

# Phân tích diễn biến hình thái cửa sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi

Trần Thanh Tùng<sup>1</sup>,

**Tóm tắt:** Các cửa sông, lạch triều (gọi tắt là các cửa biển) trong điều kiện tự nhiên luôn có xu thế phát triển theo hướng đạt tới trạng thái "cân bằng" về mặt động lực hoặc đạt tới trạng thái "ổn định" về mặt hình dạng. Hay nói cách khác, một cửa biển có khả năng tự duy trì trạng thái "cân bằng" tương ứng với lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ và lượng nước trao đổi qua cửa. Khi xây dựng công trình nhằm ổn định cửa hay nạo vét lòng dẫn qua cửa, thì trạng thái "cân bằng" tự nhiên sẽ không còn nữa. Lúc này cửa và đoạn bờ lân cận sẽ có sự "điều chỉnh" để thích ứng với trạng thái cân bằng mới. Do vậy, cần hiểu rõ cơ chế chi phối sự ổn định và các đặc trưng hình thái động lực của cửa trước khi tiến hành xác định các giải pháp kỹ thuật nhằm ổn định cửa. Bài báo sẽ trình bày các phân tích về đặc trưng hình thái cửa sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi và xác định rõ các yếu tố chi phối sự ổn định cửa.

## I. MỞ ĐẦU

Hệ thống cửa sông, lạch triều (gọi tắt là cửa biển) là loại hình thái thường xuất hiện ở dải ven bờ, chúng chiếm khoảng 12% tổng chiều dài bờ biển trên toàn cầu (Glaeser, 1978). Hệ thống cửa biển đóng một vai trò hết sức quan trọng ở dải ven bờ vì chúng có ảnh hưởng lớn tới cân cân bùn cát ở dọc bờ biển. Do vậy, chúng sẽ chi phối và ảnh hưởng sâu sắc tới sự "ổn định" của các bãi biển ở lân cận cửa, và bản thân cửa.

Nghiên cứu về cửa sông và lạch triều có lịch sử phát triển từ đầu thế kỷ 20, khi dải ven bờ bắt đầu được khai thác mạnh mẽ phục vụ cho các hoạt động kinh tế - xã hội. Các nghiên cứu này được quan tâm tới nhiều ở các nước phát triển như Mỹ, Nhật, Đức, Hà Lan..., nơi có hệ thống cửa sông và lạch triều phức tạp, phong phú về hình thái và các hoạt động khai thác các cửa biển diễn ra vô cùng sôi động.

Đặc trưng hình thái của một cửa biển được xem là hàm của các yếu tố tác động bao gồm chế độ thủy động lực học ở vùng ven bờ, và chế độ dòng chảy ở khu vực cửa. Chúng được đặc trưng bởi: biên độ và chu kỳ triều, thể tích lắng trụ triều, năng lượng sóng và chế độ dòng chảy từ sông ra biển qua cửa.

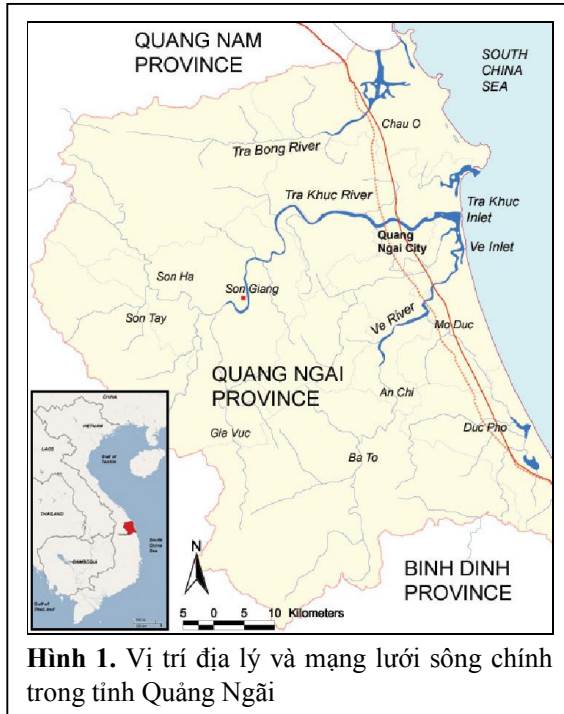
Bài báo sẽ mô tả các đặc trưng hình thái tại cửa Trà Khúc và phân tích sự biến đổi của các đặc trưng hình thái này theo thời gian và không gian. Các phân tích được thực hiện dựa trên các số liệu về dòng chảy, sóng, gió và thông qua các tư liệu ảnh máy bay, ảnh viễn thám và kết quả khảo sát địa hình tại khu vực cửa tháng 9/2005.

## II. KHÁI QUÁT VỀ VỊ TRÍ NGHIÊN CỨU

Tỉnh Quảng Ngãi nằm ở dải đồng bằng ven biển nam Trung bộ, Việt Nam, trải dài hơn 80km từ tây sang đông và hơn 100km từ bắc xuống nam, với diện tích tự nhiên 5.135 km<sup>2</sup> và dân số 1,25 triệu người. Dải đồng bằng ven biển nằm xen kẽ giữa các dãy núi cao phía tây và bờ biển ở phía đông. Diện tích đồng bằng ven biển chiếm khoảng 1/3 diện tích tự nhiên toàn tỉnh, nhưng có đến 84% dân số của tỉnh sinh sống trên dải đồng bằng ven biển này. Đồng bằng ven biển là nơi giao nhau của 3 sông chính: sông Trà Khúc, sông Vệ và sông Trà Bồng.

Nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, nhưng vị trí địa lý và điều kiện địa hình đã tạo cho Quảng Ngãi có những đặc điểm khí hậu riêng và được xếp vào miền khí hậu đông Trường Sơn [6]. Lượng mưa trung bình nhiều năm tại Quảng Ngãi, trên lưu vực sông Trà Khúc là 2.295 mm, chủ yếu tập trung vào 4 tháng mùa mưa (từ tháng 9 đến tháng 12). Mưa lớn nhất thường xảy ra trong tháng 10 (lớn nhất vào tháng 10/1985, với lượng mưa 2.192mm). Các hình thể thời tiết gây mưa lớn trong khu vực thường là do bão, áp thấp nhiệt đới, không khí lạnh, dải hội tụ nhiệt đới... Các loại hình thể thời tiết này có thể xuất hiện đơn lẻ hay phối hợp với nhau cùng tác động gây ra mưa lũ lớn.

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội. Email: T.T.Tung@wru.edu.vn



**Hình 1.** Vị trí địa lý và mạng lưới sông chính trong tỉnh Quảng Ngãi

Sông Trà Khúc là con sông lớn nhất của tỉnh Quảng Ngãi. Bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc dãy Trường Sơn Nam ở tỉnh Kon Tum, sông chảy theo hướng TN-ĐB, đến Tịnh Giang thì chuyển hướng TB-ĐN, chảy qua thị xã Quảng Ngãi rồi đổ ra biển tại cửa Đại (Hình 1). Sông Trà Khúc dài 135 km, diện tích lưu vực 3240 km<sup>2</sup>, trong đó có 40km chảy qua vùng đồng bằng thấp ven biển.

Đặc điểm tự nhiên của sông Trà Khúc chịu sự chi phối của điều kiện địa hình trên lưu vực sông. Phần thượng lưu là các dãy núi có địa hình dốc nên sông ở đoạn này có hệ số dòng chảy lớn, thời gian tập trung nước nhanh, lũ trên sông Trà Khúc thường xảy ra rất nhanh, biên độ từ 3-5 m; lũ thường lên trong một ngày, ngắn nhất là 12 giờ, dài nhất là 71 giờ; cường suất nước lên thường là 30 - 40 cm/giờ, cao nhất là 78 cm/giờ. Vào mùa khô (từ tháng 1 đến tháng 8), lưu lượng trung bình chỉ còn nhỏ hơn 100 m<sup>3</sup>/s [4]. Mực nước thấp và bùn

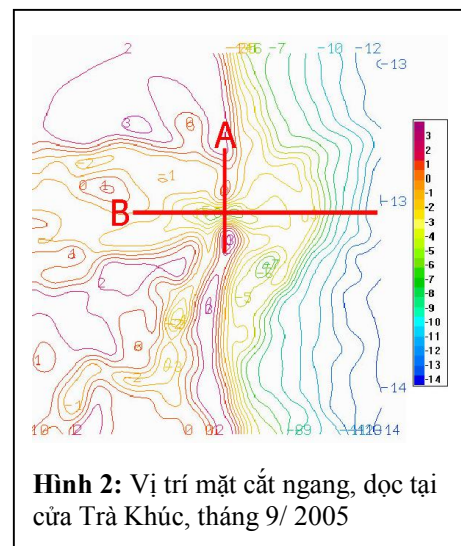
cát bồi lắng trong sông và tại cửa gây khó khăn cho các tàu thuyền của ngư dân qua lại cửa.

Chế độ triều tại cửa sông Trà Khúc là bán nhật triều không đều, có biên độ triều trung bình khoảng 1,3 m, lớn nhất là 2 m. Bờ biển Quảng Ngãi là bờ biển hở, không có đảo hay vịnh che chắn bên ngoài, chịu ảnh hưởng trực tiếp của Biển Đông. Đặc điểm của sóng trong khu vực chịu sự chi phối mạnh mẽ của chế độ gió mùa, về mùa hè các sóng tây nam chiếm vai trò chủ đạo, còn về mùa đông là các sóng đông bắc. Chiều cao sóng trung bình là 1,5 m, chiều cao sóng có nghĩa (H<sub>s</sub>) lớn nhất quan trắc được trong bão tại Kỳ Hà, phía bắc của cửa sông Trà Khúc là 5.7 m (ngày 25/09/1997) [1].

