

ỨNG DỤNG VIỄN THÁM, HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THỨ BẬC AHP TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN CÂY CÀ PHÊ CHÈ TRÊN VÙNG ĐẤT ĐỐC TỈNH ĐIỆN BIÊN

Đinh Xuân Hùng^{1,*}, Bùi Tuấn Hải¹, Nguyễn Ngọc Sáng¹, Trần Thị Thanh Dung¹

¹*Viện Quy hoạch Thủy lợi*

**Email: hungdx.iwrrp@gmail.com*

TÓM TẮT

Cà phê chè là loại cây công nghiệp có giá trị kinh tế cao, sinh trưởng ở độ cao trên 600 m. Điện Biên là một trong những tỉnh có tiềm năng phát triển canh tác nhờ các điều kiện độ cao, thổ nhưỡng và nguồn nước thích hợp với đặc tính sinh trưởng của cây cà phê chè. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu viễn thám, công nghệ GIS và phương pháp phân tích thứ bậc AHP để xây dựng bản đồ tiềm năng phát triển cây cà phê chè từ các dữ liệu về cao độ số, thổ nhưỡng, độ dốc, mưa bình quân năm và mô đun dòng chảy bằng ma trận so sánh. Đây là hướng nghiên cứu mới giúp đánh giá tiềm năng canh tác cây cà phê chè trên địa bàn tỉnh. Kết quả cho thấy, tính logic, tin cậy của ma trận thông qua tỉ số nhất quán $CR = 0,08 < 0,1$ và phần lớn diện tích canh tác nông nghiệp của tỉnh Điện Biên phù hợp với cây cà phê chè với diện tích tiềm năng là 276.597 ha (28,96%), rất tiềm năng là 92.872 ha (9,72%), góp phần hỗ trợ trong công tác đánh giá, quy hoạch, chuyển đổi cơ cấu cây trồng đối với các nhà quản lý.

Từ khoá: *Viễn thám, GIS, AHP, cà phê chè, Điện Biên.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Độ dốc hoặc độ nghiêng của đất được gọi là độ dốc của đất. Độ dốc lớn là đất có độ nghiêng lớn, trong khi độ dốc thoải là đất có độ nghiêng nhỏ. Đất dốc, được định nghĩa là bất kỳ loại đất nào có độ dốc lớn hơn 5% ($\sim 3^\circ$) và là nguồn tài nguyên đất quan trọng cho sản xuất nông nghiệp vùng cao. Độ dốc ảnh hưởng trực tiếp đến độ sâu của tầng đất, tính dễ bị xói mòn, việc làm đất, tưới tiêu, sự thích nghi của cây trồng [1].

Cà phê chè (Arabica) là loại cây trồng có giá trị kinh tế cao, được trồng nhiều ở những vùng có khí hậu mát mẻ, có thể sinh trưởng và phát triển bình thường trong khoảng nhiệt độ từ $5-30^\circ\text{C}$, nhưng thích hợp nhất trong khoảng nhiệt độ từ $15-24^\circ\text{C}$, lượng mưa hàng năm từ 1.500-2.000 mm. Loại đất thích hợp cho canh tác cà phê chè là đất phát triển từ đá mẹ bazan, ngoài ra cũng có thể trồng trên các loại đất phát triển từ đá mẹ gnei, granit, đá phiến như: Đất đỏ nâu trên đá vôi (Fv), đất đỏ vàng trên đá sét và đá biến chất (Fs), đất nâu tím trên đá sa phiến thạch màu tím (Fe); đất đỏ

nâu trên đá macma bazơ và trung tính (Fk) với các đặc điểm cơ bản như: Tầng đất canh tác dày ≥ 70 cm; độ xốp trên 60%, thoát nước tốt; độ pH KCl thích hợp từ 4,5-6,0; hàm lượng hữu cơ tổng số tầng đất mặt (0-30 cm) $\geq 2,5\%$ [2].

