

SỬ DỤNG MÔ HÌNH HỒI QUY ĐA HỢP PHÂN TÍCH MỐI QUAN HỆ CỦA THỜI TIẾT VÀ NĂNG SUẤT LÚA CẤP TỈNH TẠI VIỆT NAM

Trịnh Thị Hương

Bộ môn Phân tích dữ liệu Kinh tế, Khoa Toán Kinh tế, Trường Đại học Thương mại

Tác giả liên hệ: trinthihuong@tmu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10.05.2024

Ngày chấp nhận đăng: 28.05.2024

TÓM TẮT

Sản xuất lúa tại Việt Nam chịu nhiều tác động trực tiếp của biến đổi khí hậu nói chung và thời tiết nói riêng. Nghiên cứu này phân tích mối quan hệ giữa thời tiết và năng suất lúa cấp tỉnh tại Việt Nam trong giai đoạn 1987-2016. Dữ liệu thời tiết là nhiệt độ lớn nhất trong ngày của từng tỉnh/thành phố và tổng lượng mưa trong 1 năm. Năng suất lúa tại khu vực Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long là lớn nhất. Nhiệt độ trong 1 năm được biểu diễn thông qua vectơ đa hợp trong đơn hình 28-chiều. Thông qua mô hình hồi quy đa hợp, nhiệt độ cao nhất trong ngày có tác động nhiều nhất đến năng suất lúa là 28°C-30°C. Cụ thể, tần suất các ngày trong năm có nhiệt độ 28°C-29°C và nhiệt độ 29°C-30°C có tác động lớn nhất đến tăng năng suất lúa tại Việt Nam. Với kịch bản biến đổi khí hậu RCP2.6, năng suất lúa năm 2099 của các vùng sinh thái đều thấp hơn so với năng suất lúa năm 2016. Các kịch bản RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 có tác động không đồng nhất đến sự chênh lệch năng suất lúa năm 2009 và 2016.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, nhiệt độ, năng suất lúa, mô hình hồi quy đa hợp, kịch bản biến đổi khí hậu, Việt Nam.

Using Compositional Regression Models to Analyze the Relationship Between Weather and Provincial Rice Yield in Vietnam

ABSTRACT

Rice yield in Vietnam is heavily influenced by climate change, particularly weather patterns. This study aimed to examine the relationship between weather and provincial rice yield in Vietnam from 1987 to 2016. The weather data considered in this analysis included the maximum daily temperature for each province or city and the total annual rainfall. The Red River Delta and Mekong Delta regions exhibited the highest levels of rice yield. To represent the temperature patterns across a given year, a compositional vector consisting of 28 dimensions was utilized. Using a compositional regression model, the highest daily temperatures with the greatest impact on rice yield fall within the range of 28°C-30°C. More specifically, the frequency of days within the year that temperatures fall within 28°C-29°C and 29°C-30°C had the most significant effect on increasing rice yield in Vietnam. Under the climate change scenario RCP2.6, the projected rice yields for all ecological regions in the year 2099 are estimated lower than those in 2016. The climate scenarios RCP4.5, RCP6.0, and RCP8.5 showed heterogeneous impacts on the difference in rice yield in 2009 and 2016.

Keywords: Climate change, temperature, rice yield, compositional regression model, climate change scenario, Vietnam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã và đang tác động đến tất cả các quốc gia trên thế giới. Các tổ chức kinh tế đã cảnh báo về mối quan hệ giữa tình trạng biến đổi khí hậu và an ninh lương thực (Nguyen, 2002), cụ thể hơn là sản

hưởng đến năng suất nông nghiệp (Sekhar, 2018). Chủ đề này cũng thu hút sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu, đặc biệt là ảnh hưởng tới năng suất nông nghiệp. Nghiên cứu đầu tiên được tiến hành từ đầu thế kỷ XX trên dữ liệu về tác động đến sản lượng lúa mạch (Fisher, 1925). Nhiều nghiên cứu chỉ ra tác

động của BĐKH đến năng suất cây trồng và sản lượng nông nghiệp (Praveen & Sharma, 2019). Tại các nước sản xuất nông nghiệp, trong đó có lúa, chịu tác động nhiều của sự tăng của nhiệt độ (Zhu & Trinh, 2010). Nghiên cứu về ảnh hưởng của BĐKH đến năng suất lúa được cập nhật kết quả nghiên cứu thực nghiệm thường xuyên tại các quốc gia sản xuất lúa. Nghiên cứu tại Ấn Độ trong giai đoạn 1969-2007 với dữ liệu về nhiệt độ ban đêm và nhiệt độ ban ngày đến năng suất lúa cho thấy tác động tiêu cực cao hơn của nhiệt độ ban ngày đến năng suất lúa (Pattanayak & Kumar, 2014). Nghiên cứu ước tính năng suất lúa trung bình sẽ cao hơn 8,4% nếu điều kiện khí hậu trở lại như trước năm 1960 và sự thay đổi khí hậu dẫn đến tổn thất trung bình hàng năm là 4,4 triệu tấn/năm trong giai đoạn nghiên cứu.

Mô hình nghiên cứu về tác động của thời tiết đến năng suất nông nghiệp rất đa dạng và phức tạp do tác động đa chiều. Một số mô hình nghiên cứu sử dụng các phương pháp tiếp cận thông qua dữ liệu chéo và dữ liệu bảng kết hợp các mô hình phân tích nông nghiệp và mô phỏng sự sinh trưởng của cây trồng (Nguyen & Scrimgeour, 2022; Vũ Duy Thành & Trần Thị Lan Hương, 2020). Nghiên cứu sử dụng mô hình hồi quy phi tuyến cho thấy tác động của nhiệt độ đến năng suất ngô và đậu nành tại Mỹ có dạng đường cong lồi, trong đó năng suất ngô tăng theo nhiệt độ lên tới 29°C nhưng nhiệt độ trên các ngưỡng này có hại (mức ngưỡng của đậu nành là 32°C) (Schlenker & Roberts, 2009). Trong nghiên cứu này, biến nhiệt độ được đưa vào mô hình thông qua dữ liệu hàm nhiệt độ và tác giả sử dụng biểu đồ tần suất (với điểm chia 3°C). Tương tự, mô hình hồi quy hàm thông qua biểu đồ tần suất nhiệt độ được sử dụng trong đánh giá tác động biên của nhiệt độ đến năng suất nông nghiệp tại Mỹ giai đoạn 1970-2010 (Deryugina & Hsiang, 2017). Bên cạnh đó, trong phân tích dữ liệu đa hợp, biểu đồ tần suất có thể coi là một vectơ đa hợp và được sử dụng trong các mô hình ước lượng dữ liệu hàm (Boogaart & cs., 2014; Pawlowsky-Glahn & Buccianti, 2011). Đặc biệt, hướng tiếp cận thông qua phân tích đa hợp bảo tồn đặc điểm của biểu đồ tần suất (tổng các tần suất bằng 1) và phù hợp với hướng tiếp

cận hàm nhiệt độ thông qua biểu đồ tần suất (Dias & Brito, 2022).

