm kết thúc nắng nóng hầu như đều muộn hơn TBNN, riêng khu vực Trung Bộ kết thúc sớm hơn khoảng nửa tháng. Mùa nắng nóng năm 2021 được xem là khá nóng so với TBNN, với số ngày nắng nóng trên 35°C xuất hiện ở hầu hết các tỉnh thành trên cả nước, ngoại trừ khu vực Nam Tây Nguyên và một số nơi ở Đông Nam Bộ (hình 1b), tuy nhiên mức độ gay gắt cũng như tổng số ngày nắng nóng trong năm 2021 thì không bằng năm 2020. Đợt nắng nóng kéo dài nhất trong năm 2021 xảy ra ở khu vực Trung Trung Bộ trong 31 ngày liên tục (24/7–25/8) [11].



Hình 1. (a) Chuẩn sai nhiệt độ trung bình tại Việt Nam thời kỳ 1961–2021; (b) Chuẩn sai số ngày nắng nóng 2021 (thời kỳ cơ sở: 1991–2020) [12].

2. Phương pháp và số liệu

2.1. Phương pháp tương quan Canon

Phương pháp tương quan Canon (CCA) được sử dụng rộng rãi với nhiều bài toán khí hậu hạn ngắn nhằm mục đích chuyển thông tin dự báo của mô hình toàn cầu về những khu vực quan tâm [13] (hay còn gọi là hạ quy mô thống kê). Theo Carlos và cs (2003) [14] sử dụng phương pháp tương quan Canon để dự báo nhiệt độ trung bình vùng nhiệt đới Đại Tây Dương, kết quả chỉ ra rằng các trường SST trên Thái Bình Dương xích đạo và Đại Tây Dương nhiệt đới có thể là một yếu tố dự báo tiềm năng của chuẩn sai SST trên Đại Tây Dương nhiệt đới trước 3–4 tháng. Hay theo nghiên cứu của Trung tâm NCEP [15] cũng sử dụng phương pháp tương quan Canon để đưa ra dự báo trung bình trượt 3 tháng chuẩn sai SST khu vực Nino3–4 đến hạn 1 năm. CCA là phương pháp kết hợp xây dựng phương trình hồi quy nhằm làm tăng tính độc lập giữa các nhân tố dự báo. Ưu điểm của phương pháp: (1) Làm tăng tính độc lập giữa các biến; (2) Giảm thiểu được khối lượng phép tính và đồng thời giảm bớt được sai số tính toán; (3) Giúp tìm ra được những tín hiệu quan trọng từ trường nền, loại bỏ được những dao động không mong muốn.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ quan tâm đến thành phần dự báo đầu tiên (Mode 1)– biểu diễn tương quan Canon giữa các trường nhân tố – dự báo, đồng thời dùng biểu đồ đánh giá kỹ năng ROC (Receiver operating characteristic) [16] là một đồ thị được sử dụng khá phổ biến trong đánh giá các mô hình phân loại nhị phân. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đưa ra tỷ lệ dự báo số ngày xuất hiện nắng nóng, nắng nóng gay gắt cao hơn/thấp hơn trung bình dựa trên biểu đồ ROC tại một số tỉnh thành.

2.2. Số liệu

2.2.1. Số liệu quan trắc

Nắng nóng khi nhiệt độ cao nhất trong ngày (ký hiệu là T_x) đạt mức $35^{\circ}\text{C} \leq T_x < 37^{\circ}\text{C}$, được coi là có nắng nóng gay gắt khi $37^{\circ}\text{C} \leq T_x < 39^{\circ}\text{C}$ và với $40^{\circ}\text{C} \leq T_x$ được coi là nắng nóng đặt biệt gay gắt [17]. Dựa trên bộ số liệu quan trắc hàng ngày đã được kiểm định chất lượng (Quality control), bằng chương trình fortran nhóm tác giả đã tính toán được số liệu đếm số ngày nắng nóng, số ngày nắng nóng gay gắt tại 186 trạm trên phạm vi cả nước trong thời kỳ 1981–2020. Các bước kiểm tra chất lượng số liệu đầu vào như sau:

- Bước 1: Kiểm tra lỗi hệ thống bao gồm kiểm tra tọa độ (kinh độ, vĩ độ) của từng trạm;
- Bước 2: Kiểm tra tính nhất quán theo thời gian, khảo sát giá trị quan trắc một trạm nhất định trong một tháng nhất định có khác biệt đáng kể so với chuỗi thời gian dài hay không:

$$\frac{|X_i - Q_{50}|}{IQR} > f$$

Trong đó: X_i giá trị quan trắc nghi ngờ; Q_{50} trung vị; IQR khoảng tứ phân vị; f : là đại diện cho giá trị ngoại lai ($f > 3 \cdot IQR$ hoặc $f < IQR$).

- Bước 3: Kiểm tra tính nhất quán theo không gian, so sánh giá trị quan trắc được kiểm tra với các quan trắc lân cận hoặc giá trị kỳ vọng tại trạm được ước tính [18–19];

- Bước 4: Kiểm tra tính phù hợp nhằm đảm bảo rằng nhiệt độ tối cao và tối thấp là nhất quá. Các mối quan hệ bất khả thi về mặt vật lý, chẳng hạn như nhiệt độ tối thấp ngày lớn hơn nhiệt độ tối cao trong cùng ngày, được gắn cờ là nghi ngờ.

2.2.2. Số liệu mô hình toàn cầu

Với yếu tố dự báo là số ngày nắng nóng và số ngày nắng nóng gay gắt tại Việt Nam trong các tháng mùa hè từ tháng 3–9, nhóm tác giả lựa chọn các nhân tố tham gia dự báo sẽ bao gồm các trường: nhiệt độ 2m, nhiệt độ cao nhất và độ cao địa thế vị mực 500mb mùa 3 tháng. Được chiết suất từ các mô hình khí hậu trên thế giới, với miền tính giới hạn từ 80°E – 140°W ; 5°S – 45°N , độ phân giải $1,0 \times 1,0^{\circ}$ kinh vĩ độ. Các nhân tố không đồng nhất giữa các mô hình dự báo do không có sẵn, chi tiết mô tả trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Các nhân tố dự báo từ các mô hình khí hậu thế giới.

