

**SPATIAL DEVELOPMENT  
RECOMMENDATIONS FOR  
ARABICA COFFEE SPECIALIZED  
CULTIVATION ZONES AND  
GEOGRAPHICAL INDICATIONS  
IN SON LA PROVINCE**

Ngo Thi Hai Yen<sup>\*1</sup>, Vu Thi Mai Huong<sup>1</sup>,  
Bui Thi Hong Tuyet<sup>1</sup>, Luu Ngoc Tra<sup>1</sup>,  
Ly Thuy Nga<sup>1</sup> and Do Thi Minh Quy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Hanoi National University of Education,  
Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Moc Ly Secondary School, Son La, Vietnam*

<sup>\*</sup>Corresponding author: Ngo Thi Hai Yen,  
email: haiyen@hnue.edu.vn

Received October 3, 2025.

Revised January 16, 2025.

Accepted February 22, 2026.

**Abstract.** This study integrates Geographic Information Systems (GIS) and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the ecological suitability of Arabica coffee in Mai Son area, Son La Province. An ecological suitability map was developed and validated, achieving an overall accuracy of 88%. The results indicate that 44.9% of the area exhibits high suitability (S1) and 32.6% shows moderate suitability (S2), providing a scientific basis for identifying 65,735 ha of land oriented toward specialized production development across three priority levels. The study proposes an expansion of the spatial extent of the Arabica coffee geographical indication area (46.32% of the natural area). The findings contribute to clarifying the role of ecological adaptation maps in the development of specialized growing areas and geographical indications for Arabica coffee in Son La province.

**Keywords:** AHP, coffea Arabica, GIS, Mai Son, MCDM, specialized farming area, geographical indication.

**KHUYẾN NGHỊ KHÔNG GIAN PHÁT  
TRIỂN VÙNG CHUYÊN CANH VÀ  
CHỈ DẪN ĐỊA LÍ CÀ PHÊ ARABICA  
TẠI TỈNH SƠN LA**

Ngô Thị Hải Yến<sup>\*1</sup>, Vũ Thị Mai Hương<sup>1</sup>,  
Bùi Thị Hồng Tuyết<sup>1</sup>, Lưu Ngọc Trà<sup>1</sup>,  
Lý Thúy Nga<sup>1</sup> và Đỗ Thị Minh Quy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Trường Đại học Sư phạm Hà Nội,  
Hà Nội, Việt Nam*

<sup>2</sup>*Trường THCS Mộc Lý, Sơn La, Việt Nam*

<sup>\*</sup>Tác giả liên hệ: Ngô Thị Hải Yến,  
email: haiyen@hnue.edu.vn

Ngày nhận bài: 3/10/2025.

Ngày sửa bài: 26/1/2025.

Ngày nhận đăng: 22/2/2026.

**Tóm tắt.** Nghiên cứu đã tích hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) và phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) nhằm đánh giá thích nghi sinh thái của cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn, tỉnh Sơn La. Bản đồ thích nghi sinh thái được xây dựng và kiểm chứng với độ chính xác đạt 88%. Kết quả cho thấy 44,9% diện tích có mức thích nghi cao (S1) và 32,6% diện tích có mức thích nghi trung bình (S2), tạo cơ sở khoa học để xác định 65.735 ha vùng định hướng phát triển chuyên canh theo ba mức ưu tiên; và đề xuất mở rộng không gian chỉ dẫn địa lý cà phê Arabica (46,32% diện tích tự nhiên). Kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ vai trò của bản đồ thích nghi sinh thái trong phát triển vùng chuyên canh và chỉ dẫn địa lý cà phê Arabica ở tỉnh Sơn La.

**Từ khóa:** AHP, coffea Arabica, GIS, Mai Sơn, MCDM, vùng chuyên canh, chỉ dẫn địa lý.

## 1. Mở đầu

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và hội nhập kinh tế quốc tế ngày càng sâu rộng, ngành nông nghiệp đang chuyển dịch mạnh mẽ theo hướng sản xuất hàng hóa quy mô lớn, hình thành các vùng chuyên canh tập trung và tham gia sâu hơn vào chuỗi giá trị toàn cầu. Cùng với yêu cầu về năng suất, các tiêu chuẩn về chất lượng, an toàn thực phẩm và truy xuất nguồn gốc cũng trở thành điều kiện bắt buộc đối với nông sản trên thị trường quốc tế. Trong bối cảnh đó, các công cụ sở hữu trí tuệ, đặc biệt là chỉ dẫn địa lý (CDĐL), đóng vai trò quan trọng trong việc bảo hộ nguồn gốc xuất xứ, khẳng định danh tiếng và nâng cao giá trị gia tăng của sản phẩm nông nghiệp [5, 10]. CDĐL không chỉ là công cụ pháp lý bảo vệ tên gọi sản phẩm, mà còn là cơ sở để tổ chức lại không gian sản xuất, kiểm soát chất lượng và thúc đẩy phát triển nông nghiệp bền vững gắn với lợi thế lãnh thổ.

Trong nhóm các nông sản có giá trị kinh tế cao, cà phê – đặc biệt là cà phê Arabica – là cây trồng có yêu cầu sinh thái khắt khe và chất lượng sản phẩm chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi điều kiện tự nhiên. Việc phát triển các vùng chuyên canh cây cà phê gắn với CDĐL không chỉ góp phần ổn định nguồn nguyên liệu, nâng cao chất lượng sản phẩm, mà còn tạo nền tảng để xây dựng thương hiệu và nâng cao năng lực cạnh tranh trên thị trường [14, 18, 19]. Tuy nhiên, hiệu quả của mô hình này phụ thuộc chặt chẽ vào sự phù hợp giữa phạm vi không gian sản xuất và các điều kiện sinh thái thực tế. Việc mở rộng vùng trồng hoặc CDĐL nếu thiếu cơ sở khoa học về thích nghi sinh thái có thể dẫn đến suy giảm chất lượng, gia tăng rủi ro môi trường và làm giảm đi giá trị thương hiệu trong dài hạn.

Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã ứng dụng các phương pháp phân tích đa tiêu chí (MCDM) kết hợp với hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá thích nghi sinh thái cho cây cà phê Arabica. Zhang và cộng sự tại Vân Nam (Trung Quốc) đã tích hợp GIS, AHP và Fuzzy để xác định các khu vực thích hợp cho cà phê Arabica, trong đó nhiệt độ và độ cao là các yếu tố chi phối chính [20]. Nigussie và cộng sự tại Ethiopia sử dụng GIS–AHP kết hợp dữ liệu viễn thám, xác định nhiệt độ, lượng mưa, độ cao và pH đất là các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến phân bố cà phê Arabica [17]. Tại Brazil và Rwanda, các nghiên cứu gần đây cũng nhấn mạnh vai trò của phân vùng sinh thái trong quy hoạch phát triển cà phê chất lượng cao và thích ứng với biến đổi khí hậu [15, 21]. Ở Việt Nam, nghiên cứu về cà phê chủ yếu tập trung vào cà phê Robusta tại Tây Nguyên; các nghiên cứu về cà phê Arabica mới dừng lại ở đánh giá thích nghi sinh thái hoặc tiềm năng đất đai, chưa gắn kết chặt chẽ với quy hoạch vùng chuyên canh và mở rộng CDĐL [9]. Khoảng trống nghiên cứu nổi bật là sự thiếu vắng các nghiên cứu tích hợp bản đồ thích nghi sinh thái vào khuyến nghị không gian phát triển vùng chuyên canh và CDĐL ở quy mô địa phương, đặc biệt tại các tỉnh miền núi phía Bắc.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nghiên cứu này nhằm đánh giá mức độ thích nghi sinh thái của cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn, tỉnh Sơn La, thông qua việc tích hợp GIS và phương pháp phân tích thứ bậc (AHP), từ đó đề xuất khuyến nghị không gian phát triển vùng chuyên canh và mở rộng CDĐL một cách khoa học và bền vững. Khu vực Mai Sơn được lựa chọn do đây là vùng có tiềm năng lớn về cà phê Arabica, đã được cấp CDĐL nhưng vẫn tồn tại nhiều thách thức trong tổ chức không gian sản xuất và kiểm soát chất lượng [3, 6, 7]. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa khoa học trong việc bổ sung cách tiếp cận liên ngành giữa địa lý – nông nghiệp – sở hữu trí tuệ, mà còn có giá trị thực tiễn phục vụ quy hoạch sử dụng đất và phát triển nông nghiệp bền vững tại địa phương.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực Mai Sơn, nằm ở phía Nam tỉnh Sơn La, có tọa độ địa lý từ 20°52'30" đến 21°20'50" vĩ Bắc và từ 103°41'30" đến 104°16'00" kinh Đông, với diện tích tự nhiên 1.426,7 km<sup>2</sup>, là một

trong những khu vực trọng điểm kinh tế của tỉnh. Địa hình khu vực Mai Sơn chủ yếu là đồi núi phức tạp, với độ cao dao động từ 600 đến 1.200 m so với mực nước biển, tạo điều kiện thuận lợi cho canh tác cà phê Arabica, phù hợp với yêu cầu sinh thái của cây trồng này. Về khí hậu, khu vực Mai Sơn mang đặc trưng nhiệt đới gió mùa miền núi, với nhiệt độ trung bình năm từ 20–23°C, phần lớn diện tích có nhiệt độ 18–21°C, lí tưởng cho sự phát triển của cà phê Arabica. Lượng mưa hàng năm dao động từ 1.400–1.800 mm, tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 10, đảm bảo cung cấp đủ nước cho cây trồng. Thổ nhưỡng tại khu vực Mai Sơn chủ đạo là đất feralit đỏ vàng (Fs) và feralit vàng đỏ (Fa), giàu dinh dưỡng, có kết cấu tốt và khả năng giữ ẩm cao, phân bố trên địa hình dốc 8–25°. Đặc tính đất này đặc biệt phù hợp với cà phê Arabica, vốn ưa đất thoát nước tốt và giàu hữu cơ. Kinh tế khu vực Mai Sơn dựa chủ yếu vào nông nghiệp và lâm nghiệp, trong đó cà phê Arabica là cây trồng tiềm năng, góp phần quan trọng vào thu nhập của các hộ dân, đặc biệt ở vùng cao [4]. Năm 2017, Cục Sở hữu trí tuệ đã cấp Giấy chứng nhận đăng ký CDĐL cho sản phẩm cà phê “Sơn La”, với 8 xã (trước sáp nhập) được công nhận (Mường Chanh, Chiềng Chung, Chiềng Dong, Phiêng Pằn, Chiềng Ban, Chiềng Mai, Chiềng Mung, Chiềng Kheo) [3]. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu ứng dụng bản đồ đánh giá thích nghi sinh thái cho việc phát triển vùng chuyên canh và mở rộng CDĐL, nhằm hướng tới phát triển bền vững và nâng cao giá trị kinh tế – xã hội của cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn.

### **2.1.2. Nguồn dữ liệu**

Nghiên cứu sử dụng nguồn dữ liệu đa dạng kết hợp với tiêu chuẩn quốc gia và ý kiến chuyên gia để xây dựng bản đồ đánh giá thích nghi sinh thái cho cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn. Các yếu tố dữ liệu chính bao gồm khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa), địa hình (độ cao, độ dốc), thổ nhưỡng (loại đất, pH, độ dày tầng đất) và hiện trạng sử dụng đất. Dữ liệu địa hình và khí hậu trung bình nhiều năm được thu thập từ các tổ chức uy tín như Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) và WorldClim. Dữ liệu về ranh giới hành chính và sản xuất cà phê được cung cấp bởi Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Sơn La. Nghiên cứu áp dụng “Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8409:2010” năm 2010, “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng” năm 2022 [2], kết hợp cùng đặc điểm về điều kiện tự nhiên tại khu vực nghiên cứu để phân loại các tiêu chí sinh thái, thiết lập khung đánh giá khoa học về mức độ phù hợp đất đai cho cây cà phê Arabica [8]. Các tác giả tiến hành phỏng vấn 7 chuyên gia nông nghiệp và thổ nhưỡng nhằm đánh giá tầm quan trọng và xác định thứ tự ưu tiên của các yếu tố sinh thái đối với sự phát triển của cây cà phê. Dữ liệu phỏng vấn được tổng hợp và phân tích bằng Microsoft Excel. Cách tiếp cận này kết hợp dữ liệu định lượng và ý kiến chuyên gia, đảm bảo tính toàn diện và khoa học cho việc đánh giá và đưa ra khuyến nghị quy hoạch vùng chuyên canh cũng như mở rộng CDĐL.

