

# QUY TRÌNH PHÂN TÍCH THỦ BẬC DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ VÀ VIỄN THÁM ĐỂ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NGUY CƠ HẠN HẠN Ở HUYỆN A LUỚI, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Nguyễn Ngọc Thanh<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Hữu Ngừ<sup>1</sup>, Nguyễn Quang Thi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

<sup>2</sup>Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Thái Nguyên

\* Email: nguyenngocthanh@hueuni.edu.vn

## TÓM TẮT

Vấn đề hạn hán hiện nay đang là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả sản xuất nông nghiệp ở vùng núi tỉnh Thừa Thiên Huế. Nghiên cứu này triển khai quy trình phân tích thủ bậc (AHP) dựa trên dữ liệu hệ thống thông tin địa lý (GIS) và viễn thám nhằm xác định các mức độ nguy cơ hạn hán. Bản đồ nguy cơ hạn hán được xây dựng dựa trên các yếu tố tác động, như: Lượng mưa trung bình, chỉ số khác biệt thực vật chuẩn hóa (NDVI), nhiệt độ bề mặt đất trung bình (LST), chỉ số khác biệt nước bề mặt chuẩn hóa (NDWI), độ cao địa hình, độ dốc địa hình, loại hình sử dụng đất (LU) và hàm lượng cát trong đất. Nghiên cứu cho thấy, những vùng đối mặt với nguy cơ hạn hán ở mức độ rất cao, cao và trung bình lần lượt chiếm 1,10%; 3,67%; 17,80% diện tích. Trong khi đó, nguy cơ hạn hán thấp và rất thấp chiếm 45,05% và 32,38% diện tích. Chỉ số nhất quán và tỷ lệ nhất quán thu được là 0,109 và 0,07. Bản đồ nguy cơ hạn hán đạt độ chính xác 71%. Trong mô hình, LU làm rõ 40,01% cho việc xảy ra nguy cơ hạn hán, tiếp theo là lượng mưa (23,42%) và LST (13,08%). Dữ liệu nghiên cứu có thể được áp dụng như nguồn tham khảo trong việc quy hoạch nông nghiệp.

**Từ khóa:** GIS, viễn thám, AHP, nguy cơ hạn hán, A Luới.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hạn hán là một hiện tượng cần được chú trọng trong ngành nông nghiệp [1]. Đây là vấn đề nghiêm trọng liên quan đến sự thiếu hụt nguồn nước dưới các tác động của tự nhiên và con người [2]. Các hiện tượng El Nino, La Nina, sự chuyển dịch của các hệ thống khí quyển,... đã và đang gây ảnh hưởng trực tiếp đến chu trình mưa [3]. Bên cạnh đó, hoạt động khai thác nguồn nước quá mức của con người, khai thác lâm sản, xây dựng nhà máy thủy điện cũng là tác nhân gây ra sự thiếu hụt tài nguyên nước [4]. Khi hạn hán xảy ra, sẽ gây tác động tiêu cực đến các hệ sinh thái tự nhiên, sức khỏe cộng đồng, nguồn nước sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp. Do đó, việc đánh giá nguy cơ hạn hán là trở nên cực kỳ thiết yếu trong bối cảnh hiện nay.

Ở miền Trung Việt Nam, hạn hán hiện đang là một thách thức và gây ra nhiều hệ quả bất lợi đối

với kinh tế và sinh hoạt của người dân. Với đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa, tỉnh Thừa Thiên Huế thường xuyên phải chịu nhiều đợt hạn hán kéo dài [5]. Hiện tượng hạn hán thường diễn ra trong những tháng mùa hè, tập trung từ tháng 4 đến tháng 7 hàng năm. Sự kết hợp giữa lượng mưa ít và ảnh hưởng của gió Lào đã đẩy tình trạng hạn hán càng đến mức nghiêm trọng hơn. Do đó, một cuộc điều tra về nguy cơ hạn hán ở tỉnh Thừa Thiên Huế là nhiệm vụ thiết yếu.

Trong một thập kỷ vừa qua, bản đồ nguy cơ hạn hán đóng vai trò là công cụ hữu ích cho các nhà quản lý, người nông dân và những cán bộ nghiên cứu trong việc phân định các cấp độ nguy cơ hạn hán. Tuy nhiên, việc xây dựng bản đồ hạn hán thường đòi hỏi dữ liệu lớn, bao gồm cả thông tin về không gian và phi không gian. Dữ liệu này thường là dữ liệu lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, địa hình, sử dụng đất, chỉ số thực vật [6]. Các dữ liệu

này thường được trích xuất từ các nguồn ảnh vệ tinh hoặc cảm biến mặt đất [7]. Để thiết lập một bản đồ nguy cơ hạn hán, nhiều phương pháp như quy trình phân tích thứ bậc (AHP), thống kê và học máy đã được triển khai. Trong đó, AHP có một số ưu điểm vượt trội để thành lập bản đồ nguy cơ hạn hán. Đầu tiên, AHP cho phép tích hợp và cân nhắc nhiều yếu tố khác nhau cùng một lúc, chẳng hạn như: Lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm đất và tình trạng thảm thực vật, giúp đưa ra đánh giá toàn diện về nguy cơ hạn hán [8]. Thứ hai, quy trình này linh hoạt trong việc điều chỉnh trọng số của các tiêu chí dựa trên từng khu vực, tương thích với những đặc thù địa lý và điều kiện khí hậu của mỗi vùng [9]. Thứ ba, AHP mang đến sự minh bạch trong việc thể hiện và giải thích kết quả, hỗ trợ tối ưu cho quá trình ra quyết định của nhà quản lý. Trong khi đó, tiếp cận thống kê thường có hạn chế trong việc nắm bắt toàn diện các yếu tố ảnh hưởng, dễ bỏ sót những khía cạnh quan trọng [10]. Ngược lại, học máy yêu cầu dữ liệu lớn để hoạt động hiệu quả, điều này là trở ngại trong những vùng thiếu thông tin, nhất là các khu vực miền núi [11]. Do đó, việc ứng dụng AHP dựa trên GIS và viễn thám để thành lập bản đồ nguy cơ hạn hán ở huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế là cần thiết.

