

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THÁM XÁC ĐỊNH NỒNG ĐỘ BÙN CÁT LƠ LỬNG VÙNG CỬA HỒI SÔNG MÃ

Nguyễn Thanh Hùng, Nguyễn Thành Luân,
Vũ Đình Cường, Đặng Hoàng Thanh
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Vũ Hữu Long, Nguyễn Vũ Giang,
Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam

Tóm tắt: Ước tính nồng độ bùn cát lơ lửng (BCLL) có vai trò rất quan trọng trong nghiên cứu đánh giá diễn biến hình thái, môi trường nước vùng cửa sông, ven biển. Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám để xác định mối quan hệ giữa phổ phản xạ từ ảnh vệ tinh với nồng độ BCLL vùng cửa sông Mã thuộc tỉnh Thanh Hóa trên cơ sở kết hợp đo đạc hiện trường và phân tích giải đoán ảnh. Kết quả cho thấy quan hệ giữa phổ phản xạ từ ảnh vệ tinh (Landsat-8 OLI) với nồng độ BCLL tuân theo hàm đa thức bậc hai ($R^2=0.74$). Kết quả của nghiên cứu này bước đầu định hướng phát triển các nghiên cứu liên quan đến sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh để xác định nồng độ BCLL của các cửa sông khu vực miền Trung cũng như các khu vực khác dọc bờ biển Việt Nam.

Từ khóa: cửa sông Mã, bùn cát lơ lửng, ảnh viễn thám.

Summary: Estimating the concentration of suspended sediment has an important role in the studies morphology, water quality in estuaries and coastal areas. This study uses remote sensing data to determine the relationship between the reflectance spectrum from satellite imagery and suspended sediment concentrations at Ma estuary in Thanh Hoa province from field measurements and analysis of satellite imagery. The results showed that the relationship between the reflectance spectrum from satellite imagery (Landsat-8 OLI) and concentrations follow quadratic polynomial ($R^2 = 0.74$). The results of this study initially setup a orientation study related to use satellite images to determine the concentration of suspended sediment at the Ma estuary in particular and further in central region of Vietnam in general.

Keyword: Ma estuary, suspended sediment, satellite images.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bùn cát lơ lửng (BCLL) là một chỉ số quan trọng liên quan tới lượng vận chuyển bùn cát và gián tiếp liên quan tới hiện tượng xói lở, bồi tụ vùng cửa sông, ven biển. Các phương pháp chính trong việc xác định lượng bùn cát lơ lửng gồm: đo đạc hiện trường, mô hình toán, viễn thám,...Việc xác định hàm lượng

BCLL bằng phương pháp đo đạc truyền thống thường rất tốn kém nên gặp nhiều khó khăn khi nghiên cứu ở phạm vi không gian rộng. Phương pháp sử dụng công nghệ viễn thám có ưu điểm là có thể cung cấp thông tin về phân bố không gian của nồng độ BCLL ở phạm vi lớn. Sự kết hợp khác nhau của các kênh phổ ở dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại đã được nghiên cứu và đề xuất như là chỉ số để tính toán BCLL ven biển, cửa sông, đầm phá...

Các hạt vật chất lơ lửng như sét mịn (đường kính 3-4 μ m), bùn (5-40 μ m), cát mịn (40-

