

**TẠP CHÍ**

# **KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**

**Vietnam Journal of Hydro - Meteorology**

**ISSN 2525 - 2208**



**TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**  
**Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration**

**Số 736**

**04-2022**



**Q. TÔNG BIÊN TẬP**  
**TS. Đoàn Quang Trí**

**Trị sự và Phát hành**  
**Đặng Quốc Khánh**

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái    | 14. TS. Đoàn Quang Trí      |
| 2. GS. TS. Trần Thực         | 15. PGS. TS. Mai Văn Khiêm  |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận   | 16. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân      | 17. TS. Tổng Ngọc Thanh     |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng   | 18. TS. Đinh Thái Hưng      |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn    | 19. TS. Võ Văn Hòa          |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi    | 20. TS. Nguyễn Đắc Đồng     |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 21. GS. TS. Kazuo Saito     |
| 9. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 22. GS. TS. Jun Matsumoto   |
| 10. PGS. TS. Dương Văn Khảm  | 23. GS. TS. Jaecheol Nam    |
| 11. PGS. TS. Dương Hồng Sơn  | 24. TS. Keunyong Song       |
| 12. TS. Hoàng Đức Cường      | 25. TS. Lars Robert Hole    |
| 13. TS. Bạch Quang Dũng      | 26. TS. Sooyoul Kim         |

**Giấy phép xuất bản**

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền  
thông cấp ngày 08/6/2015

**Tòa soạn**

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội  
Điện thoại: 024.39364963  
Email: Tapchikttv@gmail.com

**Chế bản và In tại:**

**Công ty TNHH Đầu Tư Nông Nghiệp**  
**Việt Nam**  
ĐT: 0243.5624399

**Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú**  
**Quốc**

Giá bán: 25.000 đồng

**TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**  
**SỐ 736 - 04/2022**

**MỤC LỤC**

**Bài báo khoa học**

- 1 Dương Văn Khảm, Lại Tiến Dũng, Đặng Quốc Khánh, Dương Hải Yến:** Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến sự phát sinh bọ xít muỗi (*Helopeltis theivora*) trên cây điều tỉnh Lâm Đồng
- 12 Đặng Quốc Khánh, Dương Văn Khảm, Dương Hải Yến:** Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận
- 25 Trần Xuân Dũng, Nguyễn Huỳnh Thy:** Ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ trên đồng ruộng tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long
- 36 Lê Ngọc Quyên, Nguyễn Kỳ Phùng, Lê Mạnh Dũng:** Nghiên cứu đồng hóa số liệu địa phương vào mô hình WRF để nâng cao chất lượng dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ
- 52 Hoàng Thị Thu Hương, Nguyễn Văn Lượng, Lê Hữu Huân, Ngô Sỹ Giai:** Phân tích, đánh giá chỉ số mưa nông nghiệp (ARI), chuẩn hóa lượng mưa (SPI) và lồng ghép thông tin cho 4 cây trồng chính (lúa, ngô, lạc, đậu tương) trong thời kỳ 1991–2020 tại tỉnh Nghệ An
- 64 Mai Văn Khiêm, Hoàng Phúc Lâm, Nguyễn Văn Hưởng, Hoàng Thị Mai, Trần Ngọc Vân, Nguyễn Thanh Hoa, Trịnh Thùy Nguyên, Trần Quang Điệp:** 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
- 79 Phạm Hữu Tài, Nguyễn Xuân Huy, Nguyễn Viết Khôi Nguyên, Lương Hải Linh:** Nghiên cứu hệ chất hoạt động bề mặt dùng cho thu hồi dầu tăng cường trong tầng móng mỏ Bạch Hổ
- 93 Đoàn Quang Trí, Phạm Thị Nga:** Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ tích hợp dự báo lũ, cảnh báo ngập lụt cho 03 lưu vực sông: Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến sự phát sinh bọ xít muỗi (*Helopeltis theivora*) trên cây điều tỉnh Lâm Đồng

Dương Văn Khảm<sup>1\*</sup>, Lại Tiến Dũng<sup>2</sup>, Đặng Quốc Khánh<sup>3</sup>, Dương Hải Yến<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; dvkham.kttv@gmail.com; duongyen185@gmail.com

<sup>2</sup>Viện Bảo vệ Thực vật; dung1172@gmail.com

<sup>3</sup>Tổng Cục Khí tượng Thủy văn; khanhdangkhtc@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: dvkham.kttv@gmail.com; Tel.: +84-904729009

Ban Biên tập nhận bài: 25/12/2021; Ngày phản biện xong: 16/2/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Cây điều là một trong những cây thương mại quan trọng ở tỉnh Lâm Đồng. Sản xuất và năng suất điều chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, trong đó, bọ xít muỗi (*Helopeltis theivora*) được coi là loài gây hại chính cho cây điều. Tốc độ phát triển, khả năng sinh sản và phát tán của bọ xít muỗi lại chịu ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu. Trên cơ sở các số liệu khí tượng và các số liệu điều tra khảo sát bọ xít muỗi trên cây điều, bài báo áp dụng các phương pháp thống kê trong khí hậu, khí hậu nông nghiệp nghiên cứu mối quan hệ giữa các yếu tố thời tiết, khí hậu và mật độ bọ xít muỗi tại khu vực huyện Đa Huoai, Lâm Đồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ tối cao, lượng mưa, độ ẩm tương đối và số giờ nắng có vai trò quan trọng trong việc gia tăng hoặc suy giảm mật độ bọ xít muỗi trên cây điều. Hệ số tương quan giữa mật độ bọ xít muỗi với nhiệt độ tối cao là  $-0,79$ , với số giờ nắng là  $-0,82$  và với độ ẩm không khí là  $0,60$ . Mật độ bọ xít muỗi hại điều cao nhất trùng hợp với giai đoạn ra lộc non, hoa và đậu quả. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng trong việc áp dụng các biện pháp quản lý tổng hợp, điều chỉnh chế độ chăm sóc làm giảm thiểu tác hại của bọ xít muỗi, từ đó cải thiện năng suất và chất lượng của cây điều tại tỉnh Lâm Đồng.

**Từ khóa:** Bọ xít muỗi; Cây điều; Các yếu tố khí hậu.

### 1. Mở đầu

Cây điều là một trong những cây thương mại quan trọng trên thế giới và ở Việt Nam. Sản xuất và năng suất chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Khi diện tích và năng suất điều tăng lên thì sâu bệnh cũng tăng. Bất chấp việc áp dụng các biện pháp, sự suy giảm trong sản xuất chủ yếu là do côn trùng. Cây điều bị một số loài côn trùng gây hại tấn công trong các giai đoạn sinh trưởng và phát triển, dẫn đến tổn thất năng suất đáng kể. Trong số này, bọ xít muỗi (*Helopeltis theivora*), được coi là loài gây hại chính và gây hại nặng nhất cho cây điều [1–2].

Bọ xít muỗi làm năng suất giảm do làm hỏng chồi non, chùm hoa và quả chưa trưởng thành ở các giai đoạn khác nhau của quá trình phát triển [2–5]. Các giai đoạn trưởng thành và chưa trưởng thành của loài gây hại này hút nhựa từ các chồi non, lá, cành hoa, quả hạch đang phát triển; vết thương do miệng của côn trùng làm cho chồi non tiết ra chất dẻo như nhựa. Các mô xung quanh điểm xâm nhập vết chích của côn trùng bị hoại tử và hình thành vảy màu nâu hoặc đen là do hoạt động của phytotoxin có trong nước bọt của côn trùng được chích vào mô thực vật [6–8]. Tốc độ phát triển, tỷ lệ sống sót, khả năng sinh sản và

*Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2022, 736, 1-11; doi:10.36335/VNJHM.2022(736).1-11 <http://tapchikttv.vn/>

phát tán của bọ xít muỗi lại chịu ảnh hưởng của các yếu tố phi sinh học. Trong số các yếu tố phi sinh học ảnh hưởng đến bọ xít muỗi thì yếu tố khí hậu có ảnh hưởng quan trọng nhất.

Để có cơ sở khoa học phòng trừ bọ xít muỗi gây hại cho cây điều đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới sử dụng các chỉ tiêu khí hậu, khí hậu nông nghiệp để đánh giá các điều kiện thuận lợi cho sự phát sinh phát triển của bọ xít muỗi trên cây điều. Có thể kể đến một số nghiên cứu sau: [1] Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố phi sinh học đến động thái quần thể của sâu hại điều ở vùng Konkan thuộc Maharashtra của Ấn Độ, trong nghiên cứu tác giả đã đánh giá được mối quan hệ của các yếu tố nhiệt độ, mưa, độ ẩm, nắng đến sự phát sinh, phát triển của bọ xít muỗi trên cây điều; Nghiên cứu [2] về ký sinh trùng bọ xít muỗi (*Helopeltis theivora*) trên cây điều có liên quan đặc biệt đến các yếu tố khí hậu. Trong Báo cáo được trình bày tại cuộc họp nhóm quốc gia gồm các nhà lãnh đạo AICRP về điều tại NRC [3] đã đề cập đến tình trạng Quản lý côn trùng gây hại cây điều ở Maharashtra, trong đó các tác giả đã tập trung thảo luận về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến bùng phát dịch bệnh trên cây điều và các biện pháp phòng tránh; Biến động mật độ của bọ xít muỗi trên cây điều ở Indonesia [5, 9–12].

Ở Việt Nam các nghiên cứu về côn trùng nói chung và bọ xít muỗi nói riêng đối với cây điều chủ yếu ở khía cạnh dịch tễ học theo hướng giống, biện pháp kỹ thuật thâm canh, thuốc trừ dịch bệnh. Nghiên cứu về các điều kiện khí hậu thời tiết đến sự phát sinh bọ xít muỗi để có cơ sở khoa học trị tận gốc và có các biện pháp phòng tránh bọ xít trên cây điều hầu như chưa có [13–16].

Việc côn trùng nói chung và bọ xít muỗi nói riêng hình thành và phát triển liên quan khá chặt chẽ với các yếu tố khí hậu. Sự thay đổi khí hậu sẽ dẫn đến sự thay đổi trong động thái của quần thể côn trùng [1, 6–9]. Ngày nay, dưới tác động của biến đổi khí hậu dẫn đến các điều kiện thời tiết khí hậu diễn biến phức tạp. Cùng với sự thay đổi của thời tiết khí hậu là hệ sinh thái có nhiều biến động, làm côn trùng nói chung và bọ xít muỗi nói riêng phát triển nhanh hơn, các đợt dịch sâu bệnh cũng bùng phát bất thường, mật độ gia tăng. Do đó, hướng nghiên cứu khí hậu đến sự phát sinh, phát triển của sâu bệnh có hại cho cây trồng nói chung và cây điều nói riêng ngày một trở nên cấp thiết. Kết quả nghiên cứu của bài báo về ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến sự phát sinh bọ xít muỗi trên cây điều tỉnh Lâm Đồng là một hướng đi đúng đắn trong việc cụ thể hoá các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

## 2. Cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lâm Đồng là một trong năm tỉnh thuộc vùng Tây Nguyên, Việt Nam, đồng thời là tỉnh có diện tích lớn thứ 7 cả nước, tiếp giáp với vùng kinh tế trọng điểm phía nam (Hình 1).

Nằm trên cao nguyên cao nhất của Tây Nguyên là Lâm Viên–Di Linh với độ cao 1500 mét so với mực nước biển, tài nguyên đất đai của Lâm Đồng rất thích hợp để phát triển các loại cây công nghiệp dài ngày như chè, cà phê, dâu tằm, điều ... và rau hoa. Lâm Đồng đã hình thành nhiều vùng chuyên canh tập trung và là thị trường tiềm năng về nguyên liệu cho công nghiệp chế biến nông sản thực phẩm. Lâm Đồng đứng đầu cả nước về sản xuất chè, rau hoa chất lượng cao; đứng thứ 2 cả nước về sản xuất cà phê; chiếm tỷ trọng đáng kể về các sản phẩm như dâu tằm tơ, hạt điều, bò thịt sữa, mía đường, dược liệu... Trong đó diện tích trồng điều toàn Tỉnh đạt 7.300 ha và có khả năng phát triển lên 8.300 ha. Hàng năm Lâm Đồng có thể thu hoạch khoảng 2.300 tấn nhân điều [17].

Trong vài năm trở lại đây, cùng với việc mở rộng diện tích và tác động ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nhiều loài sinh vật hại nguy hiểm phát sinh gây hại ảnh hưởng không nhỏ đến sản xuất nông nghiệp tại tỉnh Lâm Đồng trong đó có dịch bọ xít muỗi. Năm 2017–2018, có 29.245,4 ha cây điều ở Lâm Đồng bị bọ xít muỗi gây hại, diện tích nhiễm nặng là 18.120,4 ha. Tỷ lệ thiệt hại lên đến hơn 90% sản lượng, tương đương với hơn 17.000 tấn hạt điều thô nguyên liệu đã bị mất, ước tính thiệt hại khoảng 850 tỷ đồng [17]. Đối với cây

cà phê chè, bọ xít muỗi gây hại 1.268 ha trong đó có 390 ha hại nặng, tỷ lệ hại trung bình 33%, cục bộ lên tới 75% trên chồi non, búp non. Năm 2019–2020, hơn 900 ha cà phê chè bị gây hại tại Đà Lạt và Lạc Dương, tỷ lệ bị hại phổ biến khoảng 30%. Ngoài ra bọ xít muỗi còn gây hại nhiều cây trồng khác như chè, bơ, sầu riêng, ổi, xoài, cây có múi... Bảng 1 là diện tích trồng điều bị ảnh hưởng của mọt xít muỗi ở một số địa phương. Trong đó tỉnh Lâm Đồng diện tích điều bị hại là lớn nhất hơn 29000 ha [18].

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của Bọ xít muỗi tại một số tỉnh trồng điều chủ lực, vụ điều năm 2017 [18].

Tỉnh	Diện tích (ha)	
	Tổng số	Diện tích bị ảnh hưởng do Bọ xít muỗi
Bình Phước	134.302	8.215
Lâm Đồng	32.320	29.245
Đồng Nai	37.802	4.829
Bà Rịa – Vũng Tàu	10.000	310
Bình Thuận	16.879	10.360
Gia Lai	17.854	1.027,1
Tổng cộng	249.157	53.986

## 2.2. Cơ sở dữ liệu

### 2.2.1. Điều tra, thu thập số liệu bọ xít muỗi

Các đợt điều tra khảo sát đã được thực hiện để nghiên cứu động thái quần thể của côn trùng gây hại cây điều và mối tương quan của chúng với các yếu tố thời tiết, khí hậu. Điều tra được thực hiện trong thời gian từ năm 2016 đến năm 2020 tại huyện Đa Huoai tỉnh Lâm Đồng, theo phương pháp của Viện Bảo vệ Thực vật (1997) và Quy chuẩn quốc gia QCVN–01–38:2010/BNNPTNT ngày 12/10/2010 của Bộ Nông nghiệp và PTNT [19].

Chọn 3 xã đại diện, mỗi xã 3 vườn điều có độ tuổi từ 7–10 đang trong thời kỳ kinh doanh để tiến hành điều tra. Tại mỗi vườn đã chọn, chọn đánh dấu ngẫu nhiên 3 cây đại diện. Định kỳ 1 tháng điều tra 4 lần vào ngày đầu tiên tuần 1 và ngày đầu tiên của các tuần tiếp theo hàng tháng. Riêng giai đoạn phát lộc quả, ra hoa đậu quả, quả chín tiến hành điều tra bổ sung thêm 1 lần nữa. Trên 1 cây điều tra 4 hướng (Đông, Tây, Nam, Bắc), vị trí điều tra cách mặt đất từ 2–2,5 m. Kết quả điều tra được tính giá trị trung bình/tháng, mật độ bọ xít muỗi quy ra số con/ngọn (ngọn có chiều dài từ 20–25 cm, có duy nhất 1 búp non) (Bảng 2).

**Bảng 2.** Mật độ bọ xít muỗi năm 2016–2020 (con/ngọn).

Tháng/năm	2016	2017	2018	2019	2020
Tháng 1	2,16	2,35	2,25	0,65	0,79
Tháng 2	2,24	2,37	2,37	1,23	0,93
Tháng 3	2,08	2,55	2,62	1,22	0,95
Tháng 4	1,86	2,25	2,18	0,96	0,88
Tháng 5	1,32	2,3	2,3	0,72	0,56
Tháng 6	1,16	1,96	1,86	0,66	0,23
Tháng 7	1,26	1,67	1,46	0,87	0,38
Tháng 8	1,07	1,08	1,13	0,79	0,45
Tháng 9	0,92	1,12	1,00	0,52	0,22
Tháng 10	1,16	1,16	1,12	0,56	0,33
Tháng 11	1,78	1,64	1,34	0,98	0,48
Tháng 12	2,06	2,12	2,42	1,16	0,67

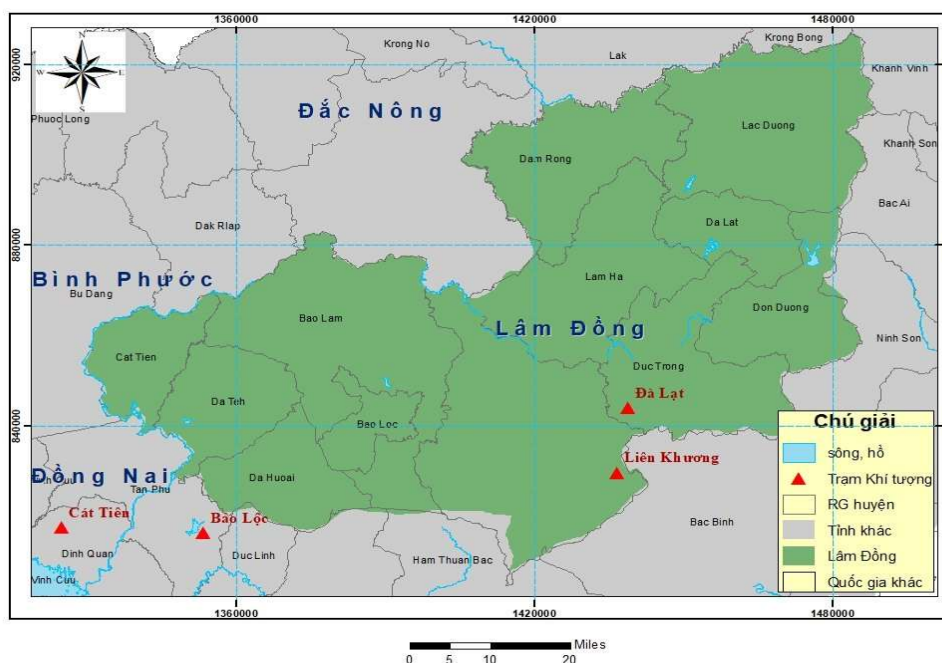
### 2.2.2. Số liệu khí tượng

Trong báo cáo sử dụng số liệu khí tượng (từ 2011–2020) tại 4 trạm: Đà Lạt, Bảo Lộc, Cát Tiên, Liên Khương.

Các số liệu khí tượng được thu thập là số liệu ngày của 6 yếu tố: lượng mưa, nhiệt độ không khí trung bình, nhiệt độ không khí tối cao, nhiệt độ không khí tối thấp, độ ẩm không khí và số giờ nắng. Vị trí các trạm được thể hiện ở Bảng 3 và Hình 1.

**Bảng 3.** Lưới trạm khí tượng khu vực nghiên cứu.

STT	Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)	Thời kỳ
1	Đà Lạt	108.27	11.57	850	2011–2020
2	Bảo Lộc	107.49	11.32	1513	2011–2020
3	Cát Tiên	107.23	11.33	400	2011–2020
4	Liên Khương	108.25	11.44	961	2011–2020



**Hình 1.** Bản đồ khu vực nghiên cứu và các Trạm khí tượng.

### 2.3. Phương pháp xử lý và nội suy số liệu khí tượng

Do điểm lấy mẫu mật độ bọ xít muỗi không có trạm quan trắc khí tượng, vì vậy phải đưa dữ liệu tại các điểm trạm khí tượng về địa điểm lấy mẫu. Bài báo sử dụng phương pháp phân tích thống kê áp dụng trong khí hậu và khí hậu nông nghiệp của FAO và WMO [20–22]. Cụ thể phương pháp như sau:

#### 2.3.1. Phương pháp nội suy nhiệt độ

Yếu tố nhiệt độ phụ thuộc vào vị trí và độ cao địa hình vì vậy phương pháp nội suy yếu tố nhiệt độ về điểm lấy mẫu dựa trên xây dựng phương trình hồi quy đa biến, với nhiệt độ là biến phụ thuộc (T) và các biến kinh độ (X), vĩ độ (Y), độ cao (H) là các biến độc lập.

Trong các phân tích dữ liệu, một nhiệm vụ thường gặp là nghiên cứu sự phụ thuộc của một biến ngẫu nhiên  $T \in \mathbb{R}$  trên nhiều biến độc lập  $K = [X, Y, H] \in \mathbb{R}$ . Mô hình cho dưới dạng một phương trình toán học  $T = f(K)$  mô tả mối liên hệ giữa T và K được gọi là mô hình hồi quy.

Nếu hàm f có dạng bậc nhất thì kỹ thuật được gọi là phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính đa biến. Mô hình hồi quy tuyến tính đa biến được cho dưới dạng sau đây:

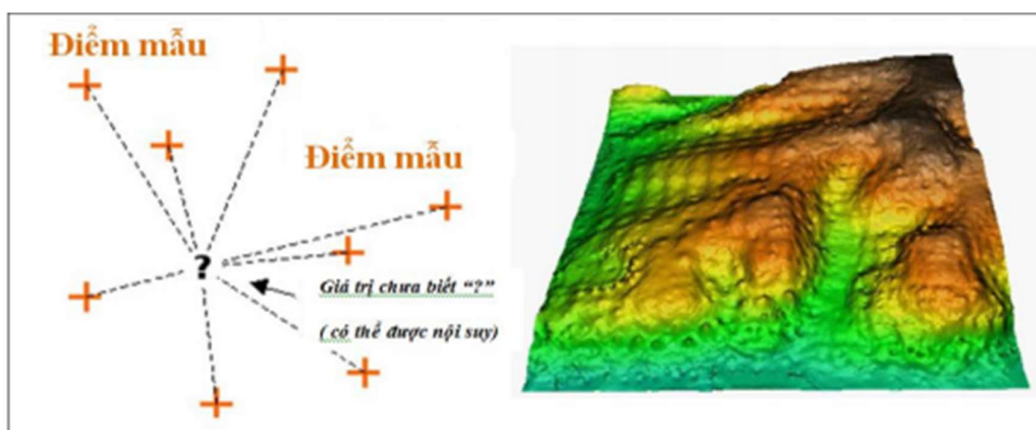
$$T = a_1 + a_2X + a_3Y + a_4H \quad (1)$$

Trong đó  $a_1, a_2, a_3, a_4$  là hệ số hồi quy.

### 2.3.2. Phương pháp nội suy các yếu tố khí tượng khác (lượng mưa, số giờ nắng, bốc hơi...)

Đối với các yếu tố khí tượng khác như lượng mưa, số giờ nắng, độ ẩm không khí, bốc hơi trong một không gian không lớn sự phụ thuộc vào kinh vĩ độ và độ cao địa hình nhiều khi không rõ rệt. Vì vậy, để nội suy các yếu tố này thường sử dụng phương pháp IDW (*Inverse Distance Weighting*) [23–24].

IDW là phương pháp nội suy sử dụng phổ biến nhất trong các chức năng phân tích của GIS. Phương pháp IDW xác định các giá trị cell bằng cách tính trung bình các giá trị của các điểm mẫu trong vùng lân cận của mỗi cell. Điểm càng gần điểm trung tâm (mà ta đang xác định) thì càng có ảnh hưởng nhiều hơn. Số lượng các điểm, hoặc tất cả các điểm mẫu nằm trong vùng bán kính nội suy có thể được sử dụng để xác định giá trị đầu ra cho mỗi điểm nội suy [24] (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ nội suy số liệu theo phương pháp IDW.

Trọng số của mỗi điểm được tính theo công thức:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i x d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}} \quad (2)$$

Trong đó  $Z_0$  là giá trị ước tính của biến  $Z$  tại điểm  $I$ ;  $Z_i$  là giá trị mẫu tại điểm  $i$ ;  $d_i$  là khoảng cách điểm mẫu để ước tính điểm;  $N$  là hệ số xác định trọng số dựa trên một khoảng cách.

### 2.3.3. Phương pháp xác định mối tương quan giữa yếu tố khí hậu và mật độ bọt xít muối

Hệ số tương quan (HSTQ) Pearson (*Pearson correlation coefficient*, kí hiệu  $r$ ) đo lường mức độ tương quan tuyến tính giữa các biến (các yếu tố khí hậu và mật độ bọt xít muối). Về nguyên tắc, tương quan Pearson sẽ tìm ra một đường thẳng phù hợp nhất với mối quan hệ tuyến tính của 2 biến [21–22].

Hệ số tương quan Pearson ( $r$ ) sẽ nhận giá trị từ +1 đến -1.

$r < 0$  cho biết một sự tương quan nghịch giữa hai biến, nghĩa là nếu giá trị của biến này tăng thì sẽ làm giảm giá trị của biến kia.

$r = 0$  cho thấy không có sự tương quan.

$r > 0$  cho biết một sự tương quan thuận giữa hai biến, nghĩa là nếu giá trị của biến này tăng thì sẽ làm tăng giá trị của biến kia.

Cho hai biến số  $x$  và  $y$  từ  $n$  mẫu, hệ số tương quan Pearson được ước tính bằng công thức sau đây:

Hệ số tương quan  $r$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}} \quad (3)$$

HSTQ cho biết mối quan hệ tuyến tính giữa x và t. Hai biến phụ thuộc tuyến tính vào nhau càng chặt nếu trị số tuyệt đối của HSTQ giữa chúng càng lớn. Tương tự như vậy với hệ số tương quan đa biến.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả nội suy các yếu tố khí tượng về điểm lấy mẫu

Để đồng nhất về mặt số liệu giữa mật độ bọ xít muỗi và các yếu tố khí hậu, bài báo đã nội suy giá trị các yếu tố khí hậu từng tháng từ các trạm quan trắc về điểm lấy mẫu, là điểm có mật độ bọ xít muỗi cao nhất trên điều ở Lâm Đồng (theo các phương pháp nội suy được trình bày ở trên, công thức 1, 2, 3). Các thông số được nội suy bao gồm nhiệt độ trung bình, nhiệt độ tối thấp, nhiệt độ tối cao, tổng lượng mưa, độ ẩm không khí và số tổng số giờ nắng từng tháng và năm trong 10 năm, kết quả năm được thể hiện ở Bảng 4 và Bảng 5.

**Bảng 4.** Bảng nội suy kết quả nhiệt độ tại điểm lấy mẫu Đa Huoai theo phương pháp hồi quy đa biến.

STT	Năm	Nhiệt độ TB	Nhiệt độ tối thấp (Tmin)	Nhiệt độ tối cao (Tmax)
1	2011	26,1	24,0	33,2
2	2012	27,8	24,4	33,7
3	2013	27,8	24,1	34,1
4	2014	27,8	23,9	33,9
5	2015	27,7	24,0	34,4
6	2016	27,3	23,7	33,1
7	2017	26,7	23,4	32,2
8	2018	26,7	23,2	32,5
9	2019	26,8	23,2	32,9
10	2020	27,1	23,4	33,3

**Bảng 5.** Bảng kết quả nội suy các yếu tố lượng mưa, độ ẩm không khí và số giờ nắng theo phương pháp IDW.

STT	Năm	Lượng mưa (R)	Độ ẩm KK (H)	Số giờ nắng (S)
1	2011	2868	85	1982
2	2012	2893	85	2217
3	2013	3048	84	2121
4	2014	3342	85	2209
5	2015	2591	83	2399
6	2016	2407	84	2049
7	2017	2424	86	1941
8	2018	2131	84	2107
9	2019	2185	83	2289
10	2020	2325	84	2197

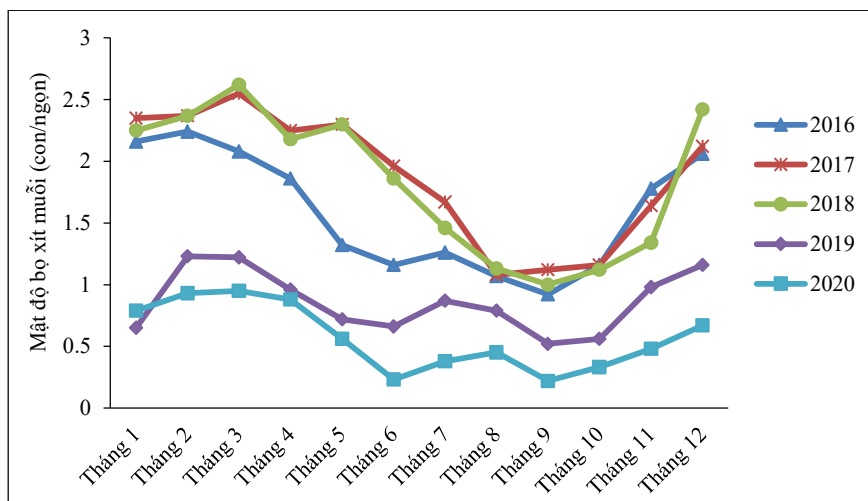
#### 3.2. Tình hình phát sinh gây hại của bọ xít muỗi trên cây điều tại Lâm Đồng

Cây Điều được trồng tại Lâm Đồng có chu kỳ sinh trưởng từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau. Với 5 giai đoạn chính như sau: Tháng 10 là thời kỳ bắt đầu đọt lộc quả, tháng 11–12 là



thời kỳ ra hoa, tháng 1 điều đậu quả non, tháng 2–3 giai đoạn quả non. Tháng 4 là thời điểm thu hoạch.

Theo điều tra thực tế tại điểm lấy mẫu mật độ bọ xít muỗi, cho thấy giai đoạn xuất hiện nhiều nhất và thường gây hại nặng nhất là từ tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau, đúng vào thời kỳ ra hoa và đậu quả của cây điều (Hình 3).



Hình 3. Mật độ bọ xít muỗi theo tháng tại điểm điều tra.

### 3.3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến mật độ bọ xít muỗi

Để đánh giá tác động của từng yếu tố khí tượng đến sự phát triển của bọ xít muỗi. Nghiên cứu đã xác định tương quan giữa các yếu tố khí tượng theo từng tháng với mật độ bọ xít muỗi tương ứng trên cây điều. Như phân tích ở trên và Hình 3 biểu diễn mật độ bọ xít muỗi theo tháng, giai đoạn 2016–2020, cho thấy bọ xít muỗi gây hại nhất từ tháng 12 năm trước đến tháng 3, và giảm dần từ tháng 4 đến tháng 11 hàng năm. Hệ số tương quan của các yếu tố khí tượng với mật độ từng tháng xuất hiện tại điểm lấy mẫu được thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6. Hệ số tương quan giữa các yếu tố khí tượng tháng và mật độ bọ xít muỗi giai đoạn 2016–2020.

Yếu tố	Hệ số tương quan											
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12
Ttb	0,53*	-0,89**	-0,77*	-0,29	-0,92**	-0,67*	-0,91**	-0,45	0,19	0,34	0,66*	0,92**
Tmax	-0,52*	-0,81**	-0,79*	-0,44	-0,77*	-0,87**	-0,84**	-0,40	0,21	0,17	0,22	-0,32
Tmin	0,94**	-0,05	-0,76*	-0,45	-0,80**	-0,17	-0,69*	-0,48	0,06	-0,23	0,60*	0,91**
R	0,64*	0,91**	0,39	-0,19	0,70*	-0,52*	0,16	-0,41	-0,03	0,18	0,04	0,64*
S	-0,38	-0,48	-0,45	-0,51*	-0,18	-0,06	-0,72*	-0,43	0,73*	0,08	-0,84**	-0,76*
H	0,64*	0,91**	0,39	0,14	0,53*	-0,05	0,41	0,34	-0,66*	-0,27	0,20	0,05

\* Có nghĩa với mức thống kê 0,1; \*\* Có nghĩa với mức thống kê 0,05.

Hầu như tất cả các yếu tố trong các tháng (từ tháng 12, tháng 1, tháng 2 và tháng 3) đều có độ tin cậy thống kê với mức ý nghĩa là 0,1 và 0,05 chứng tỏ các yếu tố này có liên quan với các mức độ khác nhau đến mật độ bọ xít (Bảng 6). Trong đó, nhiệt độ tối cao có tương quan nghịch với mật độ bọ xít, điều đó có nghĩa là nhiệt độ tối cao càng cao (trong khoảng thống kê) mật độ bọ xít càng giảm và ngược lại. Khác với nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp và nhiệt độ trung bình trong tháng 12, tháng 1 có tương quan thuận với mật độ bọ xít ở một ngưỡng giá trị nhiệt độ nào đó, nghĩa là nhiệt độ tối thấp càng cao (trong khoảng thống kê) thì mật độ bọ xít càng tăng và ngược lại. Còn đối với tháng 2, 3 nhiệt độ trong hai tháng có

giá trị từ 27–29 °C, với hệ số tương quan âm, cho thấy mối quan hệ tương quan nghịch với mật độ bọ xít. Đặc điểm nhiệt độ trong tháng 2 và tháng 3 khi xu thế nhiệt càng tăng quá cao vượt ngưỡng giá trị thích hợp thì mật độ bọ xít giảm.

Đối với lượng mưa và độ ẩm không khí trong các tháng này (tháng 12, 1, 2, 3) đều có tương quan thuận với mật độ bọ xít, khi lượng mưa tăng độ ẩm cũng tăng là nguyên nhân cho bọ xít phát triển. Ngược lại, số giờ nắng càng cao mật độ bọ xít càng thấp, hệ số tương quan đều mang dấu âm. Lượng ánh sáng càng ít, trời âm u là nguyên nhân bọ xít phát triển và ngược lại.

Với yếu tố số giờ nắng, giai đoạn phát triển của cây điều cũng là giai đoạn số giờ nắng nhiều nhất trong năm tại điểm lấy mẫu, tổng số giờ nắng tính toán được giao động từ 150–250 giờ/tháng và có xu thế tăng lên trong những năm gần đây. Yếu tố nắng là yếu tố không thuận lợi cho bọ xít muối, số giờ nắng càng nhiều, bọ xít muối càng khó phát triển được thể hiện thông qua chỉ số tương quan (–0,76 ~ –0,45).

Đối với các tháng khác trong năm, là thời điểm cây điều rụng lá, khi mà các bộ phận không sẵn có để bọ xít gây hại sẽ không ảnh hưởng quá nhiều đến năng suất và chất lượng điều. Tuy nhiên các yếu tố khí hậu vẫn ảnh hưởng đến sự phát triển của bọ xít muối, có thể thấy rõ đối với một số yếu tố tại các tháng hệ số tương quan có giá trị lớn khẳng định về mối quan hệ mật thiết này. Nhiệt độ trung bình tháng 5 (R= –0.92), tháng 6 (R= –0.67), tháng 7 (R= –0.91), kết quả tương quan này cho thấy nhiệt độ giai đoạn lựa chọn để nghiên cứu có xu thế tăng, mật độ bọ xít muối giảm. Theo đặc điểm khí hậu tại Lâm Đồng giai đoạn từ tháng 5 đến tháng 8 (25–26°C), là giai đoạn nhiệt độ thấp trong năm, xu thế nhiệt từ năm 2016–2020 có xu thế tăng với giá trị mức nhiệt từ 27–29°C. Các kết quả về mối quan hệ này cho thấy rằng, nhiệt độ thích hợp để bọ xít muối phát triển mạnh là trên 26 °C, khi nhiệt độ đến ngưỡng 28 °C trở lên là điều kiện không thuận lợi cho sự phát triển của bọ xít. Nhìn chung kết quả cho thấy, các tháng 5,6,7 yếu tố nhiệt độ có ảnh hưởng đến mật độ bọ xít nhiều hơn so với các yếu tố còn lại. Còn các tháng 8, 9, 10 không có tác động nhiều đến sự phát sinh mật độ bọ xít muối và yếu tố ảnh hưởng chủ yếu là độ ẩm.

Để đánh giá một cách tổng thể mối tương quan của các yếu tố khí tượng tới bọ xít muối trong năm, báo cáo đã phân tích tương quan giữa các yếu tố khí tượng trung bình năm và mật độ bọ xít muối. Kết quả tương quan được thể hiện ở Bảng 7.

**Bảng 7.** Hệ số tương quan yếu tố khí hậu TB năm với mật độ bọ xít muối.

Năm	Ttb(°C)	Tmax(°C)	Tmin(°C)	R(mm)	S(giờ)	H(%)
HSTQ	–0,38	–0,79*	0,17	0,15	–0,82**	0,6*

\* Có nghĩa với mức thống kê 0,1; \*\* Có nghĩa với mức thống kê 0,05.

Nghiên cứu cho thấy, trong giai đoạn phát triển này của cây điều, mật độ bọ xít muối chỉ có tương quan vượt ngưỡng ý nghĩa thống kê 0,1 và 0,05 là các yếu tố nhiệt độ tối cao, số giờ nắng và độ ẩm không khí. Mật độ bọ xít muối tương quan nghịch tới nhiệt độ tối cao (r = –0,79) và số giờ nắng (r = –0,82). Điều này chứng tỏ nhiệt độ không khí tăng, trời càng nhiều nắng mật độ bọ xít muối càng giảm và ngược lại.

Mật độ bọ xít muối tương quan thuận với độ ẩm không khí (r = 0,60). Kết quả này khẳng định lượng mưa và độ ẩm càng cao là môi trường cho bọ xít muối phát triển.

Theo kết quả khảo sát mật độ bọ xít tại Đa Huoai, bọ xít muối xuất hiện nhiều nhất vào năm 2016, 2017 và 2018, do đặc điểm khí hậu các năm này thuận tiện cho bọ xít phát triển. Các số liệu đã chứng minh độ ẩm không khí là yếu tố tác động lớn nhất đối với sự phát triển và sinh trưởng của bọ xít muối: độ ẩm không khí trung bình lớn nhất vào năm 2017 là 86% tương ứng với mật độ bọ xít muối xuất hiện nhiều nhất (1,88 con/ngọn). Ngoài ra năm 2017 với nhiệt độ trung bình năm thấp là 26,7 °C so với các năm, điều này càng khẳng định độ ẩm tăng, nhiệt độ giảm là điều kiện thuận lợi đối với mật độ bọ xít.

Như vậy có thể khẳng định ngoài các yếu tố sinh vật học về các kỳ sinh trưởng của cây điều như ra hoa, tạo quả, quả non thì các yếu tố khí tượng là nguyên nhân quan trọng gây ra sự phát triển và lây lan bọ xít muỗi.

#### 4. Kết luận

Từ nghiên cứu trên cho thấy, bọ xít muỗi trên cây điều thường xuất hiện và gây hại từ tháng 11 khi cây điều bắt đầu vào giai đoạn thời kỳ ra lộc non, hoa và quả non và mật độ bọ xít muỗi cao nhất vào các tháng 12, tháng 1, tháng 2 và tháng 3. Khi hoa nở gặp các điều kiện khí tượng thuận lợi cho sự phát triển của bọ xít muỗi như lượng mưa và độ ẩm cao, nhiệt độ và số giờ nắng thấp là nguyên nhân quan trọng cho sự phát triển của bọ xít muỗi. Mật độ bọ xít muỗi tương quan thuận với lượng mưa ( $r = 0,64$  đến  $0,91$ ) và với độ ẩm không khí ( $r = 0,64$  đến  $0,91$ ), tương quan nghịch với nhiệt độ tối cao ( $r = -0,52$  đến  $-0,79$ ) và số giờ nắng ( $r = -0,48$  đến  $-0,84$ ) tùy từng tháng.

Đối với các tháng khác trong năm, nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng nhất đến sự phát triển của bọ xít muỗi. Cụ thể tương quan giữa bọ xít muỗi với nhiệt độ trung bình tháng 5 ( $r = -0,92$ ), tháng 6 ( $r = -0,67$ ), tháng 7 ( $r = -0,91$ ), kết quả này cho thấy nhiệt độ giai đoạn này tăng mật độ bọ xít muỗi giảm.

Kết quả nghiên cứu bước đầu khẳng định các yếu tố khí hậu đóng vai trò quan trọng trong sự phát sinh bọ xít muỗi trên cây điều. Để quản lý bọ xít muỗi gây hại cần áp dụng các biện pháp quản lý tổng hợp, theo dõi diễn biến thời tiết nhất là các tháng 12, 1, 2, 3 để điều chỉnh chế độ chăm sóc phù hợp làm giảm thiểu tác động của các yếu tố thời tiết khí hậu, từ đó cải thiện năng suất và chất lượng của cây điều tại tỉnh Lâm Đồng.

Hạn chế của bài báo là số liệu điều tra bọ xít muỗi chưa đủ dài vì vậy hệ số tương quan một số yếu tố khí tượng với bọ xít muỗi với mức độ tin cậy thống kê chưa cao, nhiều yếu tố chưa vượt được mức tin cậy thống kê. Các nghiên cứu tương tự sẽ được tiếp tục khi các số liệu điều tra bọ xít muỗi đầy đủ và nhiều hơn trong tương lai sẽ khẳng định thêm kết luận của bài báo.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.V.K., L.T.D.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.V.K., L.T.D., Đ.Q.K.; Viết bản thảo bài báo: D.V.K., L.T.D.; Chính sửa bài báo: D.V.K., L.T.D., D.H.Y.

**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.

**Lời cảm ơn:** Nội dung của bài báo là một phần kết quả của đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu quản lý tổng hợp bọ xít muỗi (*Helopeltis spp.*) hại trên một số cây trồng chủ lực (điều, chè, bơ và cà phê chè) tại Lâm Đồng và phụ cận” mã số ĐTĐL.CN-56/19 kinh phí từ Bộ Khoa học và Công nghệ và UBND tỉnh Lâm Đồng cấp theo hợp đồng số 56/19-ĐTĐL-CN-ĐP ngày 25/12/2019.

#### Tài liệu tham khảo

1. Zote, V.K.; Salvi, S.P.; Haldavnekar, P.C.; Narangalkar, A.L. Influence of abiotic factors on the population dynamics of Cashew pests in Konkan region of Maharashtra. *J. Entomol. Zool. Stud.* **2017**, *5(1)*, 860–863.
2. Sundararaju, D. Studies on the parasitoids of tea mosquitobug, *Helopeltis antonii* Sign. (Heteroptera: Miridae) on cashew with special reference to *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae). *Biol. Control* **1993**, *7(1)*, 6–8.
3. Godse, S.K.; Bhole, S.R.; Patil, R.P.; Shivpuje, P.R.; Sapkal, B.B. Status of Management of insect pests of cashew in Maharashtra. Report Presented in National Group Meeting of Scientists of AICRP on Cashew at NRC for cashew, Puttur, Karnataka, India, 2004.

4. Devasahayam, S.; Nair, C.P.R. Tea mosquito bug (*Helopeltis antonii* signoret) on cashew in India. *J. Plantation Crops* **1986**, 14(1), 1–10.
5. Abraham, E.V. Pest of cashew in South India. *Indian J. Agric. Sci.* **1958**, 28, 531–544.
6. Dharmaraju, E.; Rao, P.A.; Ayyanna, T.A. New record of *Nephopteryx* sp. as an apple and nut borer on cashew in Andhra Pradesh. *J. Res. Andhra Pradesh Agril. Uni.* **1974**, 4(5), 198.
7. Abraham, E.V. Pest of cashew in South India. *Indian J. Agric. Sci.* **1958**, 28, 531–544.
8. Maruthadurai, R.; Desai, A.R.; Prabhu, H.R.C.; Singh, N.P. Insect pest of cashew and their management. Technical Bulletin, 28, ICAR Research Complex for Goa, Old Goa, 2012.
9. Navik, O.S.; Godase, S.K.; Turkhade, P.D. Population fluctuation of cashew thrips under Konkan region of Maharashtra. *J. Environ. Ecol.* **2016**, 4(2A), 615–618.
10. Dwomoh, E.A.; Ackonor, J.B.; Afun, J.V.K. Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. *J. Agric. Res. Fish.* **2012**, 1, 6–16.
11. Siswanto, R.M.D.; Zolkhiflio; Karmawati, E. Population fluctuation of *Helopeltis antonii* sign. On cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Java, Indonesia. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* **2008**, 31(2), 191–196.
12. Raviprasad, T.N.; Pest and disease management in cashew including Biological control. *J. Cashew Cocoa* **2015**, IV(3), 9–17.
13. Khanh, T.C. Nghiên cứu giống và biện pháp kỹ thuật thâm canh cây điều bền vững. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2018.
14. Hoài, C.Đ.; Vượng, P.T. Một số đặc điểm hình thái, sinh học loài Bộ xít muỗi *Helopeltis theivora* Wat. *Tap chí Bảo vệ thực vật* **2013**, 1(247), 33–37.
15. Thủy, N.T.; Vượng, P.T. Một số đặc điểm sinh học và diễn biến mật độ bộ xít muỗi *Helopeltis theivora* Wat. hại ca cao tại Đắk Lắk. *Tap chí Bảo vệ thực vật* **2011**, 2(236), 27–30.
16. <http://iasvn.org/tin-tuc/Gioi-thieu-mot-so-giai-phap-nang-cao-hieu-qua-phong-tru-Bo-xit-muoi-tren-cay-dieu-9444.html>. Giới thiệu một số giải pháp nâng cao hiệu quả phòng trừ Bộ xít muỗi trên cây điều, Viện Khoa học Kỹ thuật miền Nam.
17. Báo Lâm Đồng Online, mục Kinh tế, thứ 2 ngày 4/5/2020.
18. Cục Trồng trọt, Bộ NN và PTNT. Báo cáo tại Hội nghị thúc đẩy thâm canh điều bền vững tại Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 28/10/2017.
19. Quy chuẩn quốc gia QCVN-01-38:2010/BNNPTNT. Về phương pháp điều tra phát hiện dịch hại cây trồng, 2010.
20. Khiêm, M.V.; Thắng, N.V. Nghiên cứu xây dựng công cụ nội suy bản đồ nhiệt độ từ số liệu quan trắc tại các trạm trên lãnh thổ Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 679, 12–18.
21. [http://climatechange.org.blogspot.com/2011/09/noi-suy-khong-gian-phan-1\\_918.html](http://climatechange.org.blogspot.com/2011/09/noi-suy-khong-gian-phan-1_918.html). Phương pháp nội suy không gian.
22. Tân, P.V. Giáo trình Phương pháp thống kê trong khí hậu. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, 2005.
23. Shahrokh, R.; Myers, D.E. Problems in space-time kriging of geohydrological data, *J. Int. Assoc. Math. Geol.* **1990**, 22(5), 611–623.
24. Mueller, T.G.; Pusuluri, N.B.; Mathias, K.K.; Cornelius, P.L.; Barnhisel, R.I.; Shearer, R.I. Map Quality for Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighted Interpolation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **2004**, 2041–2047.

## Study on the influence of climatic factors on the development of mosquito bug (*Helopeltis theivora*) on cashew tree in Lam Dong province

Duong Van Kham<sup>1\*</sup>, Lai Tien Dung<sup>2</sup>, Dang Quoc Khanh<sup>3</sup>, Duong Hai Yen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; dvkham.kttv@gmail.com; duongyen185@gmail.com;

<sup>2</sup> Plant Protection Institute; dung1172@gmail.com;

<sup>3</sup> Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; khanhdangkhtc@gmail.com

**Abstract:** Cashew tree is one of the important commercial trees in Lam Dong province. Production and systems are influenced by many factors, of which stink bugs (*Helopeltis theivora*) are considered the main pests of plant conditions. The development speed, ability to reproduce and spread bugs of bugs are influenced by the suffix system. On the document gas and digital lookup system. Weather, climate and density of bugs in the area of Da Huoi district, Lam Dong. The results show that the maximum temperature, rainfall, relative humidity and sunshine hours play an important role in increasing or decreasing the density of mosquito bug (*Helopeltis theivora*) on cashew trees. The correlation coefficient between the density of mosquito bugs and the maximum temperature is  $-0.79$ , with hours of sunshine  $-0.82$  and with an air humidity of  $0.60$ . The highest density of mosquito bugs coincided with the stage of young buds, flowers and fruiting. The research results are an important scientific basis for applying integrated management measures, adjusting the care regime to minimize the harmful effects of mosquito bugs, thereby improving the yield and quality of the plants cashew in Lam Dong province.

**Keywords:** Mosquito bug (*Helopeltis theivora*); Cashew tree; Climatic factors.

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận

Đặng Quốc Khánh<sup>1</sup>, Dương Văn Khảm<sup>2\*</sup>, Dương Hải Yên<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tổng Cục Khí tượng Thủy văn; khanhdangkhtc@gmail.com

<sup>2</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; dvkham.kttv@gmail.com;  
duongyen185@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: dvkham.kttv@gmail.com; Tel.: +84-915239807

Ban Biên tập nhận bài: 1/1/2022; Ngày phản biện xong: 2/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Ninh Thuận là một trong những tỉnh khô hạn lớn nhất cả nước. Đây chính là bất lợi lớn nhất của thiên nhiên đối với phát triển nông nghiệp nói riêng và phát triển kinh tế nói chung của tỉnh. Trên cơ sở số liệu khí tượng thủy văn và các thông tin viễn thám, áp dụng chỉ số viễn thám (*Vegetation – Temperature Dryness Index VTCDI*) và công nghệ GIS bài báo đã xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp bao gồm bản đồ tần suất hạn và bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận. Bộ bản đồ với tỷ lệ nền là 1/50.000 và độ phân giải không gian trên kích thước ô lưới 1km × 1km được thể hiện trong phần mềm ArcGIS dễ dàng cho tra cứu và sử dụng. Trong đó, bản đồ tần suất hạn nông nghiệp cho thấy: dù mùa mưa hay mùa khô trên lãnh thổ tỉnh Ninh Thuận đều xuất hiện hạn hán, tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa, diện tích hạn mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km<sup>2</sup>. Bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn hán cho thấy hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 13.8% diện tích toàn tỉnh), hạn rất nặng chiếm hơn 1.000 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 31.6% diện tích toàn tỉnh). Hệ thống bản đồ hạn nông nghiệp là cơ sở khoa học quan trọng, hiển thị một cách trực quan phân bố hạn hán nói chung và hạn nông nghiệp nói riêng phục vụ cho địa phương trong việc quy hoạch sản xuất nông nghiệp ứng phó với hạn hán trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

**Từ khóa:** Hạn nông nghiệp; VTCDI; Ninh Thuận; MODIS; GIS.

### 1. Mở đầu

Trên thế giới đã có rất nhiều các nghiên cứu về hạn hán và có một số kết luận như sau: Hạn hán là hiện tượng hết sức phức tạp mà sự hình thành là do cả hai nguyên nhân: tự nhiên và con người. Các yếu tố tự nhiên gây hạn như sự dao động của các dạng hoàn lưu khí quyển ở phạm vi rộng và các vùng xoáy nghịch, hoặc các hệ thống áp thấp cao, sự biến đổi khí hậu, sự thay đổi nhiệt độ mặt nước biển như El Nino...; các nguyên nhân do con người như: nhu cầu nước ngày càng gia tăng, phá rừng, ô nhiễm môi trường ảnh hưởng tới nguồn nước, quản lý đất và nước kém bền vững, gây hiệu ứng nhà kính... Vì vậy, đã có rất nhiều nghiên cứu về hạn hán và tập trung theo các hướng: hiện trạng, nguyên nhân, diễn biến, xu thế của các loại hạn, đánh giá mức độ khắc nghiệt của hạn hán và xây dựng bản đồ hạn hán theo quy mô cấp vùng và cấp quốc gia [1-4].

Hạn hán được phân ra 4 loại gồm có: Hạn khí tượng (thiếu hụt lượng mưa trong cân cân mưa-bốc hơi), hạn thủy văn (dòng chảy sông suối giảm rõ rệt, mực nước trong các tầng chứa nước dưới đất hạ thấp), hạn nông nghiệp (thiếu hụt nước mưa dẫn tới mất cân bằng giữa lượng nước thực tế và nhu cầu nước của cây trồng), hạn kinh tế-xã hội (thiếu hụt nguồn nước cấp cho các hoạt động kinh tế-xã hội) [1]. Việc đánh giá tổng hợp hiện trạng, *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2022, 736, 12-24; doi:10.36335/VNJHM.2022(736).12-24 <http://tapchikttv.vn/>

nguyên nhân, diễn biến và xu thế của các loại hạn được dựa trên các chỉ số hạn và các ngưỡng hạn. Hiện nay, rất nhiều chỉ số/hệ số hạn khác nhau đã được phát triển và ứng dụng ở các nước trên thế giới như: Chỉ số ẩm Ivanov (1948) [4], Chỉ số khô Penman [5], Chỉ số mưa chuẩn hóa SPI [6], Chỉ số Sazonov [7], Hệ số khô, Hệ số cạn, Chỉ số Penman – Monteith [8], Chỉ số độ ẩm cây trồng, Chỉ số cấp nước mặt (SWSI) [9], Chỉ số RDI (*Reclamation Drought Index*) [10]... Cùng với sự phát triển và ngày càng hiện đại của công nghệ viễn thám rất nhiều các nghiên cứu đã và đang ứng dụng viễn thám trong việc giám sát, dự báo hạn hán và đã mang lại những hiệu quả thiết thực [11–13], chỉ rõ một cách trực quan khu vực hạn, mức độ hạn, tần suất phát sinh hạn hán, từ đó giúp chính quyền và người dân khu vực chịu tác động của hạn hán lên kế hoạch phát triển kinh tế-xã hội phù hợp, thích ứng hiệu quả, hạn chế tối đa tác động bất lợi của hạn hán.

Thông thường hạn hán xảy ra trên diện rộng, việc quan trắc bằng các phương pháp truyền thống rất khó khăn, đặc biệt ở những nước đang phát triển do những hạn chế đáng kể trong việc đầu tư cho hệ thống quan trắc. Chính vì vậy, những số liệu vệ tinh quan trắc Trái đất rất có ích và rất đáng được quan tâm trong điều kiện này. Dữ liệu ảnh MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers*) có thể cung cấp thông tin về bề mặt Trái đất trong các kênh phổ khác nhau: kênh thị phổ, cận hồng ngoại và nhiệt hồng ngoại. Chỉ số thực vật (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) kết hợp thông tin trong kênh phổ màu đỏ và kênh cận hồng ngoại đã được sử dụng một cách hiệu quả trong quan trắc tình trạng lớp phủ thực vật [11,14–15]. Đây là một kênh quan trọng để đánh giá tình trạng cũng như mức độ hạn hán của khu vực quan trắc.