Mô hình	Nhân tố dự báo	Miêu tả
1. NASAGEO_SS2S	1. Nhiệt độ trung bình tháng 2. Nhiệt độ tối cao tháng 3. Áp cao cận nhiệt mực 500 mb	Tổ hợp đa mô hình Bắc Mỹ độ phân giải $1,0 \times 1,0$ độ [20].
2. CCSM_4	1. Nhiệt độ trung bình tháng	Mô hình hệ thống khí hậu kết hợp độ phân giải $1,0 \times 1,0$ độ [21].
3. CFS2	1. Nhiệt độ trung bình tháng 2. Nhiệt độ tối cao tháng	Mô hình dự báo khí hậu của NOAA–NCEP độ phân giải $1,0 \times 1,0$ độ [22].
4. GFDL_SPEAR	1. Nhiệt độ trung bình tháng 2. Nhiệt độ tối cao tháng	Mô hình khí hậu kết hợp trên nền tảng của mô hình dự báo khí hậu–thập kỉ GFDL, với các mô phỏng theo phương ngang của khí quyển. Độ phân giải $1,0 \times 1,0$ độ [23].
5. EMCWF	1. Áp cao cận nhiệt mực 500mb	Mô hình khí hậu của Trung tâm Dự báo hạn vừa Châu Âu, độ phân giải $1,0 \times 1,0$ độ [24].

3. Kết quả thử nghiệm

Bằng cách ứng dụng tương quan Canon trên công cụ phân tích khí hậu – CPT (Climate Prediction Tool) được phát triển bởi Viện nghiên cứu quốc tế khí hậu và xã hội (IRI) [25], nhóm tác giả lựa chọn nhân tố dự báo thử nghiệm là nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao và áp cao cận nhiệt trên mực 500 mb theo mùa 3 tháng được phát hành vào tháng 01/2022 để đánh

giá số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt theo mùa từ tháng 3–9 trên lãnh thổ Việt Nam thời kỳ 1981–2021. Sau khi phân tích tương quan Canon được thực hiện, nhóm tác giả quan tâm đến Mode 1 biểu diễn tương quan theo không gian và thời gian các hình thế, kết quả cho thấy mối tương quan cao giữa các nhân tố dự báo và số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt với hệ số tương quan đều trên 0,80 trong cả 5 mùa dự báo; riêng mô hình CCSM_4 khi sử dụng nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng có tương quan thấp hơn 0,60 vào các mùa 5–7 và 6–8. Mối quan hệ chi tiết giữa các nhân tố với số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt được biểu diễn trong Bảng 2–7 dưới đây.

Bảng 2. Tương quan CCA của nhiệt độ trung bình với số ngày nắng nóng theo mùa từ các mô hình.

T2m	Mùa	3–5	4–6	5–7	6–8	7–9
NASAGEO_SS2S		0,89	0,88	0,87	0,81	0,92
CCSM_4		0,90	0,88	0,55	0,56	0,87
CFS2		0,89	0,90	0,90	0,95	0,94
GFDL_SPEAR		0,84	0,85	0,89	0,91	0,91

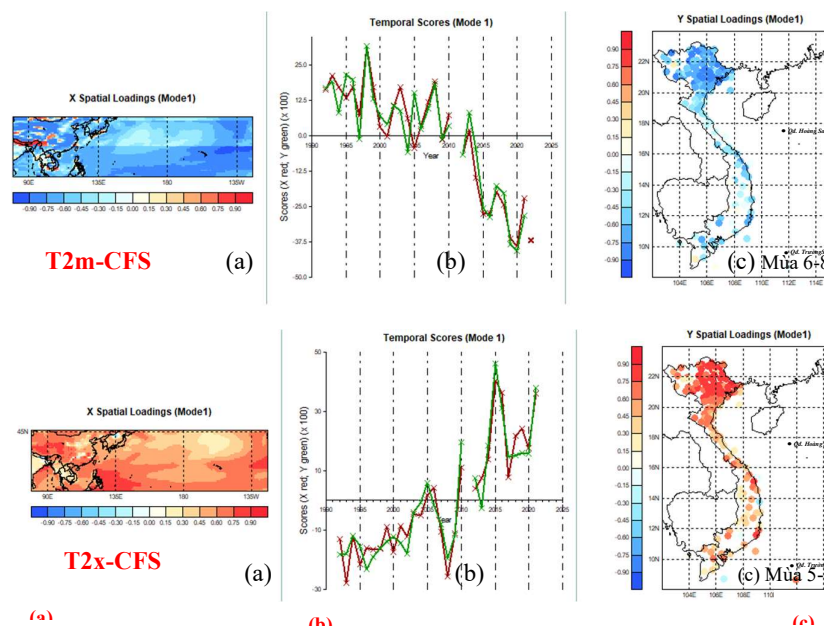
Bảng 3. Tương quan CCA của nhiệt độ tối cao với số ngày nắng nóng theo mùa từ các mô hình

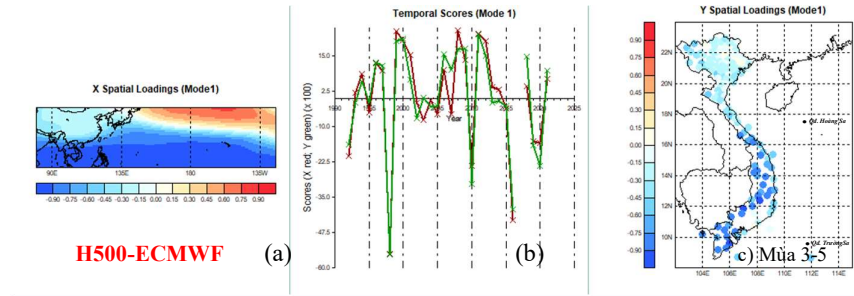
Tx	Mùa	3–5	4–6	5–7	6–8	7–9
NASAGEO_SS2S		0.93	0.88	0.85	0.81	0.92
CFS2		0.88	0.88	0.96	0.94	0.91
GFDL SPEAR		0.84	0.86	0.89	0.91	0.89

Bảng 4. Tương quan CCA của áp cao cận nhiệt mực 500mb với số ngày nắng nóng theo mùa từ các mô hình.

H500	Mùa	3–5	4–6	5–7	6–8	7–9
NASAGEO_SS2S		0,95	0,94	0,84	0,71	0,74
EMCWF		0,96	0,94	0,86	0,88	0,70

Hình 2 dưới đây biểu diễn Mode 1 hình thế tương quan của nhiệt độ trung bình (T2m), nhiệt độ tối cao (Tx) và áp cao cận nhiệt mực 500mb (H500) mùa 3 tháng với diễn biến của số ngày nắng nóng trên khu vực Việt Nam từ các mô hình trong các mùa khác nhau.





Hình 2. Thành phần theo không gian (a), (c) và thời gian (b) của Mode 1 trong phân tích tương quan Canon giữa nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao và áp cao cận nhiệt theo mùa 3 tháng với số ngày nắng nóng theo mùa từ các mô hình.

Bảng 5. Tương quan CCA của nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng với số ngày nắng nóng gay gắt theo các mùa.

