

# MÔ HÌNH PHÂN CẤP THỨ BẬC (AHP): ỨNG DỤNG TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NHẠY CẢM VỚI XÂM NHẬP MẶN

Phạm Thị Việt Nga\*

*Trường Đại học Mở - Địa chất*

## Tóm tắt

Đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam đang phải đối mặt với hiện tượng xâm nhập mặn ngày càng phức tạp và nghiêm trọng. Việc phân tích và thành lập bản đồ phân vùng nhạy cảm với xâm nhập mặn là rất quan trọng và có ý nghĩa trong quản lý tài nguyên nước dưới đất cho khu vực. Mô hình phân tích thứ bậc (AHP), là một công cụ hỗ trợ ra quyết định đa chỉ tiêu, nó có thể kết hợp hiệu quả với ArcGIS để giải quyết các bài toán liên quan đến phân tích dữ liệu không gian, phục vụ việc thành lập bản đồ phân vùng nhạy cảm xâm nhập mặn. Ứng dụng AHP vào mô hình GALDIT, với sáu yếu tố ảnh hưởng, một thang đo mức độ dễ bị tổn thương về xâm nhập mặn đã được thành lập cho khu vực. Từ đó có thể xem xét để đánh giá tác động của các yếu tố khác nhau đối với xâm nhập mặn.

**Từ khóa:** *Ứng dụng AHP, xâm nhập mặn, Đồng bằng sông Cửu Long.*

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, hiện tượng xâm nhập mặn vào các tầng chứa nước ven biển là một vấn đề toàn cầu và ngày càng trầm trọng hơn do nước biển dâng, biến đổi khí hậu cũng như quá trình khai thác nguồn nước ngầm ven biển. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) của Việt Nam đang phải đối mặt với hiện tượng xâm nhập mặn ngày càng phức tạp, bất thường (Cục Thông tin và Khoa học, 2016). Xâm nhập mặn gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống người dân và hoạt động sản xuất nông nghiệp. Nghiên cứu thành lập bản đồ phân vùng nhạy cảm với xâm nhập mặn cho ĐBSCL là cần thiết để có thể đối phó và thích ứng với hiện tượng này, cũng như hỗ trợ các nhà quản lý trong hoạch định chính sách và quy hoạch vùng.

Để thành lập bản đồ phân vùng nhạy cảm với xâm nhập mặn, mô hình GALDIT được lựa chọn. Đây là một trong những hệ thống đánh giá và xếp hạng tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước đối với sự xâm nhập của nước biển, được tính toán từ các đặc điểm địa chất thủy văn, địa hình và đặc điểm của tầng chứa nước (Chachadi AG, Lobo Ferreira, 2001, 2005). Phương pháp này đã được một số nhà nghiên cứu (Sundaram và nnk. 2008; Saidi và nnk. 2013; Kura và nnk, 2015, Nadia và nnk. 2016) sử dụng để đánh giá tính dễ bị tổn thương của nước ngầm đối với sự xâm nhập của nước biển. Mô hình GALDIT xác định 6 yếu tố kiểm soát sự xâm nhập của nước biển vào các tầng chứa nước ngầm, các yếu tố này sau đó được phân tích, tổng hợp và biểu diễn dưới dạng một bản đồ phân vùng đơn giản có thể dễ dàng được các nhà hoạch định chính sách, nhà quản lý môi trường cũng như công chúng sử dụng. Trong quá trình phân tích, việc xác định trọng số của từng tiêu chí là khâu then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả đánh giá toàn diện.

Quy trình phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process) - AHP là một công cụ hiệu quả để giải quyết các vấn đề phức tạp, hỗ trợ người ra quyết định thiết lập các ưu tiên và đưa ra quyết

\* Ngày nhận bài: 26/02/2022; Ngày phản biện: 04/4/2022; Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2022

\* Tác giả liên hệ: Email: phamthivietnga.dcct@humg.edu.vn

định tốt nhất. AHP giúp nắm bắt cả khía cạnh chủ quan và khách quan của một quyết định. Bài báo này giới thiệu về AHP và mô hình GALDIT kết hợp với AHP để phân tích, thành lập bản đồ phân vùng nhạy cảm xâm nhập mặn.