Phương pháp truyền thống trong giám sát và đánh giá hạn hán dựa vào số liệu mưa, sẽ rất hạn chế khi không có trạm quan trắc hoặc số lượng trạm quan trắc không đầy đủ, và điều quan trọng là khó thu được số liệu thời gian thực. Ngược lại, các số liệu từ ảnh vệ tinh MODIS là đồng nhất và có thể được sử dụng để nhận biết sự xuất hiện của hạn hán ở bất kỳ khu vực nào, kể cả khu vực không có dữ liệu quan trắc [13]. Ngày nay kỹ thuật viễn thám đã chụp được bề mặt trái đất với độ phân giải rất cao cả về không gian, thời gian và phổ. Với độ phân giải cao, viễn thám có thể xác định được kịp thời và chi tiết diễn biến từng điểm cụ thể của bề mặt trái đất. Gần đây, ảnh viễn thám còn được sử dụng để theo dõi, đánh giá tình trạng cháy rừng tại khu vực cụ thể. Các dữ liệu thu được từ ảnh viễn thám như mật độ che phủ thực vật, nhiệt độ bề mặt, phổ hồng ngoại, bức xạ nhiệt giúp cung cấp các thông tin quan trọng để đánh giá tình trạng hạn hán tại khu vực quan trắc.

Trước tác động của biến đổi khí hậu, mặc dù tổng lượng mưa năm có thể thay đổi không đáng kể, nhưng sự phân bố theo không gian và thời gian lại thay đổi rất lớn, mùa khô sẽ dài hơn trong khi mùa mưa ngắn lại và tập trung vào những trận mưa cường độ lớn hơn vì vậy hạn hán có nguy cơ xảy ra cao hơn. Bên cạnh đó, những thay đổi với tốc độ nhanh về kinh tế, xã hội và môi trường, đã dẫn đến những thách thức mà cộng đồng phải đối mặt trước hạn hán ngày càng gay gắt. Những thách thức nêu trên chủ yếu chỉ nguy cơ mất cân bằng cung – cầu về nguồn nước. Nguy cơ thiếu nước, hạn hán, nhất là trong mùa khô ở toàn lãnh thổ Việt Nam trong đó có tỉnh Ninh Thuận đang diễn biến gay gắt [16]. Vì vậy, nghiên cứu hạn hán và xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp thông qua các chỉ số hạn viễn thám nhằm nâng cao năng lực giám sát hạn hán và đề xuất biện pháp phòng chống hạn hán cho tỉnh Ninh Thuận trong bối cảnh hiện nay là một vấn đề hết sức cấp thiết.

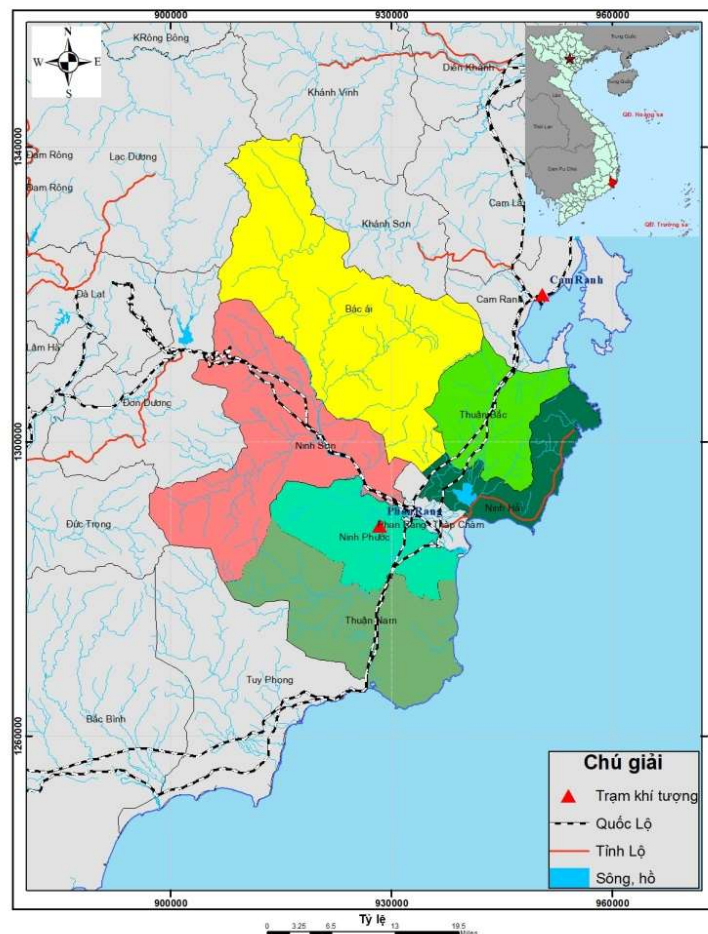
## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Ninh Thuận là một tỉnh ven biển thuộc vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, song thiên nhiên đã không thật sự ưu đãi cho người dân Ninh Thuận: khô hạn và nắng gió được nhắc đến như một biểu trưng khí hậu khắc nghiệt, và đây chính là sự bất lợi lớn nhất của thiên

nhiên đối với phát triển nông nghiệp nói riêng, kinh tế-xã hội nói chung của tỉnh. Nhìn tổng thể, cả tỉnh Ninh Thuận có dạng như một cái chảo lớn, do vành chảo chắn phần lớn các hướng gió gây mưa chính nên tỉnh có nắng nhiều và mưa ít [16].

Ninh Thuận có lượng mưa trung bình năm khoảng 1.000 mm, song phân bố không đều. Lượng mưa trong năm chủ yếu tập trung vào 4 tháng, từ tháng 9–12. Hạ lưu lưu vực sông Cái được xem là vùng khô hạn nhất cả nước. Cộng thêm vào đó, biến động mưa tính theo năm lại rất lớn. Những năm khô hạn, lượng mưa chỉ bằng 60–70% mức trung bình. Mưa ít lại chỉ diễn ra trong 3–4 tháng, còn lại là mùa khô kéo dài 8–9 tháng, nên hạn hán đã nghiêm trọng càng nghiêm trọng hơn. Đặc biệt nhiều năm từ tháng 1 đến tháng 6 không có một giọt mưa, nên hầu như năm nào đây cũng là thời gian hạn, tuy với các mức độ khác nhau. Năm hạn bình thường, diện tích lúa thiếu nước khoảng 200–300 ha và diện tích rau màu bị hạn 2.000–3.000 ha, gia súc thiếu nước 40.000–50.000 con... Những năm hạn nặng, con số thiệt hại trên cao hơn 2–3 lần, như năm 2004, diện tích lúa bị khô hạn và thiếu nước là 1.250 ha, diện tích rau màu bị hạn là gần 4.000 ha, số dân bị thiếu nước lên đến 150.000 người, gây thiệt hại hàng trăm tỷ đồng... Liên tiếp 2 năm 2015–2016, Ninh Thuận lại gặp hạn hán nặng nề. Tình trạng hạn hán này tiếp tục lặp lại vào cuối năm 2021. Đến nay, tổng diện tích đất nông nghiệp được tưới tiêu của tỉnh cũng mới chỉ đạt 18.000 ha (khoảng 35%). Vì thế, hàng năm tỉnh vẫn xảy ra tình trạng thiếu nước và nếu gặp năm hạn nặng thì càng nghiêm trọng. Do thiếu nước tưới nên diện tích phải dừng sản xuất vụ Đông Xuân 2019–2020 là hơn 7.800 ha đất lúa, hoa màu. Bên cạnh đó, các loại cây trồng lâu năm có nguy cơ chết do thiếu nước tưới, giảm năng suất, sản lượng [16–17].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.



## 2.2. Số liệu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng số liệu khí tượng về lượng mưa và nhiệt độ ngày các trạm khí tượng của khu vực nghiên cứu và vùng phụ cận từ năm 2000 đến năm 2020, gồm trạm Phan Rang, Cam Ranh và Phan Thiết. Từ các số liệu khí tượng này, nghiên cứu đã tính toán được các chỉ số hạn làm cơ sở để so sánh với các kết quả được tính toán trên ảnh vệ tinh.

Số liệu viễn thám: các ảnh vệ tinh MODIS tổ hợp 8 ngày từ năm 2001 đến năm 2020. Bao gồm 912 ảnh tổ hợp với độ phân giải không gian của ảnh nhiệt độ bề mặt (*Land Surface Temperature - LST*) là 1000 m và của ảnh chỉ số khác biệt thực vật NDVI là 250 m.

Bản đồ địa hình, hành chính giao thông thủy hệ tỉnh Ninh Thuận tỷ lệ 1/50.000. Phép chiếu UTM (*Universal Transverse Mercator*) múi chiều kinh tuyến 6°, hệ tọa độ VN2000. (Nguồn: Cục Đo đạc Bản đồ và Thông tin Địa lý Việt Nam).

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

### 2.3.1. Quy trình xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp

Khi thành lập bản đồ, trước tiên là xác định một cơ sở toán học cho bản đồ để biểu diễn hình của Trái đất lên mặt phẳng bản đồ [18–19]:

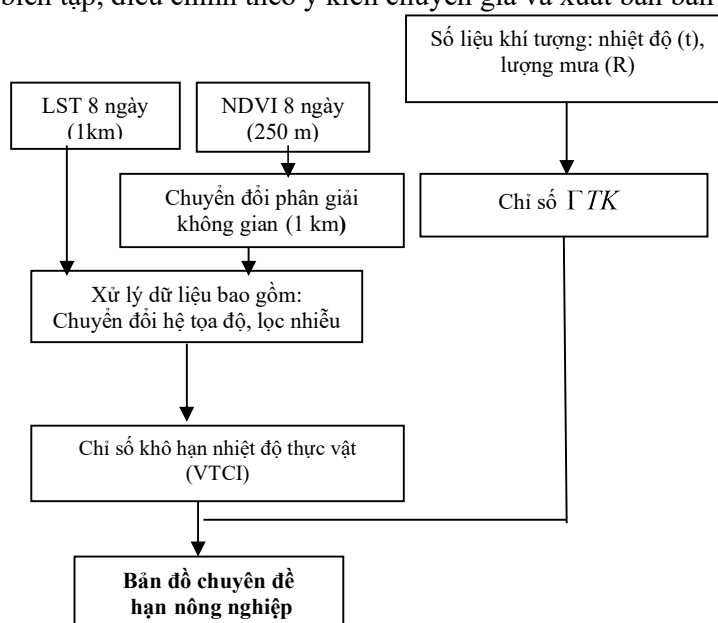
Trong xây dựng bản đồ thiên tai, có nhiều phương pháp khác nhau, trong đó phương pháp kết hợp giữa ảnh vệ tinh, mô hình số độ cao DEM cùng với các số liệu quan trắc khí tượng đã được phân tích để xây dựng bản đồ. Việc xây dựng bản đồ theo phương pháp trên đều cần sự hỗ trợ đặc lực của hệ thống tin địa lý–GIS, đặc biệt là modun phân tích không gian đi kèm. Quy trình xây dựng bản đồ chuyên đề được thể hiện ở Hình 2 [20–22].

Quy trình chung cho thành lập bản đồ chuyên đề thường có 3 bước công việc:

Công việc 1: Chuẩn bị dữ liệu; bản đồ nền (hành chính, độ cao địa hình, tiền xử lý ảnh viễn thám, tính toán các đặc trưng khí hậu...dựa trên thông tin từ ảnh viễn thám), số liệu khảo sát, số liệu khí tượng, KTNN có liên quan (nếu có) đến việc tính toán các chỉ tiêu hạn hán;

Công việc 2: Xử lý, tính toán trên lưới có độ phân giải không gian 1 x 1km liên quan đến các chỉ tiêu hạn hán; các chỉ số hạn, dựa trên mối quan hệ giữa số liệu khí tượng và thông tin được xác định từ ảnh viễn thám trên nền GIS và bản đồ nền;

Công việc 3: Phân cấp mức độ hạn hán, biên tập bản đồ, các chuyên gia kiểm tra, đánh giá bản đồ đã được biên tập, điều chỉnh theo ý kiến chuyên gia và xuất bản bản đồ.



Hình 2. Sơ đồ khối thành lập bản đồ chuyên đề.

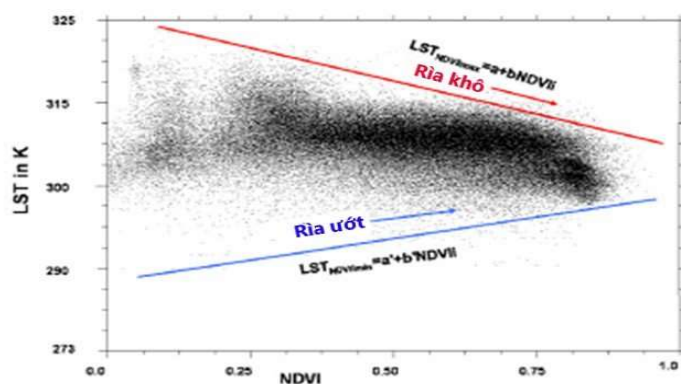
Việc tính toán các chỉ tiêu hạn nông nghiệp bằng số liệu viễn thám cũng có nhiều phương pháp khác nhau, dưới đây là một trong những phương pháp đã được ứng dụng ở nhiều nghiên cứu [11–12]:

- Phương pháp chỉ số khô hạn nhiệt độ–thực vật (*Vegetation – Temperature Dryness Index VTCI*)

Như phân tích ở trên với các lợi thế của số liệu viễn thám và công nghệ GIS trong nghiên cứu hạn nông nghiệp, nghiên cứu này thống nhất sử dụng phương pháp viễn thám với chỉ số VTCI:

Theo tính chất vật lý của quá trình bốc thoát hơi và tính chất sinh học của thực vật: thông thường độ ẩm đất cao cây trồng phát triển tốt, sự bốc thoát hơi cây trồng mạnh nhiệt độ thảm cây trồng và bề mặt đất giảm. Ngược lại khi cây trồng bị hạn hán, sự bốc thoát hơi nước của cây trồng sẽ giảm, nhiệt độ bề mặt thảm cây trồng sẽ tăng cao. Như vậy, chỉ số thực vật có tương quan thuận với độ ẩm đất và tương quan nghịch với nhiệt độ bề mặt (*land surface temperature - LST*). Sau khi bị hạn hán, cây trồng không thể phát triển một cách bình thường, chỉ số diện tích lá giảm xuống, dẫn đến chỉ số thực vật (normalized difference vegetation index NDVI) giảm. Như vậy, LST và NDVI kết hợp có thể cung cấp thông tin về điều kiện sức khỏe thực vật và độ ẩm tại bề mặt lớp phủ [11, 23–24].

Trong không gian (LST, NDVI), độ dốc của đường hồi quy liên quan đến mức độ bay hơi của bề mặt, đến trở kháng của lá cây và đến độ ẩm trung bình của đất (Hình 3). Các pixel ảnh trong không gian (LST, NDVI) bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố như nhiệt độ, độ phủ thực vật, độ ẩm, độ bay hơi, v.v... và những đường đồng mức của các yếu tố chính (độ ẩm, độ bay hơi) có thể vẽ được trong tam giác xác định trên không gian (LST, NDVI). Với cùng điều kiện khí hậu, nhiệt độ bề mặt LST sẽ nhỏ nhất tại những bề mặt có độ bay hơi cực đại do lượng nước bão hòa–tạo nên đường đáy “rià ướt” của tam giác không gian (LST, NDVI). Ngược lại, tại các bề mặt có độ bay hơi cực tiểu do bề mặt rất khô (dù có hay không có phủ thực vật) thì nhiệt độ bề mặt LST sẽ tăng cực đại–tạo nên đường hạn chế trên “rià khô” của tam giác không gian (LST, NDVI). Phương pháp này được gọi là chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật (VTCI). Giá trị VTCI thấp tương ứng với điều kiện khô hạn và VTCI cao ứng với điều kiện ẩm ướt. Giá trị phân cấp chỉ số hạn VTCI theo Bảng 1 [11–12, 20, 23].



Hình 3. Đồ thị phân tán của LST và NDVI.

Công thức toán học có thể viết như sau:

$$VTCI = \frac{LST_{\max NDVI_i} - LST_{NDVI_i}}{LST_{\max NDVI_i} - LST_{\min NDVI_i}} \quad (1)$$

Trong đó

$$LST_{\max NDVI_i} = a + bNDVI_i \quad (2)$$

$$LST_{\min NDVI_i} = a' + b' NDVI_i \quad (3)$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (4)$$

Trong đó NIR, R là phổ phản xạ của bề mặt ở dải sóng cận hồng ngoại và dải đỏ.  $LST_{\max NDVI_i}$  và  $LST_{\min NDVI_i}$  là LST cực đại và cực tiểu tương ứng các pixel có cùng giá trị NDVI<sub>i</sub> trong vùng nghiên cứu, và  $LST_{NDVI_i}$  biểu thị LST của một pixel có giá trị NDVI là NDVI<sub>i</sub>. Các hệ số a, b, a', b' có thể ước lượng từ một diện tích đủ lớn trong đó độ ẩm đất tại bề mặt trải rộng ra từ điểm khô hạn tới điểm ẩm ướt trên toàn bộ cánh đồng. Hình dạng của đồ thị phân tán thường là hình tam giác tại quy mô khu vực. Hình 3  $LST_{\max}$  có thể được xem như “rìa khô” ở đó độ ẩm đất và thực vật hầu như trong điều kiện khô hạn.  $LST_{\min}$  được xem như là “rìa ẩm” trong đó độ ẩm đất và thực vật hầu như trong điều kiện ẩm ướt.

**Bảng 1.** Phân cấp mức độ khô hạn đối với chỉ số VTCI.

STT	Giá trị VTCI	Mức độ khô hạn
1	0 – 0,20	Khô hạn rất nặng
2	0,21 – 0,40	Khô hạn nặng
3	0,41 – 0,60	Khô hạn trung bình
4	0,61 – 0,80	Khô hạn nhẹ
5	0,81 – 1,00	Không khô hạn

- Phương pháp chỉ số khô hạn nhiệt ẩm Celianinova (GTK)

Trên thế giới có rất nhiều phương pháp, chỉ số khô hạn khác nhau áp dụng trong việc đánh giá mức độ chính xác và hiệu chỉnh chỉ số viễn thám VTCI. Nghiên cứu này sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt ẩm GTK [12, 20]:

$$GTK = \frac{\sum R}{0,1 \sum_{t > 10^{\circ}C} t} \quad (5)$$

Trong đó  $\sum R$  là tổng lượng mưa trong thời kỳ xem xét với nhiệt độ không khí  $> 10^{\circ}C$ ,  $\sum_{t > 10^{\circ}C} t$  là tổng nhiệt độ cũng trong thời kỳ đó.

Cấp độ hạn theo chỉ số GTK được thể hiện ở Bảng 2.

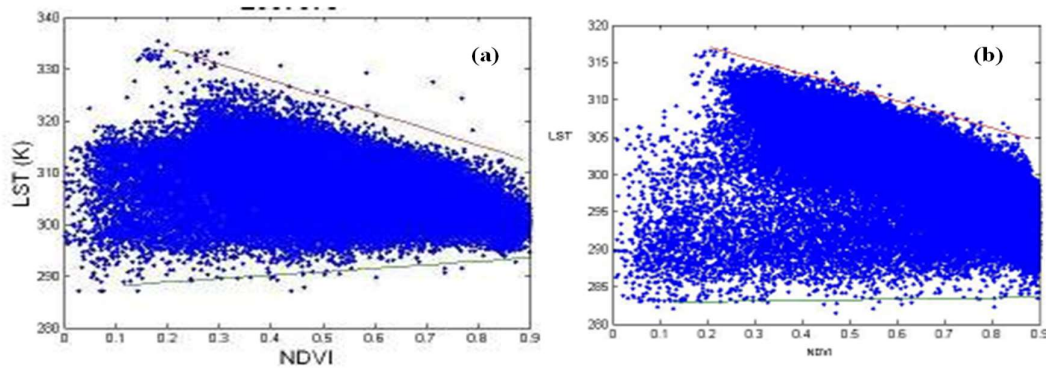
**Bảng 2.** Các cấp hạn hán theo chỉ số GTK.

Chỉ số GTK	Mức độ
> 2,0	Rất ẩm
1,0 – 2,0	Ẩm
0,5 – 1,0	Hạn
≤ 0,5	Hạn nặng

### 3. Kết quả và thảo luận

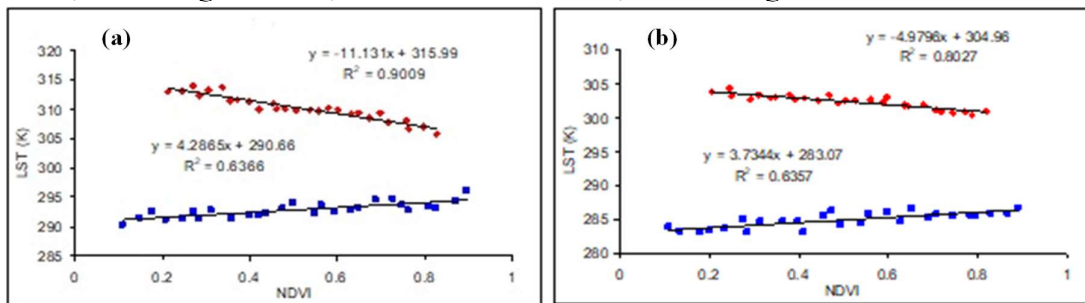
Căn cứ quy trình tính toán hạn hán Hình 1, trên cơ sở dữ liệu ảnh tổ hợp MODIS qua quá trình xử lý ảnh chuyển đổi hệ tọa độ và các thông tin số về cùng độ phân giải sau đó xác định được các chỉ tiêu viễn thám LST và NDVI, nghiên cứu đã tính toán và đưa ra kết quả đồ thị phân tán của LST và NDVI cho từng tổ hợp ảnh 8 ngày ở Ninh Thuận. Hình 4 là một kết quả của đồ thị phân tán (scatterplots) của LST như là một hàm số của chỉ số thực vật chuẩn hóa NDVI được xây dựng cho từng ảnh MODIS đã được chọn.

Giá trị  $LST_{\max NDVI_i}$  và  $LST_{\min NDVI_i}$  được xác định như giá trị nhiệt độ trung bình của bề mặt trong điều kiện nước được cung cấp có giới hạn và không có giới hạn. Đường rìa khô (đường màu đỏ) và đường rìa ướt (đường màu xanh) được xác định theo phương pháp hồi quy tuyến tính và cho kết quả tại các phương trình ở Hình 6. Sau đó áp dụng công thức 1,2,3 để tính giá trị VTCI cho từng chu kỳ quan trắc 8 ngày.



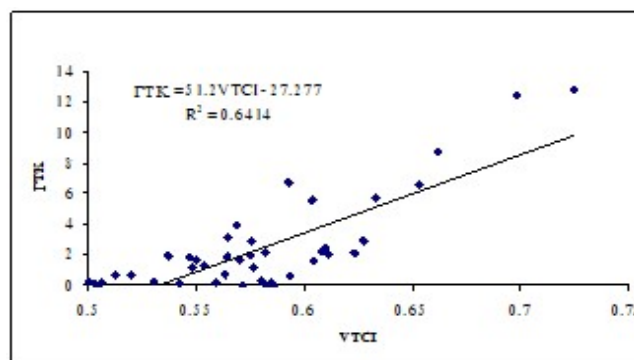
**Hình 5.** Đồ thị phân tán của LST theo NDVI khu vực Ninh Thuận: (a) Tuần 4/11/2012; (b) Tuần 3/2/2013.

Từ các phương trình hồi quy nhận thấy (Hình 6): hệ số tương quan của các phương trình “ria khô” “ria ướt” rất cao ( $R^2 > 0,64$  tương ứng với  $R > 0,80$ ) chứng tỏ xu thế hạn hán phù hợp với quá trình bốc thoát hơi. Độ dốc của các đường rìa khô thường lớn hơn các đường rìa ướt điều đó chứng tỏ sự ảnh hưởng của không gian LST–NDVI đối với quá trình hạn hán lớn hơn đối với quá trình ẩm ướt, phù hợp với thực tế của quá trình khô hạn. Từ những phân tích trên ta có thể tin tưởng khi sử dụng phương trình trong Hình 6 để tính chỉ tiêu hạn hán bằng các dữ liệu viễn thám cho toàn bộ chuỗi thời gian.



**Hình 6.** Đồ thị đường rìa khô và rìa ướt: (a) ngày 30/11/2012; (b) ngày 18/02/2013 khu vực Ninh Thuận.

Để so sánh với kết quả tính toán từ ảnh viễn thám và kết quả tính toán từ các số liệu khí tượng cho từng vùng, bài báo đã tính toán chỉ số hạn hán  $\Gamma_{TK}$  (công thức 4) tương ứng với chỉ số hạn VTCI được tính cho chuỗi ảnh tổ hợp 8 ngày theo cùng thời gian và kết quả được thể hiện trên Hình 7.



**Hình 7.** Mối tương quan giữa chỉ số hạn VTCI và chỉ số hạn  $\Gamma_{TK}$ .

Từ các đồ thị trên hình vẽ ta nhận thấy: Mỗi tương quan giữa chỉ số hạn VTCI được tính theo dữ liệu vệ tinh và chỉ số hạn  $\Gamma_{TK}$  được tính từ số liệu khí tượng của trạm quan trắc là tương đối cao. Hệ số tương quan  $R^2 = 0,64$  tương ứng với  $R = 0,80$  thể hiện sự xu thế đồng nhất tương đối giữa giá trị đo bằng các số liệu viễn thám và giá trị đo tại các trạm khí tượng. Điều này chứng tỏ mức độ tin cậy khá cao cho thuật toán tính chỉ số hạn hán bằng chỉ số VTCI trên cơ sở dữ liệu viễn thám.

\* Kết quả xây dựng tập bản đồ chuyên đề hạn nông nghiệp

Các bản đồ chuyên đề hạn nông nghiệp các vùng sinh thái Việt Nam được xây dựng bằng phương pháp phân tích, tổng hợp từ các chỉ tiêu hạn nông nghiệp trên cơ sở công nghệ GIS [25–26].

Bài báo xây dựng hai bộ bản đồ: Bản đồ tần suất muốn đề cập khu vực hạn hán xảy ra nhiều nhưng mức độ có thể khắc nghiệt hoặc không khắc nghiệt. Còn bản đồ khắc nghiệt thể hiện tính chất, mức độ khắc nghiệt của hạn hán tại khu vực nghiên cứu. Ví dụ có khu vực tần suất hạn thường xuyên nhưng các lần xuất hiện lại nhẹ thì hạn hán đó chưa chắc đã khắc nghiệt. Nhưng có những khu vực tần suất hạn không thường xuyên, có điều mỗi lần xuất hiện lại rất khắc nghiệt và ngược lại. Tóm lại, tần suất hạn cho biết hạn ở một khu vực hạn xảy ra nhiều hay ít mà không thể hiện rõ ràng mức độ hạn trầm trọng hay không trầm trọng. Ngược lại bản đồ mức độ khắc nghiệt không cho biết hạn xảy ra nhiều hay ít mà chỉ biết hạn ở đây khi đã xảy ra thì rất khắc nghiệt. Kết hợp cả hai bản đồ sẽ quan sát được ở một khu vực hạn xảy ra nhiều hay ít, mức độ khắc nghiệt cao hay thấp.

Để xây dựng được bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp, nghiên cứu trước tiên tính toán chỉ số VTCI từ các ảnh tổng hợp 8 ngày như đã trình bày ở trên, sau đó tính VTCI trung bình cho từng tháng của từng năm trong suốt thời gian từ 2000 đến 2020. Sau khi tính giá trị VTCI trung bình cho từng tháng, nghiên cứu tiến hành phân ngưỡng giá trị VTCI để xác định ngưỡng hạn (Bảng 1). Cuối cùng xác định mức độ khắc nghiệt hạn hán.

Với bản đồ tần suất xuất hiện của hạn hán, sử dụng phương pháp thống kê như sau:

Trước hết lựa chọn các chỉ số VTCI < 0,6 được tính là tháng hạn, sau đó áp dụng công thức tính tần suất hạn như sau:

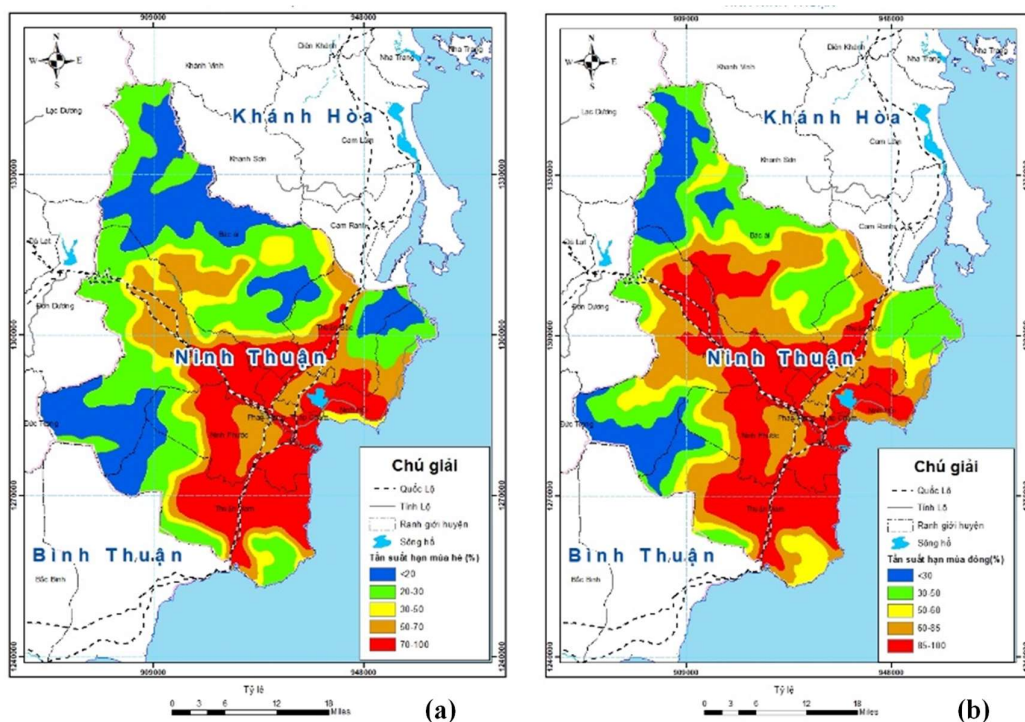
$$P = \frac{n'}{n} \times 100 \tag{6}$$

Trong đó P là tần suất hạn; n' là số tháng hạn với chỉ số VTCI < 0,6; n là tổng số tháng trong thời gian xem xét.

Sau đó các số liệu tính toán được xuất ra dạng text để nhập vào phần mềm ARVIEW nhằm tiến hành phân ngưỡng các mức hạn và biên tập bản đồ [26]. Toàn bộ tập bản đồ chuyên đề các đặc trưng hạn nông nghiệp với tỷ lệ bản đồ nền là 1/50.000 và độ phân giải không gian trên kích thước ô lưới 1km x 1km được biên tập và lưu trên phần mềm Mapinfo và ArcGIS bao gồm: Tập bản đồ tần suất hạn nông nghiệp được thể hiện trong hai mùa: mùa mưa (Hình 8) và mùa khô (Hình 9).

**Bảng 3.** Tần suất xuất hiện tương ứng với diện tích hạn nông nghiệp ở Ninh Thuận (VTCI < 0,6).

Tần suất (%)	Diện tích hạn mùa mưa (km <sup>2</sup> )	Diện tích Hạn mùa khô (km <sup>2</sup> )
<30	730	378
30–50	940	735
50–60	245	398
60–85	624	814
85–100	816	1030
Tổng số	3355	3355



**Hình 8.** Bản đồ tần suất hạn nông nghiệp: (a) mùa mưa; (b) mùa khô tỉnh Ninh Thuận (VTCI < 0,6).

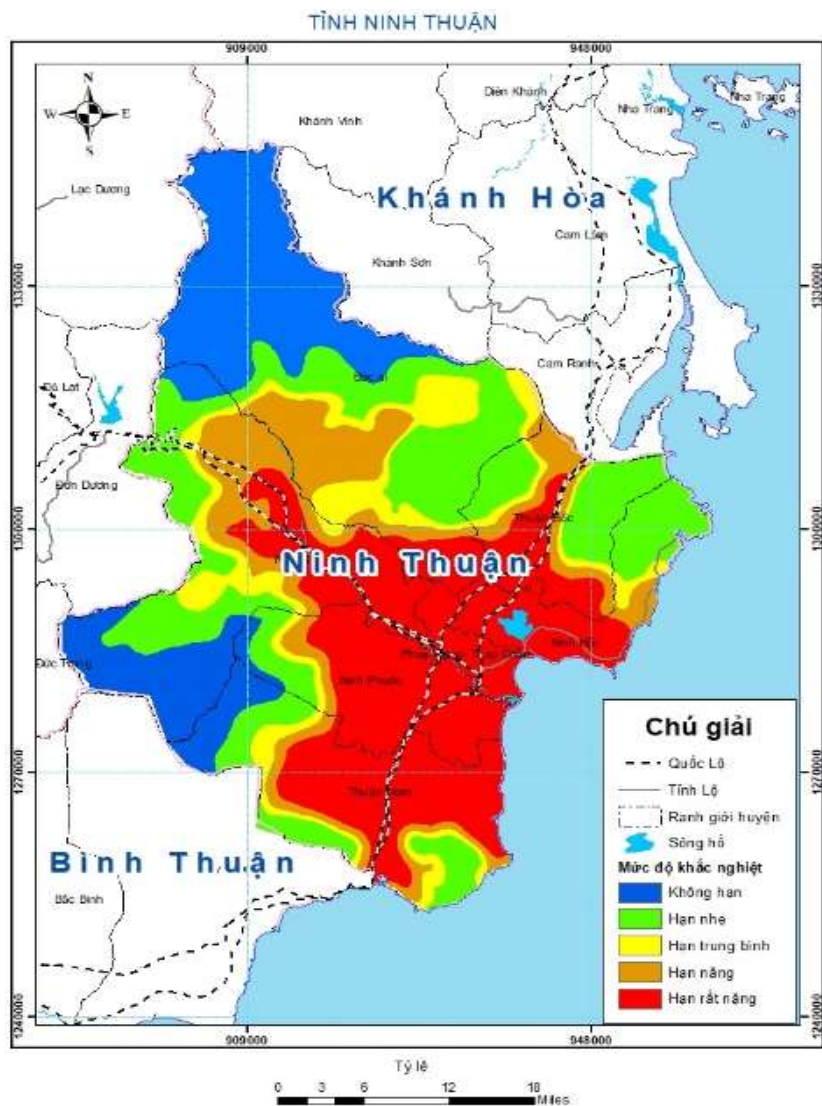
Trên hai bản đồ Hình 8a–8b và Bảng 3 nhận thấy: cho dù mùa mưa hay mùa khô trên lãnh thổ tỉnh Ninh Thuận đều xuất hiện hạn hán. Tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa. Các mức tần suất hạn 50% trở lên diện tích bị hạn mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km<sup>2</sup>.

Tập bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp trung bình tháng theo phân ngưỡng chỉ số VTCI ở bảng 1, thể hiện phân bố mức độ khắc nghiệt của hạn hán nông nghiệp cho từng khu vực cụ thể (Hình 9).

**Bảng 4.** Mức độ khô hạn tương ứng với diện tích hạn nông nghiệp ở Ninh Thuận.

Mức độ khô hạn	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Tỷ lệ (%)
Không hạn	690	20,6
Hạn nhẹ	815	24,3
Hạn trung bình	325	9,7
Hạn nặng	463	13,8
Hạn rất nặng	1062	31,6
Tổng số	3355	100

Nhìn tổng thể các bản đồ tần suất và mức độ khắc nghiệt không khác nhiều, nhưng chi tiết cho từng khu vực cụ thể, sẽ có sự khác biệt đáng kể. Hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 13,8% diện tích toàn tỉnh), phân bố chủ yếu tại phía Nam huyện Bắc Ai, phía Bắc huyện Ninh Sơn và rải rác ở một số huyện Thuận Nam, Thuận Bắc. Hạn rất nặng hơn 1.000 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 31,6% diện tích toàn tỉnh), phân bố gần như toàn bộ thành phố Phan Rang–Tháp Chàm, các huyện Ninh Hải, Ninh Phước, đại bộ phận huyện Thuận Nam, một phần huyện Thuận Bắc và huyện Ninh Sơn. Khu vực phía Nam có độ lớn tương đối giống nhau cả về tần suất và mức độ khắc nghiệt là sự trùng hợp ngẫu nhiên. Biểu hiện khu vực đó tần suất hạn vừa nhiều, mức độ khắc nghiệt lại trầm trọng.



Hình 9. Bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận theo chỉ số VTCI.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Việc sử dụng chỉ số khô hạn viễn thám VTCI để đánh giá, theo dõi hạn hán và xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp là phù hợp vì vừa phù hợp tính chất sinh-vật lý của quá trình hạn hán vừa đảm bảo tính thực tiễn hạn hán ở Việt Nam nói chung và tỉnh Ninh Thuận nói riêng.

Hạn hán đã trở thành một thách thức nghiêm trọng ở Ninh Thuận. Cùng với các số liệu quan trắc bề mặt, việc tích hợp các thông tin viễn thám với độ phân giải không gian và thời gian phù hợp, sử dụng các chỉ tiêu hạn hán thích hợp để theo dõi, giám sát hạn hán trên cơ sở các bản đồ hạn hán là rất trực quan và phù hợp với diễn biến hạn hán ở tỉnh Ninh Thuận. Nghiên cứu nhận thấy, tần suất hạn ở Ninh Thuận ngày càng gia tăng cùng với mức độ khắc nghiệt ngày càng nghiêm trọng, hạn hán xuất hiện bất kỳ mùa nào trong năm, tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa. Các mức tần suất hạn 50% trở lên diện tích bị hạn vào mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km<sup>2</sup>. Đặc biệt trong cả năm, mức độ hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 13,8% diện tích toàn tỉnh), hạn rất nặng hơn 1.000 km<sup>2</sup> (tỷ lệ 31,6% diện tích toàn tỉnh).

Để đảm bảo công tác phòng chống hạn hán ở Ninh Thuận hiệu quả, nghiên cứu đề xuất nên sử dụng các biện pháp công trình, đặc biệt là hồ chứa điều tiết sâu, bởi đây được xem là giải pháp hiệu quả và bền vững nhất. Nguồn nước thủy điện Đa Nhim và nguồn nước nội tỉnh trên lưu vực sông Cái được xem là tài nguyên khan hiếm và quý giá, rất khó thay thế, cần phải được khai thác một cách hiệu quả và bền vững. Cần tiếp tục tập trung xây dựng hồ chứa quy mô các cấp, từ lớn, vừa đến nhỏ và cực nhỏ, nhằm dần tiến đến chủ động được nguồn nước, đáp ứng các nhu cầu phát triển trong tỉnh, đặc biệt tại vùng ven biển. Bên cạnh đó, cần chuyển đổi cơ cấu cây trồng hợp lý, lựa chọn các giống cây trồng chịu hạn, phù hợp với điều kiện khí hậu ở Ninh Thuận nhất là các khu vực hạn nặng và rất nặng. Giải pháp thứ ba là ứng dụng công nghệ tưới nhỏ giọt và các giải pháp canh tác hiện đại khác để hạn chế tối đa việc thất thoát, lãng phí nguồn nước, tăng hiệu quả sử dụng nước tưới trong nông nghiệp.

Bản đồ hạn hán được xây dựng trong nghiên cứu này mới chỉ thể hiện một cách trực quan diễn biến hạn hán đã từng xảy ra ở tỉnh Ninh Thuận. Để dự báo được diễn biến hạn hán, ngoài các thông tin viễn thám cần phải kết hợp nhiều mô hình dự báo khí tượng thủy văn khác, đây là hạn chế của nghiên cứu này và sẽ được tiếp tục nghiên cứu ở các công trình sau.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.Q.K., D.V.K.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.V.K., Đ.Q.K.; Viết bản thảo bài báo: D.V.K., Đ.Q.K., D.H.Y.; Chỉnh sửa bài báo: D.V.K., Đ.Q.K., D.H.Y.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường, trong khuôn khổ dự án “Xây dựng bộ bản đồ hạn hán cho Việt Nam”, theo quyết định số 1727/QĐ–BTNMT, ban hành ngày 17 tháng 9 năm 2013.

**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. Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. Understanding the Drought Phenomenon: *The Role of Definitions*. *Water Int.* **1985**, *10*, 111–120.
2. Kim, C.J.; Park, M.J.; Lee, J.H. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. *Int. J. Climatol.* **2013**, *34*(1), 61–80. <https://doi.org/10.1002/joc.3666>.
3. Website: <http://www.bom.gov.au/climate/drought/>.
4. Ravi, S.; Manekar, V.L.; Christian, R.A.; Mistry, N.J. Estimation of Reconnaissance Drought Index (RDI) for Bhavnagar District, Gujarat. *India. Int. J. Environ. Chem. Ecol. Geol. Geophys. Eng.* **2013**, *7*, 507–510.
5. Thục, T. Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết đề án cấp Bộ, 2008.
6. Thắng, N.V.; Khiêm, M.V.; Mậu, N.Đ; Trí, T.Đ. Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam trung bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **2014**, *3*, 49–55.
7. Tsakiris, H.V. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *Eur. Water* **2005**, *9–10*, 3–11.
8. Phi, N.Q. Xác định nhu cầu nước tưới cho cây lạc bằng phương trình FAO Penman – Monteith và phương pháp hệ số cây trồng đơn. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2014**, *46*, 79–85.
9. Cường, H.V.; Trà, T.V.; Phương, N.H. Đánh giá diễn biến hạn hán và phân cấp độ yếu tố tác động đến hạn thủy văn ở vùng Đồng bằng Sông Hồng – Thái Bình. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2019**, *56*, 1–12.



10. Tsakiris, G.; Pangalou, D.; Vangelis, H. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resour. Manage.* **2007**, 21(5), 821–833.
11. Hùng, T. Sử dụng tư liệu MODIS theo dõi độ ẩm đất/thực vật bề mặt: thử nghiệm với chỉ số mức khô hạn nhiệt độ – thực vật (TVDI). *Tạp chí Viễn thám và Địa tin học* **2007**, 2, 28–35.
12. Thục, T.; Khâm, D.V. Công nghệ viễn thám (RS) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong khí tượng thủy văn. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật* **2012**, 68-85 và 116-117.
13. Thiruvengadachari, S.; Gopalkrishna, H.R. An integrated PC environment for assessment of drought. *Int. J. Remote Sens.* **1993**, 14(17), 3201–3208.
14. Bikash, R.P. Analysing the effect of severity and duration of Agricultural drought on crop performance using Terra/MODIS Satellite data and Meteorological data. Luận văn thạc sĩ Khoa học Thông tin Địa lý và Quan sát Trái đất, 2006, 1–92.
15. Xiao, X.; Stephen, B.; Steve F.; Changsheng, L.; Jagadeesh, Y.B.; William, S.; Berrien, M. Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi-temporal MODIS images. *Remote Sens. Environ.* **2006**, 95–113.
16. <https://vjst.vn/vn/tin-tuc/3132/han-han-o-ninh-thuan-va-giai-phap-khac-phuc.aspx>. Hạn hán ở Ninh Thuận và giải pháp khắc phục. *Tạp chí Khoa học công nghệ Việt Nam (điện tử)*, **2020**.
17. Anh, N.N. Hạn hán ở Ninh Thuận – Bình Thuận và giải pháp khắc phục, [https://siwrp.org.vn/tin-tuc/han-han-o-ninh-thuan-binh-thuan-va-giai-phap-khac-phuc\\_313.html](https://siwrp.org.vn/tin-tuc/han-han-o-ninh-thuan-binh-thuan-va-giai-phap-khac-phuc_313.html). Công thông tin điện tử Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, **2016**.
18. Thành, N.N.; Thái, T.H.; Dũng, B.Q. Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 8, 1–8.
19. Tỳ, T.V.; Hoài, Đ.T.T.; Minh, H.V.T. Xây dựng bản đồ hạn hán đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu* **2015**, 226–233.
20. Zhou, X.J.; Wang, P.X.; Kevin, T.S.; Darren, G.; Zhang, S.Y.; Li, S.Y.; Wang, L. Drought Monitoring Using the Sentinel-3-Based Multiyear Vegetation Temperature Condition Index in the Guanzhong Plain, China. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2020**, 13, 129–142.
21. Khâm, D.V.; Quyền, N.H.; Tâm, T.T.; Dũng, L.T. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hán ở các tỉnh duyên hải miền trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 648, 27–32.
22. Khâm, D.V.; Thu, C.M.; Tùng, Đ.T. Ứng dụng ảnh vệ tinh MODIS trong tính toán nhiệt độ lớp phủ bề mặt. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, 578, 50–54.
23. Xiao, X.; He, L.; Salas, W.; Li, C.; Moore, B.; Zhao, R.; et al. Quantitative relationships between field-measured leaf area index and vegetation index derived from VEGETATION images for paddy rice fields. *Int. J. Remote Sens.* **2002**, 23, 3595–3604.
24. Doraiswamy, P.C.; Moulin, S.; Cook, P.W.; Stern, A. Crop yield assessment from remote sensing. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* **2003**, 69, 665–674.
25. Khâm, D.V.; Quyền, N.H.; Tâm, T.T.; Dũng, L.T. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hán ở các tỉnh Duyên hải miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 638, 26–32.
26. Khâm, D.V. Báo cáo tổng kết dự án “Xây dựng bộ bản đồ hạn hán cho Việt Nam”, Dự án cấp bộ, 2020.

## **Research and application of remote sensing and GIS technology to build agricultural drought maps of Ninh Thuan province**

**Dang Quoc Khanh<sup>2</sup>, Duong Van Kham<sup>2\*</sup>, Duong Hai Yen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; khanhdangkhtc@gmail.com

<sup>2</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; dvkham.kttv@gmail.com; duongyen185@gmail.com

**Abstract:** Ninh Thuan is one of the largest arid provinces in the country. This is the biggest disadvantage of nature for agricultural development in particular and economic development in general of the province. Based on hydrometeorological data and remote sensing information, applying remote sensing index (Vegetation – Temperature Dryness Index VTCI) and GIS technology, the article has built a set of agricultural drought maps including frequency drought yield and agricultural drought severity map in Ninh Thuan province. The map set with the scale of 1:50,000 and the spatial resolution on the grid size of 1km × 1km is shown in Mapinfo software, which is easy to look up and use. In which, there is a map of agricultural drought frequency showing that whether in the rainy season or the dry season in the territory of Ninh Thuan province, drought occurs, however, the frequency of drought occurrence in the dry season is greater than that of the rainy season, about 600 km<sup>2</sup> higher than the rainy season. The map of drought severity shows that severe drought accounts for nearly 500 km<sup>2</sup> (accounting for 13.8% of the province's area), very severe drought accounts for more than 1,000 km<sup>2</sup> (accounting for 31.6% of the province's area). The agricultural drought map system is an important scientific basis, visually displaying the distribution of drought in general and agricultural drought in particular, serving the locality in planning agricultural production to cope with drought in the context of climate change.

**Keywords:** Agricultural drought; VTCI; Ninh Thuan; MODIS; GIS.

Bài báo khoa học

## Ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ trên đồng ruộng tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

Trần Xuân Dũng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Huỳnh Thy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM; txdung@hcmus.edu.vn; nghthy140699@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: txdung@hcmus.edu.vn; Tel.: +84-792293359

**Tóm tắt:** Trồng lúa là một trong những hoạt động sản xuất chính của người dân ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Sau khi thu hoạch, rơm rạ được xử lý bằng nhiều cách khác nhau nhưng chủ yếu là đốt, việc này vừa gây lãng phí nguồn tài nguyên vừa phát thải ra môi trường một lượng lớn khí độc hại. Nghiên cứu sử dụng phần mềm ALU (*Agriculture and Land Use National Greenhouse Gas Inventory*) để ước tính lượng phát thải khí do hoạt động đốt rơm rạ này gây ra. Kết quả cho thấy tại ĐBSCL năm 2012, hoạt động đốt rơm rạ phát thải 1598,8 nghìn tấn khí CO, kế đến là khí CH<sub>4</sub> khoảng 164,9 nghìn tấn, còn lại khí NO<sub>x</sub> là 39,2 nghìn tấn và khí N<sub>2</sub>O là 1,2 nghìn tấn. Đến năm 2020, với sự thay đổi về sản lượng lúa và tỷ lệ đốt rơm rạ giảm nên lượng khí thải ước tính giảm xuống còn 1123,6 nghìn tấn khí CO, khí CH<sub>4</sub> cũng giảm xuống còn 115,9 nghìn tấn, khí NO<sub>x</sub> còn 27,5 nghìn tấn và N<sub>2</sub>O còn 0,8 nghìn tấn. Điều này cho thấy xu hướng tích cực trong việc giảm phát thải khí từ hoạt động đốt rơm rạ tại ĐBSCL tuy lượng khí thải ra hiện vẫn còn tương đối lớn. Kết quả nghiên cứu có thể dùng làm dữ liệu hỗ trợ kiểm kê phát thải cũng như sử dụng trong quản lý chất lượng môi trường không khí ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Đốt rơm rạ; Phát thải khí; Đồng bằng sông Cửu Long.

### 1. Mở đầu

Theo các đánh giá của Ủy ban liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (IPCC), nguyên nhân chính dẫn đến biến đổi khí hậu toàn cầu là do sự phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính quá mức từ các hoạt động phát triển kinh tế-xã hội của con người. Để cắt giảm lượng phát thải khí nhà kính, tại Hội nghị của Liên Hợp Quốc về Môi trường và Phát triển tại Rio de Janeiro vào năm 1992, hơn 155 quốc gia đã ký kết Công ước khung của Liên Hợp Quốc về Biến đổi khí hậu (UNFCCC), công ước nhằm hạn chế hiện tượng tăng nhiệt độ trung bình của Trái Đất. Hội nghị vào tháng 12 năm 1997 đã thông qua Nghị định thư Kyoto để các quốc gia cắt giảm phát thải, đặc biệt đối với các nước phát triển. Là một trong những nước có lượng phát thải khí nhà kính liên tục tăng, Việt Nam cũng đã ký kết tham gia UNFCCC vào năm 1992, phê chuẩn vào năm 1994. Từ năm 1994 đến năm 2016, Việt Nam đã xây dựng Thông báo quốc gia về kiểm kê khí nhà kính và Báo cáo cập nhật 2 năm một lần (BUR) [1].

Theo kết quả đánh giá khí nhà kính quốc gia, vào năm 2016 tổng lượng phát thải khí nhà kính ở Việt Nam là 316,7 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương, tăng 212,9 triệu tấn so với năm 1994. Ước tính đến năm 2025 lượng phát thải sẽ đạt 726,2 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương và đạt 927,9 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương vào năm 2030. Trong các lĩnh vực được đánh giá thì năng lượng là lĩnh vực đang chiếm tỷ trọng lớn nhất (65% tổng lượng khí nhà kính toàn quốc năm 2016) và cũng có mức độ tăng nhiều nhất (tăng 180,2 triệu tấn từ năm 1994 đến năm 2016) [2-4].

Cùng với ngành năng lượng, nông nghiệp cũng là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính chủ yếu với 89,7 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương, chiếm 31,6% tổng lượng phát thải khí

nhà kính của cả nước năm 2014. Sự gia tăng dân số, nhu cầu tiêu dùng thịt, sữa, sử dụng phân đạm ngày càng tăng nên lượng phát thải khí nhà kính từ nông nghiệp tăng. Trong đó, đáng chú ý là các phát thải khí CH<sub>4</sub> từ chăn nuôi và canh tác lúa ở điều kiện ngập nước, các khí oxit nito từ quá trình sử dụng phân đạm ... Ngoài ra, sau khi thu hoạch người dân còn đốt các phụ phẩm trong nông nghiệp như rơm rạ, thân lá ngô, ... thải ra môi trường một lượng lớn khí CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>... Việc đốt rơm rạ cũng làm giảm lượng phân hữu cơ, dẫn tới phải tăng mức sử dụng phân hóa học càng làm tăng lượng khí nhà kính phát thải. Như vậy, việc không tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp đã gây lãng phí một nguồn hữu cơ lớn, gây ảnh hưởng tới cảnh quan và ô nhiễm môi trường.

**Bảng 1.** Phát thải khí nhà kính của Việt Nam giai đoạn 1994 – 2016 và dự kiến phát thải theo Kịch bản phát triển thông thường đến năm 2030 (Đơn vị: triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương) [2-4].

	Năng lượng	Quá trình công nghiệp	Nông nghiệp	LULUCF	Chất thải	Tổng
<b>1994</b>	25,6	3,8	52,4	19,4	2,6	103,8
<b>2000</b>	52,8	10,0	65,1	15,1	7,9	150,9
<b>2010</b>	141,2	21,2	88,3	-19,2	15,3	246,8
<b>2013</b>	151,4	31,7	89,4	-34,2	20,7	259,0
<b>2014</b>	171,6	38,6	89,7	-37,5	21,5	283,9
<b>2016</b>	205,8	46,1		44,1*	20,7	316,7
<b>2025</b>	500,7	116,1	109,2	-37,9	38,1	726,2
<b>2030</b>	678,4	140,3	112,1	-49,2	46,3	927,9

\* Theo báo cáo cập nhật hai năm lần thứ 3 (BUR3) của Việt Nam gửi UNFCCC năm 2021, phát thải khí nhà kính từ lĩnh vực nông nghiệp và lĩnh vực LULUCF (sử dụng đất, chuyển đổi sử dụng đất và lâm nghiệp) được gộp thành lĩnh vực AFOLU (nông nghiệp, lâm nghiệp và sử dụng đất).