## **2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Khu vực nghiên cứu**

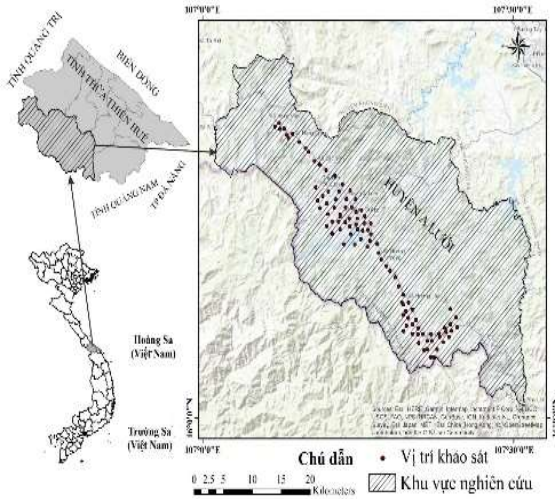
Trong nghiên cứu này, huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế được lựa chọn làm điểm nghiên cứu. Khu vực nghiên cứu có vị trí địa lý nằm giữa  $107^{\circ}01'11''\text{Đ}$ ,  $107^{\circ}31'36''\text{Đ}$ ,  $16^{\circ}00'48''\text{B}$ ,  $16^{\circ}26'48''\text{B}$  (Hình 1), đặc trưng bởi khí hậu nhiệt đới gió mùa. Huyện A Lưới tiếp giáp thị xã Hương Thủy, huyện Nam Đông và thị xã Hương Trà (tỉnh Thừa Thiên Huế) về phía Đông, giáp với nước Lào về phía Tây, với huyện Đa Krông (tỉnh Quảng Trị) và huyện Phong Điền (Thừa Thiên Huế) về phía Bắc, với huyện Tây Giang (tỉnh Quảng Nam) về phía Nam. Huyện A Lưới có diện tích xấp xỉ 122.900 ha, trong đó có 107.869 ha rừng. Địa hình huyện A Lưới được đặc trưng bởi độ dốc cao, với phần lớn diện tích được bao phủ bởi đồi núi.

### **2.2. Vật liệu nghiên cứu**

Hạn hán thường gắn liền với các yếu tố địa lý, khí hậu và xã hội. Do đó, các yếu tố bao gồm:

Lượng mưa trung bình, NDVI, NDWI, LST, độ cao, độ dốc địa hình, hàm lượng cát trong đất và LU được chỉ định làm các tham số đầu vào cho mô hình đánh giá nguy cơ hạn hán. Chỉ số độ ẩm đất được áp dụng để kiểm tra kết quả mô hình. Những chỉ số này được lựa chọn dựa trên tính liên quan trực tiếp và khả năng giải thích về việc xảy ra hạn hán. Các dữ liệu trong nghiên cứu này được tập hợp từ 01/4/2024 đến 31/5/2024, đây là khoảng thời gian xảy ra nhiều đợt nắng nóng trong năm tại khu vực nghiên cứu. Trường hợp nghiên cứu này, thông số lượng mưa được trích xuất từ dữ liệu khí hậu được phát triển bởi Trung tâm Khí tượng Thủy văn và Viễn thám tại Đại học California. Công cụ “Inverse Distance Weighted” (IDW) trong phần mềm ArcMap 10.8 được sử dụng để hỗ trợ thành lập bản đồ lượng mưa. NDVI, NDWI và LST giai đoạn nghiên cứu được thiết lập dựa trên nền ảnh vệ tinh Landsat 9. Trong nghiên cứu này, dữ liệu Landsat 9 được sử dụng vì dữ liệu này cung cấp độ phân giải không gian 30 m, giúp theo dõi chi tiết bề mặt đất và thảm thực vật. So với các vệ tinh khác, Landsat 9 có cảm biến cải tiến, cung cấp dữ liệu chất lượng và có độ chính xác cao trong việc tính toán các chỉ số như: NDVI, NDWI và LST. Ngoài ra, dữ liệu Landsat 9 có sẵn miễn phí, điều này giúp dễ dàng xử lý và đảm bảo tính nhất quán cho toàn bộ giai đoạn nghiên cứu. Dữ liệu ảnh Landsat 9 được tiền xử lý bằng cách loại bỏ nhiễu mây, căn chỉnh và cắt theo khu vực nghiên cứu để đảm bảo chất lượng hình ảnh. Các chỉ số: NDVI, NDWI và LST được tính toán dựa trên các công thức trong nghiên cứu của Sheonty và Nayeem (2022) [7]. Giá trị của các chỉ số này được tổng hợp và tính trung bình cho giai đoạn nghiên cứu nhằm phản ánh tình hình hạn hán vào mùa khô cao điểm tại khu vực nghiên cứu. Dữ liệu độ cao được trích xuất từ nguồn ảnh vệ tinh NASA SRTM (NASA Shuttle Radar Topography Mission). Nguồn dữ liệu này đã được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu địa lý để phân tích địa hình. Yếu tố độ dốc được tính toán từ dữ liệu số độ cao bằng công cụ “Slope” trong phần mềm ArcMap 10.8. Dữ liệu hàm lượng cát trong đất được trích xuất từ nguồn dữ liệu Soilgrid. Đây là nguồn dữ liệu uy tín, cung cấp thông tin phân bố đặc tính đất trên toàn cầu. LU được lấy từ nguồn dữ liệu của

