

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

**\*\*\***

**Phạm Thanh Hà**

**DỰ BÁO HẠN MÙA NGÀY BẮT ĐẦU VÀ KẾT THÚC  
MÙA MƯA Ở VIỆT NAM TRÊN CƠ SỞ  
SẢN PHẨM MÔ HÌNH SỐ**

Chuyên ngành: Khí tượng học

Mã số: 9440222.01

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIÊN SĨ KHÍ TƯỢNG VÀ KHÍ HẬU HỌC**

**Hà Nội, năm 2021**

**Công trình được hoàn thành tại:**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**  
**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**

Người hướng dẫn khoa học: GS. TS. Phan Văn Tân

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp  
Đại học Quốc gia

Vào hồi    giờ    ngày    tháng    năm 20

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin Thư viện, ĐHQGHN

## MỞ ĐẦU

### Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam là một quốc gia đang phát triển, nằm ở phía đông của bán đảo Đông Dương, với nền kinh tế phụ thuộc chủ yếu vào sản xuất nông nghiệp. Đối với lĩnh vực nông nghiệp, lượng mưa là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và thu nhập của người nông. Tuy nhiên, nền nông nghiệp ở Việt Nam dường như dễ bị tổn thương bởi những biến đổi bất thường của thời tiết nói chung, mưa nói riêng, và điều đó đã được đề cập tới trong nhiều nghiên cứu gần đây. Trong số các đặc trưng liên quan tới mưa, ngày bắt đầu mùa mưa (sau đây được ký hiệu là NBĐMM) đã nhận được sự quan tâm lớn vì ý nghĩa quan trọng của nó không chỉ đối với nông nghiệp mà còn đối với xã hội do tác động của nó đến nhiều mặt của đời sống như: sản xuất điện, quản lý tài nguyên nước và sức khỏe con người. Hơn nữa, trong những năm gần đây, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng có sự thay đổi về ngày bắt đầu gió mùa, cũng như NBĐMM trên khu vực Việt Nam. Do đó, những thông tin dự báo hạn nội mùa đến mùa về NBĐMM có ý nghĩa thực tiễn rất lớn trong việc góp phần nâng cao khả năng ứng phó và giảm thiểu thiệt hại do những tác động bất lợi gây nên, phục vụ phát triển kinh tế-xã hội của Việt Nam.

Xuất phát từ thực tế trên, luận án đã lựa chọn đề tài **“Dự báo hạn mùa ngày bắt đầu và kết thúc mùa mưa ở Việt Nam trên cơ sở sản phẩm mô hình số”**. Tuy nhiên, trong quá trình nghiên cứu, thử nghiệm cho thấy việc xác định ngày kết thúc mùa mưa còn nhiều vấn đề chưa được chắc chắn và để có được kết quả đáp ứng về mặt khoa học vấn đề này cần được đầu tư thêm về thời gian. Do khối lượng tính toán của luận án hiện tại đã khá lớn, nên NCS có nguyện

vọng điều chỉnh tên luận án sao lại cho phù hợp với nội dung hiện có của dự thảo. Theo đó, tên luận án dự kiến “**Dự báo hạn nội mùa - mùa ngày bắt đầu mùa mưa ở Việt Nam trên cơ sở sản phẩm mô hình số**”. Với hướng nghiên cứu này, luận án kỳ vọng sẽ góp phần nâng cao chất lượng dự báo hạn nội mùa đến mùa NBĐMM ở Việt Nam. Đây sẽ là thông tin có ý nghĩa đối với ngành nông nghiệp cũng như trong nhiều lĩnh vực của sống kinh tế, xã hội.

### **Mục tiêu của luận án**

Luận án nhằm đạt được các mục tiêu sau:

- Xác định được NBĐMM cho các vùng khí hậu trên khu vực Việt Nam, dựa trên số liệu quan trắc tại trạm.
- Đánh giá được mối quan hệ giữa NBĐMM tại các vùng khí hậu Việt Nam với một số quá trình quy mô lớn.
- Đánh giá được khả năng dự báo NBĐMM tại các vùng khí hậu Việt Nam bằng phương pháp thống kê và thống kê động lực.

### **Đối tượng, phạm vi và nội dung nghiên cứu**

**Đối tượng nghiên cứu:** ngày bắt đầu mùa mưa.

**Phạm vi nghiên cứu:** 7 vùng khí hậu Việt Nam.

### **Thời hạn dự báo:**

- Hạn nội mùa: 7 - 40 ngày
- Hạn mùa: dưới 6 tháng

### **Nội dung nghiên cứu:**

- 1) Xác định NBĐMM trên khu vực Việt Nam.
- 2) Phân tích mối quan hệ giữa NBĐMM với các quá trình khí quyển - đại dương quy mô lớn.
- 3) Xây dựng phương trình và khảo sát khả năng dự báo NBĐMM, với hạn dưới 6 tháng dựa trên thông tin về sự biến đổi của

các trường khí quyển - đại dương từ sản phẩm dự báo hạn mùa của CFSv2.

4) Khảo sát khả năng dự báo NBĐMM, với hạn dưới 6 tháng bằng việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của CFSv2.

5) Khảo sát khả năng dự báo NBĐMM, với hạn 7 - 40 ngày bằng việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của ECMWF.

### **Luận điểm bảo vệ của luận án**

1) Do bị chi phối bởi hoạt động của gió mùa và các hệ thống thời tiết ở các mức độ và khía cạnh khác nhau nên NBĐMM có sự khác biệt giữa các vùng khí hậu và có sự biến động theo thời gian từ năm này qua năm khác.

2) NBĐMM ở các vùng khí hậu khác nhau có mối quan hệ nhất định với các quá trình khí quyển - đại dương quy mô lớn. Và có thể sử dụng mối quan hệ này để dự báo hạn mùa NBĐMM.

3) Có thể dự báo được NBĐMM ở các vùng khí hậu Việt Nam trên cơ sở sản phẩm mưa dự báo cũng như các trường khác của các mô hình số.

### **Những đóng góp mới của luận án**

1) Luận án đã chứng minh được NBĐMM trên khu vực Việt Nam bị chi phối đồng thời bởi các quá trình quy mô vùng và các quá trình mang tính địa phương.

2) Luận án đã chỉ ra được khả năng dự báo NBĐMM với các hạn dự báo khác nhau dựa trên sản phẩm của mô hình số và các chỉ số khí hậu.

### **Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

- Kết quả nhận được của luận án cho thấy NBĐMM không chỉ bị chi phối bởi các quá trình tương tác khí quyển - đại dương quy mô

lớn, mà còn bị chi phối bởi các quá trình quy mô nhỏ phụ thuộc vào đặc điểm của địa phương như vị trí địa lý, địa hình.

