

XÂY DỰNG BỘ CHỈ SỐ RỦI RO KHÍ HẬU CẤP XÃ: TIẾP CẬN DƯA TRÊN KHUNG IPCC VÀ PHƯƠNG PHÁP FUZZY DELPHI

Hoàng Thanh Hùng^{1*}, Lê Thị Hoa Sen¹, Trần Anh Tuấn²

¹Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Hoàng Thanh Hùng <hthung.dhnl24@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 09-4-2026; Ngày chấp nhận đăng: 15-5-2026)

Tóm tắt. Theo IPCC, rủi ro khí hậu hình thành từ sự tương tác giữa hiểm họa, phơi nhiễm và tính dễ bị tổn thương, gây tác động tiêu cực đến phát triển bền vững ở khu vực nông thôn. Tuy nhiên, việc đánh giá rủi ro khí hậu ở cấp xã vẫn thiếu các bộ chỉ số được lựa chọn trên cơ sở khoa học và tham vấn chuyên gia. Nghiên cứu này nhằm xây dựng và sàng lọc bộ chỉ số rủi ro khí hậu cấp xã thông qua phương pháp Fuzzy Delphi. Từ 50 chỉ số ban đầu được đề xuất dựa trên cơ sở lý thuyết và thực tiễn, kết quả tham vấn 31 chuyên gia đã lựa chọn được 45 chỉ số đạt mức đồng thuận theo các tiêu chí đánh giá. Kết quả cho thấy phương pháp Fuzzy Delphi có hiệu quả trong xử lý tính không chắc chắn và nâng cao độ tin cậy trong lựa chọn chỉ số. Bộ chỉ số đề xuất cung cấp cơ sở khoa học cho đánh giá rủi ro khí hậu cấp xã, đồng thời hỗ trợ quy hoạch phát triển nông thôn và xây dựng các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu.

Từ khóa: bộ chỉ số, cấp xã, phát triển nông thôn, phương pháp Fuzzy Delphi, rủi ro khí hậu.

Developing a commune-level climate risk assessment index: An approach based on the IPCC framework and the Fuzzy Delphi Method

Hoang Thanh Hung^{1*}, Le Thi Hoa Sen¹, Tran Anh Tuan²

¹University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung Str., Hue, Vietnam

²University of Sciences, Hue University, 77 Nguyen Hue Str., Hue, Vietnam

*Correspondence to Hoang Thanh Hung <hthung.dhnl24@hueuni.edu.vn>

(Received: 09 April 2026; Accepted: 15 May 2026)

Abstract. As defined by the IPCC, climate risk results from the interaction between hazards, exposure, and vulnerability, causing negative impacts on sustainable development in rural regions. However, assessments at the commune level are still constrained by the lack of scientifically grounded and systematically selected quantitative indicators. This study aims to develop and refine a set of commune-level climate risk indicators through expert consultation using the Fuzzy Delphi method. An initial set of 50 indicators was established based on theoretical frameworks and practical considerations. Through consultation with 31 experts, 45 indicators were retained according to predefined consensus criteria. The results show that the Fuzzy Delphi method is effective in addressing uncertainty in expert judgments and improving the reliability of indicator selection. The proposed indicator set provides a scientific foundation for assessing climate risk at the commune level and offers practical support for rural development planning and climate change adaptation.

Keywords: set of indicators, commune level, rural development, Fuzzy Delphi, climate risk.

1 Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang gia tăng rủi ro sinh kế và ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển nông thôn bền vững, đặc biệt tại các cộng đồng phụ thuộc nhiều vào tài nguyên thiên nhiên và có mức độ dễ bị tổn thương cao [1-2]. Các hiểm họa như lũ lụt, hạn hán và xâm nhập mặn ngày càng gia tăng về tần suất và cường độ, gây tác động nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp và đời sống người dân. Theo khung đánh giá của IPCC, rủi ro khí hậu được hình thành từ sự tương tác giữa hiểm họa (H), phơi nhiễm (E) và tính dễ bị tổn thương (V). Trong đó, V thường được cấu thành bởi độ nhạy cảm và năng lực thích ứng [2-3]. Việc đánh giá rủi ro ở cấp địa phương, đặc biệt cấp xã, có ý nghĩa quan trọng trong nhận diện yếu tố tác động và hỗ trợ ra quyết định thích ứng. Tuy nhiên, việc chuyển hóa khung lý thuyết này thành các chỉ số định lượng cụ thể còn gặp nhiều khó khăn do hạn chế dữ liệu và thiếu bộ chỉ số chuẩn hóa ở quy mô vi mô.

Theo IPCC AR5, rủi ro khí hậu được biểu diễn dưới dạng hàm $R = f(H, E, V)$, trong đó hiểm họa (H) phản ánh các hiện tượng khí hậu nguy hiểm, phơi nhiễm (E) thể hiện sự hiện diện của con người và tài sản trong vùng chịu tác động, còn tính dễ bị tổn thương (V) phụ thuộc vào độ nhạy cảm (S) và năng lực thích ứng (AC) [3]. Độ nhạy cảm phản ánh mức độ phản ứng của hệ thống, trong khi năng lực thích ứng thể hiện khả năng điều chỉnh và phục hồi nhằm giảm thiểu thiệt hại [2-3]. Trong IPCC AR6, khung lý thuyết tiếp tục được hoàn thiện khi nhấn mạnh vai trò của phản ứng thích ứng (AR) như một yếu tố điều chỉnh rủi ro thông qua việc giảm phơi nhiễm và tính dễ bị tổn thương [2, 4]. Việc tích hợp thành phần này giúp phản ánh đầy đủ hơn sự tương tác động giữa con người và hệ thống tự nhiên. Từ những năm 2000, các nghiên cứu tập trung xây dựng khung lý thuyết về tính dễ bị tổn thương và rủi ro khí hậu, nhấn mạnh vai trò của yếu tố kinh tế – xã hội và năng lực thích ứng

[5-7], dù vẫn tồn tại hạn chế do tính chủ quan và phụ thuộc dữ liệu [8]. Từ sau năm 2010, các nghiên cứu chuyển sang hướng định lượng, tích hợp GIS, thống kê và đa tiêu chí nhằm nâng cao độ chính xác [9-11], đồng thời nhấn mạnh tính hệ thống, sự không chắc chắn và vai trò của phản ứng thích ứng [2, 4], nhưng vẫn phụ thuộc lớn vào dữ liệu, đặc biệt ở cấp địa phương. Trong tham vấn chuyên gia, phương pháp Delphi được sử dụng rộng rãi [12-13] nhưng có hạn chế trong xử lý tính mơ hồ, trong khi Fuzzy Delphi khắc phục vấn đề này bằng lý thuyết tập mờ, giúp lượng hóa mức độ đồng thuận và nâng cao độ tin cậy [14-17]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu chủ yếu áp dụng khung IPCC AR4 và AR5 kết hợp AHP, GIS hoặc thống kê [18-20], song vẫn hạn chế trong xử lý tính không chắc chắn và mức độ đồng thuận khi xác định các chỉ số rủi ro.