T2m	Mùa	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
NASAGEO_SS2S		0,89	0,90	0,88	0,90	0,87
CCSM_4		0,91	0,81	0,66	0,90	0,78
CFS2		0,90	0,90	0,93	0,91	0,97
GFDL_SPEAR		0,89	0,95	0,95	0,90	0,88

Bảng 6. Tương quan CCA của nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng với số ngày nắng nóng gay gắt theo các mùa

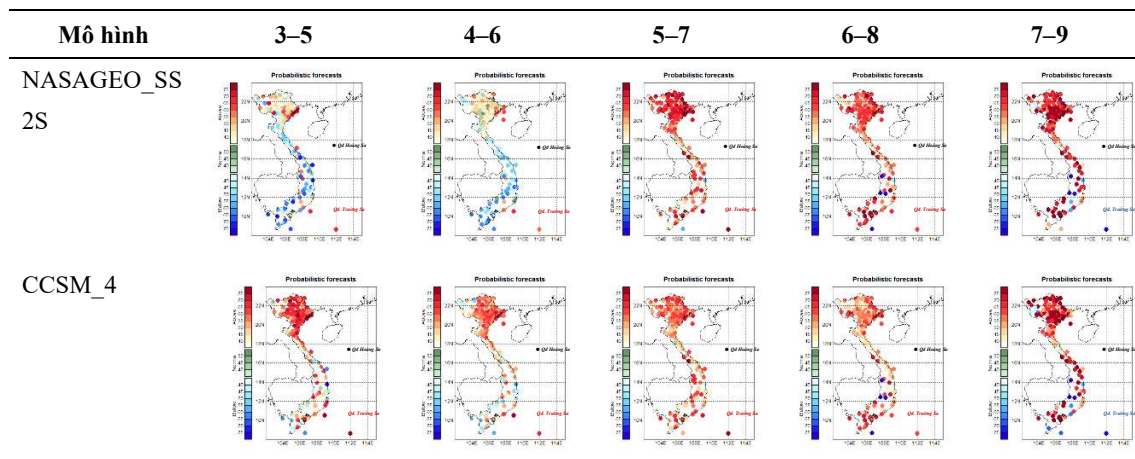
Tx	Mùa	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
NASAGEO_SS2S		0,89	0,90	0,86	0,90	0,88
CFS2		0,91	0,95	0,94	0,91	0,96
GFDL_SPEAR		0,90	0,96	0,95	0,90	0,88

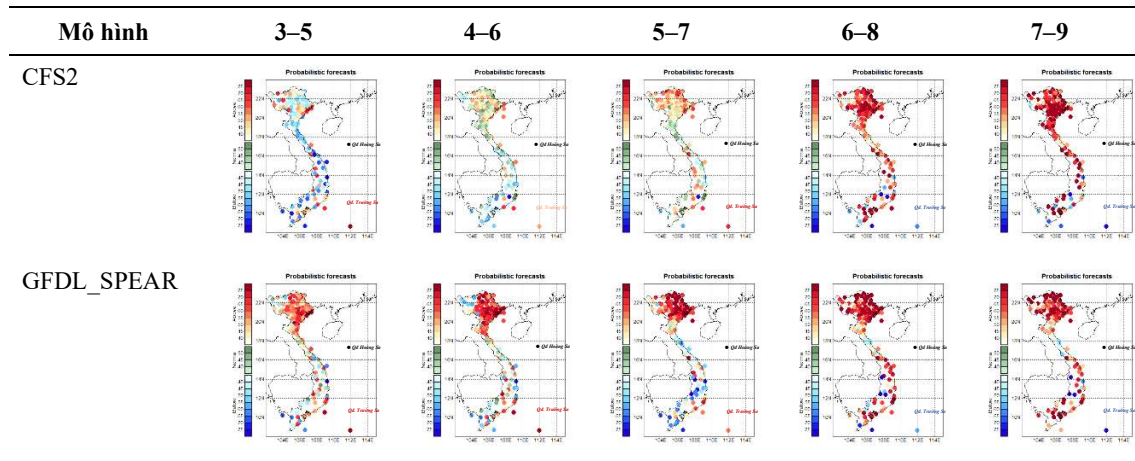
Bảng 7. Tương quan CCA của áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng với số ngày nắng nóng gay gắt theo các mùa.

H500	Mùa	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
NASAGEO_SS2S		0,65	0,67	0,88	0,70	0,63
EMCWF		0,92	0,89	0,90	0,84	0,83

3.1. Thử nghiệm dự báo với số ngày nắng nóng tại Việt Nam

3.1.1. Với nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình tháng





Hình 3. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa trên khu vực Việt Nam sử dụng nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng, tại thời điểm dự báo 01/2022 từ các mô hình khí hậu.

Trên hình 3, biểu diễn xác suất dự báo số ngày nắng nóng tại Việt Nam khi sử dụng nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng tại thời điểm dự báo 01/2022 từ 4 mô hình khí hậu: NASAGESO_SS2S, CCSM_4, CFS2 và GFDL_SPEAR. Kết quả chỉ ra hầu hết các mô hình tham gia dự báo số ngày nắng nóng trong các mùa 3–5, 4–6 trên phạm vi cả nước có xu hướng thấp hơn so với trung bình nhiều năm (TBNN) cùng thời kỳ, với xác suất dự báo từ 60–75%, chỉ riêng khu vực Bắc Bộ có sự khác biệt giữa các mô hình dự báo. Chẳng hạn như, với mô hình CCSM_4 và mô hình GFDL_SPEAR dự báo phía Đông Bắc Bộ số ngày nắng nóng trong thời kỳ này sẽ cao hơn so với TBNN với xác suất dự báo từ 55–70%. Tuy nhiên từ các mùa 5–7, 6–8, 7–9 các mô hình đều đồng nhất dự báo số ngày nắng nóng sẽ có xu hướng gia tăng và cao hơn so với TBNN cùng thời kỳ với xác suất dao động từ 65–75%, có nơi cao hơn, chỉ riêng một số nơi ở khu vực Tây Nguyên số ngày nắng nóng có xu hướng thấp hơn TBNN với xác suất xuất hiện là 60–75%. Bảng 8–10 dưới đây sẽ chỉ ra dự báo thử nghiệm số ngày nắng nóng theo mùa tại 3 thành phố sử dụng nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình tháng 01/2022 từ mô hình NASAGEO_SS2S.

Bảng 8. Dự báo số ngày nắng nóng theo các mùa tại Hà Nội sử dụng nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo từ tháng 01/2022).

Hà Nội	Dự báo	Xác suất				ROC(%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	9	7	56	22	22	80	76
4–6	27	19	32	50	18	92	76
5–7	42	29	67	27	6	99	74
6–8	40	29	68	20	12	83	86
7–9	36	19	88	4	8	76	67

Bảng 9. Dự báo số ngày nắng nóng theo các mùa tại Đà Nẵng sử dụng nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo từ tháng 01/2022).