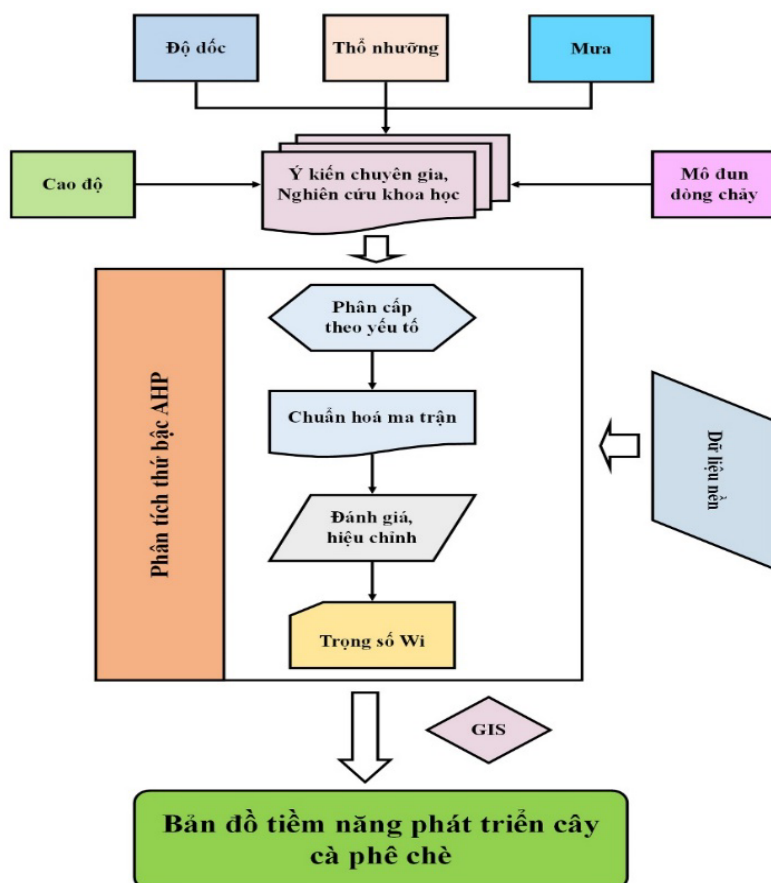
Việt Nam là quốc gia sản xuất cà phê đứng thứ hai thế giới, chỉ sau Brazil với sản lượng chủ yếu là cà phê robusta, chiếm 95%. Trong khi đó, cà phê chè (arabica) lại không phải thế mạnh của Việt Nam dù sở hữu nhiều đặc điểm tốt như khả năng kháng sâu, bệnh, cây trưởng thành sớm, năng suất cao do chất lượng hạt không được đánh giá cao [3]. Điện Biên là một tỉnh miền núi nằm ở Tây Bắc của Việt Nam với địa hình chủ yếu là đồi núi dốc, hiểm trở và chia cắt mạnh [4] với nhiệt độ trung bình hàng năm từ $21^\circ\text{C}-23^\circ\text{C}$ [5], phù hợp với đặc tính sinh trưởng của cây cà phê chè. Trong bối cảnh nhiều diện tích cây trồng truyền thống cho hiệu quả kinh tế thấp, tỉnh Điện Biên đang tập trung triển khai chuyển đổi cơ cấu cây trồng theo hướng phát triển các loại cây công nghiệp và cây ăn quả có giá trị cao như cà phê, mắc ca, chè... Đây được xem là hướng đi chiến

lược nhằm nâng cao thu nhập cho người dân, đồng thời sử dụng hiệu quả tài nguyên đất đai. Thực tế cho thấy, việc chuyển đổi đã mang lại những kết quả tích cực. Đến năm 2026, diện tích cà phê toàn tỉnh Điện Biên đạt 8.378 ha, tăng 77,21% so với cùng kỳ năm trước. Cà phê chè là cây ưa khí hậu mát mẻ, cường độ chiếu sáng vừa phải, nên trồng cà phê chè ở độ cao so với mặt nước biển từ 600-2.000 m, độ cao thích hợp là trên 1.000 m [2]. Cà phê đang dần khẳng định vai trò là cây trồng chủ lực, phù hợp với điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu trên địa bàn tỉnh Điện Biên [6]. Hiện nay, cây cà phê chè (arabica) đang mang lại nhiều lợi ích về kinh tế, việc đánh giá tiềm năng phát triển cây cà phê chè trên vùng đất dốc là yêu cầu cấp thiết. Việc sử dụng dữ liệu viễn thám, GIS và phương pháp phân tích thứ bậc AHP để đánh giá tiềm năng phát triển cây cà phê chè trên vùng đất dốc mang lại nhiều hiệu quả khi GIS giúp xử lý dữ liệu và tổng hợp

theo phân bố không gian cùng với AHP kết hợp được nhiều yếu tố độ cao, độ dốc, thổ nhưỡng, lượng mưa và dòng chảy để đánh giá mức độ phù hợp của cây cà phê chè đối với vùng đất dốc, chiếm đa số diện tích canh tác nông nghiệp trên địa bàn tỉnh và có tiềm năng, dự địa phát triển nông nghiệp thông minh, thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu sử dụng dữ liệu viễn thám như bản đồ cao độ số, độ dốc, mưa cùng với dữ liệu thu thập về thổ nhưỡng, mô đun đặc trưng dòng chảy năm kết hợp đặc tính sinh trưởng của cây cà phê chè, sau đó đánh giá bằng phân tích thứ bậc AHP thông qua tham khảo về quy chuẩn phân loại, kế thừa từ các nghiên cứu trước đây kết hợp với GIS để xây dựng bản đồ tiềm năng phát triển cây cà phê chè cho tỉnh Điện Biên.



Hình 1. Phương pháp nghiên cứu xây dựng bản đồ tiềm năng phát triển cây cà phê chè trên vùng đất dốc tỉnh Điện Biên

Phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) là một trong những phương pháp ra quyết định đa mục tiêu được đề xuất bởi Thomas (1980) [17]. AHP là một

phương pháp định lượng, dùng để sắp xếp các phương án quyết định và chọn một phương án thỏa mãn các tiêu chí cho trước [7-9].

Bảng 1. Thu thập dữ liệu đầu vào tính toán tiềm năng phát triển cây cà phê chè

TT	Tên dữ liệu	Đơn vị	Định dạng	Phân giải không gian	Thời gian thu thập	Nguồn
1	Cao độ số	Mét	Raster	30 m	Năm 2014	NASA
2	Độ dốc	Độ	Raster	30 m		Tính toán từ dữ liệu cao độ địa hình (DEM)
3	Thổ nhưỡng	-	Shapefile	-	Năm 2000	Atlas Tài nguyên nước Quốc gia
4	Mưa	mm	Raster	5km	Giai đoạn: 1981 - 2025	Trung tâm Rủi ro Khí hậu (CHG)
5	Mô đun dòng chảy	l/s.km ²	Shapefile	-	Năm 2024	Viện Quy hoạch Thủy lợi
6	Dữ liệu nền		Shapefile	-	Năm 2024	Quy hoạch tỉnh Điện Biên

Các bước nghiên cứu bao gồm:

Bước 1: Thu thập các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phát triển của cây cà phê chè. Trong phạm vi nghiên cứu, đây là những yếu tố ảnh hưởng bao gồm: Cao độ, độ dốc, thổ nhưỡng, mưa và mô đun dòng chảy. Ngoài ra, còn dữ liệu về lớp sử dụng đất nông nghiệp để làm bản đồ nền và được thể hiện trong bảng 1.

