TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nghiên cứu tính toán mức độ xói lở bờ sông bằng công thức kinh nghiệm: Thí điểm cho đoạn sông Tiền chảy qua huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang

Lưu Văn Ninh[1], Nguyễn Thanh Toàn[1], Ngô Chí Tuấn[2], Phan Thị Thùy Dương[3], Nguyễn Hữu Tuấn[3], Cấn Thu Văn[3]*

[1] Đài khí tượng thủy văn tỉnh An Giang; luuninhtv@gmail.com; ngthtoan8827@gmail.com
[2] Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; ngochituan@gmail.com
[3] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; pttduong@hcmunre.edu.vn; nhtuan@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ctvan@hcmunre.edu.vn; Tel: +84–983738347

Ban biên tập nhận bài: 28/10/2024; Ngày phản biện xong: 18/12/2024; Ngày đăng bài 25/5/2025

Tóm tắt: An Giang là tỉnh thuộc đầu nguồn sông Cửu Long, được đánh giá là một trong những tỉnh bị ảnh hưởng nghiêm trọng nhất do xói lở bờ sông. Theo thống kê năm 2023, toàn tỉnh An Giang đã xảy ra 129 điểm sạt lở bờ sông, kênh với tổng chiều dài khoảng 6,7km. Hiện nay, trước diễn biến ngày càng phức tạp của biến đổi khí hậu cùng với sự can thiệp quá mức của con người vào dòng chảy tự nhiên, xói lở bờ sông đã và đang trở thành mối đe dọa đến đời sống của người dân ở đây. Trong các nghiên cứu dự báo, tính toán mức độ xói, sạt lở bờ sông, có nhiều phương pháp được sử dụng như là: phương pháp phân tích tài liệu thực đo; mô hình vật lý; mô hình toán; công thức kinh nghiệm. Trong đó công thức kinh nghiệm được coi là phương pháp truyền thống và cũng đã được sử dụng từ lâu. Trong nghiên cứu này sử dụng số liệu thực đo mùa lũ (tháng 10/2024) và mùa kiệt (tháng 6/2024) và công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông chạy qua đoạn Chợ Mới tỉnh An Giang. Kết quả tính toán theo công thức cho thấy có sự phù hợp nhất định với kết quả thực đo, với hệ số tương quan là 0,87 và hệ số Nash là 0,86, sai số tương đối dưới 10% là 70% mặt cắt tính toán. Cho thấy khả năng có thể áp dụng công thức kinh nghiệm để thiết lập hệ số và tính toán cho các vùng khác thuộc bờ sông Tiền tỉnh An Giang nói riêng và cả vùng đồng bằng sông Cửu Long nói chung.

Từ khóa: An Giang; Công thức kinh nghiệm tính xói lở; Hệ số tương quan.

1. Mở đầu

Ở hầu hết tất cả các con sông trên lục địa, quá trình bồi lắng, xói lở xảy ra một cách tự nhiên và liên tục. Quá trình này đặc biệt là xói lở bờ sông, trở nên đáng quan tâm là khi nó gây ra thiệt hại về đất đai, tài nguyên, tài sản của con người. Thời gian qua đã có rất nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu về hiện tượng bồi lắng, xói lở của các dòng sông, đặc biệt là các con sông lớn với hai hướng nghiên cứu chính là địa mạo học dòng sông và sự hiểu biết các cơ chế: xói lở, vận chuyển và bồi lắng của bùn cát do dòng chảy trong sông [1–3]. Nghiên cứu [4] đã phát triển các mô hình thực nghiệm bao gồm các phân tích về xói mòn nền và vỡ bờ bằng cách sử dụng số liệu thực đo cũng như dữ liệu quá khứ. Nghiên cứu này bao gồm phân tích mở rộng giữa từng biến đo lường trong việc biểu thị các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ xói lở bờ sông, phát triển các mô hình dự đoán theo kinh nghiệm trong việc định lượng

tốc độ xói lở bờ sông bằng cách sử dụng phương pháp thống kê và cải thiện hiệu suất dự đoán. Nghiên cứu này kết luận rằng các phương trình thực nghiệm đã phát triển sử dụng phép biến đổi logarit là công cụ dự đoán tốt nhất. Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, các nhà khoa học trên thế giới vẫn tiếp tục nghiên cứu về động lực học dòng sông và chỉnh trị sông, đặc biệt là ảnh hưởng của các công trình trên sông đến vấn đề diễn biến, xói lở và bồi lắng lòng dẫn [5].

