

## **NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CẤP BẬC (AHP) ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ XÓI LỞ BỜ SÔNG VÙNG HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI**

**Phạm Thị Hương Lan<sup>1</sup>, Ngô Lê Long<sup>1</sup>, Đỗ Quang Minh<sup>2</sup>**

**Tóm tắt:** Việc đánh giá định lượng các nhân tố ảnh hưởng đến xói lở bờ sông thường sử dụng phương pháp xác định trọng số của các nhân tố, dựa vào số liệu thống kê các kết quả đo đạc, phân tích thành phần của các nhân tố... Để đánh giá trọng số của các nhân tố một cách phù hợp hơn, chính xác hơn, thường dùng phương pháp phân tích cấp bậc (Analytical Hierarchy Process - AHP) (Saaty, 1980) dựa trên nguyên tắc so sánh giữa các cặp nhân tố theo phương pháp “so sánh cặp thông minh”. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân tích cấp bậc (AHP) để đánh giá nguy cơ xói lở bờ sông vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. Kết quả phân vùng nguy cơ xói lở cho thấy vùng hạ du sông Đồng Nai có khoảng 5% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở cao, 24% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở trung bình và 55% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở thấp. Các khu vực có nguy cơ xói lở cao như đoạn qua xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu tỉnh Đồng Nai, qua huyện Định Quán và Tân Uyên của Bình Dương...

**Từ khóa:** GIS, AHP (Analytic Hierarchy Process), Xói lở bờ sông (XLBS).

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Sông Đồng Nai là hệ thống sông lớn thứ 3 của Việt Nam, sau hệ thống sông Hồng-Thái Bình và sông Mê Công, là hệ thống sông nội địa lớn nhất nước ta. Hệ thống sông Đồng Nai chảy qua địa phận hành chính của 11 tỉnh/thành phố là Lâm Đồng, Đắk Nông, Đồng Nai, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Long An, Bình Thuận, Bà Rịa-Vũng Tàu và thành phố Hồ Chí Minh. Đây là hệ thống sông có vai trò rất quan trọng trong cấp nước phục vụ công cuộc phát triển kinh tế-xã hội các tỉnh miền Đông Nam bộ. Trong những năm gần đây, tình hình diễn biến sạt lở hệ thống sông ĐNSG hiện nay diễn ra theo chiều hướng khá phức tạp, hàng năm hai bên bờ sông bị lấn vào bờ khá lớn gây nguy hại cho dân cư sống hai bên bờ sông. Sạt lở bờ sông đã ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống và sinh hoạt của người dân, tính ổn định của công trình ven sông, công trình trên sông, gây thiệt hại nặng nề cho các hoạt động dân sinh kinh tế vùng ven sông. Các thiệt hại kể đến như gây mất đất nông nghiệp, hư hỏng nhà cửa, chết người,

thậm chí có thể hủy hoại toàn bộ một khu dân cư, đô thị, ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế ven bờ. Theo tài liệu của Sở Nông nghiệp và PTNT tỉnh Đồng Nai, dọc theo bờ phải khu vực các đoạn bị sạt lở trên sông Đồng Nai thuộc địa phận các xã Tân Hạnh và Hóa An thuộc TP. Biên Hòa người dân đã xây bờ kè bằng đá hộc, cừ tràm nên đoạn này đã tương đối ổn định, tuy nhiên tháng 9/2016 đã xảy ra sạt lở phần đất trống dài 4m vào đất nhà ông Tân và bà Lê Thị Tại. Đoạn đường bờ trái sông Đồng Nai từ trạm kiểm soát giao thông thủy thuộc phường Bửu Long đến cầu Hóa An có nhiều đoạn sạt lở nhẹ, nhưng người dân đã thả đá hộc, đóng cừ tràm và một số nơi còn thả các rọ đá để bảo vệ nhà cửa, ruộng vườn của họ.

Đã có một số nghiên cứu về diễn biến lòng dẫn, đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai phục vụ phát triển kinh tế xã hội, tuy nhiên các nghiên cứu chuyên sâu về vấn đề sạt lở bờ, đánh giá hiện trạng, nguyên nhân và cơ chế, các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông, giải pháp công nghệ bảo vệ bờ có tính khả thi là chưa nhiều, đặc biệt liên quan đến việc quy hoạch sử dụng vùng

---

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

<sup>2</sup> Tổng cục Phòng chống thiên tai

ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế xã hội vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. Các nghiên cứu trước đây còn rời rạc, chưa tìm ra đầy đủ các nguyên nhân, cơ chế và các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông hạ du hệ thống sông Đồng Nai và dự báo trong tương lai có xét ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Đặc biệt các nghiên cứu chưa có được những giải pháp tổng thể mang tính bền vững và thực tiễn về khoa học công nghệ và quản lý phục vụ phòng chống sạt lở, quy hoạch phát triển bền vững, khai thác sử dụng có hiệu quả không gian ven sông phục vụ phát triển kinh tế xã hội.