### III. PHÂN TÍCH ĐẶC TRƯNG HÌNH THÁI THỜI ĐOẠN NGẮN

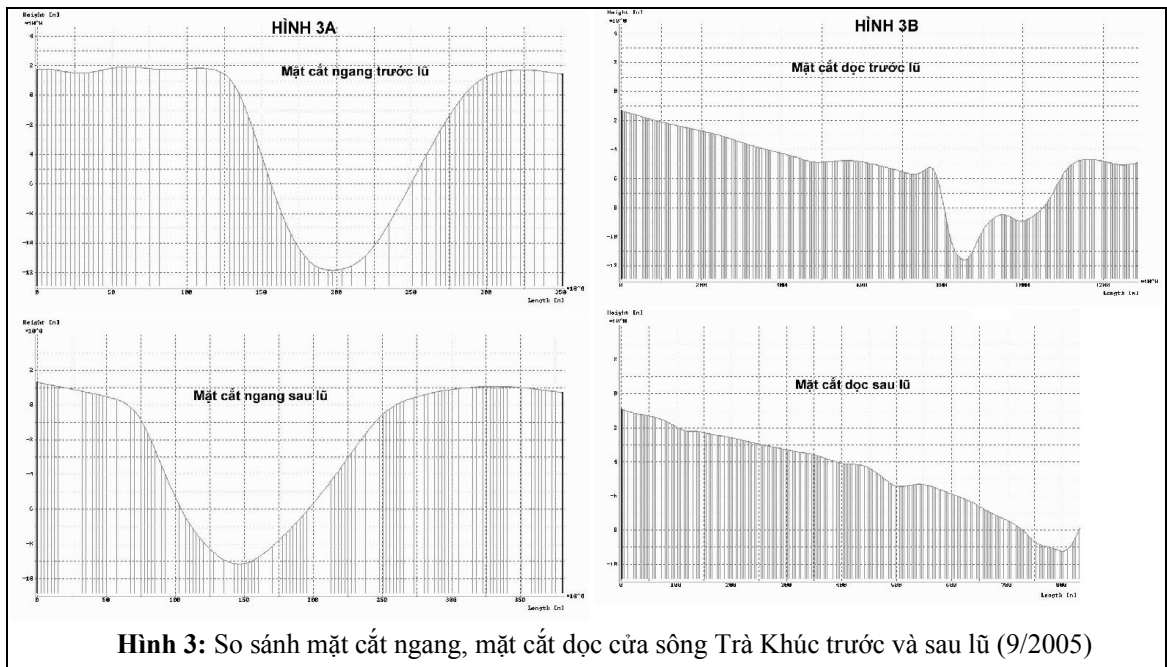
Trong các yếu tố có ảnh hưởng tới diễn biến cửa biển thì tác động của thủy triều và dòng triều có chu kỳ tác động ngắn nhất (chu kỳ giờ và trong 1 chu kỳ triều), sóng có chu kỳ tác động thay đổi theo chế độ gió mùa; còn dòng chảy sông có chu kỳ tác động thay đổi giữa mùa lũ và mùa kiệt trong 1 năm. Do mùa lũ thường ngắn (chỉ diễn ra trong 4 tháng) và mùa kiệt kéo dài nên tác động của dòng chảy lũ chỉ có thể thấy rõ rệt nhất sau khi xảy ra lũ lớn trên sông.

Trên cơ sở xem như thời gian xuất hiện 1 trận lũ trên sông Trà Khúc diễn ra trong 1 thời đoạn ngắn (thường không vượt quá 3, 5 ngày) và tác động của sóng, dòng triều trong giai đoạn này hầu như không đổi. Các kết quả đo đạc địa hình cửa sông Trà Khúc trước và ngay sau trận lũ xảy ra vào tháng 9 năm 2005, được sử dụng để phân tích tác động riêng biệt của dòng chảy lũ đối với sự biến đổi địa hình cửa. Hình thái cửa tại thời điểm trước khi có lũ đại diện cho hình thái của cửa trong giai đoạn mùa khô, khi các tác động của yếu tố sóng và dòng triều có vai trò chủ đạo



**Hình 2:** Vị trí mặt cắt ngang, dọc tại cửa Trà Khúc, tháng 9/ 2005

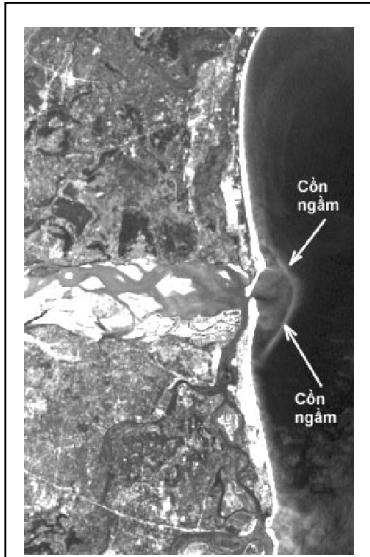
Hai ngày sau khi xảy ra lũ, kết quả khảo sát địa hình cửa cho thấy sự ảnh hưởng rõ nét của yếu tố dòng chảy từ sông ra, địa hình cửa và vùng lân cận bị thay đổi lớn do sự phân bố lại bùn cát ở vị trí cửa và vùng lân cận do tác động của dòng chảy. Tuy nhiên đây mới chỉ là trận lũ đầu mùa nên hình thái cửa sông do nó tạo nên sẽ không đại diện cho đặc trưng hình thái của cả mùa lũ. Sau đây, hình thái trên mặt bằng, mặt cắt ngang và mặt cắt dọc tại cửa sông Trà Khúc (xem *Hình 2*) trước và sau trận lũ sẽ được mô tả và phân tích dựa trên kết quả khảo sát địa hình của Trung tâm Thủy văn- Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi và nhóm nghiên cứu của Trường TUDelft, Hà Lan. Chi tiết về kết quả khảo sát địa hình có thể tham khảo tại [2]



Mặt cắt ngang trước khi xảy ra lũ (*Hình 3A*) có chiều rộng khoảng 160m, và độ sâu là 13m. Sau khi xảy ra lũ, cửa được mở rộng ra hơn 200m, nhưng độ sâu lại giảm xuống còn 9m. Mái dốc trung bình ở 2 bờ trước khi có lũ là 1:6 nhưng sau khi có lũ đã thoải ra gấp đôi (1:12). Dòng chảy lũ gây xói lở 2 bờ và mở rộng cửa, nhưng một lượng lớn bùn cát bồi lấp tại lòng chính đã làm giảm độ sâu cửa.