## 2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Quy trình phân tích thứ bậc AHP

Việc xác định trọng số của từng tiêu chí trong quá trình đánh giá các vấn đề đa chỉ tiêu là khâu then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả đánh giá toàn diện. Từ trước đến nay, để xác định trọng số, các phương pháp truyền thống như phương pháp tham vấn chuyên gia và phương pháp tương đồng về địa chất được sử dụng rộng rãi. Với các phương pháp này, trọng số tương đối của các tiêu chí được đưa ra dựa trên sự sẵn có của các tập dữ liệu và sự hiểu biết sâu sắc của các chuyên gia về các tiêu chí. Tuy nhiên, các phương pháp này không tránh khỏi tính chủ quan của các chủ thể trong việc ra quyết định, cũng như sự không phù hợp khi áp dụng các bộ trọng số từ khu vực này sang khu vực khác khi có sự khác biệt về độ chính xác của các dữ liệu đầu vào, về mức độ ảnh hưởng của từng tiêu chí đối với khu vực. Từ đó đưa ra một yêu cầu về một công cụ ra quyết định đa tiêu chí để làm giảm tính chủ quan của các quyết định đưa ra.

Quy trình phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process) do GS. Thomas Saaty nghiên cứu và phát triển từ những năm 80. Đây là một công cụ hiệu quả để đưa ra quyết định phù hợp. Bằng cách phân rã các quyết định phức tạp thành một loạt các phép so sánh theo cặp và sau đó tổng hợp kết quả, AHP giúp nắm bắt cả khía cạnh chủ quan và khách quan của một quyết định. Ngoài ra, AHP còn kết hợp một kỹ thuật hữu ích để kiểm tra tính nhất quán trong các đánh giá của người ra quyết định, do đó giảm sự thiên lệch trong quá trình ra quyết định.

Thay vì chỉ định một quyết định "đúng", AHP giúp những người ra quyết định tìm ra một quyết định phù hợp nhất với mục tiêu và sự hiểu biết của họ về vấn đề. Nó cung cấp một khuôn khổ toàn diện và hợp lý để cấu trúc một vấn đề quyết định, để đại diện và định lượng các yếu tố của nó, để liên hệ các yếu tố đó với các mục tiêu tổng thể và để đánh giá các giải pháp thay thế.

Quy trình tính toán trọng số áp dụng cho các bài toán ra quyết định đa tiêu chí bao gồm 6 bước chính:

- Phân rã một vấn đề phi cấu trúc thành các phần nhỏ;
- Xây dựng cây phân cấp AHP;
- Xây dựng ma trận so sánh các chỉ tiêu;
- Tính toán trọng số của các chỉ tiêu;
- Kiểm tra tính nhất quán;
- Tổng hợp kết quả để đưa ra đánh giá xếp hạng cuối cùng.

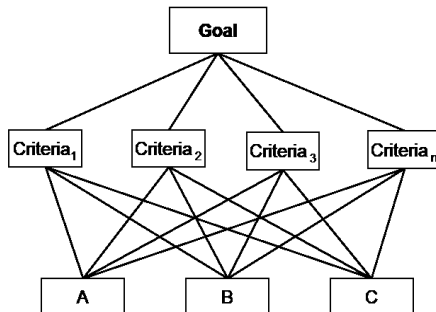
#### 2.1.1. Phân rã một tình huống phi cấu trúc thành các phần nhỏ

Trước tiên, các vấn đề quyết định sẽ được phân tách thành một hệ thống phân cấp các vấn đề con dễ hiểu hơn, mỗi vấn đề trong số đó có thể được phân tích độc lập. Các yếu tố của hệ thống phân cấp có thể liên quan đến bất kỳ khía cạnh nào của vấn đề quyết định - hữu hình hoặc vô hình, được đo lường cẩn thận hoặc ước tính đại khái, hiểu rõ hoặc kém - bất kỳ điều gì áp dụng cho quyết định hiện có.