Ở nước ta, các nghiên cứu về hoạt động xói lở, bồi lấp lòng bờ sông, biển cũng như các giải pháp chỉnh trị sông, biển được bắt đầu vào cuối những năm 60 của thế kỷ trước. Ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đã có một số nghiên cứu về hiện tượng xói lở trong những năm gần đây. Nghiên cứu [6] trong nghiên cứu về xói cục bộ sông Tiền tại Tân Châu đã lý giải về cơ chế hình thành hố xói cục bộ trên lòng dẫn tự nhiên, là hiện tượng còn ít được nghiên cứu trên thế giới và trong nước. Dựa trên cơ sở lý thuyết của phép phân tích thứ nguyên, bằng định lý Releigh cũng như định lý Buckingham (định lý π) và phân tích tính toán áp suất thủy động của dòng chảy tác động vào bờ dốc xây dựng được công thức tổng quát xác định chiều sâu lớn nhất của hố xói cục bộ (H_{max}) tại các đoạn sông có dòng chủ lưu xô ngang vào bờ sông, theo các yếu tố cơ bản của dòng chảy và lòng dẫn. Các yếu tố đó bao gồm lưu lượng tạo lòng (Q), vận tốc tạo lòng (V), bán kính thủy lực (R) ứng với mực nước tạo lòng, tại đoạn sông trước hố xói, góc của hướng dòng chủ lưu và bờ sông (β), hệ số độ dốc của bờ sông i và đường kính hạt cát lòng dẫn trung bình (d) hoặc vận tốc cho phép không xói của lòng dẫn V_0. Công thức đã thiết lập phản ánh rõ ràng bản chất vật lý của hiện tượng, có tính tổng quát, có thể áp dụng cho các đoạn sông bất kỳ có dòng chủ lưu xô ngang bờ sông. Các nghiên cứu này đã chỉ ra một số nguyên nhân chính dẫn tới sự gia tăng xói lở tại một số điểm trong khu vực ĐBSCL, bao gồm: (i) sự mất cân bằng tải lượng bùn cát trong sông và thay đổi chế độ dòng chảy do hoạt động nhân sinh và ảnh hưởng của biến động môi trường; (ii) tác động của nước biển dâng và biến đổi khí hậu đến các yếu tố gây xói lở. Tuy nhiên, những nhận định trên vẫn chủ yếu mang tính chất định tính và vấn đề định lượng rõ vai trò của từng nguyên nhân và yếu tố ảnh hưởng tại các điểm xói lở trọng điểm và trên khu vực vẫn chưa được làm rõ. Điều này gây khó khăn trong công tác cảnh bảo, dự báo và phòng chống xói lở bờ sông trong vùng.

Trong bối cảnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa hiện nay, hệ thống máy tính tốc độ cao ngày càng phát triển cùng với rất nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới đã được giải quyết được các vấn đề liên quan đến sự vận động phức tạp của các con sông và trầm tích. Bên cạnh đó, các số liệu đo đạc ngoài hiện trường kết hợp với các nghiên cứu bằng mô hình cũng đã và đang được thu thập để nghiên cứu một số vấn đề chưa được làm sáng tỏ về mặt lý luận. Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, động lực học dòng sông và chỉnh trị sông vẫn đang được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm, đặc biệt là ảnh hưởng của các công trình trên sông đến vấn đề diễn biến, xói lở và bồi lắng lòng dẫn [7].

Vấn đề nghiên cứu diễn biến lòng sông có thể tiến hành theo 4 phương pháp sau: (1) Phương pháp phân tích các tài liệu thực đo: Sử dụng các tài liệu về địa hình, các tài liệu không ảnh, viễn thám, các số liệu có được trong nhiều năm tiến hành phân tích vị trí, quy mô, tốc độ xói, bồi trên mặt bằng, trên mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, tìm ra quy luật thống kê và xu thế phát triển của đoạn sông nghiên cứu [8]; (2) Phương pháp mô hình vật lý: Mô phỏng thu nhỏ đoạn sông nghiên cứu lại trong một khu vực có trang thiết bị thí nghiệm, tái diễn dòng chảy trong sông thiên nhiên theo các định luật tương tự để quan sát, đo đạc và từ các số liệu đo đạc tìm ra quy luật diễn biến của đoạn sông [9]; (3) Phương pháp mô hình toán: Dựa vào các hệ phương trình toán lý mô tả quy luật của dòng chảy và bùn cát tại đoạn sông nghiên cứu, xác định các điều kiện biên, điều kiện ban đầu hợp lý, tìm các lời giải tích, lời giải số trị cho các vấn đề nghiên cứu [10–16]; (4) Phương pháp công thức kinh nghiệm: Sử dụng các công thức kinh nghiệm để tính toán diễn biến lòng dẫn. Phương pháp này thường được áp

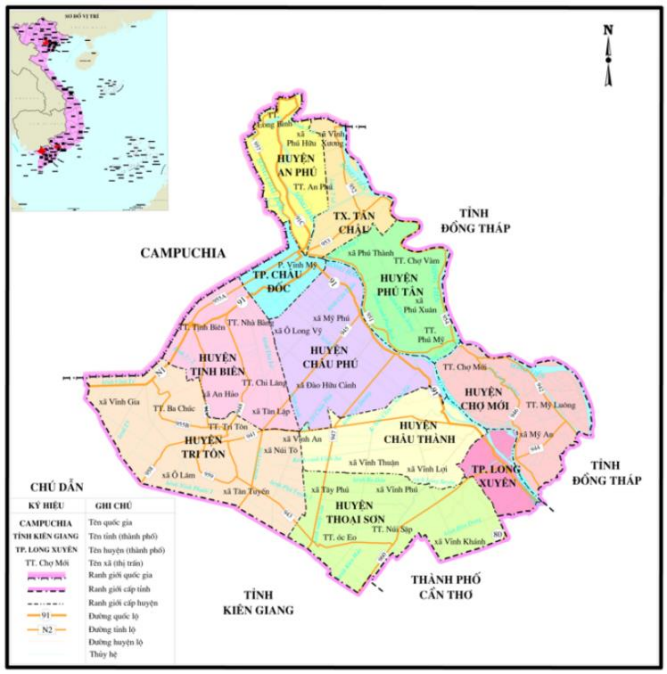
dụng trong các trường hợp tính toán đơn giản hoặc gặp khó khăn cho việc giải bằng phương pháp mô hình số trị do không đủ hoặc số liệu [10, 16–21].