- Kết quả của luận án có thể được tham khảo để áp dụng trong nghiệp vụ thực tế về việc dự báo NBĐMM với các hạn dự báo khác nhau, cụ thể hạn nội mùa - mùa.

### **Tóm tắt cấu trúc luận án**

Ngoài các mục mở đầu, tài liệu tham khảo và phụ lục,... những nội dung chính của luận án bao gồm:

## **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VÀ DỰ BÁO NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA**

Chương này đề cập đến các kết quả nghiên cứu về NBĐMM trên thế giới và trong nước với các vấn đề về: 1) Phương pháp xác định NBĐMM; 2) Đặc điểm của NBĐMM/gió mùa trên khu vực Việt Nam; 3) Dự báo hạn nội mùa - mùa NBĐMM. Từ đó, luận án sẽ đóng góp để giải quyết các vấn đề còn tồn tại trong nghiên cứu về NBĐMM trên khu vực Việt Nam.

## **CHƯƠNG 2: SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Chương này mô tả chi tiết các nguồn số liệu được sử dụng, phạm vi và giới hạn nghiên cứu của luận án. Chương 2 cũng trình bày về các phương pháp nghiên cứu, các thí nghiệm được xây dựng, phương pháp đánh giá chất lượng đối với dự báo hạn nội mùa - mùa NBĐMM trên khu vực Việt Nam.

## **CHƯƠNG 3: ĐẶC ĐIỂM CỦA NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA TRÊN KHU VỰC VIỆT NAM**

Chương này trình bày những kết quả và phân tích để thấy được đặc điểm của NBĐMM trên khu vực Việt Nam. Các khía cạnh được đề cập đến bao gồm: tính bất định liên quan đến chỉ tiêu xác định NBĐMM; chỉ tiêu xác định NBĐMM cho từng trạm; phân bố

không gian và xu thế biến đổi của NBĐMM; mối quan hệ giữa sự biến động hàng năm của NBĐMM với ENSO. Các kết quả này sẽ là cơ sở cho chương 4. Theo đó, NBĐMM xác định tại chương này được coi là NBĐMM quan trọng trong thực tế và sẽ đóng vai trò làm yếu tố dự báo cũng như giá trị tham chiếu tại chương 4. Bên cạnh đó, mối quan hệ giữa sự biến động hàng năm của NBĐMM với ENSO sẽ là tiền đề cho việc triển khai dự báo NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu.

#### **CHƯƠNG 4. DỰ BÁO HẠN NỘI MÙA - MÙA NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA TRÊN KHU VỰC VIỆT NAM**

Chương này luận án sẽ tiến hành xây dựng và đánh giá khả năng dự báo hạn nội mùa - mùa NBĐMM tại từng vùng khí hậu trên khu vực Việt Nam với các phương pháp dự báo khác nhau, bao gồm: thống kê và động lực. Cụ thể, luận án sẽ bàn luận đến 4 trường hợp: 1) Dự báo hạn mùa NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu liên quan đến ENSO; 2) Dự báo hạn mùa (dưới 6 tháng) NBĐMM bằng phương pháp thống kê động lực dựa trên sản phẩm CFSv2; 3) Đánh giá khả năng báo hạn mùa (dưới 6 tháng) NBĐMM bằng việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của CFSv2; 4) Đánh giá khả năng dự báo hạn nội mùa (7 - 40 ngày) NBĐMM việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của S2S-ECMWF.

#### **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Phần Kết luận sẽ trình bày tóm tắt các kết quả chủ yếu những điểm mới đã đạt được của luận án. Bên cạnh đó, phần Kiến nghị sẽ nêu những tồn tại, kiến nghị những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu tiếp sau và việc sử dụng kết quả luận án.

# **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN PHƯƠNG PHÁP**

## **XÁC ĐỊNH VÀ DỰ BÁO NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA**

### **1.1 XÁC ĐỊNH NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA**

NBĐMM là một khái niệm dùng để chỉ thời điểm trong năm mà từ đó mưa xảy ra thường xuyên hơn, được đặc trưng bởi lượng mưa đủ lớn và có thể kéo dài từng đợt sao cho tổng lượng mưa tháng phải lớn hơn hoặc bằng một ngưỡng nào đó, và phải kéo dài liên tục trong nhiều tháng. Tuy nhiên, NBĐMM không phải là một biến quan trắc, do đó không có chuỗi số liệu lịch sử. Thông thường, NBĐMM chỉ được xác định thông qua các chỉ tiêu. Mặc dù, có rất nhiều chỉ tiêu khác nhau được xây dựng để xác định đại lượng này, nhưng chúng có thể chia thành hai nhóm chính: nhóm thứ nhất, dựa trên sự thay đổi về đặc trưng mưa; nhóm thứ hai, dựa trên sự thay đổi của hoàn lưu khí quyển. Tuy nhiên, việc xác định NBĐMM dựa trên các chỉ tiêu thuộc cả hai nhóm này vẫn còn tồn tại những hạn chế nhất định.

### **1.2 BIẾN ĐỘNG THEO KHÔNG GIAN VÀ THỜI GIAN CỦA NBĐMM TẠI VIỆT NAM**

Thách thức với các nghiên cứu liên quan đến việc xác định các đặc trưng khí hậu của NBĐMM đó chính là việc lựa chọn chỉ tiêu xác định phù hợp. Thực tế, có sự không thống nhất giữa các nghiên cứu trước đây cho khu vực Việt Nam về chỉ tiêu xác định NBĐMM. Điều này khiến cho NBĐMM được xác định bằng các chỉ tiêu khác nhau có sự tương đồng về mặt khí hậu (giá trị trung bình trong nhiều năm), nhưng lại có sự khác biệt nhất định nếu đi vào một năm cụ thể. Cần lưu ý, các chỉ tiêu xác định NBĐMM trong các nghiên cứu trước đây được lựa chọn mang tính chủ quan, đa phần chỉ dựa trên đặc trưng chung về mưa của vùng khí hậu đang nghiên cứu mà chưa tính toán đến sự khác biệt về đặc trưng mưa giữa các trạm.



Do đó, trong một số trường hợp, việc sử dụng chỉ tiêu xác định NBĐMM chung cho một vùng khí hậu là chưa phù hợp với một số trạm có sự khác biệt về đặc trưng mưa mang tính cục bộ.

Bên cạnh đó, mặc dù sử dụng các chỉ tiêu xác định khác nhau nhưng mối quan hệ chặt chẽ giữa sự biến động hàng năm của NBĐMM tại khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ với ENSO đã được chỉ ra trong nhiều nghiên cứu. Tuy nhiên, việc dựa trên mối quan hệ này để dự báo NBĐMM vẫn chưa được thực hiện. Do đó, việc thử nghiệm dự báo NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống với nhân tố dự báo là các chỉ số khí hậu liên quan tới ENSO cho một số vùng trên khu vực Việt Nam là có cơ sở và cần thiết.