Ngày nhận bài: 04/01/2017

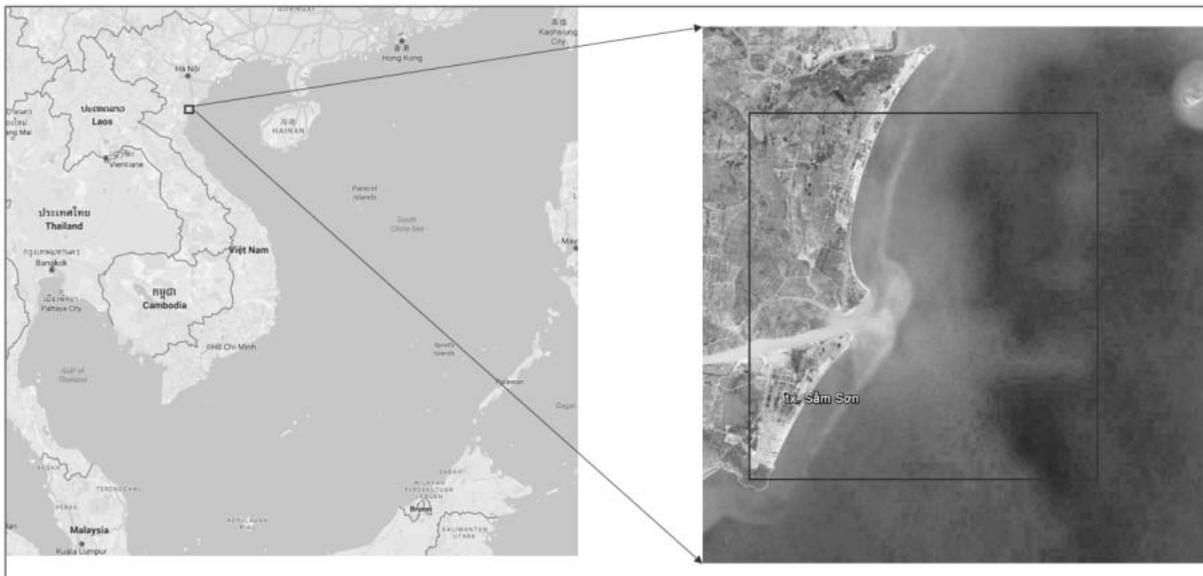
Ngày thông qua phản biện: 8/2/2017

Ngày duyệt đăng: 24/2/2017

130 μ m), cát thô (131-250 μ m) trong thực tế chúng thường tồn tại theo kiểu hỗn hợp các thành phần này với nhau, tùy theo từng vùng mà lượng đa số sẽ thuộc về thành phần nào trong đó. Bùn cát lơ lửng vùng cửa sông có nguồn gốc từ rất nhiều nguồn khác nhau bao gồm từ sự xói mòn đất nông nghiệp ở những vùng đất thượng lưu, phong hóa địa hình, xói mòn đường bờ do sóng hoặc hoạt động vận tải ven bờ, hoạt động nạo vét.v.v. Nó cho thấy mức độ cao tập trung tại các khu vực nước trong đất liền và ven bờ hơn đại dương (Gordon, 1983).

Đặc tính quang phổ của nước biển chủ yếu liên quan đến màu đại dương với nhiều nguồn khác nhau, đặc biệt là nồng độ BCLL ở độ sâu tương đối nông khu vực ven biển. Nói chung, các phản xạ quang phổ của bùn cát thống trị các quá trình về nước tăng hấp thụ ở cả bước sóng màu đỏ và màu xanh trong phổ và tại bước sóng màu xanh lá cây (Sathyendranath và Morel, 1983). BCLL như các chất vô cơ là

một vật liệu tán xạ rất tốt mà không cần bất kỳ sự hấp thụ của bức xạ mặt trời. Độ lớn của sự tán xạ có liên quan đến kích thước của mỗi hạt bùn cát và cát và phân bố của nó. Kích thước bùn cát càng nhỏ thì khả năng tán xạ càng lớn. BCLL phản ánh rõ ở bước sóng 500-600 nm, do đó có thể xác định nồng độ BCLL bằng cách sử dụng chiều dài bước sóng này. Clark (1980) sử dụng các tỷ lệ bức xạ phổ ở 440 nm và 550 nm của bộ quét bức xạ đa kênh vùng ven biển (CZCS) vệ tinh Nimbus để ước lượng phù sa lơ lửng. Các nghiên cứu khác ước tính nồng độ bùn cát sử dụng dữ liệu vệ tinh (ví dụ, Clark, 1980; Strum, 1983; Tassan, 1994; Clark, 1997; Doerffer và Schiller, 1997; Binding, 2003; Ruddick, 2003; Miller và McKee, 2004). Đến nay, các nghiên cứu về ứng dụng ảnh viễn thám vẫn tiếp tục phát triển theo các hướng như việc hiệu chỉnh giữa phân tích loại ảnh với phổ đo được, hoặc giữa ảnh với đo đạc hiện trường... để xác định nồng độ bùn cát.