Trong những năm gần đây đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới phát triển một số phương pháp để đánh giá mức độ nhạy cảm với xói lở bờ sông như: Phân tích cấp bậc AHP (Saaty, 2008), Sử dụng phương pháp GIS đánh giá nguy cơ trượt lở đất (Barredo, nnk 2000), Phát triển phương pháp đánh giá nguy cơ trượt lở đất của AHP (Yagi, 2003), Kết hợp quá trình phân tích cấp bậc và tần suất xuất hiện dự báo xói mòn đất trong lưu vực sông Keleghai (Sar, nnk 2016)...Phương pháp phân tích cấp bậc AHP (Anatycal Hierarchy Process - AHP), được đề xuất bởi Saaty, được sử dụng trong việc hỗ trợ ra quyết định đa tiêu chí trong quản lý xói lở bờ sông (multi-criteria decision-making). Nó hỗ trợ người ra quyết định để đưa ra quyết định tốt nhất, bằng cách giảm quyết định phức tạp cho một loạt các cặp so sánh và tổng hợp kết quả. AHP được sử dụng rộng rãi bởi nhiều tác giả trên toàn thế giới.

## **2. CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Cách tiếp cận**

Có nhiều hướng tiếp cận để đánh giá xói lở bờ sông (XLBS). Trong nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận trực tiếp và cách tiếp cận hệ thống, tiếp cận đa tiêu chí. Cách tiếp cận trực tiếp: Các biểu hiện XLBS là một thực thể hiện hình ngay trên bề mặt. Chính vì vậy, việc trực tiếp khảo sát, đo vẽ chi tiết ngoài thực địa xác định các thông số cơ bản về hiện trạng XLBS, xác định các yếu tố tác động phát sinh là cơ sở quan trọng trong nghiên cứu đánh giá hiện trạng, khoanh vùng cảnh báo nguy cơ và đề xuất giải pháp phòng tránh nguy cơ

XLBS. Trên cơ sở điều tra khảo sát thực địa, tham vấn cộng đồng về hiện trạng xói lở bờ sông (vị trí, chiều dài cung xói, độ cao vách xói, kiểu XLBS, hướng dòng chảy, đặc tính thổ nhưỡng địa chất bờ sông, đặc điểm các yếu tố gây XLBS...) dọc hai bên bờ sông, đánh giá quy mô, cường độ, tần suất và vai trò của từng yếu tố ảnh hưởng đến XLBS. Cách tiếp cận hệ thống: XLBS là kết quả của sự tác động tương hỗ của các yếu tố nội sinh, ngoại sinh và nhân sinh. XLBS chủ yếu phát sinh do yếu tố động lực dòng chảy, sự uốn khúc của sông, yếu tố địa chất cấu tạo bờ, yếu tố hoạt động nhân sinh,... XLBS được hình thành và phát triển trong một hệ thống mở, chịu sự tác động tương tác của các yếu tố thành phần. Mỗi yếu tố thành phần có tính đặc thù, mức độ tác động phát sinh XLBS khác nhau. Trên cơ sở đánh giá hiện trạng xói lở bờ sông và đối sánh với mỗi yếu tố trong hệ thống mở đó, cho phép tiến hành đánh giá nguy cơ XLBS theo các yếu tố thành phần và phân vùng cảnh báo nguy cơ XLBS. Cách tiếp cận đa tiêu chí/ đa tiêu chí (Multi-Criteria Evaluation - MCE) cho phép xác định các yếu tố khác nhau của một vấn đề ra quyết định phức tạp, tổ chức các yếu tố thành một cấu trúc phân cấp và nghiên cứu mối quan hệ giữa các yếu tố đó đã được ứng dụng trong nhiều nghiên cứu khác nhau. Trong số các phương pháp phân tích đa tiêu chí, tiến trình phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) được sử dụng khá phổ biến để giải quyết những vấn đề phức tạp bằng cách sắp xếp các yếu tố vào một khuôn khổ phân cấp (Saaty, 1980).

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Phương pháp AHP (Saaty, 2008) được ứng dụng đánh giá vai trò của từng yếu tố trong mối quan hệ phát sinh XLBS, được thể hiện bằng cách cho điểm và tính trọng số, dựa trên nguyên tắc so sánh giữa các cặp nhân tố mà thường được gọi là "so sánh cặp thông minh". Bản đồ nhạy cảm XLBS (Suceptibility map) được xác lập trên cơ sở phân tích đánh giá các yếu tố nguyên nhân sinh XLBS. Bản đồ chỉ số nhạy cảm XLBS là kết quả của sự tích hợp các bản đồ chỉ số nhạy cảm thành phần. Bản đồ nguy cơ XLBS (Hazard map) được tạo lập từ kết quả phân tích không gian và thực hiện trong môi trường GIS.