Trong lĩnh vực nghiên cứu diễn biến lòng sông hiện nay vẫn còn tồn tại một số vấn đề mà cả mô hình toán và mô hình vật lý đều chưa giải quyết được, đó là việc nghiên cứu vẫn dựa trên cơ sở các công thức kinh nghiệm đã được xây dựng tại một số nước như công thức Kickin-Wason của Canada, Pôpôp, Tbadzade của Liên Xô… Điều đó chứng tỏ rằng việc nghiên cứu diễn biến, bồi lắng, xói lở lòng dẫn vẫn còn là một môn khoa học kỹ thuật mới, còn nhiều vấn đề cần nghiên cứu tiếp và vẫn cần tiếp tục nghiên cứu phát triển. Những nghiên cứu biến hình lòng dẫn bằng mô hình vật lý đã thực hiện được những tiêu chuẩn tương tự khó, trên cơ sở xây dựng mô hình lòng động với các chất liệu mô phỏng bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng đảm bảo độ chính xác cao [10]. Nghiên cứu này thực hiện việc áp dụng số liệu thực đo và công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở đoạn sông chảy qua huyện Chợ Mới tỉnh An Giang.

2. Dữ liệu và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

An Giang có hệ thống sông kênh rạch dày đặc, có những dòng thủy lưu chính và rất quan trọng. Các sông kênh chính này đang có những biến chuyển lòng sông gây ra hiện tượng xâm thực và xói lở đất bờ sông phức tạp, làm mất hàng chục ha đất mỗi năm, gây ra các hậu quả lớn về tính mạng và tài sản tại các khu vực kinh tế, dân cư ven sông. Trong những năm gần đây, dưới các tác động bất lợi ngày càng gia tăng của chế độ dòng chảy cũng như các hoạt động của con người, xói lở bờ sông ngày càng diễn biến phức tạp và tần suất xảy ra nhiều hơn và vấn đề này sẽ còn nghiêm trọng hơn trong tương lai do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và tác động từ phát triển thượng nguồn [5, 22].



Hình 1. Bản đồ tỉnh An Giang

Hiện nay, bờ sông tiếp tục diễn ra xâm thực khá mạnh và phức tạp. Mức độ mạnh dần từ thượng nguồn về hạ nguồn, nhất là từ đoạn giữa xã về phía hạ nguồn, đây là đoạn xói lở diễn biến nhanh và mạnh. Trong số 65 xã ven sông Tiền, sông Hậu thuộc tỉnh An Giang, hiện có 33 khu vực xói lở bờ sông (14 khu vực ven sông Tiền và 19 khu vực ven sông Hậu). Dọc theo các đoạn xói lở hiện có 31 khu dân cư, với 13.837 hộ dân, khoảng 60.752 người dân đang sinh sống [1, 2]. Huyện Chợ Mới có các khu vực chịu ảnh hưởng xói lở bờ sông lớn nhất là phần hướng sông Hậu và phần sông Vàm Nao (nối sông Tiền và sông Hậu) với khoảng 80 hộ dân thuộc khu vực Mỹ Hội Đông, Long Điền A. Vì vậy, nghiên cứu tính toán mức độ xói lở bờ sông nhằm hạn chế những tác động có hại đến đời sống của người dân là thực sự cần thiết.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

- Tài liệu địa hình lòng sông: Hệ thống địa hình mặt cắt ngang được khảo sát hai đợt vào mùa lũ (tháng 10/2024) và mùa kiệt (tháng 6/2024). Hai đợt đo được thực hiện tại cùng một vị trí và dùng để so sánh sự khác nhau giữa hai đợt đo.

- Tài liệu Thủy văn: vận tốc thực đo trên từng thủy trực mặt cắt ngang và vận tốc tại vị trí thủy trực sâu nhất trên mặt cắt ngang từ tháng 6/2024 đến tháng 10/2024.
- Tốc độ khởi động của hạt bùn cát ở An Giang được lấy theo [10].
- Tài liệu mực nước giờ và mực nước lớn nhất được sử dụng và thu thập từ trạm thủy văn Chợ Mới (đo mực nước giờ) gần đoạn sông nghiên cứu từ tháng 6/2024 đến tháng 10/2024.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Lòng dẫn và dòng nước chảy trên nó là hai yếu tố cơ bản cấu thành một dòng sông. Hai yếu tố này không ngừng tác động lẫn nhau, thông qua lực cơ học, lý học, hoá học và luôn thay đổi theo không gian lẫn thời gian. Dưới tác động của dòng nước lòng dẫn bị thay đổi về hình dạng kích thước, độ lớn, ngược lại sau khi lòng dẫn đã thay đổi lại có tác động trở lại dòng nước làm thay đổi trạng thái, kết cấu của dòng nước... Điều này chứng tỏ rằng hiện tượng xói bồi biến hình lòng dẫn sông là một hiện tượng tự nhiên mà nguyên nhân chính là do sự tác động qua lại không ngừng giữa dòng chảy và lòng dẫn. Xác định tốc độ xói lở bờ sông thực chất là xác định tốc độ biến hình ngang của lòng sông, dưới tác dụng chính của các lực thủy động lực học, kết quả là khối đất bờ sông mất ổn định, sụp đổ xuống sông. Các nhà khoa học trên thế giới đã chỉ ra rằng tốc độ xói lở bờ sông phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, nhưng ba yếu tố chính cần được quan tâm đặc biệt đó là: dòng chảy, hình dạng lòng dẫn và tính ổn định của lòng dẫn tại đó. Với tính phức tạp của dòng chảy, tính đa dạng của lòng dẫn, tính nhiều vẻ của đất bờ sông đã dẫn đến cách đánh giá, hình thức biểu thị rất khác nhau về các yếu tố này trong công thức kinh nghiệm của các tác giả. Theo các nghiên cứu [10, 17, 22], tốc độ xói lở ngang của đoạn sông cong phụ thuộc vào lưu lượng dòng chảy Q, bán kính cong R của đoạn sông đang xét, chiều rộng lòng sông B và hệ số ổn định của đất bờ γ.

