

KỸ THUẬT QUAN TRẮC BIẾN ĐỘNG CỦA SÔNG VÀ BỜ BIỂN BẰNG CAMERA

Nghiêm Tiên Lam¹

Tóm tắt: Cửa sông và bờ biển là các đặc điểm địa mạo rất phức tạp và thường xuyên biến động dưới tác động của các quá trình tự nhiên. Việc xác định nguyên nhân và xu thế biến động của các cửa sông thường đòi hỏi phải thu thập nhiều loại số liệu trong đó có số liệu về quá trình diễn biến của địa hình cửa sông. Tuy nhiên, công việc đo đạc khảo sát địa hình thường xuyên ngoài hiện trường là rất tốn kém. Do vậy, việc ứng dụng kỹ thuật quan trắc cửa sông và bờ biển bằng camera mở ra một triển vọng mới cho việc quan trắc và giám sát sự biến động của cửa sông và bờ biển một cách thường xuyên với chi phí thấp, cung cấp thông tin và số liệu cho việc nghiên cứu, quy hoạch và quản lý các vùng cửa sông ven biển.

Bài viết sẽ trình bày về nguyên lý và các ứng dụng cơ bản của kỹ thuật quan trắc bằng camera cũng như các ưu điểm và các mặt hạn chế của kỹ thuật này trong điều kiện ứng dụng thực tế.

Từ khóa: Kỹ thuật camera; Giám sát bờ biển; Quan trắc; Cửa sông.

1. Giới thiệu

Cửa sông ven biển là một đối tượng rất phức tạp và thường xuyên biến đổi dưới các tác động của các quá trình tự nhiên như lũ, bão, sóng biển, thủy triều. Việc đo đạc, quan trắc cửa sông là quan trọng cần thiết để xác định xu thế diễn biến bồi, xói và các vấn đề liên quan đến cửa sông phục vụ cho việc xây dựng chiến lược định hướng trong công tác quy hoạch cửa sông ven biển. Do sự tác động của các quá trình và sự biến đổi của các cửa sông diễn ra thường xuyên, liên tục nên việc quan trắc các cửa sông để nắm bắt được hết sự thay đổi của chúng là một công việc rất khó khăn. Việc đo đạc khảo sát trực tiếp tại một cửa sông cũng chỉ có thể thực hiện một vài lần trong một năm vì chi phí rất tốn kém. Việc sử dụng ảnh vệ tinh cũng gặp nhiều rào cản kỹ thuật và kinh tế như độ phân giải của ảnh, quỹ đạo của vệ tinh, điều kiện mây, thời tiết và chi phí mua ảnh.

Nhằm khắc phục các khó khăn này, hiện nay trên thế giới đã có các nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật camera trong việc quan trắc bồi, xói bờ biển và diễn biến cửa sông. Kỹ thuật này đã được ứng dụng ở một số nước trên thế giới như Mỹ, Úc, Hà Lan, Nhật Bản. Kỹ thuật quan trắc cửa sông bằng camera cho phép xác định được các thay đổi ngắn hạn của cửa sông và bờ biển như diễn biến xói lở trong một trận bão hoặc sự thay đổi trung hạn theo mùa mà kỹ thuật viễn thám thường không đáp ứng được. Kỹ thuật

quan trắc cửa sông và bờ biển bằng camera còn có thể giúp cho việc thu thập thường xuyên, liên tục sự thay đổi của cửa sông và bờ biển qua đó cho phép hiểu rõ hơn về diễn biến của chúng dưới tác động của các quá trình tự nhiên.

Bài viết này sẽ giới thiệu về kỹ thuật quan trắc cửa sông và bờ biển bằng camera cùng với các ưu nhược điểm của nó trong khía cạnh ứng dụng thực tế trong điều kiện nước ta hiện nay.