Mặt cắt dọc trước khi xảy ra lũ (*Hình 3B*) có địa hình đáy của đoạn trong cửa khá thoải (1:140), nhưng tại vị trí cửa thì độ dốc lại thay đổi đột ngột (1:10). Phía ngoài cửa có thể thấy rõ sự có mặt của cồn ngầm có chiều rộng khoảng 50m. Bên ngoài cồn ngầm về phía biển, địa hình đáy tương đối thoải và nông. Sự tồn tại của doi cát ngầm ngoài cửa này cũng được quan sát thấy từ ảnh chụp vệ tinh Landsat ETM chụp tháng 10 năm 2001 (xem *Hình 4*). Sau khi xảy ra lũ, địa hình đáy trên mặt cắt dọc (*Hình 3D*) tại đoạn cửa trở nên thoải hơn rất nhiều (độ dốc còn 1:60). Dòng chảy lũ có xu thế san phẳng địa hình đáy tại vị trí cửa và khu vực bên trong cửa về cùng một độ dốc. Điểm sâu nhất trên mặt cắt dọc nằm lệch về phía biển tại đoạn cửa.

**Nhận xét:** Về mùa kiệt, cửa có địa hình đáy dốc, sâu, độ dốc bờ hai bên cửa lớn. Bên ngoài cửa có dải cát ngầm chắn ngang. Chiều rộng cửa có xu thế bị thu hẹp do tác dụng bồi lấp của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ. Khi chiều rộng cửa bị thu hẹp, lưu tốc của dòng triều và dòng chảy tự nhiên từ sông chảy qua cửa tăng lên, làm tăng cường quá trình đào sâu lòng dẫn chính tại vị trí cửa. Điều này giải thích tại sao trước đó, trên mặt cắt dọc, địa hình đáy có độ dốc khá thoải, nhưng tại vị trí cửa thì độ dốc dọc lại tăng lên đột ngột và tại thành vùng trũng, sâu ở vị trí cửa. Bên ngoài vùng trũng, địa hình đáy lại thoải và nông dần về phía biển. Dải cát ngầm chắn ngoài cửa (*Hình 4*) được "nuôi dưỡng" một phần bởi bùn cát vận chuyển dọc bờ và một phần bởi bùn cát trao đổi từ sông ra biển do tác dụng của dòng triều và dòng chảy tự nhiên trên



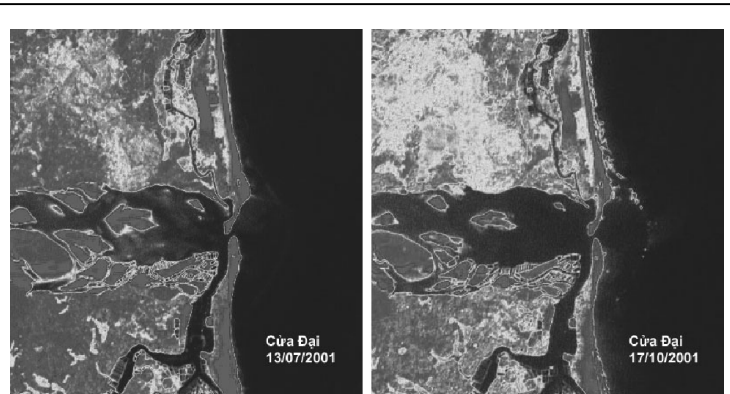
**Hình 4:** Cồn ngầm chắn cửa  
Ảnh Landsat ETM+ (2001)

sông Trà Khúc. Tùy theo hướng, độ lớn và thời gian duy trì của các sóng chiếm ưu thế giữa các mùa trong năm mà dải cát ngầm ngoài cửa sẽ lệch về phía nam hay phía bắc. Thông thường vào mùa khô, khi gió mùa tây nam chiếm ưu thế thì dải cát ngầm sẽ lệch lên phía bắc; ngược lại, vào thời kỳ gió mùa đông bắc trong các tháng mùa đông, dải cát ngầm sẽ có hướng lệch về phía nam.

Sau khi xảy ra lũ, địa hình đáy ở cửa sông có sự thay đổi đáng kể. Dòng chảy lũ với vận tốc dòng chảy lớn sẽ cuốn bùn cát trên thung lũng sông và ở các bãi bồi giữa sông ra cửa. Dòng chảy có xu thế san phẳng đáy về cùng một độ dốc, do đó vùng trũng, sâu ở cửa sẽ được bồi, ngược lại các bãi ngầm ở bên trong cửa sẽ bị xói. Dòng chảy lũ còn gây xói hai bờ của cửa do diện tích mặt cắt ngang cửa không đủ thoát được lưu lượng lũ đến. Một phần dòng chảy lũ chảy tràn qua doi cát nổi chắn cửa bên phía bờ bắc. Sau lũ, một lượng lớn thân gỗ, củi, rác bị giữ lại trên bề mặt của doi cát. Do đây mới là trận lũ đầu mùa nên tác dụng đào xói đáy khu vực cửa của dòng chảy lũ và lượng bùn cát cuốn ra cửa vẫn chưa thể hiện rõ ràng. Điều