Viện Nghiên cứu Hệ thống môi trường Mỹ (Esri). Đây là nguồn dữ liệu có độ chính xác tin cậy và cập nhật thường xuyên. Tất cả các dữ liệu đầu vào được chuẩn hóa về cùng kích thước ô pixel có giá trị 30 x 30 m. Bên cạnh các nguồn dữ liệu đầu vào, 100 vị trí khảo sát với thông tin về độ ẩm đất được thu thập từ thực địa để xác minh độ tin cậy của bản đồ. Thiết bị EXTECH MO750 được dùng để đo lường độ ẩm của đất.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

AHP được áp dụng để thiết lập thang đo cho các biến đầu vào của mô hình, trọng số tác động được tính toán bằng cách thực hiện ma trận so sánh cặp. Việc gán trọng số cho từng tiêu chí trong AHP được thực hiện thông qua quá trình so sánh cặp giữa các tiêu chí để xây dựng ma trận so sánh. Mỗi tiêu chí được đánh giá dựa trên mức độ quan trọng tương đối so với các tiêu chí khác, theo thang điểm từ 1 (tầm quan trọng ngang nhau) đến 9 (một tiêu chí quan trọng hơn nhiều so với tiêu chí còn lại). Sau khi hoàn thành ma trận so sánh cặp, trọng số được tính toán bằng cách chuẩn hóa và tìm giá trị riêng (Eigenvector) của ma trận, đảm bảo rằng tổng các trọng số của tất cả các tiêu chí bằng 1 [12]. Để xác nhận các trọng số này, nghiên cứu đã tính toán chỉ số nhất quán (Consistency Index - CI) và tỉ lệ nhất quán (Consistency Ratio - CR). Nếu  $CR < 0,1$ , tức là ma trận so sánh có tính nhất quán và các trọng số được xác định có độ tin cậy cao. Trong trường hợp  $CR > 0,1$ , ma trận so sánh cặp sẽ được điều chỉnh lại để đảm bảo tính

nhất quán. Quá trình này đảm bảo rằng các trọng số gán cho từng tiêu chí phản ánh đúng mức độ ảnh hưởng của chúng trong mô hình, đồng thời kiểm tra được tính hợp lý và chính xác của kết quả phân tích. Việc xác minh tính nhất quán được triển khai như sau:

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

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Trong đó: CI là chỉ số nhất quán;  $\lambda_{max}$  là giá trị trung bình của vectơ nhất quán; n là số tiêu chí trong ma trận; CR là tỷ số của ma trận; RI là chỉ số ngẫu nhiên. Giá trị của RI được quyết định bởi số lượng tiêu chí được so sánh. Thông tin về giá trị của RI được tham khảo từ nghiên cứu của Alonso và Lamata (2006) [13]. Sau đó, bản đồ nguy cơ hạn hán được tạo ra bằng cách tích hợp tất cả các yếu tố tác động trong phần mềm ArcMap 10.8, sử dụng công cụ “raster calculator”. Đây là công cụ tính toán trong phần mềm ArcMap 10.8, cho phép thực hiện các phép toán giữa các lớp dữ liệu khác nhau như: Cộng, trừ, nhân, chia hoặc các phép toán logic. Việc sử dụng công cụ này giúp tích hợp các yếu tố tác động như: Lượng mưa trung bình, NDVI, NDWI, LST, độ cao địa hình, độ dốc địa hình, hàm lượng cát trong đất và LU. Phương trình (3) trình bày công thức thành lập bản đồ nguy cơ hạn hán. Sau đó, bản đồ nguy cơ hạn hán được phân loại thành năm mức độ khác nhau dựa trên chức năng “Equal Interval”. Đây là một phương pháp phân loại dữ liệu trong GIS. Phương pháp này chia toàn bộ dải giá trị của dữ liệu thành các khoảng đều nhau, giúp phân loại các khu vực nguy cơ hạn hán thành năm mức độ: Rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao.

$$DR = \sum W_i R_j \quad (3)$$

Trong đó: DR là chỉ số nguy cơ hạn hán;  $W_i$  là trọng số của yếu tố tác động thứ i;  $R_j$  là thang điểm Saaty (thay đổi từ 1 - 9) của phân lớp thứ j của yếu tố tác động thứ i.

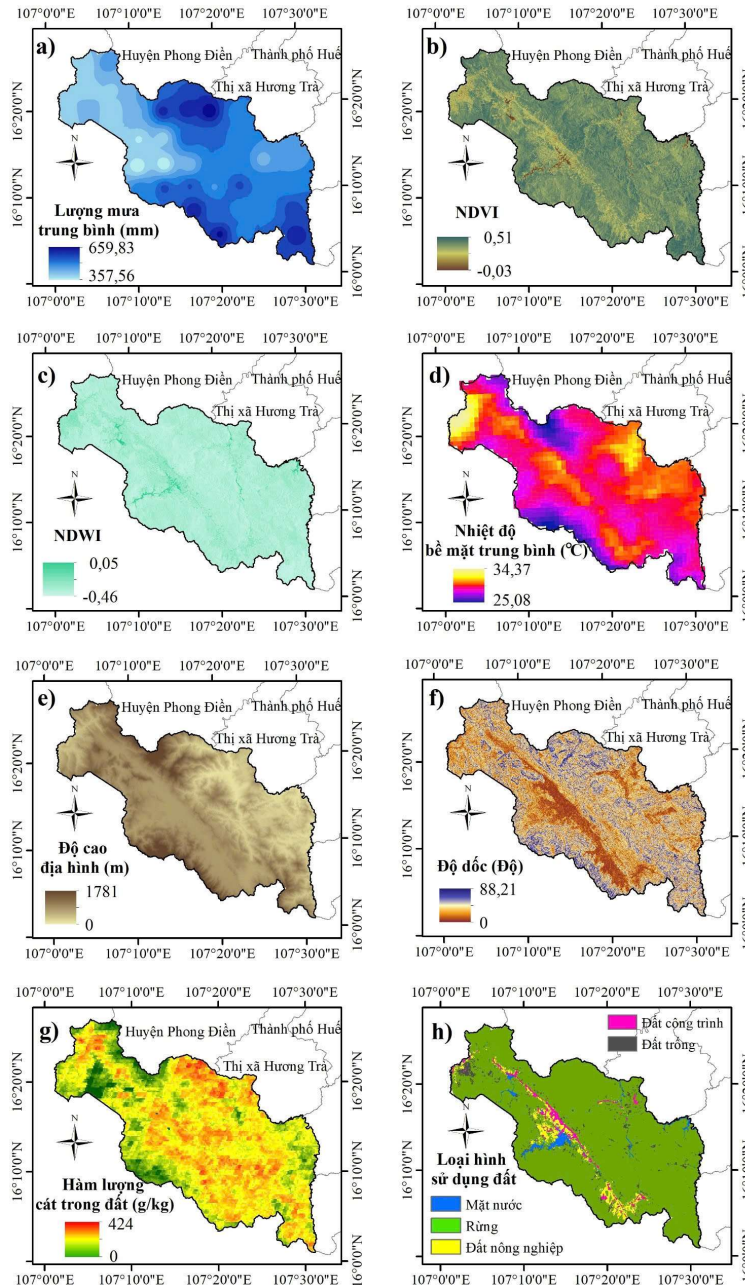
Sau đó, đồ thị “Receiver Operating Characteristic” (ROC) được triển khai để đo lường độ chính xác của kết quả đầu ra dựa trên 100 vị trí khảo sát.

