



DOI:10.22144/ctujos.2026.103

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ NGUY CƠ SẠT LỞ TRÊN HỆ THỐNG SÔNG, KÊNH CHÍNH XÃ CHÂU THÀNH, THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Lâm Tấn Phát*, Trần Văn Tỷ và Đinh Văn Duy

Khoa Kỹ thuật Thủy lợi, Trường Bách Khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): ltphat@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 28/02/2026

Sửa bài (Revised): 14/05/2026

Duyệt đăng (Accepted): 20/05/2026

Title: Development of riverbank erosion hazard maps for the main river and canal system in Chau Thanh commune, Can Tho city

Author(s): Lam Tan Phat*, Tran Van Ty and Dinh Van Duy

Affiliation(s): Faculty of Water Resource Engineering, College of Engineering, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, bản đồ nguy cơ sạt lở cho sông Mái Dầm và rạch Xẻo Chồi thuộc hệ thống sông, kênh chính tại xã Châu Thành, thành phố Cần Thơ đã được xây dựng nhằm góp phần hỗ trợ công tác quản lý và quy hoạch ven bờ. Dựa trên khảo sát thực địa và nghiên cứu trước, bốn yếu tố chính gồm địa chất, hình thái dòng chảy, vận tốc dòng chảy và tải trọng ven bờ được lựa chọn để xây dựng các bản đồ thành phần. Dữ liệu tại các mặt cắt được nội suy trong môi trường hệ thống thông tin địa lý, việc phân cấp theo thang 5 mức nguy cơ và tích hợp bằng mô hình chồng lớp có trọng số được thực hiện dựa trên phương pháp phân tích thứ bậc. Kết quả cho thấy sông Mái Dầm có nguy cơ sạt lở cao với 41,3% chiều dài thuộc mức nguy cơ cao, rạch Xẻo Chồi có nguy cơ thấp hơn (17,6%). Bản đồ nguy cơ tổng hợp cho thấy điều kiện địa chất và tải trọng ven bờ là các yếu tố chi phối ổn định mái bờ. Phương pháp đề xuất có thể được áp dụng cho các hệ thống sông, kênh tương tự tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: Bản đồ nguy cơ, mất ổn định mái dốc, sạt lở bờ sông, thành phố Cần Thơ

ABSTRACT

This study develops riverbank erosion hazard maps for the Mai Dam River and Xeo Choi Canal, which belong to the main river and canal system in Chau Thanh Commune, Can Tho City, contributing to the support of riverbank management and planning. Based on field surveys and previous studies, four main factors, including geological conditions, channel morphology, flow velocity, and bank side loading, were selected to construct the component hazard maps. Data at the cross sections were interpolated in a geographic information system environment, classified into five hazard levels, and integrated using a weighted overlay model based on the Analytic Hierarchy Process. The results show that the Mai Dam River has a high erosion hazard, with 41.3% of its length classified as high hazard, whereas Xeo Choi Canal presents a lower hazard level of 17.6%. The integrated hazard map indicates that geological conditions and bank side loading are the dominant factors controlling riverbank slope stability. The proposed method can be applied to similar river and canal systems in the Vietnamese Mekong Delta.

Keywords: Hazard map, Can Tho city, slope instability, riverbank erosion

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, hiện tượng sạt lở bờ sông và kênh rạch tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) diễn biến ngày càng phức tạp, gây thiệt hại đáng kể về hạ tầng, nhà ở và sinh kế của người dân (Duy et al., 2025). Sự gia tăng sạt lở được cho là kết quả của tương tác giữa các yếu tố tự nhiên và nhân sinh, bao gồm suy giảm nguồn bùn cát, thay đổi chế độ dòng chảy và khai thác tài nguyên lòng sông (Anthony et al., 2015; Minderhoud et al., 2019). Bên cạnh các dòng sông lớn như Tiền và Hậu, hệ thống sông kênh quy mô nhỏ tại khu vực dân cư cũng ghi nhận nhiều điểm mất ổn định bờ với quy mô ngày càng gia tăng, phản ánh tính nhạy cảm của nền đất yếu đặc trưng trong vùng châu thổ (Thắng và ctv., 2025; Tý và ctv., 2022).

Sạt lở bờ sông là quá trình địa mạo phức tạp liên quan đến xói chân bờ, suy giảm khối đất phân áp và mất ổn định mái dốc (Bishop, 1955). Các yếu tố như đặc điểm địa chất nền, hình thái cong uốn dòng chảy, vận tốc dòng chảy và tải trọng công trình ven bờ được xem là những nhân tố chi phối trực tiếp đến ổn định mái bờ. Trong điều kiện kênh rạch nhỏ, sự kết hợp giữa nền đất yếu và tải trọng xây dựng ven bờ có thể làm giảm hệ số ổn định mái, dẫn đến nguy cơ trượt và sụp lở bờ tăng cao (Phát và ctv., 2022).

Nhiều nghiên cứu ngoài nước đã tiếp cận đánh giá sạt lở thông qua phân tích ảnh viễn thám, mô hình ổn định mái dốc và phương pháp đa tiêu chí kết hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) nhằm xây dựng bản đồ nhạy cảm sạt lở (Malczewski, 2006; Rejaur Rahman et al., 2025). Tuy nhiên, việc sử dụng ảnh vệ tinh độ phân giải thấp như Landsat hoặc Sentinel thường phù hợp với các khu vực rộng lớn, trong khi sai số theo đơn vị pixel có thể ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác khi áp dụng cho các tuyến kênh rạch nhỏ.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về sạt lở bờ sông chủ yếu tập trung vào các sông lớn và hướng đến phân tích nguyên nhân hoặc đánh giá ổn định tại một số mặt cắt (MC) điển hình (Bảng và ctv., 2021). Trong một số nghiên cứu, phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) kết hợp GIS đã được ứng dụng để xác định trọng số các yếu tố nguy cơ và thành lập bản đồ phân vùng sạt lở, cho thấy tiềm năng của cách tiếp cận tích hợp trong hỗ trợ quản lý không gian (Lan và ctv., 2020). Tuy nhiên, đối với hệ thống kênh rạch quy mô nhỏ tại khu vực dân cư, các nghiên cứu tích hợp đồng thời nhiều yếu tố nguy cơ trong mô hình không gian vẫn còn hạn chế, đặc biệt

khí xét đến vai trò của tải trọng ven bờ và biến đổi hình thái dòng chảy cục bộ.