Dữ liệu cao độ số DEM được thu thập từ nguồn SRTM của NASA, đây là nguồn dữ liệu toàn cầu miễn phí, có độ phân giải 30 m, với đặc thù địa hình tỉnh Điện Biên đa phần là đồi núi, địa hình ít bị thay đổi, phù hợp trong phạm vi nghiên cứu.

Dữ liệu độ dốc được tính toán từ dữ liệu cao độ số DEM và được xử lý bằng phần mềm QGIS từ công cụ 'Slope' tính toán góc nghiêng của địa hình từ lớp ảnh raster đầu vào. Độ dốc được biểu thị bằng độ.

Dữ liệu thổ nhưỡng được thu thập từ Atlas Tài nguyên nước Quốc gia của Bộ Tài nguyên và Môi trường (cũ), thu thập các loại hình đất các tỉnh trung du và miền núi phía Bắc, trong đó có tỉnh Điện Biên.

Dữ liệu mưa được tính toán bình quân năm theo giai đoạn 1981-2025 từ dữ liệu mưa vệ tinh Chirps. Đây là nguồn dữ liệu mưa phổ biến, tin cậy, được kiểm chứng trong các nghiên cứu

trước đây [10-13]. Do dữ liệu mưa Chirps phân giải 5 km tương đối thô, chưa phù hợp với phạm vi của tỉnh Điện Biên nên đã đưa về độ phân giải 30 m bằng phương pháp nội suy Bilinear Interpolation (nội suy tuyến tính hai chiều) trong QGIS, đây là phương pháp tính toán giá trị cho pixel mới dựa trên trung bình trọng số của 4 pixel cũ gần nhất [14].

Dữ liệu mô đun dòng chảy năm được dựa trên số liệu dòng chảy năm tại các trạm quan trắc của tỉnh Điện Biên như Mường Lay, Bản Yên, Na Sang - Nậm Mực thu thập được qua từng thời kỳ (nguồn số liệu của Viện Quy hoạch Thủy lợi thu thập qua các dự án của Viện) tiến hành tính toán dòng chảy trung bình nhiều năm nhằm phù hợp với kịch bản biến đổi khí hậu mới nhất của Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường). Từ số liệu dòng chảy trung bình nhiều năm và diện tích lưu vực tính toán được mô đun dòng chảy năm. Đây là yếu tố gián tiếp, phản ánh mật độ và tiềm năng sinh nước mặt từ yếu tố lượng mưa và điều kiện tự nhiên, giúp đánh giá tiềm năng nguồn nước tại vùng nghiên cứu có thích hợp để canh tác cây cà phê chè hay không.

Dữ liệu nền là dữ liệu canh tác nông nghiệp được thu thập từ bản đồ sử dụng đất theo Quy hoạch sử dụng đất của tỉnh Điện Biên dạng .dgn, sau đó được xử lý thành dạng shapefile, trong đó

đã loại bỏ đi các lớp sử dụng đất như: Rừng phòng hộ, đất ở đô thị, đất quốc phòng, an ninh, nước mặt, giao thông... kết hợp với độ dốc từ 3° trở lên làm dữ liệu nền trong nghiên cứu.

Bước 2: Xử lý, đánh giá số liệu theo ma trận so sánh cặp tiêu chí, các yếu tố được so sánh theo thang điểm Saaty (1-9) [15] để đánh giá tầm quan trọng của yếu tố này so với yếu tố kia (Bảng 2).

Bảng 2. Phân loại tầm quan trọng tương đối của Saaty

So sánh	Định nghĩa	Giải thích
1	Quan trọng bằng nhau	Hai yếu tố đóng góp ngang nhau cho mục tiêu.
3	Quan trọng vừa	Yếu tố này quan trọng hơn chút ít
5	Quan trọng rõ rệt	Yếu tố này quan trọng hơn đáng kể
7	Quan trọng rất cao	Yếu tố này được ưu tiên rất mạnh mẽ
9	Quan trọng cực kỳ cao	Yếu tố này cao hơn hẳn, bằng chứng cao nhất
2, 4, 6, 8	Giá trị trung gian	Dùng khi cần thỏa hiệp hoặc đánh giá nằm giữa hai mức độ

Bước 3: Sau khi so sánh, đánh giá các yếu tố, tính toán trọng số W_i cho từng nhóm yếu tố trong ma trận bằng cách lấy từng phần tử chia

cho tổng của cột chứa, sau đó tính trung bình cộng các phần tử trên mỗi hàng của ma trận đã chuẩn hóa.

Bảng 3. Bảng ma trận tính toán trọng số từ các yếu tố đầu vào

Tiêu chí	A_1	A_2	...	A_n	Trọng số W_i
A_1	1	a_{12}		a_{1n}	W_1
A_2	$1/a_{12}$	1		a_{2n}	W_2
...			...		...
A_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$		1	W_n

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Trong đó: n là số tiêu chí, $\bar{a}_{ij}$ là giá trị ma trận chuẩn hoá.