Tổng quan cho thấy vẫn tồn tại khoảng trống nghiên cứu, đặc biệt trong việc tích hợp đầy đủ khung IPCC cập nhật (AR6), cũng như phát triển bộ chỉ số rủi ro khí hậu ở quy mô cấp xã. Do đó, nghiên cứu này tập trung xây dựng và sàng lọc bộ chỉ số rủi ro khí hậu cấp xã dựa trên khung IPCC thông qua phương pháp Fuzzy Delphi, nhằm nâng cao độ tin cậy và hỗ trợ hiệu quả cho đánh giá rủi ro và lập kế hoạch thích ứng ở cấp địa phương.

2 Phương pháp

2.1 Khung lý thuyết và cách tiếp cận nghiên cứu

Bộ chỉ số rủi ro khí hậu được phát triển dựa trên khung lý thuyết của IPCC, trong đó rủi ro khí hậu được xác định là kết quả của sự tương tác giữa hiểm họa khí hậu (H), mức độ phơi nhiễm (E) và tính dễ bị tổn thương (V) của hệ thống [1]. Tính dễ bị tổn thương phản ánh đặc trưng nội sinh của hệ thống, được xác định bởi sự kết hợp giữa độ nhạy cảm (S) và năng lực thích ứng (AC) của hệ thống. Kế thừa và cập nhật từ khung IPCC AR6, nghiên cứu tích hợp thêm thành phần phản ứng thích ứng (adaptation response – AR) như một yếu tố điều chỉnh rủi ro, nhằm phản ánh tính động và phức hợp của rủi ro khí hậu trong thực tiễn [2, 21]. Theo đó, rủi ro khí hậu được tiếp cận theo hướng đa

chiều, bao gồm năm thành phần chính: hiểm họa khí hậu (H), phơi nhiễm (E), độ nhạy cảm (S), năng lực thích ứng (AC) và phản ứng thích ứng (AR). Cách tiếp cận này cho phép đánh giá toàn diện hơn các yếu tố ảnh hưởng đến rủi ro khí hậu, đặc biệt trong bối cảnh nghiên cứu ở cấp địa phương. Trên cơ sở đó, nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận kết hợp giữa tổng quan tài liệu và tham vấn chuyên gia đa lĩnh vực, sử dụng phương pháp Fuzzy Delphi nhằm lượng hóa mức độ đồng thuận và sàng lọc, lựa chọn các chỉ số thành phần phù hợp cho cấp xã. Quá trình nghiên cứu được thực hiện qua các bước sau: (i) xây dựng danh sách chỉ số ban đầu dựa trên tổng quan tài liệu và khung IPCC; (ii) khảo sát tham vấn chuyên gia để đánh giá mức độ phù hợp của các chỉ số; (iii) phân tích dữ liệu bằng phương pháp Fuzzy Delphi; và (iv) Đánh giá và lựa chọn bộ chỉ số cuối cùng dựa trên các tiêu chí định lượng.

2.2 Xây dựng danh sách bộ chỉ số ban đầu

Nghiên cứu xác định các chỉ số đo lường rủi ro khí hậu dựa trên khung lý thuyết của IPCC, kế thừa các nghiên cứu trong và ngoài nước, đồng thời xem xét tính sẵn có của dữ liệu ở cấp xã. Bộ chỉ số được cấu trúc thành 05 nhóm thành phần rủi ro chính, bao gồm: hiểm họa (H), phơi nhiễm (E), độ nhạy cảm (S), năng lực thích ứng (AC) và phản ứng thích ứng (AR).

Hiểm họa (H) phản ánh tần suất, cường độ và thời gian tác động của các hiện tượng khí hậu cực đoan lên hệ thống bị phơi nhiễm. Nghiên cứu tập trung vào các hiện tượng có thể quan sát trực tiếp như bão, lũ, hạn hán, xâm nhập mặn và sạt lở [22-24]. Nhóm chỉ số H gồm 10 chỉ số thành phần được xác định, phản ánh mức độ và tần suất thiên tai, phù hợp với các nghiên cứu trước [25-27]. Phơi nhiễm thể hiện mức độ con người, tài sản và hạ tầng nằm trong vùng chịu tác động của thiên tai [1-2, 27]. Các chỉ số về dân số, mật độ, sử dụng đất và hạ tầng phản ánh mức độ tiếp xúc với hiểm họa [28-30], trong đó rừng sản xuất được xem xét do khả năng phòng hộ hạn chế [31-33]. Nhóm chỉ số

Phơi nhiễm gồm có 9 chỉ số thành phần. Độ nhạy cảm phản ánh mức độ dễ bị tổn thương của cộng đồng, chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố kinh tế – xã hội như nghèo đói, học vấn, việc làm và sinh kế [1, 28, 34]. Các nghiên cứu trước đây cho thấy nhóm thu nhập thấp và phụ thuộc sinh kế tự nhiên có rủi ro cao hơn [35-37]. Nhóm chỉ số Độ nhạy cảm gồm có 10 chỉ số được xác định. Năng lực thích ứng thể hiện khả năng ứng phó và phục hồi của cộng đồng, bao gồm nguồn lực kinh tế, xã hội và khả năng tiếp cận thông tin [2]. Các yếu tố như sinh kế, việc làm, tổ chức cộng đồng và kiến thức ứng phó đóng vai trò quan trọng [23, 38]. Có 11 chỉ số thành phần được xác định cho nhóm chỉ số Năng lực thích ứng. Phản ứng thích ứng phản ánh mức độ hành động thực tế trong ứng phó với biến đổi khí hậu, bao gồm hệ thống cảnh báo, tổ chức ứng phó thiên tai và hành vi của hộ gia đình [27, 39]. Nhóm chỉ số Phản ứng thích ứng có 10 chỉ số. Kết quả nghiên cứu ban đầu xác định được tổng số 50 chỉ số thành phần đo lường các thành phần rủi ro để đưa vào tham vấn chuyên gia và phân tích Fuzzy Delphi.