### **2.1.3. Phương pháp đánh giá thích nghi sinh thái**

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tích hợp GIS với AHP của Saaty (1980) [22]. Quy trình bắt đầu bằng việc xác định và phân cấp chỉ tiêu bao gồm các yếu tố về khí hậu, địa hình và thổ nhưỡng. Các chỉ tiêu này được phân cấp theo mức độ thích nghi dựa trên tiêu chuẩn TCVN 8409:2010 [8]. Tiếp theo, trọng số ( $W_i$ ) được xác định bằng AHP thông qua thang Saaty (1–9) để xây dựng ma trận so sánh cặp. Tỉ số nhất quán (CR) được kiểm tra ( $CR < 0,1$ ) để đảm bảo tính logic của ma trận chuyên gia [16]. Các lớp dữ liệu chỉ tiêu sau đó được chuẩn hóa và tích hợp trong phần mềm ArcMap phiên bản 10.8.1. Sau khi xử lí (chuyển đổi, cắt giới hạn), các lớp dữ liệu được chồng xếp bằng công cụ Intersect. Điểm thích nghi ( $S_i$ ) được tính cho từng khu vực theo công thức  $S_i = \sum(W_i \times X_i)$ , trong đó  $W_i$  là trọng số AHP và  $X_i$  là điểm của từng yếu tố [13]. Nhằm kiểm định độ chính xác và nâng cao độ tin cậy của mô hình đánh giá mức độ thích nghi sinh thái tích hợp giữa Hệ thống Thông tin Địa lí (GIS) và phương pháp Phân tích thứ bậc (AHP), nhóm nghiên cứu đã tiến hành đánh dấu 51 điểm trồng cà phê ngẫu nhiên trong khu vực Mai Sơn trên Google Earth. Trong đó có 32 điểm thuộc các xã đã được Cục Sở hữu trí tuệ, Bộ Khoa học và Công nghệ cấp Giấy chứng nhận đăng ký CDĐL cho sản phẩm cà phê Arabica Sơn La. Tại mỗi điểm khảo sát, nhóm nghiên cứu tiến hành đối chiếu trực quan giữa kết quả phân loại mức

độ thích nghi sinh thái trên bản đồ và hiện trạng tại địa phương. Quá trình so sánh này được thực hiện nhằm đánh giá mức độ tương thích giữa kết quả mô hình hóa và điều kiện thực tế, qua đó xác định độ chính xác và năng lực phản ánh thực tiễn của mô hình.

Độ tương đồng giữa dự đoán mô hình và thực tế đạt 88%, khẳng định tính hiệu quả và độ chính xác cao của phương pháp tích hợp GIS và AHP trong việc đánh giá thích nghi sinh thái.

### 2.1.4. Phương pháp và tiêu chí xác định vùng chuyên canh, mở rộng CĐDL

Đối với khuyến nghị vùng chuyên canh, chồng xếp bản đồ thích nghi sinh thái tổng hợp với bản đồ hiện trạng sử dụng đất và đề xuất vùng chuyên canh theo mức độ ưu tiên 1 (S1), ưu tiên 2 (S2), ưu tiên 3 (S1/S2) và vùng không khuyến nghị (S1/S2/S3/N).

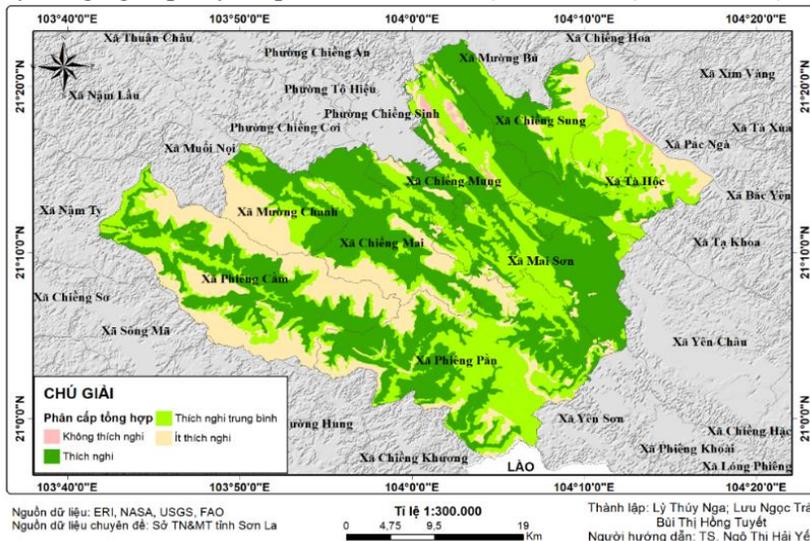
Để xác định các vùng khuyến nghị phát triển CĐDL, nhóm nghiên cứu đã kết hợp bản đồ khuyến nghị vùng chuyên canh với bản đồ vùng CĐDL hiện có, từ đó đề xuất 5 mức độ duy trì và phát triển CĐDL

Để thấy được tiềm năng của các khu vực khuyến nghị, nhóm nghiên cứu tiến hành tính toán sản lượng tiềm năng và giá trị tiềm năng. Sản lượng tiềm năng được ước tính bằng cách nhân năng suất cà phê bình quân của khu vực Mai Sơn với diện tích khuyến nghị tương ứng. Giá trị tiềm năng được tính bằng cách lấy giá cà phê Arabica nhân với sản lượng tiềm năng. Theo thống kê, khu vực Mai Sơn có năng suất cà phê bình quân giai đoạn 2010 đến năm 2023 là 1,44 tấn/ha. Về giá cà phê, theo Báo Điện tử Tiếng nói Việt Nam, từ cuối năm 2023 đến cuối năm 2024, giá cà phê nhân ổn định khoảng 120.000 đồng/kg [1].