Bước 4: Tính toán tỉ số nhất quán (CR) để đánh giá độ tin cậy của quá trình ra quyết định, $CR < 0,1$ (10%) là chấp nhận được, công thức tính CR như sau:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Trong đó: CI là chỉ số nhất quán được xác định theo công thức:

Trong đó: n là số yếu tố trong ma trận so sánh, trong trường hợp này $n = 5$; λ_{max} là giá trị riêng lớn nhất của ma trận so sánh cặp; λ_{max} càng gần n thì càng nhất quán [8] và được tính như sau:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{\sum_{n=1}^n W_{1n}}{W_{11}} + \frac{\sum_{n=1}^n W_{2n}}{W_{12}} + \dots + \frac{\sum_{n=1}^n W_{nn}}{W_{nn}} \right)$$

RI (Random Index) là Chỉ số ngẫu nhiên được tra cứu từ bảng chuẩn của Saaty dựa theo số lượng tiêu chí được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Chỉ số ngẫu nhiên ứng với số tiêu chí lựa chọn [16]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,52	0,89	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Bước 5: Phân loại mức độ tiềm năng (P) được đánh giá mức độ phù hợp dựa vào các yếu tố theo công thức:

$$P = \sum_{i=1}^n (X_i * W_i)$$

Trong đó: Xi là tiêu chí đánh giá theo các mức không phù hợp, phù hợp và rất phù hợp đối với từng yếu tố; Wi là trọng số trong ma trận tính toán sau khi đã đánh giá độ tin cậy.

Bảng 5. Bảng phân cấp mức độ tiềm năng của các yếu tố [17-22]

Yếu tố Đánh giá	Thổ nhưỡng (loại đất)	Cao độ (m)	Lượng mưa (mm/năm)	Độ dốc (Độ)	Mô đun dòng chảy M0 (l/s.km ²)
Rất tiềm năng	Đất nâu đỏ, nâu vàng	1.000- 2.000	1.500- 2.000	3 - 8	40≤M0<60
Tiềm năng	Đất xám feralit, đất xám mùn trên núi	600-1.000	1.000- 1.500	8 - 15	20≤M0<40
Không tiềm năng	Đất mùn Alit trên núi, đất phù sa chua	< 600 hoặc > 2.000	< 1.000 hoặc > 2.000	> 15	M0<20 hoặc M0>60

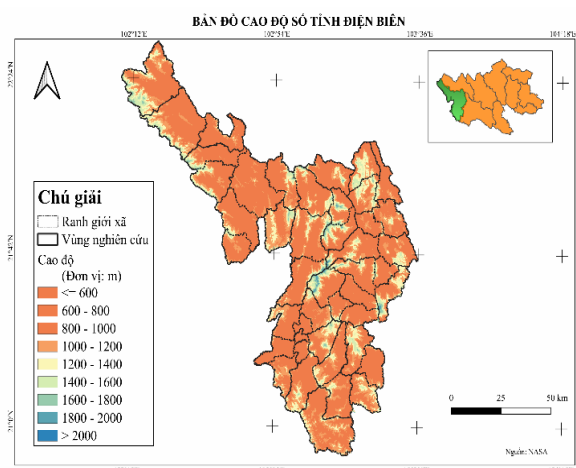
Kết quả sau khi tính toán (Bảng 5) nằm trong khoảng từ 1-3 (1: Không tiềm năng; 2: Tiềm năng; 3: Rất tiềm năng), nghiên cứu sử dụng phương pháp khoảng chia đều (Equal Interval) trong GIS để phân loại mức độ tiềm năng phát triển cây cà phê chè cũng như tham khảo, kế thừa các nguồn về đánh giá tiềm năng cây cà phê chè từ những vùng nghiên cứu tương tự về cao độ, thổ nhưỡng từ các dự án, đề tài trước đây và phát triển phương pháp áp dụng theo đặc điểm riêng cho tỉnh Điện Biên [19, 23-25].

Bảng 6. Phân loại mức độ tiềm năng cây cà phê chè

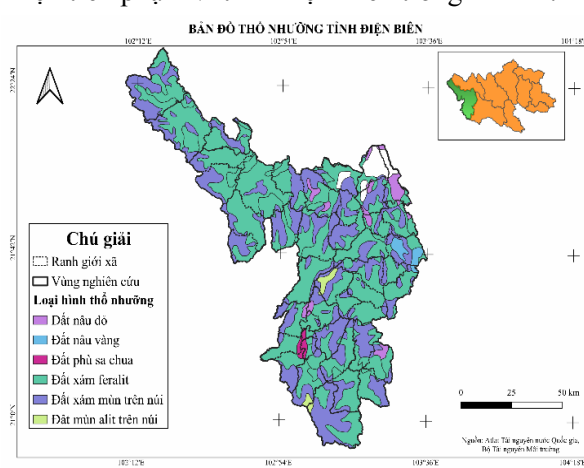
Khoảng giá trị P	Mức độ tiềm năng
1,00-1,67	Không tiềm năng
1,67-2,34	Tiềm năng
2,34-3,00	Rất tiềm năng