này giải thích tại sao độ sâu đáy sau khi xảy ra lũ vẫn còn nhỏ hơn so với trước lũ. Tuy nhiên, đây chỉ là trạng thái tạm thời tại thời điểm khảo sát. Các trận lũ xảy ra sau đó (nếu có) sẽ tiếp tục đào xói các bãi bồi ở giữa sông và hai bờ, san phẳng đáy và mở rộng tiếp cửa về cả 2 phía tới trạng thái cân bằng động lực mới. Kết thúc mùa lũ, khi lưu lượng dòng chảy từ sông đi ra cửa suy giảm đi đáng kể, lúc này bùn cát sẽ bồi lắng trở lại cửa và khu vực lân cận ở cả bên trong và bên ngoài cửa do tác dụng của sóng và dòng triều. Phần bùn cát bị dòng chảy lũ đẩy ra biển sẽ được sóng và dòng chảy dọc bờ, dòng triều phân phối lại. Một phần tạo thành các dải cát ngầm chắn cửa, một phần bồi tụ tại các bãi biển lân cận cửa, một phần được dòng triều đưa vào trong cửa.

Diễn biến hình thái cửa theo mùa còn được phân tích bằng ảnh vệ tinh Landsat có độ phân giải 15m. Các ảnh vệ tinh này bao phủ một vùng có kích thước 50x50km cho phép phân tích hình thái một cách tổng quát hơn so với tài liệu khảo sát địa hình. So sánh ảnh vệ tinh chụp vào tháng 7 và tháng 10 năm 2001 (Hình 5) cho thấy sự khác biệt ở đoạn sông bên trong cửa. Các bãi bồi ở giữa và hai bên bờ sát

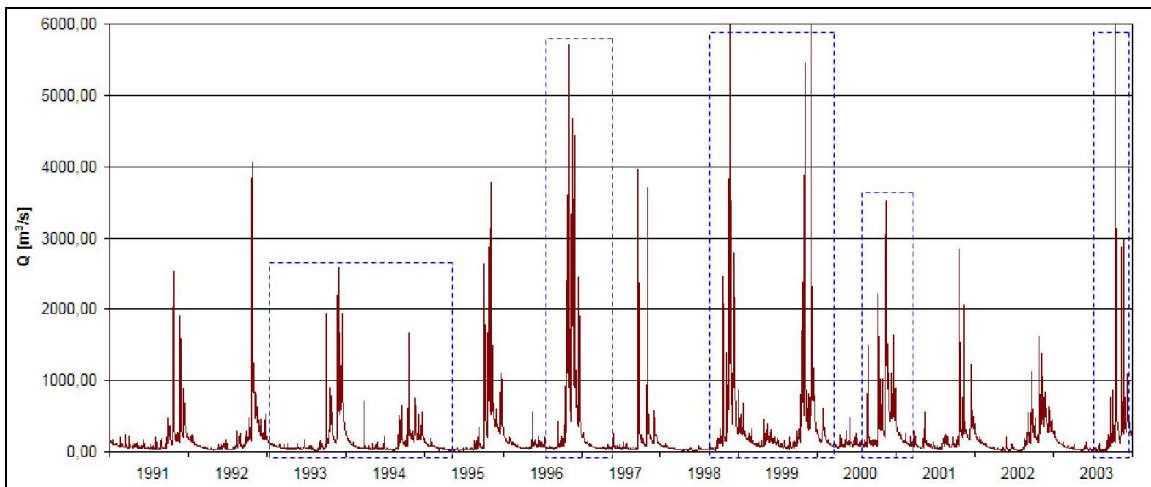


**Hình 5:** Cửa Đại mùa kiệt và mùa lũ năm 2001 (ảnh Landsat)

cửa đã thu nhỏ lại rất nhiều do tác động của dòng chảy lũ. Phía ngoài cửa, bên phía bờ bắc xuất hiện các doi cát nổi lên trên mực nước biển, xấp xếp theo hình vòng cung chắn bên ngoài cửa. Các doi cát này như đã phân tích ở phần trước là sản phẩm của sóng và dòng triều đối với bùn cát bồi tụ ở các cồn ngầm chắn cửa. Dưới tác động của sóng, các cồn ngầm phát triển dần về phía bờ và nổi lên trên mặt nước. Vị trí xuất hiện các cồn này cho thấy hướng vận chuyển bùn cát tịnh tại thời điểm đó là từ Bắc vào Nam.

#### IV. PHÂN TÍCH ĐẶC TRƯNG HÌNH THÁI THỜI KỲ NHIỀU NĂM

Diễn biến hình thái cửa trong thời kỳ nhiều năm phản ánh tác động tổng hợp của nhiều yếu tố như sóng, gió, dòng chảy và hoạt động của con người tới cửa biển. Các tác động này có thể diễn ra ở ngay khu vực lân cận cửa, nhưng cũng có thể ở rất xa cửa (ví dụ như tác động của việc xây dựng hồ chứa ở thượng nguồn sông Trà Khúc làm thay đổi nguồn bùn cát từ sông ra biển...). Các diễn biến hình thái của cửa thời đoạn dài sẽ được xem xét thông qua việc sử dụng bản đồ địa hình UTM tỷ lệ 1:50.000 năm 1965, ảnh máy bay và ảnh viễn thám từ 1980 đến nay, được tham khảo từ [3]. Do các yếu tố tác động thường biến đổi theo chu kỳ mùa hoặc theo năm nên việc phân tích biến đổi hình thái giữa hai năm cách quá xa nhau (1965-1980 hay 1980-1995) sẽ không phù hợp. Trong cả quãng thời gian dài đó hình thái cửa có thể đã trải qua nhiều lần thay đổi tương ứng với các chu kỳ khác nhau của yếu tố tác động. Do vậy ở đây sẽ chỉ phân tích diễn biến hình thái trong vòng 10 năm gần đây, từ 1995 đến 2005. Tài liệu dòng chảy tại trạm Sơn Giang, sông Trà Khúc, tài liệu sóng trạm Cồn Cỏ và tài liệu mực nước triều được dùng để hỗ trợ cho các phân tích diễn biến hình thái xảy ra trên mặt bằng tại cửa.