Do đó, có thể nhận thấy khoảng trống nghiên cứu sau: (i) chưa có nghiên cứu nào tích hợp đồng thời các yếu tố nguy cơ định lượng trong mô hình không gian GIS cho hệ thống kênh rạch quy mô nhỏ ở khu vực dân cư; (ii) các nghiên cứu hiện có chủ yếu tập trung vào sông lớn hoặc phân tích từng yếu tố riêng lẻ, chưa phản ánh cơ chế tương tác đa yếu tố đặc trưng của kênh rạch đô thị vùng châu thổ. Điểm mới của nghiên cứu này là đề xuất quy trình tích hợp GIS-AHP áp dụng trực tiếp cho cấp xã, sử dụng dữ liệu khảo sát thực địa làm đầu vào định lượng thay vì chỉ dựa vào đánh giá chuyên gia.

Từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở cho hệ thống sông kênh chính tại xã Châu Thành, thành phố Cần Thơ thông qua việc tích hợp các yếu tố địa chất, hình thái dòng chảy, vận tốc dòng chảy và tải trọng ven bờ. Mục tiêu cụ thể gồm: (1) xây dựng bản đồ nguy cơ thành phần theo các yếu tố địa chất, hình thái dòng chảy, vận tốc dòng chảy và tải trọng ven bờ; (2) tổng hợp bản đồ nguy cơ tích hợp bằng AHP-GIS và (3) xác định phân bố không gian của các đoạn nguy cơ cao nhằm hỗ trợ quản lý và quy hoạch ven bờ. Kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ phân bố không gian của nguy cơ sạt lở, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quản lý, quy hoạch và giảm thiểu rủi ro sạt lở tại khu vực nghiên cứu (KVNC).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

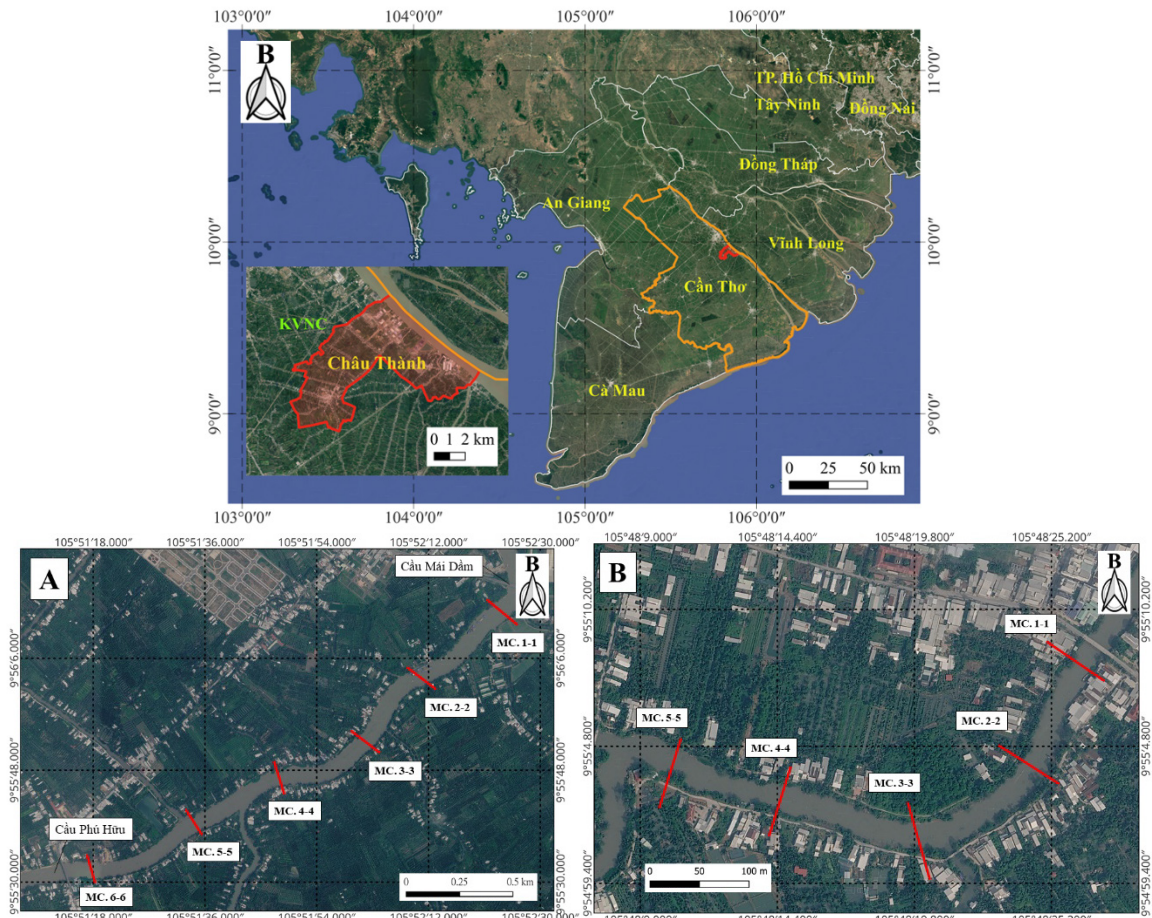
2.1. Khu vực nghiên cứu

KVNC thuộc xã Châu Thành, thành phố Cần Thơ, nằm trong vùng tràm tích trệ của ĐBSCL với nền địa chất chủ yếu là đất sét và bùn sét bão hòa nước. Hệ thống sông kênh chính trong khu vực có bề rộng trung bình từ 30 đến 120 m và độ sâu dao động khoảng 3 đến 6 m tùy theo mùa và chế độ thủy văn. Nhiều đoạn kênh có hình thái cong uốn cục bộ, làm xuất hiện sự phân bố không đồng đều về độ sâu và độ dốc mái bờ, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến trường vận tốc dòng chảy và xu hướng xói lở ven bờ.

Hai tuyến kênh đại diện được lựa chọn nghiên cứu, bao gồm: sông Mái Dầm và rạch Xẻo Chòi (Hình 1). Sông Mái Dầm là một nhánh kết nối sông Hậu với hệ thống kênh nội đồng tỉnh Hậu Giang, chảy qua khu vực thị trấn Mái Dầm với nhiều đoạn cong mạnh đã ghi nhận hiện tượng sạt lở đáng kể. Chiều dài đoạn sông nghiên cứu là 5,54 km với chiều rộng khoảng 90 m. Tại khu vực nhà máy giấy

Lee & Man Việt Nam, bờ sông đã được gia cố bằng hệ thống kè bê tông dự ứng lực tương đối kiên cố, trong khi bờ đối diện chưa được bảo vệ vẫn xuất hiện xói lở dọc theo tuyến. Rạch Xèo Chòi nằm tại trung tâm huyện Châu Thành, khu vực chợ Ngã Sáu, nơi giao nhau của sáu tuyến sông rạch. Đặc điểm giao thoa dòng chảy tại đây tạo ra điều kiện thủy động lực phức tạp, khiến đoạn rạch Xèo Chòi trở thành một điểm nóng sạt lở của khu vực. Nghiên cứu được thực hiện tại chảy trong đô thị của rạch với chiều dài đoạn rạch nghiên cứu là 1,38 km với chiều rộng dao động từ 35 đến 40 m.