### **1.3 DỰ BÁO NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA**

Đối với bài toán dự báo, các nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng có khả năng dự báo hạn nội mùa-mùa NBĐMM/gió mùa dựa trên các sản phẩm của mô hình số tại nhiều khu vực gió mùa điển hình trên thế giới như: Châu Á, Bắc Úc, Nam Mỹ, Ấn Độ, Tây Phi, ... Tuy nhiên, khả năng dự báo NBĐMM/gió mùa cũng phụ thuộc vào chỉ tiêu xác định. Theo đó, đa phần các nghiên cứu đều cho thấy các chỉ tiêu mô phỏng sự thay đổi của hoàn lưu quy mô lớn cho kết quả tốt hơn so với các chỉ tiêu mô phỏng sự thay đổi mang tính địa phương. Điều này cho thấy các mô hình số hiện tại dường như cho kết quả mô phỏng các điều kiện hoàn lưu quy mô lớn tốt hơn so với các điều kiện mang tính địa phương. Đây cũng có thể coi là một tín hiệu tốt cho bài toán dự báo NBĐMM/gió mùa bằng phương pháp thống kê-động lực dựa trên sản phẩm về các trường hoàn lưu của mô hình số. Trên thực tế, phương pháp này đã ghi nhận được kết quả dự báo tốt hơn so với dự báo khí hậu tại các khu vực khác nhau trên thế giới. Đối với khu vực Việt Nam, phương pháp này mới chỉ được xem xét cho khu vực Nam Bộ và thu được các kết quả khả quan.

Bên cạnh đó, việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa từ các mô hình số để dự báo NBĐMM với hạn nội mùa cũng đã thu được những tín hiệu tốt tại nhiều khu vực gió mùa điển hình trên thế giới như Tây Phi, Bắc Mỹ, Đông Á, Bắc Úc. Một điểm lưu ý của cách tiếp cận này mà các nghiên cứu trước đây đề cập đến đó là việc lựa chọn các chỉ tiêu xác định NBĐMM cũng đóng vai trò quyết định tới chất lượng của các dự báo đưa ra. Tuy nhiên, đối với khu vực Việt Nam, việc dự báo NBĐMM theo cách tiếp cận này hiện vẫn chưa được khảo sát trong khi việc cung cấp thông tin dự báo sớm trước 1-2 tháng đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực của xã hội, đặc biệt là trong canh tác nông nghiệp, quản lý hồ chứa.

## **CHƯƠNG 2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1 SỐ LIỆU VÀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU**

Trong khuôn khổ luận án, 4 bộ số liệu đã được sử dụng, thông tin chi tiết được mô tả dưới đây.

#### ***2.1.1 Số liệu quan trắc***

Sau quá trình tiền xử lý để đảm bảo chất lượng của số liệu quan trắc phục vụ xác định NBĐMM, luận án đã lựa chọn được 131 trạm phân bố tương đối đồng đều trên 7 vùng khí hậu với độ dài chuỗi từ 1979-2019.

#### ***2.1.2 Số liệu các chỉ số khí hậu***

Để thử nghiệm khả năng dự báo NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống dựa trên 23 chỉ số khí hậu thoả mãn đảm bảo một số tiêu chí sau: có mối liên hệ chặt chẽ với NBĐMM (dựa trên các nghiên cứu trước đây), chuỗi số liệu đủ dài và tính cập nhật thường xuyên, nhằm mục đích phục vụ bài toán nghiệp vụ .

#### ***2.1.3 Số liệu dự báo lại của mô hình CFSv2***

Số liệu dự báo lại CFSv2 là sản phẩm dự báo lại của hệ thống dự báo Khí hậu (CFS) được nghiên cứu và phát triển bởi Trung tâm Dự báo Môi trường Hoa Kỳ (National Centers for Environmental Prediction - NCEP). Luận án tiến hành đánh giá chất lượng dự báo hạn mùa NBĐMM với 02 cách tiếp cận nên các biến sử dụng sẽ có sự khác biệt trong từng trường hợp, cụ thể:

- Dự báo NBĐMM bằng việc xây dựng mô hình thống kê dựa trên sản phẩm về các trường hoàn lưu khí quyển và nhiệt độ bề mặt biển của mô hình CFSv2: trường dự báo trung bình tháng 3 và tháng 7 của PSML, U850, SST giới hạn trong miền từ 40°E-100°W và từ 40°S-40°N.
- Dự báo NBĐMM bằng việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa từ mô hình CFS: lượng mưa ngày dự báo.

#### ***2.1.4. Số liệu dự báo lại của mô hình S2S-ECMWF***

Với mục đích đánh giá khả năng sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của mô hình của ECMWF (ký hiệu là S2S-ECMWF) để dự báo hạn nội mùa NBĐMM, luận án sẽ đã sử dụng các sản phẩm dự báo lại. Cụ thể là bộ dữ liệu mưa dự báo lại cho giai đoạn 2000-2019, từ 2 phiên bản mô hình được sử dụng trong năm 2020. Sản phẩm mưa dự báo lại của S2S-ECMWF bao gồm 11 thành phần (member dự báo) và mỗi sản phẩm dự báo có độ dài (hạn dự báo) 46 ngày với độ phân giải không gian  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ . Thông tin cũng như dữ liệu về bộ số liệu này được cung cấp miễn phí trực tuyến tại địa chỉ: <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/s2s/>.

## **2.2 XÁC ĐỊNH NBĐMM VÀ XU THẾ BIẾN ĐỔI TỪ SỐ LIỆU QUAN TRẮC TẠI TRẠM**

Trong luận án, NBĐMM quan trắc được định nghĩa một cách tổng quát là ngày đầu tiên của năm đáp ứng các điều kiện sau:

- + Tổng lượng mưa của 5 ngày liên tiếp lớn hơn P mm.
- + NBĐMM và ít nhất N ngày trong chuỗi 5 ngày liên tiếp có lượng mưa lớn hơn 0.1 mm/ngày.
- + Không quá 7 ngày không mưa liên tiếp xảy ra trong D ngày tiếp theo sau NBĐMM.

Trong đó, các tham số P, N, D sẽ được xác định một cách khách quan dựa trên tập giá trị có thể nhận của chúng. Trên thực tế, giá trị của các tham số này là khác nhau trong các nghiên cứu trước đây, và đa phần được lựa chọn một cách chủ quan dựa trên điều kiện đặc trưng về mưa tại khu vực áp dụng. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để lựa chọn được bộ các ngưỡng giá trị của P, N, D một cách khách quan và phù hợp cho việc xác định NBĐMM?