Hình 1: Phạm vi khu vực nghiên cứu

Hệ thống sông Mã đổ trực tiếp ra Biển Đông qua ba cửa sông: cửa Lạch Sung, cửa Lạch Trường và cửa Hới. Các cửa sông đưa ra lượng bùn cát bồi tụ cho dải ven biển phía Bắc

của Thanh Hóa. Vùng biển Thanh Hóa có chế độ sóng, dòng chảy biến đổi theo mùa khá rõ rệt. Khu vực cửa sông Mã và bãi biển Sầm Sơn có chế độ thủy động lực phức tạp do bị

ảnh hưởng của dòng chảy từ hệ thống sông Mã nên gần đây xảy ra hiện tượng xói lở bờ rất nghiêm trọng (Hùng và nnk 2016). Để đưa ra giải pháp bảo vệ bờ đòi hỏi phải làm rõ nguyên nhân xói lở, trong đó nghiên cứu vấn đề vận chuyển bùn cát liên quan đến xói lở hết sức khó khăn do yêu cầu đo đạc và tính toán với khối lượng lớn, tài chính nhiều. Bài báo này đã sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám kết hợp với dữ liệu đo đạc bùn cát lơ lửng để xây dựng quan hệ giữa phổ phản xạ của ảnh với nồng độ BCLL vùng cửa sông Mã. Với phương pháp này có thể tìm cách ước lượng nồng độ bùn cát khu vực cửa sông từ tài liệu ảnh viễn thám khi có ít số liệu đo đạc. Kết quả nghiên cứu là cơ sở ban đầu giúp cho việc phát triển các nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám xác định nồng độ BCLL khu vực cửa

sông Mã nói riêng và cho cửa sông miền Trung nói chung.

2. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tài liệu

Tư liệu ảnh vệ tinh, bản đồ địa hình, mực nước thủy triều, số liệu bùn cát lơ lửng và số liệu đo phổ phản xạ rời mặt nước là những tài liệu chính đã được sử dụng trong nghiên cứu này.

Tài liệu ảnh và bản đồ:

Ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI (độ phân giải không gian 30m) trong khoảng thời gian lấy mẫu bùn cát lơ lửng (bảng 1) và một số cảnh ảnh khác được sử dụng để ước tính và đánh giá phân bố nồng độ bùn cát lơ lửng khu vực cửa sông.

Bảng 1: Tư liệu ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu

Loại ảnh	Bộ cảm biến	Vị trí ảnh (path, row)	Ngày chụp	Số hiệu cảnh	Độ phân giải	Cao độ thủy triều
Landsat 8	OLI_TIRS	p126, r46	14/11/2015	LC81260462015319LGN00	30m; 15m	
Landsat 8	OLI_TIRS	p126, r46	26/06/2016	LC81260462016178LGN00	30m; 15m	
Landsat 8	OLI_TIRS	p126, r46	17/11/2016	LC81260462016322LGN00	30m; 15m	

Tài liệu mực nước, bùn cát lơ lửng và phổ phản xạ rời mặt nước:

Nghiên cứu đã sử dụng số liệu mực nước giờ đo tại trạm Quảng Châu cửa sông Mã. Số liệu này được đo trùng với thời gian lấy mẫu BCLL và thời gian vệ tinh Landsat chụp khu vực cửa sông (bảng 1).

Số liệu BCLL được xác định từ kết quả phân tích các mẫu lấy trong khoảng thời gian có ảnh Landsat. Các mẫu bùn cát được lấy trong hai đợt khảo sát mùa lũ và mùa kiệt. Đồng thời tiến hành đo phổ phản xạ rời mặt nước tại các vị trí lấy mẫu BCLL.

Thời gian lấy mẫu bùn cát lơ lửng: Đợt đo mùa lũ từ 9h đến 12h ngày 13/08/2016 và đợt đo mùa kiệt từ 9h đến 12h ngày 17/11/2016.