Chỉ số xói lở bờ sông thể hiện theo phương pháp phân tích cấp bậc AHP với công thức tính toán như sau:

$$H = \sum_{j=1}^n w_j \sum_{i=1}^m X_{ij} \quad (1)$$

Trong đó: H Chỉ số nhạy cảm về xói lở bờ sông,  $X_{ij}$  là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố j (chỉ số mức độ tác động thể hiện mức độ (cường độ) tác động của yếu tố,  $w_j$  là trọng số của nhân tố j trong tổng thể tập hợp các nhân tố xói lở bờ sông.

Phương pháp quá trình phân tích cấp bậc để tính toán trọng số (hệ số tầm quan trọng) và phân cấp cường độ tác động của các yếu tố thành phần được nhà toán học người Mỹ T.L. Saaty và một số tác giả trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã sử dụng để đánh giá định lượng cường độ của các quá trình. Lý thuyết này phân chia cường độ tác động (j) thành 5 cấp độ thang tỷ lệ so sánh tầm quan trọng của các yếu tố tác động. Saaty đã dùng phương pháp chuyên gia để so sánh hơn các yếu tố tác động theo 5 cấp độ (1, 3, 5, 7, 9) và so sánh thua theo 5 cấp độ (1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9) trên một ma trận vuông cấp n (n là số yếu tố tác động dùng

để so sánh). Trong đó, Saaty qui định đường chéo chính của ma trận vuông có giá trị bằng 1. Ma trận này chỉ ra rằng nếu chỉ số quan trọng của yếu tố A so với B là n thì ngược lại tỷ số quan trọng của B so với A là 1/n. Dựa vào thang tỷ lệ sẽ xác lập được ma trận so sánh giữa các yếu tố tác động. Sau đó tính toán trọng số cho từng lớp thành phần bằng cách sử dụng vector nguyên lý Eigen (eigenvector) (có thể tính toán gần đúng vector nguyên lý Eigen bằng cách chia từng giá trị của mỗi cột cho tổng số giá trị trong cột đó để thiết lập một ma trận mới, khi đó giá trị trung bình trên mỗi hàng của ma trận mới chính là trọng số của yếu tố tác động có giá trị từ 0 đến 1) (Saaty,2000)

Phương pháp AHP của Saaty so sánh giữa 2 nhân tố theo nguyên tắc là nếu nhân tố A quan trọng hơn nhân tố B thì  $A/B > 1$  và ngược lại, A kém quan trọng hơn B thì  $A/B < 1$ . Nếu A và B quan trọng như nhau thì  $A/B = 1$ . Và mức độ quan trọng của A so với B càng tăng khi tỷ số A/B càng lớn. Và ngược lại, nếu tỷ số A/B càng nhỏ thì mức độ quan trọng của A so với B càng giảm. Saaty đưa ra thang tỷ lệ cho một “so sánh cặp thông minh” như sau:

**Bảng 1. Bảng so sánh cặp thông minh của AHP**

| << Kém quan trọng hơn            |                              |                          |                    |                      | Quan trọng hơn >> |                      |                          |                              |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1/9                              | 1/7                          | 1/5                      | 1/3                | 1                    | 3                 | 5                    | 7                        | 9                            |
| Kém quan trọng hơn rất nhiều lần | Kém quan trọng hơn rất nhiều | Kém quan trọng hơn nhiều | Kém quan trọng hơn | Quan trọng bằng nhau | Quan trọng hơn    | Quan trọng hơn nhiều | Quan trọng hơn rất nhiều | Quan trọng hơn rất nhiều lần |

Từ những so sánh cặp các yếu tố tác động phát sinh XLBS cho thấy vai trò của từng cặp yếu tố với nhau, từng yếu tố trong tổng thể các yếu tố phát sinh XLBS. Từ đây cho phép đánh giá yếu tố nào có vai trò quyết định, yếu tố nào có vai trò ở mức độ nhất định và yếu tố nào có vai trò không

rõ ràng trong phát sinh XLBS. Phương pháp “So sánh cặp thông minh” có thể phân tích rõ qua ví dụ sau đây (5 yếu tố với các điểm tương ứng 1, 3, 5, 7, 9): Cho các nhân tố tác động phát sinh tại biến: A, B, C, D, E và xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh như bảng 1.