Để giải quyết bài toán này các ngưỡng giá trị phù hợp của P, N, D có thể được xây dựng dựa trên các tín hiệu NBĐMM tại các trạm (quy mô địa phương) và trên toàn vùng (quy mô khu vực) nơi mà các trạm trong vùng có sự tương đồng về đặc điểm của ngày bắt đầu mùa mưa. Nói cách khác, bộ tham số P, N, D nên được lựa chọn sao cho NBĐMM phản ánh được tính đồng nhất tương đối trong vùng và tính địa phương của trạm. Phương pháp này gồm 3 bước chính như sau:

**Bước 1:** Xác định tín hiệu NBĐMM cho từng trạm.

Tín hiệu về NBĐMM cho từng trạm (quy mô địa phương) chính là thông tin về NBĐMM trong giai đoạn 1979-2019. Các tín hiệu này được xác định dựa trên việc điều chỉnh các ngưỡng giá trị P, N, D khác nhau. Về nguyên tắc các ngưỡng giá trị này có thể chọn tùy ý, tuy nhiên để giảm bớt khối lượng tính toán chúng có thể được lựa chọn trong phạm vi hợp lý dựa trên các nghiên cứu trước đây. Cụ thể, các giá trị của P, N và D được lựa chọn là:

- P=10, 15, 20, 25, 30, 40, hoặc 50 mm;
- N=2, 3, hoặc 4;
- D=20 hoặc 30 ngày.

Bộ các ngưỡng giá trị này được kết hợp lại với nhau tạo ra  $7 \times 3 \times 2 = 42$  chỉ tiêu khác nhau để xác định NBĐMM. Như vậy, mỗi trạm sẽ có 42 chuỗi số liệu khác nhau về NBĐMM hay chính là 42 tín hiệu khác nhau về NBĐMM.

Bên cạnh đó, sự khác biệt của NBĐMM giữa các bộ chỉ tiêu khác nhau sẽ được đánh giá thông qua chỉ số độ nhạy SI (sensitivity index) cho từng trạm:

$$SI = \frac{1}{L \times \frac{M \times (M-1)}{2}} \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{e=j+1}^M |x_{kj} - x_{ke}|$$

với L là tổng số năm (L=41 năm từ 1979-2019); M là tổng số các chỉ tiêu (M=42);  $x_{kj}$  là NBĐMM của năm k và được xác định bằng chỉ tiêu j;  $x_{ke}$  là NBĐMM của năm k và được xác định bằng chỉ tiêu e.

**Bước 2:** Xác định tín hiệu NBĐMM cho vùng.

Sự biến động giữa các năm của NBĐMM trong từng vùng khí hậu sẽ được xác định dựa trên chuỗi thời gian của các thành phần chính (ký hiệu là EOFs) thu được từ kết quả phân tích thành phần chính nhiều biến (Multi variable Principal Component Analysis (ký hiệu MPCA) áp dụng cho bộ số liệu đầu vào là các giá trị NBĐMM tại các trạm được xác định từ 42 chỉ tiêu kết hợp ở bước 1. Số thành phần EOFs được chọn phụ thuộc vào mức độ đóng góp vào tổng phương sai cũng như mức ý nghĩa của chúng.

**Bước 3:** Kết hợp các tín hiệu NBĐMM tại trạm và vùng

Sự kết hợp tín hiệu NBĐMM tại trạm và vùng khí hậu tương ứng được thể hiện thông qua giá trị hệ số tương quan giữa NBĐMM

được xác định theo từng chỉ tiêu (các ngưỡng giá trị P, N, D) (NBĐMM tại từng trạm, đại diện quy mô địa phương) và các EOFs xác định được từ bước 2 (tín hiệu của NBĐMM tại vùng khí hậu, đại diện quy mô khu vực). Theo đó, chỉ tiêu phù hợp nhất cho từng trạm là bộ giá trị P, N, D mà tương quan giữa NBĐMM quy mô địa phương và NBĐMM quy mô khu vực cao nhất. Trên cơ sở đó sẽ xác định được bộ chỉ tiêu tối ưu tại 131 trạm trên khu vực Việt Nam nhằm mục đích xác định NBĐMM dựa trên số liệu quan trắc.

Xu thế biến đổi của NBĐMM tại 131 trạm quan trắc trong giai đoạn 1979-2019 sẽ được xác định thông qua giá trị hệ số góc Sen, và kiểm nghiệm xu thế này với độ tin cậy 95% bằng kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall.

### **2.3 DỰ BÁO HẠN MÙA NBĐMM BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ TRUYỀN THỐNG**

Việc dự báo NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống được dựa trên mối quan hệ giữa giá trị NBĐMM quan trắc tại các vùng khí hậu với các chỉ số khí hậu trong tháng 1 và tháng 2 (đối với R1, R2, R3, R6 và R7); trong tháng 6 và tháng 7 (đối với R4 và R5). Về mặt kỹ thuật để đưa ra thông tin dự báo, phương pháp hồi quy từng bước được sử dụng để lựa chọn các nhân tố dự báo phù hợp và xây dựng phương trình dự báo bằng mô hình hồi quy đa biến. Như vậy, đối với trường hợp này:

- Hạn dự báo: 2-3 tháng
- Số liệu cho tập luyện (số liệu phụ thuộc): giai đoạn 1979-2019
- Yếu tố dự báo: NBĐMM
- Nhân tố dự tuyển: 46 nhân tố tương ứng giá trị của 23 chỉ số khí hậu (bảng 2.1) trong tháng 1 và tháng 2. Chú ý, giá trị của các nhân tố dự tuyển này đều được quy tâm trước sử dụng

phương pháp hồi quy từng bước để đưa ra phương trình dự báo NBĐMM.