Hiện nay đã có một số nghiên cứu về khí thải từ đốt rơm rạ ở Việt Nam, chủ yếu được thực hiện tại các vùng có tỷ lệ diện tích trồng lúa cao như đồng bằng sông Hồng, với những đánh giá về tổng lượng khí phát thải vào môi trường cũng như những thiệt hại môi trường gây ra từ đốt rơm rạ. Một số nghiên cứu tiêu biểu:

[5] đã thực hiện nghiên cứu ước tính lượng khí thải vào môi trường do tình trạng đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng của các hộ nông dân sau mỗi vụ thu hoạch lúa ở vùng đồng bằng sông Hồng. Kết quả cho thấy lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải vào môi trường do đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng là lớn nhất, từ 1,2 đến 4,7 triệu tấn/năm nếu tỷ lệ rơm rạ đốt dao động trong khoảng từ 20–80%. Lượng phát thải các loại khí thải khác như CH<sub>4</sub> là 1,0–3,9 ngàn tấn/năm, CO là 28,3–113,2 ngàn tấn/năm...[6] đã thực hiện nghiên cứu kiểm kê phát thải do hoạt động đốt rơm rạ trên địa bàn tỉnh Thái Bình trong năm 2012. Kết quả cho thấy trong tổng lượng phát thải khí thì CO<sub>2</sub> chiếm 89,6% (738,8 nghìn tấn/năm), tiếp đến là khí CO chiếm 7,08% (58,4 nghìn tấn/năm), phần còn lại (3,35%) là các khí PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC, EC, OC. Kết quả thu được rất hữu ích cho các nhà hoạch định chính sách và quản lý nhà nước nói chung và lĩnh vực môi trường nói riêng. [7] thực hiện thống kê và tính toán các chất ô nhiễm không khí phát sinh từ hoạt động đốt rơm rạ tại tỉnh Ninh Bình. Lượng phát thải của các chất CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, BC được tính toán dựa vào hệ số phát thải ABC EIM. Theo kết quả tính cho 3 trường hợp phát thải thấp, trung bình, cao thì trong giai đoạn năm 2010 đến năm 2015, lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải luôn đạt giá trị lớn nhất, chiếm khoảng 90% tổng lượng khí phát thải, cụ thể là khoảng 448,7 ± 1,2 nghìn tấn trong trường hợp phát thải thấp, 667,7 ± 1,8 nghìn tấn trong trường hợp phát thải trung bình và 949,6 ± 2,5 nghìn tấn trong trường hợp phát thải cao. Trong các chất còn lại, đáng chú ý là PM<sub>2.5</sub> và cacbon đen (BC) với mức phát thải lần lượt là 1,8 ± 0,005 đến 4,7 ± 0,02 nghìn tấn; 0,28 đến 0,3 nghìn tấn. [8] đã ước tính tổng lượng khí thải từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng trên địa bàn thành phố Hà Nội trong năm 2015. Dựa trên dữ liệu sản xuất lúa gạo, tổng lượng rơm rạ ước tính vào khoảng 40 triệu tấn. Tỷ lệ trung bình rơm rạ đốt trên đồng ruộng theo khảo sát vào khoảng 44%. Kết quả kiểm kê phát thải của nghiên cứu cho thấy CO<sub>2</sub> là thành

phần phát thải lớn nhất 91,5% (419889,1 tấn), sau đó là CO chiếm 6,3% (8865,1 tấn), và những khí thải khác chỉ chiếm 2,2%. Khí thải phát ra từ đốt rơm rạ tập trung chủ yếu ở các huyện Ứng Hòa, Ba Vì, và Chương Mỹ. [9] đã áp dụng phương pháp mới sử dụng ảnh vệ tinh SAR Sentinel-1 để trích xuất dữ liệu về diện tích và năng suất lúa từ đó ước tính lượng khí thải phát sinh từ hoạt động đốt rơm rạ trên đồng ruộng tại khu vực Hà Nội. Việc sử dụng dữ liệu viễn thám đã cho kết quả sự phân bố không gian về diện tích và sản lượng lúa theo mùa vụ với độ tin cậy cao. Điều này có thể giúp cải thiện khả năng ước tính lượng khí thải phát sinh từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng với chi phí thấp cùng với lợi thế về tính sẵn có và kịp thời. Theo kết quả tính toán được vào năm 2019, khoảng 460 nghìn tấn rơm rạ bị đốt đã tạo ra tổng lượng chất gây ô nhiễm lớn với 542 nghìn tấn CO<sub>2</sub> (chiếm 90%), 42 nghìn tấn CO (chiếm 7%), những khí thải khác chiếm 3% còn lại.

Tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), [10] đã thực hiện khảo sát kết hợp thu mẫu để xác định lượng rơm rạ sau thu hoạch và các biện pháp sử dụng rơm rạ. Kết quả cho thấy các hình thức xử lý rơm trên ruộng thay đổi tùy theo mùa vụ, chủ yếu là đốt rơm, vùi rơm, trồng nấm, chăn nuôi, bán và cho người khác. Tỷ lệ đốt rơm cao nhất ở vụ Đông Xuân (98,2%), giảm xuống ở vụ Hè Thu (89,7%), và thấp nhất ở vụ Thu Đông (54,1%). Ước tính lượng rơm rạ phát sinh ở ĐBSCL năm 2011 vào khoảng 26,2 triệu tấn/năm, trong đó khoảng 20,9 triệu tấn/năm bị đốt bỏ gây phát thải 17,95 triệu tấn CO<sub>2</sub>, 485,58 nghìn tấn CO và 10,38 nghìn tấn NO<sub>x</sub> vào khí quyển. Kết quả điều tra còn ghi nhận đa số nông dân đều có khuynh hướng giữ nguyên tập quán đốt rơm trong các năm tiếp theo.

Trong bối cảnh chung hiện nay khi khí hậu có những thay đổi bất thường, các hiện tượng thời tiết cực đoan xuất hiện với mức độ ngày càng gay gắt hơn, không khí cũng ô nhiễm hơn do ảnh hưởng từ những hoạt động của con người, thì việc cắt giảm lượng phát thải các khí độc hại vào khí quyển là hết sức cần thiết. Với mục tiêu tiếp nối những kết quả trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm ước tính lượng khí thải phát sinh từ việc đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng của các hộ nông dân vùng ĐBSCL, qua đó góp phần cung cấp thêm thông tin cảnh báo về ảnh hưởng của hoạt động này tới môi trường không khí nếu không có những biện pháp xử lý khác tích cực và kinh tế hơn. Hiện nay, ngoài phương pháp sử dụng các công thức tính toán thì cũng có nhiều công cụ được xây dựng để ước tính lượng phát thải khí như công cụ xác định cân bằng cacbon EX-ACT [11], công cụ Bilan Carbone (*Carbon Balance*) [12], công cụ kiểm kê khí nhà kính ClearPath Global [13], hay phần mềm ALU (*Agriculture and Land Use National Greenhouse Gas Inventory*) [14]. Một số đã được áp dụng vào các trường hợp nghiên cứu tại Việt Nam như [12] đã dùng công cụ Bilan Carbone để tính toán mức phát thải khí nhà kính của chính quyền thành phố Huế vào năm 2010, hay [15] đã dùng phần mềm ALU để ước tính lượng phát thải khí nhà kính trong tiểu lĩnh vực trồng trọt và chăn nuôi tại tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2010–2018. Trong số các công cụ này, nghiên cứu đã chọn phần mềm ALU để ước tính lượng phát thải khí do đốt rơm rạ tại ĐBSCL. Đây là phần mềm được xây dựng dựa trên Hướng dẫn kiểm kê khí nhà kính Quốc gia năm 2006 (IPCC 2006) của Ủy ban liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu, với giao diện thân thiện và đã được nhiều nước trong khu vực sử dụng để kiểm kê khí nhà kính bao gồm Thái Lan, Lào, Philippines, Malaysia, Indonesia, ... ALU cũng có các phần tính toán dành riêng cho việc đốt sinh khối nên rất phù hợp với mục tiêu của nghiên cứu.

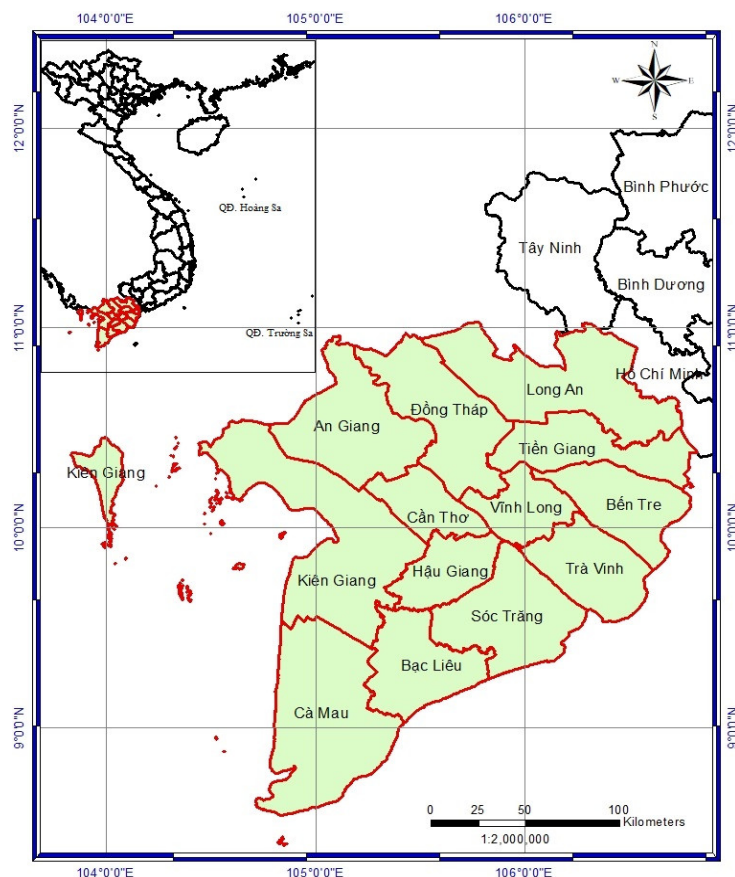
## 2. Khu vực nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

#### 2.1.1. Điều kiện tự nhiên

Đồng bằng sông Cửu Long nằm ở tọa độ 8°35'–10°02'30" Bắc và 104°25'–106°50' Đông, bao gồm địa phận của 13 tỉnh, thành là: Long An, Tiền Giang, Đồng Tháp, Trà Vinh, Hậu Giang,

Vĩnh Long, Sóc Trăng, Bến Tre, An Giang, Kiên Giang, Bạc Liêu, Cà Mau và thành phố Cần Thơ [16].



**Hình 1.** Sơ đồ khu vực nghiên cứu.

Vùng ĐBSCL được hình thành từ những trầm tích phù sa và bồi dần qua những kỷ nguyên thay đổi mực nước biển, địa hình của vùng tương đối bằng phẳng, độ cao trung bình là 3–5 m, có khu vực chỉ cao 0,5–1 m so với mực nước biển. ĐBSCL có hệ thống sông ngòi, kênh rạch dày đặc, với gần 40 sông, kênh rạch liên tỉnh và gần 100 sông, kênh rạch nội tỉnh. Khí hậu ở ĐBSCL thuộc loại nhiệt đới ẩm, gió mùa cận xích đạo, nắng nhiều, quanh năm nhiệt độ cao và về cơ bản trong năm có hai mùa: mùa mưa kéo dài từ tháng 5–11; mùa khô từ tháng 12–4 năm sau. Bức xạ mặt trời khá dồi dào và tương đối ổn định, ít biến đổi trong năm và trong vùng. Bức xạ tổng cộng trung bình năm khoảng 150 Kcal/cm<sup>2</sup>, số giờ nắng trung bình năm khoảng 2400–2800 giờ. Phần lớn diện tích ĐBSCL được bồi đắp phù sa hằng năm, rất màu mỡ tạo điều kiện thuận lợi cho sản xuất lúa. Tận dụng những lợi thế có sẵn, ĐBSCL tập trung sản xuất lúa và đã trở thành vựa lúa số một của nước ta [17].

### 2.1.2. Tình hình sản xuất lúa tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

ĐBSCL là một trong những vùng sản xuất lúa trọng điểm của Việt Nam, đóng góp hơn 50% sản lượng lúa của cả nước. Diện tích gieo trồng lúa của vùng cũng luôn đứng đầu khi so với các vùng khác. Tính từ năm 2010, diện tích trồng lúa có sự thay đổi qua các năm nhưng nhìn chung gần đây có xu hướng giảm. Năm 2010, diện tích gieo trồng lúa của toàn vùng đạt 3945,9 nghìn ha (chiếm 52,7% của cả nước), tăng lên 4340,3 nghìn ha vào năm 2013 (chiếm 54,9%) nhưng sau đó lại giảm dần còn khoảng 3963,7 nghìn ha vào năm 2020 (chiếm 54,5%).

**Bảng 2.** Diện tích, năng suất và sản lượng lúa tại khu vực ĐBSCL theo số liệu từ Tổng cục Thống kê.

	Cả năm		Đông Xuân			Hè Thu–Thu Đông			
	Diện tích (nghìn ha)	Năng suất (tạ/ha)	Sản lượng (nghìn tấn)	Diện tích (nghìn ha)	Năng suất (tạ/ha)	Sản lượng (nghìn tấn)	Diện tích (nghìn ha)	Năng suất (tạ/ha)	Sản lượng (nghìn tấn)
2010	3945,9	54,7	21595,6	1564,6	65,7	10276,0	2005,2	48,5	9720,6
2011	4093,9	56,8	23269,5	1567,5	66,9	10483,4	2151,0	51,9	11158,5
2012	4184,0	58,1	24320,8	1580,2	68,6	10834,2	2212,5	52,8	11677,0
2013	4340,3	57,6	25021,1	1564,4	68,4	10694,6	2370,4	52,4	12422,8
2014	4249,5	59,4	25245,6	1562,7	71,6	11191,7	2292,8	53,1	12173,1
2015	4301,5	59,5	25583,7	1617,5	71,3	11527,7	2444,1	53,5	13082,1
2016	4241,1	56,2	23831,0	1601,9	63,9	10231,3	2441,5	52,9	12904,1
2017	4185,3	56,4	23609,0	1579,1	62,6	9883,2	2421,9	53,8	13026,7
2018	4107,5	59,7	24506,9	1573,8	68,9	10833,7	2336,5	54,6	12763,7
2019	4068,9	59,7	24310,0	1604,7	67,8	10876,0	2293,3	55,2	12654,2
2020	3963,7	60,1	23819,3	1546,5	68,3	10569,8	2247,9	55,6	12489,5

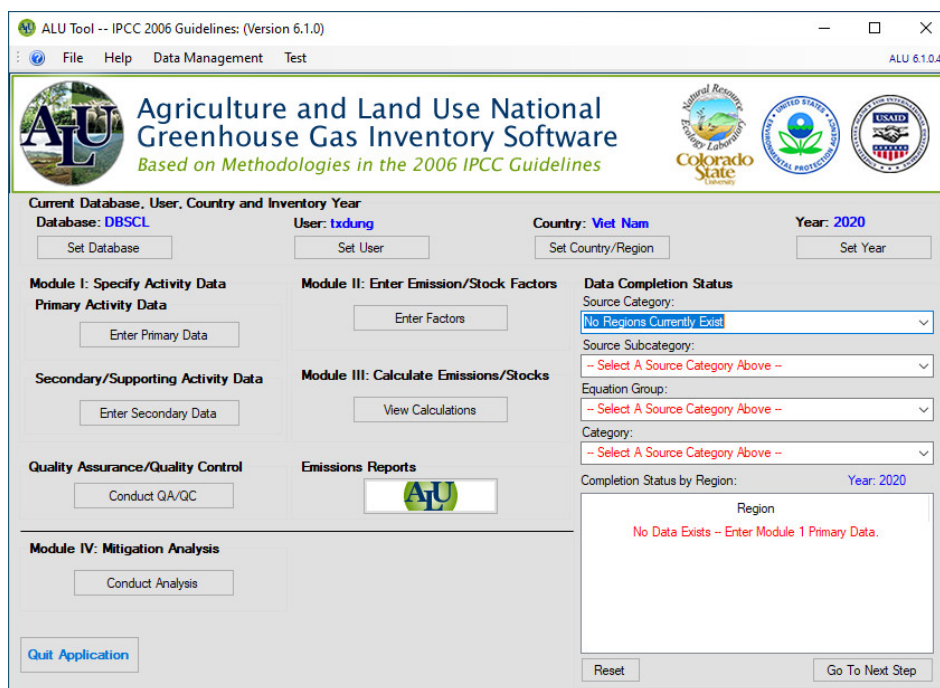
Tuy diện tích gieo trồng có giảm nhưng nhờ không ngừng áp dụng cải tiến giống cây trồng, cải tạo thủy lợi cùng với đổi mới cơ cấu và quy trình sản xuất, công tác khuyến nông, nâng cao trình độ sản xuất của bà con nông dân cũng được đẩy mạnh nên năng suất lúa đã được cải thiện đáng kể, từ 54,7 tạ/ha năm 2010 lên 60,1 tạ/ha năm 2020. Năng suất lúa của vùng qua các năm hầu hết đều cao hơn khoảng 1,5 tạ/ha so với mức bình quân chung của cả nước. Năng suất lúa từng vụ cũng có sự gia tăng đáng kể, trong đó vụ Đông Xuân có điều kiện sản xuất thuận lợi nhất nên năng suất luôn lớn hơn 62 tạ/ha, đặc biệt năm 2014, 2015 đạt tới hơn 71 tạ/ha. Các vụ Hè Thu–Thu Đông tuy năng suất có thấp hơn nhưng cũng duy trì ổn định ở mức hơn 50 tạ/ha. Nhờ năng suất lúa được cải thiện mà sản lượng lúa của vùng cũng có sự gia tăng từ 21595,6 nghìn tấn năm 2010 lên 25583,7 nghìn tấn năm 2015 và đạt 23819,3 nghìn tấn năm 2020. Tính chung cả giai đoạn 2010–2020, sản lượng lúa đã tăng 2223,7 nghìn tấn, chiếm hơn 80% tổng sản lượng lúa tăng thêm của cả nước. Kiên Giang, An Giang, Đồng Tháp là các tỉnh đạt sản lượng cao nhất, đóng góp tới gần 50% sản lượng lúa của toàn vùng. Trong các vụ thì Đông Xuân là vụ có sản lượng cao nhất, chiếm khoảng 41–47% sản lượng lúa cả năm. Ngoài năng suất và sản lượng được gia tăng, chất lượng lúa gạo cũng ngày càng cao, với các giống lúa đặc sản như IR64, OM1490, OM2031, VND95–20, MTC250, IR62032 ... đặc biệt giống lúa ST đã đạt được nhiều thành tích, giải thưởng giúp tăng mức độ nhận diện cũng như sức cạnh tranh của lúa gạo Việt Nam khi xuất khẩu ra thị trường nước ngoài.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên phương pháp điều tra khảo sát, kết hợp với thu thập, thống kê, tổng hợp tài liệu từ các nguồn có liên quan, từ những dữ liệu này sẽ thực hiện ước tính lượng khí phát thải bằng phần mềm ALU. Số liệu về diện tích lúa, sản lượng lúa, năng suất lúa được tổng hợp từ Tổng cục Thống kê Việt Nam và niên giám thống kê các tỉnh thuộc ĐBSCL. Số liệu về phương thức xử lý rơm rạ vào năm 2020 được nhóm tác giả thực hiện khảo sát ngẫu nhiên các hộ sản xuất để thu thập thông tin về số vụ lúa sản xuất trong năm, diện tích đất trồng lúa, giống lúa sử dụng, các hình thức xử lý rơm sau thu hoạch ... Ngoài ra, để so sánh sự thay đổi về hình thức sử dụng rơm rạ và lượng khí phát thải do quá trình đốt, nhóm tác giả cũng tham khảo số liệu từ nghiên cứu [10] cho các tính toán vào năm 2012.

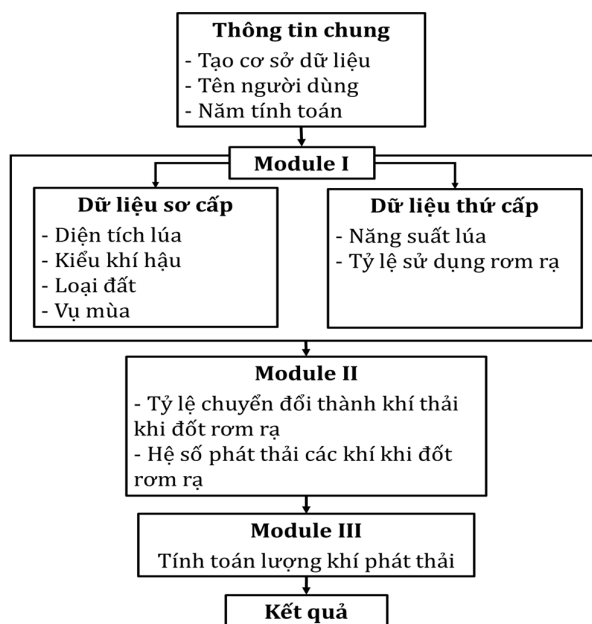
Để ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ trên đồng ruộng, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm ALU. Phần mềm được phát triển dựa trên các phương pháp do Ủy ban liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu cung cấp trong Hướng dẫn kiểm kê khí nhà kính Quốc gia năm 2006 (IPCC 2006) tại phòng thí nghiệm Sinh thái Tài nguyên Thiên nhiên, Đại học bang Colorado (Hoa Kỳ) với trưởng dự án là ông Stephen M. Ogle. Phần mềm ALU thực hiện kiểm kê thông

qua quá trình ước tính lượng phát thải và hấp thụ khí nhà kính liên quan đến các hoạt động nông nghiệp và lâm nghiệp. Phần mềm hiện có hai phiên bản: 4.5 dựa trên IPCC 1996 và 6.0 dựa trên IPCC 2006. Phiên bản 6.0 phát triển một số tính năng tăng cường cho chăn nuôi, kết quả có thể lưu trữ lâu dài và được lưu dưới dạng file excel, giao diện dễ sử dụng trên máy tính cá nhân với môi trường MS Windows làm cho quá trình thực hiện kiểm kê trở nên dễ dàng hơn [14].



Hình 2. Giao diện chính của phần mềm ALU.

Các bước tính toán lượng khí phát thải do đốt rơm rạ bằng phần mềm ALU được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Các bước tính toán lượng khí phát thải do đốt rơm rạ bằng phần mềm ALU.



Dữ liệu đầu vào chính để ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ cho phần mềm ALU được nhập vào qua các module như sau:

+ Module I: Các dữ liệu về diện tích, năng suất lúa và tỷ lệ sử dụng rơm rạ sau thu hoạch. Trong đó, diện tích và năng suất lúa được thu thập từ Tổng cục Thống kê và niên giám thống kê các tỉnh, tỷ lệ sử dụng rơm rạ sau thu hoạch năm 2012 tham khảo theo [10] và năm 2020 là kết quả khảo sát của nhóm tác giả.

+ Module II: Các dữ liệu về tỷ lệ chuyển đổi thành khí và hệ số phát thải các khí khi đốt rơm rạ. Hiện nay, tại Việt Nam chưa có hệ số phát thải riêng cho rơm rạ khi đốt ngoài đồng ruộng, nên nghiên cứu đã sử dụng các hệ số phát thải đã được công bố và lựa chọn từ [18–19] của các nước châu Á có sản xuất lúa như Thái Lan, Ấn Độ, Phillippines, Trung Quốc ...

Ngoài các dữ liệu chính như trên thì các thông tin về kiểu khí hậu, loại đất và các mùa vụ được chọn theo điều kiện thực tế tại khu vực nghiên cứu.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Khái quát tình hình đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long

Tương ứng với diện tích canh tác và sản lượng lúa thì lượng rơm rạ để lại sau mỗi vụ thu hoạch ở ĐBSCL là rất lớn. Hiện nay, nguồn tài nguyên phế thải này chưa được khai thác và sử dụng một cách hiệu quả. Ở nhiều khu vực, rơm rạ được loại bỏ khỏi đồng ruộng bằng cách cày vùi hoặc được sử dụng để ủ phân, nhưng chủ yếu là đốt. Đây là một sự lãng phí nguồn năng lượng cacbon hữu cơ, đồng thời đốt rơm rạ trên đồng ruộng cũng thải ra một lượng lớn chất ô nhiễm độc hại như bụi, khói, các chất khí như CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ... gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người. Bảng 3 thể hiện cách sử dụng rơm rạ sau thu hoạch vào các mục đích khác nhau của các hộ gia đình tại ĐBSCL.

Có thể thấy việc đốt rơm rạ sau khi thu hoạch ngay tại đồng ruộng vẫn rất phổ biến, đặc biệt là sau vụ Đông Xuân khi điều kiện thời tiết hanh khô hơn thì phương án đốt hay được lựa chọn. Theo nghiên cứu [10], tỷ lệ rơm rạ đốt ngoài đồng ruộng chiếm 98,2%, 89,7% và 54,1% tương ứng với các vụ Đông Xuân, Hè Thu và Thu Đông vào năm 2012. Kết quả khảo sát vào năm 2020 cho thấy tỷ lệ này còn khoảng 62,2%, 54,9% và 53,8%. Tỷ lệ đốt từ 2012–2020 có xu hướng giảm do người dân đã tận dụng rơm rạ cho các mục đích sử dụng khác nhiều hơn như dùng để trồng nấm hay làm thức ăn chăn nuôi. Theo số liệu của Tổng cục thống kê thì số lượng trâu, bò tại ĐBSCL cũng đã tăng từ 669,8 nghìn con năm 2012 lên 937,6 nghìn con năm 2020 nên dẫn tới nhu cầu về thức ăn cũng tăng lên. Tuy nhiên, dù đã có sự thay đổi về tỷ lệ các biện pháp xử lý nhưng đốt vẫn là phương án được sử dụng nhiều nhất, chiếm hơn 50% ở mỗi vụ vào năm 2020.

**Bảng 3.** Tỷ lệ sử dụng rơm rạ vụ Đông Xuân, Hè Thu và Thu Đông năm 2012 và năm 2020 (Đơn vị: %).

	Đông Xuân			Hè Thu			Thu Đông		
	Đốt	Vùi trên đồng ruộng	Khác	Đốt	Vùi trên đồng ruộng	Khác	Đốt	Vùi trên đồng ruộng	Khác
2012	98,2	0	1,8	89,7	6,6	3,7	54,1	26,1	19,8
2020	62,2	8,1	29,7	54,9	8,5	36,6	53,8	10,8	35,4

[10]

#### 3.2. Ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long

Lượng phát thải do đốt rơm rạ tại khu vực ĐBSCL được ước tính bằng phần mềm ALU cho các khí CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO theo phương pháp từ hướng dẫn của IPCC 2006 với các dữ liệu đầu vào phù hợp cho khu vực nghiên cứu. Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 4 cho thấy vào năm 2012, lượng phát thải khí CO lớn nhất với 1598,8 nghìn tấn (chiếm 88,6%), tiếp đến là khí CH<sub>4</sub> với 164,9 nghìn tấn (chiếm 9,1%), khí NO<sub>x</sub> là 39,2 nghìn tấn (chiếm

2,2%) và khí N<sub>2</sub>O là 1,2 nghìn tấn (chiếm 0,1%). Tổng lượng phát thải khí có liên quan chặt chẽ với sản lượng lúa gạo sản xuất và tỷ lệ đốt rơm rạ. Như trong năm thì vụ Đông Xuân với sản lượng lớn và tỷ lệ đốt rơm rạ ở mức cao nên chiếm 55,5% lượng phát thải, trong khi tổng của hai vụ Hè Thu–Thu Đông chỉ chiếm 44,5% lượng phát thải của cả năm.

Đến năm 2020, do tỷ lệ đốt rơm rạ đã giảm đi phần nào nên lượng khí phát thải cũng giảm so với năm 2012, với khí CO là 1123,6 nghìn tấn, khí CH<sub>4</sub> là 115,9 nghìn tấn, khí NO<sub>x</sub> là 27,5 nghìn tấn và khí N<sub>2</sub>O là 0,8 nghìn tấn. Mức độ suy giảm tính cho cả năm vào khoảng 536,2 nghìn tấn, với vụ Đông Xuân giảm 382,9 nghìn tấn, vụ Hè Thu–Thu Đông giảm 153,3 nghìn tấn. Đông Xuân vẫn là vụ có lượng phát thải nhiều nhất nhưng chỉ còn chiếm khoảng 48,7% của cả năm do tỷ lệ đốt rơm rạ ở vụ này giảm mạnh từ 98,2% xuống chỉ còn 62,2%.

**Bảng 4.** Ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ tại khu vực ĐBSCL năm 2012 và 2020 (đơn vị: nghìn tấn).

		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO
2012	Đông Xuân	91,4	0,7	21,7	886,8
	Hè Thu–Thu Đông	73,4	0,5	17,5	712,0
	Tổng cộng	164,9	1,2	39,2	1598,8
2020	Đông Xuân	56,5	0,4	13,4	547,5
	Hè Thu–Thu Đông	59,4	0,4	14,1	576,2
	Tổng cộng	115,9	0,8	27,5	1123,6

Lượng khí phát thải đã tính toán được quy đổi ra giá trị CO<sub>2</sub> tương đương (CO<sub>2</sub> equivalent) dựa vào tiềm năng làm cho Trái Đất nóng lên (*Global Warming Potentials*) để ước tính mức độ ảnh hưởng theo hiệu ứng nhà kính của lượng phát thải này đối với khí quyển. Các giá trị GWP100 theo báo AR6 năm 2021 của IPCC tương ứng cho các khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O là 27,9 và 273 [20]. Theo cách quy đổi này thì lượng phát thải năm 2012 vào khoảng 4928,3 nghìn tấn CO<sub>2</sub> tương đương, và năm 2020 vào khoảng 3463,6 nghìn tấn CO<sub>2</sub> tương đương. So sánh với kết quả kiểm kê khí nhà kính vào năm 2014 cho lĩnh vực nông nghiệp thì lượng phát thải này tương đương khoảng 5,4% và 3,9%. Có thể thấy nếu chuyển đổi được phần lớn phương án xử lý rơm rạ sang mục đích sử dụng khác thay vì đốt sẽ giảm được đáng kể lượng khí phát thải gây hiệu ứng nhà kính từ lĩnh vực nông nghiệp, cùng với các phương án cắt giảm và chuyển đổi mà nước ta đang thực hiện, sẽ vừa đảm bảo lợi ích kinh tế vừa bảo vệ và giảm áp lực đối với môi trường.

Phần mềm ALU được sử dụng trong nghiên cứu đã cho kết quả ước tính lượng khí phát thải từ hoạt động đốt rơm rạ tại khu vực ĐBSCL qua hai năm 2012 và 2020, qua đó phần nào cho thấy ảnh hưởng của hoạt động này đối với lượng phát thải khí nhà kính của ngành nông nghiệp nói chung. Ngoài những kết quả đã đạt được, nghiên cứu khi áp dụng tại khu vực ĐBSCL còn gặp một số hạn chế về dữ liệu đầu vào do không thể trực tiếp thực hiện các khảo sát, đo đạc cho các hệ số chuyển đổi, hệ số phát thải khi đốt rơm rạ ... nên phải tham chiếu từ các nghiên cứu tại khu vực khác, điều này có thể dẫn tới một số khác biệt trong kết quả tính toán. Phần mềm ALU hiện cũng chỉ ước tính được lượng phát thải do đốt sinh khối cho các khí CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO nên để đánh giá toàn diện hơn thì cần các tính toán bổ sung cho các khí như CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ... Trong tương lai, nếu có điều kiện mở rộng nghiên cứu để thực hiện sâu hơn các khảo sát, đo đạc trực tiếp tại đồng ruộng trong quá trình canh tác lúa ở các tỉnh sẽ giúp cải thiện độ chính xác của các thông số đầu vào cũng như đánh giá được chi tiết hơn lượng phát thải tại các vùng khác nhau chứ không chỉ là phát thải trung bình của cả ĐBSCL. Qua đây cũng cho thấy, để giảm thiểu sai số của phương pháp đánh giá khí thải từ hoạt động đốt rơm rạ nói riêng và ngành nông nghiệp nói chung, cần thiết phải đầu tư vào hệ thống quan trắc và kiểm soát ô nhiễm không khí, cũng như xây dựng cơ sở dữ liệu về các hệ số phát thải cho khu vực, các điều kiện canh tác, các phương pháp xử lý nguồn phế phẩm phát sinh...

#### 4. Kết luận

Đốt rơm rạ là biện pháp được sử dụng phổ biến ở khu vực ĐBSCL để xử lý lượng phế thải này, tuy có thể giúp người dân nhanh chóng thực hiện việc chuẩn bị cho vụ sản xuất mới nhưng đồng thời lại thải vào khí quyển một lượng lớn khí độc hại. Kết quả điều tra khảo sát vào năm 2020 cho thấy tỷ lệ đốt rơm rạ vẫn là chủ yếu so với các phương án khác, khoảng 62,2% vào vụ Đông Xuân, 54,9% vào vụ Hè Thu và 53,8% vào vụ Thu Đông. Với tỷ lệ đốt rơm rạ này thì lượng khí phát thải vào môi trường tại khu vực ĐBSCL năm 2020 ước tính theo phần mềm ALU sẽ vào khoảng 1123,6 nghìn tấn CO, 115,9 nghìn tấn CH<sub>4</sub>, 27,5 nghìn tấn NO<sub>x</sub> và 0,8 nghìn tấn N<sub>2</sub>O. Quy đổi lượng phát thải CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O theo tiềm năng làm cho Trái Đất nóng lên thì sẽ vào khoảng 3463,6 nghìn tấn CO<sub>2</sub> tương đương, tương ứng với khoảng 3,9% lượng phát thải khí nhà kính từ lĩnh vực nông nghiệp (theo kiểm kê khí nhà kính năm 2014). Qua kết quả nghiên cứu trên, có thể thấy tuy tỷ lệ đốt rơm rạ tại ĐBSCL có giảm so với năm 2012 nhưng vẫn còn khá cao, hơn 50% ở tất cả các vụ, do đó cần đẩy mạnh các biện pháp xử lý khác như sử dụng rơm rạ để phát triển ngành trồng nấm, làm thức ăn chăn nuôi hay sản xuất phân vi sinh ... để vừa giảm thiểu lượng khí thải vừa tận dụng được nguồn nguyên liệu phế phẩm này. Nghiên cứu khi thực hiện còn gặp một số hạn chế về nguồn dữ liệu đầu vào nên trong tương lai nếu có thể thực hiện các khảo sát, đo đạc trực tiếp tại đồng ruộng sẽ giúp cải thiện kết quả tính toán cho phù hợp với khu vực nghiên cứu hơn.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.X.D.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.X.D.; Khảo sát, thu thập số liệu: N.H.T., T.X.D.; Xử lý số liệu: T.X.D., N.H.T.; Viết bản thảo bài báo: T.X.D.; Chỉnh sửa bài báo: T.X.D.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM trong khuôn khổ Đề tài mã số T2020-08.

**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. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA). Báo cáo tổng kết đề xuất khung chính sách kiểm kê khí nhà kính và thực hiện các hành động giảm phát thải khí nhà kính phù hợp với điều kiện thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, 2017, tr. 109.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo cập nhật hai năm một lần lần thứ 3 gửi Công ước khung của LHQ về Biến đổi Khí hậu, NXB Dân trí, 2020, tr. 178.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo kỹ thuật đóng góp do Quốc gia tự quyết định của Việt Nam, Hà Nội, 2020, tr. 166.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia giai đoạn 2016–2020. NXB Dân trí, 2021, tr. 168.
5. Dũng, N.M. Ước tính lượng khí thải từ đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng ở vùng đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Khoa học và Phát triển* **2012**, 10(1), 190–198.
6. Lê, H.A.; Hạnh, N.T.T.; Linh, L.T. Ước tính lượng khí phát thải do đốt rơm rạ tại đồng ruộng trên địa bàn tỉnh Thái Bình. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2013**, 29(2), 26–33.
7. Cường, Đ.M.; Lê, H.A.; Cơ, H.X. Tính toán khí thải từ đốt rơm rạ ngoài đồng ở tỉnh Ninh Bình giai đoạn 2010–2015 và đề xuất các giải pháp giảm thiểu. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(1S), 70–76.

8. Lê, H.A.; Anh, T.V.; Hưng, N.T.Q. Ước tính tổng lượng khí thải từ hoạt động đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng trên địa bàn thành phố Hà Nội. *Tạp chí KHKT Nông Lâm nghiệp* **2017**, 5(2017), 101–107.
9. Lê, H.A.; Thanh, N.V.; Phương, Đ.M.; Bằng, H.Q.; Hưng, N.Q.; Cường, Đ.M. Kiểm kê khí thải phát sinh do đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng trên địa bàn thủ đô Hà Nội bằng ứng dụng vệ tinh SAR Sentinel-1. *Tạp chí Khoa học ĐHQG Hà Nội: Các Khoa học Trái Đất và Môi trường* **2021**, 37, 1(2021), 85–96.
10. Nam, T.S.; Như, N.T.H.; Chiêm, N.H.; Ngân, N.V.C.; Việt, L.H.; Ingvorsen, K. Ước tính lượng và các biện pháp xử lý rơm rạ ở một số tỉnh đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường ĐH Cần Thơ, Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường* **2014**, 32, 87–93.
11. Tổ chức Nông nghiệp và Lương thực Liên Hợp Quốc (FAO). Hướng dẫn nhanh về EX-AC: Tính toán và xác định mục tiêu giảm nhẹ phát thải khí nhà kính (KNK) trong nông nghiệp, 2010.  
[https://www.fao.org/fileadmin/templates/ex\\_act/pdf/Technical\\_guidelines/EXACT\\_Quick\\_Guidance\\_Final\\_VIE.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/Technical_guidelines/EXACT_Quick_Guidance_Final_VIE.pdf).
12. Liệu, P.K.; Tuấn, T.A. Tính toán mức phát thải khí nhà kính của chính quyền thành phố Huế bằng công cụ Bilan Carbone, Hội thảo Khoa học Quốc gia “Đất ngập nước và Biến đổi khí hậu”. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2011.
13. Công ước Thị trường Toàn cầu về Khí hậu và Năng lượng. Những lưu ý chi tiết kèm theo Khung báo cáo chung Công ước Thị trường Toàn cầu, 2019.  
[https://www.globalcovenantofmayors.org/wp-content/uploads/2019/08/Data-TWG\\_Reporting-Framework\\_GUIDANCE-NOTE\\_v9-to-share-VIETNAMESE.pdf](https://www.globalcovenantofmayors.org/wp-content/uploads/2019/08/Data-TWG_Reporting-Framework_GUIDANCE-NOTE_v9-to-share-VIETNAMESE.pdf)
14. Natural Resource Ecology Laboratory of Colorado State University. Manual for the Agriculture and Land Use Software Program (ALU), 2018, pp. 634.
15. Ngọc, L.A.; Ân, P.Đ.; Long, P.T.; Liễu, N.T.; Trí, Đ.Q. Phát thải khí nhà kính trong tiêu lĩnh vực trồng trọt và chăn nuôi tại tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2010–2018. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 720, 78–86.
16. Sâm, L. Xâm nhập mặn ở Đồng bằng sông Cửu Long. NXB Nông nghiệp, 2003, tr. 422.
17. Định, L.X. Xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long: nguyên nhân, tác động và cách ứng phó, Cục thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia, 2016, tr. 50.  
<https://vista.gov.vn/vn-uploads/tong-luan/2016/tl2-2016.pdf>
18. Gadde, B.; Bonnet, S.; Menke, C.; Garivait, S. Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environ. Pollut.* **2009**, 157, 1554–1558.
19. Le, H.A.; Phuong, D.M.; Linh, L.T. Emission inventories of rice straw open burning in the Red River Delta of Vietnam: Evaluation of the potential of satellite data. *Environ. Pollut.* **2020**, 260, 113972.
20. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021, pp. 3949.

## **Estimating the gas emission from rice straw burning on fields in Mekong Delta**

**Tran Xuan Dung<sup>1\*</sup>, Nguyen Huynh Thy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> University of Science, VNU–HCM; txdung@hcmus.edu.vn; nghthy140699@gmail.com

**Abstract:** Rice cultivation is one of the main production activities in Mekong Delta. After harvesting, rice straw is treated in many different ways, but mainly by burning, which both wastes these resources and emits a large amount of harmful gases into the environment. The study used ALU (Agriculture and Land Use National Greenhouse Gas Inventory) software to estimate the gas emissions caused by this straw burning activity. The results show that in the Mekong Delta in 2012, the burning of rice straw emitted 1598.8 thousand tons of CO, followed by CH<sub>4</sub> is about 164.9 thousand tons, the rests are 39.2 thousand tons of NO<sub>x</sub> and 1.2 thousand tons of N<sub>2</sub>O. By 2020, with the change in rice production and the reduction of straw burning rate, the estimated emissions are reduced to 1123.6 thousand tons of CO, 115.9 thousand tons of CH<sub>4</sub>, 27.5 thousand tons of NO<sub>x</sub>, and 0.8 thousand tons of N<sub>2</sub>O. This change shows a positive trend in reducing gas emissions from rice straw burning in the Mekong Delta, although the emissions are still relatively large. Research results can be used as data to support emissions inventory as well as used in air quality management in Vietnam.

**Keywords:** Rice straw burning; Gas emissions; Mekong Delta.

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu đồng hóa số liệu địa phương vào mô hình WRF để nâng cao chất lượng dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ

Lê Ngọc Quyền<sup>1\*</sup>, Nguyễn Kỳ Phùng<sup>2</sup>, Lê Mạnh Dũng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Đài KTTV khu vực Nam Bộ; quyentccb@gmail.com; manhdungkttv@gmail.com

<sup>2</sup> Ủy ban nhân dân thành phố Thủ Đức; kyphungng@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: quyentccb@gmail.com; Tel.: +84-2838290092

Ban Biên tập nhận bài: 12/2/2022; Ngày phản biện xong: 11/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp đồng hóa số liệu biến phân ba chiều 3D-var cho mô hình WRF với độ phân giải 3km để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ. Số liệu được sử dụng cho đồng hóa bao gồm các quan trắc bề mặt, thám không ở Việt Nam cũng như khu vực Đông Nam Á. Tác giả tiến hành thử nghiệm với 2 trường hợp có đồng hóa (Wrf\_d03) và không có đồng hóa số liệu (Wrf\_noDA\_d03) với hạn dự báo 48h. Thời gian thực hiện tiến hành trong 2 tháng mùa mưa 7 và 8 năm 2021. Các kết quả dự báo của 2 thử nghiệm được thu thập cùng với số liệu quan trắc 24 trạm Synop trên khu vực để tiến hành đánh giá độ chính xác của các mô hình. Kết quả cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Các chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với đánh giá dự báo cho ngày 15/7/2021, mô hình có đồng hóa số liệu có khả năng phát hiện (POD) và kỹ năng dự báo (ETS) cho mưa vừa, mưa to tốt hơn mô hình không đồng hóa ở hạn dự báo 12h và 24h. Đồng thời khi thiết lập mô hình đồng hóa chạy ở chế độ Cycling sẽ cho dự báo ổn định hơn trường hợp không đồng hóa.

**Từ khóa:** WRF; WRFDA; 3Dvar; Đồng hóa số liệu; Dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ.

### 1. Mở đầu

Khu vực Nam Bộ nằm ở phía nam Việt Nam, là vùng cận xích đạo nên hàng năm chịu ảnh hưởng bởi nhiều hệ thống thời tiết gây mưa lớn như dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), rãnh áp thấp, gió mùa tây nam hay có những năm còn chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi Bão. Vào những tháng mùa mưa (giữa tháng 5 tới khoảng cuối tháng 10, đầu tháng 11), các tỉnh Nam Bộ cũng khá thường xuyên phải đón nhận những trận mưa lớn, không những gây thiệt hại tài sản mà còn làm ảnh hưởng đến giao thông, sinh hoạt của người dân.

Tuy nhiên việc dự báo được những trận mưa lớn ở vùng nhiệt đới như khu vực Nam Bộ đến nay vẫn là vấn đề khó, khó khăn này không chỉ với Việt Nam mà còn ở nhiều nước trên thế giới. Trước đây để dự báo những đợt mưa, mưa lớn, các dự báo viên thường chủ yếu dựa vào phương pháp Synop và Thống kê, nhưng hiệu quả và chất lượng thường không cao. Những năm gần đây, để nâng cao chất lượng dự báo mưa, các trung tâm dự báo lớn trên thế giới cũng như Việt Nam đã ứng dụng các mô hình dự báo thời tiết trong dự báo nghiệp vụ, với khá nhiều loại mô hình được áp dụng và đã đạt được nhiều tiến bộ trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa.

Dự báo mưa, mưa lớn là một trong những mục tiêu quan trọng của các mô hình dự báo số trị quy mô vừa. Tuy nhiên, do sự thiếu chính xác của trường ban đầu cũng như tính phi tuyến trong bài toán khí tượng, các kết quả dự báo từ mô hình số trị vẫn chứa những sai số lớn. Cùng với những cố gắng trong việc tính toán, mô phỏng chi tiết các quá trình vật lý liên quan tới thời tiết, các nhà khoa học trong và ngoài nước còn có rất nhiều cố gắng trong việc cải thiện trường số liệu ban đầu (vốn là trường phân tích của mô hình toàn cầu) cho mô hình số trị khu vực bởi các số liệu quan trắc địa phương và phi truyền thống như vệ tinh, radar nhằm nâng cao chất lượng dự báo. Các quan trắc bề mặt và thám không vô tuyến cũng cung cấp lượng thông tin tương đối chính xác về các trường khí tượng bề mặt và trên cao. Vì vậy đồng hóa các số liệu quan trắc trên cho mô hình số trị là hết sức cần thiết để có thể nâng cao hơn chất lượng dự báo.

Ở nước ta, các nghiên cứu về đồng hóa số liệu cho mô hình dự báo thời tiết cũng đã được thực hiện trong khoảng 20 năm trở lại đây và đã đạt được nhiều bước tiến đáng kể giúp nâng cao được chất lượng dự báo cho các mô hình. [1–2] thử nghiệm đồng hóa cho mô hình HRM, [3] thử nghiệm đồng hóa cho mô hình MM5. Các kết quả cho thấy mô hình có đồng hóa số liệu đã cho kết quả tốt hơn so với trường hợp không đồng hóa. [4–5] cũng đã ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3D–Var cho mô hình WRF. Kết quả cho thấy dự báo mưa của mô hình cũng được cải thiện khi có đồng hóa dữ liệu. [6] thử nghiệm đồng hóa 3D–Var từ dữ liệu radar thời tiết Nhà Bè cho mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả thử nghiệm cho đợt mưa ngày 02 và 03/08/2016 cho thấy, đồng hóa với quy trình warm start cho mô phỏng lượng mưa tốt hơn khá nhiều so với cold start, ngoài ra khi đồng hóa kết hợp giữa gió xuyên tâm với độ phản hồi và dữ liệu quan trắc bề mặt cho kết quả dự báo mưa tốt nhất. Trong phương pháp đồng hóa 3D–Var, sai số mô hình cũng đóng góp một phần quan trọng đối với chất lượng dự báo. [7] đã thử nghiệm đồng hóa số liệu cho mô hình WRF với công nghệ 4D–Var trong dự báo mưa ở khu vực Nam Bộ. Mô phỏng thực tế cho thấy, so với trường hợp không đồng hóa, phương pháp đồng hóa 4D–Var có tác động cải thiện dự báo ở cả hạn dự báo 12h và 24h.

Như vậy, ta có thể thấy những mặt ưu thế mà đồng hóa dữ liệu đem lại, giúp nâng cao chất lượng cho các mô hình dự báo, đặc biệt là dự báo lượng mưa. Tuy nhiên các thử nghiệm đồng hóa trên khu vực Nam Bộ còn khá ít, thời gian thử nghiệm ngắn nên chưa phản ánh hết diễn biến mưa trong mùa mưa ở khu vực Nam Bộ. Do đó trong bài báo này, tác giả sẽ thực hiện đồng hóa số liệu bằng phương pháp biến phân ba chiều 3D–var cho mô hình WRF phiên bản 4.2 để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ, nguồn số liệu được dùng trong đồng hóa là các trạm quan trắc Synop, tự động và thám không. Thời gian thử nghiệm tiến hành trong 2 tháng chính của mùa ở Nam Bộ là tháng 7 và 8 năm 2021.

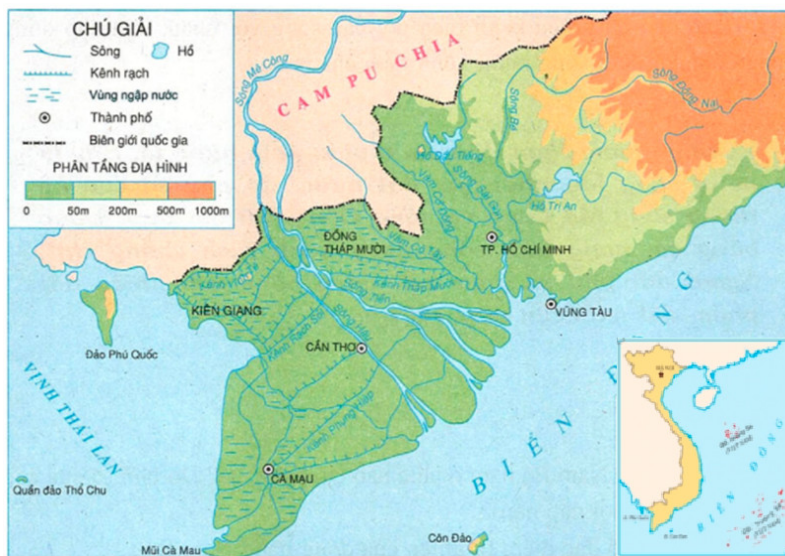
## **2. Phương pháp nghiên cứu và nguồn số liệu được sử dụng**

### *2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu*

Địa hình trên toàn vùng Nam Bộ khá bằng phẳng, phía tây giáp Vịnh Thái Lan, phía đông và Đông Nam giáp biển Đông, phía Tây và Tây Bắc giáp Campuchia, phía Bắc và Đông Bắc giáp Tây Nguyên và Duyên hải Nam Trung Bộ.

Nam Bộ nằm trong vùng đặc trưng của khí hậu nhiệt đới gió mùa và cận xích đạo, nền nhiệt ẩm phong phú, ánh nắng dồi dào, thời gian bức xạ dài. Biên độ nhiệt ngày đêm giữa các tháng trong năm thấp và ôn hòa. Độ ẩm trung bình hàng năm khoảng từ 80–82%. Khí hậu hình thành trên hai mùa chủ yếu quanh năm là mùa khô và mùa mưa. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 tới tháng 4. Lượng mưa hàng năm dao động từ khoảng 1300–2700 mm và góp trên 70–82% tổng lượng mưa trong suốt cả năm. Mưa phân bố không đều, giảm dần từ khu vực giáp ranh từ Thành phố Hồ Chí Minh xuống khu vực phía tây và Tây Nam. Ở khu vực Đông Nam có lượng mưa thấp nhất. Khi xuất hiện cường độ mưa lớn xảy ra trên một số khu vực trong vùng, thường gây hiện tượng xói mòn ở những vùng gò cao.

Khi mưa kết hợp với cường triều và lũ sẽ gây ngập úng, ảnh hưởng đến sản xuất và đời sống của dân cư trong vùng. Mùa mưa ở Nam Bộ thường gắn liền với thời kỳ hoạt động của gió mùa tây nam, kéo dài từ khoảng tháng 5 tới tháng 11.



Hình 1. Bản đồ tự nhiên các tỉnh Nam Bộ.

### 2.2. Phương pháp đồng hóa 3D-var cho mô hình WRF

Mục đích cơ bản của đồng hoá số liệu biến phân ba chiều là cung cấp một ước lượng tối ưu của trạng thái khí quyển thực ở thời điểm phân tích thông qua việc giải lập hàm giá  $J(x)$  theo [8]:

$$J(x) = \frac{1}{2} [(x - x^b)^T B^{-1} (x - x^b)] + \frac{1}{2} [(H(x) - y^0)^T R^{-1} (H(x) - y^0)] \quad (1)$$

Trong đó  $x$  là trạng thái phân tích, là trạng thái khí quyển cần tìm tối ưu nhất cho mô hình;  $x^b$  là trường nền ban đầu, có thể sử dụng từ chính dự báo trước đó của mô hình WRF hoặc sau khi nội suy từ mô hình toàn cầu về lưới của WRF (real.exe);  $y^0$  là trường quan trắc. Trong WRF-3Dvar, các biến dùng để đưa vào đồng hóa gồm các biến cơ bản như: các thành phần gió (hướng, tốc độ), nhiệt độ (T), áp suất (P) và độ ẩm tương đối (Rh); B là ma trận tương quan sai số trường nền.

$H(x)$  là véc tơ chuyển đổi từ trạng thái không gian mô hình đến không gian quan trắc; R tương ứng là ma trận tương quan sai số quan trắc và ma trận tương quan sai số biểu diễn.

### 2.3. Thiết kế thí nghiệm

Tạo miền lưới: Nghiên cứu sử dụng mô hình WRF phiên bản 4.2.2 (năm 2020) với 45 mực Sigma theo phương thẳng đứng. Mô hình WRF cho 2 thử nghiệm được thiết kế với ba lưới lồng 1 chiều, độ phân giải lần lượt là 27 km (D01), 9 km (D02) và 3 km (D03) với tâm lưới tại 10.452°N-106.105°E, bước tích phân thời gian 162 giây. Quá trình đồng hóa sẽ thực hiện lần lượt cho cả 3 miền lưới.

Các sơ đồ vật lý được sử dụng:

Bảng 1. Sơ đồ vật lý sử dụng trong thí nghiệm.

Sơ đồ tham số hoá đối lưu	New Tiedtke Scheme
Sơ đồ vi vật lý mây	WSM 6-class
Sơ đồ lớp biên hành tinh	Yonsei University Scheme
Sơ đồ đất bề mặt	Noah Land-Surface Model
Sơ đồ bức xạ sóng dài	RRTMG
Sơ đồ lớp bề mặt	MM5 Similarity Scheme





Hình 2. Miền lưới của mô hình WRF được sử dụng trong nghiên cứu.

Các trường hợp thử nghiệm:

Bảng 2. Các trường hợp thử nghiệm.

Tên thí nghiệm	Mô tả
Wrf_d03	Có đồng hóa số liệu độ phân giải 3km
Wrf_noDA_d03	Không đồng hóa số liệu độ phân giải 3km
GFS	Mô hình toàn cầu độ phân giải 0.5x0.5 độ kinh vĩ

\*Chạy thử nghiệm: Thử nghiệm được tiến hành trong 2 tháng chính mùa mưa ở Nam Bộ là tháng 7 và 8 năm 2021. Mô hình được chạy 2 lần một ngày vào các thời điểm 00Z và 12Z, hạn dự báo 48h. Thử nghiệm đồng hóa chạy ở chế độ Cycling (*warm-start*) với trường nền ban đầu chính là sản phẩm wrfout hạn 12h trước đó tương ứng cho từng miền lưới (do một ngày chạy 2 lần: 00Z và 12Z). Ma trận tương quan sai số trường nền (B) file be.dat của mỗi miền lưới được tạo ra từ modul gen\_be trong hệ thống đồng hóa WRFDA theo lựa chọn NMC, với dữ liệu đầu vào là các dự báo wrfout trước thời điểm dự báo 2 tuần.