Về điều kiện địa chất và sử dụng đất, khu vực có nền đất yếu với sức kháng cắt thấp và khả năng chịu tải hạn chế, trong khi dân cư phân bố dày đặc dọc hai bờ kênh. Nhiều công trình nhà ở, đường giao thông và hạ tầng được xây dựng sát mép bờ, làm gia tăng tải trọng tác động lên mái dốc. Đồng thời, khu vực chịu ảnh hưởng của dao động mực nước do chế độ triều từ sông Hậu, gây biến đổi áp lực nước lỗ rỗng trong khối đất ven bờ. Sự kết hợp giữa nền đất yếu, tải trọng ven bờ và biến động mực nước tạo nên điều kiện thuận lợi cho quá trình mất ổn định mái bờ và phát sinh sạt lở trong những năm gần đây.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và các mặt cắt khảo sát

Ghi chú: sông Mái Dầm (A), rạch Xèo Chòi (B).

2.2. Thu thập và xử lý dữ liệu

Nghiên cứu hiện tại kế thừa toàn bộ dữ liệu từ Phát và ctv. (2022). Dữ liệu kế thừa bao gồm: (i) số liệu địa chất từ Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Hậu Giang cũ (2018), gồm 3 lớp đất tại sông Mái Dầm và rạch Xèo Chòi; (ii) MC ngang lòng sông đo tại 6 MC sông Mái Dầm và 5 MC rạch Xèo Chòi

bằng máy siêu âm Hondex PS-7; (iii) vận tốc dòng chảy đo tại các MC ngày 21 và 25/06/2022 bằng thiết bị MIDAS-ECM; (iv) kết quả phân tích thành phần hạt bùn cát (d_{50}) tại các vị trí đặc trưng và (v) hệ số ổn định mái bờ (FS) theo 4 trường hợp (TH) tải trọng (Bảng 1). Ngoài ra, trọng số AHP được xác định từ khảo sát 44 chuyên gia thủy lợi với tỷ số nhất quán $CR = 0,012 < 0,1$ cũng được kế thừa để xây

dựng công thức (1) để tổng hợp nguy cơ sạt lở ở phần sau.

Bảng 1. Bảng tổng hợp các số liệu và nguồn số liệu sử dụng để xây dựng 04 bản đồ nguy cơ theo 04 yếu tố

Yếu tố	Loại số liệu	Nguồn
Địa chất	Chỉ tiêu cơ lý 3 lớp đất, hệ số FS	Phát và ctv. (2022)
Hình thái dòng chảy	Đường bờ số hóa GIS, tỷ số L/L'	Phát và ctv. (2022)
Vận tốc dòng chảy	Vận tốc đo tại 11 MC ngày 21 và 25/06/2022	Phát và ctv. (2022)
Tải trọng ven bờ	Hệ số FS mái bờ theo các TH tải	Phát và ctv. (2022)

Bản đồ nền KVNC được xây dựng từ ảnh vệ tinh Google Earth có độ phân giải cao tại thời điểm gần nhất với giai đoạn nghiên cứu. Ảnh được tải về và hiệu chỉnh hình học dựa trên hệ tọa độ VN-2000 nhằm đảm bảo độ chính xác không gian. Các đối tượng chính như đường bờ kênh, mép taluy, khu dân cư ven bờ và hệ thống giao thông được số hóa thủ công trong môi trường GIS. Quá trình số hóa được thực hiện theo từng đoạn kênh để đảm bảo tính liên tục hình học và hạn chế sai lệch biên.

2.3. Xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở

2.3.1. Thang đánh giá nguy cơ cho từng yếu tố

Thang đánh giá mức độ nguy cơ tại biển nói chung và sạt lở nói riêng thường có ít nhất 2 cấp và nhiều nhất là 7 cấp. Số lượng các cấp phụ thuộc vào mục tiêu nghiên cứu, mức độ tài liệu có thể có và tỉ lệ nghiên cứu. Thang đánh giá mức độ nguy cơ thường được diễn tả theo mức độ tăng lên như sau: yếu (nhẹ, thấp), trung bình (vừa) và mạnh (nặng, cao) với thang 3 cấp; rất yếu (rất nhẹ, rất thấp), yếu (nhẹ, thấp), trung bình (vừa), mạnh (nặng, cao) và rất mạnh (rất nặng, rất cao) với thang 5 cấp (Lan và ctv., 2020).

Trong nghiên cứu này, tác giả đã chọn thang 5 cấp (rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao) và tương ứng với thang điểm số từ 1 đến 9, tương tự như thang điểm so sánh cặp thông minh của phương pháp AHP. Hai ứng dụng của thang điểm trong nghiên cứu này cần được phân biệt, bao gồm: (a) thang so sánh cặp AHP (1 – 9 của Saaty, 1980) dùng trong bước xác định trọng số (w_i) bằng ma trận so sánh cặp $n \times n$, tính nhất quán kiểm tra bằng tỷ số $CR = CI/RI < 0,1$ và (b) thang phân cấp nguy cơ không gian chỉ dùng năm giá trị lẻ (1, 3, 5, 7, 9) để gán điểm M_i tương ứng năm cấp: rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao. Các giá trị chẵn (2, 4, 6, 8) là mức trung gian trong bước so sánh cặp và không

xuất hiện trong bản đồ phân cấp không gian (Phát và ctv., 2022). Phương pháp AHP được chọn vì tích hợp được nhiều tiêu chí không đồng nhất và cung cấp cơ chế kiểm tra nhất quán (Malczewski, 2006; Saaty, 1980).

Từ kết quả tính toán ổn định mái bờ ở các TH; tỉ số độ cong dòng chảy và kết quả đo đạc vận tốc dòng chảy ở các MC đã được tính toán, tác giả tiến hành nội suy ra các giá trị ở đoạn giữa các MC và hình thành mô hình dữ liệu Digital Elevation Model (DEM) của cho mỗi yếu tố trên phần mềm GIS. Việc phân cấp nguy cơ theo 5 cấp độ đã quy ước đã được tiến hành và thu được bản đồ nguy cơ sạt lở của từng yếu tố.

Quá trình phân cấp giá trị nguy cơ cho các bản đồ thành phần như sau:

Địa chất: Mái bờ sông có cấu tạo từ đất nên thành phần địa chất tốt hay xấu là yếu tố quyết định đến sự ổn định. Trong phạm vi nghiên cứu này, địa chất mỗi con sông được cho là đồng nhất. Kết quả khảo sát MC và phân tích hệ số ổn định mái bờ bằng phương pháp phân tử hữu hạn cho thấy độ dốc tại các mái bờ có sự khác nhau dẫn đến hệ số ổn định cũng khác nhau. Từ việc tham khảo Quy chuẩn Việt Nam (QCVN) 04-05:2022 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường (2022) về quy định hệ số an toàn của công trình mái dốc tự nhiên, nguy cơ sạt lở tại các MC đã được tiến hành phân cấp (Bảng 2).