## 2.2. Kết quả nghiên cứu

### 2.2.1. Bản đồ thích nghi sinh thái tổng hợp

Bản đồ tổng hợp tích hợp các chỉ tiêu bằng kỹ thuật Weighted Overlay, phân cấp thích nghi sinh thái đối với cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn được tích hợp từ 10 chỉ tiêu sinh thái và xác định yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến sự phù hợp sinh thái của cây cà phê Arabica. Theo đó, loại đất là chỉ tiêu có trọng số cao nhất ( $W_i = 0,2653$ ), phản ánh tầm quan trọng của sự phù hợp đất đối với loại cây công nghiệp này, tiếp theo là nhiệt độ ( $W_i = 0,2027$ ) và độ cao ( $W_i = 0,1534$ )



**Hình 1. Bản đồ đánh giá thích nghi sinh thái tổng hợp của cây cà phê Arabica**

Các chỉ tiêu còn lại là lượng mưa ( $W_i = 0,1136$ ), độ dốc ( $W_i = 0,0833$ ), thành phần cơ giới ( $W_i = 0,0606$ ), độ dày tầng đất ( $W_i = 0,0442$ ), độ pH của đất ( $0,0325$ ), hướng dốc ( $W_i = 0,0250$ ) và cuối cùng là đá lộ đầu ( $W_i = 0,0194$ ) có mức độ ảnh hưởng thấp hơn. Việc lựa chọn 10 chỉ tiêu chính và phân thành bốn cấp S1, S2, S3, N thể hiện sự tương đồng đáng kể với cách tiếp cận của nhiều nghiên cứu trước đây. Trong nghiên cứu tại Trung Quốc đã sử dụng 11 chỉ tiêu môi trường

để mô hình hóa phân bố tiềm năng của cà phê Arabica, bao gồm: nhiệt độ trung bình hàng năm, nhiệt độ thấp nhất trung bình trong tháng lạnh nhất, nhiệt độ cao nhất trung bình trong tháng nóng nhất, lượng mưa hàng năm, độ cao, độ dốc, hướng dốc, pH, chất hữu cơ (%), loại đất, kết cấu đất [10]. Một nghiên cứu khác tại Ethiopia sử dụng 11 chỉ tiêu, bao gồm: lượng mưa trung bình hàng năm, nhiệt độ trung bình hàng năm, nhiệt độ tối thiểu trung bình hàng năm, nhiệt độ tối đa trung bình hàng năm, pH, kết cấu đất (texture), CEC, SOM, độ cao, độ dốc, hướng dốc [17]. Như vậy có thể thấy, các tiêu chí về khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa), địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc), và đất đai (loại đất, thành phần cơ giới đất, pH đất) đều được các tài liệu khoa học xác nhận là những yếu tố then chốt ảnh hưởng đến sự phát triển và năng suất của cây cà phê [10, 12, 15, 17]. Chỉ tiêu “độ dày tầng đất” cũng được gián tiếp nhắc đến là một phần của điều kiện thoát nước hiệu quả [11].

Bên cạnh đó, nghiên cứu hiện tại đã bổ sung và làm rõ thêm một số yếu tố chưa được phân tích sâu trong các nghiên cứu trước, đặc biệt là các nghiên cứu ở Việt Nam. Ví dụ, việc đưa yếu tố tỉ lệ đá lộ đầu và hướng dốc vào hệ thống chỉ tiêu cho thấy sự tinh chỉnh phù hợp với đặc điểm địa hình đồi núi đặc thù của tỉnh Sơn La – điều mà nhiều nghiên cứu quy mô quốc gia hoặc khu vực ít đề cập đến. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng hệ thống phân hạng S1–S2–S3–N dựa trên TCVN 8409:2010 nhưng có điều chỉnh ngưỡng theo tư vấn của chuyên gia, cho thấy sự kết hợp giữa tiêu chuẩn kỹ thuật và hiểu biết bản địa – một điểm tiến bộ so với các nghiên cứu chỉ đơn thuần áp dụng tiêu chuẩn cố định [8]. Song bên cạnh đó, do diện tích khu vực nghiên cứu còn nhỏ, một số chỉ tiêu quy mô toàn cầu khi cắt sang có độ phân giải rất thấp, làm xuất hiện sai số lớn như nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp, vì vậy nhóm nghiên cứu quyết định chọn 10 chỉ tiêu như trên.

Khu vực thích nghi (S1) đối với cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn có diện tích khoảng 63.750,9 ha, chiếm 44,9% tổng diện tích toàn khu vực. Các khu vực thích nghi chủ yếu phân bố ở các xã phía Nam và khu vực trung tâm như Chiềng Chung, Chiềng Kheo, Cò Nòi và Mường Bon. Đây là những địa bàn hội tụ các điều kiện sinh thái thuận lợi cho sự phát triển của cây cà phê Arabica. Về độ cao, khu vực này dao động từ 600–800 m, đảm bảo nền nhiệt ổn định trong khoảng 19–21°C, rất phù hợp cho các giai đoạn sinh trưởng. Lượng mưa trung bình năm đạt từ 1.800–2.220 mm, đáp ứng đầy đủ nhu cầu nước cho các giai đoạn sinh lí quan trọng như ra hoa và kết trái. Đất đai tại đây chủ yếu là các loại đất đỏ vàng trên đá sét (Fs), đất đỏ nâu trên đá vôi (Fv), đất nâu vàng trên đá macma bazơ và trung tính (Fu) – đều có tầng canh tác dày > 100 cm, cấu trúc ổn định, thoát nước tốt, giàu dinh dưỡng. Địa hình bằng phẳng với độ dốc dưới 8°, phù hợp cho cơ giới hóa nông nghiệp. Mặc dù độ pH đất khá chua (3,94–4,09), nhưng có thể cải thiện thông qua các biện pháp bón vôi và bổ sung hữu cơ. Đặc biệt, khu vực này không có đá lộ đầu, thuận lợi cho canh tác lâu dài.