ROC là một công cụ phổ biến để đánh giá hiệu suất của mô hình phân loại. Cụ thể trong nghiên cứu này, đồ thị ROC được sử dụng nhằm xác định tỷ lệ chính xác của mô hình nguy cơ hạn hán, thông qua việc so sánh kết quả dự đoán của mô hình với dữ liệu thực tế từ 100 vị trí khảo sát. Ý nghĩa khoa học của ROC trong nghiên cứu này là giúp xác định khả năng phân biệt giữa các khu vực

có và không có nguy cơ hạn hán, từ đó đánh giá độ chính xác và hiệu quả của mô hình. Giá trị “Area Under Curve” (AUC) càng gần 1 thì mô hình càng có khả năng dự đoán tốt, thể hiện ý nghĩa khoa học quan trọng trong việc kiểm chứng tính hiệu quả của mô hình đánh giá.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Các yếu tố tác động đến nguy cơ hạn hán



**Hình 2. Các yếu tố tác động đến nguy cơ hạn hán**

Lượng mưa trung bình đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước cho cả đất và nước ngầm. Khu vực có mưa thường xuyên sẽ có độ ẩm cao,

giảm thiểu nguy cơ hạn hán. Trong phạm vi nghiên cứu, dữ liệu được đo lường từ 01/4/2024 - 31/5/2024, lượng mưa trung bình được ghi nhận

dao động từ mức thấp nhất 357,56 mm đến mức cao nhất 659,83 mm (Hình 2a). Sự không đều này ảnh hưởng trực tiếp đến nguồn nước và độ ẩm đất, từ đó làm tăng nguy cơ hạn hán khi lượng mưa giảm mạnh.

NDVI phản ánh tình trạng sức khỏe của thảm thực vật và đóng vai trò là chỉ số quan trọng trong việc dự đoán nguy cơ hạn hán. NDVI cho thấy, sự liên kết mật thiết với sự phát triển của cây trồng và điều kiện đất. NDVI trong phạm vi nghiên cứu từ -0,03 - 0,51, điều này cho thấy, mức độ phân bố thảm thực vật khác nhau, với những vùng có NDVI thấp hơn phản ánh nguy cơ hạn hán cao hơn (Hình 2b).

NDWI cũng đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá độ ẩm đất, từ đó tác động đến nguy cơ hạn hán. NDWI trong nghiên cứu dao động từ -0,46 - 0,05 (Hình 2c) điều này cho thấy, một số khu vực đang có nguy cơ cao hơn do độ ẩm thấp, đây là tín hiệu quan trọng giúp dự báo hạn hán.

LST là yếu tố chủ chốt tác động trực tiếp đến độ ẩm đất và tốc độ bay hơi nước. Khi nhiệt độ tăng cao, lượng nước bay hơi nhiều hơn, làm khô đất nhanh chóng. LST trong phạm vi nghiên cứu dao động từ 25,08 - 34,37°C (Hình 2d), điều này cho thấy, những khu vực có nhiệt độ cao sẽ đối mặt với nguy cơ hạn hán lớn hơn.

Độ cao địa hình là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá khả năng giữ nước của một khu vực. Khu vực có địa hình cao thường có các đặc điểm địa chất đặc thù như đất cứng, khả năng giữ nước kém, dẫn đến nguy cơ hạn hán cao hơn. Điều này đặc biệt đúng đối với các khu vực có độ cao lớn, nơi nước dễ thoát nhanh hơn do lực hấp dẫn và điều kiện địa chất không thuận lợi cho việc tích trữ nước. Trong nghiên cứu này, độ cao địa hình dao động từ 0 - 1.781 m (Hình 2e) điều này cho thấy, sự đa dạng về độ cao có thể ảnh hưởng lớn đến phân bố nước và độ ẩm của đất. Những khu vực có độ cao lớn hơn thường phải đối mặt với tình trạng thiếu nước trầm trọng hơn.

Độ dốc địa hình đóng vai trò quyết định trong việc kiểm soát dòng chảy bề mặt và xói mòn đất. Khu vực có độ dốc cao làm cho nước chảy nhanh

hơn và ít có thời gian ngấm vào đất, dẫn đến nguy cơ thiếu nước và hạn hán tăng cao. Đồng thời, độ dốc còn ảnh hưởng đến khả năng phát triển thảm thực vật, những khu vực có độ dốc lớn thường khó phát triển thực vật do điều kiện xói mòn và mất nước. Trong nghiên cứu, độ dốc địa hình dao động từ 0 - 88,21° (Hình 2f), điều này phản ánh các khu vực có độ dốc lớn sẽ có nguy cơ hạn hán cao hơn vì nước không thể tích trữ lại được.