Bảng 2. Phân cấp giá trị hệ số ổn định theo nguy cơ xảy ra sạt lở

STT	Hệ số ổn định	Điểm số	Mức độ nguy cơ
1	> 1,35	1	Rất thấp
2	1,25 - 1,35	3	Thấp
3	1,15 - 1,25	5	Trung bình
4	1,15 - 1,00	7	Cao
5	< 1,00	9	Rất cao

Điểm số (1 - 9) được xác định theo hai nguyên tắc: (1) năm giá trị lẻ của thang Saaty được sử dụng để đảm bảo khoảng cách đều giữa các cấp và tương thích với công cụ Weighted Overlay trong GIS và (2) ngưỡng hệ số ổn định FS tương ứng mỗi cấp được xác định theo QCVN 04-05:2022.

Hình thái dòng chảy: Sông rạch tự nhiên ở ĐBSCL thường không thẳng mà có độ cong nhất định dẫn đến tâm dòng chảy bị về một bên bờ và xuất hiện xói lở. Tỷ số độ cong (L/L') giữa chiều dài uốn khúc của sông (L) trên chiều dài đoạn thẳng nối giữa hai đầu sông (L') là yếu tố đánh giá xu hướng biến đổi dòng chảy của các con sông. Dựa vào tỉ lệ L/L' trong nghiên cứu của Rosgen (2001), việc phân

cấp nguy cơ sạt lở đã được tiến hành và kết quả được trình bày tại Bảng 3.

Bảng 3. Phân cấp tỉ số độ cong theo nguy cơ xảy ra sạt lở

STT	Tỉ số L/L'	Điểm số	Mức độ nguy cơ
1	1,00 - 1,03	1	Rất thấp
2	1,03 - 1,05	3	Thấp
3	1,05 - 1,15	5	Trung bình
4	1,15 - 1,20	7	Cao
5	> 1,20	9	Rất cao

Vận tốc dòng chảy: Khi dòng chảy có vận tốc lớn hơn vận tốc khởi động bùn cát sẽ làm cho lòng dẫn bị đào xói, khối đất phản áp của mái bờ bị suy giảm dần. Đến một thời gian nhất định, mái bờ bị mất ổn định và sạt lở xảy ra. Từ kết quả đo đạc vận tốc tại các MC và kết quả thí nghiệm thành phần hạt, việc phân cấp nguy cơ sạt lở theo giá trị vận tốc cách bờ từ 5 đến 10 m đã được tiến hành và kết quả được trình bày tại Bảng 4.

Bảng 4. Phân cấp tỉ số độ cong theo nguy cơ xảy ra sạt lở

STT	Vận tốc (m/s)	Điểm số	Mức độ nguy cơ
1	< 0,1	1	Rất thấp
2	0,1 - 0,2	3	Thấp
3	0,2 - 0,3	5	Trung bình
4	0,3 - 0,4	7	Cao
5	> 0,4	9	Rất cao

Tải trọng ven bờ: Các công trình được xây dựng trên hành lang bảo vệ làm gia tăng áp lực lên mái bờ sông cấu tạo từ địa chất yếu dẫn đến gia tăng nguy cơ xảy ra sạt lở. Qua quá trình phân tích ổn định mái bờ ở các MC trong TH2, TH3 và TH4 theo từng mức tác dụng của tải trọng công trình ven bờ và tham khảo QCVN 04-05:2022 quy định hệ số an toàn về ổn định của công trình mái dốc tự nhiên, điểm số nguy cơ cho yếu tố tải trọng đã được phân cấp theo hệ số ổn định mái bờ (Bảng 5).

Bảng 5. Phân cấp giá trị hệ số ổn định theo nguy cơ xảy ra sạt lở

STT	Hệ số ổn định	Điểm số	Mức độ nguy cơ
1	> 1,35	1	Rất thấp
2	1,25 - 1,35	3	Thấp
3	1,15 - 1,25	5	Trung bình
4	1,15 - 1,00	7	Cao
5	< 1,00	9	Rất cao

2.3.2. Thành lập bản đồ nguy cơ sạt lở

Các trọng số của các yếu tố tác động đến quá trình sạt lở được xác định bằng phương pháp AHP kế thừa từ kết quả khảo sát 44 chuyên gia thủy lợi

trong Phát và ctv. (2022), phương trình tổng quát về nguy cơ sạt lở đã được xây dựng. Phương trình này là cơ sở để tiến hành chồng lớp các bản đồ thành phần và xác định được điểm số khu vực có nguy cơ xảy ra sạt lở. Điểm số này thể hiện dưới phương trình sau:

$$H = \sum_{i=1}^n M_i \cdot w_i = M_1 \cdot w_1 + M_2 \cdot w_2 + \dots + M_i \cdot w_i \quad (1)$$

Trong đó: H là điểm số nguy cơ sạt lở, M_i là hệ số điểm phân cấp của từng yếu tố (được xác định sau khi khảo sát và phân tích thực địa) và w_i là trọng số tác động của từng yếu tố theo phương pháp AHP.

Để chồng lớp các bản đồ thành phần, công cụ Overlay/Weighted Overlay thuộc bộ công cụ Spatial Analyst Tools của phần mềm GIS đã được sử dụng. Trong đó, việc chọn các bộ dữ liệu của các bản đồ thành phần và nhập giá trị trọng số ảnh hưởng của từng yếu tố đã được tiến hành. Việc phân cấp nguy cơ theo thang 5 cấp độ cho các giá trị cũng đã được thực hiện, kết quả đầu ra giúp thu bản đồ nguy cơ sạt lở.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả xây dựng các bản đồ nguy cơ thành phần cho bốn yếu tố gồm địa chất, hình thái dòng chảy, vận tốc dòng chảy và tải trọng ven bờ cho thấy sự khác biệt rõ rệt về phân bố không gian nguy cơ sạt lở giữa sông Mái Dầm và rạch Xèo Chôi. Các bản đồ này phản ánh không chỉ vai trò riêng lẻ của từng yếu tố mà còn gợi ý về cơ chế tương tác dẫn đến mất ổn định mái bờ trong KVNC. Việc phân tích chi tiết từng yếu tố giúp làm rõ nguyên nhân hình thành các đoạn nguy cơ cao và tạo cơ sở để thảo luận bản đồ nguy cơ tổng hợp.