Diện tích thích nghi trung bình (S2) đạt 46.299,1 ha, chiếm 32,6%. Các khu vực này có điều kiện sinh thái tương đối phù hợp nhưng chưa đạt mức tối ưu như vùng thích nghi (S1). Nhưng một số yếu tố gây hạn chế như độ cao (500–600 m hoặc 800–1500 m), lượng mưa (gần 2200 mm), nhiệt độ dưới 21°C hoặc trên 23°C. Tuy nhiên, với các biện pháp cải tạo đất hợp lí như bón vôi để nâng độ pH, tăng cường hữu cơ và thực hiện các giải pháp canh tác thích hợp, khu vực S2 vẫn có tiềm năng lớn để phát triển cà phê Arabica theo hướng bền vững.

Khu vực ít thích nghi (S3) chiếm tỉ lệ 21,9% tổng diện tích tự nhiên của khu vực (tương đương 31113,1 ha). Các khu vực này phân bố ở rìa của xã Chiềng Nòi, phía tây của xã Mường Chanh, Chiềng Chung và Chiềng Đông, phía đông của Chiềng Sung, Chiềng Chăn, Tà Hộc. Đây là những khu vực có đất vàng đỏ trên đá macma axit (Fa), đất vàng nhạt trên đá cát (Fq) và độ cao quá cao hoặc quá thấp, độ dốc của khu vực này là trên 15°. Đây là những vùng ít thích nghi sinh thái đối với cây cà phê Arabica, tuy nhiên, vẫn có thể phát triển với các biện pháp kỹ thuật cải tạo phù hợp.

Ngược lại với các khu vực thích nghi, vùng không thích nghi (N) đối với cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn chiếm tỉ lệ rất nhỏ, khoảng 742,1 ha (0,5% diện tích tự nhiên), tập trung chủ

yếu ở phía Đông Bắc, điển hình là các xã Tà Hộc, Mường Bằng, Mường Bon. Đây là những khu vực có điều kiện sinh thái không đáp ứng yêu cầu phát triển của cây cà phê.

Phân tích không gian cho thấy vùng trung tâm và phía Nam của khu vực Mai Sơn có điều kiện thuận lợi, với mức độ phù hợp sinh thái đạt mức thích nghi và thích nghi trung bình nhờ sự kết hợp hài hòa giữa địa hình, khí hậu và đất đai. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc quy hoạch vùng chuyên canh và mở rộng CDĐL cà phê Arabica.

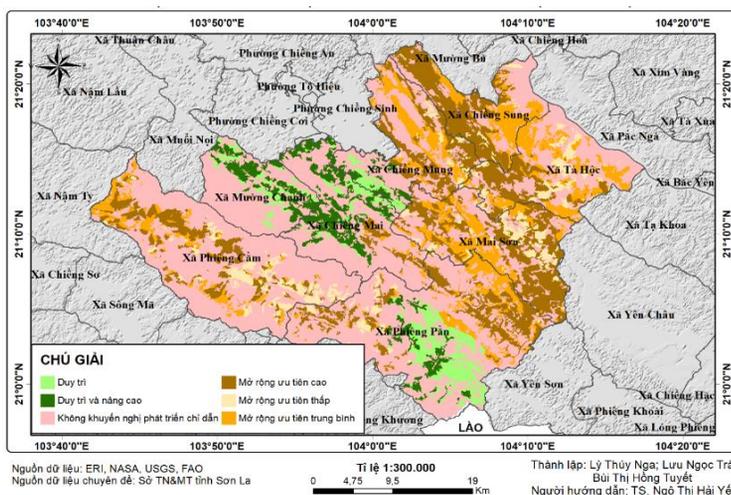
**2.2.2. Khuyến nghị không gian phát triển vùng chuyên canh**

Sau khi tích hợp bản đồ thích nghi sinh thái với dữ liệu hiện trạng sử dụng đất, bản đồ khuyến nghị vùng chuyên canh được xây dựng với 4 mức độ ưu tiên. Cụ thể, các khu vực đạt mức thích nghi S1 và thuộc đất nông nghiệp được xếp vào nhóm ưu tiên 1; khu vực đạt mức S2 và đất nông nghiệp thuộc ưu tiên 2; các vùng đạt S1 hoặc S2 nhưng là đất đồi núi chưa sử dụng được xếp vào ưu tiên 3; trong khi đó, những khu vực thuộc các loại đất khác (như đất chuyên dùng, đất lâm nghiệp, đất nuôi trồng thủy sản) dù ở bất kỳ mức thích nghi nào đều không khuyến nghị phát triển chuyên canh.

Bản đồ khuyến nghị vùng chuyên canh cà phê tại khu vực Mai Sơn cho thấy tổng diện tích khuyến nghị đạt 65.735 ha (46,32% diện tích khu vực tập trung chủ yếu ở các xã Chiềng Sung, Chiềng Mung, xã Mai Sơn và xã Chiềng Mai) với tổng giá trị tiềm năng của toàn vùng lên tới 11.320,53 tỉ đồng. Trong đó, khu vực ưu tiên 1 chiếm 23,74% diện tích khu vực, sản lượng tiềm năng ước tính 48.352,45 tấn, giá trị tiềm năng ước tính đạt 5.802,29 tỉ đồng. Đây là vùng có điều kiện tối ưu nhất để phát triển chuyên canh. Khu vực ưu tiên 2 có điều kiện tốt nhưng kém hơn khu vực ưu tiên 1, chiếm 16,54% diện tích khu vực, sản lượng tiềm năng 33.676,31 tấn, giá trị tiềm năng ước tính đạt 4.041,16 tỉ đồng. Khu vực ưu tiên 3 chiếm 6,04%, có sản lượng tiềm năng 12.309,03 tấn và giá trị tiềm năng 1.477,08 tỉ đồng, phù hợp để khai thác khi mở rộng quy mô sau này.