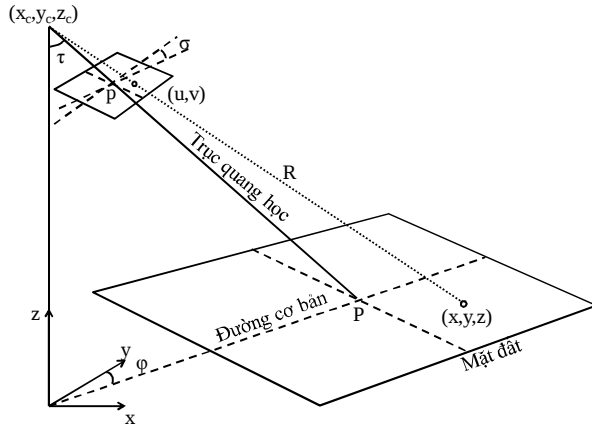
2. Nguyên lý của kỹ thuật quan trắc bằng camera

Kỹ thuật quan trắc địa hình bằng camera đã được nghiên cứu từ những năm 1980 ở Đại học Bang Oregon (Mỹ) nhằm mục đích nghiên cứu khoa học trong vùng ven bờ. Một hệ thống quan trắc camera thông thường bao gồm từ 4 đến 5 máy quay video bao phủ một trường quan sát rộng 180° trong phạm vi vài km bờ biển. Các máy quay camera được gắn vào các tháp hoặc cột cao dọc theo bờ biển. Dữ liệu video được thu thập theo bất cứ tần suất nào vào thời gian ban ngày, thông thường là theo từng giờ. Dữ liệu thu thập được lưu trữ tạm thời vào máy tính ngay tại trạm, sau đó được truyền đi bằng đường truyền internet băng thông rộng về trung tâm xử lý dữ liệu.

Việc xử lý dữ liệu camera dựa trên nguyên tắc của hình học ảnh (photography). Hệ thống tọa độ quy ước thường dùng là trục x đặt vuông góc với bờ biển và có chiều dương hướng ra xa bờ. Trục y được đặt vuông góc với trục x sao cho tạo thành hệ tọa độ có các chiều dương theo đúng quy ước cả toán học. Vì vậy việc quay từ trục x về trục y là theo chiều ngược chiều kim

¹ Khoa Kỹ thuật Biển, Đại học Thủy lợi

đồng hồ. Trục z hướng thẳng đứng lên phía trên với mực chuẩn tham chiếu ($z = 0$) thường được đặt trùng với mực nước triều trung bình hoặc một mực chuẩn thường dùng (mực chuẩn hệ cao độ quốc gia, mực nước biển bình quân nhiều năm tại Hòn Dấu chẳng hạn). Mốc tham chiếu thời gian thường sử dụng theo mốc chuẩn GMT.



Hình 1: Mối quan hệ giữa các tọa độ ảnh (u, v) và các tọa độ thực (x, y, z)

Nguyên tắc của hình học ảnh cho phép liên hệ giữa một vị trí trong thực tế có tọa độ (x, y, z) với tọa độ điểm ảnh (u, v) tương ứng của vị trí đó. Công thức chuyển đổi giữa hệ tọa độ thực (x, y, z) về tọa độ ảnh (u, v) là

$$\begin{aligned} u &= \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 z + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}, \\ v &= \frac{L_5 x + L_6 y + L_7 z + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó các hệ số từ L_1 đến L_{11} là các hàm tuyến tính của 7 thông số camera. Các thông số này bao gồm vị trí camera (x_c, y_c, z_c), độ dài tiêu cự f của camera, và các thông số hướng của camera: góc nghiêng τ , góc phương vị φ và góc xoay σ (Hình 1). Các hệ số này được tính toán từ các thông số camera như sau

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{(u_0 m_{31} + f m_{11})}{\lambda_u L}, \quad L_2 = \frac{(u_0 m_{32} + f m_{12})}{\lambda_u L}, \\ L_3 &= \frac{(u_0 m_{33} + f m_{13})}{\lambda_u L}, \quad L_4 = -(x_c L_1 + y_c L_2 + z_c L_3), \\ L_5 &= \frac{(v_0 m_{31} + f m_{21})}{\lambda_v L}, \quad L_6 = \frac{(v_0 m_{32} + f m_{22})}{\lambda_v L}, \\ L_7 &= \frac{(v_0 m_{33} + f m_{23})}{\lambda_v L}, \quad L_8 = -(x_c L_5 + y_c L_6 + z_c L_7), \\ L_9 &= \frac{m_{31}}{L}, \quad L_{10} = \frac{m_{32}}{L}, \quad L_{11} = \frac{m_{33}}{L}, \end{aligned}$$

$$\text{và } L = -(x_c m_{31} + y_c m_{32} + z_c m_{33}) \quad (2)$$

Trong các công thức trên, (u_0, v_0) là tọa độ trung tâm của ảnh, λ_u và λ_v là các hệ số tỷ lệ ngang và tỷ lệ đứng dùng để điều chỉnh sự biến dạng của ảnh. Các hệ số m được tính toán từ các thông số hướng của camera như sau:

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos \phi \cos \sigma + \sin \phi \cos \tau \sin \sigma, \\ m_{12} &= -\sin \phi \cos \sigma + \cos \phi \cos \tau \sin \sigma, \\ m_{13} &= \sin \tau \sin \sigma, \\ m_{21} &= -\cos \phi \sin \sigma + \sin \phi \cos \tau \cos \sigma, \\ m_{22} &= \sin \phi \sin \sigma + \cos \phi \cos \tau \cos \sigma, \\ m_{23} &= \sin \tau \cos \sigma, \\ m_{31} &= \sin \phi \sin \tau, \quad m_{32} = \cos \phi \sin \tau, \\ m_{33} &= -\cos \tau \end{aligned} \quad (3)$$

Trong thực tế, rất khó xác định chính xác các thông số (x_c, y_c, z_c) và (τ, φ, σ) của camera nên có thể xác định các hệ số chuyển đổi ($L_1, \dots, L_{11}$) một cách trực tiếp từ các bộ giá trị (x, y, z) và (u, v) của các điểm khống chế mặt đất (GCP - ground control point) đã biết. Để có thể xác định được giá trị của các hệ số ($L_1, \dots, L_{11}$) thì cần phải có tối thiểu 11 phương trình liên hệ giữa (x, y, z) và (u, v) , do đó cần phải biết ít nhất các tọa độ (x, y, z) và (u, v) của 6 điểm khống chế.

Khi toàn bộ 11 hệ số ($L_1, \dots, L_{11}$) đã được xác định thì có thể sử dụng các hệ số này để chuyển đổi ngược lại từ các điểm ảnh của camera thành các tọa độ điểm ngoài thực tế bằng các phương trình:

$$\begin{aligned} (L_1 - L_9 u)x + (L_2 - L_{10} u)y + (L_3 - L_{11} u)z + (L_4 - u) &= 0, \\ (L_5 - L_9 v)x + (L_6 - L_{10} v)y + (L_7 - L_{11} v)z + (L_8 - v) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Tuy nhiên, phép chuyển đổi ngược lại từ ảnh sang tọa độ thực tế dẫn đến 2 phương trình với 3 ẩn số (x, y, z) . Do vậy, tọa độ z không thể xác định được từ 2 phương trình này mà phải được xác định bằng một phương pháp khác. Trong thực tế áp dụng công nghệ quan trắc địa hình bằng camera, tọa độ z trong phép chuyển đổi này được giả thiết là trùng với một mực cao độ tham chiếu nằm ngang nhất định hoặc là mực nước thủy triều. Chính vì lẽ này mà công nghệ này chỉ cho kết quả địa hình của bãi biển nằm giữa mực nước đỉnh triều và mực nước chân triều.

3. Ứng dụng của kỹ thuật quan trắc bằng camera cho các vùng cửa sông và bờ biển

a) Kỹ thuật quan trắc địa hình bằng camera

Dữ liệu ảnh được tiến hành thu thập và truyền dữ liệu về trung tâm xử lý theo từng giờ. Với mỗi giờ, quá trình xử lý ảnh thường bao gồm 3 loại dữ liệu ảnh, đó là ảnh chụp tức thời (Hình 2a), ảnh phơi theo thời gian (Hình 2b) và sự biến đổi của ảnh (Hình 2c). Ảnh chụp tức thời thường cung cấp ít thông tin định lượng mà chỉ đóng vai trò như một tài liệu tham khảo về các điều kiện môi trường. Ảnh phơi theo thời gian là kết quả của việc lấy trung bình các ảnh tức thời trong một khoảng thời gian nào đó, thông thường là 10 phút. Các ảnh phơi theo thời gian này trung bình hóa sự gộp nhóm tự nhiên của sóng vỗ để làm lộ ra mẫu trơn tru các vùng có cường độ sáng cao thể hiện địa hình