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

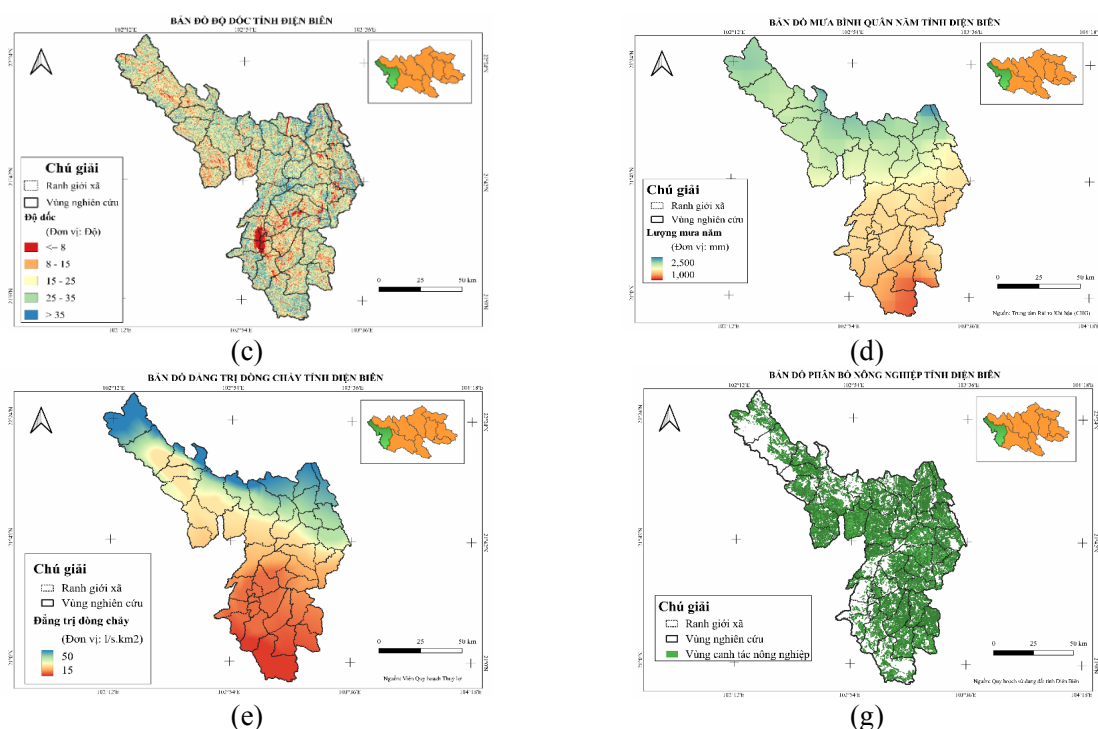
Nghiên cứu tiến hành xây dựng bản đồ theo các yếu tố kết hợp bản đồ nền, phân bố được thể hiện trên phạm vi tỉnh Điện Biên trong Hình 2.



(a)



(b)



Hình 2. Bản đồ phân bố theo các yếu tố tỉnh Điện Biên: (a) Cao độ; (b) Thổ nhưỡng; (c) Độ dốc; (d) Mưa bình quân năm; (e) Đẳng trị dòng chảy và (g) Phân bố nông nghiệp

Bảng 7. Đặc điểm các loại hình thổ nhưỡng theo phân bố canh tác nông nghiệp của tỉnh Điện Biên [26, 27]

Loại đất	Thành phần cơ giới	Độ dày tầng đất	Độ phì
Đất nâu đỏ	Nặng	Dày	Cao
Đất nâu vàng	Nặng	Dày	Cao
Đất xám feralit	Trung bình đến nặng	Trung bình đến dày	Trung bình
Đất xám mùn trên núi	Nhẹ đến trung bình	Trung bình đến dày	Trung bình đến cao
Đất mùn alit trên núi	Nhẹ đến trung bình	Dày	Cao
Đất phù sa chua	Thịt nhẹ đến thịt trung bình, có nơi thịt nặng	Dày	Trung bình

Từ phân loại, đánh giá các yếu tố, nghiên cứu chỉ tiềm năng phát triển cây cà phê chè cho tỉnh xây dựng ma trận so sánh và trọng số của 5 tiêu Điện Biên [19, 28] và được thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8. Ma trận so sánh và trọng số theo các tiêu chí phát triển cây cà phê chè

Yếu tố	Thổ nhưỡng	Cao độ	Lượng mưa	Độ dốc	Mô đun dòng chảy	Trọng số Wi
Thổ nhưỡng	1	3	3	3	5	0,41
Cao độ	1/3	1	3	3	5	0,27
Lượng mưa	1/3	1/3	1	3	3	0,16
Độ dốc	1/3	1/3	1/3	1	3	0,11
Dòng chảy	1/5	1/5	1/3	1/3	1	0,05

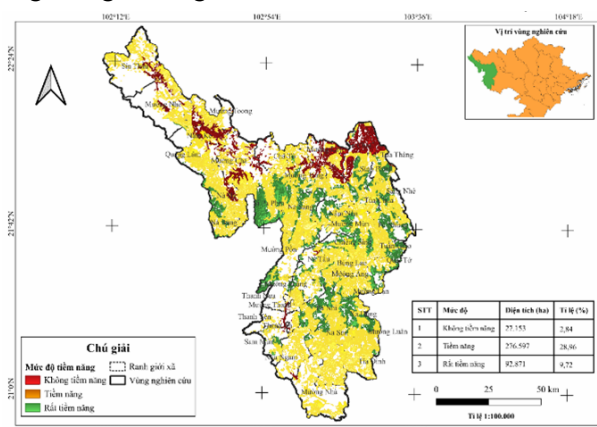
Để kiểm tra tính logic của ma trận so sánh, nghiên cứu đã tính toán tỉ số nhất quán CR, chỉ số ngẫu nhiên RI và tỉ số nhất quán được thể hiện trong Bảng 9.