### 2.1.2. Xây dựng cây phân cấp AHP

Cây phân cấp AHP được xây dựng dựa trên cấu trúc đa cấp gồm các mục tiêu, tiêu chí, tiêu chí phụ và các lựa chọn thay thế.

Khi hệ thống phân cấp được xây dựng, các yếu tố khác nhau được đánh giá một cách có hệ thống bằng cách so sánh chúng với nhau tại một thời điểm. Khi so sánh, người ra quyết định có thể sử dụng dữ liệu cụ thể về các yếu tố, hoặc sử dụng các đánh giá của mình về ý nghĩa và tầm quan trọng tương đối của các yếu tố. Bản chất của AHP là các đánh giá của con người, chứ không chỉ thông tin cơ bản, có thể được sử dụng để thực hiện các đánh giá.



$Criteria_i$ : là các chỉ tiêu xét đến trong quá trình ra quyết định

A, B, C: là các khả năng lựa chọn cần quyết định

Hình 1. Cây phân cấp AHP

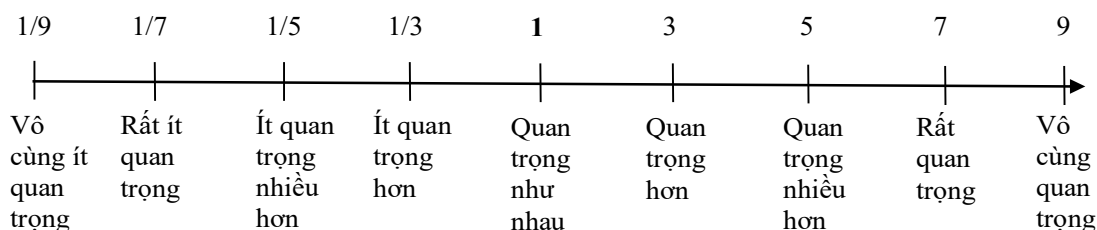
### 2.1.3. Xây dựng ma trận so sánh các chỉ tiêu

Việc so sánh này được thực hiện giữa các cặp chỉ tiêu với nhau, những so sánh này được sử dụng để có được trọng số về tầm quan trọng của các tiêu chí quyết định. Hiệu suất tương đối của các lựa chọn thay thế (người tham gia) xét theo từng tiêu chí quyết định riêng lẻ. Sau đó, tổng hợp lại thành một ma trận gồm n dòng và n cột (n là số chỉ tiêu). Phần tử  $a_{ij}$  thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng i so với chỉ tiêu cột j. Nếu so sánh không thống nhất thì cần cải thiện tính nhất quán.

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu i so với j được tính theo tỷ lệ k (k từ 1 đến 9), ngược lại của chỉ tiêu j so với i là  $1/k$ . Như vậy  $a_{ij} > 0$ ,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ,  $a_{ii} = 1$ .

Bảng sau thể hiện thang điểm so sánh mức độ ưu tiên (mức độ quan trọng) của các chỉ tiêu



Hình 2. Thang điểm so sánh các chỉ tiêu

#### 2.1.4. Tính toán trọng số

Theo T.L. Saaty, 2003, đối với một ma trận dương A cho trước, vector dương duy nhất x và hằng số dương duy nhất c thỏa mãn  $Ax = cx$ , vector x là bội số dương của vector Perron (ký hiệu chính) của A, và như vậy c là giá trị Perron duy nhất (giá trị eigenvalue chính) của A.