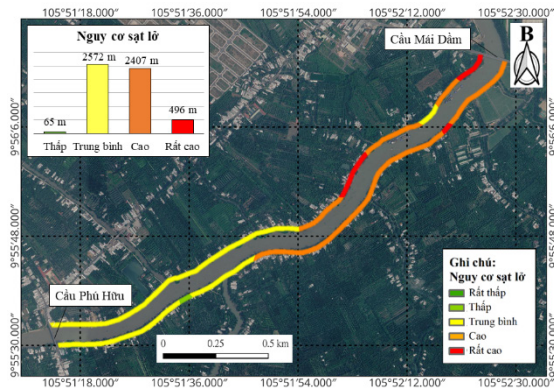
3.1. Bản đồ nguy cơ theo từng yếu tố

3.1.1. Bản đồ nguy cơ theo địa chất

a. Sông Mái Dầm

Kết quả phân cấp nguy cơ theo yếu tố địa chất cho thấy sông Mái Dầm có mức độ mất ổn định cao, với phần lớn chiều dài tập trung trong nhóm nguy cơ cao và rất cao (Hình 2). Việc phân bố này phản ánh đặc trưng nền đất yếu của khu vực, nơi lớp bùn sét bão hòa nước chiếm ưu thế và sức kháng cắt thấp làm giảm khả năng duy trì trạng thái cân bằng mái bờ. Đặc biệt, tại các đoạn từ cầu Mái Dầm đến giữa tuyến, độ dốc mái lớn kết hợp với địa chất yếu đã làm hệ số ổn định giảm xuống dưới ngưỡng an toàn ngay cả trong điều kiện không có tải trọng công trình. Điều này cho thấy yếu tố địa chất đóng vai trò nền tảng chi phối nguy cơ sạt lở, tạo điều kiện tiên

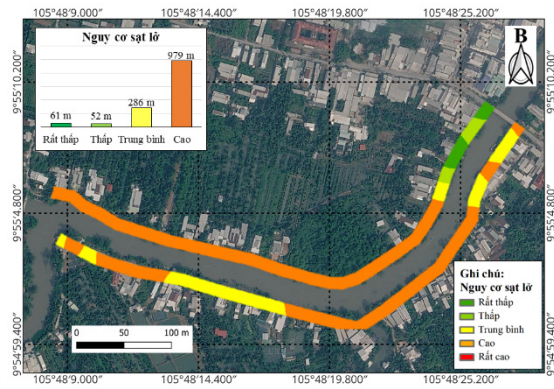
đề đề các yếu tố thủy lực và tải trọng nhân sinh thúc đẩy quá trình mất ổn định.



Hình 2. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố địa chất ở sông Mái Dầm

b. Rạch Xẻo Chòi

So với sông Mái Dầm, rạch Xẻo Chòi thể hiện mức độ nguy cơ thấp hơn, phản ánh sự khác biệt về điều kiện hình thái và địa chất (Hình 3). Lòng rạch hẹp và nông hơn, độ dốc mái nhỏ nên hệ số ổn định lớn hơn, dù vẫn xuất hiện các đoạn nguy cơ cao cục bộ. Điều này cho thấy địa chất tuy là yếu tố nền nhưng mức độ ảnh hưởng phụ thuộc đáng kể vào hình thái mái bờ. Sự khác biệt giữa hai tuyến kênh khẳng định rằng nguy cơ sạt lở không chỉ phụ thuộc vào đặc tính đất mà còn chịu chi phối bởi cấu trúc hình học mái bờ và điều kiện thủy động lực.

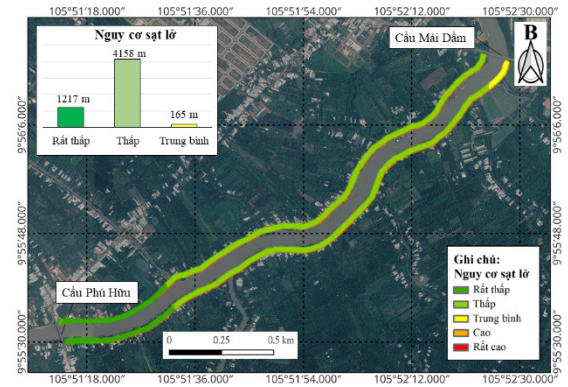


Hình 3. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố địa chất ở rạch Xẻo Chòi

3.1.2. Bản đồ nguy cơ theo hình thái dòng chảy
a. Sông Mái Dầm

Bản đồ nguy cơ theo hình thái dòng chảy cho thấy các đoạn cong của sông Mái Dầm có mức nguy cơ trung bình do sự dịch chuyển tâm dòng chảy về phía bờ ngoài, làm tăng cường xói chân bờ và giảm khối đất phân áp (Hình 4). Những đoạn cong liên

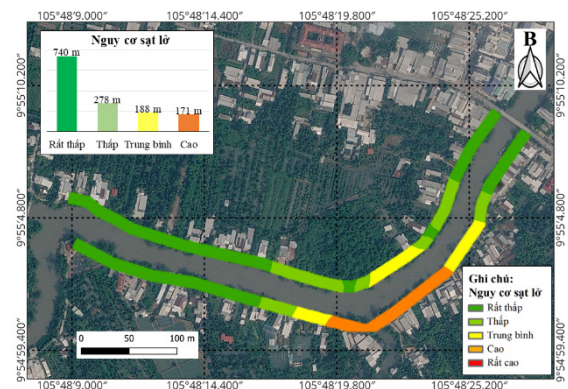
tiếp từ cầu Mái Dầm đến giữa tuyến hình thành các vùng tập trung nguy cơ, phù hợp với hiện trạng sạt lở quan sát ngoài thực địa. Điều này cho thấy hình thái cong uốn có ảnh hưởng đến phân bố không gian nguy cơ, đặc biệt đối với các tuyến kênh có quy mô tương đối lớn.



Hình 4. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố hình thái dòng chảy ở sông Mái Dầm

b. Rạch Xẻo Chòi

Tại rạch Xẻo Chòi, mặc dù chiều rộng nhỏ hơn (35 - 40 m so với 90 m của sông Mái Dầm) nhưng đặc điểm giao thoa dòng chảy tại khu vực chợ Ngã Sáu làm xuất hiện các vùng xoáy cục bộ và biến đổi hướng dòng chảy, tạo nên nguy cơ cao tại một số đoạn (Hình 5). Kết quả so sánh giữa hai tuyến cho thấy hình thái dòng chảy có xu hướng khuếch đại nguy cơ tại các đoạn đã có điều kiện địa chất bất lợi, qua đó đóng vai trò là yếu tố kích hoạt trong cơ chế sạt lở.