$$B_{xi} = f\left(Q, \frac{R_i}{B_i}, \gamma\right) \quad (1)$$

Trong đó B_{xi} là tốc độ xói ngang của mặt cắt (mm/năm); Q là lưu lượng dòng chảy qua mặt cắt ngang (m^3/s); R là bán kính cong của đoạn sông đang xét (m); B là độ rộng mặt cắt (m); γ là hệ số ổn định của bờ sông.

Trong các nghiên cứu của Pôpôp, nghiên cứu [22, 23] cũng đề cập tới ba yếu tố chính nêu trên trong công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ sông của mình. Công thức đều có dạng chung:

$$B_{xi} = \frac{\alpha \times F}{L \times T}\left[\frac{H_{maxi} - H}{H_{max}}\right]^{\beta} \quad (2)$$

Trong đó B_{xi} là tốc độ xói lở ngang (m/năm) tại mặt cắt i; F là diện tích khối đất bờ xói lở trong khoảng thời gian T năm (m^2); L là chiều dài đường bờ sạt lở của từng giai đoạn (m); T là thời gian xói lở (năm); H_{maxi} là độ sâu lớn nhất tại mặt cắt tính toán thứ i (m); H_{max} là độ sâu lớn nhất của đoạn xói lở nghiên cứu (m); H là độ sâu ổn định (tại mặt cắt quá độ) (m); α, β là các hệ số thực nghiệm.

Nhìn chung các công thức kinh nghiệm của các tác giả nêu trên đều có khả năng áp dụng tính tốc độ xói lở bờ sông Cửu Long nói chung và tỉnh An Giang nói riêng, khi xác định được các hệ số thực nghiệm từ tài liệu thực đo tại vị trí xem xét. Tuy vậy, khi áp dụng những công thức này vào các vị trí cụ thể sẽ có sai số cao và các công thức chưa đề cập tới khả năng và thời gian duy trì khả năng của dòng chảy gây ra xói lở bờ sông.

Khảo sát thực tế cho thấy đại lượng $\frac{F}{L \times T}$ trong công thức PôPốp quan hệ khá chặt chẽ với tích số giữa khả năng và thời gian duy trì khả năng của dòng chảy gây xói lở. Bởi vậy, trong nghiên cứu này đã thay đại lượng $\frac{F}{L \times T}$ trong (2) bằng đại lượng ΔV_i, ΔT_i [10].

Như vậy công thức kinh nghiệm được đề xuất có dạng:

$$B_{xi} = \beta \times \left(\Delta V_i \times \Delta T_i\right)^{\gamma} \times \left[\frac{H_{maxi} - H}{H_{max} - H}\right]^{\beta} \quad (3)$$

Trong đó $\Delta V_i = V_i - [V]_{kd}$; ΔV_i là số gia vận tốc, biểu thị khả năng dòng chảy gây xói lòng dẫn tại mặt cắt thứ i; V_i là vận tốc trung bình tại mặt cắt thứ i (m/s); $[V]_{kd}$ là vận tốc khởi động của vật liệu cấu tạo lòng dẫn; ΔT_i là thời gian duy trì vận tốc dòng chảy có vận tốc lớn hơn vận tốc khởi động của vật liệu cấu tạo lòng dẫn tại mặt cắt thứ i; α, γ, β là các hệ số thực nghiệm, được xác định trên cơ sở tài liệu thực đo nhiều năm.

Công thức (3), bao hàm 3 hệ số thực nghiệm cần xác định α, γ, β, với cách tính thông thường khó khăn để tính toán, vì thế công thức sẽ được viết dưới một dạng khác:

$$B_{xi} = \alpha \times \left\{\left(\Delta V_i \times \Delta T_i\right)^{n} \times \left[\frac{H_{maxi} - H}{H_{max} - H}\right]\right\}^{\beta} \quad (4)$$

Trong đó $n = \frac{\gamma}{\beta}$. Với cách viết biểu thức dưới dạng (4), hai hệ số thực nghiệm α, β sẽ được xác định theo phương pháp sai số bình phương trung bình nhỏ nhất khi n cho trước.