Để tính toán trọng số cho các chỉ tiêu, AHP có thể sử dụng các phương pháp khác nhau, hai trong số chúng mà được sử dụng rộng rãi nhất là Lambda Max ( $\lambda_{\max}$ ) và trung bình nhân (geometric mean).

#### 2.1.5. Kiểm tra tính nhất quán

Khi nhiều phép so sánh từng cặp được thực hiện, một số điểm không nhất quán có thể phát sinh. AHP kết hợp một kỹ thuật hiệu quả để kiểm tra tính nhất quán của các đánh giá do người ra quyết định đưa ra khi xây dựng từng ma trận so sánh theo cặp liên quan. Chỉ số nhất quán (CI) thu được bằng cách tính toán vô hướng x là trung bình cộng của các phần tử của vector có phần tử thứ j là tỷ số giữa phần tử thứ j của vector  $A \cdot w$  với phần tử tương ứng của vector w. Khi đó, ta có tỷ số nhất quán của dữ liệu (Consistency Ratio - CR). Tỷ số này so sánh mức độ nhất quán với tính khách quan (ngẫu nhiên) của dữ liệu:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2) \quad \begin{array}{l} \text{CI: Chỉ số nhất quán (Consistency Index)} \\ \text{RI: Chỉ số ngẫu nhiên (Random Index)} \end{array}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3) \quad \begin{array}{l} \text{CR: Tỷ số nhất quán (Consistency Ratio)} \\ n: \text{số chỉ tiêu} \end{array}$$

Một quyết định hoàn toàn nhất quán khi  $CI = 0$ , nhưng có thể chấp nhận được các giá trị của sự không nhất quán tương đối nhỏ. Đặc biệt, nếu  $CR < 0.1$ .

Đối với mỗi một ma trận so sánh cấp n, Saaty (2003), đã thử nghiệm tạo ra các ma trận ngẫu nhiên và tính ra chỉ số RI (chỉ số ngẫu nhiên) tương ứng với các cấp ma trận như bảng dưới đây:

Bảng 1. Chỉ số ngẫu nhiên RI

| n  | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0.52 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

Nếu giá trị tỷ số nhất quán  $CR < 0.1$  là chấp nhận được, nếu lớn hơn, đòi hỏi người ra quyết định thu giảm sự không đồng nhất bằng cách thay đổi giá trị mức độ quan trọng giữa các cặp chỉ tiêu.

#### 2.1.6. Tổng hợp kết quả

Sau khi đã tính toán được trọng số của các chỉ tiêu cũng như của các phương án đối với từng chỉ tiêu, các giá trị trên sẽ được tổng hợp lại để thu được chỉ số thích hợp của từng phương án theo công thức sau:

$$W_i^s = \sum_{j=1}^m w_{ij}^s * w_j^a, \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

Trong đó  $w_{ij}^s$  : trọng số của phương án i tương ứng với chỉ tiêu j.

$w_j^a$  : trọng số của chỉ tiêu j.

n : số các phương án; m : số các chỉ tiêu.

## 2.2. Ứng dụng mô hình GALDIT trong lập bản đồ phân vùng nhạy cảm với xâm nhập mặn

Mô hình GALDIT được xây dựng dựa trên 6 yếu tố quan trọng kiểm soát sự xâm nhập của nước biển. Sau đó, mỗi yếu tố được phân hạng và tính toán mức độ ưu tiên thông qua quá trình ra quyết định. 6 yếu tố trong mô hình GALDIT bao gồm:

- G: Đặc điểm tầng chứa nước
- A: Độ dẫn thủy lực của tầng chứa nước
- L: Mực nước ngầm
- D: Khoảng cách từ bờ
- I: Tác động của hiện trạng xâm thực nước biển trong khu vực
- T: Chiều dày của tầng chứa nước được lập bản đồ.