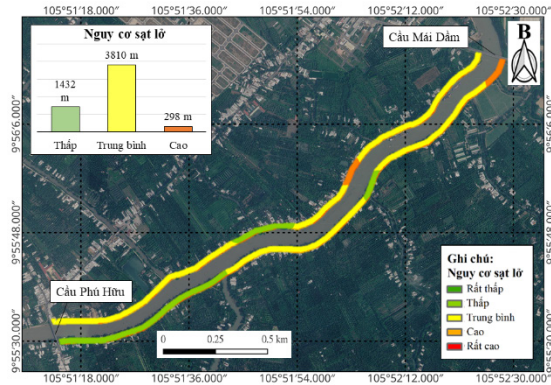


Hình 5. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố hình thái dòng chảy ở rạch Xẻo Chòi

3.1.3. Bản đồ nguy cơ theo vận tốc dòng chảy
a. Sông Mái Dầm

Kết quả phân cấp vận tốc cho thấy sông Mái Dầm xuất hiện vài đoạn đạt mức nguy cơ cao do vận

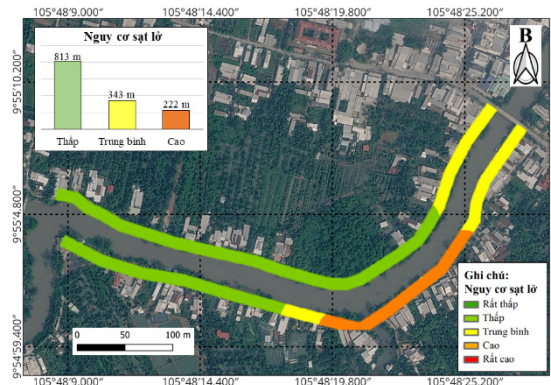
tốc gần bờ vượt ngưỡng khởi động bùn cát, dẫn đến xói chân bờ và suy giảm ổn định mái (Hình 6). Các đoạn cong thường ghi nhận vận tốc lớn hơn do hiệu ứng gia tốc dòng chảy, góp phần giải thích sự trùng khớp giữa bản đồ vận tốc và bản đồ hình thái. Điều này phản ánh mối liên hệ chặt chẽ giữa yếu tố thủy lực và hình thái trong cơ chế xói lở ven bờ.



Hình 6. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố vận tốc dòng chảy ở sông Mái Dầm

b. Rạch Xẻo Chòi

Đối với rạch Xẻo Chòi, vận tốc tăng nhanh tại vị trí uốn cong của dòng chảy làm gia tăng nguy cơ mất ổn định (Hình 7). Kết quả này cho thấy yếu tố vận tốc đóng vai trò động lực trực tiếp trong quá trình xói chân bờ, nhưng mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào quy mô dòng chảy và đặc điểm hình học tuyến kênh. Sự khác biệt giữa hai tuyến khẳng định rằng vận tốc là yếu tố điều tiết tốc độ diễn biến sạt lở hơn là yếu tố quyết định tiềm năng mất ổn định.



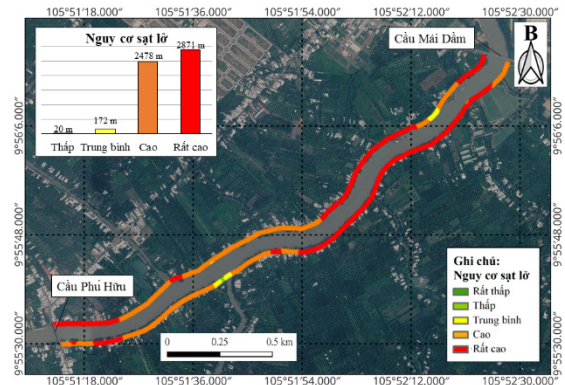
Hình 7. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố vận tốc dòng chảy ở rạch Xẻo Chòi

3.1.4. Bản đồ nguy cơ theo tải trọng ven bờ

a. Sông Mái Dầm

Bản đồ nguy cơ theo tải trọng ven bờ cho thấy sự gia tăng rõ rệt nguy cơ tại các đoạn dân cư tập

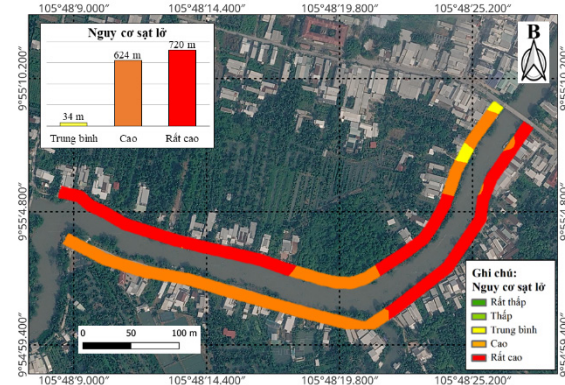
trung, đặc biệt dọc sông Mái Dầm nơi nhiều công trình nhà ở và hạ tầng được xây dựng sát mép bờ. Sự gia tăng của tải trọng làm tăng ứng suất trong khối đất và giảm hệ số ổn định mái, khiến các đoạn vốn đã có địa chất yếu trở nên nhạy cảm hơn với sạt lở. Điều này phù hợp với thực tế quan sát khi nhiều điểm sạt lở xảy ra tại khu vực dân cư đông đúc (Hình 8).



Hình 8. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố tải trọng ven bờ ở sông Mái Dầm

b. Rạch Xẻo Chòi

Tại rạch Xẻo Chòi, tải trọng ven bờ càng thể hiện sự gia tăng nguy cơ với mức độ cao hơn do quy mô công trình và mật độ dân cư tập trung tại khu vực đô thị. Tại khu vực chợ Ngã Sáu, sự kết hợp giữa tải trọng công trình và biến động thủy lực đã tạo nên các đoạn bờ sông có nguy cơ mất ổn định cao và rất cao (Hình 9). Kết quả tính toán hệ số ổn định mái bờ cho TH này rất thấp, có đến 624 m chiều dài rạch có nguy cơ sạt lở cao và 720 m có nguy cơ rất cao trên tổng số 1.377 m chiều dài 2 bờ rạch. Kết quả này cho thấy tải trọng ven bờ là yếu tố nhân sinh quan trọng, đóng vai trò khuếch đại nguy cơ tại các đoạn đã tồn tại điều kiện bất lợi về địa chất và thủy lực.



Hình 9. Phân cấp nguy cơ sạt lở theo yếu tố tải trọng ven bờ ở rạch Xẻo Chòi

3.2. Bản đồ nguy cơ sạt lở tổng hợp

Từ 4 bản đồ thành phần đã thành lập, 4 lớp bản đồ đã được chồng lại với nhau theo phương trình (1) đã lập. Trong đó, yếu tố địa chất chiếm 37,1% độ ảnh hưởng, hình thái dòng chảy: 27,1%, vận tốc dòng chảy: 18,7% và tải trọng ven bờ là 17,1%. Các trọng số trên là kết quả của quá trình khảo sát và tính toán theo phương pháp AHP. Sau khi việc chồng lớp các bản đồ và phân cấp lại theo 5 cấp nguy cơ sạt lở được thực hiện, bản đồ nguy cơ sạt lở của KVNC đã được xây dựng (Hình 10 và Hình 11).