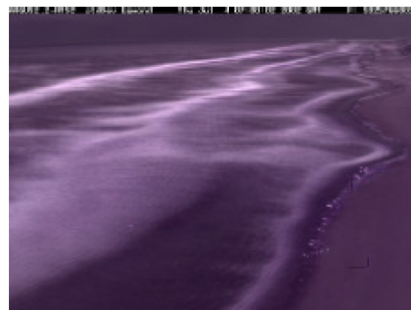
của các doi cát ngầm dưới nước. Các ảnh phơi theo thời gian cũng xóa đi các đối tượng và vật thể tạm thời như tàu thuyền, xe cộ và người có mặt trong khung hình của camera. Ảnh độ biến đổi thể hiện sự thay đổi của tín hiệu cường độ sáng trong cùng khoảng thời gian lấy trung bình với ảnh phơi thời gian. Các ảnh độ biến đổi giúp phân định các vùng thay đổi theo thời gian như mực nước biển so với các vùng có độ sáng cao nhưng không thay đổi như bãi cát khô. Dựa vào sự phân biệt này có thể tiến hành xác định vị trí của đường bờ (x,y) trong thời gian tương ứng của dữ liệu ảnh. Kết hợp với quan trắc mực nước đồng thời sẽ cho phép xác định được cao độ z của vị trí đường mặt nước tương ứng.



a) Ảnh chụp tức thời



b) Ảnh phơi theo thời gian



c) Ảnh độ biến đổi

Hình 2: Các loại dữ liệu ảnh trong quá trình xử lý

Kết quả ứng dụng trên thế giới cho thấy phạm vi quan sát của kỹ thuật camera là từ 40 m đến 2,5 km, với sai số theo phương đứng từ 0,1 – 0,2 m, sai số theo phương ngang bãi biển từ 0,35 – 2,4 m [1].

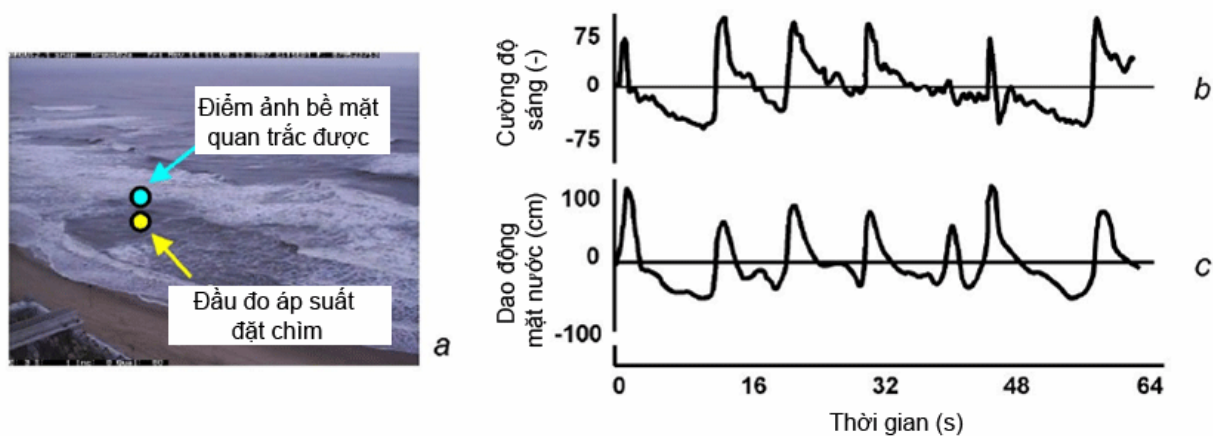


Hình 3: Ví dụ kết quả xác định địa hình sau mỗi 2 phút khi triều rút tại Cửa Dương dựa trên ảnh độ biến đổi và thể hiện đường mép nước tại các thời điểm trên ảnh phơi theo thời gian

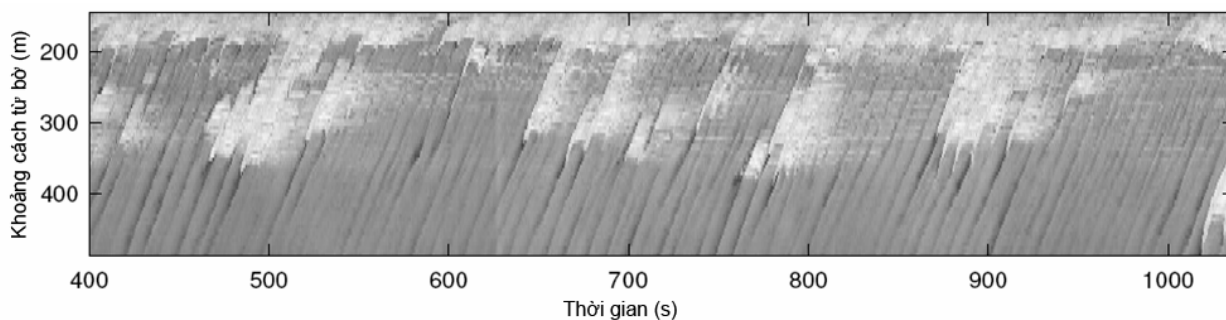
b) Các ứng dụng khác của kỹ thuật quan trắc bằng camera