## 2.4. Nguồn số liệu

### 2.4.1. Số liệu đầu vào cho mô hình WRF

Tác giả sử dụng số liệu mô hình toàn cầu GFS (*Global Forecast System*) của Trung tâm dự báo môi trường quốc gia (*National Centers for Environmental Prediction – NCEP*) được cung cấp bởi cách nhau 3 giờ, độ phân giải lưới là  $0.5 \times 0.5$  độ kinh vĩ với 28 mực thẳng đứng. Số liệu bao gồm các trường khí tượng cơ bản là áp suất bề mặt, áp suất mực nước biển, độ cao địa thế vị, nhiệt độ, nhiệt độ bề mặt biển, giá trị biến đất, lớp băng bao phủ, độ ẩm tương đối, các trường gió kinh hướng và vĩ hướng, chuyển động thẳng đứng, độ xoáy và ozone. Nguồn tải tại: <https://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/>.

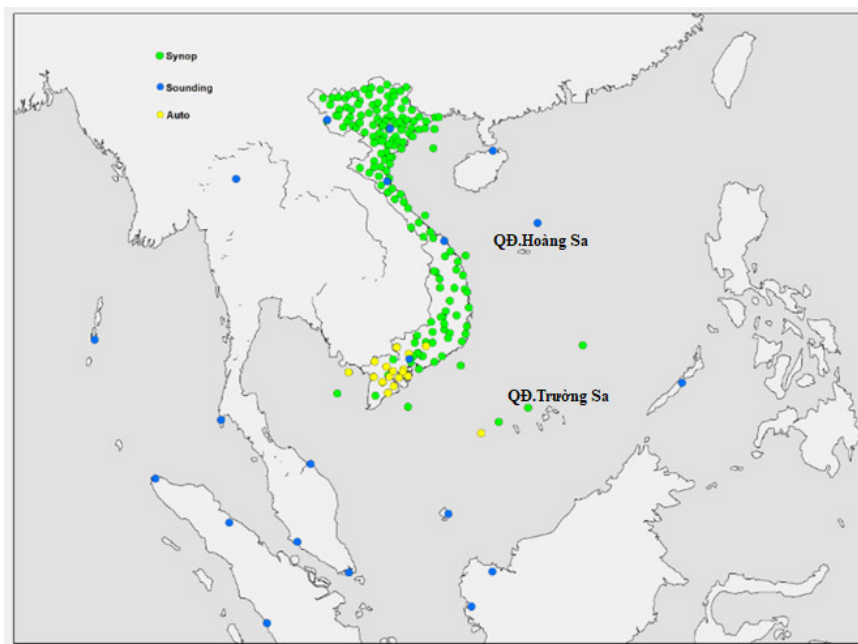
### 2.4.2. Số liệu dùng cho đồng hóa

Nguồn số liệu được dùng để đồng hóa bao gồm:

- + Số liệu quan trắc bề mặt được thu thập từ 181 trạm Synop trên cả nước;
- + Số liệu từ các trạm quan trắc tự động trên khu vực Nam Bộ 17 trạm;

+ Số liệu thám không vô tuyến (Sounding) được thu thập từ 20 trạm trong khu vực Đông nam Á, trong đó có 5 trạm của Việt Nam, riêng trạm Nha Trang chưa đưa vào sử dụng do trong thời gian thử nghiệm số liệu không có đủ. Nguồn tài tại: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

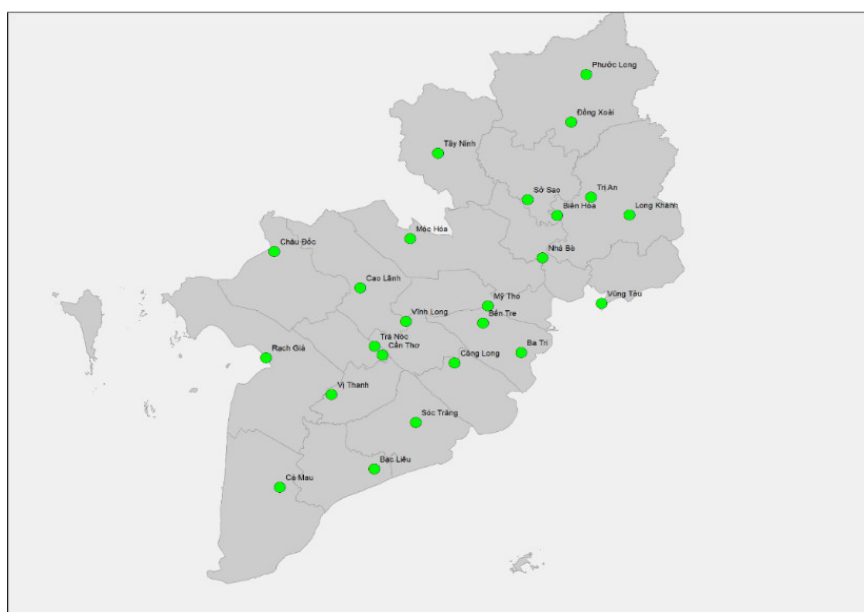
Trong đó, số liệu Synop và quan trắc tự động được cung cấp bởi Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ. Các yếu tố được sử dụng để đồng hóa bao gồm: Nhiệt độ, nhiệt độ điểm sương, độ ẩm, khí áp, tốc độ gió, hướng gió. Tất cả dữ liệu này sau khi thu thập sẽ được chuyển đổi về định dạng *little\_r* để phục vụ quá trình đồng hóa.



**Hình 3.** Vị trí các trạm quan trắc Synop, thám không và tự động.

#### 2.4.3. Số liệu dùng cho đánh giá mô hình:

Số liệu quan trắc mưa thực tế (mưa cộng dồn 12h) tại các trạm Synop trên khu vực Nam Bộ (24 trạm) sẽ được thu thập để đánh giá các kết quả dự báo mưa của các mô hình (Hình 4). Nguồn số liệu này cũng được cung cấp bởi Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.



**Hình 4.** Vị trí các trạm Synop trên khu vực Nam Bộ.

2.5. Phương pháp đánh giá kết quả dự báo

Phương pháp đánh giá các kết quả dự báo được thực hiện theo thông tư số 41/2017/TT–BTNMT ngày 23 tháng 10 năm 2017 quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo khí tượng [9].

Để tiến hành đánh giá pha, tác giả sẽ so sánh lượng mưa trong 12h của mô hình và quan trắc theo các tiêu chí sau:

- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa vừa.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa to.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa rất to.

Các quy tắc đánh giá trên được mô tả như trong Bảng 3

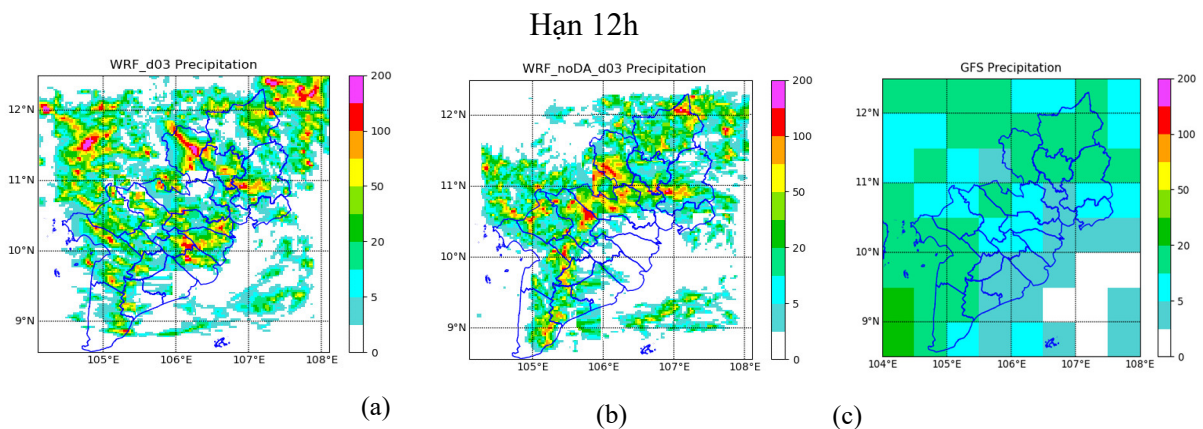
Bảng 3. Ma trận đánh giá mưa hạn 12h theo lượng.

Đánh giá mưa Quan trắc mưa 12h (mm)	Dự báo mưa 12h(mm)				
	DB≤0.3	0.3< DB	8<DB ≤25	25<DB ≤50	50<DB
QT≤0.3	CN	F	F	F	F
0.3<QT	M	H	H	H	H
8<QT≤25	M	M	H	F	F
25<QT≤50	M	M	M	H	F
50<QT	M	M	M	M	H

Để thuận tiện cho so sánh và đánh giá, dữ liệu dự báo mưa 12h của từng mô hình sẽ được nội về điểm trạm suy theo phương pháp Cressman [10–11]. Đối với đánh giá theo pha, các dữ liệu mưa dự báo và quan trắc sẽ được so sánh, tổng hợp và đánh giá cho từng mô hình với 4 hạn dự báo là 12h, 24h, 36h và 48h cho thời điểm 12Z ngày 15/7/2021. Như vậy, cứ mỗi điểm trạm sẽ có 12 lượt dự báo (3 mô hình và 4 hạn dự báo), kết quả được phản ánh thông qua bộ chỉ số BIAS, POD, FAR, PC và ETS. Đối với đánh giá theo biến liên tục, các dự báo và quan trắc mưa trong 12h của từng mô hình cho từng trạm trong 2 tháng mùa mưa 7 và 8 năm 2021 sẽ được thu thập. Sau đó lấy trung bình ở tất cả các hạn dự báo trong 2 tháng cho mỗi điểm trạm, dung lượng mẫu tại mỗi điểm trạm sẽ là 372 lần đánh giá (62 ngày, 3 mô hình và 2 lần đánh giá một ngày), kết quả nhận được là sai số trung bình lượng mưa của từng trạm theo các ngưỡng mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và mưa rất to.

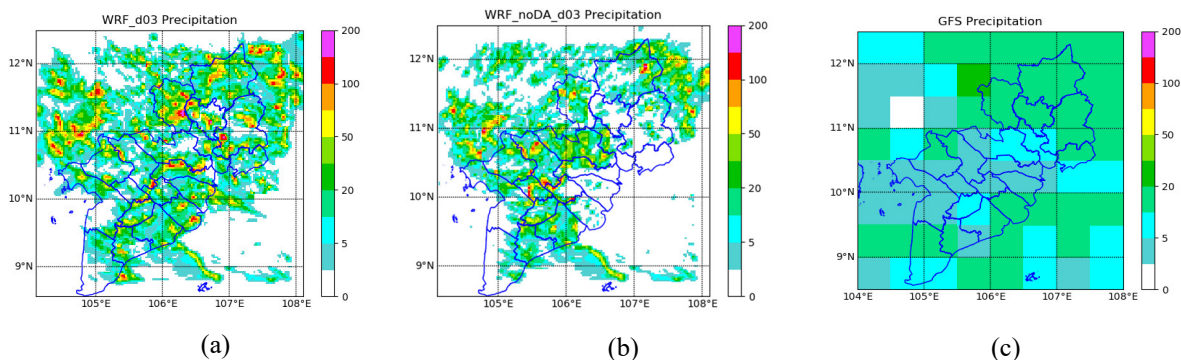
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng trận mưa lớn diễn ra ngày 15 tháng 7 năm 2021



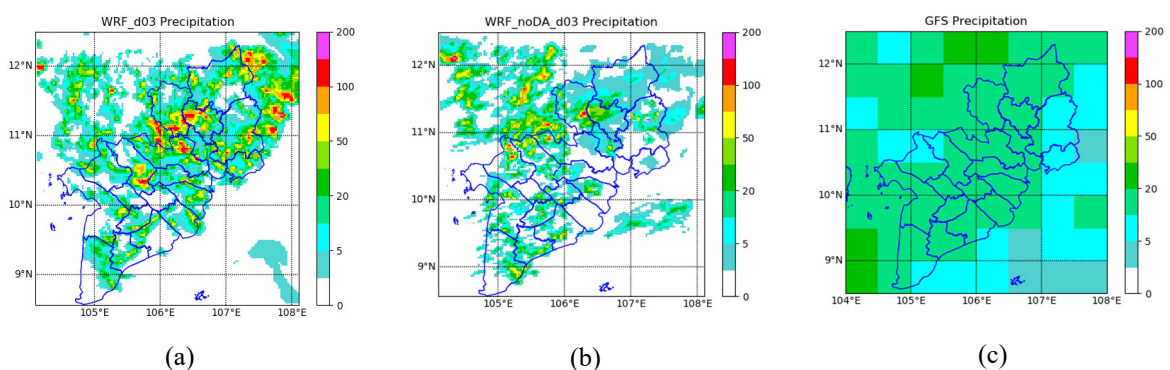
Hình 5. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 12h.

Hạn 24h



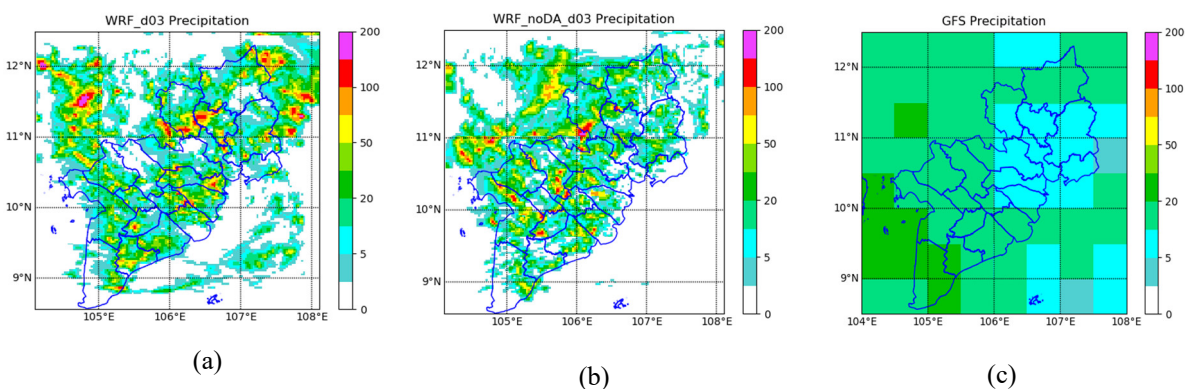
Hình 6. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 24h.

Hạn 36h



Hình 7. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 36h.

Hạn 48h

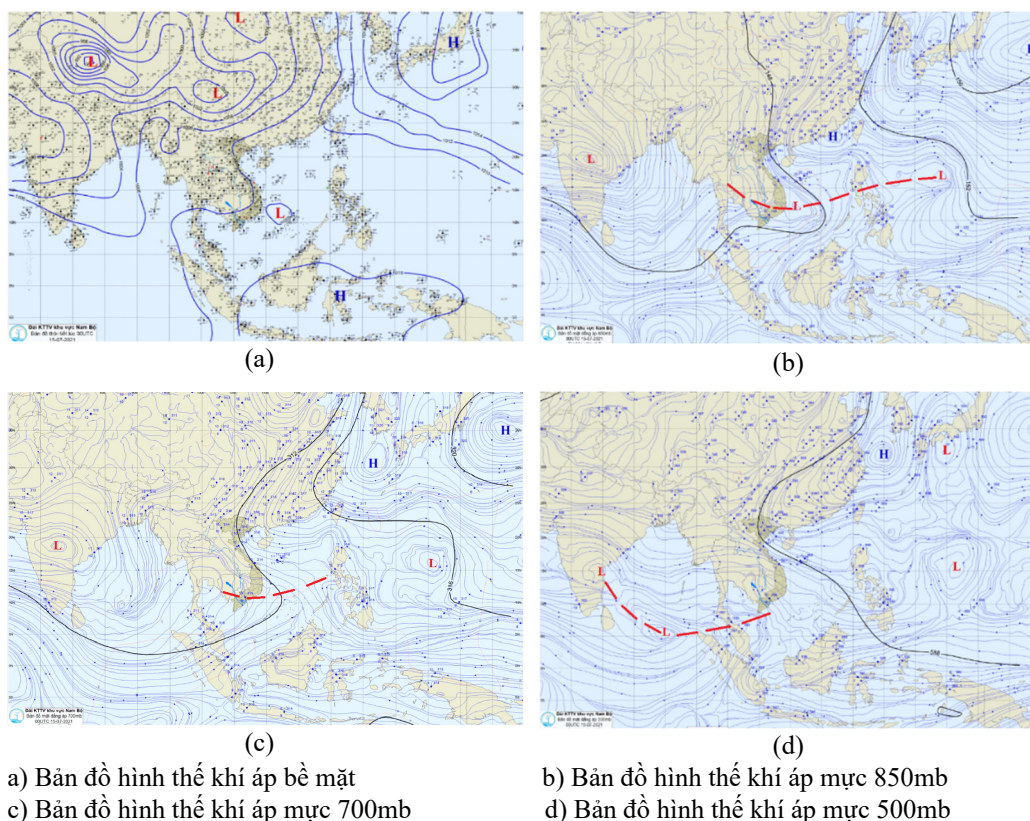


Hình 8. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 48h.

Đối với mô hình GFS (Hình 5c, 6c, 7c, 8c) cho dự báo mưa bao phủ hầu hết khu vực, tuy nhiên lượng mưa không nhiều, phổ biến mưa nhỏ đến mưa vừa ở hầu hết các hạn dự báo. Còn mô hình không đồng hóa Wrf\_noDA\_d03 (Hình 5b, 6b, 7b, 8b) mô phỏng lượng mưa nhiều hơn, có nhiều vùng mưa lớn, tuy nhiên khu vực ven biển phía đông lượng mưa khá ít, ở các hạn 24h và 36h lượng mưa giảm so với các hạn còn lại. Trong khi đó mô hình có đồng hóa Wrf\_d03 (Hình 5a, 6a, 7a, 8a) cho dự báo lượng mưa và vùng mưa khá đồng đều ở tất cả các hạn dự báo, các khu vực dự báo cường độ mưa lớn không khác biệt nhiều giữa các hạn, cho thấy mô hình này dự báo ổn định hơn so với mô hình không đồng hóa số liệu.

### 3.2. Đánh giá kết quả dự báo cho ngày 15/7/2021

Ngày 15/7/2021, khu vực Nam Bộ chịu ảnh hưởng bởi rãnh áp thấp có trục qua Nam Bộ và Nam Trung Bộ với một vùng áp thấp nằm ở ngoài khơi vùng biển Khánh Hòa–Ninh Thuận.



**Hình 9.** Hình thể Synop lúc 00Z ngày 15/07/2021.

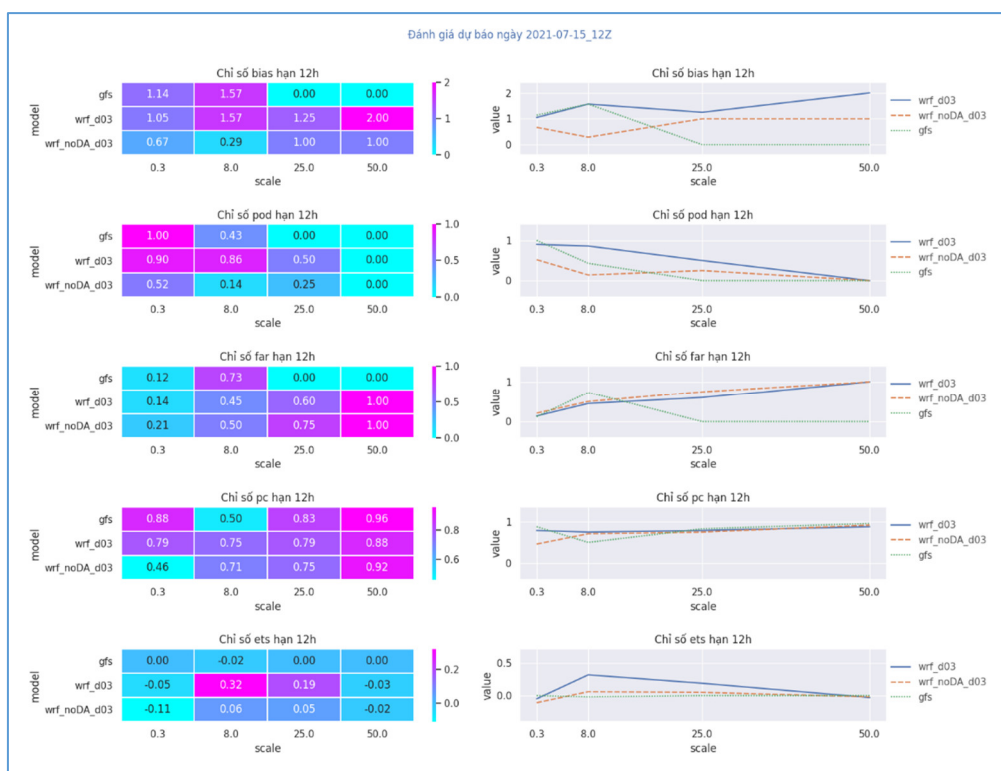
Hoạt động của rãnh áp thấp kết hợp với vùng áp thấp trên biển khiến các tỉnh Nam Bộ có mưa trên diện rộng, rải rác mưa vừa, có nơi mưa to đến rất to, mưa lớn nhất diễn ra ở Bình Dương với lượng 79 mm. Lượng mưa quan trắc các trạm trong 12h tính từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021 như trong (Bảng 4).

**Bảng 4.** Lượng mưa quan trắc từ 00–12Z ngày 15/7/2021.

Lượng mưa quan trắc từ 00–12Z ngày 15/7/2021 trên khu vực Nam Bộ (mm)			
Vũng Tàu	17	Cà Mau	0,9
Trị An	18	Cần Thơ	9
Long Khánh	15	Trà Vinh	9
Biên Hòa	30	Mỹ Tho	15
Đồng Xoài	0	Trà Nóc	3
Nhà Bè	28	Cao Lãnh	4
Phước Long	0	Châu Đốc	43
Tây Ninh	0	Mộc Hóa	26
Bạc Liêu	1	Vị Thanh	0,6
Rạch Giá	6	Bình Dương	79
Sóc Trăng	0,4	Bến Tre	4
Ba Tri	17	Vĩnh Long	5

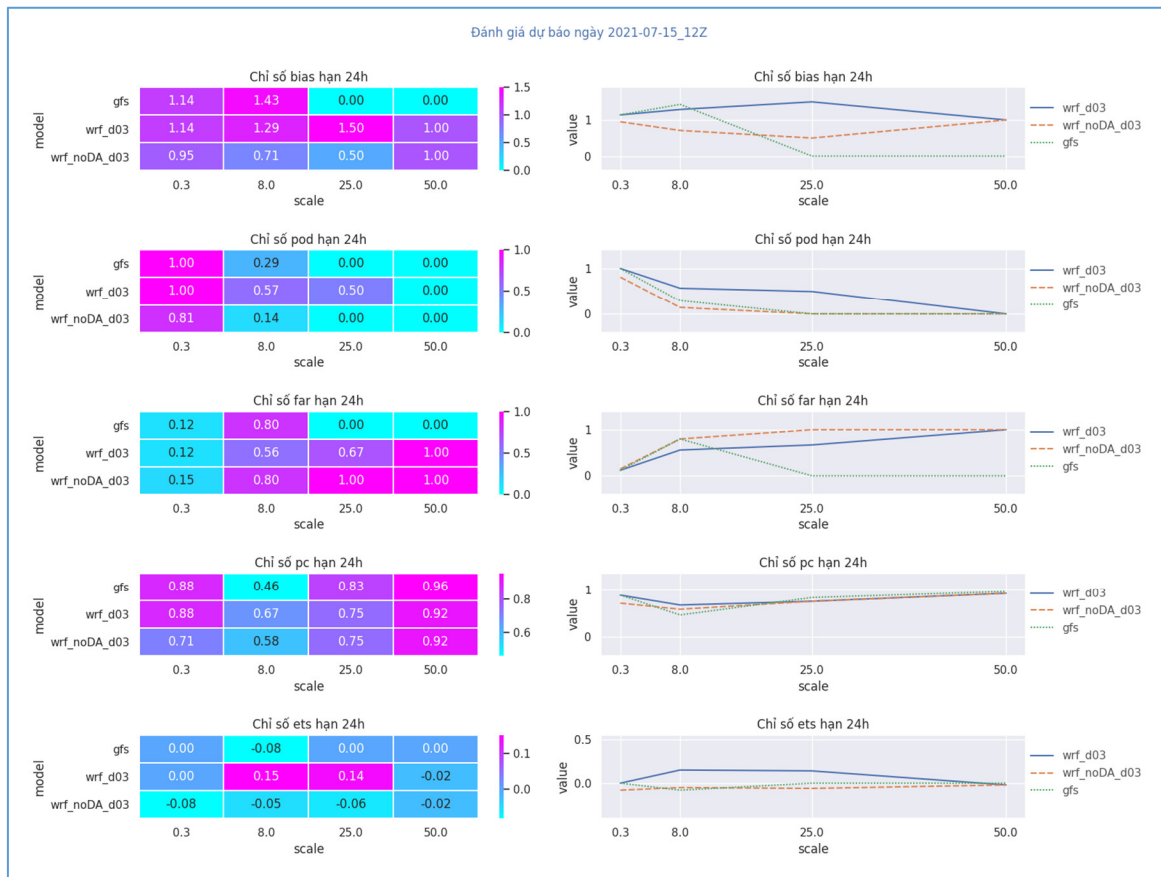
Ở mục này, các đánh giá theo ngưỡng mưa (scale) được quy định như sau:  
 scale = 0,3 đánh giá có hay không xuất hiện mưa  
 scale = 8,0 đánh giá có hay không xuất hiện mưa vừa  
 scale = 25 đánh giá có hay không xuất hiện mưa to  
 scale = 50 đánh giá có hay không xuất hiện mưa rất to

Ở hạn dự báo 12h (Hình 10), chỉ số POD ở ngưỡng có mưa, mưa vừa, mưa to của mô hình Wrf\_d03 lần lượt là 0,9, 0,86 và 0,5 đều cao hơn so với mô hình không đồng hóa, trong khi chỉ số FAR lại thấp hơn. Điều này chứng tỏ mô hình có đồng hóa đang dự báo đúng những điểm có mưa tốt hơn so với mô hình không đồng hóa và có ít dự báo không hơn. Chỉ số ETS cho thấy, mô hình Wrf\_d03 cho kỹ năng dự báo tốt hơn với giá trị là 0,32 ở ngưỡng mưa vừa và 0,19 ở ngưỡng mưa to. Chỉ số PC cũng tương ứng cho các giá trị cao hơn so với mô hình không đồng hóa (mưa vừa, mưa to tăng lên 4% so với không đồng hóa). Riêng với ngưỡng mưa rất to, chỉ số Bias của mô hình Wrf\_d03 = 2 và Wrf\_noDA\_d03 = 1 tuy nhiên POD = 0 và FAR =1 cho thấy toàn bộ các điểm dự báo là không chính xác.

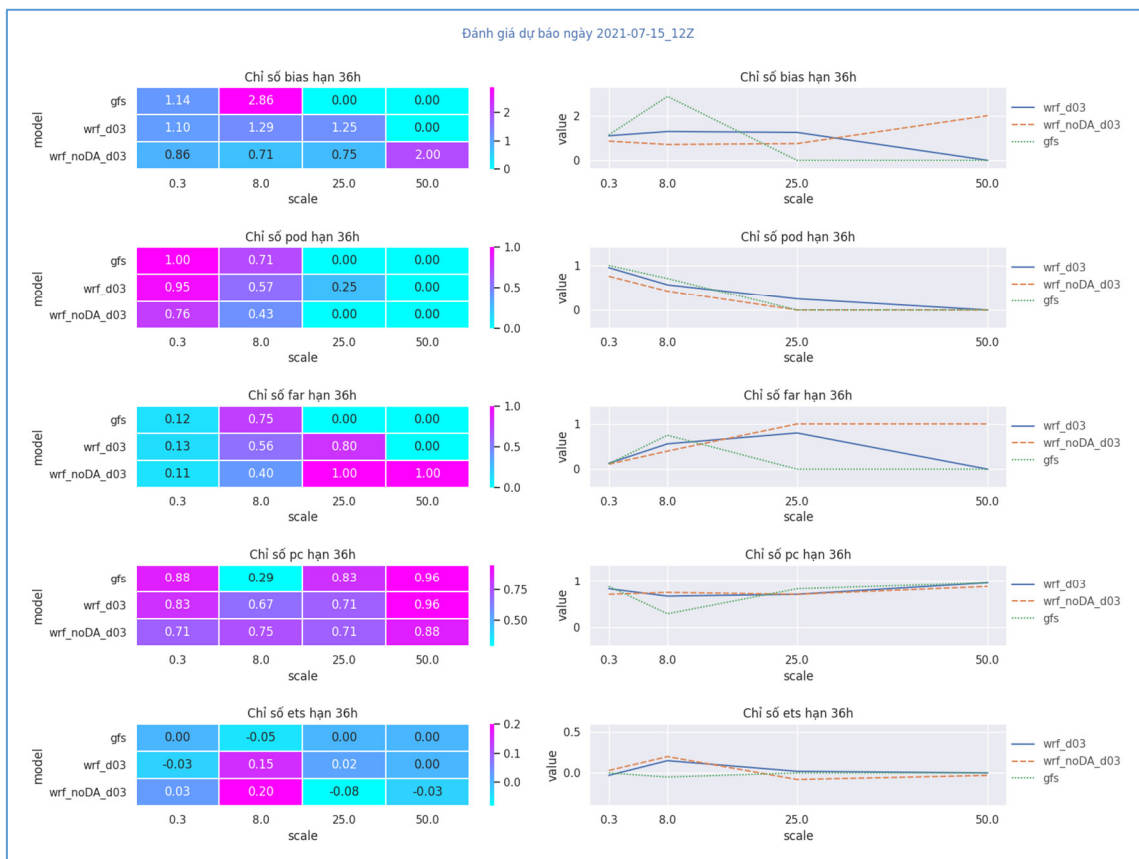


Hình 10. Đánh giá dự báo pha của các mô hình cho ngày 15/7/2021, hạn dự báo 12H.

Với hạn dự báo 24h (hình 11), mô hình Wrf\_d03 cho thấy chỉ số POD phát hiện mưa vừa giảm so với hạn 12h (0,57 so với 0,86), đồng thời chỉ số FAR cũng cao hơn ở hầu hết các ngưỡng mưa, cho thấy mô hình có đồng hóa đang dự báo kém đi, điều này cũng thể hiện khá rõ ở chỉ số ETS chỉ ở mức 0,15 với mưa vừa và 0,14 với mưa to. Tuy nhiên, hầu hết các chỉ số của mô hình đồng hóa vẫn tốt hơn so với mô hình không đồng hóa số liệu. Đối với hiện tượng mưa rất to cho thấy không mô hình nào dự báo được, POD = 0.

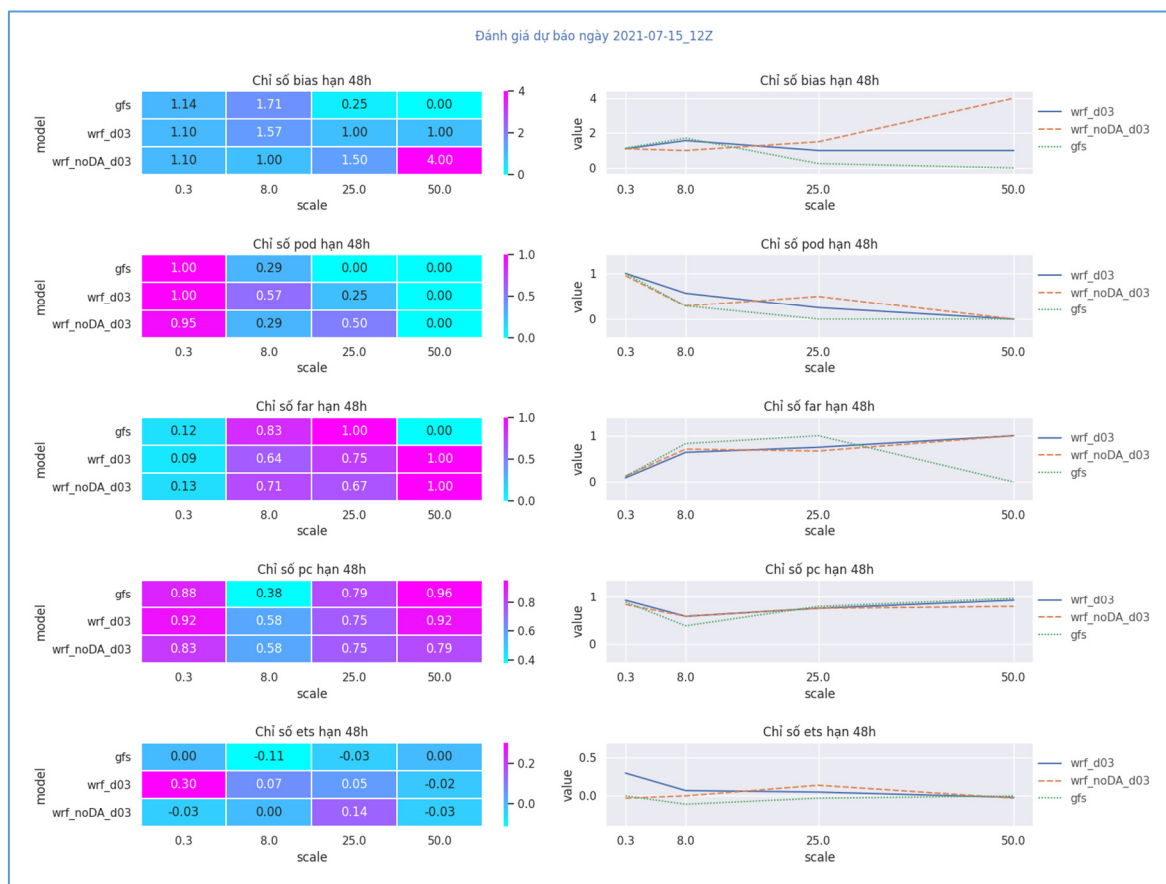


Hình 11. Đánh giá dự báo pha của các mô hình cho ngày 15/7/2021, hạn dự báo 24h.



Hình 12. Chất lượng dự báo của các mô hình cho ngày 15/7/2021 với hạn dự báo 36h.

Ở hạn dự báo 36h (Hình 12), chỉ số phát hiện mưa POD của mô hình Wrf\_d03 tiếp tục giảm. Tuy nhiên, mô hình không đồng hóa lại cao hơn so với các hạn trước đó ở ngưỡng mưa vừa với điểm số 0,43, đồng thời điểm FAR ở ngưỡng này cũng thấp hơn so với mô hình có đồng hóa. Cho thấy mô hình không đồng hóa đang cho dự báo mưa vừa tốt hơn mô hình có đồng hóa, ta cũng có thể thấy rõ hơn ở chỉ số PC (0,75 so với 0,67) và điểm kỹ năng ETS (0,2 so với 0,15). Đối với hiện tượng mưa rất to vẫn cho thấy không mô hình nào dự báo được, chỉ số POD tiếp tục = 0.



Hình 13. Chất lượng dự báo của các mô hình cho ngày 15/7/2021 với hạn dự báo 48H

Ở hạn dự báo 48H (hình 13), các chỉ số của mô hình Wrf\_d03 hầu như ít thay đổi so với hạn 36h, tuy nhiên ở khả năng phát hiện có mưa lại cho điểm số rất tốt với POD = 1 và FAR 0.09, điểm kỹ năng ETS = 0,3. Ngoài ra, mô hình Wrf\_noDA\_d03 cũng có sự gia tăng chỉ số phát hiện mưa POD ở ngưỡng mưa to với điểm số 0,5, cao nhất so với các hạn trước đó. Mặc dù vậy chỉ số FAR của mô hình này cũng khá cao 0,67 cho thấy mô hình đang dự báo không mưa to khá nhiều. Do đó điểm kỹ năng ETS dù cao hơn so với các mô hình khác nhưng cũng chỉ đạt 0,14. Đối với chỉ số POD vẫn = 0 ở ngưỡng mưa rất to.

Như vậy, qua đánh giá dự báo của các mô hình cho thời điểm 12Z ngày 15/7/2021 với các hạn dự báo và cường độ mưa khác nhau cho thấy, mô hình có đồng hóa số liệu có xu hướng dự báo mưa vừa, mưa to tốt hơn ở hạn dự báo 12h tới 24h. Chỉ số ETS cũng cho thấy mô hình Wrf\_d03 có kỹ năng dự báo pha mưa tại các ngưỡng mưa vừa, mưa to và không có kỹ năng tại các ngưỡng mưa nhỏ, mưa rất to. Đồng thời chất lượng dự báo có xu hướng giảm dần khi hạn dự báo tăng. Điều này cũng khá phù hợp với các nghiên cứu trước đây, theo [5–7, 17] đồng hóa chỉ cải thiện chất lượng dự báo mưa trong khoảng 24h đầu. Trong khi mô hình không đồng hóa số liệu lại có chiều hướng ngược lại, mưa vừa tốt nhất ở hạn 36h và mưa to tốt nhất ở hạn 48h. Sự khác biệt này có thể bắt nguồn từ trường ban đầu của hai mô hình. Mô hình có đồng hóa số liệu được thiết lập chạy ở chế độ Cycling, sử dụng trường ban

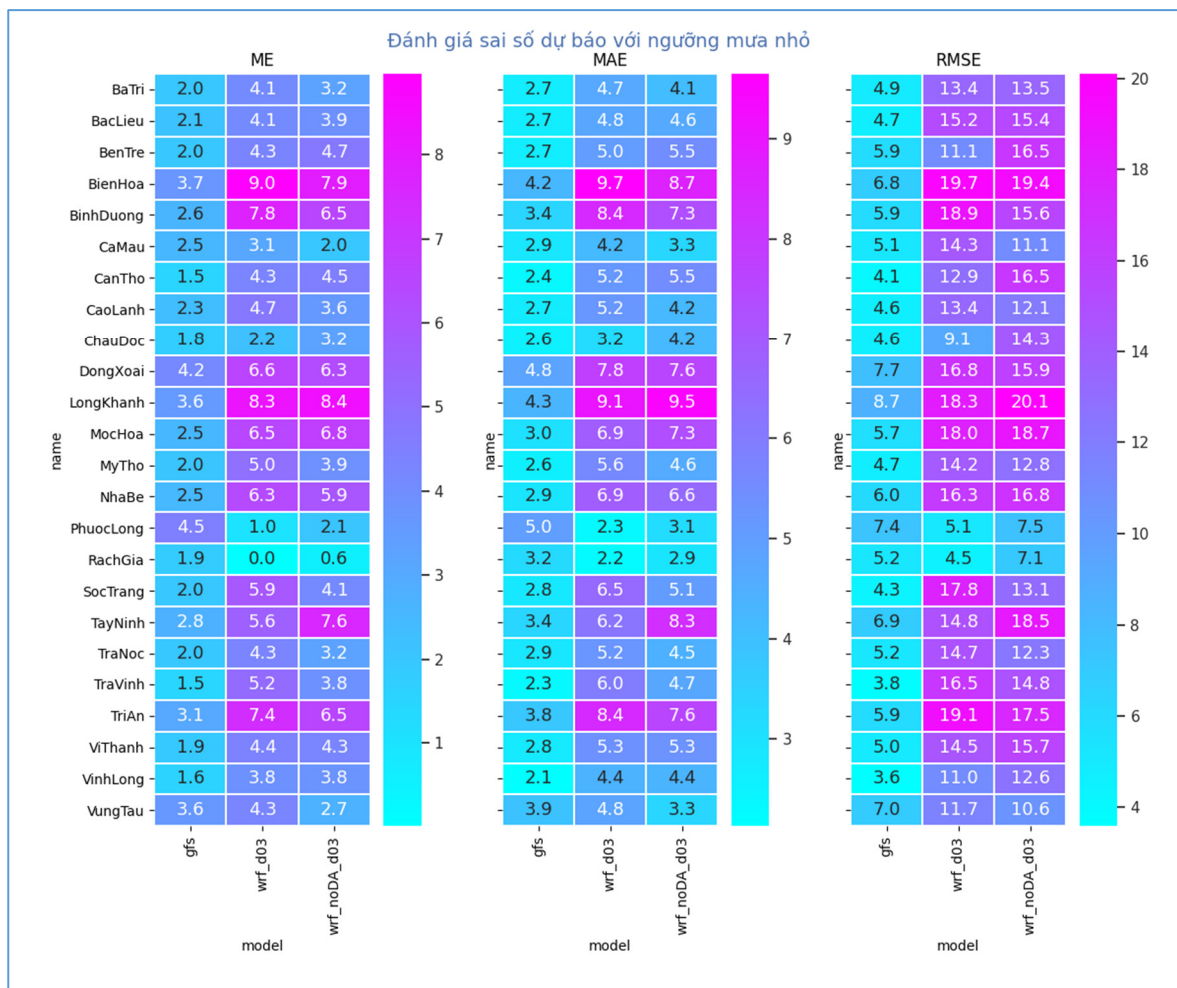


đầu từ sản phẩm dự báo trước đó 12h nên các vùng mưa dự báo khá ổn định ở các hạn dự báo. Trong khi mô hình không đồng hóa sử dụng trường ban đầu là trường nội suy từ mô hình GFS, dẫn đến vùng mưa dự báo không ổn định ở các hạn dự báo khác nhau, từ đó chất lượng dự báo cũng không ổn định. Với hiện tượng mưa rất to, cả mô hình đồng hóa và không đồng hóa đều chưa cho dự báo chính xác.

### 3.3. Đánh giá dự báo tháng 7 và 8 năm 2021

Trong mục này, tác giả sẽ thực hiện đánh giá sai số của từng mô hình theo các ngưỡng mưa sau: mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và mưa rất to.

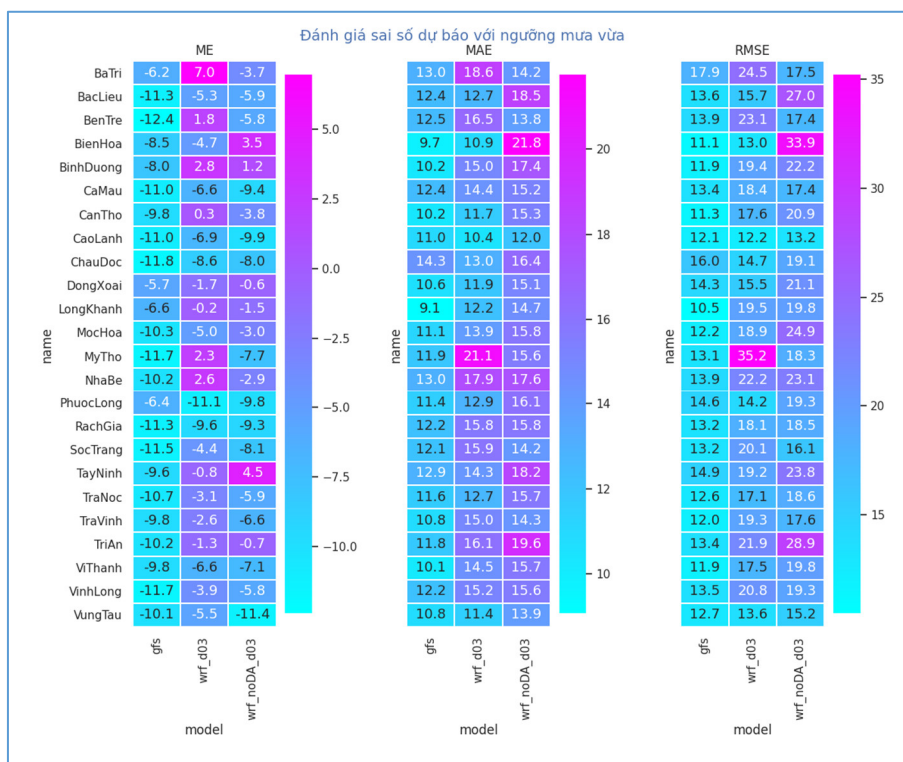
\* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa nhỏ



Hình 14. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa nhỏ tháng 7, 8 năm 2021.

Hình 14 cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ, chỉ số ME đa phần đều > 0 cho thấy các mô hình có xu hướng dự báo thiên cao hơn so với thực tế. Chỉ số MAE của các mô hình phổ biến dưới 10mm, trong đó chỉ số RMSE của mô hình Wrf\_d03 hầu hết đều thấp hơn so với Wrf\_noDA\_d03 và cho giá trị thấp nhất ở Rạch Giá (4.5) và Phước Long (5.1).

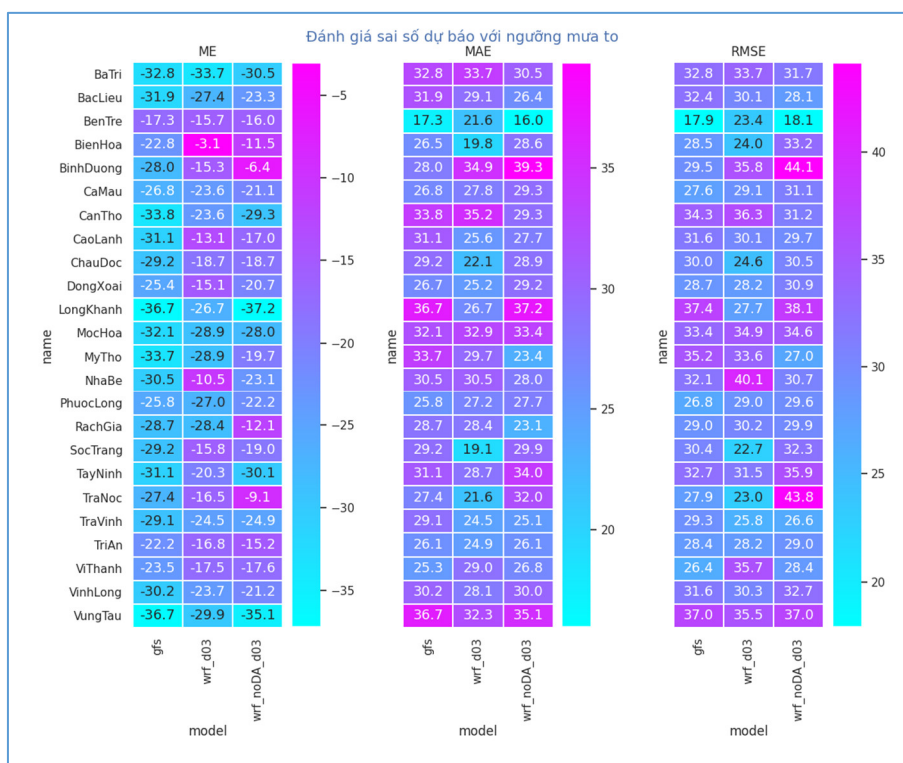
\* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa vừa



Hình 15. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa vừa tháng 7, 8 năm 2021.

Từ hình 15, chỉ số ME của hầu hết các mô hình đều <0 cho thấy mô hình có xu hướng dự báo thiên thấp hơn so với thực tế. Chỉ số MAE của mô hình Wrf\_d03 tiếp tục thấp hơn so với mô hình Wrf\_noDA\_d03. Chỉ số RMSE của mô hình Wrf\_d03 cho giá trị thấp nhất ở Cao Lãnh (12.2), Biên Hòa (13).

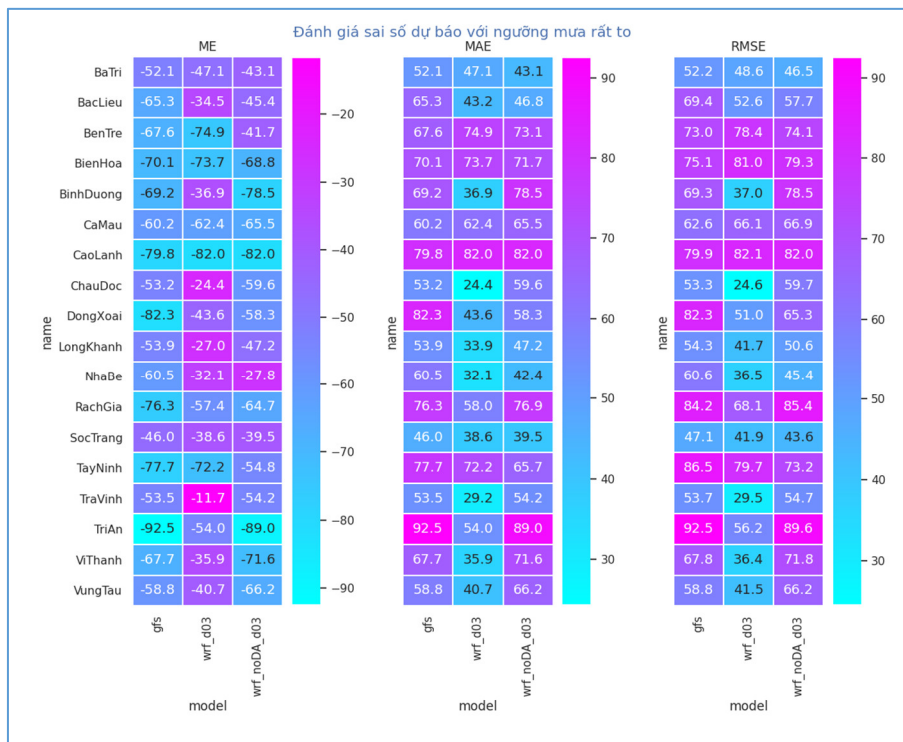
\* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa to



Hình 16. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa to tháng 7, 8 năm 2021.

Qua phân tích hình 16, ở ngưỡng mưa to sai số đã tăng lên đáng kể, chỉ số MAE tăng lên khoảng gấp đôi so với ngưỡng mưa vừa. Chỉ số ME <0 cho thấy các mô hình đều dự báo thiên thấp. Chỉ số RMSE của mô hình đồng hóa vẫn hầu hết đều thấp hơn so với mô hình không đồng hóa, có giá trị thấp nhất ở Sóc Trăng (22.7), Trà Nóc (23).

\* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa rất to



Hình 17. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa rất to tháng 7, 8 năm 2021.

Ở ngưỡng mưa rất to (hình17), chỉ số ME tiếp tục <0 cho thấy các mô hình vẫn dự báo thiên thấp hơn thực tế. Chỉ số MAE cũng tăng cao đáng kể so với ngưỡng mưa to, tuy nhiên mô hình đồng hóa vẫn có xu hướng thấp hơn mô hình không đồng hóa. Chỉ số RMSE của mô hình đồng hóa thấp nhất ở Châu Đốc (24.6).

Như vậy, qua đánh giá sai số của các mô hình trong hai tháng 7,8 năm 2021 cho thấy ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với ngưỡng mưa to, RMSE của mô hình đồng hóa có giá trị thấp nhất ở Sóc Trăng (22.7), Trà Nóc (23).

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã đồng hóa số liệu địa phương theo phương pháp 3D-Var cho mô hình WRF phiên bản 4.2 (năm 2020) để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ. Qua đánh giá sai số của các mô hình cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Các chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với đánh giá dự báo cho ngày 15/7/2021, mô hình có đồng hóa số liệu có khả năng phát hiện (POD) và kỹ năng dự báo (ETS) cho mưa vừa, mưa to tốt hơn mô hình không đồng hóa ở hạn dự báo 12h và 24h, chỉ số PC cũng được cải thiện khoảng 4%. Đồng thời khi thiết lập mô hình đồng hóa chạy ở chế độ Cycling sẽ cho dự báo ổn định hơn trường hợp không đồng hóa.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.N.Q.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.K.P.; Xử lý số liệu: L.M.D.; Xây dựng mô hình: L.M.D.; Phân tích kết quả: L.N.Q.; Viết bản thảo bài báo: L.N.Q.; Chỉnh sửa bài báo: L.N.Q.

**Lời cảm ơn:** Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu, xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo tại thành phố Hồ Chí Minh.”, quyết định số 1321/QĐ-SKHCHN ngày 24/11/2020.

**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 sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### Tài liệu tham khảo

1. Routray, Mohanty U.C.; Niyogi D.; Rizvi S.R.; Osuri K.K. First application of 3DVAR–WRF data assimilation for mesoscale simulation of heavy rainfall events over Indian Monsoon region. *J. R. Meteorolog. Soc.* 2008, 1555.
2. Yang, J. Effect of Data Assimilation Using WRF–3DVAR for Heavy Rain Prediction on the Northeastern Edge of the Tibetan Plateau. *Adv. Meteorol.* 2015, 294589, 14.
3. Hastuti, M.I.; Paski, J.I.A. Assimilation of Weather Radar Data Using WRF 3DVar Modelling for Rainfall Prediction. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019, 303, 012047.
4. Xin, K.T.; Đức, L. Nâng cao chất lượng dự báo mưa bằng mô hình khu vực phân giải cao HRM nhờ tăng độ phân giải và điều chỉnh trường ban đầu bằng phương pháp đồng hoá số liệu ba chiều. Tuyển tập hội nghị khoa học, Viện Khoa học khí tượng thủy văn và Môi trường, 2003.
5. Xin, K.T. Nghiên cứu dự báo mưa lớn diện rộng bằng công nghệ hiện đại phục vụ phòng chống lũ lụt ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học công nghệ độc lập cấp nhà nước, 2005.
6. Cường, H.Đ. Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2008.
7. Tân, P.V.; Dũng, N.L. Thử nghiệm ứng dụng hệ thống WRF–VAR kết hợp với sơ đồ ban đầu hóa xoáy vào dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2009, 583, 1–9.
8. Cường, H.Đ. Nghiên cứu ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3D–Var cho mô hình WRF để dự báo thời tiết ở Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2011, 610, 37–42.
9. Tiến, D.D.; Tăng, B.M.; Hòa, V.V.; Vui, P.T.; Đức, T.A.; Tùng, N.T. Nghiên cứu đồng hóa số liệu radar đồng hà để nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2013, 632 (8), 12–19.
10. Thức, T.D.; Thanh, C. Thử nghiệm đồng hóa dữ liệu radar trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* 2018, 34(1S), 59–70.
11. Tiến, D.Đ.; Cường, H.Đ.; Hung, M.K.; Lâm, H.P. Vai trò của sai số mô hình trong bài toán đồng hóa số liệu dựa trên phương pháp biến phân: thử nghiệm với mô hình phân giải cao WRF–ARW và dự báo mưa lớn trong trên khu vực Bắc Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2019, 699, 42–49.
12. Thăng, V.V.; Thức, T.D.; Trung, N.Q. Thử nghiệm đồng hóa số liệu bằng WRF 4D–Var trong dự báo mưa ở khu vực Nam Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2019, EME2, 174–185.
13. Phung, N.K.; Long, N.Q.; Tin, N.V.; Le, D.T.T. Development of a PM2.5 Forecasting System Integrating Low–cost Sensors for Ho Chi Minh City, Vietnam. *Aerosol Air Qual. Res.* 2020, 20, 1454–1468.