2.3 Tham vấn chuyên gia

Khảo sát tham vấn chuyên gia được thực hiện nhằm đánh giá mức độ phản ánh của các chỉ số thành phần đối với các yếu tố rủi ro khí hậu, bao gồm hiểm họa (H), phơi nhiễm (E), độ nhạy cảm (S), năng lực thích ứng (AC) và phản ứng thích ứng (AR), từ 50 chỉ số ban đầu. Nghiên cứu áp dụng phương pháp chọn mẫu có chủ đích (purposive sampling) để lựa chọn chuyên gia dựa trên các tiêu chí: chuyên môn liên quan đến môi trường, biến đổi khí hậu, quản lý tài nguyên hoặc phát triển bền vững; trình độ từ thạc sĩ trở lên; và kinh nghiệm làm việc tối thiểu 10 năm. Các chuyên gia tham gia khảo sát đến từ nhiều loại hình tổ chức, bao gồm trường đại học, viện nghiên cứu, cơ quan quản lý nhà nước và các tổ chức liên quan, đảm bảo tính đa dạng về chuyên môn và độ tin cậy của ý kiến tham vấn. Cỡ mẫu nghiên cứu gồm 31 chuyên gia, cao hơn ngưỡng khuyến nghị phổ biến đối với phương pháp Fuzzy Delphi, thường dao động từ 15 đến 30

chuyên gia [14-15]. Các chuyên gia đánh giá mức độ các chỉ số phản ánh khái niệm của các yếu tố rủi ro khí hậu theo thang Likert 5 mức (1 = Rất thấp; 2=Thấp; 3=Trung bình; 4= Cao; và 5 = Rất cao). Bảng hỏi được thiết kế và triển khai trực tuyến trên nền tảng KoBo Toolbox, gửi tới các chuyên gia thông qua email và ứng dụng Zalo, cho phép thu thập dữ liệu linh hoạt trên nhiều loại thiết bị. Dữ liệu đánh giá của chuyên gia được phân tích bằng phương pháp Fuzzy Delphi trong Microsoft Excel.

2.4 Phân tích dữ liệu bằng phương pháp Fuzzy Delphi

Phương pháp Fuzzy Delphi, kết hợp Delphi truyền thống với lý thuyết tập mờ được sử dụng để xử lý sự không chắc chắn trong ý kiến chuyên gia [14-17], phù hợp với các nghiên cứu xã hội – môi trường. Phương pháp Fuzzy Delphi góp phần nâng cao độ tin cậy và tính khách quan trong quá trình lựa chọn chỉ số thông qua sự đồng thuận của chuyên gia, qua đó hỗ trợ bảo đảm tính phù hợp về nội dung (content validity) của bộ chỉ số nghiên cứu [17], và được thực hiện theo quy trình gồm 3 bước sau:

Bước 1: Chuyển đổi thang đo Likert sang thang đo số mờ

Dữ liệu khảo sát ý kiến chuyên gia được thu thập theo thang đo Likert 5 mức và chuyển đổi sang số mờ tam giác với ba tham số (n_1, n_2, n_3) , lần lượt biểu thị giá trị nhỏ nhất, giá trị hợp lý nhất và giá trị lớn nhất của mỗi mức đánh giá (Bảng 1).

Bảng 1. Thang đo số mờ tương ứng với thang đo Likert 5 mức độ

Mức độ	Biến ngôn ngữ	Thang đo số mờ (n1, n2, n3)
1	Rất thấp	(0,0; 0,1; 0,2)
2	Thấp	(0,1; 0,2; 0,4)
3	Trung bình	(0,2; 0,4; 0,6)
4	Cao	(0,4; 0,6; 0,8)
5	Rất cao	(0,6; 0,8; 1,0)

Bước 2: Xác định giá trị số mờ trung bình

Các giá trị số mờ trung bình m_1, m_2, m_3 phản ánh mức đánh giá tổng hợp của nhóm chuyên gia đối với từng chỉ số nghiên cứu. Với K là tổng số chuyên gia được tham vấn, trong đó mỗi chuyên gia thứ k đưa ra đánh giá dưới dạng số mờ tam giác (n_{1k}, n_{2k}, n_{3k}) . Giá trị số mờ trung bình của toàn bộ nhóm chuyên gia được xác định theo các công thức như sau:

$$m_1 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K n_{1k} \quad ; \quad m_2 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K n_{2k} \quad ;$$
$$m_3 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K n_{3k} \quad (1)$$

Bước 3: Xác định giá trị theo các tiêu chí đánh giá

Dựa trên tập số mờ trung bình (m_1, m_2, m_3) , các chỉ số được đánh giá theo 03 tiêu chí chính như sau:

(1) Hệ số đồng thuận (d):

Hệ số đồng thuận d_k phản ánh khoảng cách giữa đánh giá của chuyên gia thứ k (n_{1k}, n_{2k}, n_{3k}) và giá trị số mờ trung bình (m_1, m_2, m_3) của nhóm chuyên gia đối với từng chỉ số thành phần. Chỉ số thành phần được xem là đạt mức đồng thuận đối với chuyên gia k khi $d_k \leq 0,2$. Ngưỡng này thể hiện mức độ thống nhất giữa đánh giá cá nhân và đánh giá chung của nhóm chuyên gia [14-15, 17]. Hệ số d_k được xác định theo công thức:

$$d_k = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_{1k})^2 + (m_2 - n_{2k})^2 + (m_3 - n_{3k})^2]} \quad (2)$$

Hệ số d là mức độ đồng thuận chung của toàn bộ nhóm chuyên gia đối với mỗi chỉ số, được tính bằng giá trị trung bình của các d_k theo công thức như sau:

$$d = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K d_k \quad (3)$$

Một chỉ số thành phần được xem là đạt yêu cầu và được chấp nhận khi hệ số đồng thuận $d \leq 0,2$. Ngược lại, chỉ số sẽ bị loại bỏ nếu $d > 0,2$ do

không đạt được mức độ đồng thuận cần thiết giữa các chuyên gia.

(2) Tỷ lệ đồng thuận

Tỷ lệ đồng thuận phản ánh tỷ lệ phần trăm số chuyên gia có mức sai lệch đánh giá nhỏ so với giá trị trung bình, tức là có giá trị hệ số $d_k \leq 0,2$. Một chỉ số được chấp nhận khi tỷ lệ chuyên gia đồng thuận đạt từ 75% trở lên, điều này cho thấy mức độ nhất trí cao trong nhóm chuyên gia [14-15, 17]. Tỷ lệ đồng thuận được xác định theo công thức sau:

$$\text{Tỷ lệ đồng thuận} = \frac{|k| \mid d_k \leq 0,2 \mid}{K} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó: d_k : hệ số đồng thuận của chuyên gia thứ k đối với chỉ số thành phần; K : tổng số chuyên gia được tham vấn