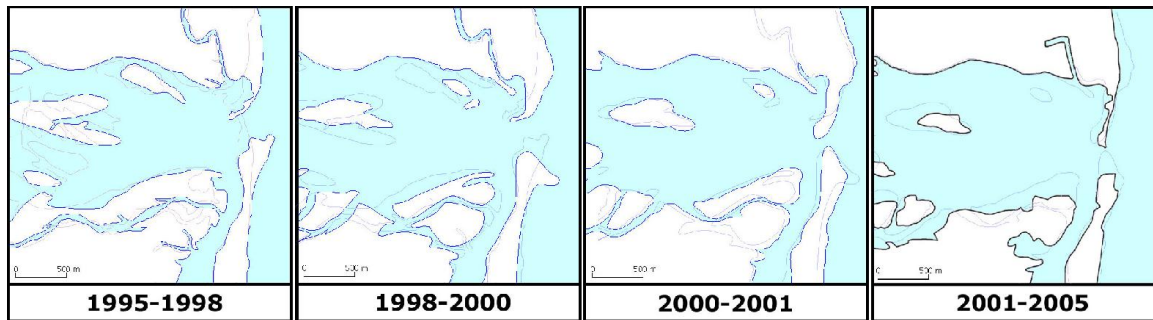


**Hình 6:** Quá trình lưu lượng trung bình ngày (1991-2003), trạm Sơn Giang, sông Trà Khúc

Nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu dòng chảy trung bình ngày tại trạm Sơn Giang từ 1991 đến 2003 (Hình 6) để phân tích vai trò của dòng chảy sông đối với diễn biến hình thái cửa. Trên Hình 6 có thể thấy dòng chảy trên sông Trà Khúc được chia thành 2 mùa rõ rệt, mùa khô (từ tháng 1 đến tháng 8) và mùa mưa (từ tháng 9 đến tháng 12). Trong năm xuất hiện từ 2 đến 5 trận lũ, kéo dài từ 3 đến 5 ngày. Trong chuỗi dòng chảy năm có nhóm các năm nhiều nước và nhóm các năm ít nước.

Từ 1991 đến tháng 4 năm 1995 là giai đoạn dòng chảy của sông Trà Khúc ở nhóm năm ít nước (Hình 6). Tổng lượng dòng chảy năm đều nhỏ hơn tổng lượng dòng chảy trung bình nhiều năm. Năm 1994 là năm có lượng dòng chảy năm rất nhỏ, lưu lượng dòng chảy cực đại mùa lũ cũng chỉ bằng 70% Q cực đại trung bình nhiều năm ( $\approx 4000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) [5]. Đây là điều kiện thuận lợi để sóng và dòng chảy dọc bờ, dòng triều gây bồi lấp, thu hẹp cửa. Cửa bị thu hẹp dần khi dòng chảy tự nhiên trong mùa mưa không đủ khả năng đào xói, mở rộng cửa.

Từ năm 1995 đến 1998 (Hình 7), cửa sông được mở rộng ra gần 250m và dịch chuyển về phía nam. Các bãi bồi giữa sông và hai bờ ở gần cửa bị xói lở và thay đổi đáng kể. Doi cát ở bờ bắc dịch chuyển ra phía biển và kéo dài thành dải cát mỏng, hẹp theo hướng nam. Đầu của doi cát bờ bắc có hướng vào trong cửa. Doi cát ở bờ nam so với năm 1995 đã bị xói hơn 1 nửa và thu hẹp theo chiều dọc, nhưng mở rộng ra phía biển theo phương ngang. Hình thái của hai doi cát chạy ngang cửa ở bờ bắc và bờ nam thể hiện vai trò thống trị của các sóng đông và đông bắc và hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ tịnh là hướng từ Bắc và Nam.



**Hình 7:** So sánh hình dạng mặt bằng cửa sông Trà Khúc từ 1995 đến 2005

Diễn biến hình thái cửa ở giai đoạn này có tương quan chặt chẽ với quá trình dòng chảy trên sông Trà Khúc từ năm 1995 đến 1998. Hai năm 1996, 1997 là các năm có lũ lớn (*Hình 6*). Đặc biệt là năm 1996 có tổng lượng dòng chảy năm lên tới gần 12 tỷ m<sup>3</sup>, xấp xỉ với tổng lượng dòng chảy năm của năm 1999 là năm có lũ lịch sử trên các sông miền Trung. Lưu lượng đỉnh lũ cực đại xấp xỉ 10,000 m<sup>3</sup>/s, là 1 trong 4 năm có lũ cực đại vượt mức 10.000 m<sup>3</sup>/s [5].

Giai đoạn tiếp theo, từ 1998 đến 2000, cửa sông tiếp tục được mở rộng ( $B > 300\text{m}$ ) và di chuyển về phía nam (*Hình 7*). So với năm 1998, một lượng lớn bùn cát tiếp tục bồi tụ ở doi cát bờ bắc làm mở rộng và dịch chuyển doi cát này về phía biển hơn 100m. Đoạn bờ ở phía biển của doi cát có hình chóp tù là nơi giao nhau của dòng bồi tích dọc bờ có hướng từ Bắc vào Nam và dòng triều rút có hướng ngược lại.