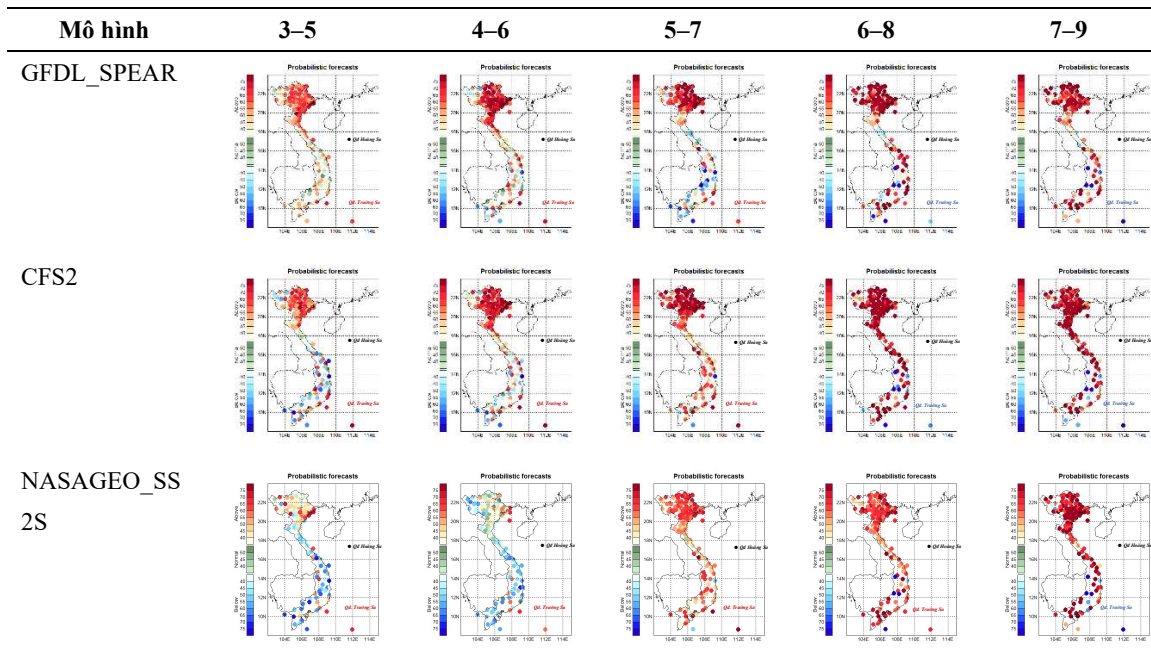
Đà Nẵng	Dự báo	Xác suất				ROC(%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	7	9	16	39	45	55	76
4–6	21	24	24	28	48	70	59

5–7	39	35	50	24	26	75	71
6–8	42	38	59	20	21	67	61
7–9	33	24	68	18	14	78	56

Bảng 10. Dự báo số ngày nắng nóng theo các mùa tại Bình Phước sử dụng nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo từ tháng 01/2022).

Bình Phước	Dự báo	Xác suất			ROC(%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Thấp hơn
3–5	10	27	7	42	51	83
4–6	5	17	7	47	46	85
5–7	8	6	55	29	16	74
6–8	1	0	77	1	22	0
7–9	0	0	82	1	17	0

3.1.2. Với nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao tháng



Hình 4. Dự báo số ngày nắng nóng trên khu vực Việt Nam sử dụng nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng, tại thời điểm dự báo 01/2022 từ các mô hình khí hậu.

Khi sử dụng nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao trung bình mùa 3 tháng từ 3 mô hình: GFDL_SPEAR, CFS2, và NASAGEO_SS2S (hình 4) kết quả chỉ ra rằng, vào mùa 3–5 và 4–6 các mô hình dự báo số ngày nắng nóng trên cả nước có xu hướng thấp hơn TBNN cùng thời kỳ, riêng khu vực Đông Bắc Bộ ở mô hình GFDL_SPEAR và CFS2 số ngày nắng nóng có khả năng cao hơn so với TBNN với xác suất là 60–75%. Từ các mùa 5–7, 6–8, và 7–9 cả ba mô hình trên đều mô phỏng số ngày nắng nóng có xu hướng cao hơn so với TBNN cùng thời kỳ trên phạm vi cả nước, với xác suất dao động từ 70–85%, trong đó khu vực phía Đông Bắc Bộ và các tỉnh Trung Bộ xác suất xuất hiện cao hơn 85%. Tuy nhiên ở khu vực Tây Nguyên và một số nơi ở Đông Nam Bộ số ngày nắng nóng thấp hơn so với TBNN cùng thời

kỳ, với xác suất từ 60–75%. Bảng 11–13 dưới đây, sẽ biểu diễn chi tiết dự báo số ngày nắng nóng trong các mùa khi sử dụng nhân tố là nhiệt độ tối cao mùa tại một số tỉnh thành.

Bảng 11. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Hà Nội sử dụng nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Hà Nội	Dự báo	TBNN	Xác suất			ROC (%)	
			Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	9	7	57	21	22	83	80
4–6	21	19	29	54	17	93	78
5–7	40	29	60	31	9	93	74
6–8	40	29	70	19	11	87	86
7–9	37	19	93	3	4	76	71

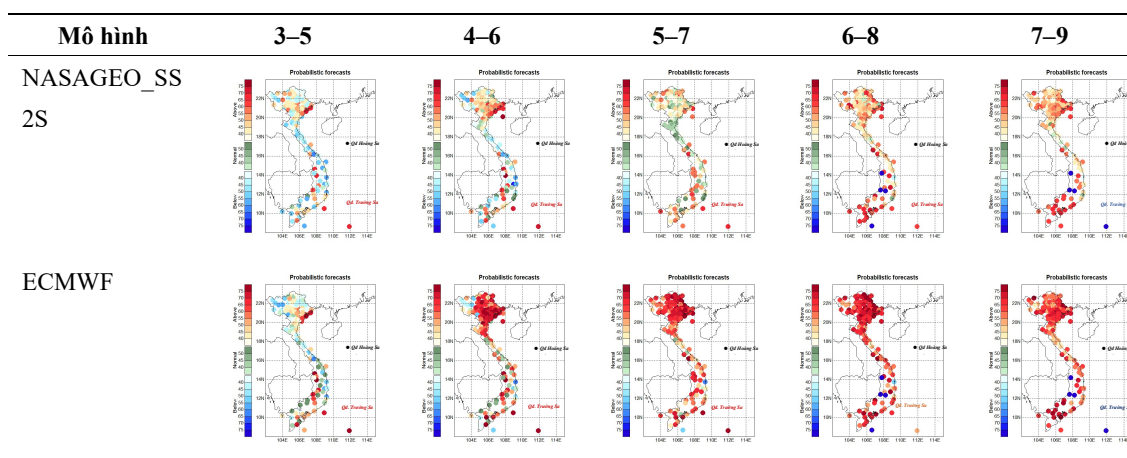
Bảng 12. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Đà Nẵng sử dụng nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Đà Nẵng	Dự báo	TBNN	Xác suất			ROC (%)	
			Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	7	9	17	39	44	54	75
4–6	20	24	19	27	54	67	61
5–7	38	35	47	23	30	69	68
6–8	43	38	60	20	20	71	61
7–9	34	24	73	17	10	70	54