(3) Giá trị giải mờ hóa

Giá trị giải mờ hóa $A_{\max}$ thể hiện mức đánh giá tổng hợp của nhóm chuyên gia sau khi chuyển đổi từ số mờ sang giá trị định lượng rõ ràng (crisp value). Chỉ số được xem là đạt yêu cầu khi $A_{\max}$ thỏa mãn điều kiện theo mức cắt α (α -cut) với ngưỡng $\geq 0,5$, qua đó phản ánh mức đánh giá tổng hợp của chuyên gia ở mức trung bình đến cao về mức độ quan trọng hoặc tính phù hợp [14-15, 17]. Giá trị $A_{\max}$ của chỉ số được xác định theo công thức sau:

$$A_{\max} = \frac{1}{3}(m_1 + m_2 + m_3) \quad (5)$$

2.5 Đánh giá tổng hợp lựa chọn chỉ số

Trên cơ sở các tiêu chí của phương pháp Fuzzy Delphi, việc lựa chọn các chỉ số đo lường các yếu tố rủi ro được thực hiện theo nguyên tắc tổng hợp - mỗi chỉ số chỉ được giữ lại khi đồng thời thỏa mãn ba điều kiện sau [14-15, 17]: (i) hệ số đồng thuận trung bình $d \leq 0,2$, phản ánh mức sai biệt thấp trong đánh giá của chuyên gia; (ii) tỷ lệ đồng thuận của chuyên gia $\geq 75\%$ (với $d_k \leq 0,2$), thể hiện mức độ nhất trí cao trong nhóm chuyên gia; và (iii) giá trị giải mờ $A_{\max} \geq 0,5$, cho thấy chỉ số đạt mức phù hợp từ trung bình đến cao. Các

ngưỡng này được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu ứng dụng Fuzzy Delphi để sàng lọc và lựa chọn chỉ số, nhằm bảo đảm cả mức độ đồng thuận, độ ổn định và ý nghĩa đo lường của biến quan sát. Do đó, những chỉ số không đạt một trong ba điều kiện trên sẽ bị loại khỏi bộ chỉ số đề xuất.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Đặc điểm mẫu chuyên gia

Khảo sát tham vấn có sự tham gia của 31 chuyên gia với cơ cấu giới tính cân bằng (nam 51,6%, nữ 48,4%). Độ tuổi trung bình là 44 (SD = 6,69), dao động từ 32–62 tuổi, cho thấy nhóm có kinh nghiệm đa dạng. Phần lớn chuyên gia có trình độ cao (41,9% tiến sĩ, 35,5% thạc sĩ, 22,6% phó giáo sư), đảm bảo chất lượng chuyên môn trong đánh giá các chỉ số rủi ro khí hậu. Các chuyên gia phân bố tương đối đồng đều theo ba lĩnh vực chính: môi trường – biến đổi khí hậu (35%), quản lý tài nguyên – rủi ro thiên tai (35%) và phát triển bền vững – phát triển nông thôn (29%), góp phần đảm bảo cách tiếp cận liên ngành trong phân tích. Về cơ quan công tác, đa số đến từ trường đại học và viện nghiên cứu (61%), tiếp theo là các tổ chức nghiên cứu, tư vấn trong nước (23%), cơ quan quản lý nhà nước cấp thành phố (13%) và tổ chức quốc tế (3%). Kinh nghiệm làm việc trung bình của các chuyên gia là 20 năm (SD = 6,05), dao động từ 10–38 năm. Nhìn chung, nhóm chuyên gia được tham vấn có tính đại diện cao về giới, độ tuổi, trình độ học vấn, chuyên môn và kinh nghiệm làm việc. Điều này giúp đảm bảo các đánh giá về các yếu tố rủi ro khí hậu được toàn diện, đáng tin cậy và phù hợp với bối cảnh thực tiễn.

3.2 Kết quả áp dụng phương pháp Fuzzy Delphi

Chỉ số Hiểm họa (H)

Kết quả phân tích tổng hợp tại Bảng 2 cho thấy hệ số đồng thuận d của 10 chỉ số Hiểm họa (H1–H10) dao động từ 0,074 đến 0,199, đều nhỏ

hơn ngưỡng 0,2, phản ánh mức độ hội tụ và nhất trí cao giữa các chuyên gia. Trong đó, H3 ($d = 0,074$) đạt mức đồng thuận cao nhất, tiếp theo là H5 (0,076) và H4 (0,089). Các chỉ số H7–H10 có giá trị d cao hơn (0,165–0,199) nhưng vẫn nằm trong ngưỡng chấp nhận, cho thấy chỉ tồn tại sự khác biệt

nhỏ trong đánh giá. Tỷ lệ chuyên gia đồng thuận của các chỉ số đều đạt từ 77,4% đến 93,5%, vượt ngưỡng yêu cầu 75%. Trong đó, H8 và H9 có mức đồng thuận cao nhất (93,5%), tiếp theo là H10 (87,1%), phản ánh sự thống nhất cao trong nhận định của chuyên gia về mức độ đại diện của các chỉ số Hiểm họa.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả đánh giá của chỉ số Hiểm họa (H)

Hiểm họa (H)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá ($A_{max} \geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
H1	Số cơn bão/áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng	0,10	Đạt	77,4	Đạt	0,568	Đạt	Đạt
H2	Số cơn bão $\geq$ cấp 8 (theo thang Beaufort)	0,11	Đạt	77,4	Đạt	0,555	Đạt	Đạt
H3	Số ngày trung bình mỗi cơn bão	0,07	Đạt	80,6	Đạt	0,587	Đạt	Đạt
H4	Số trận lũ lụt	0,09	Đạt	77,4	Đạt	0,581	Đạt	Đạt
H5	Số ngày ngập trung bình mỗi trận lũ lụt	0,08	Đạt	80,6	Đạt	0,594	Đạt	Đạt
H6	Số vụ lũ quét	0,15	Đạt	77,4	Đạt	0,645	Đạt	Đạt
H7	Số đợt hạn hán xảy ra	0,20	Đạt	80,6	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
H8	Trung bình số ngày hạn hán mỗi đợt	0,16	Đạt	93,5	Đạt	0,523	Đạt	Đạt
H9	Số đợt xâm nhập mặn	0,17	Đạt	93,5	Đạt	0,510	Đạt	Đạt
H10	Số đợt sạt lở đất/xói lở ven biển	0,19	Đạt	87,1	Đạt	0,529	Đạt	Đạt

Kết quả giải mờ hoá cho thấy giá trị A_{max} của các chỉ số dao động từ 0,510 đến 0,645, đều lớn hơn 0,5, khẳng định các chỉ số phù hợp trong đo lường khái niệm hiểm họa. H6 có giá trị A_{max} cao nhất (0,645), tiếp đến là H5 (0,594), H3 (0,587) và H4 (0,581), thể hiện mức độ đồng thuận cao về tầm quan trọng của các chỉ số này. Kết quả tổng hợp theo ba tiêu chí đánh giá (hệ số đồng thuận $d \leq 0,2$; tỷ lệ đồng thuận $\geq 75\%$; giá trị giải mờ hóa $A_{max} \geq 0,5$) trong Bảng 2 trên cho thấy toàn bộ 10 chỉ số Hiểm họa (H1–H10) đều đáp ứng yêu cầu và được giữ lại đầy đủ trong bộ chỉ số.