Hàm lượng cát trong đất ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng giữ nước của đất. Đất chứa hàm lượng cát cao thường không giữ nước tốt, nước dễ thấm qua và gây ra tình trạng khô hạn. Hàm lượng cát trong nghiên cứu dao động từ 0 - 424 g/kg đất (Hình 2g), điều này phản ánh rõ những khu vực có hàm lượng cát cao sẽ dễ gặp phải hạn hán hơn.

LU ảnh hưởng đến cả thảm thực vật và khả năng lưu trữ nước của đất. Trong khu vực nghiên cứu, năm loại hình sử dụng đất được ghi nhận, bao gồm: Đất mặt nước, đất rừng, đất nông nghiệp, đất công trình và đất trống (Hình 2h), trong đó các khu vực đất rừng, đất nông nghiệp đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì độ ẩm, giảm nguy cơ hạn hán, trong khi đất trống và đất công trình có thể làm tăng nguy cơ này do khả năng giữ nước thấp hơn.

### **3.2. Phân vùng nguy cơ hạn hán**

Nghiên cứu này sử dụng 8 yếu tố không gian đầu vào để triển khai mô hình dự báo nguy cơ hạn hán (Hình 2). Các yếu tố đầu vào được so sánh từng cặp với nhau dựa trên thang đo Saaty, tạo thành một ma trận so sánh cặp của các yếu tố tác động (Bảng 1). Một phát hiện nổi bật trong nghiên cứu này là trọng số của các yếu tố phản ánh mức độ ảnh hưởng của chúng đến nguy cơ hạn hán. LU có trọng số cao nhất (40,01%) điều này cho thấy, đây là yếu tố quan trọng nhất trong việc xác định nguy cơ hạn hán. Điều này có thể được giải thích bởi sự khác biệt giữa các loại hình sử dụng đất (đất nông nghiệp, đất rừng, đất trống), vốn ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng lưu trữ nước và sự khô hạn của khu vực. Lượng mưa trung bình đứng thứ hai với trọng số 23,42%, nhấn mạnh vai trò của mưa như nguồn cung cấp nước chính cho đất và thảm thực vật. Khi lượng mưa giảm, nguy cơ hạn hán

tăng cao. LST có trọng số 13,08%, điều này cho thấy, sự tác động của nhiệt độ đến quá trình bay hơi nước. Nhiệt độ cao sẽ làm tăng nguy cơ khô hạn do nước bốc hơi nhanh hơn. Độ cao địa hình, NDVI và NDWI đều có trọng số tương đương (6,05%), điều này cho thấy, dù có tác động nhất định, nhưng không lớn bằng các yếu tố như LU hay lượng mưa. Độ cao ảnh hưởng đến khả năng lưu trữ nước, NDVI thể hiện tình trạng sức khỏe

của thảm thực vật, NDWI phản ánh độ ẩm bề mặt. Cuối cùng, hàm lượng cát trong đất và độ dốc địa hình có trọng số thấp nhất (2,67%), điều này cho thấy, tác động của chúng nhỏ hơn trong mô hình, nhưng vẫn có ý nghĩa trong những điều kiện cụ thể, như khả năng giữ nước của đất và dòng chảy bề mặt (Bảng 3). Tỷ lệ nhất quán là 0,07 (Bảng 2), điều này cho thấy, tính hợp lý của quá trình so sánh từng cặp.

**Bảng 1. Ma trận so sánh cặp giữa các yếu tố tác động**

AHP	Độ cao	Lượng mưa	Hàm lượng cát	LU	LST	NDVI	NDWI	Độ dốc
Độ cao	1	1/5	3	1/7	1/3	1	1	3
Lượng mưa	5	1	7	1/3	3	5	5	7
Hàm lượng cát	1/3	1/7	1	1/9	1/5	1/3	1/3	1
LU	7	3	9	1	5	7	7	9
LST	3	1/3	5	1/5	1	3	3	5
NDVI	1	1/5	3	1/7	1/3	1	1	3
NDWI	1	1/5	3	1/7	1/3	1	1	3
Độ dốc	1/3	1/7	1	1/9	1/5	1/3	1/3	1
Chỉ số ý nghĩa	18,67	5,22	32,00	2,18	10,40	18,67	18,67	32,00

**Bảng 2. Ma trận chéo**

AHP	Độ cao	Lượng mưa	Hàm lượng cát	LU	LST	NDVI	NDWI	Độ dốc
Độ cao	0,054	0,038	0,094	0,065	0,032	0,054	0,054	0,094
Lượng mưa	0,268	0,192	0,219	0,153	0,288	0,268	0,268	0,219
Hàm lượng cát	0,018	0,027	0,031	0,051	0,019	0,018	0,018	0,031
LU	0,375	0,575	0,281	0,458	0,481	0,375	0,375	0,281
LST	0,161	0,064	0,156	0,092	0,096	0,161	0,161	0,156

**KHOA HỌC CÔNG NGHỆ**

NDVI	0,054	0,038	0,094	0,065	0,032	0,054	0,054	0,094
NDWI	0,054	0,038	0,094	0,065	0,032	0,054	0,054	0,094
Độ dốc	0,018	0,027	0,031	0,051	0,019	0,018	0,018	0,031
$\lambda_{\max} = 8,76$ ; CI = 0,109; RI = 1,4056; CR = 0,07								