Hiện nay, sau 30 năm đổi mới, Việt Nam là nước nông nghiệp và là nước xuất khẩu gạo lớn trên thế giới. Bên cạnh đó, Việt Nam cũng chịu tác động nặng nề của BĐKH đến năng suất lương thực (Tran, 2011). Đảm bảo an ninh lương thực và hành động ứng phó với BĐKH là các mục tiêu phát triển bền vững mà Chính phủ Việt Nam cam kết thực hiện (General, 2015). Chính sách về phát triển nông nghiệp và an ninh lương thực phải được đặt trong bối cảnh kinh tế xã hội thay đổi và BĐKH (Phạm Văn Dũng, 2017). Do đó, tác động của BĐKH đến năng suất lúa gạo nói chung và tại Việt Nam nói riêng được các tổ chức và nhà nghiên cứu quan tâm (Anh & cs., 2023). Nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng trong kịch bản phát thải thấp và không có biện pháp can thiệp, năng suất lúa tại Việt Nam sẽ giảm tới 18% vào năm 2030 so với mức trung bình giai đoạn 1980-1999 (Le, 2016). Hơn nữa, dưới các bối cảnh BĐKH khác nhau thì nông nghiệp Việt Nam, đặc biệt là sản xuất lúa, chịu tác động khác nhau (Kontgis & cs., 2019; Thái Thị Thanh Minh & Vương Thị Hòe, 2020; Trinh & cs., 2023).

Nghiên cứu đối với hộ sản xuất tại khu vực Tây Nguyên và miền Trung giai đoạn 2002-2018, kết quả đã chỉ ra thiên tai và BĐKH làm giảm trung bình từ 0,982% đến 17,060% thu nhập của hộ sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản theo các kịch bản BĐKH khác nhau (Phùng Mai Lan & Nguyễn Ánh Tuyết, 2021). Nghiên cứu về ảnh hưởng của BĐKH, thông qua các chỉ tiêu về hiện tượng khí tượng cực đoan (lũ lụt, mưa bão), nhiệt độ và lượng mưa đến năng suất lúa tỉnh Thừa Thiên Huế, giai đoạn 1996-2021 được tiến hành gần đây (Nguyễn Thị Minh Phương & cs., 2023). Kết quả nghiên cứu cho thấy các hiện tượng cực đoan làm giảm năng suất lúa của tỉnh. Lượng mưa và nhiệt độ của tháng cao nhất trong năm tác động có ý nghĩa thống kê đến tăng năng suất lúa. Ngược lại, lượng mưa trung bình và nhiệt độ thấp có tác động làm giảm năng suất lúa. Nghiên cứu của Simioni xem xét ảnh hưởng của những ngày nhiệt độ nóng nhất và lạnh nhất trong năm đối với năng suất lúa tại Việt Nam trong giai đoạn 1987-2016 và có xem xét ảnh

hưởng của yếu tố không gian. Tác giả sử dụng mô hình hồi quy cộng tính để ước lượng hàm tổn thất, tức là ảnh hưởng của thời tiết cực đoan đối với năng suất lúa. Kết quả nghiên cứu cho thấy những tỉnh/thành phố tại Việt Nam có điều phát triển lúa (có năng suất lúa cao hơn) có nguy cơ tổn thất cao hơn đối với tác động của BĐKH (Simioni, 2023).

Một số nghiên cứu dự báo năng suất lúa dưới tác động của các kịch bản khác nhau. Nghiên cứu về tác động của của BĐKH tới năng suất lúa tại Thái Bình thông qua kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5 cho thấy năng suất lúa sẽ tăng 0,74-0,92 tấn/ha so với kịch bản RCP8.5 ở thời kỳ 2046-2065 (Thái Thị Thanh Minh & Vương Thị Hòe, 2020). Nghiên cứu tác động của bối cảnh biến đổi khí hậu RCP4.5 và RCP8.5 đến năm 2040-2069 tại Cần Thơ cho thấy năng suất lúa của cả 3 vụ sẽ giảm trung bình 5,5-8,5% mỗi năm (Kontgis & cs., 2019). Tương tự, ảnh hưởng của nhiệt độ đến năng suất lúa ở các vùng sinh thái năm 2099 đối với kịch bản RCP2.6 là khác nhau và khu vực Đồng bằng sông Cửu Long chịu tác động nặng nề nhất (Trinh & cs., 2023).

Trong điều kiện BĐKH tiếp tục ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp và Việt Nam là nước sản xuất gạo lớn trên thế giới, các nghiên cứu thực nghiệm trong chủ đề này tiếp tục là khoảng trống nghiên cứu. Bên cạnh đó, mặc dù mối quan hệ của BĐKH đến năng suất lúa đã được phân tích thông qua nhiều mô hình toán học, sự ứng dụng các mô hình mới trong nghiên cứu thực nghiệm là cần thiết (Vũ Duy Thành & Trần Thị Lan Hương, 2020).

Nghiên cứu này phân tích mối quan hệ của thời tiết đến năng suất lúa tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu nhiệt độ lớn nhất hàng ngày và lượng mưa trong giai đoạn 1987-2016. Bên cạnh đó, chúng tôi sử dụng dữ liệu dự báo nhiệt độ năm 2099 tại Việt Nam qua bốn kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 (Tran-Anh & cs., 2022). Dữ liệu về năng suất lúa là trung bình năng suất cấp tỉnh. Thông qua mô hình hồi quy đa hợp (Pawlofsky-Glahn & Buccianti, 2011), mục đích của nghiên cứu này là trả lời hai câu hỏi nghiên cứu:

- Tác động của nhiệt độ lớn nhất trong ngày của mỗi tỉnh ảnh hưởng như thế nào đến trung bình năng suất cấp tỉnh giai đoạn 1987-2016?

- Sự thay đổi năng suất lúa của năm 2009 so với năm 2016 dưới từng kịch bản biến đổi khí hậu như thế nào?