Bảng 9. Giá trị kiểm tra tính logic của ma trận

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Giá trị riêng lớn nhất của ma trận	λ_{max}	5,36
Chỉ số nhất quán	CI	0,09
Chỉ số ngẫu nhiên	RI	1,12
Tỉ số nhất quán	CR	0,08

Nhận xét: Tỉ số nhất quán $CR < 0,1$ ($CR=0,08$) cho thấy ma trận so sánh đã triển khai logic, nhất quán và đáng tin cậy. Kết quả cho thấy, tiêu chí về thổ nhưỡng là tiêu chí có mức độ ưu tiên cao nhất, cùng với địa hình (cao độ) là yếu tố rất quan trọng trong đánh giá tiềm

năng phát triển cây cà phê chè. Với điều kiện lượng mưa và độ dốc của đất cũng là yếu tố quan trọng và logic khi đa phần địa hình của tỉnh Điện Biên là đất đồi núi, độ dốc trên 3° , lượng mưa trong khoảng sinh trưởng. Ngoài ra, yếu tố mô đun dòng chảy là yếu tố đánh giá xem vùng canh tác có đáp ứng yêu cầu về nguồn nước hay không, để đưa ra giải pháp về thủy lợi như điều tiết nước trong mùa kiệt, mùa lũ. Tuy nhiên, giá trị CR chỉ phản ánh tính nhất quán nội tại của quá trình so sánh, chưa chứng minh rằng các trọng số thu được phản ánh chính xác mức độ ảnh hưởng thực tế của từng yếu tố đến năng suất cà phê. Đây là khoảng trống cần được tiếp tục làm rõ thông qua kiểm chứng với dữ liệu thực địa, năng suất và phân bố các vùng cà phê hiện hữu, đồng thời thực hiện phân tích độ nhạy và xem xét tương tác giữa các yếu tố.



Hình 3. Bản đồ tiềm năng phát triển cây cà phê trên vùng đất dốc tỉnh Điện Biên

Từ những yếu tố, đánh giá tính logic trong ma trận, nghiên cứu xây dựng bản đồ tiềm năng phát triển cây cà phê chè dựa trên bản đồ nền là vùng canh tác nông nghiệp, kết quả được thể hiện ở bảng 10.

Bảng 10. Diện tích phát triển cây cà phê chè theo mức độ tiềm năng

STT	Mức độ	Diện tích (ha)	Tỉ lệ (%)
1	Không tiềm năng	27.153	2,84
2	Tiềm năng	276.597	28,96
3	Rất tiềm năng	92.872	9,72

Nhận xét: Dựa trên bản đồ phân bố tiềm năng phát triển cây cà phê chè trên đất dốc, có thể thấy,

tỉnh Điện Biên là vùng thích hợp nhờ địa hình cao, thổ nhưỡng, độ dốc và nguồn nước đáp ứng tốt các yêu cầu từ đặc điểm sinh trưởng, trong đó trọng số thổ nhưỡng là lớn nhất ($W_i=0,41$), mô đun dòng chảy là nhỏ nhất ($W_i=0,05$). Thống kê trên toàn tỉnh, đối với từng mức độ tiềm năng cho thấy:

- Mức độ “Không tiềm năng” có diện tích khoảng 27.153 ha, chiếm 2,84% tổng diện tích, tập trung chủ yếu ở các xã Mường Chà, Mường Lay, Sín Chải...

- Mức độ “Tiềm năng” có diện tích lớn nhất, khoảng 276.597 ha, chiếm 28,96% tổng diện tích, phân bố rộng trên hầu hết các xã của tỉnh Điện Biên, trong đó vùng có diện tích lớn nhất là các xã Mường Ảng, Na Sang, Si Pa Phìn, Nà Hỳ...

- Mức độ “Rất tiềm năng” có diện tích khoảng 92.872 ha, chiếm 9,72% tổng diện tích, tập trung ở các xã Mường Ảng, Si Pa Phìn, Sáng Nhè, Sính Phình, Pú Nhung, Pu Nhi, Na Son...

Như vậy, phần lớn diện tích đất nông nghiệp ở tỉnh Điện Biên thích hợp cho phát triển cây cà phê chè nhờ những điều kiện thuận lợi trên, đặc biệt là ở xã Mường Ảng, khi phần lớn mức độ tiềm năng và rất tiềm năng có tỉ lệ diện tích tương đối cao so với tổng diện tích (1.239 ha ở mức độ “Rất tiềm năng” - chiếm khoảng 14,25% và 2.893 ha ở mức độ “Tiềm năng” - chiếm khoảng 33,5%).

4. KẾT LUẬN

Kết quả cho thấy phương pháp AHP có khả năng lượng hóa mức độ ưu tiên của các tiêu chí và tích hợp đồng thời các yếu tố thổ nhưỡng, địa hình, khí hậu và thủy văn trong đánh giá tiềm năng phát triển cây cà phê chè thông qua tỷ số nhất quán $CR=0,08$ trong ma trận có độ tin cậy khoa học, logic nhất định. Cùng với đó, kết quả nghiên cứu đóng góp một phần cơ sở để các cơ quan quản lý rà soát lại quy hoạch vùng trồng, ưu tiên mở rộng diện tích tại các vùng “Tiềm năng” hoặc “Rất tiềm năng” nhằm nâng cao giá trị kinh tế của cây cà phê chè mang lại.