**Bảng 3. Trọng số chuẩn hóa và thang đo Saaty của các lớp yếu tố trong mô hình AHP**

Yếu tố tác động	Lớp phụ	Trọng số	Thang đo Saaty
Độ cao	0 - 356,2 m	6,05	1
	356,2 - 712,4 m		3
	712,4 - 1.068,6 m		5
	1.068,6 - 1.424,8 m		7
	1.424,8 - 1.781 m		9
Lượng mưa	357,56 - 435,64 mm	23,42	9
	435,64 - 491,68 mm		7
	491,68 - 547,73 mm		5
	547,73 - 603,78 mm		3
	603,78 - 659,83 mm		1
Hàm lượng cát	0 - 84,8 g/kg	2,67	1
	84,8 - 169,6 g/kg		3
	169,6 - 254,4 g/kg		5
	254,4 - 339,2 g/kg		7
	339,2 - 424,0 g/kg		9
Loại hình sử dụng đất	Mặt nước	40,01	1
	Rừng		3
	Đất nông nghiệp		5
	Đất công trình		7
	Đất trống		9
Nhiệt độ bề mặt	25,08 - 26,94°C	13,08	1
	26,94 - 28,80°C		3
	28,80 - 30,65°C		5
	30,65 - 32,51°C		7
	32,51 - 34,37°C		9
NDVI	-0,03 - 0,07	6,05	1
	0,07 - 0,18		3
	0,18 - 0,29		5
	0,29 - 0,40		7
	0,40 - 0,51		9
NDWI	- 0,46 - -0,36	6,05	9
	-0,36 - 0,25		7

	-0,25 - 0,15		5
	-0,15 - -0,04		3
	-0,04 - 0,05		1
Độ dốc	0° - 17,6°	2,67	1
	17,6° - 35,26°		3
	35,26° - 52,89°		5
	52,89° - 70,52°		7
	70,52° - 88,15°		9

Những khu vực có nguy cơ hạn hán trung bình tới cao được quan sát thấy rải rác ở phía Tây của khu vực nghiên cứu, trong khi các khu vực có nguy cơ hạn hán thấp đến rất thấp tập trung ở phía Đông (Hình 3). Cụ thể: 1,10% (1,35 ha) được phân loại thuộc nhóm nguy cơ hạn hán rất cao; 3,67% (4,51 ha) được phân loại thuộc nhóm nguy cơ hạn hán cao và 17,80% (21,87 ha) được phân loại nguy cơ hạn hán trung bình, trong khi đó, diện tích chịu nguy cơ hạn hán thấp và hạn hán rất thấp, chiếm 45,05% (55,36 ha) và 32,38% (39,80 ha) (Hình 4).

So sánh bản đồ nguy cơ hạn hán (Hình 3) và các yếu tố tác động có thể thấy được ở những vùng có lượng mưa trung bình cao thường gắn liền với nguy cơ hạn hán thấp và ngược lại. Điều này tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây của Palchaudhuri và Biswas (2016) [14]. Các khu vực có NDVI cao có nguy cơ hạn hán thấp và rất thấp. Khi NDVI cao chứng tỏ khu vực đó có thảm thực vật tốt [15]. Vùng có NDWI thấp có nguy cơ hạn hán cao, trong khi vùng có NDWI cao có nguy cơ hạn hán thấp [7]. Nghiên cứu này chỉ ra rằng, các vùng có nhiệt độ bề mặt trung bình cao dẫn đến nguy cơ hạn hán cao hơn. Phát hiện này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Gelata và cs (2023) [16], theo đó nhiệt độ cao làm tăng sự bốc hơi nước, góp phần làm khô đất. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này cung cấp thêm bằng chứng cụ thể về sự tác động của nhiệt độ lên nguy cơ hạn hán thông qua phân tích bản đồ nguy cơ hạn hán theo không gian, giúp minh họa mức độ nghiêm trọng ở từng khu vực cụ thể.

So sánh bản đồ độ cao với bản đồ nguy cơ hạn hán cho thấy, các khu vực có độ cao lớn hơn thường có nguy cơ hạn hán cao, điều này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Feng và cs (2020) [17]. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu cũng đã làm rõ

hơn sự phân bố nguy cơ hạn hán tại các khu vực đồi núi cụ thể, dựa trên dữ liệu thực nghiệm từ khu vực nghiên cứu. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cho thấy, các khu vực có độ dốc lớn có nguy cơ hạn hán cao hơn, do dòng chảy bề mặt nhanh chóng làm giảm khả năng thấm nước, điều này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Dayal và cs (2018) [18]. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cũng đã làm rõ hơn cách độ dốc ảnh hưởng đến khả năng giữ nước, cung cấp một cái nhìn chi tiết hơn về sự phân bố nguy cơ hạn hán trong mối quan hệ với độ dốc địa hình. Nơi có hàm lượng cát cao có nguy cơ hạn hán cao, điều này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Ladányi và cs (2021) [19].

Kết quả nghiên cứu cho thấy, các vùng đất cát khó giữ nước. Các vùng là đất xây dựng, đất nông nghiệp và đất trồng xuất hiện nguy cơ hạn hán cao, trong khi những nơi là rừng có nguy cơ hạn hán thấp hơn. Theo Hoque và cs (2021) [6], khu vực có thực vật có tiềm năng giữ nước hiệu quả hơn so với đất trồng trọt và vùng đất trống. Kết quả kiểm tra độ chính xác của bản đồ là 0,71 (71%), điều này chỉ ra rằng mô hình là tốt (Hình 5), vì vậy bản đồ nguy cơ hạn hán có thể được sử dụng làm công cụ tham khảo.

Để cải thiện mô hình, các nghiên cứu tương lai có thể thực hiện một số biện pháp sau nhằm nâng cao độ chính xác.

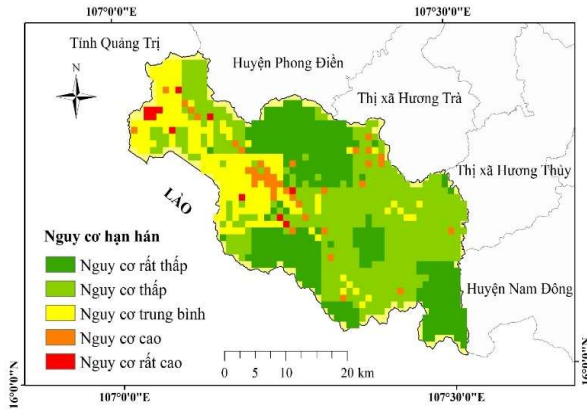
Trước tiên, mô hình có thể được cải thiện bằng cách tích hợp thêm các dữ liệu chi tiết hơn, chẳng hạn như độ ẩm đất theo thời gian, dữ liệu về thảm thực vật hoặc các biến động khí hậu.