14. Barker, D.M.; Huang, W.; Guo, Y.R.; Bourgeois, A.J.; Xiao, Q.N. A three-dimensional (3DVAR) variational data assimilation system for MM5. Implementation and initial results. *Mon. Weather Rev.* **2004**, *132*, 897–914.
15. Zhang, C.; Wang, Y. Projected Future Changes of Tropical Cyclone Activity over the Western North and South Pacific in a 20–km–Mesh Regional Climate Model. *J. Clim.* **2017**, *30*, 5923–5941.
16. Sun, B.Y.; Bi, X. Validation for a tropical belt version of WRF: Sensitivity tests on radiation and cumulus convection parameterizations. *Atmos. Ocean. Sci. Lett.* **2019**, *12*, 192–200.
17. Gbode, I.E.; Dudhia, J.; Ogunjobi, K.O.; Vincent, A. Sensitivity of different physics schemes in the WRF model during a West African monsoon regime. *Theor. Appl. Climatol.* **2019**, *136*, 733–751.
18. Thông tư số 41/2017/TT–BTNMT (2017). Quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo khí tượng.
19. Hung, M.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của số liệu thám không giả lập trên quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa đến dự báo Bão trên Biển Đông. Luận văn thạc sĩ, 2014, 10–11.
20. Anderson, E.; Hollingsworth, A.; Kelly, G.; Lönnberg, P.; Pailleux, J.; Zhang, Z. Global observing system experiments on operational statistical retrievals of satellite sounding data. *Mon. Weather Rev.* **1991**, *119*, 1851–1864.
21. Parrish, D.F.; Derber, J.C. The National Meteorological Center's Spectral Statistical–Interpolation analysis system. *Mon. Wea. Rev.* **1992**, *120(8)*, 1747–1763.

## **A study on using local data to assimilate for WRF model to improve the quality of rainfall forecast for the Southern Viet Nam**

**Le Ngoc Quyen<sup>1\*</sup>, Nguyen Ky Phung<sup>2</sup>, Le Manh Dung<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Southern Regional Hydrometeorological Centre; quyentccb@gmail.com, manhdungkttv@gmail.com

<sup>2</sup>People’s Committee of Thu Duc City; kyphungng@gmail.com

**Abstract:** In this paper, the author has assimilated local data by using the 3D–var method for the WRF model with a resolution of 3km to forecast rainfall for the Southern Viet Nam. The data used for assimilation included surface observations, sounding data in Vietnam as well as in Southeast Asia. The experiment was conducted with 2 options with data assimilation (Wrf\_d03) and without data assimilation (Wrf\_noDA\_d03) at lead–time of 48 hours. The implementation time is in July and August 2021 in the rainy season. The forecast results of two experiments were collected with 24 Synop observation stations to evaluate the accuracy of the models. The results show that all models have the rainfall forecast almost higher than actual for light rainfall thresholds, and lower actual for other rainfall thresholds. The MAE and RMSE indexes of Wrf\_d03 are mostly lower than Wrf\_noDA\_d03, this shows that assimilation local data has reduced the error of the model. Wrf\_d03 also has POD index, ETS index for moderate and heavy rainfall thresholds better than Wrf\_noDA\_d03 at the 12h and 24h of lead–times. When running model with data assimilation under Cycling mode will give more stable results than the normal case.

**Keywords:** WRF; WRFDA; 3Dvar; Data assimilation; Forecast rainfall for the Southern Viet Nam.

Bài báo khoa học

## Phân tích, đánh giá chỉ số mưa nông nghiệp (ARI), chuẩn hóa lượng mưa (SPI) và lồng ghép thông tin cho 4 cây trồng chính (lúa, ngô, lạc, đậu tương) trong thời kỳ 1991–2020 tại tỉnh Nghệ An

Hoàng Thị Thu Hương<sup>1\*</sup>, Nguyễn Văn Lượng<sup>1</sup>, Lê Hữu Huân<sup>1</sup>, Ngô Sỹ Giai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ; hoanghuong.btb@gmail.com; Luongnvtv@gmail.com; huanbtb@gmail.com

<sup>2</sup> Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và biến đổi khí hậu; ngosygiai@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: hoanghuong.btb@gmail.com; Tel: +84–945698793

Ban Biên tập nhận bài: 26/1/2022; Ngày phản biện xong: 11/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Nền kinh tế của tỉnh Nghệ An chủ yếu là sản xuất nông nghiệp, với lực lượng lao động tập trung cao. Tuy nhiên, năng suất lúa cũng như bình quân lương thực có hạt (lúa, ngô) theo đầu người đang ở mức thấp so với cả nước. Xuất phát từ tầm quan trọng về sự ảnh hưởng của các chỉ số mưa nông nghiệp (*Agricultural Rainfall Index – ARI*) và chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (*Standardized Precipitation Index – SPI*) đến thiết lập lịch thời vụ gieo trồng và năng suất lúa, tác giả đã thực hiện tính toán, phân tích chỉ số ARI và SPI, sau đó tích hợp và lồng ghép thông tin cho 4 cây trồng chính (lúa, ngô, lạc, đậu tương) trong các vụ mùa cho tỉnh Nghệ An. Với nguồn số liệu chính gồm: số liệu mưa, nhiệt ngày trong giai đoạn 1991–2020 từ 8 trạm khí tượng thủy văn tại tỉnh Nghệ An. Kết quả cho thấy, sự phân bố của các hình thái khô hạn, ẩm ướt và thuận lợi cho sự phát triển của cây trồng theo thời gian (tuần, tháng, vụ, mùa...) và theo không gian (Bắc–Nam, Đông–Tây) rất phức tạp. Đối với cây lúa, khô hạn chiếm hình thái thời tiết chủ yếu trong vụ thu đông với tần suất khá lớn (60–80%); trong khi ẩm ướt lại xuất hiện khá ít và không nghiêm trọng (0–10%). Đối với cây ngô, lạc, đậu tương, khô hạn chiếm hình thái chủ yếu ở vụ xuân (60–75%), trong khi đó, ẩm ướt xuất hiện nhiều nhất ở vụ thu đông.

**Từ khóa:** ARI; SPI; Lồng ghép thông tin cây trồng; Tỉnh Nghệ An.

### 1. Mở đầu

Hạn hán và lũ lụt là những loại hình thiên tai duy trì trong nhiều tháng hoặc nhiều năm, có thể ảnh hưởng đến các khu vực rộng lớn và gây nên những tác động nghiêm trọng đến môi trường, xã hội và kinh tế. Trong những năm gần đây, tần suất và sự khốc liệt của lũ lụt và hạn hán tăng cao do ảnh hưởng của BĐKH [1]. Do đó, các nghiên cứu đánh giá về hạn hán trong một khoảng thời gian dài là cần thiết để tìm ra các biện pháp ứng phó thích hợp với các hiện tượng hạn hán cực đoan có thể xảy ra ở tương lai. Trong các chỉ số phân vùng khí hậu nông nghiệp, chỉ số mưa nông nghiệp ARI và chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI đóng vai trò quan trọng nhất đối với sản lượng cây trồng, đặc biệt là cây lúa. Việc xác định hai chỉ số này là cơ sở quan trọng giúp đánh giá, mô tả thông tin hạn hán ở một khu vực nhất định. [2] đã đánh giá, phân tích chỉ số SPI cho các trạm trên khắp Colorado ở Hoa Kỳ. [3] đã Nghiên cứu ứng dụng chỉ số chuẩn lượng mưa (SPI) để đánh giá ngưỡng hạn hán

trong 2 vụ Đông Xuân và Hè Thu tại tỉnh Quảng Nam. [4] đã nghiên cứu chỉ số ARI và SPI trong phân vùng khí hậu nông nghiệp và dự đoán năng suất lúa dựa trên hai chỉ số ARI và SPI tại tỉnh Hậu Giang. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đó mới dừng lại ở việc đánh giá, phân tích, phân vùng khí hậu...mà chưa tích hợp, lồng ghép thông tin cho các vụ mùa đối với từng loại cây trồng trên địa bàn nghiên cứu.

Bên cạnh đó, nền kinh tế của tỉnh Nghệ An chủ yếu là sản xuất nông nghiệp, với lực lượng lao động tập trung cao. Tuy nhiên, đây là một trong những nơi có điều kiện khí hậu khắc nghiệt nhất trong cả nước. Hàng năm thường xảy ra nhiều thiên tai như bão, lũ, gió Lào, hạn hán, mà nguyên nhân cơ bản là do vị trí địa lý và cấu trúc địa hình địa mạo; diện tích đất canh tác không ngừng bị thu hẹp, phải đối mặt với nhiều vấn đề xã hội phức tạp. Chính vì vậy, để giải quyết các nan giải này đòi hỏi tỉnh Nghệ An phải phát triển nông nghiệp theo hướng bền vững, xem đây là một trong những bước đột phá quan trọng để phát triển kinh tế-xã hội của từng tỉnh và cả vùng.

Xuất phát từ tầm quan trọng về sự ảnh hưởng của các chỉ số ARI và SPI đến thiết lập lịch thời vụ gieo trồng và năng suất lúa, nghiên cứu sử dụng các chỉ số này trong phân tích, đánh giá về hạn hán ở tỉnh Nghệ An để giúp đưa ra những thông tin, cảnh báo sớm và điều chỉnh lịch thời vụ kíp thời trên địa bàn khu vực là cần thiết.

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu này là số liệu mưa ngày, số liệu nhiệt độ trung bình ngày, nhiệt độ tối cao ngày, nhiệt độ tối thấp ngày trong giai đoạn từ năm 1991–2020 được thu thập từ 8 trạm khí tượng thủy văn tại tỉnh Nghệ An (Con Công, Đô Lương, Quỳnh Châu, Quỳnh Hợp, Quỳnh Lưu, Tây Hiếu, Tương Dương, Tp Vinh). Từ dữ liệu thu thập được, tiến hành biên tập, chỉnh sửa, tạo thành bộ cơ sở dữ liệu chuẩn để phục vụ nghiên cứu.

### 2.2. Thực trạng thời vụ sản xuất nông nghiệp tại tỉnh Nghệ An

#### a) Thời vụ cây lúa

– Vụ đông xuân (hay còn gọi là vụ ba): Thường được bắt đầu từ thời gian cuối tháng 10 và thu hoạch vào tháng 4 dương lịch (tháng 3 âm lịch).

– Vụ hè thu (hay còn gọi là vụ tám): Thường được bắt đầu gieo cấy từ cuối tháng 4 và thu hoạch vào cuối tháng 9 dương lịch (tháng 8 âm lịch).

– Vụ mùa (hay còn gọi là vụ tháng mười): Thường được bắt đầu gieo cấy từ cuối tháng 5 và thu hoạch vào tháng 11 dương lịch (tháng 10 âm lịch).

#### b) Thời vụ cây ngô

– Vụ ngô xuân: Gieo từ 5/2 đến 15/3

Vụ ngô hè thu: Gieo từ 5/4 đến 10/5

Vụ ngô thu đông: 10/8 đến 10/9

#### c) Thời vụ cây lạc, đậu tương

Vụ Xuân: Gieo từ cuối tháng 1 đến hết tháng 2

Vụ hè thu: Gieo từ cuối tháng 5 đến tháng 6

Vụ thu đông: Gieo từ 15/8 đến 15/9

Theo FAO, đối với các cây lương thực và thực phẩm hàng năm tỷ lệ độ dài (%) của 4 giai đoạn đó so với độ dài của cả thời kỳ sinh trưởng như sau [5]:

**Bảng 1.** Tỷ lệ độ dài (%) của 4 giai đoạn phát triển [5].

Đầu vụ	Giai đoạn phát triển	Giữa vụ	Cuối vụ	Cả vụ
20%	25%	35%	20%	100%

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Từ số liệu lượng mưa ngày thu thập được của 18 trạm khí tượng thủy văn tại ba tỉnh Thanh Hóa–Nghệ An–Hà Tĩnh, tiến hành tính tổng lượng mưa và trung bình lượng mưa theo tuần (10 ngày/tháng), tháng, vụ thực tế, năm.... Sử dụng phần mềm Excel để tính toán lượng mưa và giá trị chỉ số ARI và SPI tương ứng.

#### 2.3.1. Phương pháp tính toán chỉ số mưa nông nghiệp ARI

Chỉ số mưa nông nghiệp ARI (*Agricultural Rainfall index*) được tính theo công thức sau đây:

$$ARI = P/PET \tag{1}$$

Trong đó P là tổng lượng mưa thực tế (mm); PET (*Potential Evapotranspiration*) là tổng lượng bốc thoát hơi tiềm năng (mm) trong cùng thời đoạn được tính; Thời gian tính: tuần, tháng, mùa, vụ, năm.

Nếu ARI < 0,4: Thời kỳ khô, sẽ xảy ra hạn hán cho cây trồng.

Nếu ARI > 2,0: Thời kỳ rất ướt, sẽ gây ra dư thừa nước cho cây trồng.

Giá trị 0,4 < ARI < 2,0: Không xảy ra hạn chế điều kiện ẩm đối với sự sinh trưởng của cây trồng, được coi là phù hợp/thuận lợi cho cây trồng sinh trưởng phát triển.

#### 2.3.2. Phương pháp tính chỉ số bốc thoát hơi tiềm năng PET

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng Phương pháp Hargreaves để tính chỉ số PET (ET<sub>o</sub>–bốc thoát hơi tham chiếu):

$$ET_o = 0.0023(T_{tb\text{tuần}} + 17.8) (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5} * Ra \tag{2}$$

Trong đó T<sub>tb tuần</sub> là nhiệt độ trung bình của tuần (°C); T<sub>max</sub> là nhiệt độ cao nhất trong tuần (°C); T<sub>min</sub> là nhiệt độ thấp nhất tuần (°C); Ra là bức xạ trung bình ngày theo vĩ độ (MJm<sup>-2</sup>/ngày).

Giá trị Ra được lấy từ bảng 1 dưới đây.

**Bảng 1.** Bức xạ trung bình ngày Ra theo vĩ độ.

Vĩ độ	Các tháng, Bắc bán cầu											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
24	24,6	28,8	33,5	37,6	39,7	40,3	39,9	38,3	34,9	30,2	25,5	23,3
22	25,7	29,7	34,1	37,8	39,5	40,0	39,6	38,4	35,4	31,0	26,6	24,5
20	26,8	30,6	34,7	37,9	39,3	39,5	39,3	38,3	35,8	31,8	27,7	25,9
18	27,9	31,5	35,2	38,0	39,0	39,1	38,9	38,2	36,1	32,5	28,7	26,8
16	28,9	32,3	35,7	38,1	38,7	38,0	38,5	38,1	36,4	33,2	29,6	27,9
14	29,9	33,1	36,1	38,1	38,4	38,1	38,1	38	36,7	33,9	30,6	28,9
13	30,4	33,5	36,3	38,1	38,2	37,9	37,9	37,9	36,8	34,2	31,1	29,5
12	30,9	33,8	36,5	38,0	38,0	37,6	37,6	37,8	36,9	34,5	31,5	30,0
10	31,9	34,5	36,9	37,9	37,6	37,0	37,1	37,5	37,1	35,1	32,4	31,0
8	32,8	35,2	37,2	37,8	37,1	36,3	36,5	37,2	37,2	35,6	33,3	32,0
6	33,7	35,8	37,4	37,6	36,6	35,7	35,9	36,9	37,3	36,1	34,1	32,9
4	34,6	36,4	37,6	37,4	36,0	35,0	35,3	36,5	37,3	36,6	34,9	33,9



### 2.3.3. Phương pháp tính toán chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI

SPI được tính bằng cách chuẩn hóa lượng mưa cho một trạm nhất định sau khi nó được đưa vào hàm mật độ xác suất như được mô tả bởi [2–6]. SPI được tính toán theo công thức sau:

$$SPI = \frac{R - \bar{R}}{\sigma} \tag{2}$$

Trong đó R là tổng lượng mưa thực tế (mm);  $\bar{R}$  là tổng lượng mưa trung bình nhiều năm (mm);  $\sigma$ : độ lệch chuẩn của lượng mưa trong thời kỳ tương ứng; Thời gian tính: tuần, tháng, mùa, vụ, năm.

SPI là một chỉ số không thứ nguyên: khi các giá trị của SPI mang dấu âm nó chỉ ra hạn hán, còn mang giá trị dương tức là chỉ ra tình trạng thừa ẩm [2]. Vì chỉ số SPI có thể được tính theo các độ dài thời gian tích lũy khác nhau, nên các chỉ số SPI khác nhau có thể tạo điều kiện đánh giá các tác động tiềm ẩn/tiềm năng khác nhau của hạn khí tượng: i) Các SPI cho các thời kỳ tích lũy ngắn, ví dụ từ 1 đến 3 tháng (SPI-1 hoặc SPI-3) là chỉ báo cho những tác động ngay lập tức, như sự giảm sút của độ ẩm đất hoặc lưu lượng dòng chảy trong khe suối, hoặc sông nhỏ; ii) Các SPI cho các thời kỳ tích lũy trung bình, ví dụ từ 3 đến 12 tháng (SPI-3 hoặc SPI-12) là chỉ báo cho sự giảm dòng chảy trên suối hoặc sự tích trữ của các hồ chứa; và iii) Chỉ số SPI cho các giai đoạn tích lũy dài (SPI-12 đến SPI-48) là các chỉ số cho sự giảm lượng nạp cho hồ chứa và nạp nước ngầm [2].

**Bảng 2.** Các giá trị của chỉ số SPI [7].

Giá trị của chỉ số SPI	Ý nghĩa của chỉ số
SPI ≥ 2,0	Cực kỳ ẩm ướt
1,5 đến 1,99	Rất ẩm ướt
1,0 đến 1,49	Ẩm ướt vừa phải
-0,99 đến 0,99	Cận chuẩn
-1,0 đến -1,49	Khô vừa phải
-1,5 đến -1,99	Rất khô
SPI ≤ -2,0	Cực kỳ khô

**Bảng 3.** Xác suất tái xuất hiện của hạn hán theo chỉ số SPI [7].

Giá trị của SPI	Hạng	Số lần xuất hiện trong 100 năm	Mức độ khắc nghiệt của sự kiện
0 đến -0,99	Khô nhẹ	33	1 trong 3 năm
-1,00 đến -1,49	Khô vừa phải	10	1 trong 10 năm
-1,5 đến -1,99	Khô nghiêm trọng	5,0	1 trong 20 năm
< -2,0	Khô cực đoạn	2,5	1 trong 50 năm

### 2.3.4. Tần xuất xuất hiện hạn

Tần số xuất hiện hạn khí tượng, hạn nông nghiệp ở những mức độ khác nhau dựa trên chỉ số SPI, ARI tương ứng với mức độ và thời gian hạn được xác định theo công thức sau:

$$P_h = \frac{m_h}{n_h} \tag{4}$$

Trong đó  $P_h$  là tần số xuất hiện hạn tương ứng với mức độ và thời gian hạn (1991–2020);  $m_h$  là số lần xảy ra khô hạn tương ứng với mức độ và thời gian hạn (1991–2020);  $n_h$  là tổng số lần tính toán tương ứng với mức độ và thời gian hạn (1991–2020).

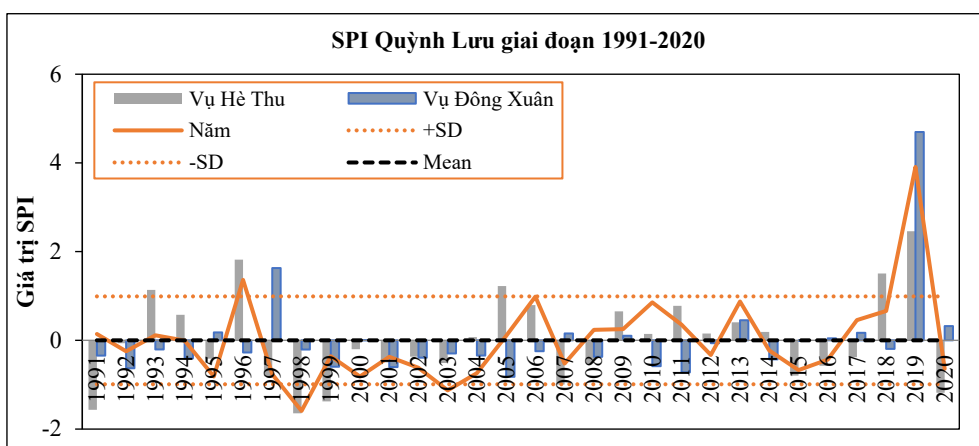
### 3. Kết quả và phân tích

Số liệu mưa ngày trong 30 năm giai đoạn 1991–2020 được tổng hợp, xử lý và tính chỉ số SPI, ARI theo từng tuần (10 ngày), từng tháng, năm và các vụ Hè Thu (tháng 5–9), vụ Mùa (tháng 6–11), vụ Đông Xuân (tháng 11–4) của 8 trạm khí tượng thủy văn tại tỉnh Nghệ An. Trong khuôn khổ báo cáo này, tác giả sẽ trình bày kết quả của 2 trạm gồm: Quỳnh Lưu, Tương Dương (Nghệ An).

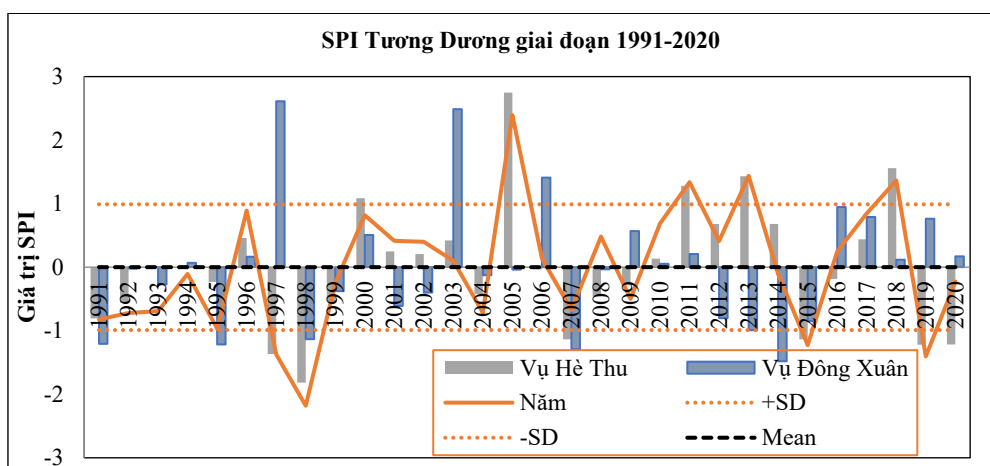
#### 3.1. Giá trị SPI tại các trạm tỉnh Nghệ An trong giai đoạn 1991–2020.

Có thể thấy, ở trạm Quỳnh Lưu hình thái thời tiết trong giai đoạn 1991–2020 của cả năm, vụ Hè Thu, Đông Xuân, vụ Mùa chủ yếu là cận chuẩn ( $-0,99 \leq SPI \leq 0,99$ ). Tuy hình thái ẩm xuất hiện không nhiều nhưng lại rất nghiêm trọng, điển hình như năm 2019, hình thái ẩm rất nặng.

Tại trạm Tương Dương, hình thái thời tiết trong giai đoạn 2000–2018 của cả năm, vụ Hè Thu, Đông Xuân, vụ Mùa chủ yếu là cận chuẩn ( $-0,99 \leq SPI \leq 0,99$ ) và ẩm. Các giai đoạn còn lại hình thái thời tiết chủ yếu là cận chuẩn và khô, tuy nhiên lại không quá nghiêm trọng. Điển hình, vụ Đông Xuân năm 1997, 2003, vụ Hè Thu và cả năm 2005 ở trạng thái cực kỳ thừa ẩm ( $SPI \geq 2$ ).



Hình 1. Biểu đồ giá trị SPI năm, vụ Hè Thu, vụ Đông Xuân tại trạm Tương Dương giai đoạn 1991–2020.



Hình 2. Biểu đồ giá trị SPI năm, vụ Hè Thu, vụ Đông Xuân tại trạm Tương Dương giai đoạn 1991–2020.

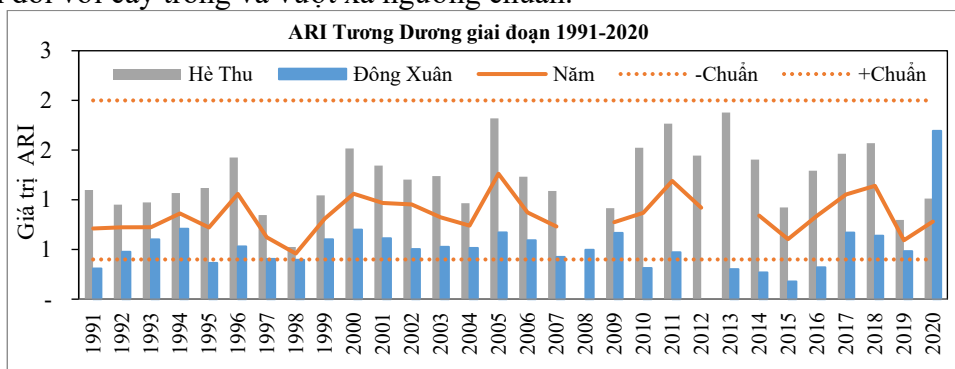
**Bảng 4.** Tần suất (%) xuất hiện hạn tại trạm Tương Dương và Quỳnh Lưu.

Mức độ	Tuần	Tháng	Năm	Vụ Mùa	Hè Thu	Đông Xuân
Hạn vừa	84	90	75	75	83	100
Hạn nặng	16	7	0	0	17	0
Hạn rất nặng	0	3	25	25	0	0
Trạm Quỳnh Lưu						
Hạn vừa	62	94	50	67	50	0
Hạn nặng	38	6	50	33	50	0
Hạn rất nặng	0	0	0	0	0	0

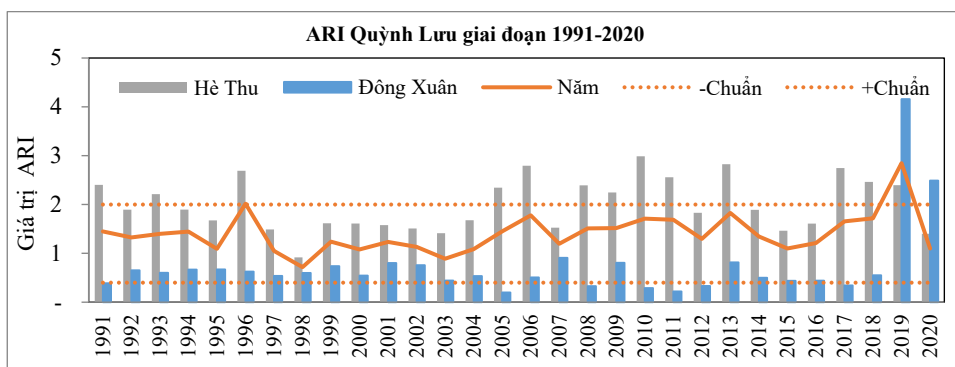
Kết quả thống kê tần suất ứng với số lần xuất hiện hạn khí tượng tại trạm Tương Dương và Quỳnh Lưu (cả 3 mức độ: vừa, nặng, rất nặng) trong 30 năm qua (1991–2020) được thể hiện ở bảng 4. Tại trạm Tương Dương, hạn tuần 50 lần xuất hiện (chiếm 5%), hạn tháng 42 lần xuất hiện (chiếm 12%), hạn năm và Vụ Mùa 4 lần xuất hiện (chiếm 13%), hạn Hè Thu 6 lần xuất hiện (Chiếm 20%), hạn Đông Xuân 5 lần xuất hiện (chiếm 17%). Tại trạm Quỳnh Lưu, hạn tuần 37 lần xuất hiện (chiếm 3%), hạn tháng 16 lần xuất hiện (chiếm 4%), hạn năm 2 lần xuất hiện (chiếm 7%), hạn Vụ Mùa 3 lần (chiếm 10%) và Hè Thu 4 lần xuất hiện (chiếm 13%), hạn Đông Xuân 0 lần xuất hiện (chiếm 0%).

**3.2. Giá trị ARI tại các trạm tỉnh Nghệ An trong giai đoạn 1991–2020**

Có thể thấy, ở trạm Tương Dương hình thái trong giai đoạn 1991–2020 của cả năm, vụ Hè Thu, Đông Xuân chủ yếu là hình thái thuận lợi cho sự phát triển của cây trồng ( $0,4 < ARI < 2,0$ ). Riêng giai đoạn 2010–2016, hình thái khô hạn đối với cây trồng xuất hiện nhiều ở vụ Đông Xuân ( $ARI < 0,4$ ). Tại trạm Quỳnh Lưu, trong khi hình thái thuận lợi đối với cây trồng ( $0,4 < ARI < 2,0$ ) xuất hiện chủ yếu ở ARI cả năm thì vụ Đông Xuân lại xuất hiện nhiều hình thái khô hạn ( $ARI < 0,4$ ) và vụ Hè Thu xuất hiện nhiều hình thái ẩm ướt ( $ARI > 2,0$ ). Riêng năm 2019, cả năm, vụ Hè Thu và vụ Đông Xuân đều phản ảnh hình thái cực ẩm đối với cây trồng và vượt xa ngưỡng chuẩn.



**Hình 3.** Biểu đồ giá trị ARI năm, vụ Hè Thu, vụ Đông Xuân tại trạm Tương Dương giai đoạn 1991–2020.



**Hình 4.** Biểu đồ giá trị ARI năm, vụ Hè Thu, vụ Đông Xuân tại trạm Quỳnh Lưu giai đoạn 1991–2020.

**Bảng 5.** Tần suất (%) xuất hiện các hình thái đối với cây trồng tại trạm Tương Dương và Quỳnh Lưu.

Mức độ	Tuần	Tháng	Năm	Vụ Mùa	Hè Thu	Đông Xuân
	Trạm Tương Dương					
Khô hạn	53	41	0	0	0	28
Ẩm ướt	12	8	0	0	0	0
Bình thường	35	51	100	100	100	72
Trạm Quỳnh Lưu						
Khô hạn	50	30	0	0	0	23
Ẩm ướt	20	21	7	43	43	7
Bình thường	30	46	93	57	57	70

Kết quả thống kê tần suất ứng với số lần xuất hiện hình thái đối với cây trồng tại trạm Tương Dương và Quỳnh Lưu (khô hạn, ẩm ướt, bình thường) trong 30 năm qua (1991–2020) được thể hiện ở bảng 5. Tại trạm Tương Dương, theo tuần, hình thái khô hạn 574 lần (chiếm 53%), ẩm ướt 129 lần (chiếm 11%). Theo tháng, hình thái khô hạn 146 lần (chiếm 41%), ẩm ướt 30 lần (chiếm 8%). Theo năm, vụ Mùa và vụ Hè Thu hình thái khô hạn và ẩm ướt 0 lần (chiếm 0%), tất cả các năm đều có hình thái thuận lợi cho cây trồng. Theo vụ Đông Xuân, hình thái khô hạn 8 lần (chiếm 27%), ẩm ướt 0 lần (chiếm 0%).

Tại trạm Quỳnh Lưu, theo tuần, hình thái khô hạn 545 lần (chiếm 50%), ẩm ướt 210 lần (chiếm 19%). Theo tháng, hình thái khô hạn 119 lần (chiếm 33%), ẩm ướt 75 lần (chiếm 31%). Theo năm, vụ Mùa và vụ Hè Thu hình thái khô hạn 0 lần (chiếm 0%); ẩm ướt ở cả năm là 2 lần (chiếm 7%), trong khi ở vụ Mùa và Hè Thu là 13 lần (chiếm 42%). Theo vụ Đông Xuân, hình thái khô hạn 7 lần (chiếm 23%), ẩm ướt 2 lần (chiếm 7%).

### 3.3. Lòng ghép thông tin khí hậu cho 4 cây trồng chính (Lúa, ngô, lạc, đậu tương) tại tỉnh Nghệ An

Tại các hình 5–9 dưới đây trình bày các kết quả tích hợp và lòng ghép xác suất xuất hiện các dạng thời tiết khô hạn và ẩm ướt đối với cây lúa, ngô, lạc, đậu tương dựa theo chỉ số ARI trong các vụ lúa, được tính trung bình của các trạm trên địa bàn tỉnh Nghệ An, trong đó: i) Thời tiết khô hạn:  $ARI < 0,4$ ; ii) Thời tiết rất ẩm ướt:  $ARI > 2,0$ ; iii) Thời tiết thuận lợi:  $0,4 \leq ARI \leq 2,0$ .

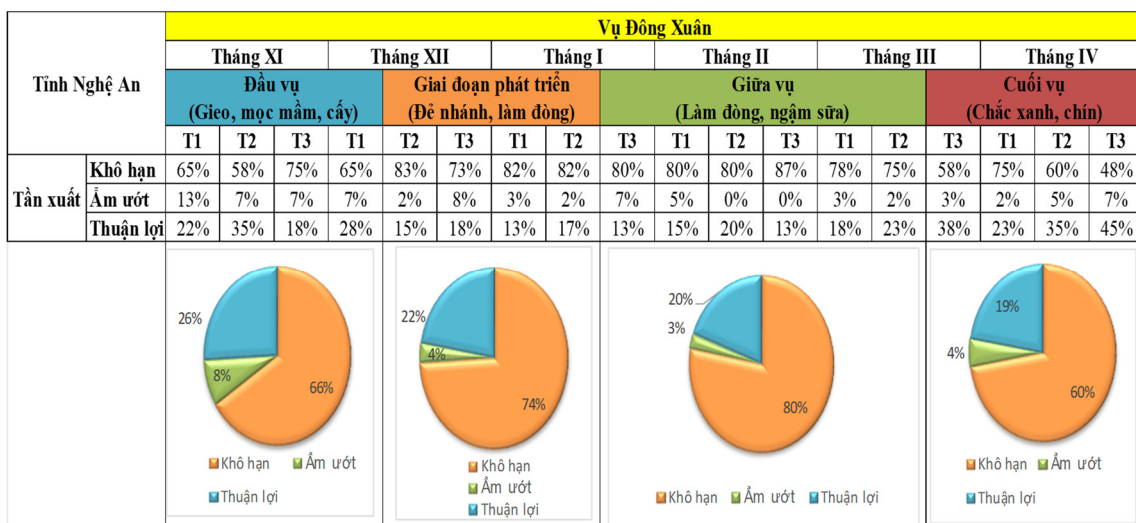
#### 3.3.1. Đối với cây lúa (giống dài ngày)

Nhìn chung, khô hạn chiếm hình thái thời tiết chủ yếu đối với vụ lúa Đông Xuân ở Nghệ An với tần suất 60–80%. Đặc biệt là giai đoạn giữa vụ, đây là thời gian lúa làm đòng và ngâm sữa, khô hạn xuất hiện với tần suất khá lớn (80%). Ẩm ướt là hình thái thời tiết xuất hiện ít và không nghiêm trọng, với tần suất 0–10%. Trong đó, gian đoạn đầu vụ, là giai đoạn gieo, mọc mầm và cây, ẩm ướt xuất hiện với tần suất nhiều hơn so với các giai đoạn còn lại (8%). Hình thái thời tiết thuận lợi cho cây trồng ở cả vụ chỉ xuất hiện với tần suất 15–35%. Trong đó, giai đoạn đầu vụ xuất hiện với tần suất nhiều hơn so với các giai đoạn còn lại (26%) (Hình 5).

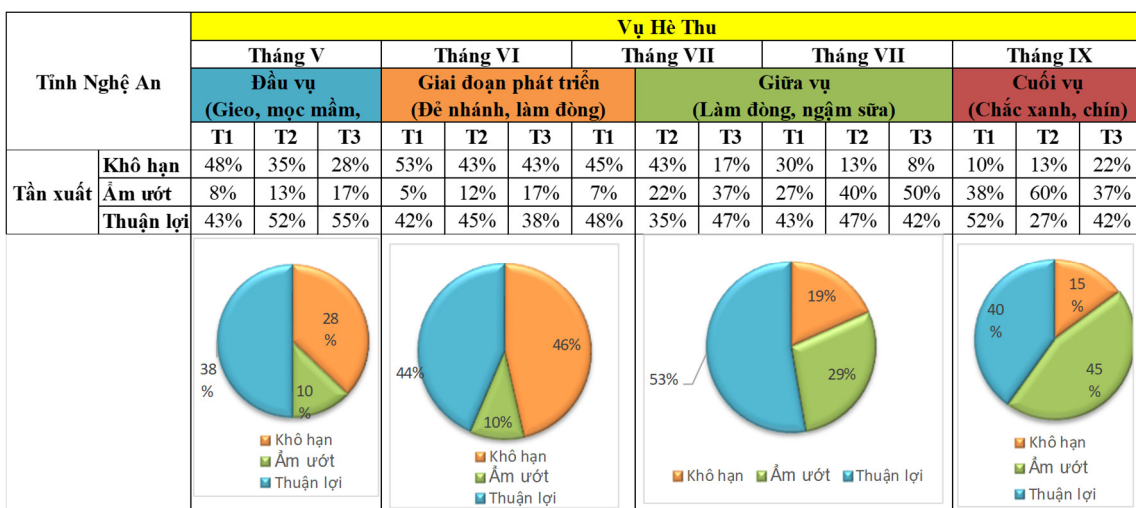
Hình thái thời tiết thuận lợi chiếm chủ yếu từ gian đoạn đầu vụ đến giữa vụ đối với vụ lúa Hè Thu ở Nghệ An với tần suất 40–50%. Đặc biệt là giai đoạn phát triển, đây là thời gian lúa đẻ nhánh và làm đòng, thời tiết thuận lợi xuất hiện với tần suất khá lớn (53%). Ẩm ướt là hình thái thời tiết xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn cuối vụ, đây là thời gian lúa chắc xanh và chín, với tần suất 45%. Khô hạn là hình thái xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn phát triển, đây là thời gian lúa đẻ nhánh và làm đòng, với tần suất 46% (Hình 6).

Khô hạn là hình thái thời tiết xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn đầu vụ và cuối vụ đối với vụ lúa Mùa ở Nghệ An, với tần suất 40–70%. Trong đó, giai đoạn cuối vụ xuất hiện với tần suất lớn nhất, đây là giai đoạn lúa chắc xanh và chín, với tần suất 62%. Ẩm ướt là hình thái thời tiết xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn giữa vụ, đây là thời gian lúa làm đòng và ngâm sữa,

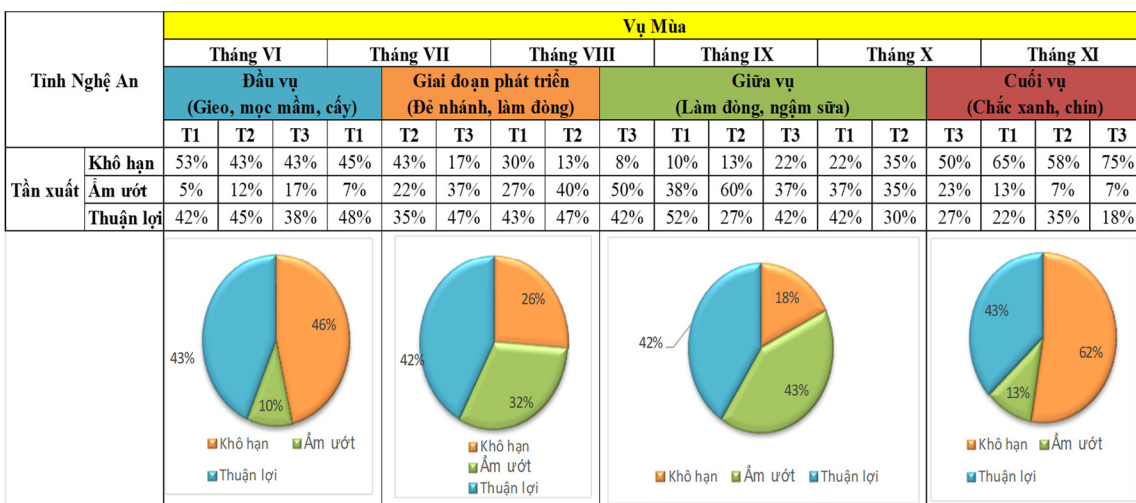
với tần xuất 43%. Hình thái thời tiết thuận lợi cũng xuất hiện với tần xuất khá lớn trong của vụ 40–50% (Hình 7).



Hình 5. Tần xuất xuất hiện các hình thái thời tiết đối với cây lúa dựa theo chỉ số ARI trong vụ Đông Xuân tỉnh Nghệ An.



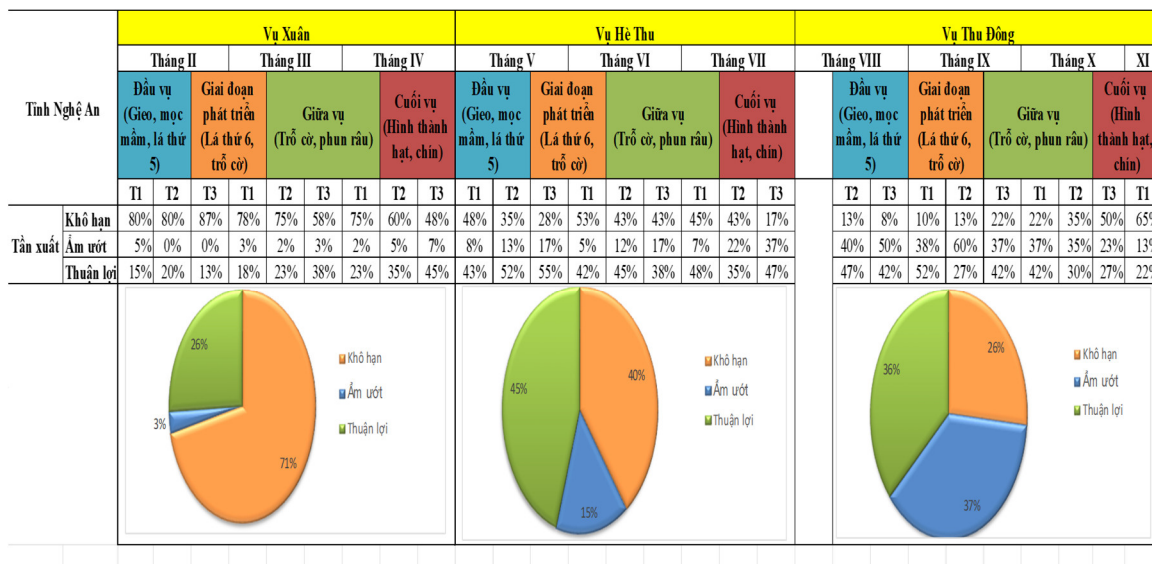
Hình 6. Tần xuất xuất hiện các hình thái thời tiết đối với cây lúa dựa theo chỉ số ARI trong vụ Hè Thu tỉnh Nghệ An.



Hình 7. Tần xuất xuất hiện các hình thái thời tiết đối với cây lúa (giống dài ngày) dựa theo chỉ số ARI trong vụ Mùa tỉnh Nghệ An.

### 3.3.2. Đối với cây ngô

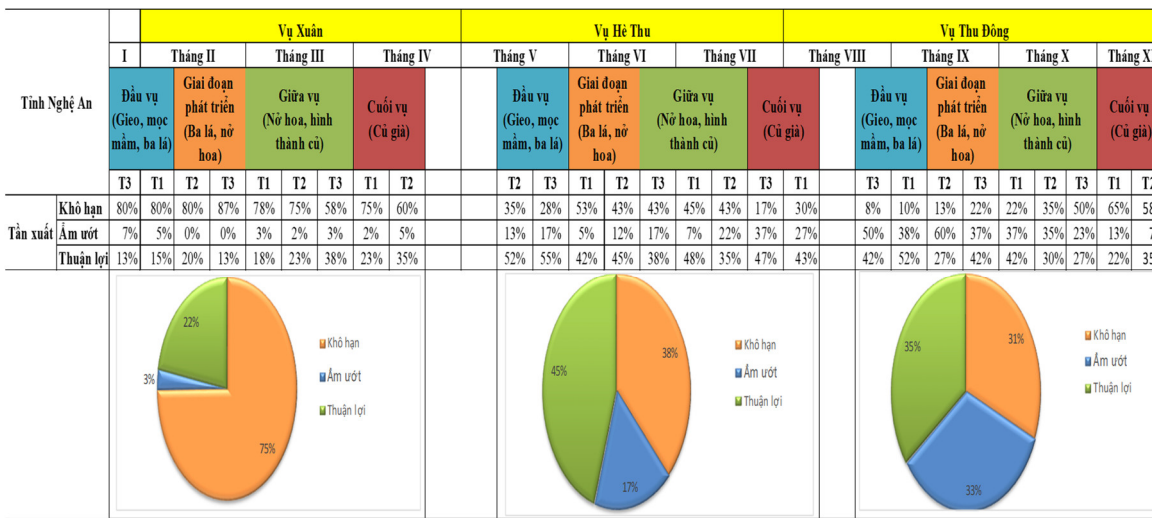
Khô hạn chiếm hình thái thời tiết chủ yếu ở vụ Xuân ở tỉnh Nghệ An với tần xuất khá lớn (61%). Trong khi ở vụ mùa hè thu và thu đông chiếm 20–40%. Hình thái thuận lợi xuất hiện nhiều nhất ở vụ hè thu với tần xuất 49%. Trong khi vụ xuân và vụ thu đông chiếm 20–40%. Ẩm ướt xuất hiện nhiều nhất ở vụ thu đông với tần xuất 37%. Tuy nhiên, trong vụ thu đông và vụ hè thu, cả 3 hình thái thời tiết xuất hiện với tần xuất khá đồng đều, không có hình thái nào chiếm chủ yếu (Hình 8).



**Hình 8.** Tần xuất xuất hiện các hình thái thời tiết đối với cây ngô dựa theo chỉ số ARI trong các vụ tỉnh Nghệ An.

### 3.3.3. Đối với cây lạc, đậu tương

Khô hạn chiếm hình thái thời tiết chủ yếu ở vụ Xuân ở tỉnh Nghệ An với tần xuất khá lớn (75%). Trong khi ở vụ mùa hè thu và thu đông chỉ chiếm 30–40%. Hình thái thuận lợi xuất hiện nhiều nhất ở vụ hè thu với tần xuất 45%. Trong khi vụ xuân và vụ thu đông chỉ chiếm 15–40%. Ẩm ướt xuất hiện nhiều nhất ở vụ thu đông với tần xuất 33%. Tuy nhiên, trong vụ hè thu và thu đông, cả 3 hình thái thời tiết xuất hiện với tần xuất khá đồng đều, không có hình thái nào chiếm chủ yếu (Hình 9).



**Hình 9.** Tần xuất xuất hiện các hình thái thời tiết đối với cây lạc, đậu tương dựa theo chỉ số ARI trong các vụ tỉnh Nghệ An.

#### 4. Kết luận

Từ các kết quả bước đầu về tính toán và đánh giá các chỉ số ARI và SPI trong 30 năm qua (1991–2020); Tích hợp và lồng ghép thông tin cho 4 loại cây trồng chính (lúa, ngô, lạc, đậu tương) ở tỉnh Nghệ An, báo cáo đưa ra một số kết luận như sau:

– Đối với cây lúa

Khô hạn chiếm hình thái thời tiết trong cả vụ Thu Đông với tần xuất khá lớn (60–80%). Đặc biệt là giải đoạn giữa vụ, đây là thời gian lúa làm đòng và ngậm sữa, khô hạn xuất hiện với tần xuất khá lớn (80%). Trong khi, ẩm ướt lại xuất hiện khá ít và không nghiêm trọng (0–10%).

– Đối với cây ngô, lạc và đậu tương

Khô hạn chiếm hình thái thời tiết chủ yếu ở vụ Xuân với tần xuất khá lớn (60–75%). Hình thái thuận lợi xuất hiện nhiều nhất ở vụ Hè Thu và hình thái ẩm ướt xuất hiện nhiều nhất ở vụ Thu Đông. Tuy nhiên, trong vụ Hè Thu và Thu Đông, cả 3 hình thái thời tiết xuất hiện với tần xuất khá đồng đều, không có hình thái nào chiếm chủ yếu.

Kiến nghị

Kết quả đánh giá chỉ số SPI và ARI cho tỉnh Nghệ An cho thấy: Sự phân bố của các hình thái khô hạn, ẩm ướt và thuận lợi cho sự phát triển của cây trồng theo thời gian (tuần, tháng, vụ, mùa...) và theo không gian (Bắc–Nam, Đông–Tây) rất phức tạp. Chính vì vậy rất cần được chú ý, tích hợp và lồng ghép trong các kế hoạch tái cơ cấu sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là mùa vụ, thời vụ gieo trồng.

Cần tiến hành nghiên cứu sự tác động đồng thời của nhiều yếu tố thời tiết đến năng suất cây trồng, đặc biệt là cây lúa. Nhằm đưa ra các biện pháp cụ thể giúp cây lúa nói riêng và các cây trồng khác nói chung ổn định và nâng cao năng suất thích ứng với biến đổi khí hậu.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.T.T.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.V.L.; Xử lý số liệu: L.H.H.; Xây dựng mô hình: H.T.T.H; Phân tích kết quả: N.S.G; Viết bản thảo bài báo: H.T.T.H; Chỉnh sửa bài báo: L.H.H.

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Đề tài cấp bộ “Nghiên cứu tích hợp, lồng ghép các thông tin khí hậu và dự báo thời tiết hạn dài phục vụ phát triển nông nghiệp thông minh ở khu vực Bắc Trung Bộ”, mã số TNMT.2021.02.06 đã hỗ trợ về số liệu và phương pháp luận để thực hiện 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 sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. IPCC. Fourth Assessment Report, Working Group II report. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Dasgupta Susmita, Benoit Laplante, Craig Meisner, David Wheeler, and Jianping Yan, 2007. The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. World Bank Policy Rese, 2007
2. McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17–22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 1993, 179–184.
3. Thanh, L.H.N.; Ngử, N.H.; Linh, N.T.N.; Nôn, D.Q. Nghiên cứu ảnh hưởng của hạn hán đối với đất trồng lúa tại huyện Quế Sơn, tỉnh Quảng Nam. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Nông nghiệp* 2018, 2(1), 547–558.
4. Biên, N.B. Nghiên cứu chỉ số mưa nông nghiệp (ARI) và chuẩn hóa lượng mưa (SPI) trong phân vùng khí hậu nông nghiệp và năng suất lúa tại tỉnh Hậu Giang. Trường đại học Nông lâm Thành phố Hồ Chí Minh, 2020.

5. Hà, N.T. Nghiên cứu dự báo năng suất ngô, lúa, đậu tương và xây dựng quy trình giám sát khí tượng cho 4 cây trồng chính (lúa, ngô lạc, đậu tương) bằng thông tin mặt đất ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ, 2018.
6. Guttman, N.B. Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm. *J. Am. Water Res. Asso.* **1999**, 35(2), 311–322.
7. World Meteorological Organization. Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO–No. 1090), Geneva, 2012.
8. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs), Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva, 2016.
9. Horion, S.; Carrão, H.; Singleton, A.; Barbosa, P.; Vogt, J. JRC experience on the development of Drought Information Systems. Europe, Africa and Latin America. EUR 25235 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union, JRC68769, 2012. Doi:10.2788/15761.
10. Guttman, N.B. On the sensitivity of sample L moments to sample size. *J. Clim.* **1994**, 7(6), 1026–1029.
11. Tỳ, T.V.; Minh, H.V.T. Xây dựng bản đồ hạn hán Đồng Bằng Sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2015**, 226–233.
12. Thanh, L.H.N.; Ngử, N.H.; Linh, N.T.N.; Nỗn, D.Q. Nghiên cứu ảnh hưởng của hạn hán đối với đất trồng lúa tại huyện Quế Sơn, tỉnh Quảng Nam. *Tap chí Khoa học & Công nghệ Nông nghiệp* **2018**, 2(1), 547–558.
13. Thơ, P.T.A.; Giai, N.S. Nghiên cứu đề xuất khai thác sử dụng các chỉ số hạn phục vụ đưa thông tin về hạn hán. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2018.
14. Lực, H.C.; Hòa, N.T. Nghiên cứu dự báo tác động của biến đổi khí hậu đến năng suất lúa vùng đồng bằng sông Cửu Long. Kỷ yếu kỷ niệm 35 năm thành lập Trường ĐH Công nghiệp TPHCM (1998–2017), Trường Đại học công nghiệp Thành phố Minh, 2017.
15. Hạnh, N.T.M.; Tỳ, T.V.; Minh, H.V.T.; Trí, V.P.Đ. Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng thủy văn và sản xuất nông nghiệp đến năng suất lúa vùng đê bao lừng tỉnh An Giang. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2012**, 23a, 165–173.
16. Khôi, Đ.X.; Quang, C.N.X. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên hạn hán trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk. *Tap chí phát triển KH&CN* **2014**, 17, T3–2014.

## **Analysis, assessment of the Agricultural Rainfall index (ARI), Standardized Precipitation Index (SPI) and integration information for 4 main crops (Rice, Maize, Peanut, Soybean) in the period of 1991–2020 in Nghe An province**

**Hoang Thi Thu Huong<sup>1\*</sup>, Nguyen Van Luong<sup>1</sup>, Le Huu Huan<sup>1</sup>, Ngo Sy Giai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> North Central regional hydro–meteorology center; hoanghuong.btb@gmail.com; luongnvkttv@gmail.com; huanbtb@gmail.com

<sup>2</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; ngosygiai@gmail.com

**Abstract:** Nghe An’s main economy is agricultural production, with a highly concentrated labor force. However, the yield of rice and the average grain food (rice, maize) per capita



is low compared to the whole country. Besides, the Agricultural Rainfall Index (ARI) and the Standardized Precipitation Index (SPI) have important implications for establishing the planting season and rice yield. Therefore, in this study, the author has calculated and analyzed ARI index and SPI index, then integrated the information for 4 main crops (rice, maize, peanut, soybean) based on the ARI index of crops for Nghe An province. Main data sources include: daily rainfall data in the period from 1991 to 2020 from 8 hydro-meteorological stations in Nghe An province. The results show that the distribution of dry, wet and favorable weather patterns for plant growth by time (week, month, crop, season...) and by space (North–South), East–West) is very complicated. For rice, drought accounts for the main weather pattern in the autumn–winter crop with a fairly large frequency (60–80%); while wetness occurs quite rarely and is not serious (0–10%). For maize, peanut, soybean, drought dominated the spring crop (60–75%), while wetness appeared most in the autumn–winter crop.