Tuy nhiên, AHP hiện mới phản ánh mối quan hệ ưu tiên giữa các tiêu chí tại thời điểm nghiên cứu, trong khi điều kiện thích hợp cho cây cà phê chè có thể biến động theo không gian và thời gian dưới tác động của biến đổi khí hậu, thay đổi sử dụng đất và chế độ nước. Bên cạnh đó, các tiêu chí được xem xét chủ yếu theo dạng độc lập, trong khi trên thực tế có thể tồn tại tương tác giữa thổ nhưỡng, cao độ, lượng mưa, độ dốc và khả năng cung cấp nước. Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo cần tăng cường kiểm định trọng số bằng dữ liệu thực địa và năng suất thực tế, thực hiện phân tích độ nhạy của mô hình đối với sự thay đổi trọng số.

Nghiên cứu mới chỉ đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên (mưa, mô đun dòng chảy), chưa đề cập đến yếu tố tác động của công trình thủy lợi. Vì vậy, cần có nghiên cứu tác động của nguồn nước tưới để kết quả đánh giá được cải thiện hơn cũng như có thể bổ sung thêm các yếu tố về kinh tế - xã hội (khoảng cách đến đường giao thông, nhà máy chế biến) và biến đổi khí hậu

để bản đồ tiềm năng canh tác cây cà phê chè có cái nhìn toàn diện hơn.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài nghiên cứu khoa học: “Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp thủy lợi phù hợp với khả năng nguồn nước cho các vùng đất dốc có tiềm năng sản xuất các loại cây trồng có giá trị kinh tế cao khu vực Trung du miền núi phía Bắc” thực hiện từ năm 2024 - 2026.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. SLU, ICRAF (2024). Đất dốc - Đo độ dốc như thế nào? (Tờ thông tin - hướng dẫn kỹ thuật). Đại học Khoa học Nông nghiệp Thụy Điển & Tổ chức Nghiên cứu Nông Lâm Quốc tế tại Việt Nam. Uppsala & Hà Nội.
- [2]. Diễn đàn Cà phê Toàn cầu (GCP), Cục Trồng trọt và Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm Nghiệp Tây Nguyên (WASI) (2021), Tài liệu hướng dẫn sản xuất cà phê chè (Arabica) bền vững tại Việt Nam. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Hà Nội.
- [3]. Diệu Linh, Phạm Giang (2022). Cuộc cách mạng cà phê chè ở Việt Nam nhờ mô hình nông lâm kết hợp. *Báo Nông nghiệp và Môi trường*. <https://nongnghiepmoitruong.vn/ cuoc-cach-mang-ca-phe-che-o-viet-nam-nho-mo-hinh-nong-lam-ket-hop-d325342.html>. Truy cập ngày 8/6/2026.
- [4]. Trung tâm Thông tin Công nghiệp và Thương mại (2023). Tiềm năng sản xuất, cung ứng các sản phẩm đặc trưng của tỉnh Điện Biên. *Trang thông tin thương mại biên giới, miền núi, hải đảo*, Bộ Công thương.
- [5]. Đảng bộ tỉnh Điện Biên (2018). <https://dienbien.dcs.vn/GioiThieu/Gioi-thieu-chung>.
- [6]. Hoàng Châu, Hương Ly (2026). Điện Biên phát triển mạnh nhóm cây trồng chủ lực. *Báo Nông Nghiệp và Môi trường*. <https://nongnghiepmoitruong.vn/ dien- bien- phat- trien- manh- nhom- cay- trong- chu- luc- d805662.html>. Truy cập ngày 8/6/2026.
- [7]. Thomas L. Saaty (1980). The analytical hierarchy process. International Series in Operations Research & Management Science. USA.
- [8]. Nguyễn Hồng Trường (2020). Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) trong lựa

chọn phương án thiết kế các dự án thủy lợi. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 61, 57-65.

[9]. Phạm Ngọc Sơn, Nguyễn Quỳnh Nga (2023). Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) trong nghiên cứu kỹ năng số của giáo viên trung học cơ sở. *Tạp chí Giáo dục*, 23, 32 - 38.

[10]. Nguyễn Thành Luân, Lê Văn Nghi, Phạm Ngọc Tú, Âu Thị Bích Hoà, Hoàng Anh Quý (2026). Đánh giá mức độ và xu thế biến đổi lượng mưa lưu vực sông Cu Đê dựa trên dữ liệu mưa từ vệ tinh CHIRPS. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 90, 19 - 27.

[11]. Bùi Tuấn Hải, Nguyễn Văn Tuấn (2018). Nghiên cứu đánh giá và so sánh các dữ liệu mưa vệ tinh độ phân giải cao lưu vực sông Cả. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 695, 17-28.

[12]. Yuefen Zhang, Chuanhao Wu, Pat J.-F. Yeh, Jianzhu Li, Bill X. Hu, Ping Feng, Changyun Jun (2022). Evaluation and comparison of precipitation estimates and hydrologic utility of CHIRPS, TRMM 3B42 V7 and PERSIANN-CDR products in various climate regimes. *Atmospheric Research*, 265, 105881.

[13]. Giang Thị Phương Thảo, Nguyễn An Bình, Nguyễn Ngọc Ân, Phạm Việt Hoà, Nguyễn Cao Hanh (2024). Đánh giá diễn biến lượng mưa tỉnh Đắk Lắk từ dữ liệu vệ tinh CHIRPS giai đoạn 2000-2023. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, 4, 74-76.