**Bảng 1. Ma trận so sánh các yếu tố phát sinh/ ảnh hưởng đến XLBS**

| Các nhân tố | A(1) | B(3) | C(5) | D(7) | E(9) |
|-------------|------|------|------|------|------|
| A(1)        | 1    | 3    | 5    | 7    | 9    |
| B(3)        | 1/3  | 1    | 1.67 | 2.33 | 3    |
| C(5)        | 1/5  | 1/3  | 1    | 1.4  | 1.80 |
| D(7)        | 1/7  | 1/5  | 1/3  | 1    | 1.29 |
| E(9)        | 1/9  | 1/7  | 1/5  | 1/3  | 1    |

Tính toán vector nguyên lý eigen có thể được làm xấp xỉ theo cách thủ công khi chia giá trị của cột cho tổng giá trị của tỉ số trong cột này. Điều này cho một ma trận với giá trị mới nằm trong khoảng giá trị 0 và 1 khi tổng của các giá trị theo cột bằng 1. Giá trị trung bình của dòng trong ma trận này tương ứng với trọng số cho tiêu chuẩn đó (Jones và nnk, 2004). Dựa theo ma trận này, theo Vector nguyên lí Eigen với phương pháp tính trọng số của Jones tính được tổ hợp các trọng số phù hợp sau: A = 0,59; B = 0,20; C = 0,11; D = 0,07; E = 0,04.

### 3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN

Hệ thống sông Đồng Nai là hệ thống sông lớn thứ 3 của Việt Nam, sau hệ thống sông Hồng-Thái Bình và sông Mê Công, là hệ thống sông nội địa lớn nhất nước ta. Hệ thống sông Đồng Nai chảy qua địa phận hành chính của các tỉnh và thành phố là Lâm Đồng, Đắk Nông, Đồng Nai, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Long An, Bình Thuận, Bà Rịa-Vũng Tàu và thành phố Hồ Chí Minh. Với quan điểm tiếp cận hệ thống, nghiên cứu hạ du hệ thống sông Đồng Nai không thể tách rời cả hệ thống lưu vực sông Đồng Nai bao gồm các sông chính và các phụ lưu, cho nên trong nghiên cứu coi trọng tính hệ thống xuyên suốt quá trình nghiên cứu nhằm nghiên cứu tổng thể, đầy đủ, toàn diện hệ thống sông Đồng Nai. Phạm vi nghiên cứu sau hạ du hồ Dầu Tiếng, Trị An, Phước Hòa, sông Vàm Cỏ.

### 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 4.1. Lựa chọn các chỉ số nhạy cảm để xác định nguy cơ XLBS

Theo kết quả điều tra thực địa, kết hợp thu thập phân tích số liệu cho thấy có hai nhóm nguyên nhân chính gây nên sạt lở bờ sông. Đó là: Nhóm thứ nhất, là các nhân tố làm giảm lực chống trượt; Nhóm thứ hai là tổ hợp các yếu tố tác động làm tăng lực gây trượt mái bờ. (Shofiul Islam, 2008) đã phân tích những yếu tố thủy động lực học và bùn cát cần xem xét trong quá trình đánh giá diễn biến sạt lở bờ sông như sau: 1. Yếu tố Thủy động lực của dòng chảy (Mức nước – lưu lượng, kết cấu dòng chảy, lưu lượng dòng chảy, vận tốc dòng chảy gần bờ lớn nhất, phân bố ứng suất cắt, dòng thứ cấp và độ rối, sự thay đổi đổi mực nước...). 2.