**Bảng 1. Thống kê diện tích, sản lượng tiềm năng và giá trị tiềm năng vùng khuyến nghị không gian phát triển vùng chuyên canh cây cà phê Arabica**

| Kết quả đánh giá | Hiện trạng sử dụng đất   | Khuyến nghị phát triển vùng chuyên canh | Diện tích (ha) | Sản lượng tiềm năng (tấn) | Giá trị tiềm năng (tỉ đồng) |
|------------------|--------------------------|---|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| S1               | Đất nông nghiệp          | Ưu tiên 1                               | 33.692,20      | 48.352,45                 | 5.802,29                    |
| S2               | Đất nông nghiệp          | Ưu tiên 2                               | 23.465,80      | 33.676,31                 | 4.041,16                    |
| S1/S2            | Đất đồi núi chưa sử dụng | Ưu tiên 3                               | 8.576,99       | 12.309,03                 | 1.477,08                    |



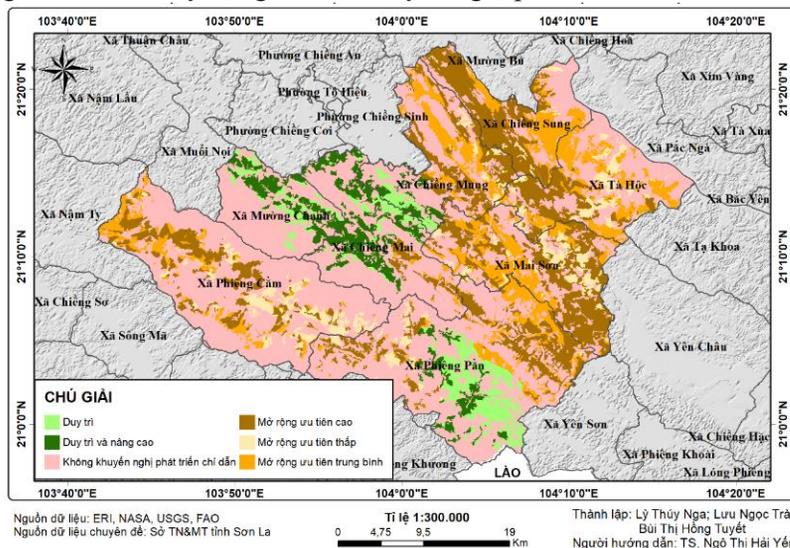
**Hình 1. Bản đồ khuyến nghị vùng chuyên canh cây cà phê Arabica**

Kết quả trên cho thấy nhiều vùng tại khu vực Mai Sơn có điều kiện tự nhiên rất phù hợp để phát triển vùng chuyên canh cà phê Arabica, đặc biệt là nhóm ưu tiên 1 với gần 24% diện tích nằm trên đất nông nghiệp hiện hữu. Đây là nền tảng thuận lợi để mở rộng sản xuất ngay mà không cần chuyển đổi mục đích sử dụng đất.

Mặt khác, nhóm ưu tiên 2 và 3 tuy chưa khai thác nhiều nhưng lại có nhiều tiềm năng cho việc mở rộng diện tích vùng chuyên canh sau này, nhất là khi nhu cầu và giá trị thương hiệu của cà phê ngày càng tăng. Việc ứng dụng bản đồ thích nghi sinh thái trong phát triển vùng chuyên canh cà phê Arabica khu vực Mai Sơn cho thấy tiềm năng kinh tế rất lớn, không chỉ hỗ trợ hoạch định chính sách phát triển bền vững, mà còn góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường.

### 2.2.3. Khuyến nghị phát triển chỉ dẫn địa lí

Dựa trên sự kết hợp giữa bản đồ khuyến nghị vùng chuyên canh và chứng nhận CDĐL hiện tại, nhóm nghiên cứu đã xây dựng bản đồ khuyến nghị phát triển CDĐL cho khu vực Mai Sơn.



**Hình 2. Bản đồ khuyến nghị vùng chỉ dẫn địa lí cây cà phê Arabica**

Bản đồ phân định rõ các khu vực cần duy trì và phát triển, trong đó các vùng duy trì, duy trì và nâng cao bao gồm 8 xã đã được chứng nhận CDĐL là Mường Chanh, Chiềng Chung, Chiềng Dong, Chiềng Kheo, Chiềng Ban, Chiềng Mai, Phiêng Păn, Chiềng Mung (hiện nay gộp lại thành các xã Mường Chanh, Chiềng Mai, Phiêng Păn, Chiềng Mung). Các khu vực mở rộng ưu tiên cao và ưu tiên trung bình tập trung chủ yếu ở phía Tây, nổi bật với các xã như Chiềng Sung, Chiềng Chăn, Cò Nòi...

Tổng diện tích khuyến nghị để duy trì và phát triển CDĐL tại khu vực đạt 65.735 ha, chiếm 46,32% diện tích tự nhiên của khu vực Mai Sơn, mang lại giá trị tiềm năng lên đến 11.359 tỉ đồng. Trong đó, khu vực mở rộng ưu tiên cao nổi lên như vùng tiềm năng nhất để phát triển CDĐL, với diện tích lớn 25.900,30 ha (chiếm 18,25% diện tích tự nhiên), sản lượng tiềm năng ấn tượng 37.296,43 tấn và giá trị tiềm năng 4.475,57 tỉ đồng. Khu vực duy trì và nâng cao, chiếm 5,49% diện tích, tập trung vào việc nâng tầm chất lượng tại các vùng đã có CDĐL. Khu vực duy trì, với 6.561,99 ha (4,62%), hướng đến việc giữ vững sự ổn định của vùng hiện tại. Trong khi đó, khu vực mở rộng ưu tiên trung bình chiếm 12,50% và khu vực mở rộng ưu tiên thấp chiếm 5,46% diện tích tự nhiên của khu vực, tạo thêm cơ hội mở rộng CDĐL trong tương lai.