Ứng với mỗi trị số n cho trước sẽ xác định được hệ số tương quan giữa chiều rộng xói ngang B_{xi} tính toán trong các giai đoạn tính.

$$X_i = \left(\Delta V_i \times \Delta T_i\right)^{n} \times \left[\frac{H_{maxi} - H}{H_{max} - H}\right] \quad (5)$$

Hai hệ số thực nghiệm cần xác định là hai hệ số tương ứng với trường hợp hệ số tương quan lớn nhất. Thiết lập công thức tính xói lở cho khu vực ở Chợ Mới, An Giang như sau:

$$\Delta H = \frac{H_{maxi} - H}{H_{max} - H} \quad (6)$$

Công thức (5) trở thành:

$$X_i = \left(\Delta V_i \times \Delta T_i\right)^{n} \times \Delta H \quad (7)$$

Công thức (3) trở thành:

$$B_{xi} = \alpha \times X_i^{\beta} \quad (8)$$

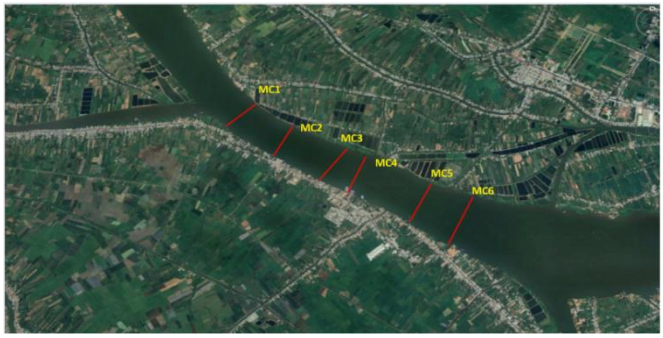
Dựa vào kết quả thử dần giá trị X_i so sánh với B_{xi} thực đo để xây dựng bộ giá trị đối với α và β cho từng mặt cắt và từng thời đoạn khác nhau của đoạn sông tính toán. Giá trị $[V]_{kd}$ được lấy đồng nhất cho mọi mặt cắt và bằng 0,41 m/s [10].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

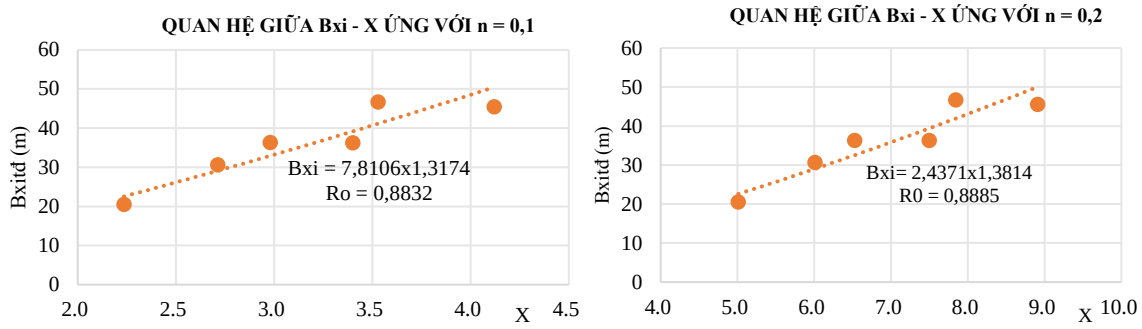
Với nguồn tài liệu thực đo trên 6 mặt cắt tại khu vực xói lở bờ sông đoạn Chợ Mới như Bảng 1. Cho trước một trị số n, khi đó ta sẽ chấm được các điểm thực nghiệm thể hiện quan hệ giữa chiều rộng xói ngang B_{xi} thực đo với đại lượng X, từ đó xác định được cặp hệ số thực nghiệm α, β và hệ số tương quan tương ứng theo phương pháp sai số bình phương trung bình nhỏ nhất (Hình 3–5).

Bảng 1. Số liệu thực đo trên từng mặt cắt

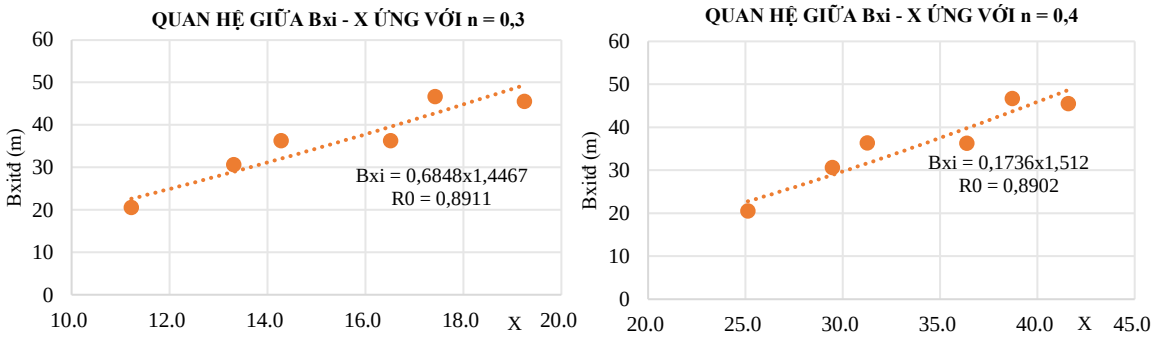
MC tính (2)	B_{td} (3)	$\Delta V.\Delta T$ (4)	ΔH (5)
1	46,67	2.930,4	1,59
2	20,52	3.182,4	1,00
3	30,62	2.838,6	1,23
4	36,29	2.698,2	1,54
5	36,31	2.525,4	1,36
6	45,51	2.221,2	1,91