Yếu tố hình thái (biến dạng đáy sông bằng cách tính toán ứng suất đáy, địa hình lòng sông, hình dạng sông, sự hình thành các bãi giữa...); 3. Yếu tố vận chuyển bùn cát (bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng, chất tạo lòng và chất không tạo lòng); 4. Yếu tố độ ổn định của bờ sông và cấu trúc bờ sông (lớp phủ thực vật, mái dốc sông, chiều cao bờ sông ...); 5. Yếu tố đặc tính bùn cát (kích thước, thành phần hạt, thành phần trầm tích sông, mật độ, góc ma sát, tính dính kết...); 6. Các yếu tố tác động của con người (Việc sử dụng các xe cộ, xây dựng nhà cửa, đường xá có thể làm ảnh hưởng đến thực vật trên bờ và tác động đến bề mặt đất. Đất bị đè nén làm giảm khả năng thấm của đất, khi mưa xuống các dòng chảy được hình thành nhanh chóng và dễ làm xói lở bờ. Lúc này khối đất bờ sẽ không còn khả năng kháng trượt. Điều này đặc biệt nguy hiểm khi kết hợp với sự xuất hiện của các yếu tố khách quan khác trong tự nhiên: lũ xuống, triều rút làm tăng trọng lượng khối đất bờ hay giảm áp lực thay nổi, mưa làm bão hòa khối đất bờ và phát sinh áp lực thấm... khiến bờ sông bị gia tải quá mức. Điều này lý giải cho hiện tượng sạt lở mạnh ở các khu vực có nhiều nhà cửa, cơ sở hạ tầng được xây sát ven sông,...; Khai thác vật liệu trên sông không có quy hoạch, đào luồng, lạch cho tàu bè đi,... dẫn đến đất bờ mất ổn định và sụp lở; Nạn phá rừng gây nên cường suất lũ gia tăng, làm tăng đáng kể hàm lượng bùn cát trong dòng chảy, gây nên hiện tượng lắng đọng bùn cát ở các hồ thượng nguồn làm giảm khả năng điều tiết lũ của các hồ chứa đó. Việc mất cân bằng của bùn cát sẽ làm gia tăng khả năng xói lở lòng dẫn và sạt lở bờ; Việc gia tăng hoạt động đi lại tàu thuyền trên sông gây sóng và đập bờ sóng gây sạt lở bờ; Xây dựng các công trình trên sông chưa đảm bảo kỹ thuật cũng là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông.... Trên cơ sở phân tích đánh giá nguyên nhân/ các yếu tố gây xói lở bờ sông, nghiên cứu lựa chọn 8 chỉ số nhạy cảm gây XLBS để đánh giá như sau: (1) Chỉ số thủy động lực (Flow Geometry Index, FGI); (2) Chỉ số hình dạng trên mặt bằng, hệ số hình dạng dòng chảy, độ uốn khúc, (Plan Form Index, PFI); (3) Chỉ số độ dốc lòng sông (Cross-Slope ratio CSR); (4) Chỉ số địa chất bờ (ĐCB); (5) Chỉ số hiểm họa sạt lở bờ

(Bank Erosion Hazard Index, BEHI); (6) Chỉ số ứng suất gần bờ (Near Bank Stress, NBS) (7) Chỉ số tải trọng bờ (TTB); (8) Chỉ số công trình bảo vệ bờ (CTBV).

#### 4.2. Xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh theo phương pháp AHP

Với nguyên tắc so sánh cặp thông minh cho các nhân tố tác động phát sinh nguy cơ XLBS với các nhân tố thành phần thủy động lực, độ uốn khúc, độ dốc lòng sông, địa chất bờ, hiểm họa sạt lở bờ, ứng suất gần bờ, tải trọng bờ và công trình bảo vệ bờ, xây dựng ma trận so sánh cặp thông minh (8 yếu tố với các điểm tương ứng 1,2,3,4,5,6,7,8). Việc cho điểm, tính trọng số của mỗi yếu tố thể hiện vai trò

của từng yếu tố trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS. AHP là một phương pháp đưa ra quyết định, nó đưa ra thứ tự sắp xếp của những chỉ tiêu và nhờ vào đó người quyết định có thể đưa ra quyết định cuối cùng hợp lý nhất do đó cần có sự tham vấn nhiều chuyên gia. Cơ sở của việc cho điểm chính là mức độ phân bố XLBS trên mỗi yếu tố đó. Việc đánh giá mức độ nhạy cảm trên thang cho điểm có thể biểu thị sự ưu tiên của chúng một cách thích đáng đối với XLBS. Phân tích so sánh cặp được ứng dụng nhằm xác định vai trò của từng yếu tố thể hiện bằng trọng số của nó trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS, kết quả được thể hiện trong bảng sau:

**Bảng 2. Ma trận so sánh các yếu tố phát sinh/ ảnh hưởng đến XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai**

| Các nhân tố          | Thủy động lực | Địa chất bờ | Tải trọng bờ | Độ dốc lòng sông | Hiểm họa sạt lở bờ | Độ uốn khúc | Ứng suất gần bờ | Công trình bảo vệ bờ | Trọng số (Wj) |
|----------------------|---------------|-------------|--------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------|----------------------|---------------|
| Thủy động lực        | 1             | 2           | 3            | 4                | 5                  | 6           | 7               | 8                    | 0.433         |
| Địa chất bờ          | 1/2           | 1           | 1.5          | 2.0              | 2.5                | 3           | 3.5             | 4                    | 0.206         |
| Tải trọng bờ         | 1/3           | 1/2         | 1            | 1.33             | 1.67               | 2           | 2.33            | 2.67                 | 0.126         |
| Độ dốc lòng sông     | 1/4           | 1/3         | 1/2          | 1                | 1.25               | 1.5         | 1.75            | 2                    | 0.084         |
| Hiểm họa sạt lở bờ   | 1/5           | 1/4         | 1/3          | 1/2              | 1                  | 1.2         | 1.40            | 1.6                  | 0.059         |
| Độ uốn khúc          | 1/6           | 1/5         | 1/4          | 1/3              | 1/2                | 1           | 1.17            | 1.33                 | 0.042         |
| Ứng suất gần bờ      | 1/7           | 1/6         | 1/5          | 1/4              | 1/3                | 1/2         | 1               | 1.14                 | 0.030         |
| Công trình bảo vệ bờ | 1/8           | 1/7         | 1/6          | 1/5              | 1/4                | 1/3         | 1/2             | 1                    | 0.021         |