Bảng 13. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Bình Phước sử dụng nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Bình Phước	Dự báo	TBNN	Xác suất			ROC (%)	
			Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	12	27	8	43	49	84	82
4–6	7	17	8	50	42	84	67
5–7	8	6	54	29	27	74	69
6–8	1	0	78	1	21	0	0
7–9	0	0	87	1	12	0	0

3.1.3. Với nhân tố dự báo là áp cao cận nhiệt mực 500mb



Hình 5. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa trên khu vực Việt Nam sử dụng áp cao cận nhiệt từ các mô hình khí hậu.

Khi sử dụng nhân tố dự báo là áp cao cận nhiệt mực 500 mb theo mùa với thời điểm dự báo là tháng 01/2022 có sự tham gia của hai mô hình dự báo: NASAGEO_SS2S và ECMWF

(hình 5), kết quả cho thấy có sự khác biệt giữa hai mô hình trong các tháng đầu mùa hè. Cụ thể, mô hình NASAGEO_SS2S mô phỏng số ngày nắng nóng trong mùa 3–5, 4–6 và 5–7 xuất hiện ở mức thấp hơn cho tới xấp xỉ TBNN; riêng ven biển Đông Bắc Bộ số ngày nắng nóng trong thời kỳ này có xu hướng cao hơn với xác suất xuất hiện trên 65%. Trong khi đó mô hình ECMWF chỉ mô phỏng số ngày nắng nóng thấp hơn TBNN xảy ra vào các mùa 3–5, từ các mùa tiếp theo số ngày nắng nóng đều có xu hướng cao hơn so với TBNN, với xác suất xuất hiện từ 60–75%. Tuy nhiên đối với khu vực Nam Tây Nguyên, cả hai mô hình có sự tương đồng nhau với số ngày nắng nóng xuất hiện thấp hơn TBNN với xác suất dự báo dao động từ 60–75%. Bảng 14–16 dưới đây, biểu diễn dự báo chi tiết tại một số tỉnh thành khi sử dụng nhân tố dự báo là áp cao cận nhiệt mực 500 mb tháng 01/2022.

Bảng 14. Dự báo số ngày nắng nóng tại Hà Nội sử dụng áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Hà Nội	Dự báo	Xác suất				ROC (%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	9	7	55	19	26	71	68
4–6	24	19	43	43	14	75	83
5–7	31	29	32	48	20	87	78
6–8	34	29	52	31	17	84	84
7–9	24	19	66	9	25	78	74

Bảng 15. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Đà Nẵng từ mô hình ECMWF sử dụng áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Đà Nẵng	Dự báo	Xác suất				ROC(%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	7	9	14	45	41	60	79
4–6	25	24	36	35	29	77	77
5–7	38	35	45	29	26	85	73
6–8	45	38	64	17	19	64	57
7–9	29	24	56	24	20	55	38

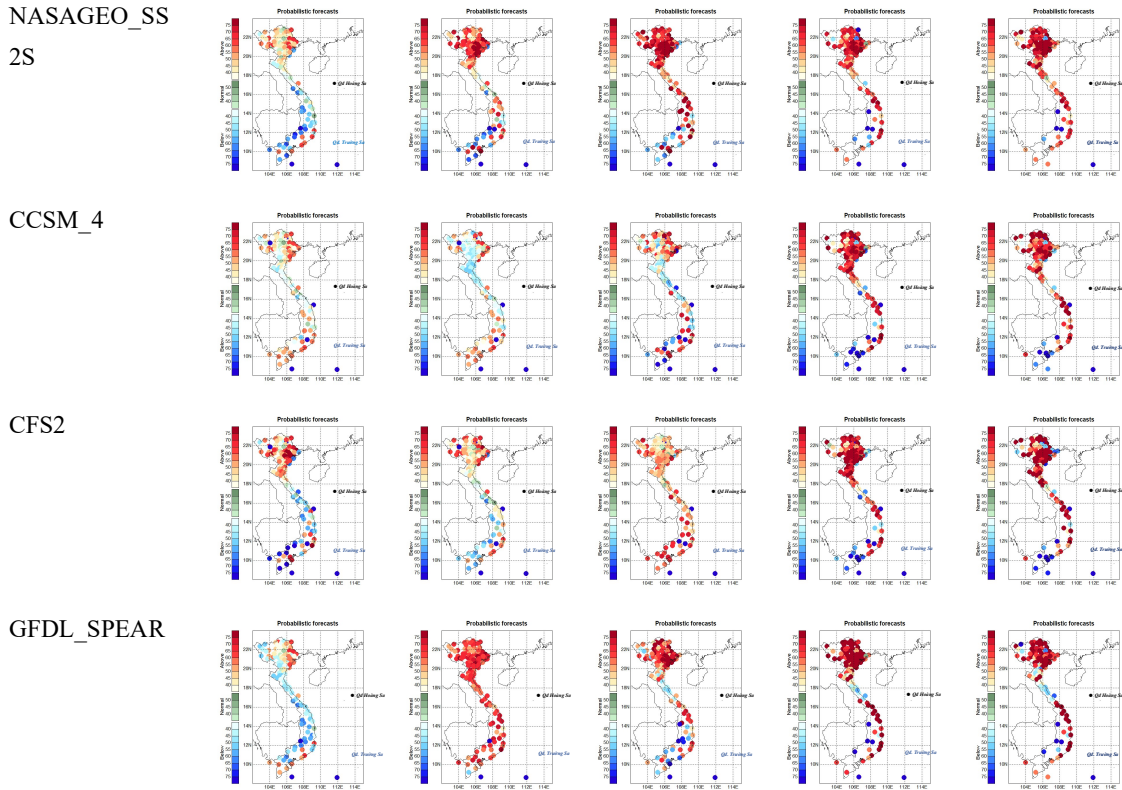
Bảng 16. Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Bình Phước sử dụng áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