Doi cát bờ nam tiếp tục bị xói lở và dịch chuyển về phía Nam (gần 150m). Đoạn bờ phía biển của doi cát bờ nam phát triển kéo dài ra phía biển tạo thành mỏm cát có chiều dài gần 200m. Mỏm cát này là sản phẩm của dòng chảy lũ và sóng. Trước tiên, bùn cát tại doi cát bờ nam và trong sông bị dòng chảy lũ đào xói và đẩy ra phía biển. Sau đó, một phần bùn cát bồi tụ lại tại các cồn ngầm chắn ngoài cửa. Sau khi lũ rút, lưu lượng dòng chảy từ sông đi ra cửa suy giảm đi đáng kể, sóng và dòng triều bắt đầu chiếm ưu thế. Các cồn ngầm dưới tác động của sóng hướng đông và đông bắc sẽ phát triển nổi dần lên trên mặt biển và dịch chuyển vào trong bờ cho tới khi chúng gắn vào doi cát ở bờ nam. Hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ tịnh trong giai đoạn này vẫn là hướng Bắc - Nam. Các bãi giữa trong sông cũng bị xói lở và thu hẹp kích thước do tác động của dòng chảy lũ.

Trạng thái của cửa trong giai đoạn này phản ánh chế độ dòng chảy diễn ra trong hai năm 1998 và 1999. Đây là 2 năm xuất hiện lũ lớn trên lưu vực với tổng lượng dòng chảy năm đều lớn hơn nhiều tổng lượng dòng chảy trung bình năm. Lưu lượng trung bình ngày cực đại xấp xỉ 10.000 m<sup>3</sup>/s. Đặc biệt là năm 1999 là năm có lũ lịch sử.[5]

Đến tháng 10/2001, cửa sông Trà Khúc đã thu hẹp lại chỉ còn bằng 1/3 ( $B \approx 120\text{m}$ ) so với thời điểm tháng 5/2000 (*Hình 7*). Doi cát bờ bắc tiếp tục phát triển kéo dài thêm về phía nam (gần 200m); chiều rộng của doi cát cũng tăng lên. Vị trí của doi cát bờ nam hầu như ít thay đổi. Mỏm cát ở phía biển đã chuyển thành hình chóp tù, bùn cát được phân phối lại về phía nam của doi cát. Các bãi bồi giữa sông và các bãi bên trong giai đoạn này hầu như không thay đổi đáng kể.

Qua phân tích số liệu dòng chảy kết hợp với đặc điểm hình thái nêu ở trên có thể kết luận đây là giai đoạn mà lưu lượng của dòng chảy lũ trên sông có vai trò thứ yếu. Do vậy mà các bãi bồi giữa sông hầu như không thay đổi, điều hoàn toàn trái ngược với các giai đoạn trước đó.

Tổng lượng dòng chảy của năm 2000 là gần 9 tỷ m<sup>3</sup>, nhưng lại phân phối tương đối đều trong năm. Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng nhỏ nhất đạt giá trị lớn nhất trong chuỗi 24 năm ( $Q_{\min} \approx 55 \text{ m}^3/\text{s}$ ), trong khi lưu lượng dòng chảy trung bình tháng lớn nhất lại chỉ hơn 4500 m<sup>3</sup>/s (nhỏ hơn nhiều so với trung bình nhiều năm là 6800 m<sup>3</sup>/s). Mùa lũ xuất hiện sớm

(giữa tháng 8) và kết thúc muộn, trong năm xuất hiện 4 trận lũ, nhưng lưu lượng đỉnh lũ nhỏ, chỉ khoảng 1500, 2000 và 3500 m<sup>3</sup>/s (*Hình 6*) [5].

Như vậy có thể nói, trong giai đoạn này sóng và dòng triều là yếu tố động lực chiếm ưu thế gây nên diễn biến cửa như đã phân tích ở trên. Hướng sóng thịnh hành và hướng vận chuyển bùn cát tịnh vẫn là hướng Bắc - Nam. Các dạng bồi tích của bùn cát ở bờ biển phía bắc và phía nam cửa đều ít nhiều chịu tác động của sóng, và được phân phối lại dọc bãi biển theo hướng vận chuyển bùn cát tịnh. Đoạn bờ phía nam trong giai đoạn này được bồi tụ khá mạnh. Các cồn ngầm chắn cửa tiếp tục hoạt động tạo thành cơ chế chuyển cát qua cửa (by passing) thông qua các cồn ngầm (*Hình 4*).

So với năm 2001, đến năm tháng 8/2005, cửa sông Trà Khúc lại được mở rộng và dịch chuyển về phía nam ( $B \approx 250\text{m}$ ). Doi cát bờ bắc hầu như không dịch chuyển nhiều, nhưng bề rộng của doi đã nhỏ lại còn một nửa so với năm 2001 (*Hình 7*). Đoạn bờ biển phía bắc cửa, nối liền với doi cát đã bị xói gần như thẳng. Doi cát phía nam cửa bị xói lở đáng kể (hơn 200m). Đoạn bờ phía nam nối tiếp với cửa hầu như không thay đổi gì. Các bãi bồi trong sông và bãi bồi ở ven bờ sông bị xói lở và dịch chuyển ra phía cửa.