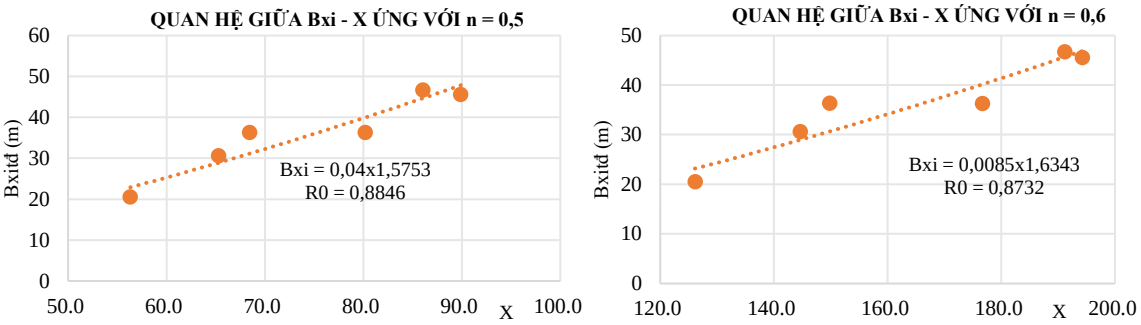
Hình 2. Vị trí các mặt cắt trong khu vực tính toán.



Hình 3. Quan hệ B_{xi} và X ứng với n = 0,1 và n = 0,2.



Hình 4. Quan hệ B_{xi} và X ứng với n = 0,3 và n = 0,4.

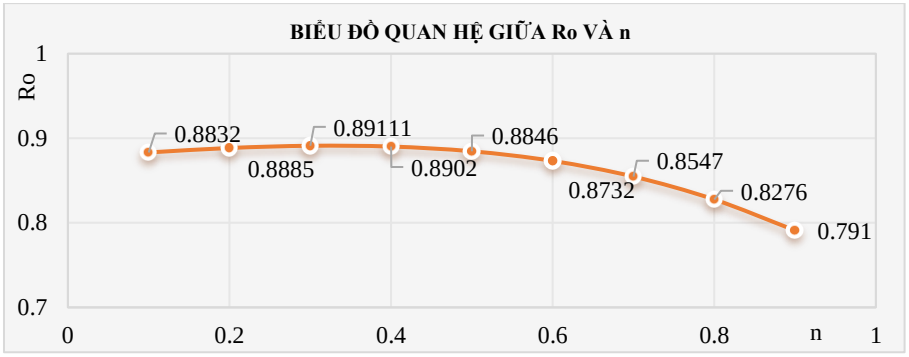


Hình 5. Quan hệ B_{xi} và X ứng với n = 0,5 và n = 0,6.

Tương tự như vậy, nghiên cứu tính toán cho các giá trị n = 0,1 đến n = 0,9 và có được kết quả hệ số tương quan lớn nhất R_o được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các hệ số thực nghiệm ứng với các giá trị n.

n	α	β	R_o	Ghi chú
0,1	7,8106	1,3174	0,8832	
0,2	2,4371	1,3814	0,8885	
0,3	**0,6848**	**1,4467**	**0,89111**	**Tương quan lớn nhất**
0,4	0,1736	1,512	0,8902	
0,5	0,04	1,5753	0,8846	
0,6	0,0085	1,6343	0,8732	
0,7	0,0017	1,6854	0,8547	
0,8	0,0004	1,7246	0,8276	
0,9	0,00008	1,7473	0,791	



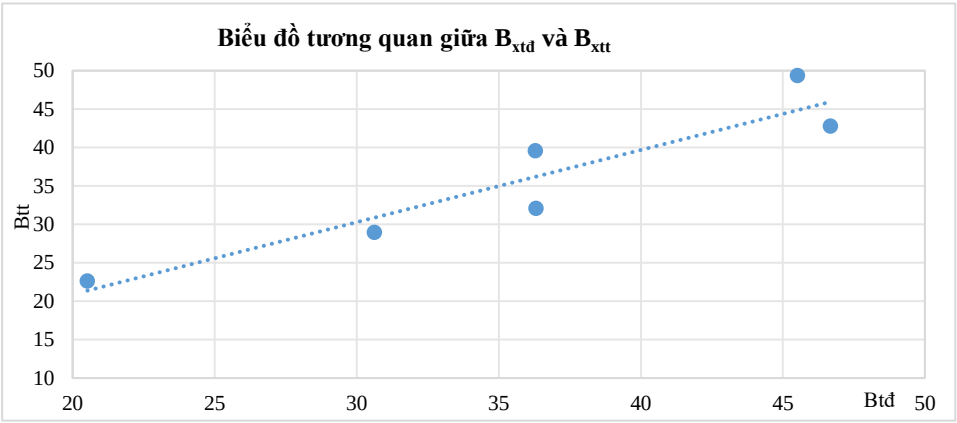
Hình 6. Quan hệ giữa R_o và n.