Bình Phước	Dự báo	Xác suất				ROC (%)	
		TBNN	Cao hơn	Trung bình	Thấp hơn	Cao hơn	Thấp hơn
3–5	18	27	12	54	34	88	7
4–6	14	17	14	69	17	91	84
5–7	6	6	44	40	16	81	76
6–8	1	0	72	1	27	0	0
7–9	0	0	60	1	39	0	0

3.2. Thử nghiệm dự báo số ngày nắng nóng gay gắt tại Việt Nam

3.2.1. Với nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình tháng

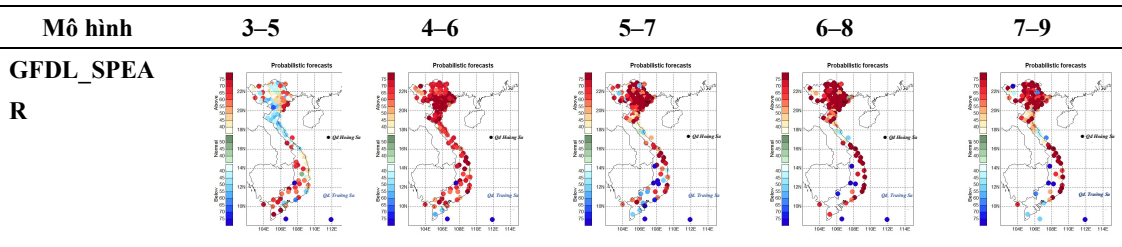
Mô hình	3–5	4–6	5–7	6–8	7–9
---------	-----	-----	-----	-----	-----

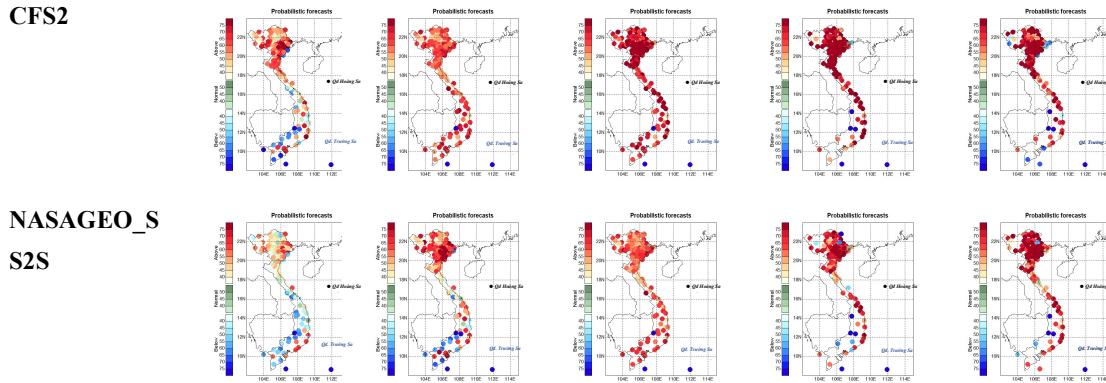


Hình 6. Dự báo số ngày nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam 2022 sử dụng nhiệt độ trung bình từ các mô hình khí hậu.

Với nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng tại thời điểm dự báo là tháng 01/2022, kết quả mô phỏng rằng trong mùa 3–5, cả 4 mô hình đều dự báo số ngày nắng nóng gay gắt tại Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ sẽ có xu hướng thấp hơn TBNN cùng thời kỳ, với xác suất xuất hiện dao động từ 55–70%; chỉ riêng khu vực Bắc Bộ có sự mô phỏng khác biệt giữa các mô hình. Chẳng hạn như, hai mô hình CCSM_4 và CFS2 mô phỏng phía Đông Bắc Bộ và các tỉnh ven biển có số ngày nắng nóng gay gắt cao hơn so với TBNN, với xác suất xuất hiện từ 55–70%, trong khi phần phía Tây Bắc Bộ ở cả 4 mô hình đều mô phỏng số ngày nắng nóng gay gắt ở mức xấp xỉ cho đến thấp hơn TBNN. Sang mùa 4–6 chỉ có mô hình GFDL_SPEAR dự báo số ngày nắng nóng gay gắt cao hơn TBNN với xác suất từ 60–75%. Từ các mùa tiếp theo: mùa 5–7, 6–8 và 7–9 các mô hình đều mô phỏng số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng gia tăng và cao hơn TBNN ở khu vực Bắc Bộ và Trung Bộ, với xác suất xuất hiện trên 70%, trong khi ở phía Nam: các tỉnh thuộc Tây Nguyên – Nam Bộ số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng giảm và thấp hơn so với TBNN cùng thời kỳ (hình 6).

3.2.2. Với nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao tháng

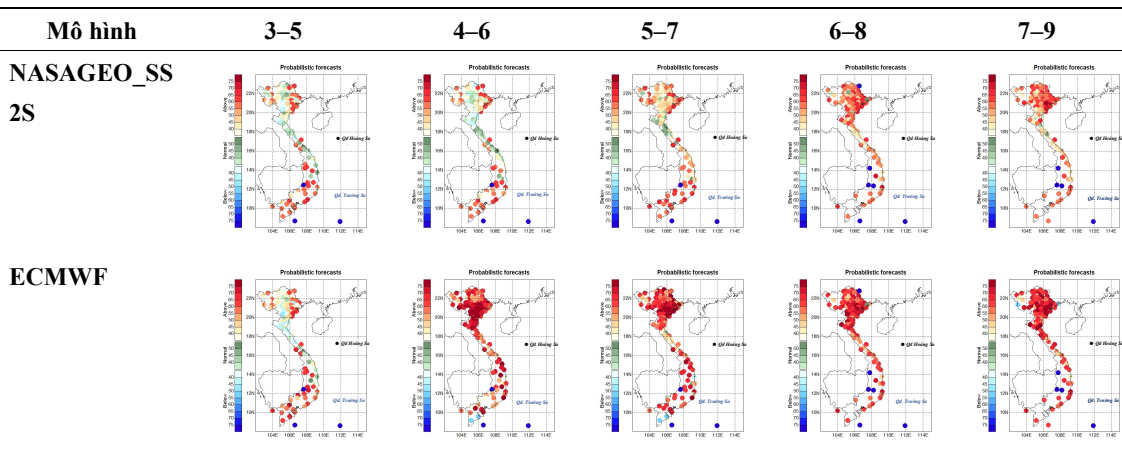




Hình 7. Dự báo số ngày nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam 2022 sử dụng nhiệt độ tối cao từ các mô hình khí hậu.