## 2.4 DỰ BÁO HẠN MÙA NBĐMM BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ-ĐỘNG LỰC

Việc dự báo hạn mùa NBĐMM bằng phương pháp thống kê-động lực dựa trên mối quan hệ giữa giá trị NBĐMM quan trắc với các trường dự báo của CFSv2 (hoàn lưu khí quyển, SST). Mô hình thống kê ở đây cũng là mô hình hồi quy từng bước. Cụ thể:

- Số liệu cho tập luyện (số liệu phụ thuộc): 1983-2011
- Số liệu độc lập: 2012-2019 (dùng cho đánh giá)
- Yếu tố dự báo: NBĐMM
- Nhân tố dự tuyển: Lựa chọn dựa trên mối quan hệ giữa NBĐMM và các trường dự báo lại của CFSv2. Trong luận án, ba trường trung bình tháng 3 (tháng 7) của PMSL, U850 và SST được lựa chọn từ số liệu dự báo lại của CFSv2 được sử dụng để dự báo NBĐMM cho vùng R1, R2, R3, R6 và R7 (cho vùng R4 và R5). Chú ý, giá trị của các nhân tố dự tuyển này đều được chuẩn hoá trước sử dụng phương pháp hồi quy từng bước để đưa ra phương trình dự báo NBĐMM.
- Hạn dự báo được xác định với thời điểm làm dự báo tương ứng như sau:

<b>Khu vực R1, R2, R3, R6 và R7</b>	<b>Khu vực R4 và R5</b>
+ 1 tháng: tại tháng Hai	+ 1 tháng: tại tháng Sáu
+ 2 tháng: tại tháng Một	+ 2 tháng: tại tháng Năm
+ 3 tháng: tại tháng Mười Hai	+ 3 tháng: tại tháng Tư
+ 4 tháng: tại tháng Mười Một	+ 4 tháng: tại tháng Ba

+ 5 tháng: tại tháng Mười

+ 6 tháng: tại tháng Chín

+ 5 tháng: tại tháng Hai

+ 6 tháng: tại tháng Một

## 2.5 DỰ BÁO NBĐMM BẰNG VIỆC SỬ DỤNG TRỰC TIẾP MƯA DỰ BÁO CỦA MÔ HÌNH SỐ

### 2.5.1 Dự báo hạn mùa NBĐMM dựa trên sản phẩm mưa của CFSv2

Hình 2.3 dẫn ra sơ đồ mô tả quy trình dự báo NBĐMM hạn mùa (dưới 6 tháng) đối với sản phẩm CFSv2 cho một vùng khí hậu. NBĐMM quan trắc trong hình 2.3 là kết quả thu được tại chương 3 của luận án. Giá trị NBĐMM dự báo từ số liệu CFSv2 sẽ được xác định dựa trên chỉ tiêu như sau: NBĐMM của một sản phẩm dự báo kéo dài 6 tháng sẽ là ngày đầu tiên trong chuỗi giá trị dự báo thỏa mãn:

- [1] Tổng lượng mưa của 5 ngày liên tiếp phải lớn hơn **P<sub>mm</sub>**
- [2] Ngày bắt đầu và ít nhất 2 ngày trong 5 ngày liên tiếp phải đạt lượng mưa ngày lớn hơn 1mm/ngày
- [3] Không có quá 7 ngày liên tiếp không có mưa trong 30 ngày tiếp theo kể từ NBĐMM

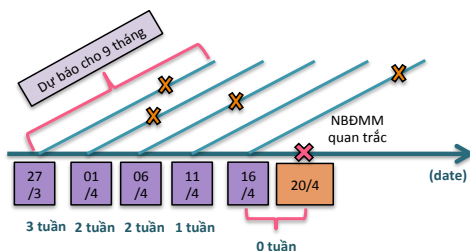
Khảo sát ảnh hưởng của chỉ tiêu đến khả năng dự báo của mô hình: Giá trị P sẽ được thay đổi bằng việc nhận các giá trị 20, 25, 30, 40, 50 mm, ký hiệu là các chỉ tiêu P20, P25, P30, P40, P50 tương ứng.

Việc xác định giá trị dự báo NBĐMM ứng với các hạn 1-6 tháng sẽ dựa trên khoảng thời gian tính theo tuần tương ứng tính từ NBĐMM quan trắc với ngày tiến hành dự báo. Ví dụ: NNĐMM quan trắc là ngày 20/4, nếu ngày tiến hành dự báo là ngày 16/4 thì sẽ cách nhau 0 tuần và nếu ngày tiến hành dự báo là ngày 27/3 thì sẽ



cách nhau 3 tuần (Hình 2.3). Theo đó, giá trị dự báo NBĐMM của hạn dự báo tương ứng với thời gian 1-6 tháng sẽ là giá trị trung vị của các dự báo nằm trong khoảng thời gian quy định như sau:

- |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| + Hạn 1 tháng: 5 - 8 tuần   | + Hạn 4 tháng: 17 - 20 tuần |                             |
| + Hạn 2 tháng: 9 - 12 tuần  |                             |                             |
| + Hạn 3 tháng: 13 - 16 tuần |                             |                             |
|                             |                             | + Hạn 5 tháng: 21 - 24 tuần |
|                             |                             | + Hạn 6 tháng: 25 - 28 tuần |
|                             |                             |                             |



Hình 2. 1: Sơ đồ mô tả quy trình dự báo NBĐMM hạn mùa (dưới 6 tháng) đối với sản phẩm CFSv2 cho một vùng khí hậu

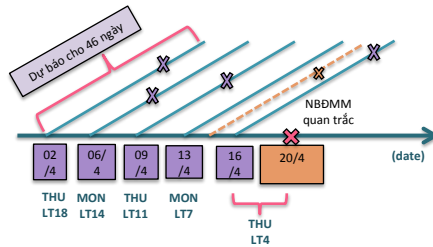
### 2.5.2 Dự báo hạn nội mùa NBĐMM dựa trên sản phẩm mưa của S2S-ECMWF

Hình 2.4 dẫn ra sơ đồ mô tả quy trình dự báo NBĐMM hạn nội mùa (7-40 ngày) đối với sản phẩm CFSv2 cho một vùng khí hậu. NBĐMM quan trắc trong hình 2.4 chính là giá trị NBĐMM các kết quả thu được tại chương 3 của luận án.

Giá trị NBĐMM dự báo từ số liệu S2S-ECMWF sẽ được xác định dựa trên chỉ tiêu như sau: NBĐMM của một sản phẩm dự báo kéo dài 46 ngày sẽ là ngày đầu tiên trong chuỗi giá trị dự báo thỏa mãn:

- [1] Tổng lượng mưa của 5 ngày liên tiếp phải lớn hơn **Pmm**
- [2] Ngày bắt đầu và ít nhất 2 ngày trong 5 ngày liên tiếp phải đạt lượng mưa ngày lớn hơn 1mm/ngày

[3'] Không có quá 7 ngày liên tiếp không có mưa theo kế từ NBĐMM



Hình 2. 2: Sơ đồ mô tả quy trình dự báo NBĐMM nội mùa (7-40 ngày) đối với sản phẩm S2S-ECMWF cho một vùng khí hậu

Việc khảo sát ảnh hưởng của chỉ tiêu đến khả năng dự báo của mô hình cũng được tiến hành bằng cách thay đổi các giá trị 20, 25, 30, 40, 50 mm đối với tham số P, ký hiệu là các chỉ tiêu P20, P25, P30, P40, P50 tương ứng.