3.2.1. Bản đồ nguy cơ sạt lở sông Mái Dầm

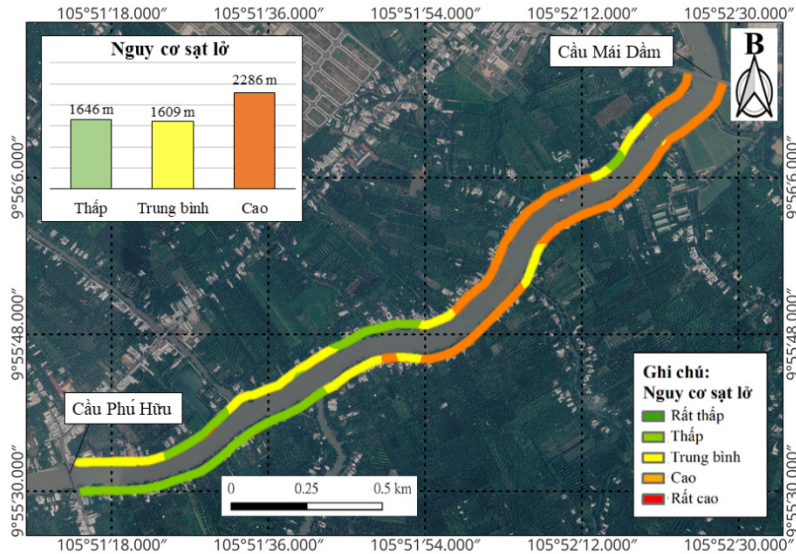
Sông Mái Dầm có nguy cơ sạt lở cao với 41,3% chiều dài sông có nguy cơ sạt lở cao, 29,0% chiều dài có nguy cơ sạt lở trung bình và 29,7% chiều dài có nguy cơ thấp (Bảng 6). Đoạn sông từ cầu Mái Dầm đến giữa chiều dài sông có nguy cơ sạt lở cao ở cả 2 bờ, đặc biệt là bờ trái. Các đoạn còn lại có

nguy cơ trung bình và thấp là chủ yếu (Hình 10). Sự phân bố này phản ánh sự cộng hưởng của các yếu tố địa chất yếu, hình thái cong uốn và tải trọng ven bờ, tạo nên điều kiện thuận lợi cho quá trình mất ổn định mái bờ. Sự trùng khớp giữa bản đồ tổng hợp và hiện trạng sạt lở quan sát thực địa cho thấy phương pháp đánh giá có độ tin cậy cao.

Bảng 6. Thống kê nguy cơ sạt lở bờ sông Mái Dầm

STT	Cấp nguy cơ	Chiều dài (m)	Tỷ lệ (%)
1	Nguy cơ cao	2.286	41,3
2	Nguy cơ trung bình	1.609	29,0
3	Nguy cơ thấp	1.646	29,7

Biểu đồ cột trên trên Hình 10 cho thấy khu vực sông Mái Dầm có nguy cơ sạt lở cao, cần có những giải pháp như xây dựng kè như đoạn đầu sông tiếp giáp với sông Hậu.



Hình 10. Bản đồ phân cấp nguy cơ sạt lở sông Mái Dầm

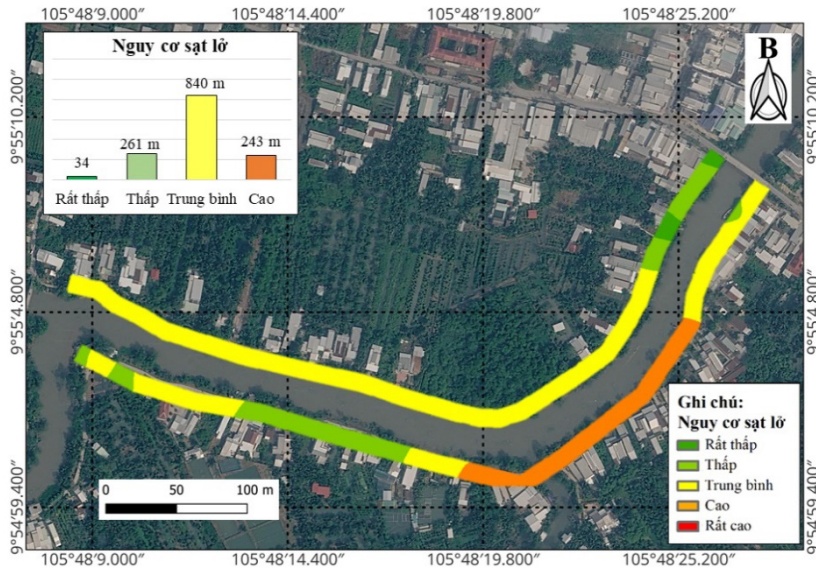
3.2.2. Bản đồ nguy cơ sạt lở rạch Xéo Chôi

Rạch Xéo Chôi tuy là con rạch nhỏ nhưng gần trung tâm xã Châu Thành nên có nhiều nhà cửa của cư dân. Đoạn rạch Xéo Chôi thuộc KVNC có nguy cơ sạt lở không cao như sông Mái Dầm (Hình 11). Có 17,6% chiều dài có nguy cơ cao, 61,0% chiều dài có nguy cơ trung bình, 21,4% có nguy cơ thấp và rất thấp (Bảng 7). Chiều dài gần 243 m rạch có nguy cơ sạt lở cao tập trung ở đoạn giữa bờ trái, nơi có độ dốc mái bờ tương đối lớn, độ cong và vận tốc dòng chảy cũng lớn kết hợp với tải trọng của nhiều nhà dân lấn chiếm xuống lòng rạch. Những đoạn rạch có nguy cơ sạt lở cao là những

nơi có nhiều nhà dân xây dựng trên hành lang bảo vệ rạch, cần có những giải pháp di dời và hạn chế xây dựng thêm công trình để giảm nguy cơ sạt lở. Các đoạn còn lại của rạch có nguy cơ trung bình chiếm đa số.

Bảng 7. Thống kê nguy cơ sạt lở bờ rạch Xéo Chôi

STT	Cấp nguy cơ	Chiều dài (m)	Tỷ lệ (%)
1	Nguy cơ cao	243	17,6
2	Nguy cơ trung bình	840	61,0
3	Nguy cơ thấp	261	18,9
4	Nguy cơ rất thấp	34	2,5



Hình 11. Bản đồ phân cấp nguy cơ sạt lở rạch Xẻo Chòi

3.3. Thảo luận

Về độ tin cậy của phương pháp: Kết quả bản đồ nguy cơ tổng hợp sông Mái Dầm (41,3% nguy cơ cao) nhất quán với các điểm sạt lở ghi nhận thực địa và phù hợp với xu hướng nghiên cứu trên sông nền đất yếu tại ĐBSCL (Bảng và ctv., 2021; Tỷ và ctv., 2022), khẳng định độ tin cậy của quy trình GIS–AHP đề xuất.