Với nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao, các mô hình đều cho rằng số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng gia tăng và cao hơn TBNN trong các mùa từ tháng 3–9 ở khu vực Bắc Bộ và Trung Bộ với xác suất xuất hiện trên 70%, riêng một số mô hình mô phỏng số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng giảm và thấp hơn so với TBNN: mô hình GFDL_SPEAR dự báo số ngày nắng nóng gay gắt trong mùa 3–5 ở Bắc Bộ – Bắc Trung Bộ có xu hướng giảm và thấp hơn so với TBNN, với xác suất dự báo là 50–60%. Ở phía Nam, một số tỉnh thuộc khu vực Tây Nguyên và Đông Nam Bộ số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng thấp hơn trong các mùa 5–7, 6–8 và 7–9 với xác suất xuất hiện ở hầu hết các mô hình 60–70% (hình 7).

3.2.3. Với nhân tố dự báo là áp cao cận nhiệt



Hình 8. Dự báo số ngày nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam 2022 sử dụng áp cao cận nhiệt mực 500 mb từ các mô hình khí hậu.

Khi sử dụng nhân tố là áp cao cận nhiệt để dự báo số ngày nắng nóng gay gắt tại Việt Nam với hai mô hình NASAGEO_SS2S và ECMWF (hình 8), kết quả cho thấy có sự khác biệt giữa hai mô hình trong dự báo số ngày nắng nóng gay gắt ở các tỉnh phía Bắc. Trong các mùa 3–5, 4–6, 5–7 ở mô hình NASAGEO_SS2S dự báo số ngày nắng nóng gay gắt ở mức xấp xỉ tại các tỉnh thuộc Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, các khu vực còn lại số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng cao hơn so với TBNN cùng thời, với xác suất dao động từ 55–70%. Còn mô hình ECMWF dự báo số ngày nắng nóng gay gắt xấp xỉ so với TBNN chỉ xuất hiện vào mùa 3–5 ở các tỉnh thuộc Bắc Bộ, Bắc – Trung Trung Bộ, các mùa còn lại số ngày nắng nóng gay gắt đều có xu hướng xuất hiện nhiều hơn so với TBNN. Riêng một số nơi ở khu vực Nam Tây

Nguyên thì cả hai mô hình đều đồng nhất dự báo số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng thấp hơn với xác suất dự báo trên 60%.

4. Kết luận

Sau khi thử nghiệm dự báo số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam năm 2022, bằng phương pháp tương quan Canon với 3 nhân tố dự báo: nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao và áp cao cận nhiệt mực 500 mb mùa 3 tháng với thời điểm dự báo là tháng 01/2022, được chiết suất từ các mô hình khí hậu toàn cầu: NASAGEO_SS2S, CCSM_4, CFS2, GFDL_SPEAR. Nhóm tác giả quan tâm tới thành phần đầu tiên dự báo (Mode 1), kết quả từ các mô hình chỉ ra mối tương quan cao giữa các nhân tố được lựa chọn với số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt trong các mùa, cụ thể như:

Với nhân tố dự báo là nhiệt độ trung bình mùa 3 tháng từ 4 mô hình: NASAGEO_SS2S, CCSM_4, CFS2, GFDL_SPEAR có hệ số tương quan cao với số ngày nắng nóng, phổ biến dao động từ 0,80–0,94 trong các mùa khảo sát từ tháng 3–9. Riêng với mô hình CCSM_4 tương quan với số ngày nắng nóng các mùa 5–7 và mùa 6–8 chỉ đạt 0,55–0,56. Đối với số ngày nắng nóng gay gắt, tương quan đều dao động trên 0,80; chỉ riêng mùa 5–7 nhiệt độ trung bình tương quan với số ngày nắng nóng gay gắt đạt 0,66.

Với nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng trong 3 mô hình NASAGEO_SS2S, CFS2 và GFDL_SPEAR đều có hệ số tương quan cao với số ngày nắng nóng, và dao động từ 0,81–0,96 vào các mùa từ tháng 3–9. Tương tự như vậy, tương quan giữa nhiệt độ tối cao với số ngày nắng nóng gay gắt là cao trên 0,86 ở hầu hết các mùa.

Với nhân tố dự báo là áp cao cận nhiệt mực 500 mb mùa 3 tháng từ 2 mô hình: NASAGEO_SS2S và ECMWF cho thấy hệ số tương quan cao với số ngày nắng nóng trên khu vực Việt Nam, với hệ số là 0,84–0,96 cho ba mùa 3–5, 4–6, 5–7; riêng các mùa 6–8 và 7–9 có hệ số tương quan thấp hơn, chỉ dao động 0,70–0,74. Khi khảo sát tương quan giữa áp cao cận nhiệt mực 500 mb với số ngày nắng nóng gay gắt, kết quả cho thấy tương quan cao khi sử dụng mô hình ECMWF, với hệ số dao động 0,83–0,92. Trong khi sử dụng nhân tố dự báo từ mô hình NASAGEO_SS2S hệ số tương quan dao động mạnh, từ 0,63–0,88, trong đó hệ số tương quan thấp nhất là vào mùa 7–9 (hệ số tương quan 0,63), cao nhất là mùa 5–7 (hệ số tương quan là 0,88).

Do có tương quan cao giữa các nhân tố được lựa chọn, nhóm tác giả tiếp tục thử nghiệm dự báo số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt trong các mùa từ tháng 3–9/2022, kết quả thu được như sau:

Khi sử dụng 3 nhân tố: *nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối cao, và áp cao cận nhiệt mực 500 mb theo mùa 3 tháng* đứng tại thời điểm dự báo là tháng 01/2022, các mô hình khí hậu toàn cầu dự báo *số ngày nắng nóng* trong các mùa 3–5, và mùa 4–6 ở trên phạm vi toàn quốc có xu hướng thấp hơn so với TBNN cùng thời kỳ với xác suất xảy ra từ 60–75%, chỉ riêng ở khu vực Đông Bắc Bộ số ngày nắng nóng dự báo cao hơn so với TBNN, xác suất từ 55–70%. Từ các mùa 5–7, 6–8 và 7–9 hầu hết các mô hình đều đồng nhất mô phỏng số ngày nắng nóng có xu hướng cao hơn so với TBNN, với xác suất trên 70%; riêng ở khu vực Nam Tây Nguyên và miền Đông Nam Bộ số ngày nắng nóng thời kỳ này có xu hướng thấp hơn so với TBNN với xác suất từ 60–75%, có nơi cao hơn (GFDL_SPEAR, CFS2, và NASA-GEOSS2S khi sử dụng nhân tố dự báo là nhiệt độ tối cao tháng 01/2022).