Chỉ số Phơi nhiễm (E)

Kết quả phân tích Bảng 3 cho thấy tất cả 09 chỉ số Phơi nhiễm (E1–E9) đều có hệ số đồng thuận $d \leq 0,2$ (0,07–0,19), phản ánh mức độ nhất trí cao giữa các chuyên gia. Trong đó, E2 ($d = 0,07$) và E6 ($d = 0,08$) đạt mức đồng thuận cao nhất, các chỉ số còn lại cũng nằm trong ngưỡng tin cậy. Tỷ lệ đồng thuận của chuyên gia dao động từ 54,8% đến 93,5%; có 8/9 chỉ số đạt ngưỡng $\geq 75\%$, trong khi E5 chỉ đạt 54,8%, cho thấy sự phân tán ý kiến và không đáp ứng tiêu chí này. Giá trị giải mờ A_{max} nằm trong khoảng 0,467–0,645; trong đó 8/9 chỉ số đạt $\geq 0,5$, nổi bật là E8 (0,645), E4 (0,632) và E6 (0,606). Riêng E5 có $A_{max} = 0,467$, thấp hơn ngưỡng chấp nhận.

Bảng 3. Tổng hợp kết quả đánh giá của chỉ số Phơi nhiễm (E)

Phơi nhiễm (E)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá (A_{max} $\geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
E1	Tổng dân số	0,19	Đạt	87,1	Đạt	0,510	Đạt	Đạt
E2	Mật độ dân số	0,07	Đạt	77,4	Đạt	0,604	Đạt	Đạt
E3	Số thôn/tổ trong xã thường bị ảnh hưởng thiên tai	0,19	Đạt	87,1	Đạt	0,523	Đạt	Đạt
E4	Tỷ lệ dân ở khu vực nông thôn	0,10	Đạt	77,4	Đạt	0,632	Đạt	Đạt
E5	Số khu tái định cư	0,18	Đạt	54,8	Không	0,467	Không	Không
E6	Tỷ lệ diện tích đất nông nghiệp trong tổng diện tích tự nhiên	0,08	Đạt	77,4	Đạt	0,606	Đạt	Đạt
E7	Tỷ lệ diện tích rừng sản xuất trong tổng diện tích tự nhiên	0,17	Đạt	93,5	Đạt	0,503	Đạt	Đạt
E8	Tỷ lệ diện tích nuôi trồng thủy sản trong tổng diện tích tự nhiên	0,11	Đạt	77,4	Đạt	0,645	Đạt	Đạt
E9	Số công trình hạ tầng nằm trong vùng bị ảnh hưởng do thiên tai	0,09	Đạt	80,6	Đạt	0,574	Đạt	Đạt

Tổng hợp theo ba tiêu chí Fuzzy Delphi cho thấy 8/9 chỉ số (E1, E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9) đều đạt yêu cầu và có độ tin cậy cao. Ngược lại, chỉ số E5 (Số khu tái định cư) không đạt đồng thời tiêu chí về tỷ lệ đồng thuận và giá trị giải mờ, phản ánh mức độ phù hợp thấp. Do đó, E5 được loại bỏ,

trong khi 08 chỉ số còn lại được chọn đưa vào bộ chỉ số định lượng rủi ro khí hậu cấp xã.

Chỉ số Độ nhạy cảm (S)

Kết quả phân tích Bảng 4 cho thấy tất cả các chỉ số Độ nhạy cảm (S1–S10) đều có hệ số đồng thuận $d \leq 0,2$ (0,07–0,19), phản ánh mức độ nhất trí cao giữa các chuyên gia. Trong đó, S4 ($d = 0,07$) đạt

mức đồng thuận cao nhất, tiếp theo là S7 (0,09) và S9 (0,10). Tỷ lệ đồng thuận dao động từ 48,4% đến 96,8%; có 8/10 chỉ số đạt ngưỡng $\geq 75\%$ (S1, S2, S3, S4, S7, S8, S9, S10). S1 và S2 đạt cao nhất (96,8%), trong khi S5 (48,4%) và S6 (67,7%) không đạt yêu

cầu, cho thấy sự khác biệt đáng kể trong đánh giá. Giá trị giải mờ Amax nằm trong khoảng 0,439–0,613; có 8/10 chỉ số đạt $\geq 0,5$, nổi bật là S4 (0,613), S7 (0,581) và S9 (0,568). Ngược lại, S5 (0,454) và S6 (0,439) không đạt ngưỡng chấp nhận.

Bảng 4. Tổng hợp kết quả đánh giá của chỉ số Độ nhạy cảm (S)

Độ nhạy cảm (S)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá ($A_{max} \geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
S1	Tỷ lệ hộ nghèo	0,15	Đạt	96,8	Đạt	0,523	Đạt	Đạt
S2	Tỷ lệ hộ dân tộc thiểu số	0,14	Đạt	96,8	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
S3	Tỷ lệ hộ có thành viên thuộc nhóm dễ bị tổn thương	0,13	Đạt	77,4	Đạt	0,542	Đạt	Đạt
S4	Tỷ lệ hộ có nhà tạm/bán kiên cố	0,07	Đạt	80,6	Đạt	0,613	Đạt	Đạt
S5	Tỷ lệ người chưa tốt nghiệp cấp tiểu học (lớp 1-5)	0,19	Đạt	48,4	Không	0,454	Không	Không
S6	Tỷ lệ thất nghiệp trong độ tuổi lao động	0,15	Đạt	67,7	Không	0,439	Không	Không
S7	Tỷ lệ hộ phụ thuộc sinh kế nông nghiệp	0,09	Đạt	77,4	Đạt	0,581	Đạt	Đạt
S8	Tỷ lệ hộ phụ thuộc sinh kế lâm nghiệp	0,18	Đạt	93,5	Đạt	0,503	Đạt	Đạt
S9	Tỷ lệ hộ phụ thuộc sinh kế ngư nghiệp	0,10	Đạt	77,4	Đạt	0,568	Đạt	Đạt
S10	Cơ cấu lao động (nông nghiệp, lâm nghiệp, ngư nghiệp)	0,19	Đạt	80,6	Đạt	0,529	Đạt	Đạt

Tổng hợp theo ba tiêu chí cho thấy 8/10 chỉ số (S1, S2, S3, S4, S7, S8, S9, S10) đạt yêu cầu và có độ tin cậy cao. Hai chỉ số S5 và S6 không đạt đồng thời tiêu chí về tỷ lệ đồng thuận và giá trị giải mờ, do đó được loại bỏ. Các chỉ số còn lại được chọn đưa vào bộ chỉ số định lượng rủi ro khí hậu cấp xã.