Về sự khác biệt giữa hai tuyến: Sông Mái Dầm có nguy cơ cao hơn do cộng hưởng ba yếu tố: (i) chiều rộng lớn, độ dốc mái cao làm giảm hệ số ổn định địa chất ($FS = 0,91 - 1,26$ ngay cả khi chưa có tải trọng) (Phát và ctv., 2022), (ii) các đoạn cong mạnh tạo vùng tập trung vận tốc và (iii) mật độ công trình ven bờ cao. Rạch Xẻo Chòi có nguy cơ cao cục bộ (17,6%) tại khu vực chợ Ngã Sáu, nơi giao thoa dòng chảy từ sáu tuyến kênh kết hợp mật độ công trình đô thị dày đặc.

Về hạn chế và hướng phát triển: Trọng số AHP kế thừa từ Phát và ctv. (2022) được xác định tại thời điểm khảo sát thực địa là tháng 4/2022, chưa phản ánh biến động theo mùa của vận tốc và mực nước. Nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng cho sông lớn hơn (sông Tiền, sông Hậu) với việc bổ sung thêm các yếu tố đặc thù: khai thác cát, vận hành thủy điện thượng nguồn, áp lực sóng từ tàu thuyền và cần kết hợp đánh giá tính dễ bị tổn thương để xây dựng bản đồ rủi ro sạt lở hoàn chỉnh.

4. KẾT LUẬN

Sông Mái Dầm có nguy cơ sạt lở cao khi có đến 2.286 m chiều dài sông được phân cấp là nguy cơ

cao chiếm 41,3% chiều dài đoạn sông, trải dài từ cầu Mái Dầm đến khoảng giữa chiều dài đoạn sông nghiên cứu. Rạch Xẻo Chòi có nguy cơ sạt lở thấp hơn sông Mái Dầm khi có 17,6% tương ứng 243 m chiều dài rạch có nguy cơ sạt lở cao, tuy nhiên có đến 61,0% chiều dài của rạch có nguy cơ sạt lở trung bình.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự cần thiết của việc ưu tiên gia cố bờ sông nên tập trung vào các đoạn nguy cơ cao trên sông Mái Dầm, đặc biệt tại các đoạn cong và khu vực dân cư tập trung. Đồng thời, việc kiểm soát tải trọng công trình ven bờ và duy trì hành lang bảo vệ cần được thực hiện nhằm giảm áp lực lên mái dốc. Đối với rạch Xẻo Chòi, các giải pháp quản lý khi được tiến hành nên hướng đến kiểm soát khai thác đất ven bờ và theo dõi biến động hình thái tại các đoạn giao thoa dòng chảy. Phương pháp bản đồ nguy cơ tổng hợp không chỉ giúp nhận diện khu vực nhạy cảm mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho quy hoạch không gian và giảm thiểu rủi ro sạt lở trong KVNC.

Việc xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở bằng quy trình GIS–AHP đề xuất có thể được áp dụng cho các con sông lớn như sông Tiền và sông Hậu ở ĐBSCL. Sự ảnh hưởng của các yếu tố có thể được xem xét như: khai thác cát, vận hành các công trình thủy điện ở thượng nguồn, áp lực sóng từ các tàu lớn, ... đến nguy cơ sạt lở ở các con sông này. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu thêm các giá trị về tính dễ bị tổn thương hay khả năng chịu đựng có thể được thực hiện để xây dựng bản đồ dự báo rủi ro về sạt lở bờ sông, bờ biển khu vực ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anthony, E. J., Brunier, G., Besset, M., Goichot, M., Dussouillez, P., & Nguyen, V. L. (2015). Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific reports*, 5(1), 14745. <https://doi.org/10.1038/srep14745>
- Bằng, L. H., Thịnh, L. V., Trí, L. H., Duy, Đ. V., & Tý, T. V. (2021). Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, thủy văn đến ổn định bờ sông Cái Vừng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 2021(731), 16–25. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021\(731\).16-25](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(731).16-25)
- Bishop, A. W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*, 5(1), 7-17. <https://doi.org/10.1680/geot.1955.5.1.7>
- Bộ Nông nghiệp và Môi trường. (2022). QCVN 04-05:2022 Quy chuẩn quốc gia: Công trình thủy lợi - các quy định chủ yếu về thiết kế.
- Duy, D. V., Ty, T. V., Phat, L. T., Minh, H. V. T., Thanh, N. T., & Downes, N. K. (2025). Assessing River Corridor Stability and Erosion Dynamics in the Mekong Delta: Implications for Sustainable Management. *Earth*, 6(2), 34. <https://doi.org/10.3390/earth6020034>
- Lan, P. T. H., Thạc, T. K., & Thành, V. X. (2020). Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định hành lang bảo vệ bờ sông phục vụ quy hoạch, quản lý, khai thác cảnh quan ven sông, áp dụng thí điểm khu vực bán đảo Thanh Đa, sông Sài Gòn. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 68, 28-34.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*, 20(7), 703-726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Minderhoud, P., Coumou, L., Erkens, G., Middelkoop, H., & Stouthamer, E. (2019). Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments. *Nature communications*, 10(1), 3847. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11602-1>
- Phát, L. T., Duy, Đ. V., Hiếu, C. T., An, N. T., Lavane, K., & Tý, T. V. (2022). Một số nhận định ban đầu về nguyên nhân gây mất ổn định bờ sông ở huyện Châu Thành tỉnh Hậu Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 740, 57-73. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2022\(740\).57-73](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2022(740).57-73)
- Rahman, M. R., Rahman, A., & Saha, S. (2025). GIScience and earth observation technology in hydro-geological hazard study: An overview. In *Advanced GIScience in Hydro-Geological Hazards: Applications, Modelling and Management* (pp. 3–38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-76189-8_1
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Thắng, C. N., Bình, N. T., & Tý, N. V. (2025). Phân tích nguyên nhân và giải pháp phòng chống sạt lở trên hệ thống kênh rạch nội đồng tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 61(5), 37-46. <https://doi.org/10.22144/ctujos.2025.137>
- Tý, T. V., Tiến, P. H., Thịnh, L. V., Hồng, H. T. C., Thắng, C. N., Duy, Đ. V., An, N. T., Anh, L. Q., & Liêm, N. T. (2022). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ sông: Trường hợp nghiên cứu tại đoạn sông Chà Và, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 58(5), 14-21. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.229>