Đối với việc *dự báo số ngày nắng nóng gay gắt* khi sử dụng 3 nhân tố ở trên, kết quả dự báo tương đồng giữa các mô hình khí hậu trong mùa 3–5, rằng số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng thấp hơn so với TBNN, riêng khu vực Đông Bắc Bộ số ngày nắng nóng gay gắt có xu hướng cao hơn so với TBNN. Các mùa tiếp theo số ngày nắng nóng gay gắt đều có xu hướng gia tăng và cao hơn so với TBNN với xác suất từ 60–75%; chỉ riêng một số nơi ở Nam Tây Nguyên số ngày nắng nóng gay gắt thấp hơn so với TBNN.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: M.V.K., H.P.L., N.V.H., H.T.M., T.N.V.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: M.V.K., H.P.L., N.V.H.; Xử lý số liệu: H.T.M., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.; Phân tích mẫu: H.T.M., T.Q.Đ.; Lấy mẫu: H.T.M., T.N.V., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.; Viết bản thảo bài báo: H.T.M., T.N.V., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.; Chỉnh sửa bài báo: H.T.M., T.N.V., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn Lãnh đạo Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia đã chỉ đạo và hỗ trợ nhóm tác giả hoàn thiện bài báo này.

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 sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Prodhomme, C.; Materia, S.; Ardilouze, C.; White, R.H.; Batté, L.; Guemas, V.; Fragkoulidis, G.; García-Serrano, J. Seasonal prediction of European summer heatwaves. *Clim. Dyn.* **2021**, 01–18. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05828-3>. 2021.05.25.
2. Zhang, W.; Gao, J. et al. Probabilistic Forecast of the Extended Range Heatwave Over Eastern China. *Front. Earth Sci.* **2022**, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.810579>. 2022.01.05.
3. Batté, L.; Ardilouze, C.; Déqué, M. Forecasting West African heat waves at sub-seasonal and seasonal time scales. CNRM UMR 3589 (Météo-France/CNRS), Toulouse, France.
4. Katsafados, P. Anastasios Papadopoulos, George Varlas, E. Papadopoulou. Seasonal predictability of the 2010 Russian heat wave. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2014**, 14, 1531–1542. doi:10.5194/nhess-14-1531-2014.
5. Ngừ, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2004.
6. Thắng, N.V. Giáo trình vật lý khí quyển, NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà nội, 2015.
7. Đức, T.Q.; Phương, T.L. Sự biến đổi phon và nắng nóng ở Hà Tĩnh – Miền Trung, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2013**, 29(2s), 32–99.
8. Thắng, N.V. và cs. Chương 3: Những thay đổi của cực đoan khí hậu và tác động đến môi trường vật lý tự nhiên, thuộc Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về quản lý rủi ro thiên tai và các hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với biến đổi khí hậu, NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội, 2013.
9. Mậu, N.Đ. và cs. Đánh giá nguyên nhân gây ra đợt nắng nóng từ ngày 1/6–6/6/2017 ở Bắc Bộ. *Tạp chí Khoa học và Biến đổi khí hậu* **2017**, 2, 1–7.
10. Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn, Tổng Cục Khí tượng thủy văn.
11. Đặc điểm Khí tượng thủy văn, 2021.
12. Nguồn Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn – NCHMF.
13. Khiêm, M.V.; Chinh, T.H.; Hương, N.T.D. Thử nghiệm dự báo hạn hán tại Việt Nam bằng sản phẩm dự báo của một số mô hình toàn cầu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 639, 21–25.
14. Repelli, C.A.; Nobre, P. CCA and statistical prediction Statistical prediction of sea-surface temperature over the tropical Atlantic. *Int. J. Climatol.* **2003**, 24, 45–55.
15. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Forecast/fig2.shtml>.
16. Zou, K.H.; O'Malley, J.; Mauri, L. Receiver-Operating Characteristic Analysis for Evaluating Diagnostic Tests and Predictive Models. *Circulation* **2007**, 115, 654–657. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.594929>.
17. Thông tư quy định kỹ thuật quy trình dự báo khí tượng thủy văn nguy hiểm, 2016.

18. Hubbard, K.G.; You, J. Sensitivity Analysis of Quality Assurance Using the Spatial Regression Approach—A Case Study of the Maximum/Minimum Air Temperature. *J. Atmos. Oceanic Technol.* **2005**, 22, 1520–1530.
19. You, J.; Hubbard, K.G.; Goddard, S. Comparison of methods for spatially estimating station temperatures in a quality control system. *Int. J. Climatol.* **2008**, 8(6), 777–787.
20. Kirtman, Ben P.; Dughong, M.; Infanti, J.M.; Kinter, J.L.; Paolino, D.A.; Zhang, Q.; van den Dool, H.; Saha, S.; Mendez, M.P.; Becker, E.; Peng, P.; Tripp, P.; Huang, J.; DeWitt, D.G.; Tippet, M.K.; Barnston, A.G.; Li, S.; Rosati, A.; Schubert, S.D.; Rienecker, M.; Suarez, M.; Li, Z.E.; Marshak, J.; Lim, Young-Kwon; Tribbia, J.; Pegion, K.; Merryfield, W.J.; Denis, B.; Wood, E.F. The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 seasonal-to-interannual prediction; Phase-2 toward developing intraseasonal prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **2014**, 95, 585–601. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>.
21. https://iri.columbia.edu/~awr/wiki/Downscaling/HydroOutlooks/Documents/cpttutorial_june08.html

An application in seasonal forecasting of the number of extreme and hot days in Vietnam 2022 using Canonical correlation analysis

Mai Van Khiem^{1*}, Hoang Phuc Lam¹, Nguyen Van Huong¹, Hoang Thi Mai¹, Tran Ngoc Van¹, Nguyen Thanh Hoa¹, Trinh Thuy Nguyen¹, Tran Quang Diep¹

¹ Nation Centre Hydro–Meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com; hoangmaik52dubao@gmail.com; tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; Diep.quanghn@gmail.com

Abstract: The article presents some experimental results in seasonal forecasting of the number of extreme and hot days in Vietnam using the Canon correlation analysis method (CCA), in order to transform forecast information of global climate models for the regional. Using 3 predictors including the 3–month average temperature, maximum temperature and 500 mb subtropical high–pressure data from models NMME: NASAGEO_SS2S, CCSM_4, CFS2, GFDL_SPEAR, and ECMWF in domain: 80°E–140°W; 5°S–45°N, resolution 1,0x1,0°. The high correlation between the predictors – the number of extreme and hot days on nearly 200 stations spread across Vietnam, then the authors performed a forecasting experiment. The obtained results show that in the transitional season MAM, most models forecast the number of extreme and hot days that tend to appear less than the normal with the probabilistic from 60–75%. In AMJ, MJJ, JJA and JAS, the number of extreme and hot days tends to be above normal, only in some areas in the south of Central Highlands and Southeast tends to be less than normal. The forecast is applied experimentally in a number of cities: Hanoi, Da Nang and Binh Phuoc, the results show detail in Part 3 of the article.

Keywords: Forecast; The number of extreme and hot days; CCA; CPT.