**Keywords:** ARI; SPI; Information integration for crops; Nghe An province.

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<sup>1\*</sup>, Hoàng Phúc Lâm<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hưởng<sup>1</sup>, Hoàng Thị Mai<sup>1</sup>, Trần Ngọc Vân<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Hoa<sup>1</sup>, Trịnh Thùy Nguyên<sup>1</sup>, Trần Quang Điệp<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trung 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<sup>0</sup>E–140<sup>0</sup>W; 5<sup>0</sup>S–45<sup>0</sup>N, độ phân giải 1,0×1,0<sup>0</sup> 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

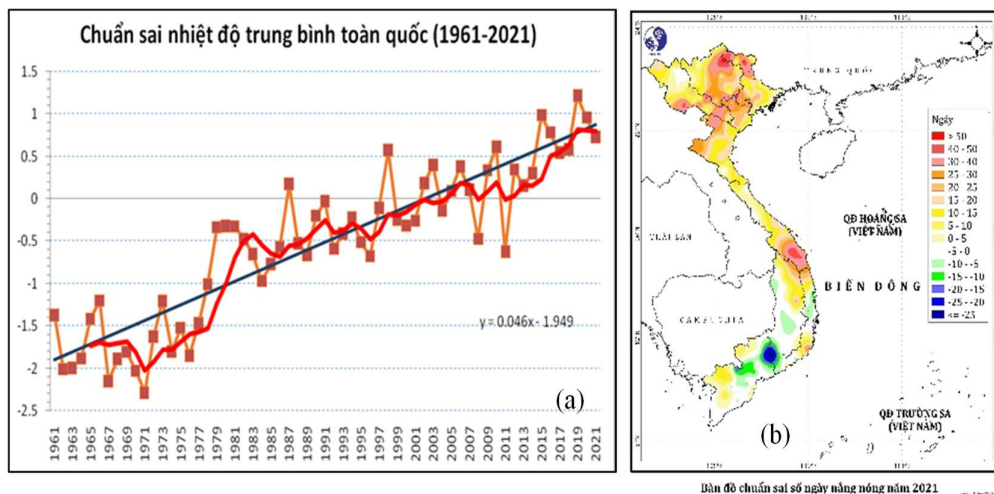
Xu thế nóng lên toàn cầu khiến cho nắng nóng trở thành một mối đe dọa lớn với nhiều quốc gia trên thế giới, ảnh hưởng đến sức khỏe con người, an ninh lương thực, cháy rừng, tiêu thụ năng lượng, giao thông, sản xuất nông nghiệp... Bởi vậy, dự báo mùa cho các đợt nắng nóng, nắng nóng gay gắt là một nhu 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 – Miên) [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-án-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 (T2m), nhiệt độ tối cao tháng (Tx) 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<sup>0</sup>C, cao hơn TBNN là 0,7<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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  $80^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{W}$ ;  $5^{\circ}\text{S} - 45^{\circ}\text{N}$ , 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

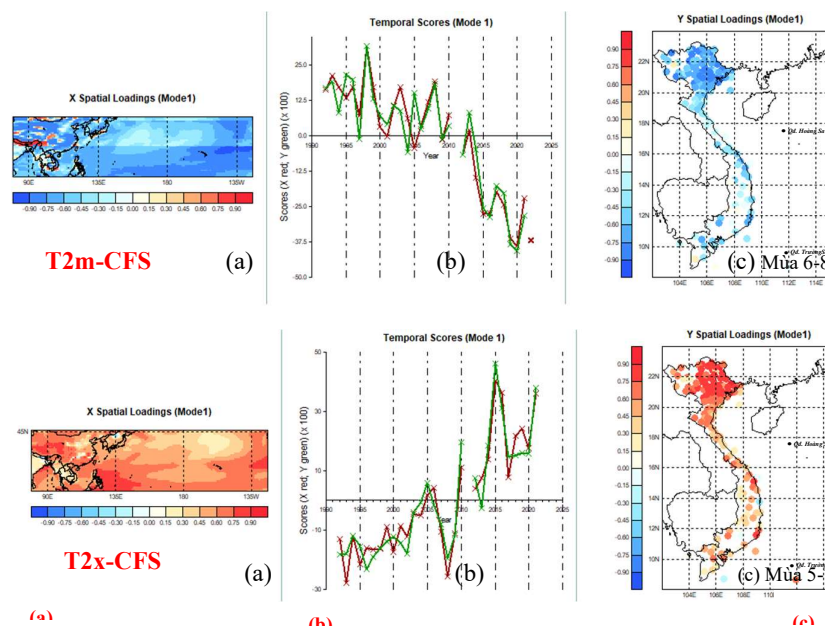
**Bảng 3.** Tương quan CCA của nhiệt độ tối cao với số ngày nắng nóng theo mùa từ các mô hình

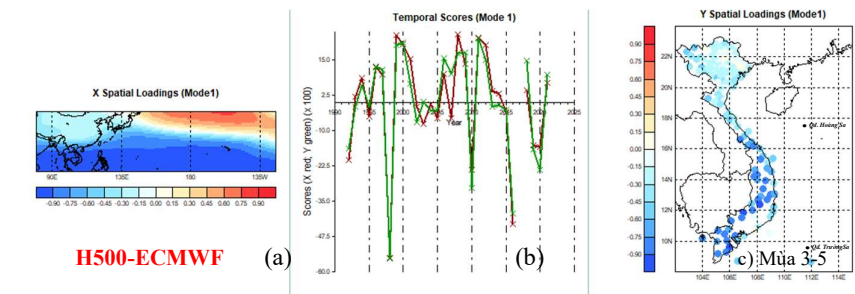
Tx	Mùa	3–5	4–6	5–7	6–8	7–9
NASAGEO_SS2S		0.93	0.88	0.85	0.81	0.92
CFS2		0.88	0.88	0.96	0.94	0.91
GFDL_SPEAR		0.84	0.86	0.89	0.91	0.89

**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

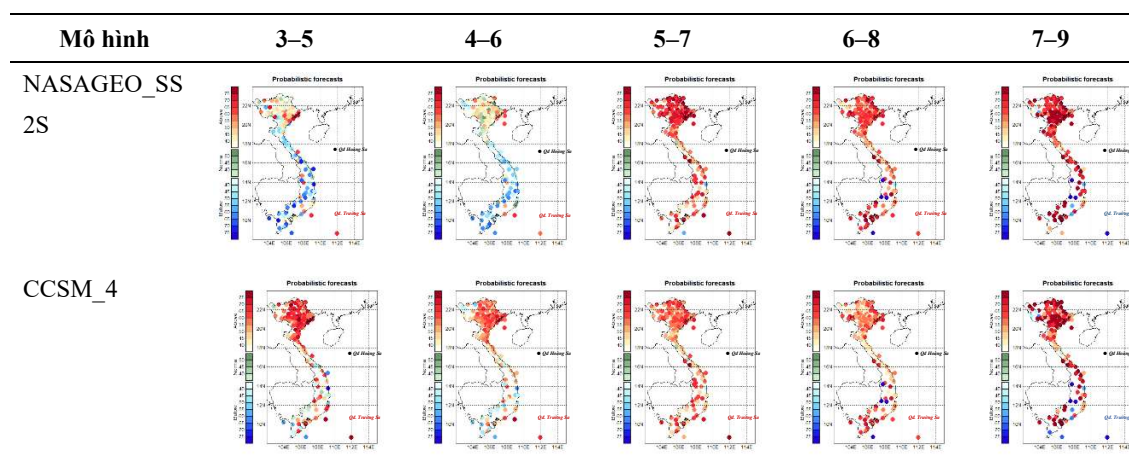
Tx	Mùa	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
NASAGEO_SS2S		0,89	0,90	0,86	0,90	0,88
CFS2		0,91	0,95	0,94	0,91	0,96
GFDL_SPEAR		0,90	0,96	0,95	0,90	0,88

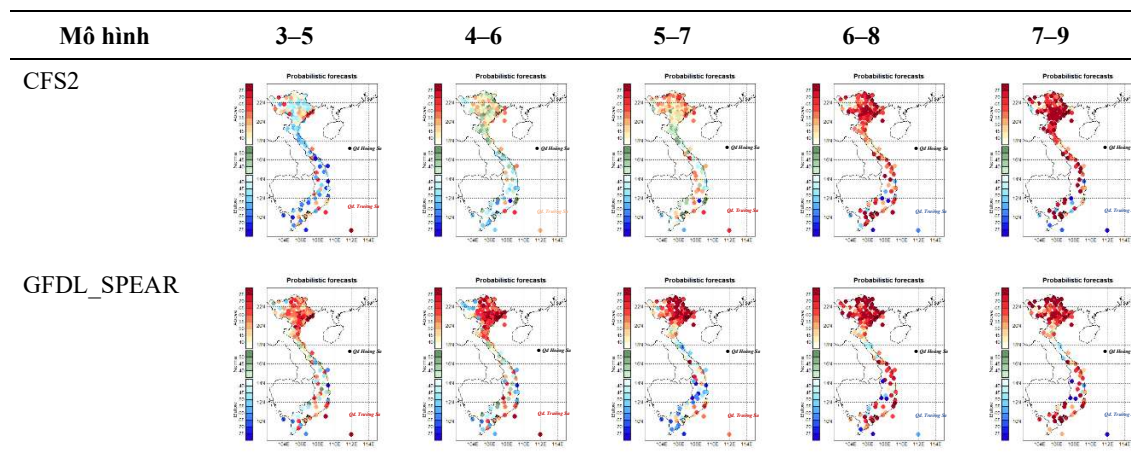
**Bảng 7.** Tương quan CCA của áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng với số ngày nắng nóng gay gắt theo các mùa.

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	TBNN	Xác suất			ROC(%)	
			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	TBNN	Xác suất			ROC(%)	
			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

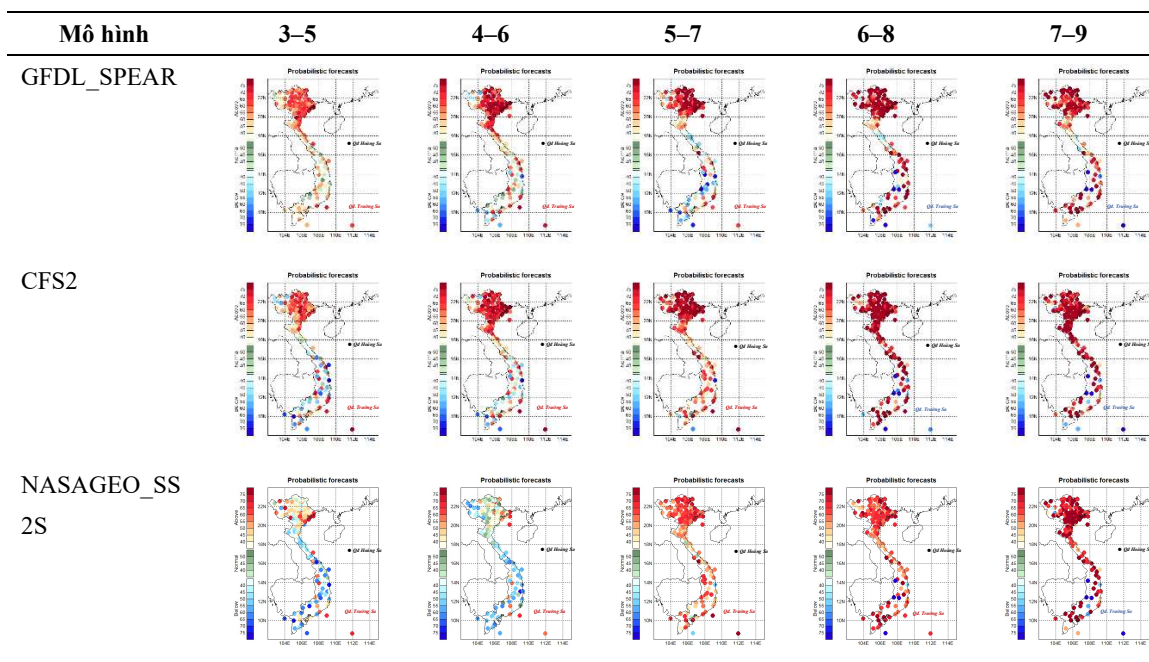


5-7	39	35	50	24	26	75	71
6-8	42	38	59	20	21	67	61
7-9	33	24	68	18	14	78	56

**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	Cao hơn	Thấp hơn
3-5	10	27	7	42	51	83	80
4-6	5	17	7	47	46	85	68
5-7	8	6	55	29	16	74	72
6-8	1	0	77	1	22	0	0
7-9	0	0	82	1	17	0	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

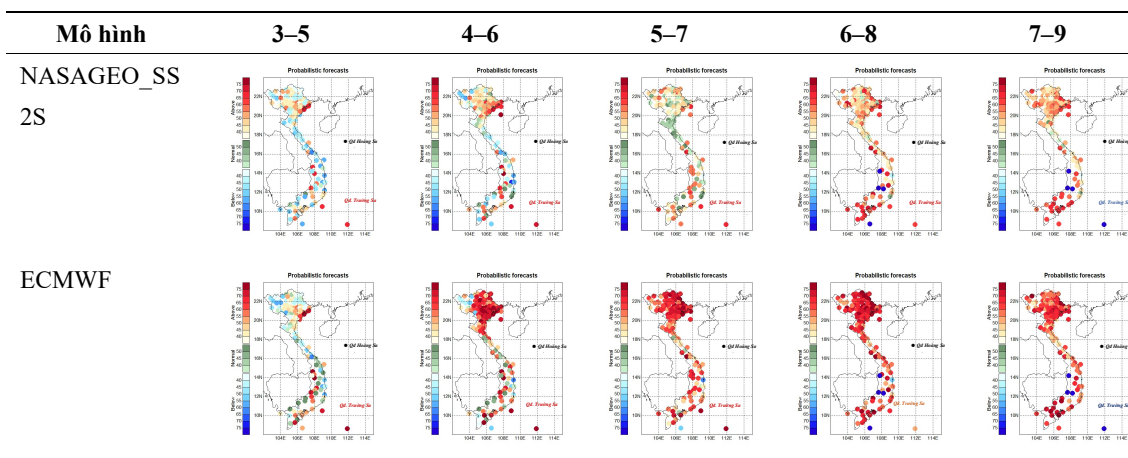
**Bảng 12.** Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Đà Nẵng sử dụng nhiệt độ tối cao mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO\_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

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

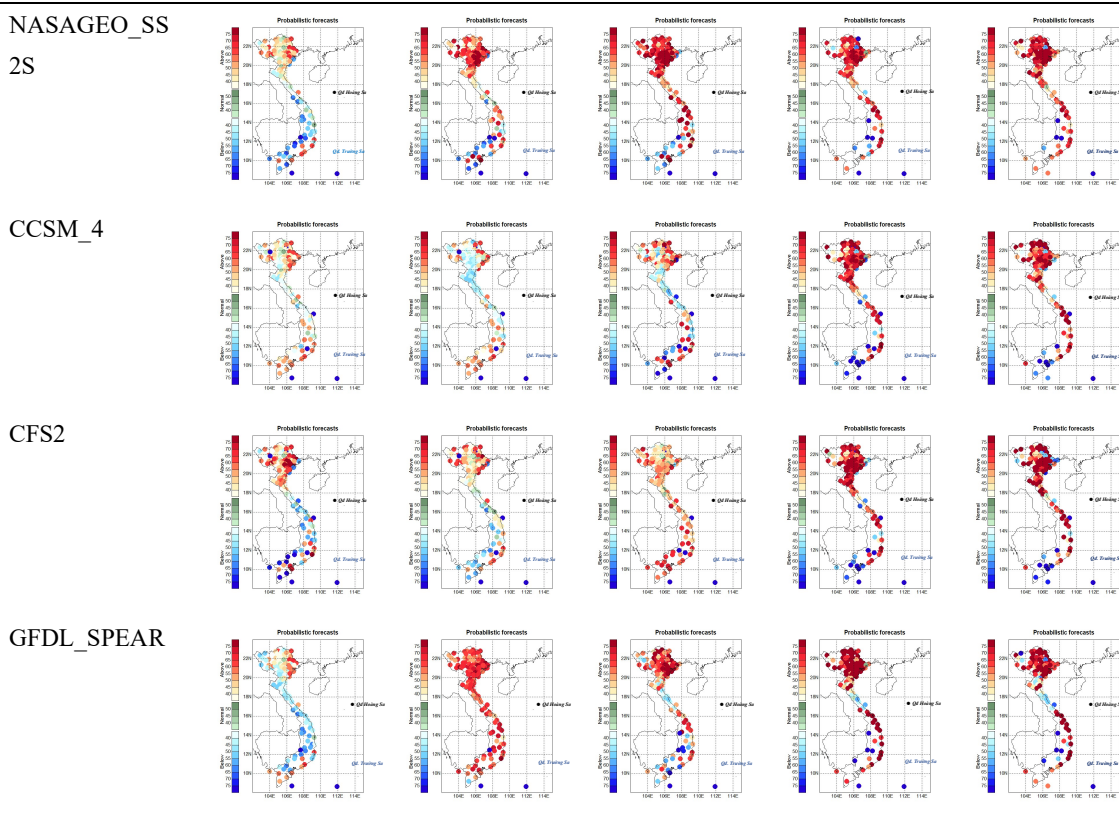
**Bảng 16.** Dự báo số ngày nắng nóng theo mùa tại Bình Phước sử dụng áp cao cận nhiệt mực 500mb mùa 3 tháng từ mô hình NASAGEO\_SS2S (thời điểm dự báo tháng 01/2022).

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

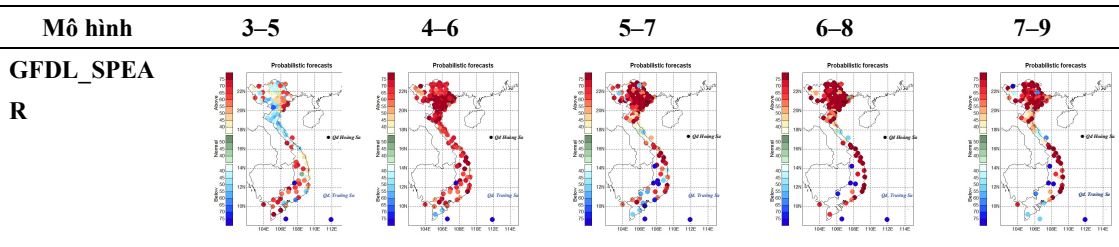
Mô hình	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
---------	-----	-----	-----	-----	-----

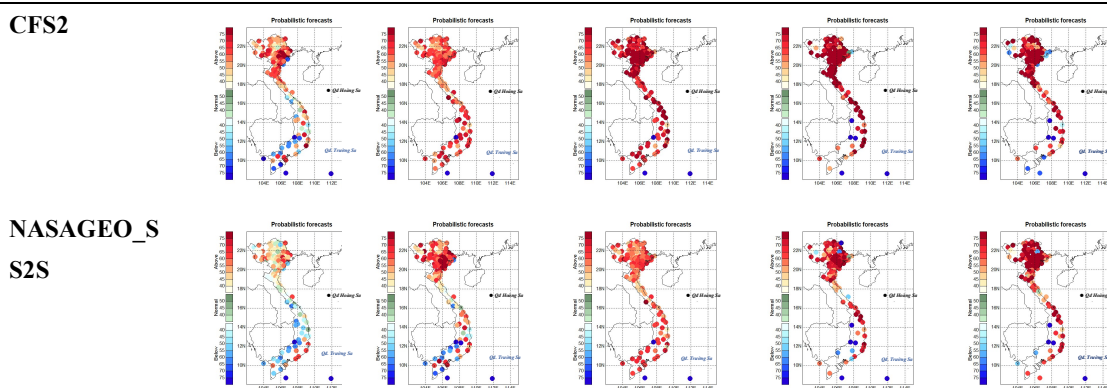


**Hình 6.** Dự báo số ngày nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam 2022 sử dụng nhiệt độ trung bình từ các mô hình khí hậu.

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

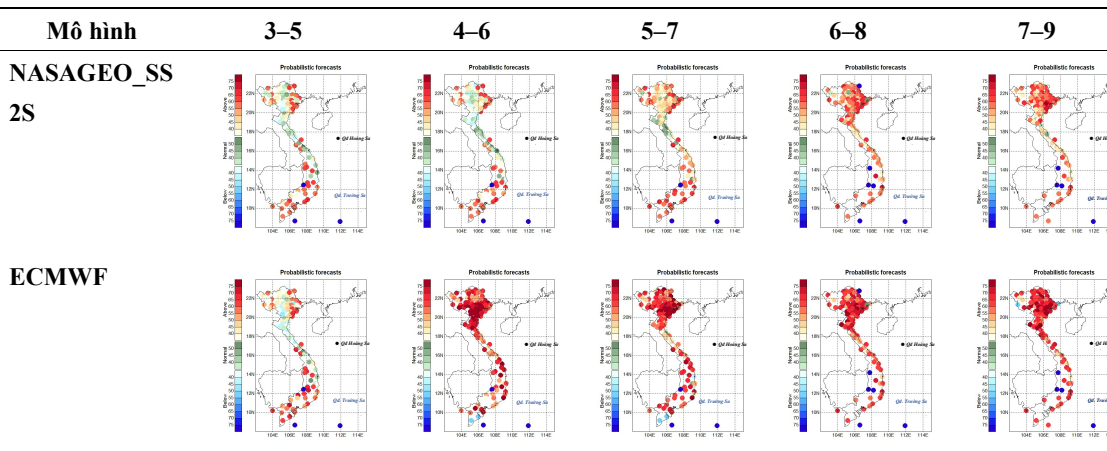




**Hình 7.** Dự báo số ngày nắng nóng gay gắt theo mùa tại Việt Nam 2022 sử dụng nhiệt độ tối cao từ các mô hình khí hậu.

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. Ngử, 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. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Forecast/fig2.shtml>.
15. 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>.
16. 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](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<sup>1\*</sup>, Hoang Phuc Lam<sup>1</sup>, Nguyen Van Huong<sup>1</sup>, Hoang Thi Mai<sup>1</sup>, Tran Ngoc Van<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Hoa<sup>1</sup>, Trinh Thuy Nguyen<sup>1</sup>, Tran Quang Diep<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> 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.



Bài báo khoa học

## Nghiên cứu hệ chất hoạt động bề mặt dùng cho thu hồi dầu tăng cường trong tầng móng mỏ Bạch Hổ

Phạm Hữu Tài<sup>1,2,3</sup>, Nguyễn Xuân Huy<sup>1,2,\*</sup>, Nguyễn Việt Khôi Nguyễn<sup>3</sup>, Lương Hải Linh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM; phtai.sdh17@hcmut.edu.vn; nxhuy@hcmut.edu.vn

<sup>2</sup> Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; phtai.sdh17@hcmut.edu.vn; nxhuy@hcmut.edu.vn

<sup>3</sup> Đại học Dầu khí Việt Nam; taiph@pvu.edu.vn; nguyennvk@pvu.edu.vn; linhlh@pvu.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: nxhuy@hcmut.edu.vn; Tel.: +84-966873824

Ban Biên tập nhận bài: 12/2/2022; Ngày phản biện xong: 28/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Mỏ Bạch Hổ bắt khai thác từ khoảng năm 1986 với trữ lượng dầu tại chỗ ước tính trên 500 triệu tấn dầu quy đổi. Hiện tại, mỏ đã đưa vào giai đoạn khai thác tam cấp. Một số khu vực được chọn để nghiên cứu và thử nghiệm cho các dự án thu hồi dầu tăng cường (EOR). Tuy nhiên, do mức độ phức tạp trong cấu trúc địa chất nên nhiều nghiên cứu không thành công. Nghiên cứu sử dụng các kết quả thí nghiệm để đề xuất hệ chất hoạt động bề mặt cho EOR trong một khu vực của mỏ Bạch Hổ. Các chất hoạt động bề mặt được lựa chọn, sàng lọc từ 7 chất khác nhau. Hệ chất hoạt động bề mặt được kết hợp từ 2-4 chất sẽ được bơm ép vào mẫu lõi để đánh giá khả năng thu hồi dầu. Chất hoạt động bề mặt gốc anionic cho kết quả tốt khi dùng ở nhiệt độ và độ khoáng hóa cao. Hệ 4 chất gồm LAS: AOS: ALAX: XSA-1416D với tỉ lệ % theo khối lượng 5,75:23:58,75:12,5 cho kết quả. Lượng dầu thu hồi ở các thí nghiệm bơm ép tăng thêm khoảng 30%. Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng của hệ chất hoạt động bề mặt trong điều kiện nhiệt độ và độ khoáng hóa cao. Tổng nồng độ chất hoạt động bề mặt khoảng 1000ppm sẽ là lựa chọn kinh tế cho dự án thu hồi dầu tăng cường.

**Từ khóa:** Chất hoạt động bề mặt; Thu hồi dầu tăng cường; Thí nghiệm bơm ép mẫu lõi; Mỏ Bạch Hổ.

### 1. Mở đầu

Việc sử dụng chất hoạt động bề mặt trong tăng cường thu hồi dầu được nghiên cứu từ những năm 1968 [1]. Nghiên cứu sử dụng chất hoạt động bề mặt để kết hợp với dầu tạo thành trạng thái nhũ tương. Nghiên cứu [2] đề xuất khả năng sử dụng dung dịch chất hoạt tính bề mặt như một pha phụ trợ để tăng khả năng thu hồi dầu. Những nghiên cứu sau đó chỉ ra quá trình xà phòng hóa trong điều kiện vỉa giúp ích trong việc giảm sức căng bề mặt pha [3], mở rộng biên độ để đạt được độ mặn tối ưu cho việc hình thành vi nhũ tương [4].

Đến nay, có nhiều mỏ trên thế giới áp dụng thành công bơm ép hệ chất hoạt động bề mặt để nâng cao hệ số thu hồi dầu từ đến 60% trên mẫu lõi từ mỏ Minas Oil Field [5], Loma Novia Field [6], Wichita County Regular Field [7]. Nồng độ các chất hoạt động thay đổi tùy theo đặc tính mỏ. Một số mỏ kết hợp từ 2 chất hoạt tính bề mặt để tăng hiệu quả thu hồi dầu [8-10].

Hiện tại ở Việt Nam, việc áp dụng thu hồi dầu tăng cường đã được nghiên cứu và triển khai trong những năm gần đây nhưng việc nghiên cứu chưa được thực hiện một cách hệ thống và bài bản nên hiệu quả chưa cao [11]. Nổi bật nhất là nghiên cứu [12] ở nhiệm vụ khoa học năm 2009 về “Nghiên cứu sử dụng gel và các chất hoạt động bề mặt để nâng cao hệ số thu hồi dầu mỏ” do Viện Khoa học vật liệu ứng dụng chủ trì. Nghiên cứu đưa ra công thức hệ hóa phẩm hệ chất hoạt động bề mặt bền nhiệt. Kế tiếp có thể kể là luận án tiến sĩ [13] về đề xuất hệ chất hoạt động bề mặt dùng trong thu hồi tăng cường dầu cho mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng được thực hiện ở Viện khoa học Vật liệu năm 2012. Việc áp dụng công nghệ tăng cường thu hồi dầu ở Việt Nam cần phải triển khai thận trọng và dựa trên cơ sở khoa học [11] do các giải pháp thu hồi dầu tăng cường đòi hỏi chi phí cao và rủi ro lớn, đặc biệt là mức độ phức tạp của các mỏ sẽ triển khai dự án thu hồi dầu tăng cường.

Mỏ Bạch Hổ là mỏ dầu lớn nhất của Việt Nam, có trữ lượng lớn (ước tính trữ lượng tại chỗ trên 500 triệu tấn dầu quy đổi với đối tượng khai thác chính là tầng đá móng. Tuy nhiên, sau gần 24 năm khai thác (từ tháng 09/1988), sản lượng dầu khai thác từ mỏ BH đã suy giảm nghiêm trọng. Từ mức trên 12 triệu tấn đạt đỉnh năm 2001 (và duy trì đến 2004) chỉ còn khoảng 5 triệu tấn năm 2011 [11]. Để duy trì áp suất vỉa, đảm bảo sản lượng khai thác, phương pháp bơm ép nước đã được áp dụng từ năm 1993 [14]. Tuy nhiên, do cấu tạo địa chất phức tạp, đá móng nứt nẻ hang hốc, nên hiện tượng ngập nước tại một số giếng khai thác đã sớm xuất hiện. Đến nay, số lượng giếng khai thác ở mỏ Bạch Hổ bị ngập nước ngày càng tăng, mức độ ngập nước ngày càng trầm trọng, một số giếng đã phải ngừng khai thác.

Do vậy, để bảo đảm và gia tăng hệ số thu hồi dầu tại mỏ Bạch Hổ, bên cạnh vấn đề duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép nước hoặc bơm ép khí, cần phải tìm kiếm các tác nhân có khả năng cải thiện hiệu quả đẩy dầu của nước và khí. Giải pháp tiềm năng chính là sử dụng các chất hoạt động bề mặt.

Hầu hết các chất hoạt động bề mặt thương mại dùng cho thu hồi dầu tăng cường hoạt động ở nhiệt độ tối đa 120°C [15–16]. Với đặc điểm nhiệt độ cao đến 140°C ở mỏ Bạch Hổ là một thách thức lớn trong việc lựa chọn loại chất hoạt động bề mặt phù hợp. Thêm vào đó, độ khoáng hóa trên 40 mg/l và tổng hàm lượng cation hóa trị II cao hơn 2100 mg/l [17–18].

Nhiều nghiên cứu đã đưa ra các kết quả nghiên cứu cho thấy sự kết hợp của các chất hoạt động bề mặt có thể cải thiện khả năng bền nhiệt, mở rộng giới hạn tạo thành vi nhũ trong dãy độ khoáng hóa cao hơn [19–25]. Vì vậy, trong nghiên cứu này sẽ thực hiện theo hướng khảo sát tỉ lệ tương hợp của các chất hoạt động bề mặt để có thể tạo nên hệ dung dịch chất hoạt động bề mặt đáp ứng yêu cầu kỹ thuật ở mỏ Bạch Hổ.

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên các thí nghiệm để đưa ra hệ chất hoạt động bề mặt phối trộn từ một số đơn chất hoạt động bề mặt tổng hợp và sản phẩm thương mại. Hệ dung dịch chất hoạt động phải đảm bảo các yếu tố như tan trong nước biển và bền nhiệt phù hợp với điều kiện trong tầng đá móng mỏ Bạch Hổ.

Vì vậy, việc nghiên cứu cơ sở khoa học để xây dựng hệ chất hoạt động bề mặt bền nhiệt ứng dụng trong công nghệ tăng cường thu hồi dầu tại các vỉa thuộc mỏ Bạch Hổ sẽ góp phần đáp ứng yêu cầu cấp thiết và lâu dài của ngành công nghiệp dầu khí Việt Nam.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Bạch Hổ thuộc lô 09–1 bồn trũng bể Cửu Long, cách Vũng Tàu khoảng 120 km về phía Đông Nam. Diện tích bề mặt của mỏ khoảng 120–130 km<sup>2</sup> với chiều sâu mực nước biển là 50 m. Vỉa dầu có chiều sâu lớn (3000–5000 m), nhiệt độ cao (90–170°C), gồm nhiều đối tượng khai thác có cấu trúc địa chất, đặc điểm thấm chứa và tính chất dầu vỉa biến đổi hết sức phức tạp. Móng nứt nẻ là thành hệ chứa dầu khí rất đặc biệt ở mỏ Bạch Hổ với tầng chứa dày. Khung đá có cấu tạo phức tạp không chứa dầu và không có độ thấm. Dầu tập trung đến các đới nứt nẻ. Sự phân đới thể hiện theo chiều ngang và thẳng đứng. Mạng nứt nẻ hiệu dụng

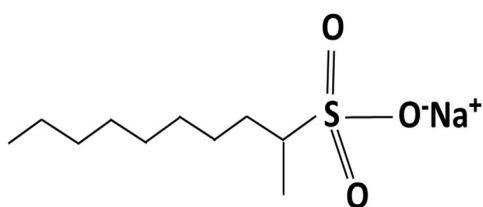
đa phần có nguồn gốc kiến tạo. Tính chất độ rỗng và độ thấm liên quan đến các dạng khe nứt lớn và vi khe nứt.

Việc bơm nước vào tầng đá móng được bắt đầu từ tháng 6 năm 1993. Đến cuối năm 1999 đã ghi nhận hơn 20 giếng có nước trong sản phẩm, chiếm gần 30% tổng quỹ giếng khai thác. Để nâng cao hiệu quả của phương pháp bơm ép nước, nhiều giải pháp điều chỉnh quá trình khai thác và bơm ép nước tầng đá móng mỏ Bạch Hổ đã được thực hiện như: bơm ép nước vào phần đáy ngậm nước của thân dầu và duy trì áp suất lớn hơn áp suất bão hoà, hạn chế sự tách khí. Phương pháp bơm ép nước theo chu kỳ nhằm thay đổi hướng của dòng thấm thông qua việc tối ưu hoá lượng nước bơm ép và lượng chất lỏng khai thác cũng được thực hiện. Tuy nhiên, quá trình ngậm nước vẫn tiếp tục diễn ra và một số giếng hiện nay không còn tiếp tục sản xuất nữa. Những giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác đang được nghiên cứu để áp dụng cho mỏ Bạch Hổ.

## 2.2. Các chất hoạt động bề mặt

Các chất hoạt động bề mặt dùng trong nghiên cứu thuộc nhóm các chất hoạt hóa âm (*anionic surfactant*). Các chất hoạt động bề mặt này khi bị phân cực, đầu phân cực mang điện âm. Các chất hoạt tính bề mặt có đầu phân cực âm thường được dùng trong thu hồi dầu tăng cường do khả năng bền nhiệt cao, hoạt động trong dãy độ khoáng hóa rộng, mức độ bị hấp thụ lên khung đá ít và giá thành thấp hơn so với chất hoạt động bề mặt có đầu phân cực dương [26–28]. Trong nghiên cứu này, 10 chất hoạt động bề mặt hoạt hóa âm được pha trộn tổ hợp từ 2 đến 4 chất để đánh giá khả năng thu hồi dầu.

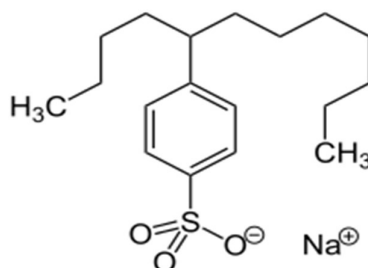
### 2.2.1. Alpha-Olefin Sulfonate (AOS)



Hình 1. Cấu trúc phân tử AOS.

AOS là sản phẩm thương mại của công ty Stephan. AOS có đuôi hydrocarbon mạch thẳng hay ít phân nhánh như Hình 1. AOS bền nhiệt, tan tốt trong nước, chịu được độ mặn và độ cứng cao, với nhiệt độ vừa lên đến 120°C, có khả năng giảm sức căng bề mặt hệ dầu – dung dịch xuống giá trị thấp và tăng cường tính tan cho nhiều chất hoạt động bề mặt trong môi trường nước biển có độ cứng cao với tổng lượng chất rắn hòa tan 22% [28].

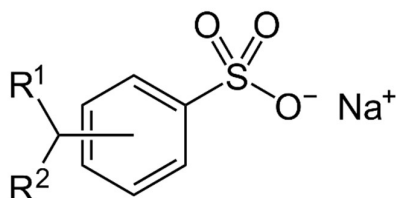
### 2.2.2. Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)



Hình 2. Cấu trúc phân tử LAS.

LAS là sản phẩm thương mại của công ty TICO. LAS có mạch alkyl thẳng từ C10 – C13, chủ yếu là C12 như Hình 2. LAS bền nhiệt và có khả năng giảm giá trị sức căng bề mặt pha dầu–dung dịch chất hoạt động bề mặt xuống giá trị thấp. LAS khó tan trong nước biển, tạo kết tủa với cation  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  có trong nước biển.

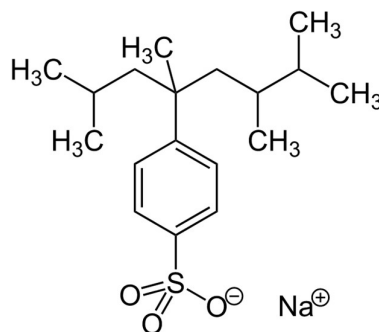
### 2.2.3. Heavy linear alkylbenzene sulfonate (HLAS)



Hình 3. Cấu trúc phân tử HLAS [29].

HLAS là sản phẩm thương mại của công ty Oil Chem Technology. HLAS có đuôi kỵ nước dạng mạch thẳng và dài C16 – C26. HLAS ít tan trong nước nhưng tan vô hạn trong dung môi hữu cơ.

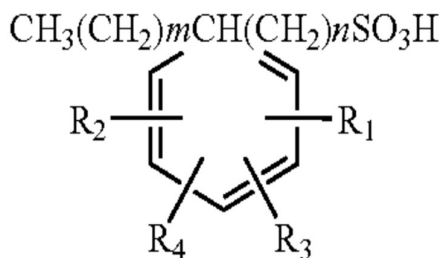
### 2.2.4. Branched alkylbenzene sulfonate (BAS)



Hình 4. Cấu trúc phân tử BAS [30].

BAS là sản phẩm thương mại của công ty Oil Chem Technology. BAS có đuôi kỵ nước dạng mạch nhánh như Hình 4, khó tan trong nước biển.

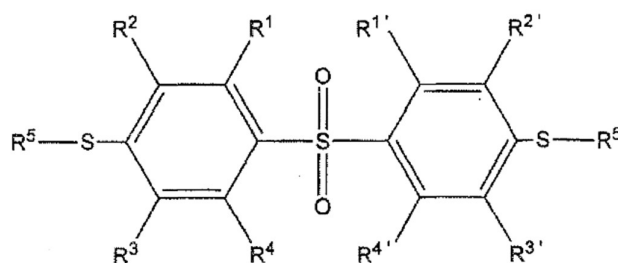
### 2.2.5. Arylalkyl xylene sulfonic acid C14–16 (XSA–1416)



Hình 5. Cấu trúc phân tử XSA–1416 [31].

XSA–1416 là sản phẩm thương mại của công ty Oil Chem Technology. Dạng thương mại của XSA–1416 có nồng độ 96% dạng dung dịch đặc quánh, màu sẫm, rất khó tan trong nước biển.

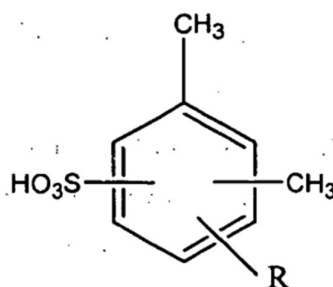
### 2.2.6. Diaryl alkyl xylene sulfonate C14–16 (XSA–1416D)



Hình 6. Cấu trúc phân tử XSA–1416D [32].

Tương tự như XSA–1416, XSA–1416D là sản phẩm thương mại của công ty Oil Chem Technology. Dạng thương mại của XSA–1416D có nồng độ 96% dạng dung dịch đặc quánh, màu sẫm, rất khó tan trong nước biển.

### 2.2.7. Heavy linear arylalkyl xylene sulfonic acid (ALAX–1416)



Hình 7. Cấu trúc phân tử ALAXX–1416 [33].

ALAX–1416 là sản phẩm thương mại của công ty Oil Chem Technology. ALAX–1416 rất khó tan trong nước biển. Tương tự như XSA–1416, ALAX–1416 được đóng chai ở dạng dung dịch nồng độ 96%.

## 2.3. Đặc tính nước biển dùng pha chế, dầu thô và đá móng khu vực mở Bạch Hổ

### 2.3.1. Nước biển

Nước biển khu vực mở BH có các tính chất đặc trưng và thành phần được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất và thành phần nước biển khu vực mở Bạch Hổ [12].

TT	Chỉ số	Đơn vị	Giá trị
1	Độ pH		7,28
2	Khối lượng riêng	kg/l	1,026
3	Độ mặn	%	3,66
4	Thành phần Na <sup>+</sup>	mg/l	11 421
5	Thành phần K <sup>+</sup>	mg/l	296
6	Thành phần Ca <sup>++</sup>	mg/l	1 162
7	Thành phần Mg <sup>++</sup>	mg/l	956
8	Thành phần HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	151,3
9	Thành phần Cl <sup>-</sup>	mg/l	22 216
10	Thành phần SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	1,025

Theo giá trị các chỉ số đo được như ở Bảng 1, nước biển khu vực mỏ Bạch Hổ có độ mặn ( $\text{Na}^+$ ) và độ cứng cao ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ).

### 2.3.2. Dầu thô

**Bảng 2.** Thành phần dầu thô mỏ Bạch Hổ [12].

TT	Chỉ số	Đơn vị	Giá trị
1	Tỉ trọng	oAPI	39,85
2	Hàm lượng S	% khối lượng	0,03
3	Độ nhớt động lực	cP	0,819
4	Độ nhớt động học ở 70oC	m <sup>2</sup> /s	3,44
5	Hàm lượng paraffin	% khối lượng	29
6	Hàm lượng nito	% khối lượng	0,04
7	Chỉ số acid	mg KOH/g	0,06
8	Hàm lượng muối	% khối lượng	37,53
9	Hàm lượng nhựa	% khối lượng	1,97
10	Hàm lượng asphaltene	% khối lượng	0,77

Theo các chỉ số phân tích, dầu Bạch Hổ là loại dầu nhẹ, hàm lượng lưu huỳnh thấp, độ nhớt thấp. Tuy nhiên, hàm lượng nhựa và paraffin cao.

### 2.3.3. Đá móng

**Bảng 3.** Thành phần hóa học đá móng mỏ Bạch Hổ [12].

TT	Chỉ số	Đơn vị	Giá trị
1	SiO <sub>2</sub>	% khối lượng	72,9
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% khối lượng	13,6
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% khối lượng	2,98
4	K <sub>2</sub> O	% khối lượng	2,69
5	Na <sub>2</sub> O	% khối lượng	4,14
6	CaO	% khối lượng	1,45
7	MgO	% khối lượng	1,25
8	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	% khối lượng	0,12
9	CO <sub>2</sub>	% khối lượng	0,44

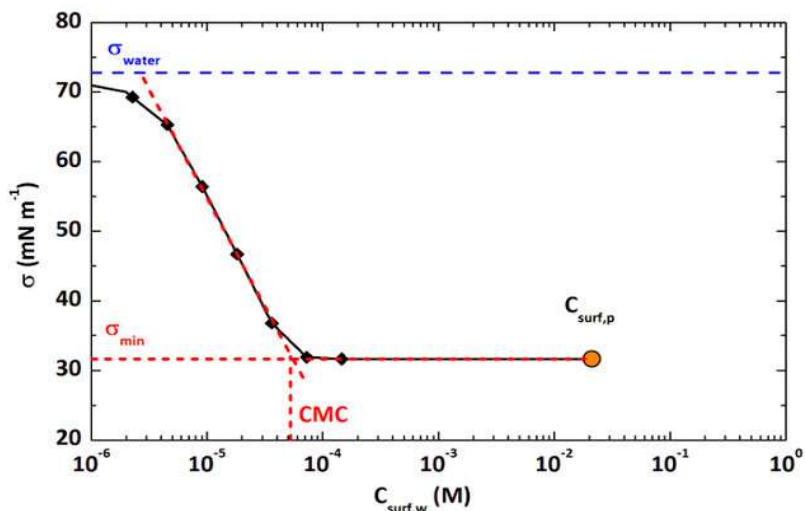
Từ các chỉ số do của đá móng mỏ Bạch Hổ cho thấy đá có tính acid với thành phần khối lượng SiO<sub>2</sub> khoảng 70%.

## 2.4. Lựa chọn, sàng lọc và xây dựng công thức tổ hợp chất hoạt động bề mặt

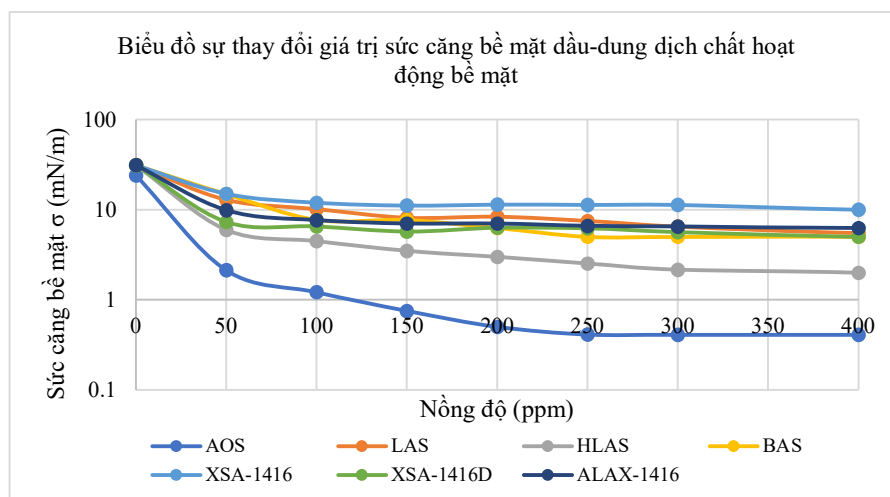
Việc lựa chọn các chất hoạt động bề mặt hợp phần không chỉ dựa vào các tiêu chí về kinh tế mà còn phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đối với chất hoạt động bề mặt trong thu hồi dầu tăng cường. Do các điều kiện đặc trưng của mỏ Bạch Hổ như nhiệt độ và độ khoáng hóa cao nên các chất hoạt động bề mặt được chọn ở nhóm anionic sulfonate. Các chất hoạt động bề mặt được dùng để sàng lọc và tổ hợp gồm AOS, LAS, BAS, XSA-1416, XSA-1416D và ALAX-1416. Đây là các chất hoạt động bề mặt thuộc nhóm anionic sulfonate thương mại có thể đáp ứng được một phần các yêu cầu kỹ thuật trong việc áp dụng cho thu hồi dầu tăng cường [34–37].

Giá trị nồng độ micella tới hạn (CMC) của dung dịch chất hoạt động bề mặt là đại lượng quan trọng để xác định khả năng giảm giá trị sức căng bề mặt của hệ dầu–dung dịch chất hoạt động bề mặt. Tại giá trị nồng độ tới hạn này, sức căng bề mặt hệ dung dịch không giảm thêm dù có tăng nồng độ chất hoạt động bề mặt như Hình 8 [38–39]. Các chất hoạt tính bề mặt sau khi sàng lọc được pha với nước biển với nồng độ 100 ppm. Ngoại trừ AOS, các chất hoạt động bề mặt khác đều cho ra hệ dung dịch đục. Trong các thí nghiệm kế tiếp, AOS vẫn được dùng nước biển để tạo dung dịch. 06 chất hoạt động bề mặt còn lại dùng nước cất để pha chế.

Giá trị sức căng bề mặt của từng dung dịch ở các nồng độ khác nhau được đo bằng thiết bị Spinning Drop Tensionmeter và thể hiện ở Hình 9.



**Hình 8.** Sự thay đổi của giá trị sức căng bề mặt của dung dịch chất hoạt động bề mặt tại điểm nồng độ tới hạn CMC [38].



**Hình 9.** Giá trị sức căng bề mặt theo nồng độ chất hoạt động bề mặt.

Giá trị nồng độ micelle tới hạn của các chất hoạt động bề mặt dùng trong quá trình nghiên cứu được thể hiện trên Bảng 4.

**Bảng 4.** Giá trị CMC của các chất hoạt động bề mặt.

TT	Chất hoạt động bề mặt	Nồng độ CMC	$\sigma$ (mN/m)
1	AOS	200	0,414
2	LAS	300	5,716
3	HLAS	250	2,537
4	BAS	300	4,823
5	XSA-1416	300	11,290
6	XSA-1416D	300	5,642
7	ALAX-1416	100	7,666

AOS được chọn làm chất hoạt động bề mặt chính để tổ hợp với từng chất hoạt động bề mặt khác theo các tỉ lệ khác nhau. Hệ chất hoạt động sau khi được pha trộn sẽ được ủ ở 140°C, tương đương với nhiệt độ vỉa sản phẩm để đánh giá mức độ ổn định của hệ dung dịch và sự thay đổi của sức căng bề mặt trong 31 ngày.

**Bảng 5.** Khảo sát hệ 2 cấu tử (2 chất hoạt động bề mặt).

TT	Hệ chất hoạt động bề mặt	Tỉ lệ	Trạng thái	Sức căng bề mặt ngày thứ 1 (mN/m)	Sức căng bề mặt ngày thứ 31 (mN/m)
1	AOS:XSA-1416D	9:1	Trong suốt	0,385	0,482
2	AOS:XSA-1416	4:1	Trong, có cặn	0,371	0,705
3	AOS:ALAX-1416	5:1	Trong, có cặn	0,445	1,750
4	AOS:BAS	3:1	Đục ở ngày 31	0,248	0,487
5	AOS:LAS	1:4	Đục ở ngày 7	–	–

Trong các hệ chất hoạt động bề mặt đã thực hiện thì hệ AOS:XSA-1416D tỉ lệ 9:1 vẫn giữ trạng thái trong suốt sau 31 ngày ủ với sự thay đổi sức căng bề mặt không đáng kể. Kết quả này chứng tỏ hệ AOS:XSA-1416D bền nhiệt và tương thích với nước biển.

AOS trong tất cả các mẫu thử đã hỗ trợ cho chất hoạt động bề mặt còn lại tan tốt hơn trong nước biển. Tổng nồng độ chất hoạt động bề mặt trong mỗi mẫu thử là 1000 ppm, vượt xa so với mức CMC 100 ppm ở thí nghiệm đầu tiên với nước biển.

Trong 05 hệ dung dịch thí nghiệm ở trên, tuy hệ AOS:LAS đục ở ngày thứ 7 trong thời gian thí nghiệm nhưng đây là hệ có triển vọng nhất do tỉ lệ AOS:LAS thấp hơn 1. Cả 4 trường hợp còn lại, hệ ổn định khi tỉ lệ AOS chiếm phần nhiều hơn từ 3 lần (AOS:BAS) đến 9 lần (AOS:XAS-1416D).

Các kết quả của hệ 2 chất hoạt tính bề mặt đều chưa đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thu hồi dầu tăng cường nên nghiên cứu sẽ tiếp tục thí nghiệm trên hệ 3 cấu tử (hệ 3 chất hoạt động bề mặt). Từ kết quả của hệ 2 chất hoạt động bề mặt, sự hiện diện của AOS đã hỗ trợ rất tốt quá trình tan của các chất hoạt động bề mặt khác trong nước biển. Thêm vào đó, LAS cho khả năng tan tốt nhất trong nước biển so với các chất hoạt động bề mặt còn lại nên LAS sẽ được cho thêm vào các hệ 2 cấu tử đã thí nghiệm ở trên.

**Bảng 6.** Khảo sát hệ 3 cấu tử (3 chất hoạt động bề mặt).

TT	Hệ chất hoạt động bề mặt	Tỉ lệ	Trạng thái	Sức căng bề mặt ngày thứ 1 (mN/m)	Sức căng bề mặt ngày thứ 31 (mN/m)
1	AOS:XSA-1416D:LAS	8:1:1	Trong suốt	0,371	0,445
2	AOS:XSA-1416:LAS	6:1:1	Trong suốt	0,334	0,557
3	AOS:ALAX-1416:LAS	5:1:1	Trong suốt	0,371	0,742
4	AOS:BAS:LAS	3:1:1	Trong suốt	0,286	0,469

Các hệ gồm ba chất hoạt động bề mặt sau 31 ngày ủ đều trong chứng tỏ hệ ba cấu tử có tính tương hợp với nước biển tốt hơn hệ hai cấu tử, tuy nhiên sức căng bề mặt vẫn chưa đạt giá trị đủ thấp nên tiếp tục nghiên cứu hệ 4 cấu tử để khảo sát tối ưu.

Theo kết quả các khảo sát trên, hệ AOS:XSA-1416D:LAS (8:1:1) tương hợp tốt với nước biển và cho  $\sigma$  ổn định ở mức thấp khoảng 0,3–0,4 mN/m sau 31 ngày ủ. Tuy nhiên, giá trị này vẫn chưa đủ thấp. Do đó, tiến hành phối trộn hệ bốn cấu tử với việc thay đổi tỉ lệ XSA-1416D:LAS với tổng nồng độ hai chất hoạt động bề mặt này luôn là 200 ppm và trong 800 ppm còn lại. Lượng AOS được giảm xuống và thay vào đó là một hoặc nhiều chất HDBM khác.



**Bảng 7.** Khảo sát hệ hơn 3 cấu tử.

TT	Hệ chất hoạt động bề mặt	Tỉ lệ	Trạng thái	Sức căng bề mặt ngày thứ 1 (mN/m)	Sức căng bề mặt ngày thứ 31 (mN/m)
1	AOS:XSA-1416D:LAS:ALAX-1416	70:4:16:10	Trong suốt	0,297	0,37
2	AOS:XSA-1416D:LAS:BAS	70:4:16:10	Trong suốt	0,223	0,464
3	AOS:XSA-1416D:LAS:BAS:ALAX-1416	70:4:16:5:5	Đục sau 14 ngày		

Theo kết quả từ Bảng 7, phương án 1 với hệ 4 cấu tử AOS:XSA-1416D:LAS:ALAX-1416 với tỉ lệ 70:4:16:10 cho kết quả tốt nhất theo mức độ ổn định sức căng bề mặt. Hệ 4 cấu tử này được tổ chức quy hoạch thực nghiệm để xác định nồng độ tối ưu cho từng thành phần.

Tổ hợp 4 cấu tử được chia ra 3 nhóm. Nhóm N1 là tổng nồng độ XSA-1416D:LAS theo tỉ lệ 1:4. Nhóm N2 là nồng độ AOS. Nhóm N3 là nồng độ ALAX-1416.