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu về thời tiết từ Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia Mỹ (National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://www.noaa.gov/>) trong 30 năm từ 1987 đến 2016. Dữ liệu được công cấp là nhiệt độ cao nhất trong ngày (T_{max} , đơn vị: °C) với lưới có độ phân giải $0,50 \times 0,50$. Dữ liệu thời tiết trên được ghép với dữ liệu không gian địa lý của các tỉnh/thành phố tại Việt Nam trên phần mềm R (Pebesma & Bivand, 2023) để thu được dữ liệu thời tiết cấp tỉnh. Sau quá trình làm sạch dữ liệu về thời tiết tại 63 tỉnh/thành phố của Việt Nam và trong 30 năm, chúng tôi thu được mẫu dữ liệu gồm 1890 quan sát ($63 \times 30 = 1.890$). Trong đó, mỗi quan sát là nhiệt độ ngày trong 1 năm (365 hoặc 366 ngày).

Dữ liệu về năng suất lúa tại từng tỉnh/thành phố của Việt Nam trong khoảng thời gian 1987-2016 được sử dụng từ Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế (International Rice Research, <https://www.irri.org/>). Năng suất lúa được tính trên tổng sản lượng cấp tỉnh và diện tích trồng (đơn vị: tấn/ha).

Dữ liệu về lượng mưa được thu thập từ cơ quan APHRODITE của Nhật Bản (Yatagai & cs., 2007). Dữ liệu APHRODITE là số liệu mưa của châu Á, thu thập từ các mạng lưới quan trắc mưa tại trạm với độ phân giải cao ($0,250 \times 0,25^\circ$ và $0,50 \times 0,5^\circ$) (Ngô Lê An & Nguyễn Thị Thu Hà, 2019). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng tổng lượng mưa (đơn vị: ml/năm).

Dữ liệu về các kịch bản BĐKH của Việt Nam đến năm 2099 được sử dụng theo bốn kịch bản lộ trình tập trung đại diện (Representative Concentration Pathway, RCP), cụ thể là RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 (Tran-Anh & cs., 2022) (đơn vị: °C). Các kịch bản được dựa

trên sử dụng năng lượng tái chế, phương tiện giao thông, dự báo nước biển tăng (Tran-Anh & cs., 2022). Trong đó, kịch bản RCP2.6 tương ứng với mức dự đoán nhiệt độ trung bình tăng ít nhất, $1,3 \pm 0,52^\circ\text{C}$. Các kịch bản còn lại nhiệt độ tăng trung bình cao hơn vào năm 2099 ($3,85 \pm 0,85^\circ\text{C}$ theo RCP8.5).

2.2. Mô hình hồi quy đa hợp

Véc tơ đa hợp D -chiều trong đơn hình S^D là một véc tơ có D thành phần và các thành phần đều không âm (Aitchison, 1986), có tổng bằng 1 hoặc 100%:

$$(x_1, x_2, \dots, x_D) \text{ với } x_j > 0, j = 1, 2, \dots, D \text{ và } \sum_{i=1}^D x_i = 1 \quad (1)$$

Cho hai véc tơ đa hợp $x = (x_1, x_2, \dots, x_D)$, $y = (y_1, y_2, \dots, y_D)$ và số thực $\alpha > 0$. Các phép toán trên đơn hình S^D được định nghĩa là:

- Phép cộng hai véc tơ đa hợp:

$$x \oplus y = (x_1 y_1, x_2 y_2, \dots, x_D y_D) \quad (2)$$

- Phép nhân 1 véc tơ đa hợp với một vô hướng:

$$\alpha \odot x = (x_1^\alpha, \dots, x_D^\alpha) \quad (3)$$

- Tích vô hướng (Aitchison) của véc tơ x và y

$$\langle x, y \rangle_A = \frac{1}{2D} \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^D \log \frac{x_i}{x_j} \times \log \frac{y_i}{y_j} \quad (4)$$

Ví dụ về véc tơ đa hợp là cơ cấu chi tiêu của khách du lịch (Trịnh Thị Hương & cs., 2020), cơ cấu các khoản chi giáo dục (Tô Thị Vân Anh & cs., 2020), tỷ lệ các nguyên tố đa lượng trong khẩu phần ăn (Trinh & cs., 2018) hoặc cơ cấu nguồn thu nhập hộ gia đình (Trịnh Thị Hương & cs., 2022). Do sự phụ thuộc của các thành phần trong véc tơ đa hợp nên cách tiếp cận là chuyển đổi để đưa véc tơ đa hợp về véc tơ trong không gian Euclide D chiều \mathbb{R}^D (hoặc \mathbb{R}^{D-1}). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng chuyển đổi logarit trung tâm (Centered logratios, CLR) để đưa véc tơ trên đơn hình S^D về \mathbb{R}^D .

$$\begin{aligned} \text{CLR}(x) &= (\text{CLR}_1, \text{CLR}_2, \dots, \text{CLR}_D) \\ &= \left(\log \frac{x_1}{g(x)}, \dots, \log \frac{x_D}{g(x)} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

Chuyển đổi CLR bảo toàn khoảng cách giữa hai véc tơ trong đơn hình S^D và trong không gian các số thực Euclide \mathbb{R}^D .

Mô hình hồi quy với biến phụ thuộc vô hướng Y , một biến đa hợp $X \in S^D$ và một biến vô hướng Z có dạng:

$$Y_1 = \alpha + \langle \beta, X_i \rangle_A + \gamma Z_1 + \epsilon_i \quad (6)$$

Trong đó, chỉ số dưới A kí hiệu tích vô hướng theo Aitchison và ϵ là sai số ngẫu nhiên có phân phối chuẩn và phương sai thuần nhất. Hệ số hồi quy $\beta \in S^D$ có dạng véc tơ đa hợp và các hệ số α và γ là các hệ số hồi quy vô hướng thông thường.

Do sự bảo tồn khoảng cách của chuyển đổi CLR, mô hình (6) được viết lại

$$Y_1 = \alpha + \langle \text{CLR}(\beta), \text{CLR}(X_i) \rangle_E + \gamma Z_1 + \epsilon_i \quad (7)$$

Trong đó, chỉ số dưới E kí hiệu tích vô hướng Euclide trong \mathbb{R}^D .