Việc xói lở bờ nam và mở rộng cửa có liên quan tới trận lũ xảy ra năm 2003, lưu lượng đỉnh lũ là 10.800 m<sup>3</sup>/s, còn lưu lượng lũ trung bình ngày là 7.700 m<sup>3</sup>/s. Tổng lượng dòng chảy năm là hơn 7 tỷ m<sup>3</sup>[5]. Hướng sóng chủ đạo và hướng vận chuyển bùn cát tịnh trong giai đoạn này vẫn là hướng Bắc - Nam. Doi cát ở bờ bắc tiếp tục được duy trì làm lòng dẫn chính qua cửa lệch về phía Nam. Do đó mà bờ nam của cửa bị xói lở mạnh.

## V. KẾT LUẬN

Phân tích đặc trưng hình thái cửa sông Trà Khúc có thể chia thành 2 giai đoạn riêng biệt, giai đoạn mùa khô (từ tháng 1 đến tháng 8) và giai đoạn mùa mưa (từ tháng 9 đến tháng 12). Mỗi giai đoạn đều có những đặc điểm riêng về diễn biến hình thái cũng như chịu tác động của các yếu tố động lực khác nhau.

Vào mùa khô, khi lưu lượng của dòng chảy từ sông nhỏ, và lượng bùn cát vận chuyển từ sông ra biển là không đáng kể, thì sóng và dòng triều chiếm vai trò chủ đạo chi phối diễn biến hình thái tại cửa biển. Dòng triều trong giai đoạn này chiếm ưu thế so với dòng chảy từ sông nên một lượng lớn bùn cát được dòng triều đưa vào trong cửa, các cồn ngầm chắn cửa được sóng và dòng triều, dòng chảy dọc bờ xấp xếp lại và dịch chuyển vào sát bờ, theo hướng sóng thịnh hành. Các doi cát ở cửa phát triển kéo dài và được mở rộng trong giai đoạn này theo hướng của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ chiếm ưu thế. Cửa biển bị thu hẹp và nông dần cho tới khi xuất hiện lũ trên sông. Nếu sau 2,3 năm liên tiếp mà trên sông không xuất hiện lũ lớn thì khả năng lấp cửa xảy ra sẽ là rất lớn.

Vào mùa mưa, khi trên lưu vực sông xuất hiện lũ, dòng chảy lũ trở thành yếu tố động lực chiếm ưu thế so với dòng triều. Bùn cát ở các bãi sông, lòng sông và ở các doi cát hai bên cửa bị đào xói, cuốn trôi và đẩy ra biển. Một phần bùn cát lắng đọng lại ở các cồn ngầm chắn cửa, một phần bồi tích ở các bãi biển lân cận cửa. Cửa biển trong giai đoạn này thường được mở rộng. Có thể thấy rõ mối tương quan giữa chiều rộng của cửa với sự xuất hiện của lũ lớn trên sông. Qua phân tích trong thời đoạn dài cho thấy, những năm không xuất hiện lũ lớn là những năm có chiều rộng cửa thay đổi không đáng kể, thậm chí bị thu hẹp lại vào mùa khô kế tiếp.

Như vậy sóng, dòng triều là các nhân tố động lực làm thu hẹp cửa, ngược lại, dòng chảy lũ là các yếu tố động lực làm mở rộng và giúp duy trì cửa. Các yếu tố này tác động tới cửa biển một cách luân phiên nhau và thay đổi giữa các mùa trong năm. Để đi đến các giải pháp ổn định cửa sẽ cần các nghiên cứu chi tiết hơn về quá trình phát triển và dịch chuyển của các cồn ngầm chắn cửa cũng như sự phát triển của các doi cát dọc bờ tại cửa. Các nghiên cứu này thường được tiến hành trên các mô hình toán mô phỏng hình thái 2, 3 chiều.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nagai, K., Kono, S., and Dao, X. Q. (1998). Wave Characteristics on the central coast of Vietnam in the South China Sea, *Coastal Engineering J.* Vol.40, No.4, pp: 347-366.
2. Tim, H., Elisabet, B., Jennifer, H., Hendrik, M., Vu, M.A. (2005). *Sedimentation of the Tra Khuc Inlet*, Masters project Report, Delft University of Technology, The Netherlands
3. Son, P. Q. (2004). *Assessment of the changing situation of river channel downstream of the Tra Khuc river and Tra Bong river using GIS data*. Hanoi: Institute of Geology of Vietnam.
4. Viện Khí tượng Thủy văn. (1985). *Đặc trưng hình thái lưu vực sông Việt Nam*. Hà Nội.
5. AusAID. (2003). *Report on the Floods in the Tra Khuc, Ve and Tra Bong Rivers of Quang Ngai*. Quang Ngai.
6. Phạm Ngọc Toàn, Phan Tất Đắc, 1993. *Khí hậu Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

### THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE TRA KHUC INLET, QUANG NGAI PROVINCE

*The natural tendency of inlets is to evolve towards a dynamic equilibrium or "stable" configuration. Ability of an inlet to maintain itself and associated longshore sediment transport depends on availability of littoral sediment moving into the inlet and the tidal prism. By the removal of large volumes of sand for channel construction and maintenance will make that the inlet comes out of equilibrium and the inlet and adjacent shorelines respond to restore equilibrium. It is, therefore, important to understand the mechanisms that govern the stability of the inlet and its hydraulics before the best inlet management practices can be determined. This paper will present the morphological analysis of the Tra Khuc inlet, in the Quang Ngai Province in order to identify the major factors which control the stability of the inlet.*