**Bảng 8.** Kết quả thí nghiệm theo quy hoạch.

TT	N1	N2	N3	Tổng	Sức căng bề mặt Sigma (mN/m)
1	275	550	150	975	0,37
2	275	550	100	925	0,33
3	275	500	150	925	0,45
4	275	500	100	875	0,33
5	225	550	150	925	0,37
6	225	550	100	875	0,41
7	225	500	150	875	0,37
8	225	500	100	825	0,37
9	208	525	125	858	0,45
10	292	525	125	942	0,37
11	250	483	125	858	0,37
12	250	567	125	942	0,33
13	250	525	83	858	0,33
14	250	525	167	942	0,41
15	250	525	125	900	0,31
16	250	525	125	900	0,29
17	250	525	125	900	0,30
18	250	525	125	900	0,31
19	250	525	125	900	0,30
20	250	525	125	900	0,30

### 3. Phân tích kết quả và thảo luận

Tiến hành tối ưu hóa hệ chất hoạt động bề mặt trên phần mềm tối ưu hóa thống kê MiniTab theo kết quả thí nghiệm ở Bảng 8 với biến số là các giá trị nồng độ N1, N2, và N3 và hàm tham chiếu Sigma. Quy hoạch thực nghiệm bậc hai của Box-Hunter [40] xác định tương quan của phương trình hồi quy Sigma theo theo 3 nhóm yếu tố: từng yếu tố riêng lẻ, bình phương từng yếu tố, và tương tác của cặp 2 yếu tố. Phương trình tương quan của Sigma theo các yếu tố N1, N2, N3 có dạng:

$$Sigma = a_0 + a_1N_1 + a_2N_2 + a_3N_3 + a_4N_1^2 + a_5N_2^2 + a_6N_3^2 + a_7N_1N_2 + a_8N_1N_3 + a_9N_2N_3$$

Kết quả tính hệ số tương quan từ phương trình hồi quy cho ra như Bảng 9.

**Bảng 9.** Hệ số tương quan các số hạng trong phương trình hồi quy Sigma.

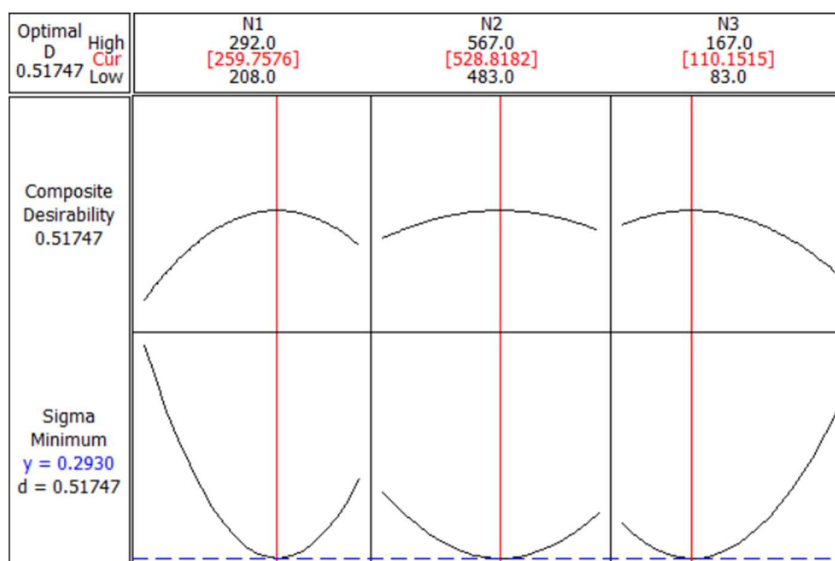
Số hạng	Hệ số tương quan	Hệ số SE	T	P
Hằng số	8,23397	2,44208	3,372	0,007
N1	-0,02370	0,00608	-3,899	0,003
N2	-0,01718	0,00771	-2,22	0,050
N3	-0,00565	0,00566	-0,998	0,342
N1*N1	0,00006	0,00001	8,896	0,000
N2*N2	0,00002	0,00001	3,564	0,005
N3*N3	0,00004	0,00001	5,205	0,000
N1*N2	-0,00002	0,00001	-2,591	0,027
N1*N3	0,00004	0,00001	4,319	0,002
N2*N3	-0,00002	0,00001	-2,591	0,027

S = 0.0163729 PRESS = 0.0189232  
 R-Sq = 94.33% R-Sq(pred) = 59.98% R-Sq(adj) = 89.23%

Phương trình hồi quy tương quan Sigma cho kết quả thí nghiệm ở Bảng 8:

$$\begin{aligned} \text{Sigma} = & 8,23397 - 0,02370N_1 - 0,01718N_2 - 0,00565N_3 + 0,00006N_1^2 \\ & + 0,00002N_2^2 + 0,00004N_3^2 - 0,00002N_1N_2 + 0,00004N_1N_3 - \\ & - 0,00002N_2N_3 \end{aligned}$$

Giá trị tối ưu cũng được xác định tại từ Hình 10 là N1 = 259,7 ppm; N2 = 528,8 ppm; N3 = 110,1 ppm. Sức căng bề mặt tại điểm tối ưu đạt  $\sigma = 0,293$  mN/m.



**Hình 10.** Biểu đồ giá trị tối ưu Sigma của các nồng độ N1, N2, N3.

Vậy hệ tối ưu cho giá trị  $\sigma$  nhỏ nhất là 0,293 mN/m có thành phần:  
 XSA-1416D:LAS:AOS:ALAX-1416 = 52:207:5297:112=5,75%:23%:58.75%:12.5%.  
 Hệ chất hoạt động bề mặt 4 cấu tử được điều chế để tiến hành bơm ép trên mẫu lõi.

**Bảng 10.** Thông tin mẫu lõi và kết quả bơm ép.

Mẫu lõi	Chiều dài	Đường kính	Độ bão hòa nước dư	Thể tích rỗng	Độ rỗng	Độ thấm	Lượng dầu thu hồi bằng hệ hóa phẩm
	cm	cm	%	cm <sup>3</sup>	%	mD	ml
1	7	5	31	19,7	14,45	103	3,81
2	7	5	29	16,4	11,74	142	2,67

#### 4. Kết luận

Căn cứ vào đặc điểm vỉa và tính chất của dầu cũng như các điều kiện địa chất, cho thấy phương pháp bơm ép chất hoạt động bề mặt có tiềm năng to lớn nghiên cứu đối với tầng đá móng mỏ Bạch Hổ.

Hệ 4 chất hoạt động bề mặt loại anion họ sulfonate: LAS, AOS, ALAX, XSA-1416D với tỉ lệ phối trộn tối ưu là 5,75% : 23% : 58,75% : 12,5% theo khối lượng (tương ứng nồng độ theo ppm 52:207:5297:112) hoạt động tốt ở 140°C, đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật như là bền trong môi trường nhiệt độ cao, độ cứng và độ mặn nước biển cao, giảm sức căng bề mặt dầu-nước xuống thấp.

Kết quả bơm ép trên mẫu lõi cho thấy hệ số thu hồi từ hệ hóa phẩm đạt khoảng 30% trên hai mẫu lõi.

Công thức hệ chất hoạt động bề mặt có thể chỉ áp dụng cho một khu vực đặc trưng với đặc tính nhiệt độ và độ khoáng hóa theo thí nghiệm. Các khu vực khác đòi hỏi phải thực hiện lại quy trình thí nghiệm để xác định công thức hệ chất hoạt động với tỉ lệ mới phù hợp cho khu vực đó.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu, viết bản thảo: P.H.T.; Thí nghiệm: N.V.K.N.; Xử lý số liệu: L.H.L.; Chỉnh sửa bài báo: N.X.H.

#### Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách Khoa TP HCM, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) trong khuôn khổ đề tài BK-SDH-2022-1780304.

Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM và Trường Đại học Dầu khí Việt Nam đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu 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 bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. Gogarty, W.B.; Tosch, W.C. Miscible-Type Waterflooding: Oil Recovery with Micellar Solutions. *J. Pet. Sci. Technol.* **1968**, *20(12)*, 1407–1414.
2. Hill, H.J.; Reisberg, J.; Stegemeier, G.L. Aqueous Surfactant Systems For Oil Recovery. *J. Pet. Sci. Technol.* **1973**, *25(02)*, 186–194.
3. Liu, S.; et al. ASP Process: Wide Range of Conditions for Good Recovery. SPE Symposium on Improved Oil Recovery. 2008, SPE-113936-MS.
4. Hirasaki, G.J.; Miller, C.A.; Puerto, M. Recent Advances in Surfactant EOR. *SPE J.* **2011**, *16(04)*, 889–907.
5. Bou-Mikael, S. et al.. Minas Surfactant Field Trial Tests Two Newly Designed Surfactants with High EOR Potential. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. 2000, SPE-64288-MS.
6. Foster, W.R. A Low-Tension Waterflooding Process. *J. Pet. Sci. Technol.* **1973**, *25(02)*, 205–210.
7. Strange, L.K.; Talash, A.W. Analysis of Salem Low-Tension Waterflood Test. *J. Pet. Sci. Technol.* **1977**, *29(11)*, 1380–1384.
8. Kremesec, V.J.; Raterman, K.T.; Taggart, D.L. Laboratory Evaluation of a Crude-Oil-Sulfonate/Nonionic-Cosurfactant Micellar Fluid. *SPE Reservoir Eng.* **1988**, *3(03)*, 801–808.

9. Jones, S.C.; Dreher, K.D. Cosurfactants in Micellar Systems Used for Tertiary Oil Recovery. *Soc. Pet. Eng. J.* **1976**, *16(03)*, 161–167.
10. Salager, J.L. et al. Mixing Rules for Optimum Phase–Behavior Formulations of Surfactant/Oil/Water Systems. *Soc. Pet. Eng. J.* **1979**, *19(05)*, 271–278.
11. Trung, P.V.T.P.N. Áp dụng công nghệ tăng cường thu hồi dầu: Triển khai thận trọng và phải dựa trên cơ sở khoa học. *Tap chí Dầu khí* **2018**, tr. 8.
12. Tùng, N.P. Nghiên cứu sử dụng gel và các chất hoạt động bề mặt để nâng cao hệ số thu hồi dầu mỏ. Viện KHCN Việt Nam 2008, tr. 106.
13. Ý, L.T.N. Nghiên cứu xây dựng hệ chất hoạt động bề mặt bền nhiệt ứng dụng trong công nghệ tăng cường thu hồi dầu tại mỏ Bạch hổ và mỏ Rồng. Viện Khoa học Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam 2012, tr. 145.
14. Đắc, N.V. Trữ lượng dầu mỏ của Việt Nam. *PetroTimes*, 2011, tr. 4.
15. Puerto, M., et al. Surfactant Systems for EOR in High–Temperature, High–Salinity Environments. *SPE J.* **2013**, *17(01)*, 11–19.
16. Ayirala, S. et al. Microscale Interactions of Surfactant and Polymer Chemicals at Crude Oil/Water Interface for Enhanced Oil Recovery. *SPE J.* **2020**, *25(04)*, 1812–1826.
17. Bavière, M.; Bazin, B.; Noik, C. Surfactants for EOR: Olefin Sulfonate Behavior at High Temperature and Hardness. *SPE Reservoir Eng.* **1988**, *3(02)*, 597–603.
18. Salman, M., et al. Application of Miscible Ethane Foam for Gas EOR Conformance Low–Permeability Heterogeneous Harsh Environments. *SPE J.* **2020**, *25(04)*, 1871–1883.
19. Massarweh, O.; Abushaikha, A.S. The use of surfactants in enhanced oil recovery: A review of recent advances. *Energy Reports* **2020**, *6*, 3150–3178.
20. Budhathoki, M. et al. Design of an optimal middle phase microemulsion for ultra high saline brine using hydrophilic lipophilic deviation (HLD) method. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **2016**, *488*, 36–45.
21. Cholpraves, C. et al. The Systematic Screening Methodology for Surfactant Flooding Chemicals in Enhanced Oil Recovery. *Computer Aided Chemical Engineering*, A. Espuña, M. Graells, and L. Puigjaner, Editors, Elsevier 2017, 991–996.
22. Maheshwari, Y.K. A Comparative Simulation Study of Chemical EOR Methodologies (Alkaline, Surfactant and/or Polymer) Applied to Norne Field E–Segment. 2011.
23. Jin, L. et al. Physics based HLD–NAC phase behavior model for surfactant/crude oil/brine systems. *J. Pet. Sci. Technol. Eng.* **2015**, *136*, 68–77.
24. Nguyen, T.T. Application of the Hydrophilic–Lipophilic Deviation Concept to Surfactant Characterization and Surfactant Selection for Enhanced Oil Recovery. *J. Surfactants Deterg.* **2019**, *22(5)*, 983–999.
25. Wang, S. et al. Design of extended surfactant–only EOR formulations for an ultrahigh salinity oil field by using hydrophilic lipophilic deviation (HLD) approach: From laboratory screening to simulation. *Fuel* **2019**, *254*, 115698.

26. Li, Y. et al. Mixtures of Anionic/Cationic Surfactants: A New Approach for Enhanced Oil Recovery in Low-Salinity, High-Temperature Sandstone Reservoir. *SPE J.* **2016**, *21(04)*, 1164–1177.
27. Nafisifar, A.; Manshad, A.K.; Shadizadeh, S.R. Primary Evaluation of a New Green Synthesized Anionic Surfactant, Micellar Behavior Analysis, and Flooding in Sandstone Reservoirs: Application in Chemical Enhanced Oil Recovery. *SPE J.* **2022**, *27(01)*, 771–789.
28. Chen, Y. et al. Ethoxylated Cationic Surfactants for CO<sub>2</sub> EOR in High Temperature, High Salinity Reservoirs, in SPE Improved Oil Recovery Symposium. 2012, pp. SPE–154222–MS.
29. Ivan Greager, J.H.S.; de Wet, J.P.; Desmet, M.A.; Jansen, W.; Jacobson, P.; Dancuart, L.P.F. production of linear alkyl benzene. Sasol Technology (Proprietary) Limited, 2010.
30. George A.; Smith, S.S.A.; Raeda M.; Smadi, Anantaneni, P.R. Solid alkylbenzene sulfonates and cleaning compositions having enhanced water hardness tolerance, U.S. Patent, Editor. Huntsman Petrochemical Corporation, 2003.
31. Berger, P.D.; Berger, C.; Cao, G.; Hsu, O.S. Oliver Yehung Hsu, Polyalkylated arylalkyl sulfonic acids and their salts, in United States Patent. Oil Chem Technologies, Sugar Land, TX (US) US, 2009.
32. Kanda HisaakiKako-Gun, K.H.K.–g., Yamaguchi Hiroki Kako-Gun, Method for producing 1,2-benzisothiazol-3-one compound. European Patent Application, 2014.
33. Campbell Curt B. S.G.P. Under-neutralized alkylxylene sulfonic acid composition for enhanced oil recovery processes, E. Patent, Editor. 2011.
34. Adibhatla, B.; Mohanty, K.K. Oil Recovery From Fractured Carbonates by Surfactant-Aided Gravity Drainage: Laboratory Experiments and Mechanistic Simulations. *SPE Reservoir Eval. Eng.* **2013**, *11(01)*, 119–130.
35. Ahmadall, T. et al. Reducing Surfactant Adsorption in Carbonate Reservoirs. *SPE Reservoir Eng.* **2013**, *8(02)*, 117–122.
36. Bazin, B. et al. An Advanced Methodology for Surfactant Based Pilot Design. Society of Petroleum Engineers, 2011.
37. Guo, L. et al. Dynamic interfacial tensions of alkyl alcohol polyoxypropylene-oxyethylene ether sulfonate solutions. *J. Pet. Sci. Technol. Eng.* **2016**, *141*, 9–15.
38. Noziere, B. et al. Extraction and Characterization of Surfactants from Atmospheric Aerosols. *J. Visualized Exp.* **2017**, *122*, 55622.
39. Wade, W.H. et al. Interfacial Tension and Phase Behavior of Surfactant Systems. *Soc. Pet. Eng. J.* **1978**, *18(04)*, 242–252.
40. Box, G.E.P.; Hunter, J.S. Multi-Factor Experimental Designs for Exploring Response Surfaces. *Ann. Math. Stat.* **1957**, *28(1)*, 195–241.

## **An experimental investigation into enhancing oil recovery using surfactant system in White Tiger field**

**Pham Huu Tai<sup>1,2,3</sup>, Nguyen Xuan Huy<sup>1,2\*</sup>, Nguyen Viet Khoi Nguyen<sup>3</sup>, Luong Hai Linh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT); phtai.sdh17@hcmut.edu.vn; nxhuy@hcmut.edu.vn

<sup>2</sup> Vietnam National University Ho Chi Minh City; phtai.sdh17@hcmut.edu.vn; nxhuy@hcmut.edu.vn

<sup>3</sup> PetroVietnam University; taiph@pvu.edu.vn; nguyennvk@pvu.edu.vn; linhlh@pvu.edu.vn

**Abstract:** The White Tiger field has been producing since 1980s with the original oil in place was estimated about 500 million tons of oil equivalent. The tertiary production stage was studied and applied in last five years at several spots. However, due to the complexity of the reservoir, there were unsuccessful pilots. The research using experimental results to propose the surfactant system for fractured basement rock of the White Tiger field. The surfactants were screened, selected, and combined from 7 different surfactants. The combination was tested by group of 2 surfactant to 4 surfactant systems. The 2 core flooding experiments with the selected surfactant system were conducted on reservoir rock cores to evaluate the oil recovery. The anion surfactants performed good result in stability under high temperature and high salinity condition. The group of 4 anion surfactants LAS: AOS: ALAX: XSA-1416D with ratio 5.75%:23%:58.75%:12.5% satisfied technical requirements for the enhanced oil recovery solution and used for the following steps. The oil recovery from core flooding experiment by previous surfactant solution achieved the additional oil recovery by 1000 ppm surfactant solution was about 30%. The result proposes a low concentration surfactant flooding for basement rock at high temperature condition. The 1000 ppm total concentration of surfactant suggests a reasonable costs for an enhanced oil recovery project.

**Keywords:** Surfactant system; Enhanced oil recovery; Core flooding; White Tiger.

*Bài báo khoa học*

## **Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ tích hợp dự báo lũ, cảnh báo ngập lụt cho 03 lưu vực sông: Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ**

**Đoàn Quang Trí<sup>1\*</sup>, Phạm Thị Nga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>2</sup> Khu di tích chủ tịch Hồ Chí Minh, Số 1 Hoàng Hoa Thám, Ba Đình, Hà Nội; phamlinhnga.pct@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: doanquangtrikttv@gmail.com; Tel.: +84–988928471

Ban Biên tập nhận bài: 13/2/2022; Ngày phản biện xong: 29/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật và các mô hình hiện đại nhằm nâng cao chất lượng cho công tác dự báo khí tượng thủy văn. Nghiên cứu này đã xây dựng được một bộ công cụ tích hợp hoàn chỉnh với các mô đun cập nhật theo thời gian thực số liệu mưa thực đo, mực nước, lưu lượng, hoạt động điều tiết hồ chứa được vận hành tích hợp trong các mô hình thủy văn (MIKE SHE) phục vụ dự báo dòng chảy đến hồ, điều tiết hồ chứa, mô hình thủy lực MIKE 11 dự báo lũ trong sông, mô hình MIKE 11 GIS để cảnh báo ngập lụt cho khu vực hạ lưu. Bộ công cụ sử dụng số liệu mưa dự báo trung hạn (5 ngày) từ mô hình IFS đã được hiệu chỉnh và đánh giá là phù hợp. Kết quả đánh giá áp dụng thử nghiệm một mùa lũ cho 02 lưu vực Thạch Hãn và Vu Gia–Thu Bồn cho kết quả tương đối khả quan và tiếp tục thử nghiệm đánh giá cho lưu vực Trà Khúc–Sông Vệ. Nghiên cứu đã xây dựng được bộ bản đồ cảnh báo ngập lụt theo cấp mực nước và cấp báo động lũ là một tài liệu tham khảo quan trọng hỗ trợ tốt cho công tác cảnh báo, dự báo ngập lụt phục vụ cho công tác phòng chống thiên tai.

**Từ khóa:** Bộ công cụ; Dự báo lũ; Cảnh báo ngập lụt; Thạch Hãn; Vu Gia–Thu Bồn; Trà Khúc–Sông Vệ.

---

### **1. Mở đầu**

Nghiên cứu dự báo mưa lũ trung hạn trên thế giới hiện nay vẫn là một đề tài hấp dẫn các nhà khoa học, đặc biệt là vấn đề làm thế nào để nâng cao chất lượng và thời gian dự kiến. Các nước tiên tiến trên thế giới như Anh, Mỹ, Pháp, Thụy Điển, và Nhật đều đã xây dựng hệ thống cảnh báo thiên tai dựa vào việc ứng dụng mô hình thủy văn kết hợp với hệ thống GIS và các thông tin dự báo, cảnh báo mưa từ radar, vệ tinh và mô hình dự báo số trị. Mô hình có thể được tích hợp trong hệ thống dự báo nghiệp vụ theo hai cách tiếp cận: (1) Tích hợp truyền thống: hệ thống dự báo được xây dựng dựa trên các mô hình đã được tối ưu hoá bộ thông số để sử dụng trong hệ thống dự báo nghiệp vụ. Tuy nhiên, phương pháp này có hạn chế là khó thích nghi hoặc khó thay đổi bộ thông số hoặc cập nhật bộ thông số của mô hình; (2) Tích hợp kiểu mở: Trong cách tiếp cận này, việc sử dụng mô hình không bị ràng buộc bởi các điều kiện áp dụng thực tế. Hệ thống xử lý dữ liệu và cho phép các mô hình được tích hợp khi cần. Với sự phát triển của các kỹ thuật tính toán hiện đại cũng như nhiều phần mềm hỗ trợ, rất nhiều hệ thống dự báo mở đã được xây dựng như hệ thống dự báo Delft–FEWS [1], hệ thống dự báo MIKE FLOOD WATCH [2] hoặc FloodWorks. Hệ thống cảnh báo lũ sớm Delft–FEWS cho

phép liên kết nhiều dạng số liệu dự báo thời tiết, mô hình thủy văn – thủy lực và đã được ứng dụng dự báo lũ tại một số vùng của Anh, Thụy Điển và một số lưu vực [3–5]. Hệ thống MIKE FLOOD WATCH là mô hình tích hợp hệ thống quản lý dữ liệu và các mô hình dự báo [6].

Để nâng cao chất lượng mô phỏng dòng chảy từ mưa, xu hướng mới trên thế giới hiện nay là sử dụng các mô hình thủy văn có thông số phân bố [7–11]. Các ứng dụng theo xu hướng này đang được nghiên cứu phát triển và áp dụng trong dự báo thủy văn. Đầu vào của các mô hình thủy văn có thông số phân bố là các số liệu thông tin địa lý (GIS), viễn thám, ước lượng mưa từ vệ tinh, ra đa hay mưa dự báo số trị. Một số các nghiên cứu và ứng dụng ở nước ngoài như: Hệ thống cảnh báo lũ toàn cầu (*Global Flood Alert System, GFAS*) [12] và mạng lưới lũ quốc tế (*International Flood Network, IFNet*) sử dụng số liệu mưa bề mặt cùng các số liệu ước lượng mưa từ vệ tinh để cảnh báo khả năng hay xác suất xảy ra lũ trên các sông lớn toàn cầu (IFNet) khi lượng mưa đã rơi vượt ngưỡng giới hạn mưa hiệu quả sinh lũ và ngưỡng giới hạn này được xác định trước cho từng lưu vực. Tuy nhiên hệ thống này chưa tính tới điều kiện mặt đệm lưu vực, ảnh hưởng của địa hình, tình trạng ẩm, hiện trạng lũ của lưu vực nên độ chính xác không cao, chỉ có tính cảnh báo xác suất có khả năng xảy ra lũ trên lưu vực sông lớn. Đại học Tokyo bước đầu phát triển mô hình thủy văn phân bố sử dụng vốn từ Quỹ nước và năng lượng (*Water and Energy Budget-based Distributed Hydrological Model, WEB-DHM*) [13], [10] mô phỏng cho năm 2009 với dòng chảy sông Agatsuma, Tokyo trong khuôn khổ Chương trình Chu trình nước châu Á (*Asia Water Cycle Initiative, AWCI*). Mô hình này dựa trên số liệu viễn thám và số liệu mưa bề mặt. Ngoài ra, WEB-DHM cũng được sử dụng để tính toán dòng chảy cho một số lưu vực khác ở Nepal [2] và một số các quốc gia khác [14]. Cùng với sự phát triển của các mô hình toán thủy văn tính toán mưa rào – dòng chảy trên lưu vực, các mô hình diễn toán lũ trong sông, mô hình thủy lực 1 chiều, 2 chiều tính toán thủy lực trong sông và mô phỏng ngập lụt cũng được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, có thể kể đến một số mô hình như: TOPMODEL [15], họ mô hình HEC (HEC-3, HEC-RAS) [16], họ mô hình MIKE (MIKE-BASIN, MIKE-11, MIKE-FLOOD WATCH, MIKE 21) [17–22].

Hướng nghiên cứu trên thế giới về dự báo lũ hạn vừa trong những năm gần đây thường tập trung vào việc sử dụng phương pháp mạng trí tuệ nhân tạo (ANN), Machine Learning (ML) [23] với nhiều thuật toán tối ưu khác nhau [24–25]. Bên cạnh đó, dự báo lũ hạn vừa còn kết hợp với việc sử dụng các phương pháp thống kê truyền thống như mô hình ARIMA (p,d,q) và việc mở rộng áp dụng các mô hình thủy văn thông số phân bố dựa trên cơ sở tận dụng các thông tin từ viễn thám và GIS kết hợp với kết quả dự báo mưa từ các mô hình số trị dự báo thời tiết như MM5, RAMS, HRM, BOLAM [9–10].

Hiện nay rất nhiều mô hình toán thủy văn, thủy lực đã được nghiên cứu để ứng dụng trên các hệ thống sông miền Trung, nhưng chỉ rất ít trong số đó có thể ứng dụng được trong nghiệp vụ dự báo hàng ngày: mô hình Wetspa kết hợp với mô hình thủy lực HEC-RAS đã nghiên cứu và ứng dụng thành công trên lưu vực sông Vu Gia–Thu Bồn [26]; bộ mô hình MIKE (MIKE NAM, MIKE 11-GIS, MIKEFLOOD) cho sông Thạch Hãn [27], mô hình thủy lực Telemac-2D kết hợp với MIKE NAM cho vùng hạ lưu hệ thống sông Trà Khúc–Sông Vệ [28]. Trong khi đó mô hình MIKE SHE – mô hình thông số phân bố lại chưa được nghiên cứu và áp dụng trong nghiệp vụ hàng ngày. MIKE SHE được sử dụng nhiều nơi trên thế giới, tuy nhiên, ở Việt Nam những nghiên cứu ứng dụng MIKE SHE còn chưa nhiều. Mô hình MIKE SHE và MIKE 11 trong đề tài nghiên cứu cấp Bộ của Ngô Đức Chân xác định lượng cung cấp thấm từ các hồ chứa nước lớn cho các tầng chứa nước ở Đông Nam Bộ. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở (2016) – chủ nhiệm Hoàng Anh Huy nghiên cứu ứng dụng MIKE SHE để mô phỏng độ ẩm trong đất, áp dụng thí điểm cho dòng chính khu vực sông La, tỉnh Nghệ An. Dự án “Khả năng nguồn nước, sử dụng nước và khuynh hướng ở lưu vực SREPOK (Việt Nam)” đã ứng dụng mô hình MIKE SHE để xem xét tác động của hệ thống khai thác sử dụng nước mặt vùng dự án đối với tầng nước ngầm.



Các lưu vực sông ở khu vực Trung Trung Bộ chủ yếu sử dụng mô hình thông số tập trung MIKE NAM để mô phỏng dòng chảy, chưa có nghiên cứu nào ứng dụng mô hình thông số phân phối MIKE SHE cho khu vực này. Xuất phát từ việc đánh giá hiện trạng việc áp dụng các mô hình toán trong bài toán nghiệp vụ, nghiên cứu đưa ra đề xuất xây dựng một bộ công cụ phần mềm MIKE trong đó lần đầu tiên MIKE SHE được sử dụng trong nghiên cứu dự báo nghiệp vụ kết hợp với MIKE 11 và MIKE 11–GIS trong việc mô phỏng, tính toán, kéo dài thời đoạn dự báo lên đến 5 ngày trên một số sông chính ở khu vực Trung Trung Bộ (Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ). Mô hình MIKE SHE có khả năng mô phỏng quá trình mưa–dòng chảy trên tầng ô lưới theo không gian, phù hợp với việc sử dụng số liệu mưa số trị. Đây là một mô hình thương mại kết hợp đồng bộ với mô hình thủy lực MIKE 11 và mô hình MIKE 11–GIS nên có thể can thiệp rút ngắn thời gian vận hành mô hình. Mô hình MIKE 11 đã được ứng dụng vào nghiệp vụ dự báo dòng chảy lũ trên một số lưu vực ở khu vực Trung Trung Bộ, và đã được kiểm tra trong thực tế với khả năng dự báo tương đối tốt, nên việc triển khai ứng dụng cho các lưu vực tương tự là hoàn toàn hợp lý.

Mục đích của nghiên cứu nhằm xây dựng được bộ công cụ tích hợp hoàn chỉnh kết hợp mưa dự báo sau hiệu chỉnh IFS làm đầu vào cho các mô hình thủy văn, điều tiết hồ chứa và mô hình thủy lực phục vụ cho công tác dự báo lũ trên sông và cảnh báo ngập lụt cho khu vực hạ du. Bộ công cụ được xây dựng đóng gói hoàn chỉnh sẽ là một công cụ hiệu quả hỗ trợ tốt cho công tác nghiệp vụ tại trung ương và địa phương sử dụng.

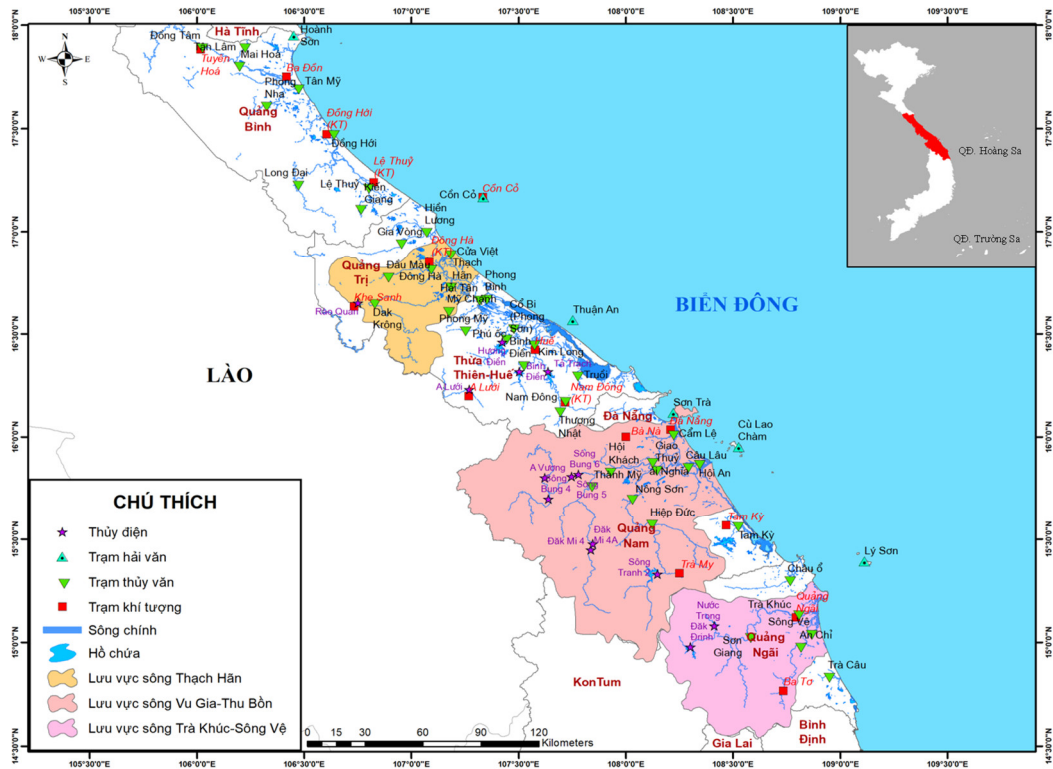
## **2. Phương pháp nghiên cứu**

### *2.1. Khu vực nghiên cứu*

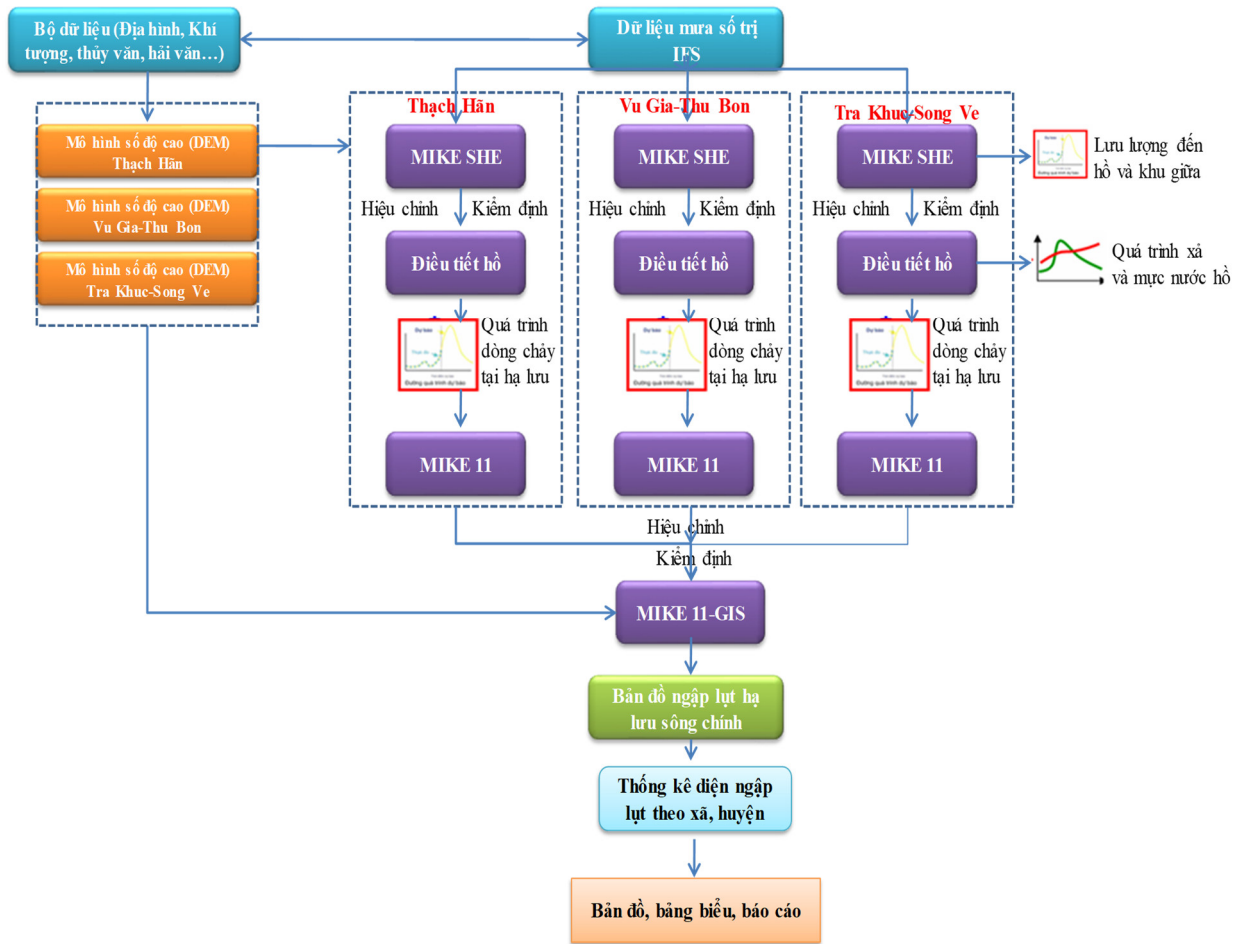
Nghiên cứu được thực hiện trên ba lưu vực chính của khu vực Trung Trung Bộ: Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ. Bộ công cụ được xây dựng độc lập cho ba lưu vực nhằm phục vụ dự báo cho 04 vị trí dự báo chính: Thạch Hãn trên sông Thạch Hãn, Câu Lâu trên sông Thu Bồn, Ái Nghĩa trên sông Vu Gia và Trà Khúc trên sông Trà Khúc khi có lũ lớn (từ báo động II trở lên) với thời gian dự kiến là dự báo lũ 5 ngày (Hình 1).

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

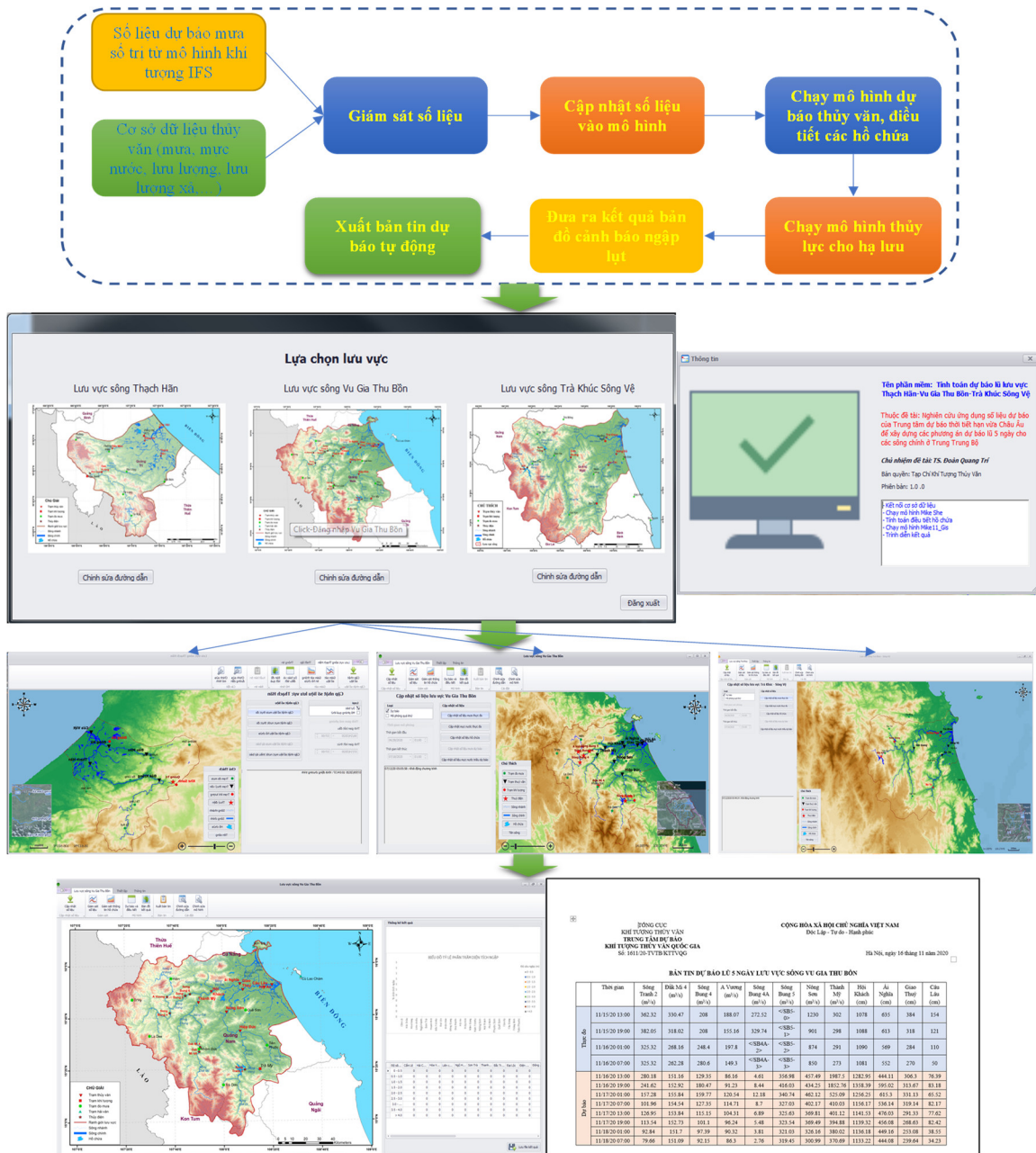
Bộ công cụ được xây dựng cho ba lưu vực nghiên cứu với sự kết hợp vận hành tổ hợp của các mô hình thủy văn MIKE SHE, điều tiết hồ chứa trong excel, mô hình thủy lực MIKE 11 diễn toán thủy lực trong sông, và mô hình MIKE 11–GIS để xây dựng các bản đồ cảnh báo ngập lụt theo cấp mực nước cho cả ba lưu vực nghiên cứu. Quá trình thiết lập mô hình, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình để xác định được bộ thông số tối ưu của các mô hình đã được tiến hành trong kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng số liệu dự báo của Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu để xây dựng các phương án dự báo lũ 5 ngày cho các sông chính ở Trung Trung Bộ”, mã số TNMT.2018.05.35 [29–32]. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu được tổng quát hóa trên sơ đồ hình 1. Trên cơ sở xây dựng hoàn thiện các quy trình thực hiện trên Hình 2, nghiên cứu tiến hành tổng hợp xây dựng bộ công cụ phần mềm tích hợp vận hành một cách độc lập phân quyền sử dụng cho các dự báo viên, nghiên cứu viên hỗ trợ cho công tác nghiệp vụ theo thời gian thực và tổng hợp xuất bản tin tự động theo kết quả tính toán, vận hành các mô hình đã được tích hợp trong hệ thống. Sơ đồ hóa bộ công cụ và giao diện bộ công cụ cho từng lưu vực được trình bày trên hình 3.



Hình 1. Bản đồ phạm vi khu vực nghiên cứu.



Hình 2. Sơ đồ tổng quát về quá trình nghiên cứu [29].



**Hình 3.** Sơ đồ khối bộ công cụ phần mềm, giao diện bộ công cụ, bản đồ cảnh báo ngập lụt, xuất bản tin dự báo lũ cho từng lưu vực nghiên cứu.

### 2.3. Thu thập và xử lý số liệu

Số liệu IFS được cung cấp tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia (TTDBKTTVQG) với độ phân giải 0.125×0.125 độ tương đương với độ phân giải 14km được áp dụng sử dụng. Dạng mưa dự báo: lượng mưa tích lũy 6 giờ một; Hạn dự báo: đến 10 ngày tiếp theo; Số phiên dự báo trong ngày: 2 phiên bắt đầu từ 00UTC (7 giờ Việt Nam) và 12UTC (19 giờ Việt Nam) (Hình 4). Chuỗi số liệu sử dụng đánh giá, hiệu chỉnh mưa IFS từ 2011–2018.

Nghiên cứu thu thập số liệu quan trắc tại 74 trạm đo mưa tự động thuộc khu vực Trung Trung Bộ (Hình 5). Số liệu quan trắc mưa tại 74 trạm đo mưa được thu thập dưới dạng lượng mưa đo từng 1 giờ một và dưới dạng các tệp tin mã điện gốc được gửi từ trạm về. Nguồn số liệu này được thu thập trong thời gian xảy ra mưa của 59 đợt mưa lớn diện rộng xảy ra trên khu vực Trung Trung Bộ trong giai đoạn 2011–2018 (chỉ thu thập từ 2011 về mạng lưới đo mưa tự động nói trên bắt đầu hoạt động ổn định từ năm 2011). Bảng 1 đưa ra kết quả thống kê

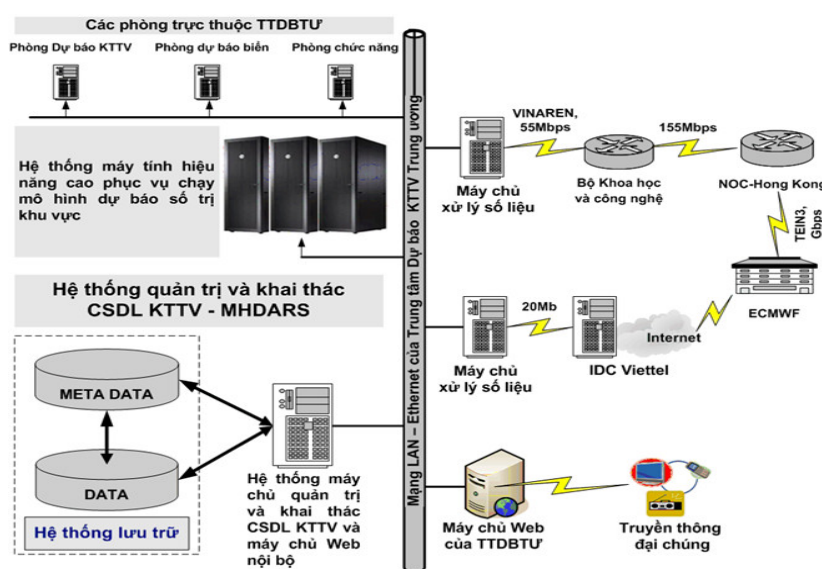
**BẢN TIN DỰ BÁO Lũ 5 NGÀY LƯU VỰC SÔNG VU GIA THU BỒN**

Thời gian	Đỉnh N4 4				A 1 vùng				Thấp N1				Đỉnh N2			
	Sông Thạch 2 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)	Sông Thạch 4 (m³/s)		
11.9.10 03.00	362.32	390.47	208	188.97	272.32	1230	302	1078	633	384	154					
11.9.10 09.00	382.05	318.02	208	155.18	239.74	961	298	1088	613	318	121					
11.9.10 15.00	323.32	268.16	248.4	197.8	188.97	874	291	1090	569	284	110					
11.9.10 21.00	323.32	262.28	280.6	149.3	188.97	810	273	1081	552	270	90					
11.9.10 03.00	280.18	151.16	129.33	86.68	4.63	316.88	477.49	1987.5	1282.99	444.11	306.3	76.39				
11.9.10 09.00	244.63	152.26	180.47	92.23	8.44	450.63	434.23	1812.76	1198.99	1050.02	313.07	83.18				
11.9.10 15.00	157.28	155.84	159.77	120.54	12.18	340.74	482.32	1521.09	1246.25	853.3	331.13	65.52				
11.9.10 21.00	105.96	154.04	127.35	114.71	8.7	327.03	402.37	1410.03	1196.17	716.84	319.14	82.17				
11.9.11 03.00	126.85	153.84	152.23	104.31	4.89	324.48	399.81	1402.12	1184.33	1070.03	285.33	77.62				
11.9.11 09.00	113.34	152.73	105.1	86.24	5.48	323.54	389.49	1394.88	1139.32	1056.68	268.63	82.42				
11.9.11 15.00	82.84	151.7	87.39	85.22	3.81	323.03	320.16	1380.02	1136.18	1049.16	233.08	38.35				
11.9.11 21.00	79.66	153.09	82.11	86.3	2.26	319.45	309.09	1379.09	1133.21	1048.68	229.64	34.21				

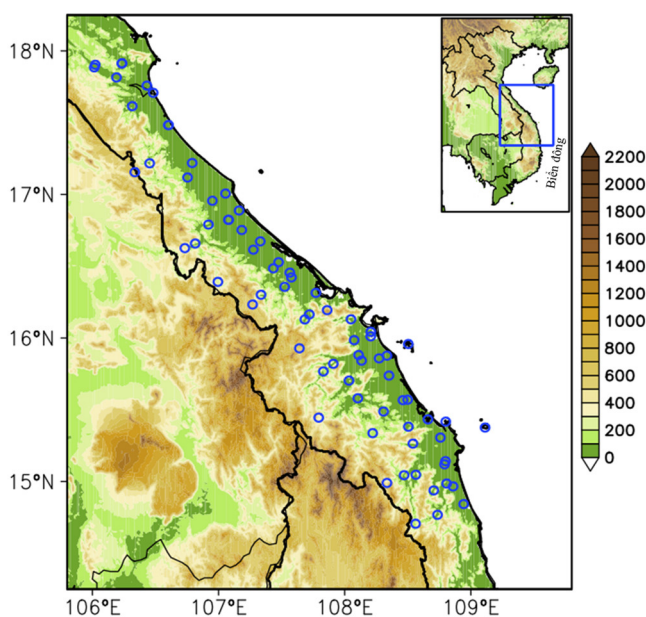
các đợt mưa lớn theo các năm từ 2011 đến 2018 trong đó trung bình có 7 đợt/năm, năm ít nhất là 5 đợt (2015) và năm nhiều nhất là 9 đợt (2017). Các đợt mưa trung bình kéo dài trong 3 ngày, đợt mưa kéo dài nhất là đến 8 ngày (đợt mưa lớn từ ngày 9 đến 19 tháng 10 năm 2011). Trên thực tế số liệu dự báo mưa từ mô hình IFS được cung cấp dưới dạng số liệu dự báo mưa tích lũy 6 giờ một, nhưng nghiên cứu hướng tới đánh giá dự báo mưa theo các ngưỡng mưa ngày nên cần thêm một bước tính toán để tạo ra lượng mưa tích lũy 24h từ lượng mưa tích lũy 6h. Số liệu mưa dự báo của IFS được thu thập về dưới dạng mưa trên lưới trong các tệp tin có định dạng NetCDF. Sau khi được xử lý và nội suy về điểm trạm, số liệu lại được lưu lại dưới dạng các tệp tin NetCDF để thuận tiện cho việc đánh giá.

**Bảng 1.** Phân bố các đợt mưa lớn xảy ra trên khu vực Trung Trung Bộ theo năm trong giai đoạn 2011–2018 được sử dụng trong nghiên cứu.

Năm	2011	2021	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Số đợt	7	8	8	7	5	7	9	8

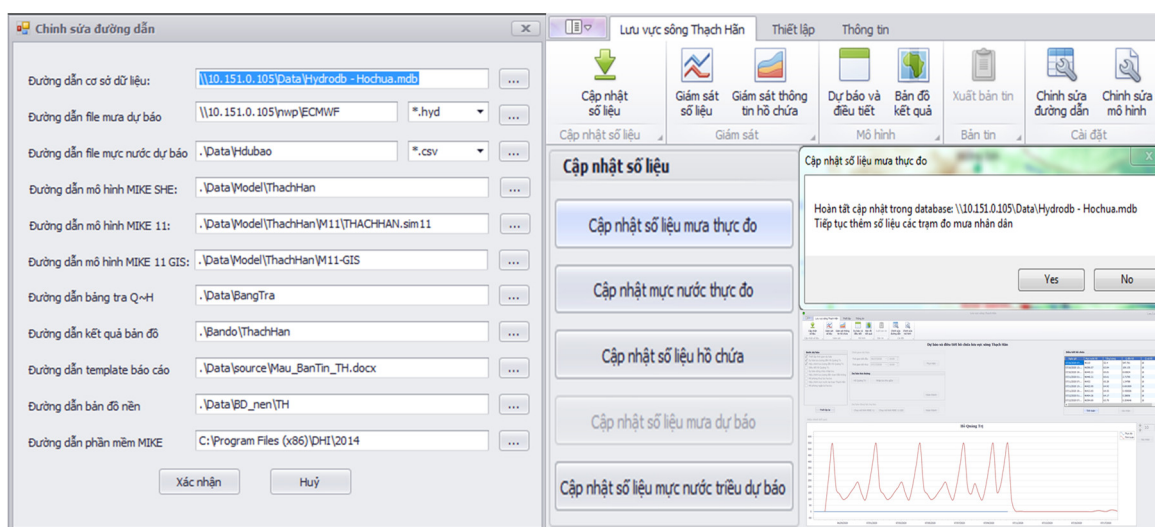


**Hình 4.** Sơ đồ khối quá trình thu thập số liệu ECMWF tại TTDBKTTVQG.



**Hình 4.** Phân bố theo không gian của 74 trạm quan trắc đo mưa tự động thuộc khu vực Trung Trung Bộ.

Số liệu thủy văn: Mực nước, lưu lượng, lưu lượng xả của các hệ thống hồ chứa trên 03 lưu vực nghiên cứu được cập nhật theo thời gian thực từ số liệu của hệ thống hồ chứa EVN. Số liệu mực nước, lưu lượng tại các trạm được cập nhật từ cơ sở dữ liệu theo thời gian thực tại Trung tâm thông tin và dự liệu khí tượng thủy văn (Hình 5).



Hình 5. Giao diện thiết lập đường dẫn cho bộ công cụ, modul cập nhật số liệu, giám sát số liệu.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả đánh giá mưa dự báo IFS cho khu vực nghiên cứu

Về dự báo định lượng mưa: dự báo từ mô hình IFS cho sai số dự báo định lượng mưa tăng theo hạn dự báo. Tại các ngưỡng mưa nhỏ và vừa, mô hình cho dự báo thiên cao. Tuy nhiên, tại các ngưỡng mưa to và rất to mô hình IFS lại cho dự báo thiên thấp. Dự báo định lượng mưa tại Quảng Bình, Quảng Trị là tốt hơn so với các khu vực còn lại ở Trung Trung Bộ (Bảng 2).

Bảng 2. Kết quả tính toán các chỉ số ME, RMSE, MAE và R trung bình trên toàn khu vực TTB và các đợt mưa lớn được thử nghiệm.

Chỉ số	Hạn dự báo				
	+24h	+48h	+72h	+96h	+120h
ME (mm/24h)	-12,18	-11,81	-12,43	-10,82	-4,96
MAE (mm/24h)	13,18	10,24	26,53	25,64	30,23
RMSE (mm/24h)	10,95	18,71	27,36	35,48	42,20
R	0,71	0,62	0,58	0,43	0,34

Về dự báo pha: mô hình IFS có xu hướng dự báo thiên cao tại các ngưỡng mưa nhỏ và vừa, thiên thấp tại các ngưỡng mưa to và rất to. Về mặt tổng thể, chất lượng dự báo pha mưa tốt nhất là tại các ngưỡng mưa nhỏ và mưa vừa. Tại ngưỡng mưa to, chất lượng dự báo pha chỉ tốt trong 72h dự báo đầu tiên và đối với ngưỡng mưa rất to chỉ là trong 24h đầu tiên. Ngoài ra, kết quả đánh giá dựa trên chỉ số FAR cũng cho thấy dự báo pha mưa của IFS bị lệch (sớm hơn hoặc muộn hơn) (Bảng 3).

Bảng 3. Bảng tổng hợp đánh giá dự báo pha theo các chỉ số BIAS, POD, FAR, ETS.