Qua biểu đồ vẽ được ta có n = 0,3 đạt hệ số tương quan giữa hai đại lượng xem xét là lớn nhất. Như vậy công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ tối ưu nhất cho khu vực đoạn Chợ Mới có dạng:

$$B_{xi} = 0,6868\left\{(\Delta V \times \Delta T)^{0,3}\left[\frac{H_{maxi} - H}{H_{max} - H}\right]\right\}^{1,4467} \quad (10)$$

Viết lại công thức với n = 0,3:

$$B_{xi} = 0,6868 \times (\Delta V \times \Delta T)^{0,43401} \times \Delta H^{1,4467} \quad (11)$$



Hình 7. Tương quan giữa tốc độ xói lở bờ thực đo và tính toán giữa hai đợt khảo sát năm 2024.

Nghiệm chứng lại kết quả tính toán cho thấy hệ số tương quan khá cao $R^2 = 0,87$ và hệ số Nash đạt 0,86. Sai số giữa chiều rộng xói lở tính toán và thực đo nhỏ hơn 10%. Kết quả này cho thấy có thể áp dụng công thức kinh nghiệm (11) để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở các đoạn sông Tiền thuộc tỉnh An Giang.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định được công thức kinh nghiệm và tính toán tốc độ xói lở bờ đoạn sông Tiền chạy qua Chợ Mới tỉnh An Giang, kết quả bước đầu là khá tốt, với sai số nhỏ hơn 10%. Điều này phần nào cho thấy có thể áp dụng công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở các khu vực khác thuộc đoạn sông Tiền tỉnh An Giang. Công thức đã xét đến các yếu tố chủ yếu gây ra xói lở bờ sông, đó là vận tốc dòng chảy, thời gian duy trì khả năng gây xói lở bờ, mặc dù vậy do nguồn tài liệu không dài, chưa chi tiết và thiếu sự đồng bộ do đó công thức vẫn chưa xét đến một yếu tố có ảnh hưởng lớn tới tốc độ xói lở bờ đó là hướng dòng chảy tác dụng vào bờ. Lưu ý, khi sử dụng công thức để dự báo xói lở bờ trong tương lai cần phải có tài liệu dự báo mực nước dài hạn ở các trạm thượng lưu và trạm lân cận khu vực nghiên cứu. Hơn nữa, cần phải có số liệu khảo sát ở nhiều năm, tương ứng với những năm nước lớn/nhỏ khác nhau để làm sáng tỏ hơn việc áp dụng công thức. Trong khi đó, trong

khuôn khổ của nghiên cứu này, cũng như giới hạn kinh phí khảo sát nên kết quả này cũng dừng lại ở mức tham khảo và cần nghiên cứu tính toán với các chuỗi dữ liệu dài hơn. Những hạn chế này sẽ được cải tiến trong các nghiên cứu sau. Hơn nữa, công thức cần được chứng minh ở những đoạn sông khác, có tính chất dòng chảy khác nhau để làm minh chứng cho độ tin cậy của phương pháp này.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng nghiên cứu ý tưởng: C.T.V., P.T.T.D.; phương pháp nghiên cứu: C.T.V.; P.T.T.D., L.V.N.; Xử lý số liệu: N.H.T., N.C.T., N.T.T., L.V.N., P.T.T.D.; Viết bản thảo: P.T.T.D.; Chỉnh sửa báo cáo: C.T.V.

Lời cảm ơn: Kết quả nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh An Giang 2024 "Nghiên cứu xây dựng thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm nguy cơ sạt lở do hiện tượng thời tiết cực đoan trên nền tảng trí tuệ nhân tạo".

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Ninh, L.V. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu khí tượng thủy văn tỉnh An Giang trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng hợp đề tài KHCN cấp tỉnh, 2018.
2. Ninh, L.V.; Giám, N.M. Đặc điểm khí hậu An Gang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, *648*, 18–26.
3. Bravard, J.P.; Petit, F. Geomorphology of streams and rivers. *Encycl. Inland Waters* **2009**, 387–395. https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00043-0.
4. Saadona, A.; Abdullahb, J.; Muhammadc, N.S.; Ariffinb, J.; Juliend, P.Y. Predictive models for the estimation of riverbank erosion rates. *CATENA* **2021**, *196*, 104917. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104917.
5. Van, C.T.; Duong, P.T.T.; Nga, Đ.T.; Ninh, L.V. Study on assessing the impact of climate change (temperature and rainfall) on rice yield in the Long Xuyen Quadrangle region (LXQR) – Vietnam. *VN J. Hydrometeorol*. **2021**, *7*, 20–31. https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(7).20-31.
6. Sản, Đ.C. Một số vấn đề về động lực học dòng chảy và quan hệ hình thái sông Cửu Long. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2007.
7. Reid, I.; Bathurst, J.C.; Carling, P.; Walling, D.E. (Eds) Applied fluvial geomorphology for river engineering and management, Chapter Sediment erosion, transport, and deposition. *John Wiley and Sons* **1997**, 95–135.
8. Winterbottom, S.J.; Gilvear, D.J. A GIS–based approach to mapping probabilities of river bank erosion: regulated river Tummel, Scotland. *Regul. Rivers: Res. Manage*. **2000**, *16*, 127–140.
9. Blazejewski, R.; Pilarczyk, K.W.; Przedwojski, B. River training techniques: Fundamentals, Design and Applications, Rotterdam, 1995.
10. Hùng, L.M. Nghiên cứu dự báo xói lở, bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo tổng hợp đề tài KC08–15/01–05, 2004.
11. Stephen, H.S.; Jia, Y. Simulation of sediment transport and channel morphology change in large river systems US–China workshop on advanced computational modelling in hydroscience & engineering, September 19–21, Oxford, Mississippi, USA, 2002.
12. Wu, W.M. CCHE2D sediment transport model. Technical Report No. NCCHE–TR 2001–3, National Center for Computational Hydroscience and Engineering, The University of Mississippi, 2001.
13. Springer, G.S.; Rowe, H.D.; Hardt, B.; Cociana, F.G.; Edwards, R.L.; Cheng, H. Climate driven changes in river channel morphology and base level during the