Hệ số của mô hình (6) được ước lượng thông qua ba bước: (i) Sử dụng chuyển đổi song ánh để đưa mô hình (6) trên đơn hình S^D về không gian \mathbb{R}^{D-1} ; (ii) Ước lượng mô hình đã chuyển đổi theo các phương pháp ước lượng thông thường, ví dụ phương pháp bình phương nhỏ nhất đối với mô hình hồi quy đa biến cổ điển; (iii) Dùng ánh xạ ngược để chuyển đổi hệ số ước lượng về đơn hình S^D . Chi tiết phương pháp ước lượng và phân tích mô hình, người đọc tham khảo (Pawlowsky-Glahn & cs., 2015). Trong nghiên cứu này, phân tích mô hình hồi quy đa hợp dạng hàm được tiến hành như trong nghiên cứu (Boogaart & cs., 2021) và trên mô hình (7) theo biểu diễn CLR. Trong đó, phân tích hệ số của mô hình (7) thông qua cặp giá trị CLR có chênh lệch nhiều nhất. Sự chênh lệch giữa các hệ số CLR biểu thị tác động giữa hai thành phần đối với biến phụ thuộc (Trinh & cs., 2023; Boogaart & cs., 2021). Bên cạnh đó, phân tích mô hình (6) và (7) được tiến hành thông qua tác động biên, tức là xem xét sự thay đổi của hai véc tơ hàm đa hợp đến sự thay đổi của biến phụ thuộc Y khi các yếu tố khác không đổi.

2.3. Mô hình hồi quy thực nghiệm

Mô hình hồi quy thực nghiệm xem xét ảnh hưởng của thời tiết và năng suất lúa tại Việt Nam, dựa trên mô hình hồi quy đa hợp (Pawlowsky-Glahn & cs., 2015; Trinh & cs.,

2023) và mô hình hàm tổn thất (Schlenker & Roberts, 2009) có dạng:

$$\begin{aligned} \text{Yield}_{it} = & \alpha + \beta \langle X_{it} \rangle_{S^{28}} + \gamma_1 \text{Year}_t \\ & + \gamma_2 \text{Precipitation}_{it} \\ & + \sum_{i=3}^7 \gamma_i \text{Region}_i + \epsilon_i \end{aligned} \quad (8)$$

Trong đó:

Chỉ số i là chỉ số về tỉnh và t là chỉ số về năm,

Yield là năng suất lúa của tỉnh tại năm quan sát (đơn vị: tấn/ha),

X tương ứng là vectơ đa hợp biểu thị nhiệt độ lớn nhất của từng tỉnh và từng năm, biểu diễn trong đơn hình S^{28} .

β là hệ số tương ứng của X ,

Các biến vô hướng (không phải vectơ đa hợp) là Năm (Year), tổng lượng mưa (Precipitation, đơn vị: ml) và vùng sinh thái (Region) (6 vùng sinh thái) với các hệ số là $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_7$.

Dự báo sự thay đổi của năng suất lúa đến năm 2099 so với năm 2016 đối với từng kịch bản BĐKH được tính toán dựa trên hệ số ước lượng (8). Ví dụ, giữ các yếu tố khác cố định, xem xét kịch bản BĐKH RCP2.6, năng suất lúa thay đổi của tỉnh i được cho bởi:

$$\begin{aligned} & \text{Yield}_{i,2099,RCP2.6} - \text{Yield}_{i,2016} \\ & = \langle \beta, X_{i,2099,RCP2.6} \rangle_{S^{28}} - \langle \beta, X_{i,2016} \rangle_{S^{28}} \\ & = \langle \text{CLR}(\beta), \text{CLR}(X_{i,2099,RCP2.6}) \rangle_{\mathbb{R}^{28}} \\ & - \langle \text{CLR}(\beta), \text{CLR}(X_{i,2016}) \rangle_{\mathbb{R}^{28}} \end{aligned} \quad (9)$$

Các tính toán trong nghiên cứu được thực hiện trên phần mềm mã nguồn mở R, Rstudio phiên bản 4.3.2 và các gói lệnh Compositions (Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013), robCompositions (Templ & cs., 2011) và tidyverse (Wickham & Wickham, 2017).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thời tiết tại Việt Nam thông qua biểu diễn CoDa

Nhiệt độ lớn nhất trong ngày tại mỗi tỉnh và năm được biểu thị thông qua vectơ đa hợp

trong đơn hình S^{28} . Mỗi vectơ đa hợp là tần suất của biểu đồ histogram (với khoảng chia là 1°C) và có tổng các thành phần bằng 1. Do số lượng vectơ đa hợp lớn (1.980 vectơ) và số chiều lớn nên nghiên cứu không minh họa được số liệu về sự thay đổi thời tiết qua 30 năm trong nghiên cứu. Hình 1 biểu thị biểu đồ tần suất histogram của nhiệt độ tại hai tỉnh Ninh Bình và Đồng Tháp trong năm 2016 (màu xanh đậm). Biểu đồ thể hiện sự khác biệt về thời tiết của hai vùng: Ninh Bình thuộc Đồng bằng sông Hồng với 4 mùa và nhiệt độ lớn nhất trong cả năm trong khoảng 12°C đến 40°C . Nhiệt độ lớn nhất tại Đồng Tháp thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long và không có mùa đông, dao động từ 24°C - 36°C . Dưới kịch bản BĐKH RCP2.6, nhiệt độ lớn nhất tại Ninh Bình dao động trong khoảng 18°C - 36°C và với tần suất lớn hơn. Nhiệt độ năm 2099 tại Đồng Tháp trong cùng kịch bản sẽ nóng hơn và giao động trong khoảng 30°C - 36°C . Trong đó, nhiệt độ phổ biến nhất là 31°C - 32°C .