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa			
	Nhỏ	Vừa	To	Rất to
Chỉ số BIAS				
24h	1,32	0,82	0,38	0,22
48h	1,22	0,91	0,55	0,43

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa			
	Nhỏ	Vừa	To	Rất to
72h	1,16	0,96	0,57	0,47
96h	1,17	1,04	0,61	0,40
120h	1,24	1,20	0,71	0,47
Chỉ số POD				
24h	0,95	0,91	0,80	0,79
48h	0,85	0,87	0,75	0,73
72h	0,80	0,78	0,71	0,71
96h	0,70	0,76	0,69	0,56
120h	0,60	0,67	0,59	0,56
Chỉ số FAR				
24h	0,25	0,37	0,48	0,59
48h	0,19	0,36	0,54	0,69
72h	0,14	0,39	0,62	0,75
96h	0,15	0,46	0,68	0,83
120h	0,19	0,52	0,72	0,87
Chỉ số ETS				
24h	0,39	0,42	0,36	0,32
48h	0,36	0,40	0,30	0,27
72h	0,24	0,34	0,27	0,25
96h	0,13	0,29	0,20	0,18

Về dự báo diện mưa: vùng mưa dự báo từ IFS thường lệch so với vùng mưa thực tế về phía Đông (khoảng 8–16 km) và phía Nam (16–24 km). Tuy nhiên, sai số vị trí vùng mưa không đóng góp nhiều vào sai số tổng cộng. Đóng góp nhiều nhất tới sai số tổng cộng vẫn là sai số trong dự báo định lượng mưa. Nếu xét riêng cho 18 đợt mưa lớn sinh lũ trên 3 lực vực sông nghiên cứu, có thể thấy diện mưa dự báo từ IFS là tương đối phù hợp.

**Bảng 4.** Kết quả tính toán các đặc trưng sai số cho dự báo mưa từ IFS trong giai đoạn 2011–2018 cho ngưỡng mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và mưa rất to.

Giờ	Sai số tổng cộng trên toàn bộ cụm đánh giá (mm/24h)	Sai số kiểu dáng (%)	Sai số dịch chuyển (%)	Sai số thể tích (mm/24h)	X	Y
Mưa nhỏ						
24h	124,88	9,56	0,39	8,18	-0,73	2,09
48h	150,99	9,42	-1,33	12,54	-0,51	1,99
72h	203,08	9,32	-3,56	16,74	-0,32	2,01
96h	256,95	9,25	-6,50	20,85	-0,16	2,00
120h	306,54	9,13	-8,28	24,86	-0,08	2,10
Mưa vừa						
24h	138,21	9,55	1,33	7,39	-0,96	1,65
48h	159,50	9,49	-2,01	11,91	-0,49	2,08
72h	208,41	9,32	-2,99	16,13	-0,49	2,22
96h	260,22	9,25	-5,70	20,23	-0,36	2,16
120h	314,10	9,16	-8,74	24,82	-0,37	2,52
Mưa to						
24h	121,74	9,52	2,92	6,44	-1,21	2,15
48h	171,39	9,45	0,00	10,62	-1,01	2,00
72h	221,49	9,33	-1,96	14,85	-0,49	2,42
96h	270,77	9,25	-4,59	19,04	-0,35	2,28
120h	317,58	9,17	-7,67	23,58	-0,44	2,71
Mưa rất to						
24h	115,79	9,64	0,53	6,47	-0,29	1,50
48h	158,02	9,50	0,60	9,13	-1,38	2,51
72h	228,96	9,48	-3,75	13,85	-0,88	2,27

Giờ	Sai số tổng cộng trên toàn bộ cụm đánh giá (mm/24h)	Sai số kiểu dáng (%)	Sai số dịch chuyển (%)	Sai số thể tích (mm/24h)	X	Y
96h	277,27	9,33	-5,77	18,81	-0,43	2,69
120h	330,11	9,29	-9,86	23,57	-0,32	3,14

### 3.2. Kết quả đánh giá thử nghiệm bộ công cụ trong công tác dự báo lũ

Số liệu mưa dự báo sau khi đã hiệu chỉnh, nghiên cứu tiến hành dự báo thử nghiệm bộ công cụ với thời đoạn dự báo hạn vừa (5 ngày) cho mùa lũ năm 2020 với thời gian bắt đầu từ 01/09/2020–20/12/2020 cho hai lưu vực Vu Gia–Thu Bồn và Thạch Hãn tại hai điểm dự báo: trạm thủy văn Câu Lâu trên lưu vực sông Vu Gia–Thu Bồn và trạm Thạch Hãn trên lưu vực sông Thạch Hãn. Kết quả đánh giá sai số dựa trên Quyết định số 772/QĐ–TCKTTV ngày 05/12/2018 về việc “Ban hành quy định tạm thời sai số cho phép tại các vị trí dự báo thủy văn trên các sông thuộc phạm vi cả nước” của Tổng cục Khí tượng Thủy văn [33]. Trong đó quy định sai số cho phép hạn vừa mùa lũ được quy định trong bảng 5.

**Bảng 5.** Sai số cho phép dự báo thủy văn hạn vừa.

Trạm	Lưu vực	Sai số hạn vừa (5 ngày) mùa lũ (cm)		
		Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Câu Lâu	Vu Gia–Thu Bồn	35	64	24
Thạch Hãn	Thạch Hãn	36	82	21

#### 3.2.1. Kết quả đánh giá thử nghiệm bộ công cụ dự báo lũ cho lưu vực Thạch Hãn

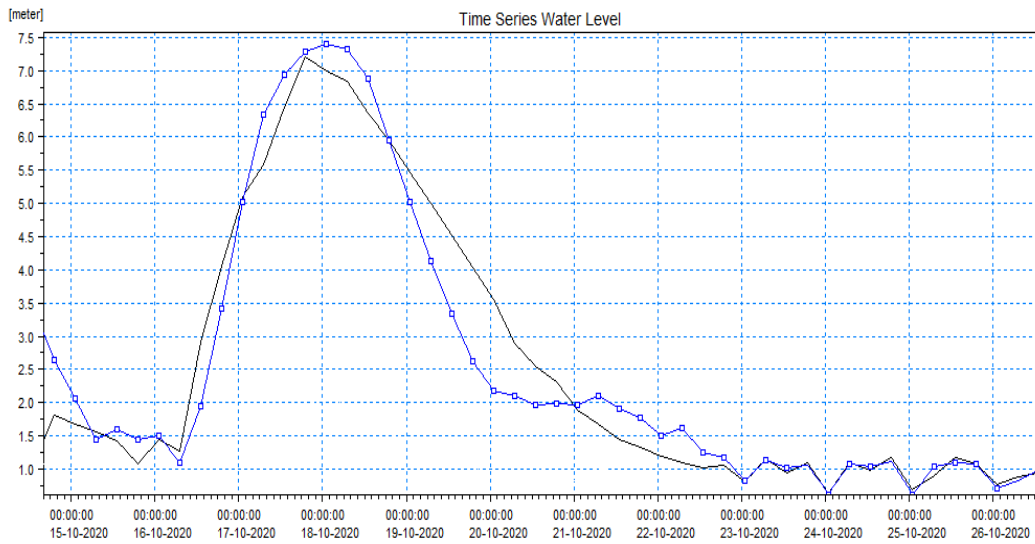
Nghiên cứu ứng dụng bộ công cụ đánh giá sai số dự báo hạn vừa (5 ngày) cho mùa lũ năm 2020 cho lưu vực Thạch Hãn với thời gian bắt đầu từ 01/09/2020 – 20/12/2020. Kết quả đánh giá sai số dự báo được thể hiện trên Bảng 7.

**Bảng 7.** Đánh giá sai số dự báo hạn vừa 5 ngày mùa lũ năm 2020.

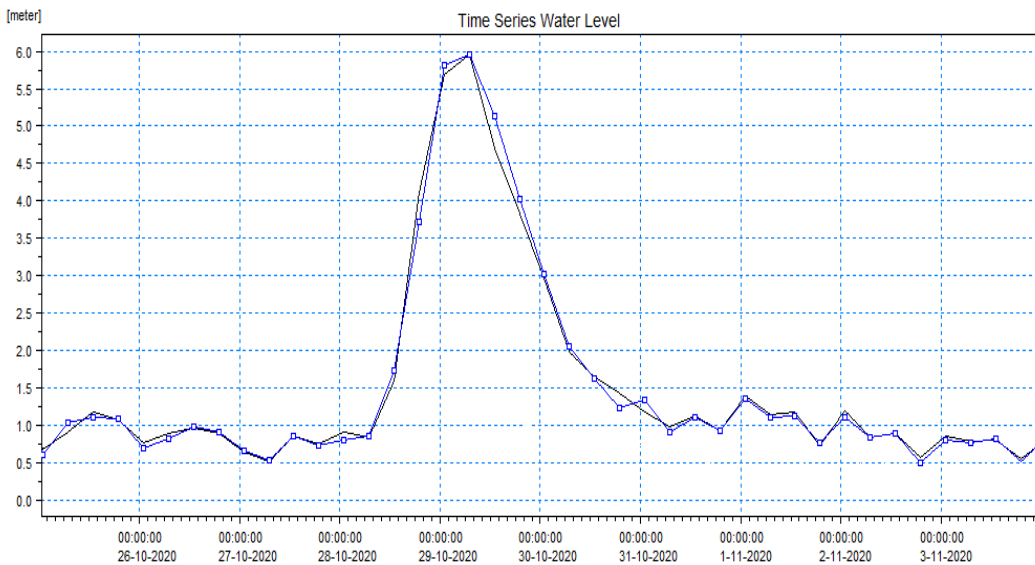
Thời Đoạn Dự Báo	Thực Đo (cm)			Tính Toán (cm)			Đánh Giá Sai Số (cm)					
	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Đánh giá	Lớn nhất	Đánh giá	Nhỏ nhất	Đánh giá
06/09/2020 – 10/09/2020	8,1	39,0	-25,0	8,7	36,7	-19,8	0,7	Đạt	2,3	Đạt	5,2	Đạt
11/09/2020 – 15/09/2020	6,8	38,0	-36,0	0,6	32,5	-34,9	6,1	Đạt	5,5	Đạt	1,1	Đạt
16/09/2020 – 20/09/2020	34,8	123,0	-31,0	38,2	137,2	-22,7	3,4	Đạt	14,2	Đạt	8,3	Đạt
21/09/2020 – 25/09/2020	17,7	64,0	-35,0	28,6	67,0	2,2	11,0	Đạt	3,0	Đạt	37,2	Không Đạt
26/09/2020 – 30/09/2020	20,7	45,0	-25,0	22,2	42,7	-2,3	1,5	Đạt	2,3	Đạt	22,7	Không Đạt
01/10/2020 – 05/10/2020	34,5	87,0	-25,0	26,6	81,5	-22,1	7,9	Đạt	5,5	Đạt	2,9	Đạt
06/10/2020 – 10/10/2020	379,1	680,0	2,0	342,1	762,5	24,6	37,0	Không Đạt	82,5	Không Đạt	22,6	Không Đạt
11/10/2020 – 15/10/2020	461,2	715,0	145,0	398,5	661,2	143,1	62,7	Không Đạt	53,8	Đạt	1,9	Đạt
16/10/2020 – 20/10/2020	409,4	739,0	109,0	446,2	720,1	107,6	36,8	Không Đạt	18,9	Đạt	1,4	Đạt
21/10/2020 – 25/10/2020	129,4	211,0	61,0	118,3	232,0	62,6	11,1	Đạt	21,0	Đạt	1,6	Đạt
26/10/2020 – 31/10/2020	209,9	596,0	53,0	207,4	595,4	52,0	2,5	Đạt	0,6	Đạt	1,0	Đạt
01/11/2020 – 05/11/2020	85,7	136,0	50,0	87,6	139,5	52,2	1,9	Đạt	3,5	Đạt	2,2	Đạt
06/11/2020 – 10/11/2020	127,8	278,0	63,0	103,7	131,9	60,5	24,0	Đạt	146,1	Không Đạt	2,5	Đạt
11/11/2020 – 15/11/2020	240,7	479,0	98,0	241,0	489,1	67,3	0,4	Đạt	10,1	Đạt	30,7	Không Đạt

Thời Đoạn Dự Báo	Thực Đo (cm)			Tính Toán (cm)			Đánh Giá Sai Số (cm)					
	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Đánh giá	Lớn nhất	Đánh giá	Nhỏ nhất	Đánh giá
16/11/2020 – 20/11/2020	63,7	159,0	10,0	48,5	185,9	5,6	15,1	Đạt	26,9	Đạt	4,4	Đạt
21/11/2020 – 25/11/2020	23,9	61,0	-13,0	17,5	47,4	-16,2	6,4	Đạt	13,6	Đạt	3,2	Đạt
26/11/2020 – 30/11/2020	62,7	117,0	20,0	26,1	73,9	15,9	36,6	Không Đạt	43,1	Đạt	4,1	Đạt
01/12/2020 – 05/12/2020	107,5	109,0	57,0	115,9	191,7	53,2	8,5	Đạt	82,7	Không Đạt	3,8	Đạt
06/12/2020 – 10/1122020	53,2	78,0	20,0	45,6	74,9	20,4	7,6	Đạt	3,1	Đạt	0,4	Đạt
11/12/2020 – 15/12/2020	33,5	74,0	-13,0	19,5	48,3	-38,1	14,0	Đạt	25,7	Đạt	25,1	Không Đạt
16/12/2020 – 20/12/2020	64,7	97,0	-5,0	39,2	64,9	2,2	25,4	Đạt	32,1	Đạt	7,2	Đạt
<b>Đánh giá chung</b>								<b>81% Đạt</b>	<b>85% Đạt</b>		<b>76% Đạt</b>	

Quá trình dự báo thử nghiệm cho một số trận lũ cụ thể trong mùa lũ năm 2020 được miêu tả trong các hình dưới đây cho trạm thủy văn Thạch Hãn thuộc lưu vực nghiên cứu.

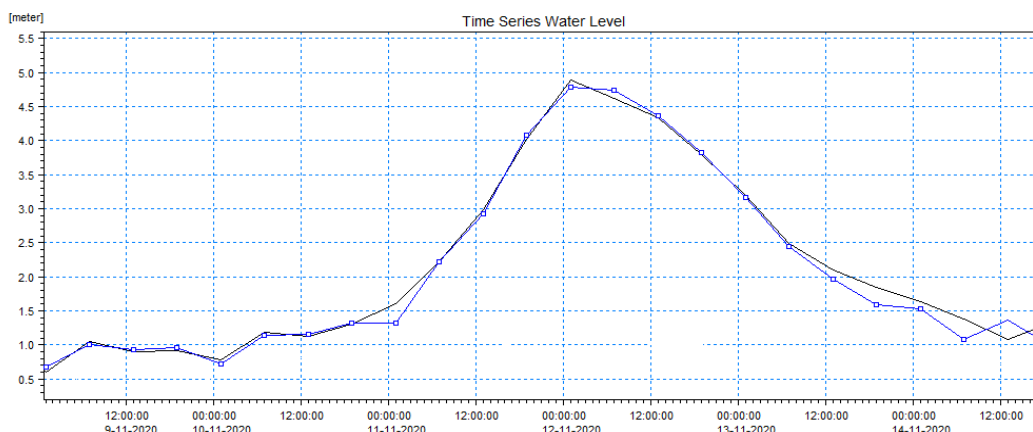


Hình 6. Trận lũ từ 16/10/2020–25/10/2020.



Hình 7. Trận lũ từ 26/10/2020–04/11/2020.





Hình 8. Trận lũ từ 09/11/2020–15/11/2020.

Nhận thấy với 3 trận lũ được đánh giá, sai số giá trị “lớn nhất” (tương ứng với giá trị của đỉnh lũ) thì chỉ có 2 trận lũ xảy ra trong giai đoạn 16–25/10 và 26/10–4/11 nằm trong sai số cho phép và có xu thế tương đồng về đường quá trình tính toán với thực đo tuy nhiên thời gian xảy xuất hiện đỉnh lũ của trận lũ từ 16–25/10 bị chậm so với thực tế, trận lũ xảy ra trong giai đoạn từ 09–15/11 không đạt khi đánh giá giá trị đỉnh lũ.

Với trận lũ xảy ra trong thời đoạn từ 26/10–4/11, ba chỉ tiêu đánh giá bao gồm “trung bình”, “lớn nhất” và “nhỏ nhất” đều nằm trong sai số cho phép. Đối với trận lũ xảy ra trong thời đoạn từ 16–25/10 chỉ tiêu giá trị “lớn nhất” (tương ứng với giá trị của đỉnh lũ) và “nhỏ nhất” đều nằm trong sai số cho phép, chỉ có chỉ tiêu giá trị “trung bình” là lớn hơn sai số so phép. Đối lập với nó là trận lũ từ 09–15/11 chỉ có chỉ tiêu giá trị “trung bình” nằm trong sai số cho phép, còn hai chỉ tiêu “lớn nhất” (tương ứng với giá trị của đỉnh lũ) và “nhỏ nhất” đều đang bị lớn hơn sai số cho phép. Với việc dự báo thử nghiệm cho mùa lũ năm 2020 và dựa vào đánh giá dự báo hạn vừa cho mùa lũ 2020 với đánh giá cụ thể cho 4 trận lũ xảy ra trong thời gian thử nghiệm, nhận thấy mô hình có khả năng đáp ứng trong dự báo nghiệp vụ với các khả năng dự báo của mô hình đạt độ chính xác từ 76–81% trong mùa lũ năm 2020.

### 3.2.1. Kết quả đánh giá thử nghiệm bộ công cụ dự báo lũ cho lưu vực Vu Gia–Thu Bồn

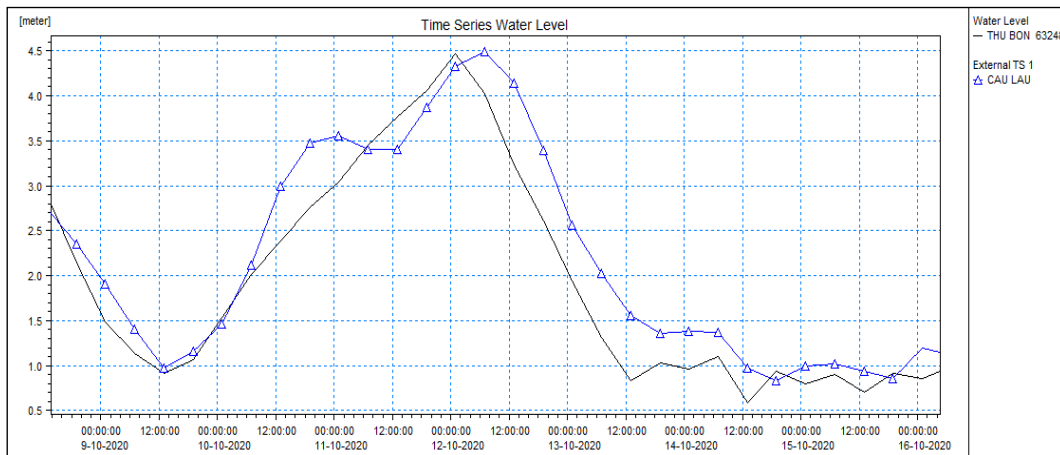
Nghiên cứu đánh giá sai số dự báo hạn vừa (5 ngày) cho mùa lũ năm 2020 với thời gian bắt đầu từ 01/09/2020–20/12/2020 cho kết quả đánh giá được thể hiện trên Bảng 6.

Bảng 6. Đánh giá sai số dự báo hạn vừa 5 ngày mùa lũ năm 2020.

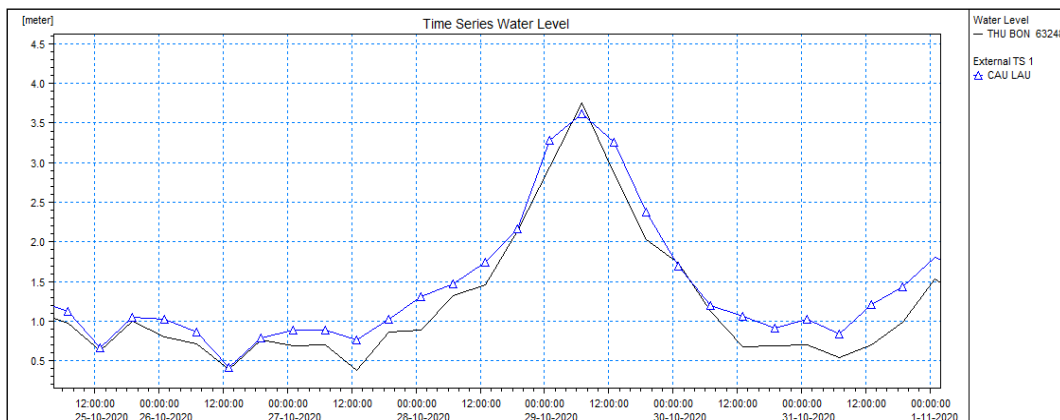
Thời Đoạn Dự Báo	Thực Đo (cm)			Tính Toán (cm)			Đánh Giá Sai Số (cm)					
	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Đánh giá	Lớn nhất	Đánh giá	Nhỏ nhất	Đánh giá
06/09/2020 – 10/09/2020	12,9	43,0	-17,0	16,0	44,0	-13,0	3,1	Đạt	1,0	Đạt	4,0	Đạt
11/09/2020 – 15/09/2020	7,0	53,0	-35,0	12,1	51,0	-28,0	5,1	Đạt	2,0	Đạt	7,0	Đạt
16/09/2020 – 20/09/2020	23,3	85,0	-19,0	26,2	70,0	-17,0	2,9	Đạt	15,0	Đạt	2,0	Đạt
21/09/2020 – 25/09/2020	22,2	60,0	-23,0	23,8	60,0	-18,0	1,6	Đạt	0,0	Đạt	5,0	Đạt
26/09/2020 – 30/09/2020	24,1	57,0	-26,0	30,0	53,0	-8,0	5,9	Đạt	4,0	Đạt	18,0	Đạt
01/10/2020 – 05/10/2020	31,0	62,0	-7,0	36,0	60,0	6,0	4,9	Đạt	2,0	Đạt	13,0	Đạt
06/10/2020 – 10/10/2020	131,3	347,0	-7,0	114,1	282,0	6,0	17,3	Đạt	65,0	Không đạt	13,0	Đạt
<b>11/10/2020 – 15/10/2020</b>	<b>235,3</b>	<b>449,0</b>	<b>83,0</b>	<b>210,7</b>	<b>447,0</b>	<b>24,6</b>	<b>50,6</b>	<b>Đạt</b>	<b>2,0</b>	<b>Đạt</b>	<b>39,0</b>	<b>Không đạt</b>
16/10/2020 – 20/10/2020	165,8	296,0	85,0	131,3	255,0	40,0	34,5	Đạt	41,0	Đạt	45,0	Không đạt
21/10/2020 –	132,9	245,0	58,0	108,9	274,0	37,0	24,0	Đạt	29,0	Đạt	21,0	Đạt

Thời Đoạn Dự Báo	Thực Đo (cm)			Tính Toán (cm)			Đánh Giá Sai Số (cm)					
	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Đánh giá	Lớn nhất	Đánh giá	Nhỏ nhất	Đánh giá
25/10/2020												
26/10/2020 – 31/10/2020	145,1	362,0	42,0	120,0	372,0	32,0	25,1	Đạt	10,0	Đạt	10,0	Đạt
01/11/2020 – 05/11/2020	106,1	181,0	52,0	64,2	151,0	10,0	42,0	Không đạt	30,0	Đạt	42,0	Không đạt
06/11/2020 – 10/11/2020	144,9	326,0	52,0	101,5	277,0	22,0	43,3	Không đạt	49,0	Đạt	30,0	Không đạt
11/11/2020 – 15/11/2020	249,4	394,0	121,0	168,8	386,0	56,0	80,6	Không đạt	8,0	Đạt	65,0	Không đạt
16/11/2020 – 20/11/2020	76,1	213,0	10,0	41,0	90,0	-18,0	35,1	Không đạt	123,0	Không đạt	28,0	Không đạt
21/11/2020 – 25/11/2020	40,4	85,0	-3,0	30,5	72,0	-17,0	9,9	Đạt	13,0	Đạt	14,0	Đạt
26/11/2020 – 30/11/2020	95,7	247,0	34,0	64,9	184,0	26,0	30,8	Đạt	65,0	Không Đạt	8,0	Đạt
01/12/2020 – 05/12/2020	214,9	369,0	78,0	163,9	382,0	53,0	51,0	Không đạt	13,0	Đạt	25,0	Không đạt
06/12/2020 – 10/12/2020	74,8	125,0	37,0	70,6	102,0	33,0	4,2	Đạt	23,0	Đạt	4,0	Đạt
11/12/2020 – 15/12/2020	51,6	88,0	-7,0	64,5	102,0	4,0	12,8	Đạt	14,0	Đạt	11,0	Đạt
16/12/2020 – 20/12/2020	73,7	115,0	1,0	63,5	101,0	4,0	10,2	Đạt	14,0	Đạt	3,0	Đạt
<b>Đánh giá chung</b>								<b>71% Đạt</b>		<b>90% Đạt</b>		<b>67% Đạt</b>

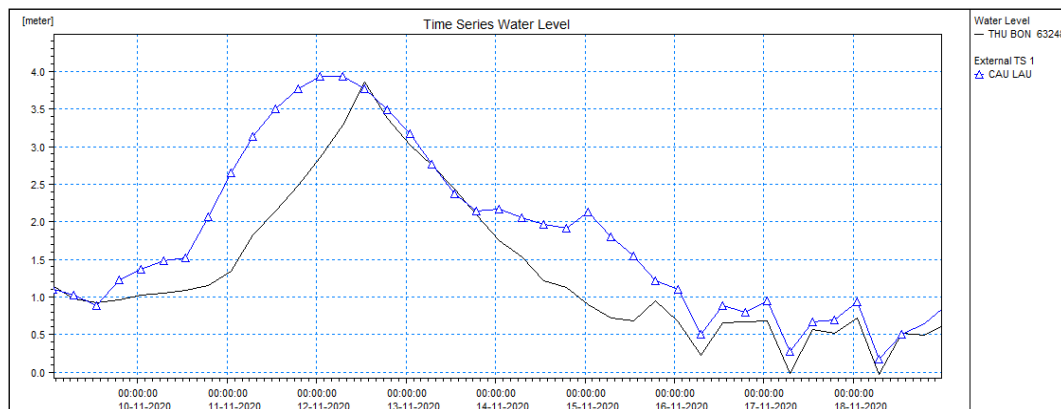
Quá trình dự báo thử nghiệm cho một số trận lũ cụ thể trong mùa lũ năm 2020 được miêu tả trong các hình dưới đây tại trạm thủy văn Câu Lâu thuộc lưu vực nghiên cứu.



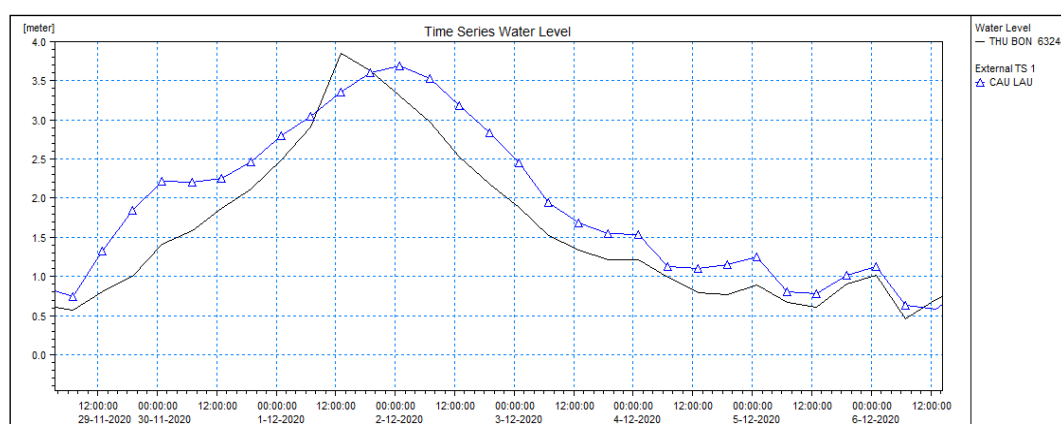
Hình 9. Kết quả dự báo thử nghiệm trận lũ từ 11/10/2020–15/10/2020.



Hình 10. Kết quả dự báo thử nghiệm trận lũ từ 26/10/2020–31/10/2020.



Hình 11. Kết quả dự báo thử nghiệm trận lũ từ 11/11/2020–15/11/2020.



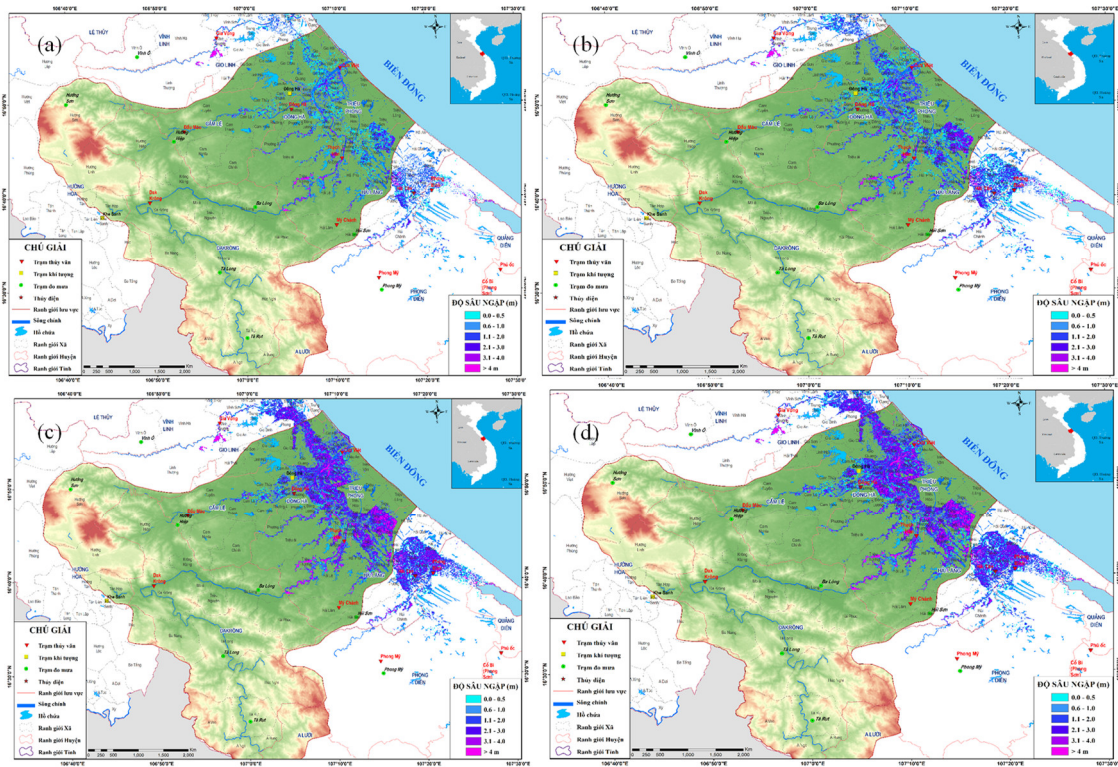
Hình 12. Kết quả dự báo thử nghiệm trận lũ từ 01/12/2020–05/12/2020.

Bốn trận lũ được đánh giá, sai số giá trị “lớn nhất” (tương ứng với giá trị của đỉnh lũ) đều nằm trong sai số cho phép và có xu thế tương đồng về đường quá trình tính toán với thực đo, tuy nhiên, chỉ có trận lũ xảy ra trong thời đoạn từ 26/10/2020–31/10/2020 là có thời gian xuất hiện đỉnh lũ trùng với thực tế, các trận lũ khác còn chênh nhau về thời gian xuất hiện đỉnh lũ với sai số từ 6–12h. Với trận lũ xảy ra trong thời đoạn từ 11/10/2020–15/10/2020 và từ 26/10/2020–31/10/2020, ba chỉ tiêu đánh giá bao gồm “trung bình”, “lớn nhất” và “nhỏ nhất” đều nằm trong sai số cho phép. Đối với trận lũ xảy ra trong thời đoạn từ 11/11/2020–15/11/2020 và từ 01/12/2020–05/12/2020 chỉ có chỉ tiêu lớn nhất (tương ứng với giá trị đỉnh lũ) nằm trong sai số cho phép, còn hai chỉ tiêu “trung bình” và “nhỏ nhất” đều có giá trị dự báo lớn hơn sai số cho phép. Kết quả dự báo thử nghiệm và đánh giá dự báo hạn vừa cho mùa lũ năm 2020 và đánh giá cụ thể cho 4 trận lũ xảy ra trong thời gian thử nghiệm, cho thấy bộ công cụ, phần mềm có khả năng đáp ứng trong dự báo nghiệp vụ với các khả năng dự báo của mô hình đạt độ chính xác từ 67–71% trong mùa lũ năm 2020.

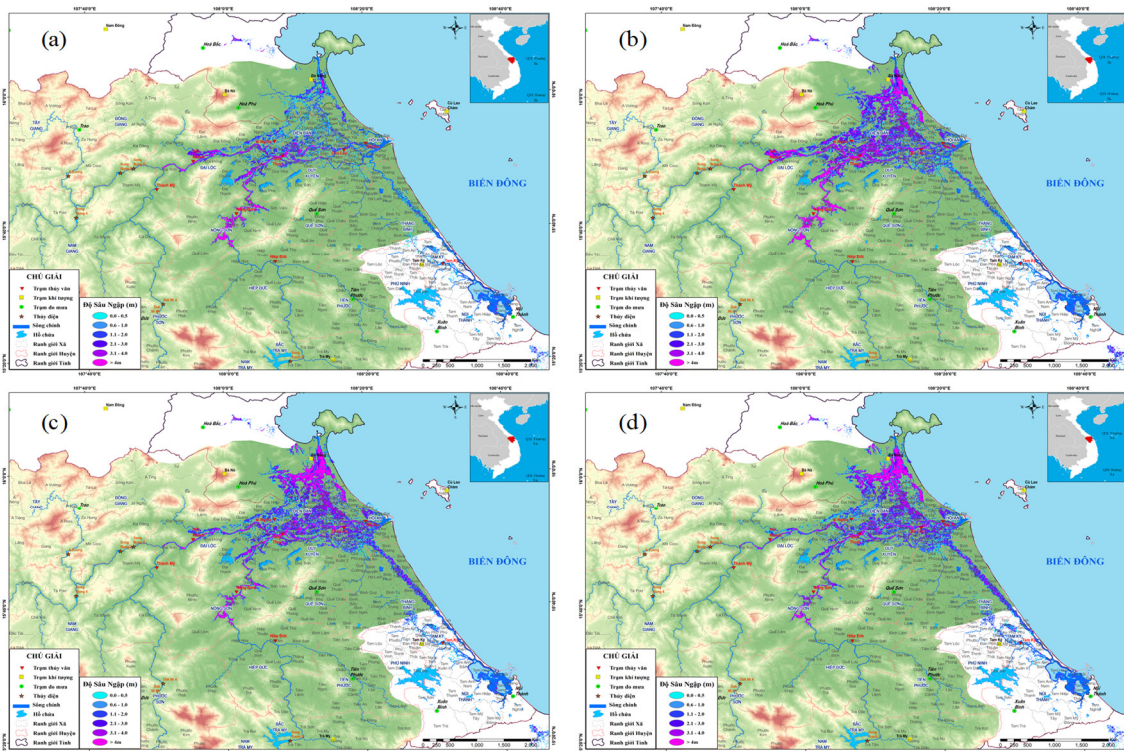
### 3.3. Thử nghiệm bộ công cụ trong công tác cảnh báo ngập lụt

Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11–GIS, tích hợp kết quả mô phỏng tính toán từ mô hình thủy lực MIKE 11 với nền bản đồ DEM 30m × 30m để xây dựng các kịch bản ngập theo cấp mực nước tăng dần 20cm từ cấp báo động I, cấp báo động I, II, III và cấp lũ lịch sử cho cả 3 lưu vực nghiên cứu. Bộ bản đồ ngập lụt được xây dựng cho cả ba lưu vực gồm tổng số gần 80 bản đồ trong đó có thống kê diện tích ngập và biểu đồ thống kê theo cấp xã, huyện để hỗ trợ cung cấp thông tin cảnh báo, tham khảo phục vụ công tác phòng chống thiên tai khi có sự cố xảy ra. Bộ bản đồ cảnh báo và biểu đồ thống kê diện tích ngập theo cấp xã, huyện, bảng thống kê excel được tích hợp trực tiếp trong bộ công cụ phần mềm. Đây là một tài liệu tham khảo tốt, hiệu quả và cung cấp thông tin nhanh kịp thời khi có thiên tai xảy ra trên ba lưu

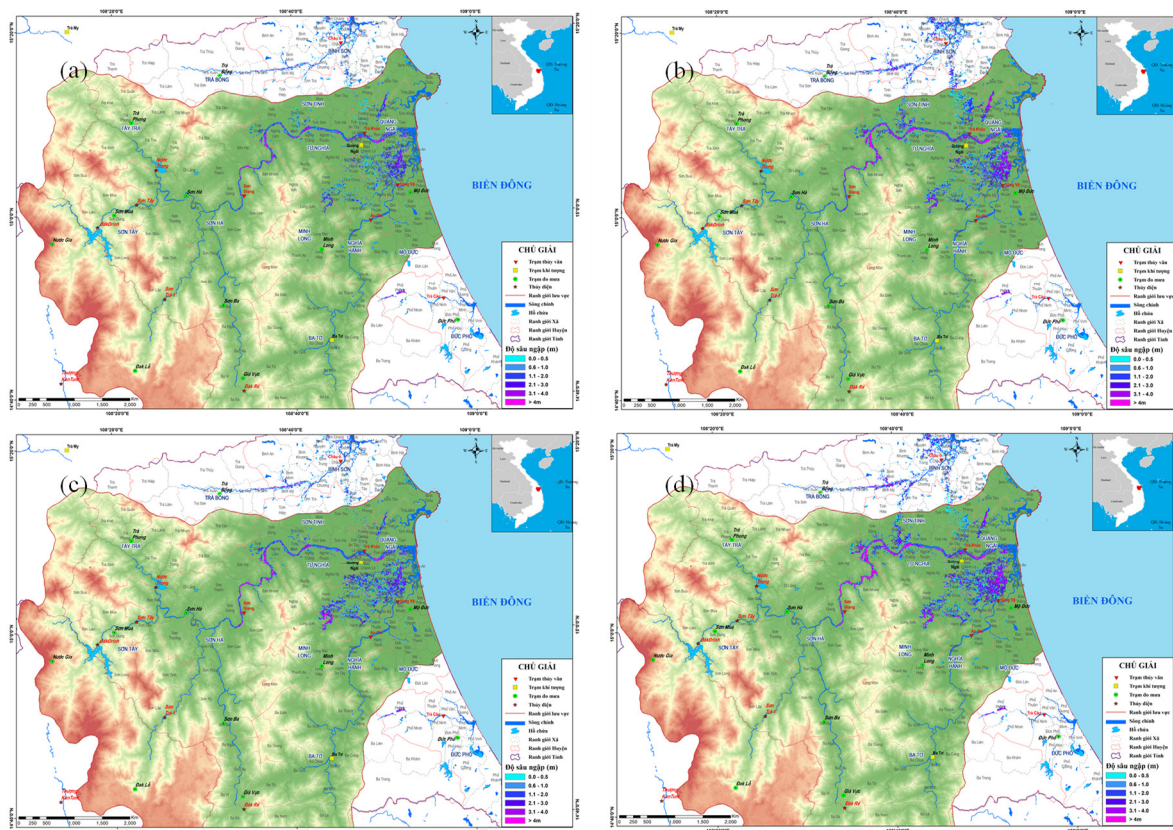
vực nghiên cứu. Dưới đây là một số kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt theo mức báo động lũ và mức lũ lịch sử trên ba lưu vực nghiên cứu (Hình 13–15).



**Hình 13.** Bản đồ ngập lụt theo mức báo động lũ và mức lũ lịch sử năm 2009 tại khu vực hạ lưu sông Thạch Hãn: (a) 4,20 m (> BĐII = 4,0 m); (b) 5,60m (> BĐIII = 5,50 m); (c) 7,70 m (> BĐIII); (d) 7,29 m ( $H_{Lịch\ sử} = 7,29\text{ m}$ ).



**Hình 14.** Bản đồ ngập lụt theo mức báo động lũ và mức lũ lịch sử năm 2009 tại khu vực hạ lưu sông Vu Gia–Thu Bồn: (a) 3,20 m (> BĐII = 3,0 m); (b) 4,20m (> BĐIII = 4,0 m); (c) 5,0 m (BĐIII); (d) 5,40 m (>  $H_{Lịch\ sử} = 5,39\text{ m}$ ) [30].



**Hình 15.** Bản đồ ngập lụt theo mức báo động lũ và mức lũ lịch sử năm 2009 tại khu vực hạ lưu sông Trà Khúc–Sông Vệ: (a) 5,20 m (> BĐII = 5,0 m); (b) 6,80m (> BĐIII = 6,5 m); (c) 7,0 m (> BĐIII); (d) 8,80 m (> H<sub>L</sub>lịch sử = 8,76 m).

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy bộ công cụ được xây dựng cho ba lưu vực nghiên cứu Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra và hỗ trợ tốt cho công tác nghiệp vụ dự báo tại Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia. Kết quả dự báo thử nghiệm khi áp dụng bộ công cụ cho hai lưu vực Thạch Hãn và Vu Gia–Thu Bồn cho kết quả bước đầu khả quan với chất lượng dự báo 5 ngày tương tự đạt từ 76–81% và 67–71% cho mùa lũ năm 2020. Kết quả thử nghiệm bộ công cụ tương tự cho lưu vực Trà Khúc–Sông Vệ sẽ được bổ sung đánh giá tương tự.

Kết quả thử nghiệm bộ công cụ cảnh báo ngập lụt cho ba lưu vực nghiên cứu cho thấy nghiên cứu đã xây dựng được bộ bản đồ tương đối chi tiết và đầy đủ trong đó đã thống kê được diện tích ngập chi tiết tới cấp xã, cấp huyện. Đây là một tài liệu tham khảo quan trọng hỗ trợ cho công tác thống kê, báo cáo phục vụ công tác phòng chống thiên tai một cách hiệu quả.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.Q.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: Đ.Q.T.; Xử lý số liệu: Đ.Q.T.; Viết bản thảo bài báo: Đ.Q.T.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.Q.T.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu ứng dụng số liệu dự báo của Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu để xây dựng các phương án dự báo lũ 5 ngày cho các sông chính ở Trung Trung Bộ”, mã số TNMT.2018.05.35 thuộc Chương trình “Khoa học và công nghệ nhằm nâng cao năng lực cảnh báo, dự báo khí tượng, thủy văn, hải văn và phục vụ quản lý nhà nước về khí tượng, thủy văn và biến đổi khí hậu giai đoạn 2016–2020”, Mã số: TNMT.05/16–20 và đề tài nghiên cứu cơ sở “Ứng dụng thử nghiệm và hoàn thiện bộ công cụ dự báo lũ 5 ngày trên lưu vực Thạch

Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ phục vụ công tác nghiệp vụ dự báo”, mã số CS.2020.3. Bên cạnh đó, tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các thành viên chính tham gia thực hiện hai nghiên cứu 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. Deltares (Flood forecasting system (Delft–FEWS). <http://www.delft-fews.nl/>.
2. Sherestha, M.; Wang, L.; Koike, T. Investigating the applicability of WEB–DHM to the Himalayan river basin of Nepal. *Ann. J. Hydraul. Eng.* **2010**, *54*, 55–60.
3. Werner, M.; van Dijk, M.; Schellekens, J. DELFT–FEWS: an open shell flood forecasting system. In: Liang, S. ; Phoon, K. ; Babovic, V. (Eds.). *Proceedings of the 6th International Conference on Hydroinformatics*. World Scientific Publishing Company, Singapore, 2004, pp. 12051212.
4. Werner, M.; Cranston, M.; Harrison, T.; Whitfield, D.; Schellekens, J. Recent developments in operational flood forecasting in England, Wales and Scotland. *Meteorol. Appl.* **2009**, *16*, 13–22.
5. Werner, M.; Schellekens, J.; Gijssbers, P.; van Dijk, M.; van den Akker, O.; Heynert, K. The Delft–FEWS flow forecasting system. *Environ. Modell. Software* **2013**, *40*, 65–77.
6. Skotner, C.; Klinting, A.; Ammentorp, H.C. MIKE FLOOD WATCH – Managing Real–Time Forecasting, 2005. [https://pdfs.semanticscholar.org/f176/f607a3112c73db9b8a73964759e340209aa6.pdf?\\_ga=2.85300505.165438480.1586159325-1029435390.1555942776](https://pdfs.semanticscholar.org/f176/f607a3112c73db9b8a73964759e340209aa6.pdf?_ga=2.85300505.165438480.1586159325-1029435390.1555942776).
7. Danish Hydraulic Institute (DHI). MIKE SHE User Manual, Volume 1: User Guide, 2014, pp. 370.
8. Danish Hydraulic Institute (DHI). MIKE SHE User Manual, Volume 2: Reference Guide, 2014, pp. 444.
9. Wang, L.; Koike, T.; Yang, K.; Jackson, T.J., Bindlish, R.; Yang, D. WEB–DHM: A distributed biosphere hydrological model developed by coupling a simple biosphere scheme with a hillslope hydrological model. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, abstract id. H32D–08, 2008.
10. Wang, L.; Koike, T. Comparison of a distributed biosphere hydrological model with GBHM. *Ann. J. Hydraul. Eng.* **2009**, *53*, 103–108.
11. Yang, D.W.; Herath, S.; Musiak, K. A hillslope–based hydrological model using catchment area and width functions. *Hydrol. Sci. J.* **2002**, *47(1)*, 49–65. Doi:10.1080/02626660209492907.
12. Huffman, G.J.; Adler, R.F.; Rudolf, B.; Schneider, U.; Keehn, P.R. Global precipitation estimates based on a technique for combining satellite–based estimates, rain gauge analysis, and NWP model precipitation information. *J. Clim.* **1995**, *8*, 1284–1295.
13. Wang, Z.; Batelaan, O.; De Smedt, F. A distributed model for water and energy transfer between soil, plants and atmosphere (WetSpa). *Phys. Chem. Earth.* **1997**, *21(3)*, 189–193.
14. Zhou, J.; Wang, L.; Zhang, Y.; Guo, Y.; Li, X.; Liu W. Exploring the water storage changes in the largest lake (Selin Co) over the Tibetan Plateau during 2003–2012 from a basin–wide hydrological modelling. *Water Resour. Res.* **2015**, *51(10)*, 8060–8086. <https://doi.org/10.1002/2014WR015846>.

15. Tianqi, A.; Ishidaira, H.; Takeuchi, K. Study of distributed runoff simulation model based on block type TOPMODEL and Muskingum–Cunge method (in Japanese). *Ann. J. Jpn Soc. Civ. Eng.* **1999**, *43*, 7–12.
16. Knebla, M.R.; Yanga Z.L.; Hutchisonb, K.; Maidment, D.C. Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC–HMS/RAS: a case study for the San Antonio river basin summer 2002 storm event. *J. Environ. Manage.* **2005**, *75*, 325–336.
17. Deakin, R. Data to information: GIS and decision support for coastal management. In *Hydroinformatics'94*. Rotterdam: Balkema, **1994**, 559–564.
18. Kadam, P.; Sen, D. Flood inundation simulation in Ajoy river using MIKE–FLOOD. *ISH Journal of Hydraulic Engineering* **2012**, *18(02)*, 129–141.
19. Mason, D.C.; Cobby, D.M.; Horritt, M.S.; Bates, P.D. Two–dimensional hydraulic flood modelling using floodplain topographic and vegetation features derived from airborne scanning laser altimetry, EGS XXVII General Assembly, Nice, France, 2002.
20. Nguyen, T.M.L.; Doan, Q.T.; Tran, H.T.; Nguyen, C.D. Application of a two–dimensional model for flooding and floodplain simulation: Case study in Tra Khuc Song Ve river in Viet Nam. *Lowland Technol. Int.* **2018**, *20(3)*, 367–378.
21. Tran, T.D.; Doan, Q.T.; Dinh, D.T.; Nguyen, N.H. Application of Mike Flood Model in Inundation Simulation with the Dam–break Scenarios: A Case Study of DakDrinh Reservoir in Vietnam. *Int. J. Earth Sci. Eng.* **2019**, *12(01)*, 60–70.
22. Dat, T.T.; Tri, D.Q.; Truong, D.D.; Hoa, N.N. Application of Mike Flood Model in Inundation Simulation with the Dam–break Scenarios: A Case Study of DakDrinh Reservoir in Vietnam. *Int. J. Earth Sci. Eng.* **2019**, *12(01)*, 60–70. <https://doi.org/10.21276/ijee.2019.12.0106>.
23. Pham, Q.B.; Abba, S.I.; Usman, A.G.; Linh, N.T.T.; Gupta, V.; Malik, A.; Costache, R.; Vo, N.D.; Tri, D.Q. Potential of hybrid data–intelligence algorithms for multi–station modelling of rainfall. *Water Res. Manage.* **2019**, *33(15)*, 5067–5087.
24. Chena, Y.H.; Chang, F.J. Evolutionary artificial neural networks for hydrological systems forecasting. *J. Hydrol.* **2009**, *367(1–2)*, 125–137.
25. Philippe, B. The WGNE survey of verification methods for numerical prediction of weather elements and severe weather events. *Meteo – France*, Toulouse, 2003.
26. Mai, Đ.T. Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt cho các sông chính tỉnh Bình Định và Khánh Hòa. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ, 2015.
27. Long, V.Đ. Nghiên cứu xây dựng công nghệ cảnh báo, dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt cho các sông chính ở Quảng Bình, Quảng Trị. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ, 2014.
28. Long, V.Đ. Nghiên cứu ứng dụng thử nghiệm mô hình TELEMAC 2D tính toán lũ và cảnh báo ngập lụt cho vùng hạ lưu sông Trà Khúc – Sông Vệ. Báo cáo tổng kết đề tài cơ sở, 2015.
29. Trí, Đ.Q. và cs. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu ứng dụng số liệu dự báo của Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu để xây dựng các phương án dự báo lũ 5 ngày cho các sông chính ở Trung Trung Bộ”, mã số TNMT.2018.05.35, 2021, tr. 318.
30. Trí, Đ.Q. Ứng dụng mô hình thủy văn–thủy lực kết hợp mưa dự báo IFS phục vụ cảnh báo lũ, ngập lụt hạ lưu sông Vu Gia–Thu Bồn. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *703*, 27–41.
31. Thái, T.H.; Trí, Đ.Q.; Tuyên, T.Đ.T.; Tâm, N.T.; Dịu, B.T. Áp dụng mô hình MIKE SHE kết hợp sử dụng sản phẩm mưa dự báo IFS dự báo lưu lượng đến hồ lưu vực sông Trà Khúc–Sông Vệ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *697*, 1–12.

32. Thai, T.H.; Tri, D.Q. Combination of hydrologic and hydraulic modeling on flood and inundation warning. *VN J. Earth Sci.* **2019**, *41(3)*, 240–251. <https://doi.org/10.15625/0866-7187/41/3/13866>.
33. Quyết định số 772/QĐ–TCKTTV ngày 05/12/2018 về việc “Ban hành quy định tạm thời sai số cho phép tại các vị trí dự báo thủy văn trên các sông thuộc phạm vi cả nước” của Tổng cục Khí tượng Thủy văn, 2018.

## **Establishment of an integrated toolkit flood forecasting and inundation warning for 03 river basins: Thach Han, Vu Gia–Thu Bon and Tra Khuc–Song Ve**

**Doan Quang Tri<sup>1\*</sup>, Pham Thi Nga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>2</sup> President Ho Chi Minh’s Vestige in the Presidential Palace Area, No.1 (Red Gate), Hoang Hoa Tham St., Ba Dinh Dist., Ha Noi; phamlinhnga.pct@gmail.com

**Abstract:** Research and applying for new scientific and technical advances and modern new models to improve the quality of hydro-meteorological forecasting. This study has built a complete set of integrated tools with modules that update with real-time measured rain data, water level, discharge, and reservoir regulation activities that are integrated into the operating systems. hydrological model (MIKE SHE) for forecasting flow to the lake, regulating reservoirs, hydraulic model MIKE 11 to predict floods in rivers, MIKE 11 GIS model for flood warning for downstream areas. The toolkit uses medium-term (5-day) forecast rain data from the IFS model, which has been calibrated and evaluated as appropriate. The results of the evaluation and trial application of one flood season for the two basins Thach Han and Vu Gia–Thu Bon gave relatively positive results and continued testing for the Tra Khuc–Song Ve basin. This study has built a set of flood warning maps according to water level and flood warning level, which is an important reference document that provides good support for flood forecasting and inundation warning to serve the prevention of natural disasters.

**Keywords:** A toolkit; Flood Forecasting; Inundation warning; Thach Han; Vu Gia–Thu Bon; Tra Khuc–Song Ve.



# Table of content

- 1** Kham, D.V.; Dung, L.T.; Khanh, D.Q.; Yen, D.H. Study on the influence of climatic factors on the development of mosquito bug (*Helopeltis theivora*) on cashew tree in Lam Dong Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 1–11.
- 12** Khanh, D.Q.; Kham, D.V.; Yen, D.H. Research and application of remote sensing and GIS technology to build agricultural drought maps of Ninh Thuan Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 12–24.
- 25** Dung, T.X.; Thy, N.H. Estimating the gas emission from rice straw burning on fields in Mekong Delta. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 25–35.
- 36** Quyen, L.N.; Phung, N.K.; Dung, L.M. A study on using local data to assimilate for WRF model to improve the quality of rainfall forecast for the Southern Viet Nam. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 36–51.
- 52** Huong, H.T.T.; Luong, N.V.; Huan, L.H.; Giai, N.S. Analysis, assessment of the Agricultural Rainfall index (ARI), Standardized Precipitation Index (SPI) and integration information for 4 main crops (Rice, Maize, Peanut, Soybean) in the period of 1991–2020 in Nghe An Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 52–63.
- 64** Khiem, M.V.; Lam, H.P.; Huong, N.V.; Mai, H.T.; Van, T.N.; Hoa, N.T.; Nguyen, T.T.; Diep, T.Q. An application in seasonal forecasting of the number of extreme and hot days in Vietnam 2022 using Canonical correlation analysis. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 64–78.
- 79** Tai, P.H.; Huy, N.X.; Nguyen, N.V.K.; Linh, L.H. An experimental investigation into enhancing oil recovery using surfactant system in White Tiger field. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 79–92.
- 93** Tri, D.Q.; Nga, P.T. Establishment of an integrated toolkit flood forecasting and inundation warning for 03 river basins: Thach Han, Vu Gia–Thu Bon and Tra Khuc–Song Ve. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 736, 93–110.