Tất cả các yếu tố trong mô hình GALDIT đều có trọng số và tỷ lệ được ấn định trước. Dựa vào xếp hạng và điểm của từng yếu tố đã xác định, xây dựng các bản đồ thành phần. Sáu bản đồ thành phần với trọng số khác nhau sau đó được tổng hợp trong môi trường ArcGIS. Bản đồ thu được sẽ xác định các khu vực có khả năng bị ảnh hưởng bởi sự xâm nhập của nước biển khác nhau.

Chachadi và Lobo-Ferreira (2005) đã áp dụng thang điểm từ 1 đến 4 trong đó ấn định trọng số là 4 cho chỉ tiêu quan trọng nhất và 1 cho chỉ tiêu ít quan trọng nhất. Trọng số và mức độ quan trọng của từng yếu tố do Chachadi và Ferreira đề xuất được trình bày trong bảng 2.

Nura (2015) đã đưa ra trọng số của các chỉ số riêng lẻ cho mô hình GALDIT từ 1 đến 6 dựa trên ý nghĩa của một chỉ số đối với việc ngăn chặn sự xâm nhập của nước biển. Gần đây, Kitaoka (2017) đã sử dụng phương pháp GALDIT để đánh giá tính dễ bị tổn thương nước ngầm ở Bangkok và phân bổ một tỷ lệ xác định cho mỗi tham số, cao nhất và thấp nhất lần lượt là 30% và 5%. Bảng 3 cho thấy trọng số GALDIT theo các nhà nghiên cứu khác nhau.

*Bảng 2. Trọng số và điểm của từng tham số theo Chachadi và Ferreira, 2005*

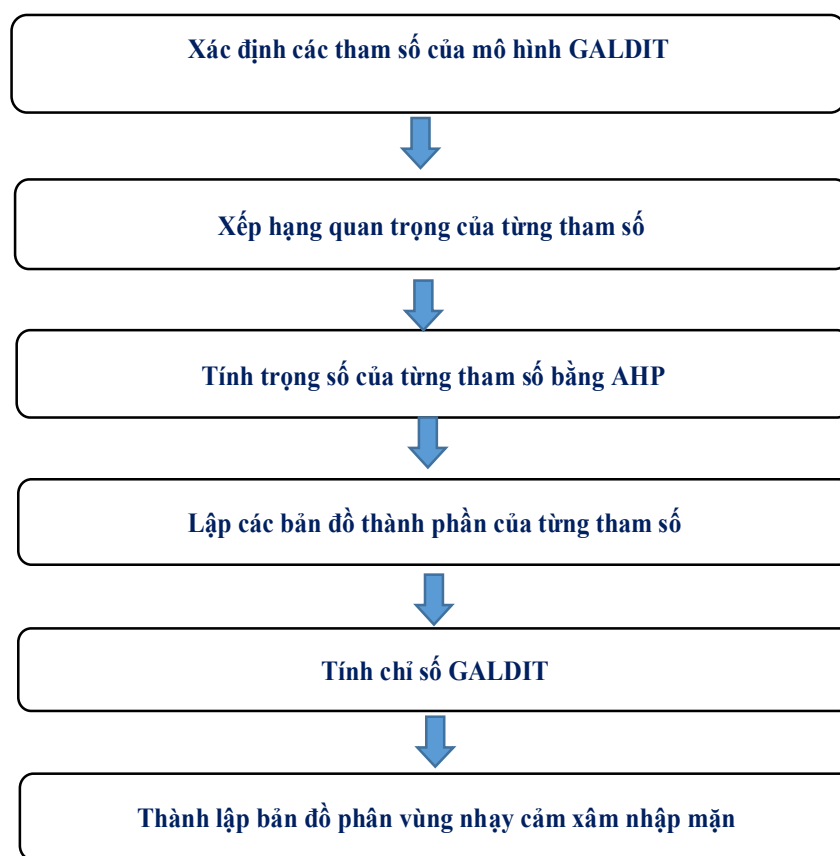
| Các yếu tố                | G | A (m/d) | L (m)     | D (m)      | I         | T (m)      | Điểm |
|---------------------------|---|---------|-----------|------------|-----------|------------|------|
| Trọng số                  | 1 | 3       | 4         | 4          | 1         | 2          |      |
| Tầng chứa nước có áp      |   | > 40    | < 1.0     | < 500      | > 2.0     | > 10.0     | 10.0 |
| Tầng chứa nước không áp   |   | 10 - 40 | 1.0 - 1.5 | 500 - 750  | 1.5 - 2.0 | 7.5 - 10.0 | 7.5  |
| Tầng chứa nước thấm xuyên |   | 5 - 10  | 1.5 - 2.0 | 750 - 1000 | 1.0 - 1.5 | 5.0 - 7.5  | 5.0  |
| Tầng chứa nước kín        |   | < 5     | > 2.0     | > 1000     | < 1.0     | < 5.0      | 2.5  |