3.2. Năng suất lúa tại Việt Nam giai đoạn 1987-2016

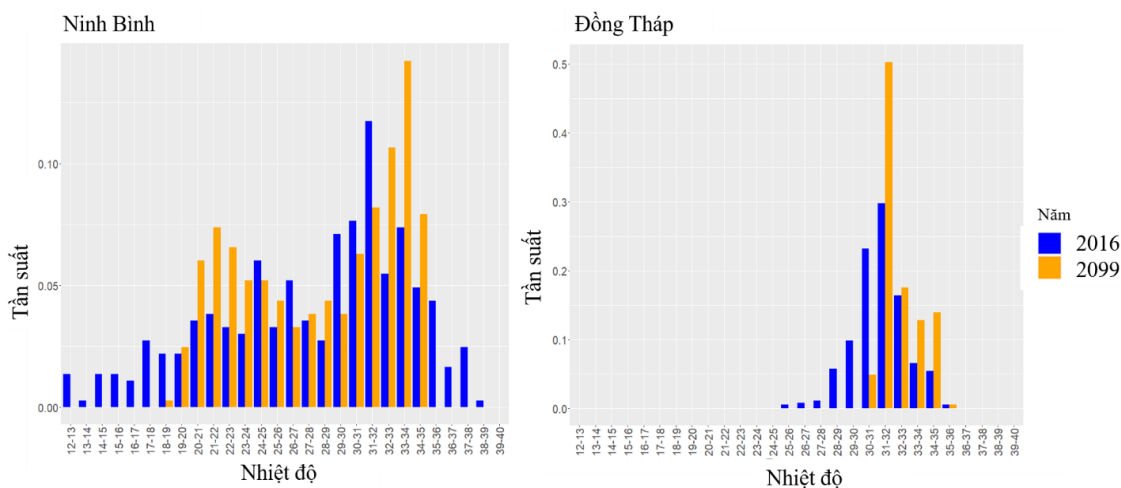
Hình 2 biểu thị năng suất lúa tại Việt Nam trong 30 năm và theo các vùng sinh thái thông qua biểu đồ hộp. Xu hướng của biểu đồ cho thấy năng suất lúa của các vùng tăng trong giai đoạn nghiên cứu, đặc biệt là của khu vực Đồng bằng sông Hồng và khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Từ sau những năm 2000, sự khác biệt về năng suất của các vùng sinh thái rõ ràng hơn do sự chuyên canh sản xuất nông nghiệp. Khu vực Tây Nguyên có năng suất lúa ở mức trung bình giữa các vùng sinh thái nhưng có độ giao động lớn nhất trong các vùng sinh thái.

3.3. Mối quan hệ của thời tiết và năng suất lúa tại Việt Nam giai đoạn 1987- 2016

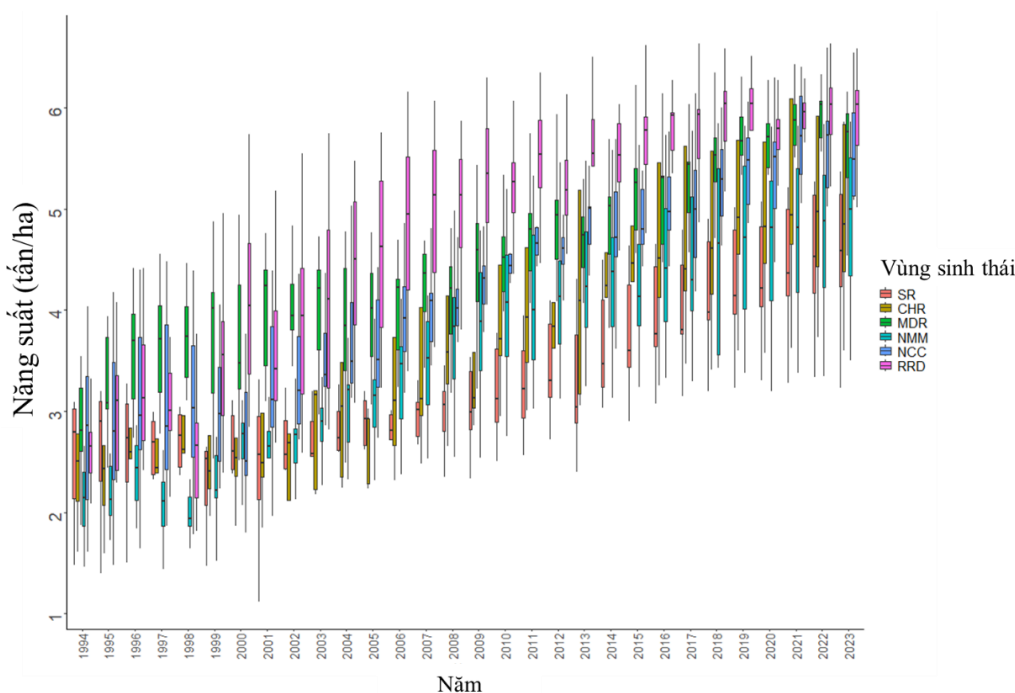
Kết quả hồi quy của các biến (vô hướng) được thể hiện trong bảng 1 và tác động của nhiệt độ được thể hiện trong hình 3. Các biến quan sát giải thích 75% năng suất lúa tại các tỉnh trong giai đoạn nghiên cứu (Bảng 1). Hệ số năm có tác động dương và có ý nghĩa thống kê, năng suất lúa tăng trung bình mỗi năm 0,01 tấn/ha. Xu hướng năng suất lúa tăng cũng

được các nghiên cứu trước thực nghiệm (Hồ Trọng Phúc & Phạm Xuân Hùng, 2023). Khu vực Đông Nam Bộ có năng suất lúa thấp hơn so với khu vực Tây Nguyên. Các khu vực còn lại đều có năng suất cao hơn năng suất lúa tại vùng Tây Nguyên. Đặc biệt, so với khu vực Tây

Nguyên, tác động biên của khu vực đồng bằng sông Hồng đến năng suất lúa là lớn nhất, tiếp theo là khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Biến tổng lượng mưa không có ý nghĩa thống kê trong nghiên cứu của chúng tôi và tương tự với nghiên cứu đã tiến hành (Kontgis & cs., 2019).



Hình 1. Biểu đồ histogram nhiệt độ lớn nhất trong ngày (Tmax) tại tỉnh Ninh Bình và Đồng Tháp năm 2016 và năm 2099 (kịch bản biến đổi thời tiết RCP2.6) (trên phần mềm Rstudio 4.3.2)