Diện tích khuyến nghị phát triển vùng chuyên canh và diện tích khuyến nghị phát triển chỉ dẫn địa lí cơ bản có quy mô tương đương nhau, phản ánh cách tiếp cận nhất quán của nghiên cứu. Cả hai loại khuyến nghị đều được xác định trên cùng một cơ sở khoa học, dựa vào bản đồ thích nghi sinh thái tổng hợp, trong đó không gian sinh thái phù hợp đóng vai trò như một “khung giới

hạn” chung cho cả phát triển sản xuất chuyên canh lần CDĐL. Theo cách tiếp cận này, các khu vực được khuyến nghị phát triển vùng chuyên canh theo các mức ưu tiên khác nhau cũng chính là các khu vực được xem xét duy trì, nâng cao hoặc mở rộng CDĐL. Khuyến nghị phát triển CDĐL bao gồm việc duy trì và nâng cao chất lượng đối với các vùng đã được chứng nhận, đồng thời mở rộng sang khu vực có tiềm năng nhưng chưa được chứng nhận, trong đó nhóm mở rộng chiếm hơn 70% so với tổng diện tích khuyến nghị, cho thấy dư địa phát triển lớn của CDĐL tại khu vực nghiên cứu.

**Bảng 2. Thống kê diện tích, sản lượng tiềm năng và giá trị tiềm năng vùng khuyến nghị không gian mở rộng chỉ dẫn địa lí**

| Khuyến nghị duy trì, phát triển CDĐL | Diện tích (ha) | Sản lượng tiềm năng (tấn) | Giá trị tiềm năng (tỉ đồng) |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Duy trì và nâng cao                  | 7.791,90       | 11.220,34                 | 1.346,44                    |
| Duy trì                              | 6.561,99       | 9449,27                   | 1.133,91                    |
| Mở rộng ưu tiên cao                  | 25.900,30      | 37.296,43                 | 4.475,57                    |
| Mở rộng ưu tiên trung bình           | 17.732,60      | 25.534,94                 | 3.064,19                    |
| Mở rộng ưu tiên thấp                 | 7.748,17       | 11.157,36                 | 1.338,88                    |
| Không khuyến nghị phát triển         | 76.170,34      |                           |                             |

Trên cơ sở kết quả phân vùng ưu tiên phát triển vùng chuyên canh và mở rộng CDĐL, các khuyến nghị không gian của nghiên cứu có thể được triển khai hiệu quả thông qua việc lồng ghép với định hướng phát triển nông nghiệp của tỉnh Sơn La thời kì 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 [6].

### 3. Kết luận

Nghiên cứu này đã ứng dụng tích hợp công nghệ GIS và phương pháp AHP để mô hình hóa mức độ phù hợp sinh thái của cây cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn, tỉnh Sơn La, nhằm góp phần định hướng quy hoạch sử dụng đất theo hướng bền vững cho khu vực Tây Bắc.

Về mặt khoa học, kết quả nghiên cứu cho thấy việc tích hợp GIS và AHP trong xây dựng bản đồ thích nghi sinh thái là một hướng tiếp cận khoa học, có tính hệ thống và giá trị thực tiễn cao. Tuy nhiên, cần tiếp tục hoàn thiện khung lí thuyết theo hướng mở rộng hệ tiêu chí đánh giá, không chỉ bao gồm các yếu tố tự nhiên mà còn tích hợp các yếu tố kinh tế – xã hội, biến đổi khí hậu, sinh kế và hạ tầng nhằm phản ánh toàn diện hơn điều kiện phát triển vùng trồng và CDĐL. Bên cạnh đó, mô hình GIS-AHP nên được kết hợp với các mô hình khác như Fuzzy logic, MaxEnt hoặc mô hình viễn cảnh để nâng cao khả năng dự báo và thích ứng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Việc lồng ghép yếu tố CDĐL vào đánh giá thích nghi sinh thái là một hướng tiếp cận mới, góp phần hình thành cơ sở lí luận liên ngành giữa địa lí, nông nghiệp, kinh tế và sở hữu trí tuệ, phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững gắn với giá trị bản địa.

Về mặt thực tiễn, nghiên cứu kiến nghị đưa bản đồ thích nghi sinh thái vào công tác quy hoạch sử dụng đất và phát triển vùng trồng cà phê Arabica tại khu vực Mai Sơn nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất, ổn định chất lượng và giảm rủi ro môi trường. Cần gắn việc mở rộng vùng CDĐL với kết quả đánh giá thích nghi sinh thái để nâng cao giá trị thương hiệu, tăng khả năng cạnh tranh và thu nhập cho người dân. Đồng thời, cần tăng cường đào tạo cán bộ và người dân về ứng dụng GIS và sử dụng bản đồ trong sản xuất; tích hợp mô hình đánh giá vào các chương trình nông nghiệp bền vững; và đầu tư hạ tầng, dữ liệu cũng như khuyến khích doanh nghiệp tham gia chuỗi giá trị cà phê Arabica tại Sơn La.

Bản đồ thích nghi sinh thái như một công cụ khoa học quan trọng trong phát triển nông nghiệp xanh tại khu vực Mai Sơn, thông qua việc định hướng sử dụng đất hợp lí, hạn chế suy

thoái tài nguyên và nâng cao hiệu quả canh tác cà phê Arabica. Kết quả nghiên cứu cung cấp luận cứ trực tiếp cho việc phát triển và mở rộng CDDL cà phê Arabica gắn với điều kiện sinh thái đặc thù, phù hợp với chiến lược quốc gia về phát triển tài sản trí tuệ và nông nghiệp bền vững, qua đó nâng cao giá trị sản phẩm và sinh kế cho người dân địa phương.