Ngoài việc ứng dụng kỹ thuật camera để quan trắc diễn biến địa hình đường bờ biển và

cửa sông, kỹ thuật camera còn có thể được sử dụng để quan trắc các yếu tố khác như mực nước, vận tốc dòng chảy trên bề mặt, độ cao sóng.



Hình 4: Ví dụ về mối quan hệ giữa chuỗi thời gian cường độ sáng điểm ảnh với chiều cao sóng thực đo



Hình 5: Ví dụ ảnh chuỗi thời gian thu thập được dọc theo một mặt cắt ngang bãi với các băng tối là các mặt sóng không bị vỡ và các băng trắng là bọt của sóng vỡ.

Việc quan trắc độ cao sóng biển dựa trên việc thu thập số liệu chuỗi thời gian của cường độ các điểm ảnh với các tần số lấy mẫu mau hơn, tần số lấy mẫu điển hình là 2 Hz. Ví dụ trên Hình 4 cho thấy sự tương quan khá tốt giữa chuỗi thời gian về cường độ sáng của các điểm ảnh với độ cao sóng đo được tại trạm đo có cùng vị trí bằng đầu đo áp suất [2]. Từ chuỗi thời gian cường độ sáng điểm ảnh này có thể xác định được các đặc tính của sóng và dòng chảy.

Chuỗi thời gian cường độ sáng điểm ảnh có thể thu thập được dọc theo mặt cắt ngang bãi hoặc dọc theo bãi. Việc thu thập dữ liệu ảnh này cho ta một ảnh chuỗi thời gian (Hình 5). Trong quá trình số hóa ảnh, dữ liệu cường độ sáng được chuẩn hóa trên khoảng cường độ sáng của ống kính nên không có thứ nguyên.

Tanaka [3] cũng sử dụng công nghệ camera để quan trắc sự thay đổi độ rộng của cửa sông và sự phát triển liên tục của các doi cát ở cửa sông theo thời gian. Công nghệ đo đạc bằng hình ảnh camera lập thể còn được sử dụng trong các phòng thí nghiệm để đo đặc trưng vận tốc dòng chảy bề mặt gọi là công nghệ PIV (Particle

Image Velocimetry – Đo đặc vận tốc bằng hình ảnh các hạt chuyển động).

4. Ưu điểm và nhược điểm của kỹ thuật quan trắc địa hình bằng camera

Thông qua việc nghiên cứu tìm hiểu nguyên lý và thử nghiệm kỹ thuật quan trắc địa hình bằng camera cho khu vực cửa Cảnh Dương, tỉnh Thừa Thiên-Huế, có thể rút ra các nhận xét sau:

Ưu điểm chính của kỹ thuật quan trắc bằng camera là việc cho phép có thể giám sát, thu thập dữ liệu cửa sông và bờ biển từ xa thông qua mạng internet một cách thường xuyên. Đây có thể coi là một công nghệ triển vọng để quan trắc biến động của bãi biển và cửa sông một cách liên tục với chi phí thấp phục vụ cho công tác đánh giá, quy hoạch và quản lý vùng ven biển cũng như hỗ trợ cho đo đạc các yếu tố khí tượng, hải văn vùng ven bờ.

Ngoài ra, khi áp dụng kỹ thuật quan trắc bằng camera cũng còn có những hạn chế sau:

- Kỹ thuật quan trắc địa hình bằng camera chỉ cho kết quả địa hình bãi biển và vị trí đường bờ nằm trong khoảng cao độ giữa mực nước triều thấp và mực nước triều cao.

- Kỹ thuật này luôn đòi hỏi phải có số liệu

quan trắc mực nước để xác định cao độ.

- Thời gian áp dụng chỉ thực hiện được cho thời gian chiếu sáng ban ngày, không thể áp dụng vào ban đêm.