Thứ hai, việc sử dụng các dữ liệu vệ tinh có độ phân giải cao hơn hoặc tích hợp từ nhiều nguồn khác nhau sẽ giúp nâng cao độ chính xác về không gian và thời gian. Ngoài ra, áp dụng các phương pháp mô hình tiên tiến hơn như học máy hoặc trí

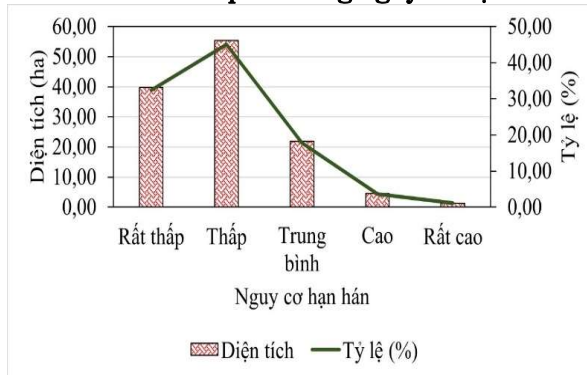


tuệ nhân tạo sẽ giúp phân tích sâu hơn các tương tác phức tạp giữa các yếu tố, cải thiện khả năng dự báo. Hiệu chỉnh mô hình bằng cách thu thập thêm dữ liệu thực tế từ các đợt hạn hán trước đây cũng có thể nâng cao độ chính xác.

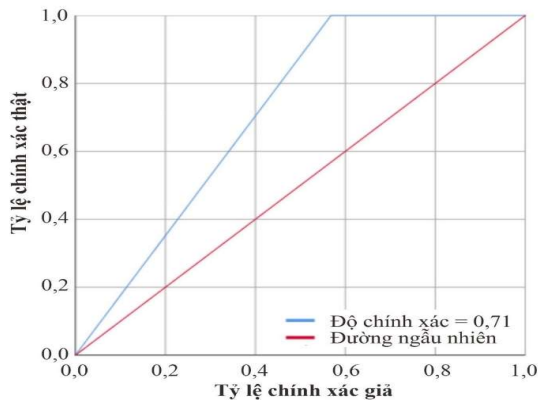
Cuối cùng, nghiên cứu trong tương lai có thể xem xét kết hợp đánh giá mức độ không chắc chắn của các yếu tố đầu vào, từ đó có thể tăng tính tin cậy của kết quả mô hình.



Hình 3. Bản đồ phân vùng nguy cơ hạn hán



Hình 4. Cơ cấu diện tích nguy cơ hạn hán tại khu vực nghiên cứu



Hình 5. Độ chính xác của bản đồ

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã mô tả chi tiết cách tích hợp giữa công nghệ viễn thám, GIS và AHP để xây dựng mô hình dự báo nguy cơ hạn hán. Sự kết hợp này cho phép phân tích không gian và đánh giá mức độ tác động của các yếu tố môi trường đối với nguy cơ hạn hán. Các yếu tố được đưa vào mô hình bao gồm: Lượng mưa trung bình, NDVI, LST, NDWI, độ cao địa hình, độ dốc địa hình, LU và hàm lượng cát trong đất. Mỗi yếu tố được đánh giá dựa trên tầm quan trọng của nó đối với nguy cơ hạn hán, thông qua thang đo Saaty và ma trận so sánh cặp. Cụ thể, LU có trọng số cao nhất trong AHP (40,01%) cho thấy, việc sử dụng đất có ảnh hưởng lớn đến khả năng giữ nước và nguy cơ hạn hán. Lượng mưa đóng góp 23,42% trong việc giảm nguy cơ hạn hán, trong khi LST đóng góp 13,08%, đã phản ánh sự ảnh hưởng của quá trình bốc hơi nước. Những kết quả này cho thấy tầm quan trọng của việc theo dõi các yếu tố môi trường trong việc phân định các khu vực dễ bị hạn hán. Kết quả nghiên cứu cung cấp một công cụ hữu ích cho các nhà quản lý, nhà nghiên cứu và những người hoạch định chính sách trong việc phân định và quản lý sớm các khu vực có nguy cơ hạn hán cao. Khoảng 22,57% khu vực nghiên cứu đã được xác định có nguy cơ hạn hán từ trung bình đến cao, nhấn mạnh sự cần thiết phải có các biện pháp quản lý tài nguyên nước phù hợp để giảm thiểu rủi ro. Mô hình đạt độ chính xác 71% cho thấy, khả năng áp dụng tốt, nhưng vẫn cần cải thiện để tăng cường độ tin cậy. Kết quả cũng chỉ ra rằng, các khu vực có nguy cơ hạn hán cao thường là những nơi có lượng mưa thấp, NDVI và NDWI thấp và nhiệt độ bề mặt cao. Ngoài ra, địa hình cao, độ dốc lớn, hàm lượng cát cao trong đất cũng là những yếu tố đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các khu vực dễ bị hạn hán.

Nghiên cứu này đề xuất các nghiên cứu tiếp theo nên xem xét sử dụng thêm các phương pháp mô hình khác như học máy hoặc trí tuệ nhân tạo để cải thiện khả năng dự báo và độ chính xác của mô hình, đồng thời tích hợp thêm dữ liệu thực tế và các yếu tố môi trường khác để đánh giá nguy cơ hạn hán một cách toàn diện hơn.