Chỉ số Năng lực thích ứng (AC)

Kết quả phân tích Bảng 5 cho thấy toàn bộ 11 chỉ số Năng lực thích ứng (AC1–AC11) đều có hệ số đồng thuận $d \leq 0,2$ (0,14–0,20), phản ánh mức độ nhất trí cao giữa các chuyên gia. Trong đó, AC5 và AC11 ($d = 0,14$) đạt mức đồng thuận cao nhất;

các chỉ số còn lại đều nằm trong ngưỡng chấp nhận, phản ánh mức độ nhất quán cao trong đánh giá của các chuyên gia. Tỷ lệ đồng thuận dao động từ 45,2% đến 100%, với 9/11 chỉ số đạt $\geq 75\%$ (AC1, AC4–AC11). Đáng chú ý, AC5 đạt 100%, AC4 và AC11 đạt 96,8%, cho thấy mức độ nhất trí rất cao. Ngược lại, AC2 (67,7%) và AC3 (45,2%) không đạt yêu cầu, phản ánh mức độ chưa thống nhất trong ý kiến đánh giá của các chuyên gia. Giá trị giải mờ Amax nằm trong khoảng 0,454–0,671; có 9/11 chỉ số đạt $\geq 0,5$. AC10 có giá trị cao nhất (0,671), trong khi AC2 (0,454) và AC3 (0,465) không đạt ngưỡng chấp nhận.

Bảng 5. Tổng hợp kết quả đánh giá của chỉ số Năng lực thích ứng (AC)

Năng lực thích ứng (AC)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá ($A_{max} \geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
AC1	Diện tích đất tự nhiên	0,17	Đạt	90,3	Đạt	0,503	Đạt	Đạt
AC2	Diện tích đất chưa sử dụng	0,16	Đạt	67,7	Không	0,454	Không	Không
AC3	Diện tích đất sản xuất bình quân đầu người/hộ	0,19	Đạt	45,2	Không	0,465	Không	Không
AC4	Tổng giá trị sản xuất (nông nghiệp, lâm nghiệp, ngư nghiệp)	0,15	Đạt	96,8	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AC5	Tỷ lệ hộ đa dạng sinh kế (≥ 2 nguồn thu nhập)	0,14	Đạt	100,0	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AC6	Tỷ lệ lao động có việc làm	0,17	Đạt	93,5	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AC7	Số hợp tác xã, tổ hợp tác	0,18	Đạt	90,3	Đạt	0,503	Đạt	Đạt
AC8	Số tổ chức xã hội nghề nghiệp	0,19	Đạt	87,1	Đạt	0,510	Đạt	Đạt
AC9	Tỷ lệ có thành viên tham gia tổ chức, nhóm cộng đồng	0,20	Đạt	83,9	Đạt	0,529	Đạt	Đạt

Năng lực thích ứng (AC)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá (A_{max} $\geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
AC10	Tỷ lệ hộ tiếp cận và sử dụng thông tin dự báo & cảnh báo	0,18	Đạt	87,1	Đạt	0,671	Đạt	Đạt
AC11	Tỷ lệ hộ có kiến thức về ứng phó với thiên tai	0,14	Đạt	96,8	Đạt	0,523	Đạt	Đạt

Tổng hợp theo ba tiêu chí cho thấy 9/11 chỉ số (AC1, AC4–AC11) đáp ứng đầy đủ yêu cầu và có độ tin cậy cao. Hai chỉ số AC2 và AC3 không đạt đồng thời tiêu chí về tỷ lệ đồng thuận và giá trị giải mờ, do đó được loại bỏ. 09 chỉ số Năng lực thích ứng còn lại được lựa chọn để đưa vào bộ chỉ số định lượng rủi ro khí hậu cấp xã sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo.

Chỉ số Phản ứng thích ứng (AR)

Kết quả phân tích Bảng 6 cho thấy tất cả 10 chỉ số Phản ứng thích ứng (AR1–AR10) đều có hệ

số đồng thuận $d \leq 0,2$, dao động từ 0,11 đến 0,19, phản ánh mức độ nhất trí cao giữa các chuyên gia. Trong đó, AR6 và AR7 ($d = 0,11$) đạt mức đồng thuận cao nhất, các chỉ số còn lại cũng nằm trong ngưỡng chấp nhận, thể hiện sự thống nhất cao của các chuyên gia. Tỷ lệ đồng thuận của các chỉ số dao động từ 77,4% đến 96,8%, toàn bộ đều đạt ngưỡng $\geq 75\%$. AR5 và AR9 có tỷ lệ cao nhất (96,8%), trong khi AR6 và AR7 thấp nhất (77,4%) nhưng vẫn đáp ứng yêu cầu, cho thấy mức độ đồng thuận nhìn chung cao.

Bảng 6. Tổng hợp kết quả đánh giá của chỉ số Phản ứng thích ứng (AR)

Phản ứng thích ứng (AR)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận (d $\leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá (A_{max} $\geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
AR1	Tỷ lệ thôn, bản đầu tư xây dựng hệ thống loa truyền thanh	0,15	Đạt	93,5	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AR2	Xã có xây dựng và thực hiện hệ thống cảnh báo thiên tai	0,15	Đạt	93,5	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AR3	Xã có Ban chỉ huy phòng thủ dân sự	0,17	Đạt	90,3	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AR4	Xã tổ chức thực hiện hiệu quả công tác sơ tán, cứu hộ phòng chống thiên tai	0,19	Đạt	90,3	Đạt	0,671	Đạt	Đạt

Phản ứng thích ứng (AR)	Các chỉ số thành phần	1) Hệ số đồng thuận ($d \leq 0,2$)	Kết quả đánh giá	2) Tỷ lệ % đồng thuận (≥ 75)	Kết quả đánh giá	3) Giá trị giải mờ hoá ($A_{max} \geq 0,5$)	Kết quả đánh giá	Kết quả đánh giá tổng thể
AR5	Xã có huy động lực lượng xung kích phòng chống thiên tai, tìm kiếm, cứu nạn	0,16	Đạt	96,8	Đạt	0,516	Đạt	Đạt
AR6	Tỷ lệ hộ thực hiện các biện pháp ứng phó thiên tai	0,11	Đạt	77,4	Đạt	0,555	Đạt	Đạt
AR7	Tỷ lệ hộ thực hiện dự trữ nước, lương thực, vật tư thiết yếu	0,11	Đạt	77,4	Đạt	0,555	Đạt	Đạt
AR8	Tỷ lệ hộ tham gia xây dựng, vận hành hệ thống cảnh báo thiên tai	0,16	Đạt	93,5	Đạt	0,523	Đạt	Đạt
AR9	Tỷ lệ hộ áp dụng thực hành nông nghiệp thích ứng với BĐKH	0,15	Đạt	96,8	Đạt	0,529	Đạt	Đạt
AR10	Xã triển khai kế hoạch phát triển KT-XH có lồng ghép thích ứng	0,17	Đạt	93,5	Đạt	0,523	Đạt	Đạt

Giá trị giải mờ A_{max} của các chỉ số nằm trong khoảng 0,516–0,671, đều vượt ngưỡng 0,5. AR4 có giá trị cao nhất (0,671), trong khi các chỉ số còn lại dao động từ 0,516 đến 0,555 và 0,523–0,529, cho thấy mức độ ổn định và phù hợp cao. Tổng hợp theo ba tiêu chí cho thấy toàn bộ 10 chỉ số AR đều đạt yêu cầu theo phương pháp Fuzzy Delphi, thể hiện mức độ đồng thuận cao và giá trị đo lường đáng tin cậy. Do đó, tất cả các chỉ số được lựa chọn đưa vào bộ chỉ số định lượng rủi ro khí hậu cấp xã.