*Bảng 3. Bảng trọng số của GALDIT theo các tác giả khác nhau*

| Tham số | Đơn vị              | Chachadi and Lobo-Ferreira, 2005 | Nura Umar Kura cho Kapas Island, Malaysia, 2015 | Kitaoka Takafumi cho Bangkok, 2017 |
|---------|---------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| G       | -                   | 1                                | 1   | 5%                                 |
| A       | m/day               | 3                                | 2   | 10%                                |
| L       | m                   | 4                                | 5   | 25%                                |
| D       | m                   | 4                                | 3   | 15%                                |
| I       | Cl/HCO <sub>3</sub> | 1                                | 6   | 30%                                |
| T       | m                   | 2                                | 3   | 15%                                |

Có thể thấy, có sự khác biệt về lựa chọn trọng số cho các tham số giữa các tác giả khác nhau. Việc áp dụng thang đo trọng số nào phù hợp với từng khu vực đòi hỏi sự nghiên cứu chi tiết về đặc điểm từng tham số của khu vực. Nó dựa trên sự hiểu biết sâu sắc về đặc điểm của từng tham số thành phần, độ chi tiết, chính xác của bộ số liệu đầu vào. Việc tham vấn chuyên gia trong việc đưa ra trọng số là rất cần thiết, tuy nhiên không tránh khỏi tính chủ quan của việc ra quyết định và AHP là một công cụ giúp hạn chế tính chủ quan của việc ra quyết định, dựa trên sự phân tích tính quan trọng của từng tham số cho từng khu vực khác nhau.

Hình 3 thể hiện quy trình phân tích và thành lập bản đồ phân vùng xâm nhập mặn theo mô hình GALDIT có kết hợp AHP.



Hình 3. Quy trình thành lập bản đồ phân vùng xâm nhập mặn

### 3. Kết quả

Quy trình phân tích thứ bậc AHP đã được áp dụng cho mô hình GALDIT, với 6 tiêu chí là các tham số của GALDIT, số lượng chủ thể tham vấn là 5, độ chặt yêu cầu  $< 0.1$ . Kết quả tính toán các ma trận thành phần, ma trận tổng hợp được thể hiện trong hình 4, 5. Giá trị trọng số và xếp hạng của mỗi tiêu chí được thể hiện trong các bảng 4.