**LỜI CẢM ƠN**

Nghiên cứu này đã nhận được sự hỗ trợ của nhóm nghiên cứu tiêu biểu cấp Đại học Huế, mã số: NCTB.ĐHH.2024.05.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Ziolkowska, J. R. (2016). Socio - economic implications of drought in the agricultural sector and the state economy. *Economies*, 4, 19, DOI: <https://doi.org/10.3390/economies4030019>.
2. Hisdal, H. and Tallaksen, L. M. (2003). Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark. *Journal of Hydrology*, 281, 230 - 247, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00233-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00233-6).
3. Goddard, L. and A. Gershunov (2020). *Impact of El Niño on weather and climate extremes*. El Niño Southern Oscillation in a changing climate, 361 - 375, DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119548164.ch16>.
4. Shevah, Y. (2015). *Water resources, water scarcity challenges, and perspectives*. Water challenges and solutions on a global scale, 185 - 219.
5. Le P. V., Phan - Van T., Mai, K. V. and Tran D. Q. (2019). Space - time variability of drought over Vietnam. *International Journal of Climatology*, 39, 5437 - 5451, DOI: 10.1002/joc.6164.
6. Hoque, M. A. A., Pradhan, B., Ahmed, N., and Sohel, M.S.I. (2021). Agricultural drought risk assessment of Northern New South Wales, Australia using geospatial techniques. *Science of the Total Environment*, 756, 143600, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143600>.
7. Sheonty, S. R., and Nayeem, J. (2022). *Drought risk mapping in the North-West region of Bangladesh using landsat time series satellite images*. in *Climate Change and Water Security*. Singapore: Springer Singapore, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-5501-2-18>.
8. Belal, A. A., El-Ramady, H. R., Mohamed, E. S. and Saleh, A. M. (2014). Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 35 - 53, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0707-2>.
9. Alharbi, R. S., Nath, S., Faizan, O. M., Hasan, M. S. U., Alam, S., Khan, M. A., Bakshi, S., Sahana, M. and Saif, M. M. (2022). Assessment of Drought vulnerability through an integrated approach using AHP and Geoinformatics in the Kangsabati river basin. *Journal of King Saud University - Science*, 34, 102332, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102332>.
10. Sivakumar, V. L., Krishnappa, R. R. and Nallanathel, M. (2021). Drought vulnerability assessment and mapping using multi-criteria decision making (MCDM) and application of analytic hierarchy process (AHP) for Namakkal district, Tamilnadu, India. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1592 - 1599, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.657>.
11. Thanh, N. N., Chotpantarat, S., Trung, N. H. and Ngu, N. H. (2022). Mapping groundwater potential zones in Kanchanaburi Province, Thailand by integrating of analytic hierarchy process, frequency ratio, and random forest. *Ecological Indicators*, 145, 109591, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109591>.
12. Saaty, T. L. (2004). Decision making - the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems science and systems engineering*, 13, 1 - 35, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>.
13. Alonso, J. A. and Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge - based systems*, 14, 445 - 459, DOI: <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>.
14. Palchadhuri, M. and Biswas, S. (2016). Application of AHP with GIS in drought risk assessment for Puruliya district, India. *Natural Hazards*, 84, 1905 - 1920, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2526-3>.
15. Ma, Z., Dong, C., Tang, Z. and Wang, N. (2024). Altitude - dependent responses of dryland mountain ecosystems to drought under a warming climate in the Qilian Mountains, NW China. *Journal of Hydrology*, 630, 130763, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130763>.

16. Gelata, F. T., Jiqin, H., Chaka Gameda, S. and Wubishet Asefa, B. (2023). Application of GIS using NDVI and LST estimation to measure climate variability - induced drought risk assessment in Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 14, 2479 - 2489, DOI: 10.2166/wcc.2023.154.

17. Feng, W., Lu, H., Yao, T. and Yu, Q. (2020). *Drought characteristics and its elevation dependence in the Qinghai – Tibet plateau during the last half-century*. Scientific Reports 10, 14323 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71295-1>.

18. Dayal, K. S., Deo, R. C. and Apan, A. A. (2018). *Spatio - temporal drought risk mapping approach and its application in the drought-prone region of South - East Queensland, Australia*. Natural hazards 93, 823-847 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3326-8>.

19. Ladányi, Z., Barta, K., Blanka, V. and Pálffy, B. (2021). *Assessing available water content of sandy soils to support drought monitoring and agricultural water management*. Water Resources Management 35, 869 - 880, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02747-6>.

## **GIS AND REMOTE SENSING - BASED ANALYTIC HIERARCHY PROCESS USED FOR DROUGHT RISK MAP IN A LUOI DISTRICT, THUA THIEN HUE PROVINCE**

**Nguyen Ngoc Thanh<sup>1</sup>, Nguyen Huu Ngu<sup>1</sup>, Nguyen Quang Thi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *University of Agriculture and Forestry, Hue University*

<sup>2</sup> *Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

### **Summary**

Drought is currently a major factor that impacts agricultural productivity in the mountainous area of Thua Thien Hue province. This study applied the analytic hierarchy process (AHP) model based on GIS and remote sensing to delineate different levels of drought risk. A drought risk map was created based on influencing factors, including rainfall, normalized difference vegetation index (NDVI), land surface temperature (LST), normalized difference water index (NDWI), elevation, slope, land use and sand content in the soil. The study indicated that approximately 1.10%, 3.67% and 17.80% of the study area were classified as very high, high, and moderate drought risk regions, respectively. In comparison, 45.05% and 32.38% of the area were categorized as low and very low drought risk regions. The consistency index and consistency ratio were 0.109 and 0.07, respectively. The drought risk map's accuracy was 71%. In the model, land use accounts for 40.01% of the drought risk, followed by rainfall (23.42%) and LST (13.08%). This result can serve as a reference for agricultural planning.

**Keywords:** *GIS, remote sensing, AHP, drought risk, A Luoi.*

**Ngày nhận bài:** 27/8/2024

**Ngày chuyển phản biện:** 20/9/2024

**Ngày thông qua phản biện:** 27/9/2024

**Ngày duyệt đăng:** 11/12/2024