3.3 Đánh giá và lựa chọn bộ chỉ số cuối cùng

Sau khi tham vấn chuyên gia và phân tích bằng phương pháp Fuzzy Delphi, các chỉ số đánh giá rủi ro khí hậu được sàng lọc dựa trên ba tiêu chí: hệ số đồng thuận (d), tỷ lệ chuyên gia đồng thuận và giá trị giải mờ (A_{max}). Kết quả cho thấy, từ 50 chỉ số ban đầu, 45 chỉ số đáp ứng đầy đủ các tiêu chí và được giữ lại để sử dụng trong các bước phân tích tiếp theo (Bảng 7). Cụ thể, nhóm Hiểm họa (H) và Phản ứng thích ứng (AR) giữ nguyên toàn bộ chỉ số; nhóm Phơi nhiễm (E) giảm còn 8 chỉ số; nhóm Độ nhạy cảm (S) còn 8 chỉ số; và nhóm Năng lực thích ứng (AC) còn 9 chỉ số.

Bảng 7. Tổng hợp kết quả đánh giá và lựa chọn bộ chỉ số

STT	Nhóm chỉ số	Chỉ số ban đầu		Chỉ số được chọn	
		Số lượng	Mã số	Số lượng	Mã số
1	Hiểm họa (H)	10	H1-H10	10	H1-H10
2	Phơi nhiễm (E)	9	E1-E9	8	E1, E2, E3,E4,E6,E7,E8,E9
3	Độ nhạy cảm (S)	10	S1-S10	8	S1, S2,S3,S4,S7,S8,S9,S10
4	Năng lực Thích ứng (AC)	11	AC1-AC11	9	AC1,AC4,AC5,AC6,AC7,AC8,AC9,AC10,AC11
5	Phản ứng Thích ứng (AR)	10	AR1-AR10	10	AR1-AR10
Tổng cộng		50		45	

3.4. Thảo luận

Nghiên cứu này là bước đầu tiên trong quy trình xây dựng bộ chỉ số đánh giá rủi ro khí hậu cấp xã, tiếp cận theo khung rủi ro của IPCC [2], đồng thời tích hợp yếu tố phản ứng thích ứng nhằm nâng cao khả năng đánh giá mức độ rủi ro ở cấp cơ sở trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) [2, 21]. Do đó, nghiên cứu tập trung vào việc sàng lọc và lựa chọn các chỉ số dựa trên ý kiến tham vấn chuyên gia thông qua áp dụng các tiêu chí đánh giá của phương pháp Fuzzy Delphi. Các chỉ số thành phần thuộc 5 hợp phần rủi ro gồm H, E, S, AC và AR sẽ tiếp tục được kiểm định các đặc tính đo lường, bao gồm độ tin cậy, giá trị thang đo và xác định trọng số của các chỉ số thành phần, đồng thời được ứng dụng trong đánh giá rủi ro khí hậu thực tế tại các xã, phường ở các nghiên cứu tiếp theo. Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp Fuzzy Delphi là một công cụ phân tích định lượng có thể được áp dụng hiệu quả trong quá trình đánh giá và lựa chọn chỉ số dựa trên ý kiến tham vấn và mức độ đồng thuận của chuyên gia. So với phương pháp Delphi truyền thống, Fuzzy Delphi giúp xử lý tốt hơn tính không chắc chắn trong đánh giá chuyên gia, đồng thời hỗ trợ xác thực mức độ phù hợp về nội dung của các chỉ số được lựa chọn.

4 Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã phát triển bộ gồm 45 chỉ số đánh giá rủi ro khí hậu cấp xã thông qua phương pháp Fuzzy Delphi, bảo đảm mức độ đồng thuận cao giữa các chuyên gia tham vấn. Đóng góp chính của nghiên cứu là ứng dụng phương pháp Fuzzy Delphi kết hợp tham vấn chuyên gia để sàng lọc và lựa chọn các chỉ số thành phần đo lường các hợp phần cấu thành rủi ro theo khung rủi ro của IPCC. Bộ chỉ số có tiềm năng ứng dụng trong đánh giá rủi ro khí hậu và hỗ trợ quy hoạch phát triển kinh tế – xã hội cấp xã, đặc biệt trong lĩnh vực nông nghiệp và quản lý rủi ro, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho quá trình hoạch định chính sách và phân bổ nguồn lực. Trong thời gian tới, nghiên cứu cần tiếp tục mở rộng tham vấn cộng đồng, kết hợp với các phương pháp phân tích định lượng để kiểm định độ tin cậy, giá trị thang đo và xác định trọng số của các chỉ số thành phần. Đồng thời, bộ chỉ số cần được kiểm chứng và hoàn thiện thông qua việc ứng dụng trên dữ liệu thực tế ở cấp xã, qua đó góp phần nâng cao tính chính xác và khả năng áp dụng trong thực tiễn.

Tài liệu tham khảo

1. Atkinson CL, Atkinson AM. Impacts of climate change on rural communities: Vulnerability and adaptation in the Global South. *Encyclopedia*. 2023;3(2):721-729. doi:10.3390/encyclopedia3020052.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK): Cambridge University Press; 2022. doi:10.1017/9781009325844.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK): Cambridge University Press; 2014. doi:10.1017/CBO9781107415379.
4. Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob Environ Change*. 2006;16(3):282-292. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008.
5. Adger WN. Vulnerability. *Glob Environ Change*. 2006;16(3):268-281. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006.
6. Fussel HM. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Glob Environ Change*. 2007;17(2):155-167. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002.
7. Cutter SL, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glob Environ Change*. 2008;18(4):598-606. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013.
8. Hinkel J. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science-policy interface. *Glob Environ Change*. 2011;21(1):198-208. doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002.
9. Zebisch M, Schneiderbauer S, Fritzsche K, Bubeck P, Kienberger S, Kahlenborn W, et al. The vulnerability sourcebook and climate impact chains: A standardised framework for climate vulnerability and risk assessment. *Int J Clim Change Strateg Manag*. 2021;13(1):35-59. doi:10.1108/IJCCSM-07-2019-0042.
10. Žurovec O, Čadro S, Sitaula BK. Quantitative assessment of vulnerability to climate change in rural municipalities of Bosnia and Herzegovina. *Sustainability*. 2017;9(7):1208. doi:10.3390/su9071208.
11. de Sherbinin A, Bukvic A, Rohat G, et al. Climate vulnerability mapping. *WIREs Clim Change*. 2019;10(1):e600. doi:10.1002/wcc.600.
12. Hsu CC, Sandford BA. The Delphi technique: Making sense of consensus. *Pract Assess Res Eval*. 2007;12(1):1-8. doi:10.7275/pdz9-th90.
13. Chu Thị Thanh Hương. Nghiên cứu các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tại tỉnh Quảng Ngãi [Luận án tiến sỹ]. Thành phố Hồ Chí Minh: Trường Đại học Hoa Sen; 2018. Available from: <https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/7199>
14. Tsiao Y, Tang H, Hanif H. Fuzzy Delphi method: A step-by-step guide to obtain expert consensus on MUETBot functionalities. *Int J Acad Res Bus Soc Sci*. 2024;14(4):2469-2484. doi:10.6007/IJARBS/v14-i4/21307.
15. Manakandan SK, Ismail R, Jamil MRM, Ragunath P. Pesticide applicators questionnaire content validation: A fuzzy Delphi method. *Med J Malaysia*. 2017;72(4):228-235. PMID: 28889134. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28889134/>
16. Le TTN, Pham TN, Nguyen THT, Dao THL, Trinh THM, Pham TY. The determinants of e-commerce website selection using Delphi-fuzzy evaluation method: A case study of Vietnam. *J Mar Sci Technol*. 2020;(63):95-99. Available from: <https://vjol.info.vn/index.php/vimaru/article/view/53577/44350>.
17. Atarhim MA, Manap J, Mastor KA, Mokhtar MK, Yusof A, Zabidi AFM. Application of