Phân tích độ nhạy cảm của yếu tố thành phần (nguy cơ XLBS theo từng yếu tố phát sinh) dựa trên cơ sở đánh giá mối tương quan yếu tố tác động phát sinh nguy cơ XLBS với hiện trạng phân bố XLBS. Phân tích so sánh cặp được ứng dụng nhằm xác định vai trò của từng yếu tố thể hiện bằng trọng số của nó trong tổng thể các yếu tố tác động phát sinh XLBS trong đó có sự tham khảo của nhiều ý kiến chuyên gia. Trên cơ sở đó cho phép xây dựng các bản đồ nguy cơ XLBS thành phần. Bản đồ nguy cơ XLBS là tổng hợp các bản đồ nguy cơ thành phần. Phương pháp này được ứng dụng để xây dựng bản đồ nguy cơ XLBS khu vực hạ du sông Đồng Nai.

Chỉ số nguy cơ xói lở bờ sông) thể hiện theo công thức sau:

$$H = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij} \quad (2)$$

Trong đó: H Chỉ số nhạy cảm về xói lở bờ,  $X_{ij}$  là điểm số của lớp thứ i trong nhân tố j (chỉ số mức độ tác động thể hiện mức độ (cường độ) tác động của yếu tố,  $W_j$  là trọng số của nhân tố j trong tổng thể tập hợp các nhân tố xói lở bờ sông. Điểm số của các lớp trong từng nhân tố và trọng số nhân tố được xác định theo các mức nguy cơ xói lở (NCXL) cao, trung bình, thấp và không có nguy cơ XLBS ứng với các điểm cấp nguy cơ xói lở là 5,3,1,0. Bản đồ nguy cơ xói lở bờ sông được xây dựng trên cơ sở tích hợp các bản đồ nguy cơ XLBS theo các thành phần nhân tố gây xói lở, thể hiện theo công thức (1) nêu trên. Phạm vi tính

toán được xem xét trên vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai – Sài Gòn sau hồ Trị An, Phước Hòa, Dầu Tiếng. Kết quả tính toán các chỉ số thành phần được trích xuất từ kết quả mô phỏng mô hình MIKE11 (HD và ST), từ tài liệu địa hình, địa chất, tài liệu đo đạc tại các mặt cắt ngang, từ

xác định các tải trọng bờ... Định giá cường độ tác động Mij của từng yếu tố tự nhiên - kỹ thuật đã chọn. Tính trọng số Wi các chỉ tiêu thành phần. Kết quả tổng hợp điểm số các lớp và trọng số các nhân tố gây XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai được thống kê như bảng 3.

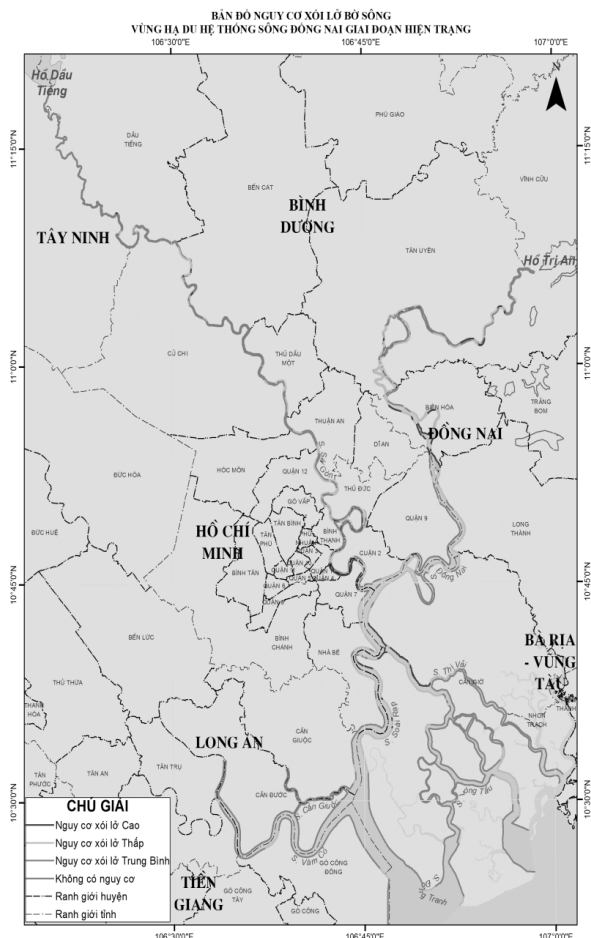
**Bảng 3. Bảng tổng hợp điểm số các lớp và trọng số các nhân tố gây XLBS vùng hạ du sông Đồng Nai**