## 2.6 PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ

### 2.6.1 Các chỉ số đánh giá

Để đánh giá chất lượng dự báo NBĐMM, luận án sử dụng các chỉ số thống kê thông dụng, bao gồm: ME, MAE, RMSE, CORR và  $SS_{MAE}$  giữa giá trị dự báo và giá trị quan trắc.

### 2.6.2 Phương pháp kiểm chứng chéo –OLOO đối với các mô hình dự báo thống kê

Đối với việc dự báo NBĐMM bằng phương pháp thống kê, cụ thể: 1) thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu (mục 2.3), 2) thống kê-động lực dựa trên các sản phẩm của CFSv2 (mục 2.4), việc đánh giá trên tập độc lập là cần thiết. Do đó, luận án sẽ áp dụng phương pháp kiểm chứng chéo-OLOO (One leave one out cross validation – OLOO) để đánh giá chất lượng của các dự báo và khảo sát sự ổn định của các hệ số hồi quy trong các phương trình dự báo NBĐMM.

## **CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM CỦA NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA TRÊN KHU VỰC VIỆT NAM**

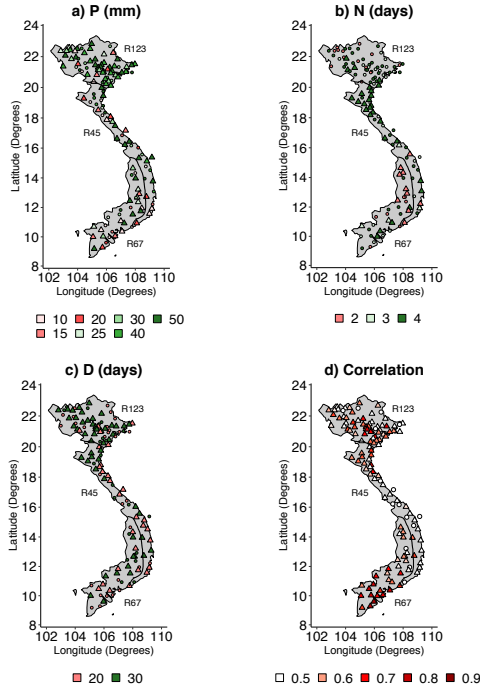
### **3.1 TÍNH BẤT ĐỊNH CỦA NBĐMM XÁC ĐỊNH CHO TỪNG TRẠM**

Khảo sát chỉ số SI cho thấy có 90/131 trạm trên khu vực Việt Nam (chiếm 68.7%) có giá trị SI trên 10 ngày. Điều này chứng tỏ việc lựa chọn chỉ tiêu phù hợp để xác định NBĐMM là quan trọng và cần thiết đối với hầu hết các trạm. Việc phân hoá rõ rệt về giá trị của chỉ số SI giữa các vùng khí hậu và giữa các trạm trong cùng một vùng khí hậu cho thấy việc lựa chọn chỉ tiêu phù hợp nên được quan tâm trên cả quy mô khu vực (cho từng vùng) và trên cả quy mô địa phương (cho từng trạm).

### **3.2 XÁC ĐỊNH CHỈ TIÊU NBĐMM**

Kết quả xác định các đặc trưng về ngày NBĐMM bằng phương pháp mà luận án đưa ra cho thấy các chỉ tiêu được lựa chọn nắm bắt tốt sự bất đồng nhất về thời điểm bắt đầu mùa mưa trên cả quy mô khu vực (vùng khí hậu) và quy mô địa phương (trạm), và phù hợp với các nghiên cứu trước đây.

Kết quả cho thấy rằng, mỗi một tham số đóng vai trò và chi phối khác nhau đến việc xác định NBĐMM tại từng trạm, từng vùng khí hậu và cho toàn Việt Nam (Hình 3.2). Nhìn chung, trên toàn khu vực Việt Nam, tham số P là tham số quan trọng nhất. Bên cạnh đó, sự phân bố theo không gian của các ngưỡng điều kiện cũng có sự khác biệt giữa các vùng, và giữa các trạm trong cùng một vùng (Hình 3.2). Sự khác biệt về vai trò cũng như ngưỡng điều kiện phù hợp của từng tham số để xác định NBĐMM giữa các vùng, và giữa các trạm trong cùng một vùng đã phản ánh phần nào sự khác biệt và phức tạp về đặc trưng mưa giai đoạn chuyển giao từ mùa khô sang mùa mưa trên khu vực Việt Nam.

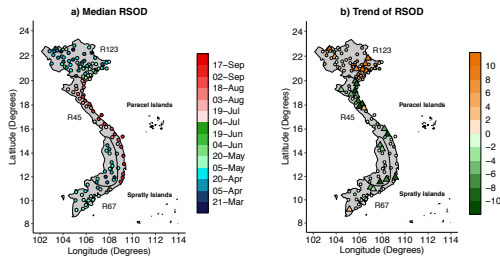


Combination of figure a, b, c is the optimal 3-tuple values of P, N, and D at each station

Hình 3. 1: (a-c) Phân bố theo không gian các giá trị tối ưu của P, N, và D để xây dựng bộ chỉ tiêu xác định ngày bắt đầu mùa mưa quy mô địa phương (tại trạm) trên khu vực Việt Nam; (d) hệ số tương quan giữa tín hiệu quy mô khu vực của ngày bắt đầu mùa mưa (EOF1) với ngày bắt đầu mùa mưa quy mô địa phương xác định dựa trên bộ chỉ tiêu tối ưu được lựa chọn. Đường màu đen thể hiện ranh giới của 3 khu vực R123, R45 và R67. Các hình tam giác (vòng tròn) trong hình (a-c) chỉ ra các trạm mà việc thay đổi các ngưỡng giá trị của điều kiện có ảnh hưởng có (không có) ý nghĩa thống kê, dựa trên kiểm nghiệm F với mức độ tin cậy 95%. Các hình tam giác (vòng tròn) trong hình (d) thể hiện mối quan hệ tương quan có (không có) ý nghĩa thống kê, dựa trên kiểm nghiệm t với mức độ tin cậy 95%.

### 3.3 PHÂN BỐ KHÔNG GIAN VÀ XU THẾ BIẾN ĐỔI CỦA NBĐMM

NBĐMM có sự phân hoá rõ rệt về các đặc trưng và xu thế biến đổi theo không gian giữa các vùng khí hậu, và giữa các trạm trong cùng một vùng khí hậu (Hình 3.2).