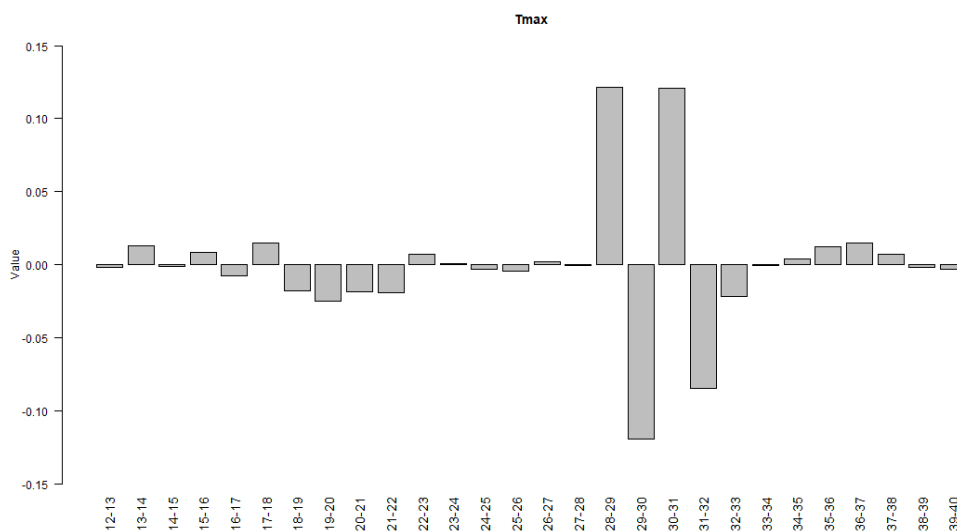


Ghi chú: SR: Đông Nam Bộ, CHR: Tây Nguyên. MDR: Đồng bằng sông Cửu Long, NMM: Trung du và miền núi phía Bắc, NCC: Bắc Trung Bộ và duyên hải miền Trung, RRD: Đồng bằng sông Hồng.

Hình 2. Biểu đồ hộp về năng suất lúa tại Việt Nam từ 1987-2016 và theo vùng sinh thái (trên phần mềm Rstudio 4.3.2)

Bảng 1. Kết quả hồi quy các biến vô hướng tác động đến năng suất lúa
(trên phần mềm Rstudio 4.3.2)

Biến quan sát		Hệ số hồi quy	Độ lệch chuẩn
Hệ số chặn		1,71 ***	0,31
Năm		0,10 ***	(0,00)
Tổng lượng mưa		-0,06	(0,04)
Vùng sinh thái (mặc định: Tây Nguyên)	Đông Nam Bộ	-0,47 ***	(0,10)
	Đồng bằng sông Cửu Long	0,86***	(0,10)
	Trung du và miền núi phía Bắc	0,34***	(0,10)
	Bắc Trung Bộ và duyên hải miền Trung	0,83 ***	(0,07)
	Đồng bằng sông Hồng	1,52***	(0,10)
Hệ số R bình phương hiệu chỉnh			0,75
Số quan sát			1890



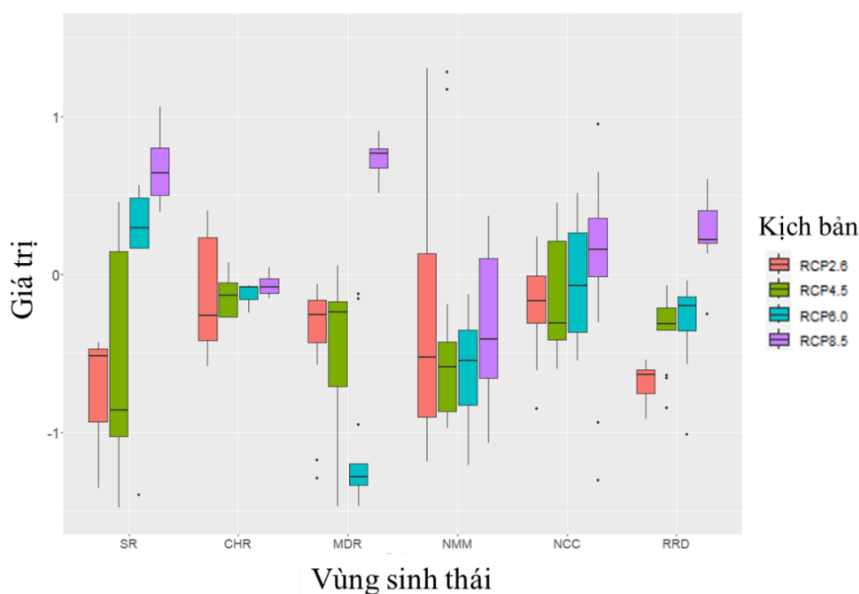
Ghi chú: Kết quả được biểu thị trên biểu diễn CLR đối với từng khoảng chia của nhiệt độ.

Hình 3. Tác động của nhiệt độ lớn nhất đến năng suất lúa (trên phần mềm Rstudio 4.3.2)

Tác động của nhiệt độ đến năng suất lúa được thể hiện trong hình 3. Giải thích ý nghĩa tác động được thực hiện đối với chuyển đổi của hệ số hồi quy trong biểu diễn CLR (Boogaart & cs., 2021), cụ thể, các cặp giá trị khác biệt nhất của hệ số ước lượng (trong từng khoản chia của nhiệt độ theo biểu diễn tần suất) có tác động lớn nhất đến năng suất lúa. Do đó, tỷ lệ giá trị ước lượng tại nhiệt độ 28-29 dương và 29-30 âm, nên nhiệt độ trong khoảng 28-30 độ có tác động biên lớn nhất đến năng suất lúa. Nói cách khác, sự chênh lệch về tỷ lệ số ngày trong một năm nhiệt độ trong khoảng 28-29 độ và tỷ lệ số ngày trong 1 năm trong khoảng 29-30 độ có tác động lớn nhất đến năng suất lúa và tác động này là dương.

3.4. Dự báo năng suất lúa vào năm 2099 theo kịch bản biến đổi khí hậu

Sử dụng biểu diễn sự chênh lệch trong (9), chúng tôi tính sự chênh lệch năng suất lúa của năm 2099 và năm 2016 dưới 4 kịch bản BĐKH đối với từng tỉnh. Hình 4 thể hiện biểu đồ hộp của sự chênh lệch năng suất lúa theo vùng sinh thái và từng kịch bản. Biểu đồ hộp có xu hướng nằm dưới giá trị 0 của trục 0y nên BĐKH có xu hướng làm giảm năng suất lúa tại các tỉnh khi giả định các yếu tố khác không đổi. Hơn nữa, tác động của nhiệt độ lớn nhất trong ngày theo từng kịch bản BĐKH đến năng suất lúa là khác nhau.



Ghi chú: SR: Đông Nam Bộ, CHR: Tây Nguyên. MDR: Đồng Bằng sông Cửu Long, NMM: Trung du và miền núi phía Bắc, NCC: Bắc Trung Bộ và duyên hải miền Trung, RRD: Đồng bằng sông Hồng.