| Thành phần           | Trọng số | Thứ tự cấp | Cấp nguy cơ trong thành phần | Chiều dài (m) | Điểm cấp nguy cơ (Xi) |
|----------------------|----------|------------|------------------------------|---------------|-----------------------|
| Thủy động lực        | 0.433    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 169818        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 139769        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 320618        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 405385        | 0                     |
| Độ dốc lòng sông     | 0.084    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 116844        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 121233        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 552194        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 245320        | 0                     |
| Địa chất bờ          | 0.206    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 492159        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 163666        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 202118        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 177648        | 0                     |
| Ứng suất gần bờ      | 0.030    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 26654         | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 33392         | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 312404        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 663141        | 0                     |
| Độ uốn khúc          | 0.042    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 191203        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 508202        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 162282        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 173903        | 0                     |
| Tải trọng bờ         | 0.126    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 69208         | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 174908        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 116337        | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 675138        | 0                     |
| Công trình bảo vệ bờ | 0.021    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 116532        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 781076        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 91616         | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 46367         | 0                     |
| Hiểm họa sạt lở bờ   | 0.059    | 1          | Nguy cơ XLBS cao             | 301874        | 5                     |
|                      |          | 2          | Nguy cơ XLBS trung bình      | 397244        | 3                     |
|                      |          | 3          | Nguy cơ XLBS thấp            | 83671         | 1                     |
|                      |          | 4          | Không có nguy cơ XLBS        | 252802        | 0                     |

Tích hợp các bản đồ nhân tố gây XLBS đã được trọng số hóa bằng công cụ GIS. Kết quả tích hợp này cho bản đồ với các giá trị định lượng liên

quan đến xói lở bờ sông. Cụ thể trong trường hợp nghiên cứu vùng hạ du sông Đồng Nai là tích hợp 8 bản đồ nhân tố nguy cơ XLBS để có được bản

đồ về chỉ số nhạy cảm xói lở bờ sông như sau:  
**[Chỉ số nhạy cảm] = 0,433[Thủy động lực] + 0,084[Độ dốc lòng sông] + 0,206[Địa chất bờ] + 0,030[Ứng suất gần bờ] + 0,042[Độ uốn khúc] + 0,126[Tải trọng bờ] + 0,021[Công trình bảo vệ bờ] + 0,059[Hiểm họa sạt lở bờ].**



Hình 1. Bản đồ NCXL bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai

**Bảng 4. Bảng thống kê nguy cơ xói lở (NCXL) khu vực hạ du sông Đồng Nai**

| STT | Cấp nguy cơ XLBS        | Chiều dài (m) | Tỷ lệ % |
|-----|-------------------------|---------------|---------|
| 1   | Nguy cơ XLBS cao        | 42740         | 4.13    |
| 2   | Nguy cơ XLBS trung bình | 248454        | 23.99   |
| 3   | Nguy cơ XLBS thấp       | 566613        | 54.71   |
| 4   | Không có nguy cơ XLBS   | 177783        | 17.17   |

## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu trên cho thấy có thể sử dụng phương pháp phân tích cấp bậc AHP để đánh giá nguy cơ XLBS vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai. Các vị trí sạt lở đã được kiểm chứng trong thực tế trong quá trình điều tra thực địa, so

Các bản đồ thành phần được xây dựng với các lớp có giá trị là điểm số được xác định trong khoảng 0-5. Như vậy bản đồ tích hợp từ 8 bản đồ thành phần chỉ số nhạy cảm gây XLBS nêu trên, về lý thuyết, sẽ có giá trị của từng pixel, thể hiện độ nhạy cảm, thay đổi từ 0, trong trường hợp tất cả các giá trị trong bản đồ thành phần là 0, tức không có nguy cơ xói lở (NCXL) đến 5, trong trường hợp tất cả các giá trị trong bản đồ thành phần là 5, tức có NCXL cao. Việc phân chia dữ liệu thường có nhiều cách chia, trong đó có 3 phương pháp như sau: chia theo khoảng đều nhau; chia ngắt dữ liệu tự nhiên; chia theo độ lệch chuẩn. Nếu chia theo khoảng đều nhau (equal interval), các dữ liệu được chia nhóm thành với khoảng giá trị đều nhau, ngoại trừ các giá trị ở khoảng chặn trên và chặn dưới. Chia theo ngắt ngưỡng tự nhiên (natural break) dựa trên cơ sở nhóm tự nhiên vốn có trong tập hợp dữ liệu và các ngưỡng được xác định sao cho nhóm được các giá trị tương tự nhau và khoảng cách giữa các lớp được tối đa hóa. Chia theo độ lệch chuẩn (standard deviation) thể hiện sự đổi giá trị thuộc tính đối tượng từ giá trị trung bình, các ngưỡng phân chia được tạo ra với khoảng giá trị đều theo tỷ lệ với độ lệch chuẩn - thường là các khoảng bằng  $1\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ , hay  $\frac{1}{4}$  độ lệch chuẩn.