Hình 3. 2: (a) Giá trị trung vị của NBĐMM; (b) xu thế thay đổi của NBĐMM trong giai đoạn 1979-2019 tại 131 trạm trên khu vực Việt Nam (ngày/thập kỷ). Hình tam giác (tròn) thể hiện trạm có xu thế thay đổi thoả mãn (không thoả mãn) mức độ tin cậy 95% của kiểm nghiệm Mann-kendall. Đường viền màu đen thể hiện đường biên của các khu vực R123, R45 và R67

### 3.4 MỐI QUAN HỆ GIỮA NBĐMM VÀ ENSO

Mối quan hệ đồng biến giữa ENSO với biến động giữa các năm của NBĐMM được tìm thấy tại R123 và R67 – nơi mà mùa mưa chịu chi phối mạnh mẽ của gió mùa mùa hè. Theo đó, mùa mưa có xu thế đến muộn (sớm) trong những năm El Niño (La Niña).

## CHƯƠNG 4. DỰ BÁO HẠN NỘI MÙA - MÙA NGÀY BẮT ĐẦU MÙA MƯA TRÊN KHU VỰC VIỆT NAM

Trong chương 4, luận án đã bàn luận đến khả năng dự báo NBĐMM tại từng vùng khí hậu trên khu vực Việt Nam bằng các phương pháp và hạn dự báo khác nhau. Các kết quả thu được cho

thấy, chất lượng dự báo NĐMM của từng phương pháp và hạn dự báo là khác nhau giữa các vùng khí hậu (Bảng 4.5).

Bảng 4. 1: Thống kê khả năng dự báo NĐMM tại từng vùng khí hậu với các phương pháp dự báo và hạn dự báo khác nhau. Kỹ năng dự báo được dựa trên chỉ số  $SS_{MAE}$ , theo đó dự báo có kỹ năng khi  $SS_{MAE} > 0$  và không có kỹ năng khi  $SS_{MAE} < 0$

Vùng khí hậu Phương pháp dự báo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1. Phương pháp thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu	Có kỹ năng (DBPT)	Không có kỹ năng	Có kỹ năng (DBPT & DBĐL)	Có kỹ năng (DBPT & DBĐL)	Có kỹ năng (DBPT)	Có kỹ năng (DBPT & DBĐL)	Có kỹ năng (DBPT & DBĐL)
2. Phương pháp thống kê-động lực dự báo hạn mùa (dưới 6 tháng) NĐMM dựa trên sản phẩm CFSv2			Không có kỹ năng			Có kỹ năng (DBPT & DBĐL)	Có kỹ năng (DBPT)
3. Phương pháp sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của CFSv2 để dự báo NĐMM với hạn mùa (dưới 6 tháng)	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng	Không có kỹ năng
4. Phương pháp sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của S2S-ECMWF để dự báo NĐMM với hạn nội mùa (7-40 ngày)	Có kỹ năng dự báo	Có kỹ năng dự báo	Có kỹ năng dự báo			Có kỹ năng dự báo	Có kỹ năng dự báo

## KẾT LUẬN

Luận án đã giải quyết được hai vấn đề chính: 1) Đặc điểm của NBĐMM trên khu vực Việt Nam dựa trên bộ số liệu quan trắc tại 131 trạm trong giai đoạn 1979-2019; 2) Khả năng dự báo hạn nội mùa-mùa NBĐMM tại các vùng khí hậu trên khu vực Việt Nam bằng các phương pháp khác nhau. Các kết quả thu được cho phép rút ra một số kết luận sau:

1) Việc xác định NBĐMM tại trạm phụ thuộc nhiều vào việc lựa chọn chỉ tiêu. Vai trò của các tham số P, N và D mô tả sự thay đổi của các đặc trưng mưa trong giai đoạn chuyển tiếp từ mùa khô sang mùa mưa là khác nhau giữa các vùng khí hậu, và giữa các trạm trong cùng một vùng. Tuy nhiên, tham số P có thể được coi là tham số quan trọng nhất.

2) Với bộ tham số được lựa chọn của luận án, NBĐMM trên khu vực Việt Nam có sự khác biệt về đặc trưng trên cả quy mô khu vực (giữa các vùng khí hậu) và trên cả quy mô địa phương (giữa các trạm). Theo đó, NBĐMM xảy ra sớm nhất ở phía tây bắc của khu vực R1,2,3 vào khoảng nửa đầu tháng 4 (trước thời kỳ gió mùa mùa hè thịnh hành). NBĐMM ở R1,2,3 và R6,7 xảy ra vào giữa tháng 4 và giữa tháng 5. Tuy nhiên, sự biến động giữa các năm của NBĐMM tại R123 lớn hơn (khoảng 21–35 ngày) so với ở R67 (12 ngày). Đối với R45, NBĐMM có sự khác biệt lớn giữa các trạm với NBĐMM xuất hiện vào ngày 1 tháng 7 (phần phía bắc) và muộn nhất vào ngày 13 tháng 9 (phần phía nam). Sự khác biệt lớn này có thể liên quan tới kiện địa lý và cơ chế mưa trong thời kỳ chuyển tiếp từ mùa khô sang mùa mưa. Bên cạnh đó, sự biến động giữa các năm của NBĐMM tại R45 cũng khá lớn với độ lệch chuẩn khoảng 16-18 ngày. Sự biến động hàng năm của NBĐMM tại khu vực R3, R6 và R7 có mối liên hệ chặt chẽ với hoạt động của ENSO, theo đó NBĐMM có xu thế

đến muộn (sớm) trong những năm Elnino (Lanina). Xu thế biến đổi của NBĐMM giữa các vùng khí hậu và các trạm là khác nhau. Đa phần tại các trạm NBĐMM có xu thế biến đổi không rõ rệt, cụ thể NBĐMM sớm hơn tại khu vực R45 và R67, và NBĐMM muộn hơn ở R123. Chỉ một số trạm có xu thế thay đổi rõ rệt như NBĐMM sớm hơn từ 3-8 ngày/thập kỷ tại phía bắc của R4, phía đông nam của R6 và NBĐMM muộn hơn 5-10 ngày/thập kỷ tại phía đông của R3.

3) Việc dự báo hạn mùa NBĐMM bằng phương pháp thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu đều cho kết quả tốt hơn hoặc bằng so với dự báo khí hậu tại cả 7 vùng khí hậu, đặc biệt là đối với R6 và R7. Bên cạnh đó, việc đánh giá trên tập độc lập và khảo sát độ ổn định của phương trình dự báo đều cho thấy tiềm năng của việc áp dụng phương pháp thống kê truyền thống này để dự báo hạn mùa NBĐMM cho các vùng R6 và R7.