holocene and late pleistocene of Southeastern West Virginia. *J. Cave Karst Stud*. **2009**, *71(2)*, 121–129.
14. Rosgen, D.L. A practical method of computing streambank erosion rate. Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, 2001, 2, pp. 9–15.
15. Nga, T.N.Q.; Thuận, L.T.; Hoài, H.C.; Bảy, N.T. Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán và công thức kinh nghiệm đánh giá sự phát triển của hố xói sâu hạ lưu sông Hậu và sông Vàm Nao. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *713*, 1–10.
16. Hùng, L.M.; Hoằng, T.B.; Khang, N.D.; Anh, T.T. Kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói lở bề mặt lưu vực hạ lưu sông Mekong. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2012**, *12*, 25–32.
17. Hùng, L.M.; Ngọc, Đ.T.B. Công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ đoạn sông Tiền khu vực Thường Phước, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* **2004**, *6*, 787–796.
18. Giáp, N.Đ.; Hậu, L.P. Xây dựng công thức kinh nghiệm tính toán hiệu quả bồi lắng của hệ thống đảo chiều hoàn lưu trên sông Dinh tại Phan Rang. Trực tuyến: http://www.vawr.org.vn.
19. Hải, H.Q.; Trinh, V.T.M. Tương quan xói lở – Bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiền, sông Hậu. *Tạp chí các khoa học về Trái đất* **2011**, *33(1)*, 37–44.
20. San, D.C. Research on river bed erosion and sedimentation prediction by MIKE21C model at Tan Chau–Hong Ngu area, in the Mekong River. Proc. Int. Symp. on Sustainable Dev. Mekong River basin, 2005, pp. 188–195.
21. Hoàng, T.P.; Hùng, P.T. Mối quan hệ giữa khai thác cát với biến động bờ sông Tiền tại tỉnh Đồng Tháp. *J. Sci. Part D: Nat. Sci. Technol. Environ.* **2016**, *12(4)*, 92–103.
22. Van, C.T.; Son, N.T.; Tuan, N.C.; Ninh, L.V.; Viet, C.T.; Tuan, L.A; Nghiên cứu khả năng áp dụng công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long – Thí điểm tại đoạn xói lở bờ sông Hậu ở Long Xuyên, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *728*, 31–39. https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(728).31-39.
23. Ibad-Zade Iu, A.; Kiacbeili, T.H. Biến hình lòng sông, Baku, 1966.
24. Hùng, L.M.; Sản, Đ.C. Xói lở bờ sông Cửu Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2002.

Researching the level of riverbank erosion using an empirical formula: A case study at Tien river section in Cho Moi, An Giang province

Luu Van Ninh[1], Nguyen Thanh Toan[1], Ngo Chi Tuan[2], Phan Thi Thuy Duong[3], Nguyen Huu Tuan[3], Can Thu Van[3]*

[1] Hydro-Meteorology Center An Giang province; luuninhtv@gmail.com; ngthtoan8827@gmail.com
[2] Ha Noi University of Science, VNU; ngochituan@gmail.com
[3] Ho Chi Minh city University of Natural Resources and Environment; pttduong@hcmunre.edu.vn; nhtuan@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

Abstract: An Giang is a province at the headwaters of the Mekong River, is considered one of the localities most seriously affected by riverbank erosion. In 2023, the entire An Giang province had 129 landslides, subsidence, and land cracks on river banks, canals, and creeks, with a total length of 6,764 m. Currently, climate change is increasingly complicated, along with excessive human intervention in nature, which are the causes of riverbank erosion and have been and are a threat to the lives of people here. In studies predicting river bank erosion, there are many methods used such as: analysis of measured data; physical model;

mathematical model; experience formula. This study uses field-measured data in the flood season (October 2024) and dry season (June 2024) and empirical formulas to estimate the riverbank erosion rate along the section passing through Cho Moi District, An Giang Province. The calculation results according to the formula and the actual measurements show that there is a certain agreement with the correlation coefficient of 0.86 and the Nash coefficient of 0.86, relative error less than 10% is 70% of calculated cross-section. Shows the ability to apply empirical formulas to establish coefficients and calculations for other regions on the banks of the Tien River, An Giang province in particular and the Mekong Delta in general.

Keywords: An Giang; Empirical formulas to estimate the riverbank erosion; Correlation coefficient.