Mặc dù phương pháp AHP-GIS thể hiện độ tin cậy cao, nhưng vẫn còn tồn tại hạn chế nhất định do quá trình xác định trọng số yêu cầu nhiều so sánh cặp và tính toán tương đối phức tạp, mang tính chủ quan. Trong thời gian tới, nhóm tác giả dự kiến sẽ áp dụng các mô hình mới như BWM và FUCOM để cải thiện độ tin cậy và giảm thiểu tính chủ quan trong nghiên cứu.

**\*Ghi chú:** Bài báo này thuộc đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ *Ứng dụng GIS – MDCM đánh giá thích nghi sinh thái phục vụ phát triển vùng chuyên canh và mở rộng chỉ dẫn địa lí cà phê Arabica tại vùng Tây Bắc*, mã số B2025-SHP-05, do TS. Ngô Thị Hải Yên làm chủ nhiệm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo điện tử tiếng nói Việt Nam (2024), “Cà phê Sơn La giữ giá cao ngay từ đầu vụ thu hoạch”, truy cập ngày 09-04-2025, tại trang web <https://vov.vn/thi-truong/gia-ca-phe/ca-phe-son-la-giu-gia-cao-ngay-tu-dau-vu-thu-hoach-post1127216.vov>.
- [2] Bộ Xây dựng (2022), “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng chủ biên”.
- [3] Cục Sở hữu trí tuệ - Bộ Khoa học và Công nghệ (2023), “Chỉ dẫn địa lí – Di sản thiên nhiên và văn hóa Việt”, Hà Nội.
- [4] *Địa chỉ Sơn La* (2020). NXB Chính trị quốc gia Sự thật.
- [5] NTP Hào, (2023), “Vai trò của chỉ dẫn địa lí trong việc gia tăng giá trị kinh tế nông sản Việt Nam”. *Kinh tế và Dự báo*.
- [6] Ủy ban nhân dân tỉnh Sơn La (2021), “Quyết định phê duyệt đề án phát triển vùng nguyên liệu cà phê gắn với chế biến, bảo vệ môi trường trên địa bàn tỉnh Sơn La”, Ủy ban nhân dân tỉnh Sơn La, Sơn La, truy cập ngày 09/01-2026, tại trang web <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-mai/Quyết-dinh-331-QĐ-UBND-2021-De-an-Phat-trien-vung-nguyen-lieu-ca-phe-bao-ve-moi-truong-Son-La-469490.aspx>.
- [7] Ủy ban nhân dân tỉnh Sơn La, (2023). “Báo cáo tổng hợp quy hoạch tỉnh Sơn La thời kì 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050”.
- [8] Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp - Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, (2010), “Quy trình đánh giá đất sản xuất nông nghiệp phục vụ quy hoạch sử dụng đất cấp huyện TCVN 8409:2010”, *Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Hà Nội.
- [9] NX Vũng & NT Cường, (2023). “Tích hợp GIS và AHP đánh giá thích hợp tự nhiên đất trồng cây cà phê vối tại huyện Cư M'gar, tỉnh Đắk Lắk”. *Tạp chí Khoa học Tây Nguyên*, 63(17). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10799899>
- [10] World Trade Organization. “Hiệp định về các khía cạnh liên quan đến thương mại của quyền sở hữu trí tuệ (TRIPS)”, World Trade Organization, truy cập ngày 09-04-2025, tại trang web <https://trungtamwto.vn/upload/files/wto/4-cac-hiep-dinh-co-ban/19-Phu%20luc%201C%20-%20TRIPs.pdf>.
- [11] Productive Partnerships in Agriculture Project (PPAP) (2016), *The Papua New Guinea Coffee Handbook*, 2nd Edition, ed, Coffee Industry Corporation (CIC).
- [12] Abigaba D, Chemura A, Gornott C. *et al*, (2024). The potential of agroforestry to buffer climate change impacts on suitability of coffee and banana in Uganda. *Agroforest Syst* 98, 1555–1577 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01025-3>
- [13] Tran TMC & et al, (2020), “Assessment of physical land suitability by GIS-based fuzzy AHP for rubber plantation at the Nam Dong district, Thua Thien Hue province”. *Journal of*

*Vietnamese Environment*,12(2):108-113. DOI:10.13141/jve.vol12.no2.pp108-113

- [14] Cássia Gabriele Dias, Fabrina Bolzan Martins và Minella Alves Marti, (2024). “Climate risks and vulnerabilities of the Arabica coffee in Brazil under current and future climates considering new CMIP6 models”. *Science of the Total Environment*. 907(10), 167753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167753>
- [15] Nzeyimana I, Hartemink AE, Geissen V, (2016), Correction: GIS-based multi-criteria analysis for Arabica coffee expansion in Rwanda. *PLOS ONE* 11(2): e0149239. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149239>
- [16] Thomas L.Saaty, (1990), “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 48(1), 9-26, [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- [17] Nigussie W, *et al*, (2024). “Enhancing Coffee Agroforestry Systems Suitability Using Geospatial Analysis and Sentinel Satellite Data in Gedeo Zone, Ethiopia”, *Sensors*. 24(19).
- [18] Pham Y, Reardon-Smith K, Mushtaq, S. *et al*, (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Climatic Change* 156, 609–630. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>.
- [19] Eric Rahn và các cộng sự. (2013). Climate change adaptation, mitigation and livelihood benefits in coffee production: where are the synergies?. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.
- [20] Zhang S, Liu X, Wang X, *et al*, (2021). Evaluation of coffee ecological adaptability using Fuzzy, AHP, and GIS in Yunnan Province, China. *Arab J Geosci* 14, 1366. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07795-9>
- [21] Lorençone JA, de Oliveira Aparecido LE, Lorençone PA. *et al*, (2025). Agricultural zoning of *Coffea arabica* in Brazil for current and future climate scenarios: implications for the coffee industry. *Environ Dev Sustain* 27, 4143–4166. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04066-3>
- [22] Thomas L. Saaty, (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.