|   |                      |       |       |       |       |       |                              |
|---|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
|   |                      |       |       |       |       |       | 5 = k number of participants |
| Consolidated = Weighted geometric mean off participants |                      |       |       |       |       |       | 6 = n number of criteria     |
| <b>C</b>  | <b>Consolidated</b>  |       |       |       |       |       | <b>1</b>                     |
|   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                            |
| 1   | 1                    | 1.644 | 0.163 | 0.341 | 0.128 | 0.253 | 0                            |
| 2   | 0.608                | 1     | 0.14  | 0.247 | 0.116 | 0.209 | 0                            |
| 3   | 6.153                | 7.16  | 1     | 3.178 | 0.66  | 2.702 | 0                            |
| 4   | 2.93                 | 4.043 | 0.315 | 1     | 0.242 | 1     | 0                            |
| 5   | 7.789                | 8.586 | 1.516 | 4.129 | 1     | 3.949 | 0                            |
| 6   | 3.949                | 4.789 | 0.37  | 1     | 0.253 | 1     | 0                            |
| 7   | 0                    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1                            |
| <b>2</b>  | <b>Participant 2</b> |       |       |       |       |       | <b>1</b>                     |
|   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                            |
| 1   | 1                    | 2     | 1/6   | 1/3   | 1/8   | 1/4   | 0                            |
| 2   | 1/2                  | 1     | 1/8   | 1/5   | 1/9   | 1/6   | 0                            |
| 3   | 6                    | 8     | 1     | 3     | 1     | 4     | 0                            |
| 4   | 3                    | 5     | 1/3   | 1     | 1/5   | 1     | 0                            |
| 5   | 8                    | 9     | 1     | 5     | 1     | 4     | 0                            |
| 6   | 4                    | 6     | 1/4   | 1     | 1/4   | 1     | 0                            |
| 7   | 0                    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1                            |
| <b>3</b>  | <b>Participant 3</b> |       |       |       |       |       | <b>1</b>                     |
|   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                            |
| 1   | 1                    | 3     | 1/7   | 1/4   | 1/8   | 1/5   | 0                            |
| 2   | 1/3                  | 1     | 1/8   | 1/6   | 1/9   | 1/7   | 0                            |
| 3   | 7                    | 8     | 1     | 4     | 1/2   | 3     | 0                            |
| 4   | 4                    | 6     | 1/4   | 1     | 1/6   | 1     | 0                            |
| 5   | 8                    | 9     | 2     | 6     | 1     | 5     | 0                            |
| 6   | 5                    | 7     | 1/3   | 1     | 1/5   | 1     | 0                            |
| 7   | 0                    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1                            |
| <b>4</b>  | <b>Participant 4</b> |       |       |       |       |       | <b>1</b>                     |
|   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                            |
| 1   | 1                    | 1     | 1/7   | 1/3   | 1/8   | 1/4   | 0                            |
| 2   | 1                    | 1     | 1/7   | 1/3   | 1/8   | 1/4   | 0                            |
| 3   | 7                    | 7     | 1     | 3     | 1/2   | 2     | 0                            |
| 4   | 3                    | 3     | 1/3   | 1     | 1/2   | 1     | 0                            |
| 5   | 8                    | 8     | 2     | 2     | 1     | 4     | 0                            |
| 6   | 4                    | 4     | 1/2   | 1     | 1/4   | 1     | 0                            |
| 7   | 0                    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1                            |
| <b>5</b>  | <b>Participant 5</b> |       |       |       |       |       | <b>1</b>                     |
|   | 1                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7                            |
| 1   | 1                    | 1     | 1/6   | 1/3   | 1/8   | 1/4   | 0                            |
| 2   | 1                    | 1     | 1/6   | 1/3   | 1/8   | 1/3   | 0                            |
| 3   | 6                    | 6     | 1     | 3     | 1     | 2     | 0                            |
| 4   | 3                    | 3     | 1/3   | 1     | 1/5   | 2     | 0                            |
| 5   | 8                    | 8     | 1     | 5     | 1     | 4     | 0                            |
| 6   | 4                    | 3     | 1/2   | 1/2   | 1/4   | 1     | 0                            |
| 7   | 0                    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1                            |