- fuzzy Delphi method to validate content of spiritual intelligence instrument for Muslim nurses. *J Nurs Meas.* 2023;31(2):202-218. doi:10.1891/JNM-2021-0012.
18. Nguyễn Cao Văn, Nguyễn Lê Tuấn, Nguyễn Thực Anh, Phạm Văn Hiếu. Đánh giá tính dễ bị tổn thương và khả năng thích ứng do xâm nhập mặn đối với sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại khu vực cửa sông ven biển tỉnh Nam Định. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn.* 2020;(716):63-78. doi:10.36335/VNJHM.2020(716).63-78.
19. Trung tâm Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu miền Trung. Báo cáo đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tại tỉnh Thừa Thiên Huế. Huế: Đại học Nông Lâm, Đại học Huế; 2022.
20. Bùi Chí Nam, Nguyễn Văn Hồng, Phạm Thanh Long, Lê Đức Thường, Tăng Thế Cường. Đánh giá tính dễ bị tổn thương, rủi ro do biến đổi khí hậu tỉnh Vĩnh Long. *Tạp Chí Khoa Học Biển Đối Khí Hậu.* 2024;(32). doi:10.55659/2525-2496/32.106267. Available from: <https://vjol.info.vn/index.php/TCKHBDKH/article/view/106267>.
21. Simpson NP, Mach KJ, Constable A, Hess J, Hogarth R, Howden M, et al. A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth.* 2021;4(4):489-501. doi:10.1016/j.oneear.2021.03.005.
22. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Báo cáo rủi ro thiên tai tại Việt Nam. Hà Nội: Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; 2016. Available from: <https://vietnam.un.org/sites/default/files/2019-07/Full%2520SPM%25204March%25202015.pdf>
23. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Global assessment report on disaster risk reduction 2020. Geneva: UNDRR; 2020. Available from: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2020>
24. Luu C, von Meding J, Kanjanabutra S. Flood risk management activities in Vietnam: A study of local practice in Quang Nam province. *Int J Disaster Risk Reduct.* 2018;28:603-615. doi:10.1016/j.ijdrr.2018.02.006.
25. Nugawela NPPS, Mahaliyana AS, Gunaratnam A. Climate crisis and coastal risk management. In: Chatterjee U, Shaw R, Kumar S, Raj AD, Das S, editors. Climate crisis: adaptive approaches and sustainability. Sustainable Development Goals Series. Cham: Springer; 2024. p. 527-544. doi:10.1007/978-3-031-44397-8_29.
26. Nguyen VT, Mai VK, Vu VT, Nguyen MD, Nguyen NBP, Le DD, et al. Changes in climate extremes in Vietnam. *Vietnam J Sci Technol Eng.* 2017;59(1):79-87. doi:10.31276/VJSTE.59(1).79.
27. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030. Geneva: UNDRR; 2015. Available from: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>.
28. Cutter SL, Boruff BJ, Shirley WL. Social vulnerability to environmental hazards. *Soc Sci Q.* 2003;84(2):242-261. doi:10.1111/1540-6237.8402002.
29. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The state of the world's forests 2016: forests and agriculture—land-use challenges and opportunities. Rome: FAO; 2016. Available from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/74b4394d-b389-4450-a4d7-bd37ab751c31/content>
30. Niu Y, Abdullayev V, Alyar AV, Kamran AT. Resilience and adaptation to climate change. *ESTIDAMAA.* 2023;36-43. doi:10.70470/ESTIDAMAA/2023/005.
31. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global forest resources assessment 2010: main report. Rome: FAO; 2010. Available from: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2010/en/>
32. Locatelli B, Brockhaus M, Buck A, Thompson ID, Bahamondez C, Murdock TQ, et al. Forests and adaptation to climate change: Challenges and opportunities. In: Mery G, Katila P, Galloway G, Alfaro R, Kanninen M, Lobovikov M, et al., editors. Forests and society –

- responding to global drivers of change. Vienna: IUFRO World Series; 2010. p.21-42. Available from: https://hal.science/cirad-0699347/file/Locatelli_etal_2010_Forests_and_Adaptation_CC_IUFRO.pdf
33. World Bank. Vietnam: toward a safe, clean and resilient water system. Washington (DC): World Bank; 2020. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31770>
34. Hahn MB, Riederer AM, Foster SO. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. *Glob Environ Change*. 2009;19(1):74-88. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002.
35. Yoon DK. Social vulnerability to natural disasters. *Nat Hazards*. 2012;63(2):823-843. doi:10.1007/s11069-012-0189-2.
36. Smajgl A, Toan TQ, Nhan DK, Ward J, Trung NH, Tri LQ, et al. Responding to rising sea levels in the Mekong Delta. *Nat Clim Change*. 2015;5(2):167-174. doi:10.1038/nclimate2469.
37. Huynh LTM, Stringer LC. Multi-scale assessment of social vulnerability to climate change: an empirical study in coastal Vietnam. *Clim Risk Manag*. 2018;20:165-180. doi:10.1016/j.crm.2018.02.003.
38. Adger WN. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Econ Geogr*. 2003;79(4):387-404. doi:10.1111/j.1944-8287.2003.tb00220.x.
39. Nguyen KV, James H. Measuring household resilience to floods: a case study in the Vietnamese Mekong River Delta. *Ecol Soc*. 2013;18(3):13. doi:10.5751/ES-05427-180313.