[14]. QGIS project (2026). Bilinear interpolation. QGIS User Manual. qgis.org. Switzerland.

[15]. Thomas L. Saaty (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1, 83-98.

[16]. Thomas L. Saaty (1995). Decisions making for leaders: The analytic hierarchy process for decisions in a complex world. RWS Publications. USA.

[17]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (1987). Tiêu chuẩn ngành 10TCN 84:1987. Quy trình kỹ thuật trồng cà phê.

[18]. Huỳnh Thanh Hiền (2015). *Đánh giá đất đai*. Nxb Đại học Nông Lâm, Thành phố Hồ Chí Minh.

[19]. Ngô Thị Hải Yến, Phạm Anh Tuấn, Bùi Thị Hồng Tuyết, Lưu Ngọc Trà, Lý Thúy Nga. (2025). Đánh giá thích nghi sinh thái để phát triển

cây cà phê arabica ở huyện Mai Sơn, tỉnh Sơn La. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, 70(2), 100-110.

[20]. Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức, Cục Trồng trọt, Viện Khoa học kỹ thuật Nông lâm nghiệp miền núi phía Bắc (2024). Hướng dẫn kỹ thuật sản xuất cà phê chè bền vững thích ứng với biến đổi khí hậu vùng Tây Bắc Việt Nam. Dự án CRAS-VN. Việt Nam.

[21]. Bùi Thị Tin, Nguyễn Thục Nhu, Nguyễn Mai Đăng (2014). Đánh giá hiện trạng tài nguyên nước mặt phục vụ cấp nước sinh hoạt tỉnh Ninh Bình. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 23, 91-101.

[22]. Nguyễn Đắc Lực, Lê Thị Thu Hằng, Cao Viết Thịnh, Nguyễn Quang Thái, Lê Thị Thủy, Quảng Thị Duyên, Phạm Thị Hương Lan (2022). Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định nguồn nước và giải pháp cấp nước sinh hoạt và nông nghiệp cho khu vực thiếu nước trên địa bàn tỉnh Sơn La. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 739, 10-24.

[23]. FAO (1976). A framework for land evaluation. FAO and Agriculture Organization of The United Nations. Soil Bullentin 32, Rome Italy.

[24]. Vũ Ngọc Phượng (2021). Nghiên cứu đánh giá loại hình sử dụng đất nông nghiệp bằng phương pháp AHP kết hợp GIS tại huyện Điện Biên, tỉnh Điện Biên. *Tạp chí điện tử Tài nguyên và Môi trường*. <https://nnmt.net.vn/nguyen-cuu-danh-gia-loai-hinh-su-dung-dat-nong-nghiep-bang-phuong-phap-ahp-ket-hop-gis-tai-huyen-dien-bien-tinh-dien-bien>. Truy cập ngày 8/6/2026.

[25]. Giang Thị Phương Thảo, Phạm Việt Hoà, Nguyễn An Bình (2024). Đánh giá thích nghi đất đai cây cà phê tại tỉnh Đắk Lắk áp dụng mô hình phân cấp thứ bậc đa tiêu chí. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, 4, 40-43.

[26]. Tôn Thất Chiêu, Đỗ Đình Thuận (2003). Đất Việt Nam. Nxb Nông nghiệp. Hà Nội.

[27]. Lê Thanh Bồn (2009). *Bài giảng khoa học đất*. Nxb Đại học Nông Lâm Huế. Thừa Thiên - Huế.

[28]. Ngô Thị Hải Yến, Vũ Thị Mai Hương, Bùi Thị Hồng Tuyết, Lưu Ngọc Trà (2026). Khuyến nghị không gian phát triển vùng chuyên canh và chỉ dẫn địa lý cà phê Arabica tại tỉnh Sơn La. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, 71(1), 163-172.

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHODOLOGY IN CONSTRUCTING A MAP OF THE POTENTIAL FOR ARABICA COFFEE CULTIVATION ON SLOPING LAND IN DIEN BIEN PROVINCE

Dinh Xuan Hung¹, Bui Tuan Hai¹, Nguyen Ngoc Sang¹, Tran Thi Thanh Dung¹

¹Institute of Water Resources Planning

Abstract

Arabica coffee is a crop with high economic value and is generally cultivated at elevations above 600 m. Dien Bien province is one of the provinces with high potential for Arabica coffee cultivation due to its suitable elevation, soil conditions and water resources that meet the growth requirements of the crop. This study uses remote sensing data, GIS technology, and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to develop a potential suitability map for Arabica coffee cultivation based on elevation, soil, slope, average annual rainfall and annual runoff modulus using a pairwise comparison matrix. This approach represents a novel direction for assessing the potential for Arabica coffee cultivation in the province. The results demonstrate the logical consistency and reliability of the comparison matrix, with a consistency ratio of $CR = 0.08 < 0.1$. A large proportion of agricultural land in Dien Bien province is suitable for Arabica coffee cultivation, with a potential area of 276,597 ha (28.96%) and a very high potential area of 92,872 ha (9.72%). These results provide a scientific basis for supporting land suitability assessment, agricultural planning, and crop restructuring by decision-makers.

Keywords: *Remote sensing, GIS, AHP, Arabica coffee, Dien Bien.*

Ngày nhận bài: 24/4/2026

Ngày chuyển phản biện: 14/5/2026

Ngày thông qua phản biện: 7/8/2026

Ngày duyệt đăng: 31/8/2026