Hình 4. Các ma trận so sánh thành phần

Matrix

|   |   |       |       |       |       |     |       |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
|   |   | G     | A     | L     | D     | I   | T     |
|   |   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5   | 6     |
| G | 1 | -     | 1 2/3 | 1/6   | 1/3   | 1/8 | 1/4   |
| A | 2 | 3/5   | -     | 1/7   | 1/4   | 1/9 | 1/5   |
| L | 3 | 6 1/7 | 7 1/6 | -     | 3 1/6 | 2/3 | 2 5/7 |
| D | 4 | 3     | 4     | 1/3   | -     | 1/4 | 1     |
| I | 5 | 7 4/5 | 8 3/5 | 1 1/2 | 4 1/8 | -   | 4     |
| T | 6 | 4     | 4 4/5 | 3/8   | 1     | 1/4 | -     |

normalized  
principal  
Eigenvector

|        |
|--------|
| 4.36%  |
| 3.28%  |
| 28.74% |
| 11.25% |
| 39.67% |
| 12.71% |

Hình 5. Ma trận tổng hợp và Eigenvector cơ sở

Bảng 4. Kết quả tính trọng số cho GALDIT sử dụng AHP

| Các tham số | G  | A  | L   | D   | I   | T   |
|-------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Trọng số    | 4% | 3% | 29% | 11% | 40% | 13% |
| Xếp hạng    | 5  | 6  | 2   | 4   | 1   | 3   |

### 3. Kết luận

Xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm là một trong những bài toán quan trọng thường gặp trong các lĩnh vực kỹ thuật - môi trường. Đây là các bài toán yêu cầu phân tích không gian phức tạp, yêu cầu phải đánh giá nhiều chỉ tiêu khác nhau. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp phân tích ra quyết định đa tiêu chí (AHP) là công cụ rất có hiệu quả.

Các ưu điểm chính của AHP trong thành lập bản đồ phân vùng xâm nhập mặn:

- Cung cấp một mô hình dễ nhìn và dễ hiểu để xử lý tất cả các biến có liên quan, bất kể bản chất định tính hay định lượng của chúng.
- Đơn giản hóa sự tham gia của các loại tác nhân khác nhau.
- Giảm thiểu tính chủ quan của các chủ thể ra quyết định, tăng cường tính khách quan trong các quyết định đa chỉ tiêu và quyết định nhóm.

### Tài liệu tham khảo

- Adrian D. Werner, James D. Ward, Leanne K. Morgan, Craig T. Simmons, Neville I. Robinson, and Michael D. Teubner, 2012. Vulnerability Indicators of Sea Water Intrusion. *Vol. 50, No. 1-GROUND WATER*-January-February 2012 (pages 48-58).
- Chachadi AG, Lobo-Ferreira JP, 2001. Sea water intrusion vulnerability mapping of aquifers using GALDIT method. *Proc.workshop on modelling in hydrogeology*. Anna University, Chennai, pp 143-156
- Chachadi AG, Lobo-Ferreira JP, 2005. Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using the GALDIT method: part 2- GALDIT indicator description. *Proceedings of the Fourth Inter Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*, Guimarães, Portugal, July 2005. IAHS Publ. 310, 2007.
- Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia, 2016. Tổng luận: Xâm nhập mặn tại đồng bằng sông Cửu Long: Nguyên nhân, tác động và các giải pháp ứng phó.
- Kitaoka T., Kusumi H., Terada M., Nakamura M. and Masuda T., 2013. A 3D model of groundwater analysis and research of groundwater characterization based on field measurement at Fushimi region in Kyoto basin. *Journal of the Japan Society of Engineering Geology*, 54(1): 16-24 (Tiếng Nhật).
- Nadia Trabelsi, Ibtissem Triki, Imen Hentati, Moncf Zairi, 2016. Aquifer vulnerability and seawater intrusion risk using GALDIT, GQISWI and GIS: case of a coastal aquifer in Tunisia. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 2016.
- Nura Umar Kura et al, 2015. Assessment of groundwater vulnerability to anthropogenic pollution and seawater intrusion in a small tropical island using index-based methods. *Environ Sci Pollut Res (2015)* 22:1512-1533.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L., 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48, 9-26. North-Holland.
- Saaty, T.L., 2003. Decision making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research* 145, 85-91.