- Việc áp dụng công nghệ đòi hỏi phải kèm theo điều kiện cơ sở hạ tầng tốt như vị trí lắp đặt cần có độ cao lớn để có thể bao quát một phạm vi quan trắc rộng lớn và làm giảm góc nghiêng của máy quay, cần phải có nguồn điện đảm bảo cung cấp thường xuyên cho hệ thống, cần phải có đường truyền dữ liệu tốc độ cao để truyền các dữ liệu video về trung tâm xử lý và cơ sở hạ tầng và các thiết bị cho việc lưu trữ, trao đổi và xử lý dữ liệu video.

- Các khía cạnh khác không kém phần quan trọng là việc đảm bảo an ninh, an toàn, đảm bảo độ bền cho thiết bị.

- Ngoài ra, khi áp dụng công nghệ này cần lưu ý về việc lựa chọn thiết bị camera có các đặc tính kỹ thuật phù hợp như tiêu cự, độ phân giải của cảm biến ảnh, độ nhạy sáng...

Kết luận

Kỹ thuật quan trắc cửa sông và bờ biển bằng camera là một kỹ thuật mới đang được nghiên cứu và phát triển trên thế giới trong những năm gần đây phục vụ cho giám sát, thu thập dữ liệu

cửa sông và bờ biển thường xuyên từ xa với chi phí thấp. Kỹ thuật này có thể ứng dụng để quan trắc một cách định lượng vị trí của đường bờ, sự thay đổi mặt cắt ngang của bãi biển và các thông số hình học của nó như của độ rộng, diện tích mặt cắt ngang và thể tích bãi biển cùng với xu thế biến đổi của chúng. Kỹ thuật này cũng có khả năng trong việc ứng dụng phân tích hình thái bãi biển, sự dịch chuyển của các doi cát ngầm, quan trắc mực nước, trường dòng chảy bề mặt, độ cao sóng và đặc tính sóng leo. Các kết quả quan trắc bằng kỹ thuật camera về các yếu tố này sẽ cung cấp các số liệu quý giá cho các nghiên cứu đánh giá, quy hoạch và quản lý các vùng cửa sông ven biển.

Tuy kỹ thuật quan trắc bằng camera rất có triển vọng ứng dụng trong ứng dụng thực tế nhưng vẫn còn nhiều hạn chế khi áp dụng cho các cửa sông ở Việt Nam như đã trình bày trong bài viết này. Do vậy, trong vòng 30 năm qua kỹ thuật này mới chỉ được áp dụng ở khoảng 30 địa điểm, chủ yếu ở các nước có khoa học kỹ thuật phát triển, cơ sở hạ tầng (điện, internet, an ninh) tốt và người dân trình độ văn hóa cao như Bắc Mỹ, Tây Âu, Úc, Nhật Bản.

Tài liệu tham khảo

1. Aarninkhof, S.G.L. and Roelvink, J.A. (1999). ARGUS-based monitoring of intertidal beach morphodynamics. Proc. of Coastal Sediments Conf. ASCE, pp. 2429-2444.
2. Lippmann, T. C. & R. A. Holman (1991), Phase speed and angle of breaking waves measured with video techniques. In: Proc. Coastal Sediments '91, New York: ASCE.
3. Hitoshi Tanaka (2006). Monitoring of Short-term Morphology Change at a River Mouth. Vietnam-Japan Estuary Workshop, Hanoi, Vietnam, 22nd – 24th August 2006.

Abstract

ESTUARY AND BEACH MONITORING WITH VIDEO TECHNIQUES

Estuaries and coastal shorelines are the most complicated morphological features that are undergoing frequent changes under the governing of hydrodynamic processes. The study on the physical forcings and the trends of their morphological changes usually requires a lot of data including topographical evolution. However, an in-situ topographic survey is commonly very costly. Therefore, the applications of video techniques for coastal and estuary monitoring can complement more comprehensive datasets to monitor changes on the coasts and estuaries with lower costs and help understand beach response to coastal processes. These techniques can assist managers to identify trends and management issues and assist in developing strategic directions for estuary and coastal planning.

Keywords: Video techniques; Coastal monitoring; Estuaries.

Người phản biện: PGS.TS. Phạm Thị Hương Lan

BBT nhận bài: 12/6/2013

Phản biện xong: 19/6/2013