Hình 4. Biểu đồ hộp về chênh lệch năng suất lúa năm 2099 và năm 2016 theo các kịch bản biến đổi khí hậu (trên phần mềm Rstudio 4.3.2)

Theo thứ tự kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5, sự chênh lệch năng suất giữa năm 2099 và 2016 của các tỉnh ở vùng Đông Nam Bộ, Bắc Trung Bộ và duyên hải miền Trung và Đồng bằng sông Hồng có xu hướng tăng từ giá trị âm tới giá trị dương. Trong đó, dưới kịch bản RCP2.6 và RCP4.5, năng suất lúa năm 2009 thấp hơn so với năng suất lúa năm 2016. Tuy nhiên, với kịch bản RCP8.5, nhiệt độ có tác động khác nhau đến năng suất lúa các vùng sinh thái, các tỉnh ở vùng Đông Nam Bộ, đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửu Long có năng suất lúa năm 2099 cao hơn so với năm 2016.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Nghiên cứu này cung cấp thêm bằng chứng khoa học phục vụ các chính sách về phát triển nông nghiệp trong điều kiện BĐKH và các mục tiêu phát triển bền vững mà Chính phủ Việt Nam cam kết thực hiện. Thứ nhất, khu vực Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long có năng suất lúa cao nhất nước. Do đó, cần tiếp tục áp dụng công nghệ sản xuất và giống để duy trì năng suất lúa cao tại hai khu vực này. Chủ động các chính sách nông nghiệp thích ứng

với BĐKH để đảm bảo chủ động nguồn cung lúa dưới những tác động ngày càng mạnh mẽ của tình trạng BĐKH. Chính sách này được nhiều nước Châu Á nỗ lực thực hiện. Thứ hai, nhiệt độ lớn nhất trong ngày có tác động đến năng suất lúa gạo là khoảng 28°C-30°C. Do đó, hoạt động sản xuất lúa phải tính toán phù hợp theo biến đổi khí hậu như mực nước biển dâng và các hình thái thời tiết cực đoan. Thứ ba, đối với các kịch bản BĐKH khác nhau thì năng suất lúa tại các tỉnh/thành phố thay đổi khác nhau. Hơn nữa, đặc điểm thời tiết của các vùng tại Việt Nam rất khác biệt. Do đó, bên cạnh các biện pháp nỗ lực giảm tác động của BĐKH, như giảm phát thải khí nhà kính và tăng nhiệt độ trái đất, phát triển sản xuất lúa phải tính đến sự đa dạng sinh học và phù hợp vùng miền. Bên cạnh đó, cần tiếp tục áp dụng khoa học nghiên cứu để phát triển các giống lúa mới và phương thức canh tác phù hợp với sự thay đổi của thời tiết. Thứ tư, nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích dữ liệu đa hợp và mô hình nghiên cứu có tính đến toàn bộ đặc điểm nhiệt độ trong 1 năm của từng tỉnh/thành phố. Hướng nghiên cứu này có thể áp dụng trong các nghiên cứu tương tự về tác động của BĐKH hoặc dữ liệu tương tự.

Nghiên cứu của chúng tôi có hạn chế là sử dụng dữ liệu có sẵn, đặc biệt là dữ liệu về năng suất lúa nên không đánh giá chi tiết được ảnh hưởng của nhiệt độ đến các vụ lúa khác nhau tại từng vùng sinh thái. Bên cạnh đó, do hạn chế về số liệu nên nghiên cứu không đánh giá được tác động của nhiệt độ và các yếu tố khác của BĐKH đến năng suất lúa, ví dụ lượng phát thải khí CO₂ cũng như tích hợp yếu tố cải thiện về công nghệ thích ứng với BĐKH đang tiến hành tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aitchison J. (1986). The statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, London.
- Anh D.L.T., Anh N.T. & Chandio A.A. (2023). Climate change and its impacts on Vietnam agriculture: A macroeconomic perspective. *Ecological Informatics*. 74: 101960.
- Burke M., Zahid M., Diffenbaugh N., & Hsiang S.M. (2023). Quantifying climate change loss and damage consistent with a social cost of greenhouse gases. National Bureau of Economic Research.
- Boogaart K Gerald den & Tolosana-Delgado R. (2013). Analyzing compositional data with R. Springer. Vol. 122.
- Boogaart K Gerald den, Egozcue J.J. & Pawlowsky-Glahn V. (2014). Bayes hilbert spaces. *Australian & New Zealand Journal of Statistics*. 56(2): 171-194.
- Deryugina T. & Hsiang, S. (2017). The marginal product of climate. National Bureau of Economic Research.
- Dias S. & Brito P. (2022). Fundamental Concepts about Distributional Data. In *Analysis of Distributional Data*. Chapman and Hall/CRC. pp. 3-36.
- Erda L., Wei X., Hui J., Yinlong X., Yue L., Liping B. & Liyong X. (2005). Climate change impacts on crop yield and quality with CO₂ fertilization in China. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 360(1463): 2149-2154.
- FAO (2018). FAO cảnh báo rằng bảo vệ nông nghiệp trước biến đổi khí hậu và thời tiết khắc nghiệt cần phải trở thành ưu tiên ở khu vực Châu Á và Thái Bình Dương. Truy cập từ <http://www.fao.org/vietnam/news/detail/vn/c/1107224/> ngày 16/3/2024.
- Fisher R.A. (1925). The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*. 213(402-410): 89-142.
- General U.A. (2015). Sustainable development goals: SDGs Transform Our World 2030. Retrieved from <https://www.un.org/en/exhibits/page/sdgs-17-goals-transform-world> on Mar 16, 2024.
- Hồ Trọng Phúc & Phạm Xuân Hùng (2023). Dự báo diện tích, năng suất và sản lượng lúa của Việt Nam: Áp dụng mô hình ARIMA. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Kinh tế và Phát triển*. 132(5C): 85-104.
- Kien N.D., Dung T.Q., Oanh D.T.K., An L.T., Dinh N.C., Phan N.T. & Nga L.T.T. (2023). Climate-resilient practices and welfare impacts on rice-cultivating households in Vietnam: Does joint adoption of multiple practices matter? *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 67(2): 263-284.
- Kontgis C., Schneider A., Ozdogan M., Kucharik C., Duc N.H., Schatz J. (2019). Climate change impacts on rice productivity in the Mekong River Delta. *Applied Geography*. 102: 71-83.
- Le T.T.H. (2016). Effects of climate change on rice yield and rice market in Vietnam. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 48(4): 366-382.
- Ngô Lê An & Nguyễn Thị Thu Hà (2019). Đánh giá các nguồn mưa lưới và khả năng ứng dụng cho Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*. 3(64).
- Nguyen C.T. & Scrimgeour F. (2022). Measuring the impact of climate change on agriculture in Vietnam: A panel Ricardian analysis. *Agricultural Economics*. 53(1): 37-51.
- Nguyễn Thị Minh Phương, Nguyễn Văn Toàn & Nguyễn Lê Hiệp (2023). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến năng suất lúa tại tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế quản lý, Đại học Huế*. 25.
- Nguyễn Thùy Linh & Nguyễn Thị Thu (2020). Đánh giá tính dễ bị tổn thương của nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*. 278(II): 104-114.
- Nguyen N.V. (2002). Global climate changes and rice food security. Rome: FAO. 625.
- Pattanayak A. & Kumar K.S.K. (2014). Weather sensitivity of rice yield: evidence from India. *Climate Change Economics*. 5(04): 1450011.
- Pawlowsky-Glahn V. & Buccianti A. (2011). *Compositional data analysis*. Wiley Online Library.
- Pawlowsky-Glahn V., Egozcue J.J., & Raimon T.D. (2015). *Modeling and analysis of compositional data*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Pebesma E. & Bivand R. (2023). *Spatial data science: With applications in R*. Chapman and Hall/CRC.
- Phạm Văn Dũng (2017). Đảm bảo an ninh lương thực ở Việt Nam hiện nay. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Kinh tế và Kinh doanh*. 33(4): 10-16.
- Phan Đình Khôi, Huỳnh Việt Khải, Võ Thành Danh, & Ngô Thị Thanh Trúc Nguyễn Thị Huyền Mỹ.