Trong trường hợp bước nhảy là 1 độ lệch chuẩn thì các ngưỡng giá trị phân chia thường là: giá trị trung bình  $\pm (0,5 + k) \times$  độ lệch chuẩn, với  $k = 0, 1, 2, \dots$ . Kết quả xây dựng bản đồ NCXL bờ sông vùng hạ du sông Đồng Nai được chỉ ra trong hình vẽ 1 và thống kê trong bảng 4 như sau:

sánh với kết quả tính toán từ mô hình toán và theo phương pháp viễn thám và GIS. Kết quả phân vùng nguy cơ xói lở cho thấy vùng hạ du sông Đồng Nai có khoảng 5% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở cao, 24% chiều dài bờ sông có nguy cơ xói lở trung bình và 55% chiều dài bờ

sông có nguy cơ xói lở thấp. Các khu vực có nguy cơ xói lở cao như đoạn qua xã Bình Lợi, huyện Vĩnh Cửu tỉnh Đồng Nai, qua huyện Định Quán và Tân Uyên của Bình Dương...

#### **Lời cảm ơn**

Nội dung bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Quốc gia KC.08.28/16-20:

"Nghiên cứu dự báo diễn biến sạt lở, đề xuất các giải pháp để ổn định bờ sông và quy hoạch sử dụng vùng ven sông phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội vùng hạ du hệ thống sông Đồng Nai". Nhóm thực hiện đề tài chân thành cảm ơn Bộ KHCN, Ban chủ nhiệm chương trình KC.08 đã tạo điều kiện giúp đỡ.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- Barredo, J., Benavides, A., Hervás, J., Van Westen, C. J. (2000): *Comparing Heuristic Landslide Hazard Assessment Techniques Using GIS in the Tirajana Basin, Gran Canaria Island, Spain.* – International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2(1): 9-23.
- Md.. Shofiul Islam (2008) *River bank erosion and sustainable protection strategies.* Fourth International Conference on Scour and Erosion 2008
- Saaty, T. L. (2008): *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process.* – International Journal of Services Sciences 1(1): 83-98.
- Saaty, T.L. (1980). *A scaling method for priorities in hierarchical structures.* Journal of Mathematical Psychology 15: 234–281
- Saaty T.L. (2000), *Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15413, (2000).
- Sar, N., Khan, A., Chatterjee, S., Das, A., Mipun, B. S. (2016): *Coupling of analytical hierarchy process and frequency ratio based spatial prediction of soil erosion susceptibility in Keleghai river basin, India.* – International Soil and Water Conservation Research <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915301246> (withdrawn)
- Yagi, H. (2003): *Development of Assessment Method for Landslide Hazardness by AHP.* – Abstract Volume of the 42nd Annual Meeting of the Japan Landslide Society, pp. 209-212.

#### **Abstract:**

### **APPLICATION OF HIERARCHICAL ANALYSIS METHOD (AHP) TO ASSESS THE RISK OF RIVERBANK EROSION IN THE DOWNSTREAM OF THE DONG NAI RIVER BASIN**

*Importance of criteria affecting riverbank erosion is graded by determining the weight of the factors, based on statistics of measurement results, analyzing the composition of the factors. The analysis method (Analytical Hierarchy Process - AHP) of Saaty (1980) is often used to determine the weight of the factors more appropriately. AHP is based on the principle of comparison between pairs of factors by the "smart pairwise comparison" method. The research results of applying AHP to assess the risk of river bank erosion in the downstream Dong Nai river system is presented in this paper. Results of the erosion risk zoning show that the lower Dong Nai River has about 5% of its length at high risk of erosion, 24% of the length of the riverbank at medium risk of erosion and 55% of its length at low risk of erosion. The areas with high erosion risk contain the sections passing Binh Loi commune, Vinh Cuu district, Dong Nai province, Dinh Dinh and Tan Uyen districts of Binh Duong.*

**Keywords:** GIS, AHP (Analytic Hierarchy Process), River Bank erosion (XLBS).

---

Ngày nhận bài: 18/02/2020

Ngày chấp nhận đăng: 16/6/2020