4) Việc dự báo hạn mùa NBĐMM bằng phương pháp thống kê động lực sử dụng các sản phẩm của CFSv2 chỉ áp dụng được đối với ba vùng R3, R6 và R7. Điều này có liên quan đến sự chi phối mạnh mẽ của các nhân tố hoàn lưu đại diện là các trường SST, PMSL, U850 đối với sự biến đổi hàng năm của NBĐMM tại các vùng khí hậu này. Nhìn chung, trên cả 3 vùng khí hậu (R3, R6 và R7), các dự báo hạn ngắn (ví dụ 1 tháng) cho kết quả dự báo có phần tốt hơn so với các dự báo hạn dài (ví dụ 6 tháng). Kết quả dự báo NBĐMM là kém hơn dự báo khí hậu ở R3 và tốt hơn dự báo khí hậu ở R6 và R7. Việc kiểm chứng trên tập độc lập, và khảo sát mức độ ổn định của phương trình dự báo cho thấy việc áp dụng phương pháp thống kê động lực để dự báo NBĐMM cho khu vực R6 và R7 là khả thi.

5) Việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa từ CFSv2 cho kết quả dự báo NBĐMM kém hơn khi so sánh với dự báo khí hậu tại tất cả các vùng khí hậu của Việt Nam (R1, R2, R3, R4, R5, R6 và R7). Kỹ



năng dự báo NBĐMM bằng phương pháp này là khác nhau giữa các vùng khí hậu. Kết quả dự báo với hạn dưới 6 tháng về cơ bản chưa nắm bắt được sự biến động giữa các năm của NBĐMM quan trắc tại hầu khắp các vùng khí hậu, trừ khu vực R7. Điều này cũng cho thấy việc hiệu chỉnh các kết quả dự báo NBĐMM gặp nhiều khó khăn, khi mà mối quan hệ giữa NBĐMM quan trắc và dự báo thiếu chặt chẽ. Bên cạnh đó, các kết quả cũng cho thấy vai trò của việc lựa chọn chỉ tiêu phù hợp để xác định NBĐMM đối với kỹ năng dự báo từ sản phẩm CFSv2 bằng phương pháp động lực. Đặc biệt, việc lựa chọn chỉ tiêu xác định NBĐMM nên được tiến hành cho từng vùng khí hậu riêng biệt. Một trong những nguyên nhân dự báo mưa của CFSv2 cho kết quả dự báo NBĐMM kém còn có thể do độ phân giải của mô hình quá thấp (1.0 độ).

6) Dự báo hạn nội mùa NBĐMM từ phẩm mưa của S2S-ECMWF nắm bắt tốt tính biến động hàng năm của NBĐMM quan trắc với hạn dự báo lên tới 40 ngày. NBĐMM dự báo có xu hướng sớm hơn so với thực tế khi tăng hạn dự báo. Kỹ năng dự báo NBĐMM bằng phương pháp này là tốt hơn so với dự báo khí hậu với hạn dự báo lên tới 28~35 ngày, phụ thuộc vào từng khu vực. Tuy nhiên, các dự báo hạn ngắn cho kết quả dự báo có phần tốt hơn so với các dự báo hạn dài. Kết quả phân tích giá trị  $SS_{MAE}$  cho từng tiểu vùng cho thấy, các chỉ tiêu sử dụng ngưỡng điều kiện P thấp (ví dụ P20, P25, P30) phù hợp cho việc xác định NBĐMM tại các dự báo hạn ngắn, ngược lại, các điều kiện P40 và P50 lại có xu hướng phù hợp hơn đối với các dự báo hạn dài. Tuy nhiên, các giá trị của MAE, ME, CORR cho thấy việc cải thiện chất lượng dự báo bằng một hiệu chỉnh đơn giản là có tiềm năng. Do đó, với các kết quả nhận được, việc sử dụng sản phẩm của S2S-ECMWF để dự báo NBĐMM với hạn nội mùa cho các khu vực R1, R2, R3, R6 và R7 là khả thi.

## KIẾN NGHỊ

NBĐMM đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực của đời sống kinh tế-xã hội do vậy việc nghiên cứu, phát triển công cụ dự báo mang ý nghĩa thực tiễn cao. Để hoàn thiện hơn các kết quả luận án đã trình bày, góp phần đưa ra các kết quả nghiên cứu này vào công tác dự báo nghiệp vụ, luận án có một số kiến nghị sau:

1) Phương pháp thống kê truyền thống dựa trên các chỉ số khí hậu nói chung là phương pháp đơn giản và dễ dàng áp dụng và có tiềm năng cho R6 và R7.

2) Đối với việc dự báo hạn mùa dưới 6 tháng NBĐMM dựa trên sản phẩm của mô hình số, việc sử dụng phương pháp thống kê-động lực cho kết quả hiệu quả hơn so với việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa. Tuy nhiên, cần thiết phải có những đánh giá, nghiên cứu chi tiết hơn để đưa việc dự báo hạn mùa NBĐMM bằng phương pháp thống kê-động lực dựa trên sản phẩm CFSv2 ứng dụng thực tế dự báo nghiệp vụ.

3) Việc sử dụng trực tiếp sản phẩm mưa của S2S-ECMWF cho kết quả với kỹ năng dự báo NBĐMM bằng phương pháp này là tốt hơn so với dự báo khí hậu với hạn dự báo lên tới 28~35 ngày, phụ thuộc vào từng vùng khí hậu (R1, R2, R3, R6 và R7). Đây là những tín hiệu tốt cho việc thử nghiệm sử dụng các sản phẩm dự báo của S2S-ECMWF vào công tác nghiệp vụ.

## DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

- 1) Phan Văn Tân, **Phạm Thanh Hà**, Nguyễn Đăng Quang, Nguyễn Văn Hiệp, Ngô Đức Thành, (2016): “Sự biến đổi của ngày bắt đầu mùa mưa ở Tây nguyên và khả năng dự báo”. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 32, Số 3S (2016) 1-18.
- 2) **Pham-Thanh, H**, van der Linden, R, Ngo-Duc, T, Nguyen-Dang, Q, Fink, AH, Phan-Van, T., (2019): “Predictability of the rainy season onset date in Central Highlands of Vietnam”. *Int J Climatol*, 40, 3072– 3086. <https://doi.org/10.1002/joc.6383>.
- 3) **Pham-Thanh, H.**, T. Phan-Van, A. H. Fink, and R. van der Linden, (2021): “Local-Scale Rainy Season Onset Detection: A New Approach Based on Principal Component Analysis and its Application to Vietnam”. *International J. Climatol*, doi: 10.1002/joc.7441.
- 4) **Pham-Thanh, H.**, T. Phan-Van, R. van der Linden, and A. H. Fink, (2021): “The Performance of ECMWF sub-seasonal forecasts to predict the Rainy Season Onset Dates in Vietnam”. *Weather and Forecasting*, doi: 10.1175/WAF-D-21-0144.1.
- 5) **Phạm Thanh Hà**, Phan Văn Tân, (2021): “Xây dựng chỉ tiêu khách quan xác định ngày bắt đầu mùa mưa cho khu vực Tây Nguyên-Nam Bộ”. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* (Chấp nhận đăng)