- (2022). Lựa chọn mô hình sản xuất của hộ trồng lúa trong điều kiện xâm nhập mặn ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*. 297(03): 74-82.
- Phùng Mai Lan & Nguyễn Ánh Tuyết (2021). Tác động của thiên tai và biến đổi khí hậu tới sản xuất nông nghiệp và thủy sản của hộ nông dân khu vực miền Trung và Tây Nguyên Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Thăng Long*. A1(1): 47-60.
- Praveen B. & Sharma P. (2019). A review of literature on climate change and its impacts on agriculture productivity. *Journal of Public Affairs*. 19(4): 1-15. doi.org/10.1002/pa.1960
- Schlenker W. & Roberts M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(37): 15594-15598.
- Sekhar C.S.C. (2018). Climate change and rice economy in Asia: Implications for trade policy. In *The State of Agricultural Commodity Markets (SOCO)*. FAO Rome.
- Simioni M. (2023). Climate adaptive response of rice yield in Vietnam: new insight through panel data modeling with heterogeneous slopes. hal-04165412. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-04165412.html> on Mar 16, 2024.
- Templ M., Hron K. & Filzmoser P. (2011). robCompositions: an R-package for robust statistical analysis of compositional data. *Compositional Data Analysis: Theory and Applications*. pp. 341-355.
- Thái Thị Thanh Minh & Vương Thị Hòe (2020). Tác động của biến đổi khí hậu đến năng suất lúa tại tỉnh Thái Bình, Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*. 34: 47-54.
- Thủ tướng Chính phủ (2022). Nghị quyết số 78/NQ-CP của Chính phủ: Ban hành Chương trình hành động của Chính phủ thực hiện Nghị quyết số 13-NQ/TW ngày 02 tháng 4 năm 2022 của Bộ Chính trị về Phương hướng phát triển kinh tế - xã hội và bảo đảm quốc phòng, an ninh vùng Đồng bằng sông Cửu Long đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=205964> ngày 16/03/2024.
- Tô Thị Vân Anh, Phạm Ngọc Anh & Trịnh Thị Hương. (2020). Phân tích yếu tố ảnh hưởng cơ cấu chi tiêu giáo dục phổ thông của hộ gia đình Việt Nam năm 2020. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 48(4).
- Tran-Anh Q., Ngo-Duc T., Espagne E. & Trinh-Tuan L. (2022). A high-resolution projected climate dataset for Vietnam: Construction and preliminary application in assessing future change. *Journal of Water and Climate Change*. 13(9): 3379-3399.
- Trinh T.-H., Simioni M. & Thomas-Agnan C. (2023). Discrete and Smooth Scalar-on-Density Compositional Regression for Assessing the Impact of Climate Change on Rice Yield in Vietnam. Retrieved from <https://www.tse-fr.eu/publications/discrete-and-smooth-scalar-density-compositional-regression-assessing-impact-climate-change-rice> on Mar 16, 2024.
- Trinh T.H., Morais J., Thomas-Agnan C. & Simioni M. (2018). Relations between socio-economic factors and nutritional diet in Vietnam from 2004 to 2014: New insights using compositional data analysis. *Statistical Methods in Medical Research*.
- Trịnh Thị Hương, Lê Văn Tuấn & Đàm Thị Thu Trang (2020). Sử dụng phương pháp CODA trong đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến cơ cấu chi tiêu của khách du lịch nội địa. *Tạp chí Kinh tế và Dự báo*. 09(03): 26-31.
- Trịnh Thị Hương, Nguyễn Thanh Nga, Đàm Thị Thu Trang & Nguyễn Thị Tuyết Mai (2022). Phương pháp phân tích đa hợp trong đánh giá tác động của đa dạng sinh kế tới thu nhập hộ gia đình năm 2018. *Kì yếu Hội thảo quốc gia phân tích định lượng các vấn đề kinh tế và xã hội trong môi trường số lần thứ 2*. ISBN: 978-604-67-2499-5. tr. 597-609.
- Tran D.V (2011). Climate change and its impact on agriculture in Vietnam. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*. 17(1): 17-21.
- van den Boogaart KG., Filzmoser P., Hron K., Templ M. & Tolosana-Delgado R. (2021). Classical and robust regression analysis with compositional data. *Mathematical Geosciences*. 53: 823-858.
- Vũ Duy Thành & Trần Thị Lan Hương (2020). Tổng quan các mô hình đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nông nghiệp và hướng nghiên cứu tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*. 278(II): 58-64.
- Wickham H. & Wickham M.H. (2017). Package tidyverse. Easily Install and Load the 'Tidyverse'.
- Yatagai A., Kitoh A., Kamiguchi K., Arakawa O., Kawamoto H., Tahashima H., Watanabe T., Kuboto J., Taneguchi M. & Kanae S. (2007). Asian precipitation--highly resolved observational data integration towards evaluation of the water resources. Presentation at PHERPP Meeting, WMO, Geneva December.
- Zhu T., & Trinh M.V. (2010). Climate change impacts on agriculture in Vietnam. *Proceedings of the International Conference on Agricultural Risk and Food Security*. pp. 11-12.