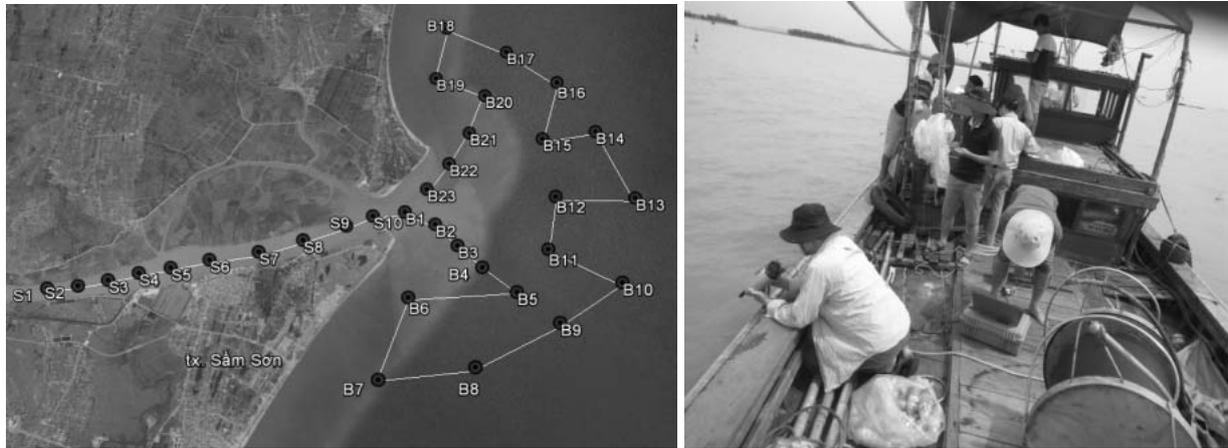
Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp đo đạc, lấy mẫu hiện trường:

Nghiên cứu thực hiện hai lần đo đạc phổ phản xạ rời mặt nước và lấy mẫu bùn cát lơ lửng tại vùng cửa sông Mã (mùa lũ và mùa kiệt). Mỗi lần lấy 30 mẫu bùn cát lơ lửng (trong sông lấy 10 điểm, ngoài biển lấy 20 điểm) phân bố bao quát toàn bộ phạm vi lan truyền của bùn cát ở vùng cửa sông Mã (như Hình 2). Tại các điểm lấy mẫu BCLL đồng thời tiến hành đo

đặc phổ phản xạ rời mặt nước bằng thiết bị phổ cầm tay ASD. Kết quả đo phổ hiện trường sẽ được xử lý phân tích để phục vụ việc thiết

lập thuật toán quang-sinh học để ước tính hàm lượng bùn cát lơ lửng.



Hình 2. Đo đạc và lấy mẫu BCLL hiện trường khu vực cửa Hới

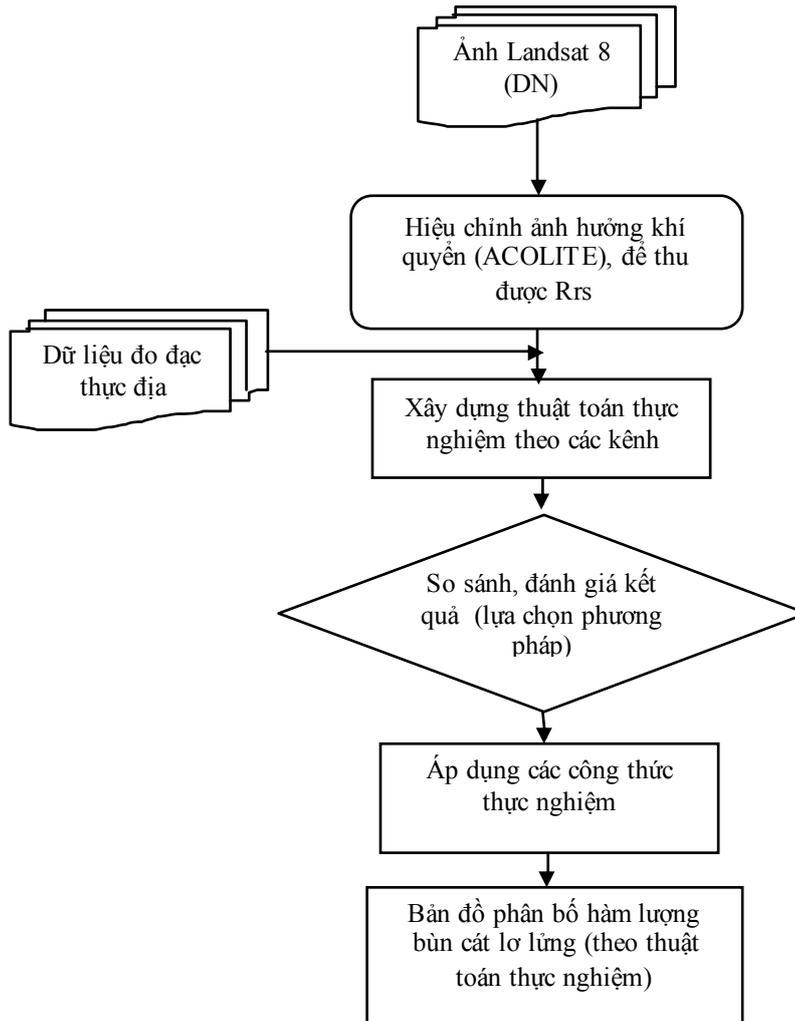
Phương pháp phân tích xử lý ảnh viễn thám:

Ảnh Landsat-8 OLI là dữ liệu miễn phí, được tải về trực tiếp từ cơ sở dữ liệu ảnh của Cục khảo sát địa chất liên bang Hoa Kỳ (USGS). Lượng bức xạ điện từ thu được trên bầu khí quyển (TOA radiances) thu được trên cảm biến ở mức xử lý 1T được cung cấp dưới định dạng GeoTIFF, với các kênh riêng lẻ đã được chuẩn hóa về mặt hình học ở hệ tọa độ UTM. Với độ phủ chụp lên tới 185 km x 185km, độ phân giải kênh đa phổ 30m, ảnh Landsat-8 OLI rất phù hợp khi áp dụng cho vùng cửa Hới, khu vực nghiên cứu nằm trọn vẹn trong một cảnh ảnh, do vậy dữ liệu ảnh sử dụng sẽ đảm bảo được tính thống nhất, đồng nhất về mặt thời gian.

Quy trình xử lý ảnh Landsat-8 được mô tả trong Hình 3. Ảnh Landsat-8 phải thông qua bước tiền xử lý ảnh, bước này bao gồm hiệu chỉnh bức xạ, hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển, lọc mây để có được phổ phản xạ rời khỏi nước (Rrs). Thuật toán quang-sinh học (Bio-optical algorithms) được áp dụng sau khi có được giá trị phổ phản xạ của khối nước. Các thuật toán này được xây dựng dựa trên phổ đo đạc tại thực địa với số liệu đo mẫu hàm lượng bùn cát lơ lửng tương ứng (công thức kinh

nghiệm-Empirical algorithms). Trong quy trình xử lý có 2 bước rất quan trọng, quyết định độ chính xác kết quả đó là bước hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển và áp dụng thuật toán quang-sinh học để ước tính hàm lượng bùn cát lơ lửng.

Hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển ảnh Landsat-8: Có nhiều phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển với ảnh Landsat-8 như sử dụng các phần mềm thương mại như FLAASH của Envi, ATCOR của ERDAS hoặc ACOR, 6S... Để thu được phản xạ biển (marine reflectance) của khối nước, các phương pháp hiệu chỉnh chuyên sâu hơn đã được nghiên cứu và công bố của một số tác giả như Gordon, H. R., & Wang, M., 1994, Quinten V & K Ruddick, 2014.v.v. Các nghiên cứu này tập trung giải quyết triệt để các nguồn sai số chính của khí quyển gây ra trên phổ phản xạ thu được ở sensor, hai trong số đó là sai số do ảnh hưởng bởi các phân tử khí (molecular-Releigh reflectance), các sol khí (aerosol reflectance). Trong nghiên cứu này công cụ ACOLITE đã được sử dụng để hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển cho ảnh Landsat-8, đây là công cụ rất phổ biến hiện nay, được áp dụng cho nghiên cứu môi trường nước.



Hình 3. Quy trình xử lý ảnh để ước tính hàm lượng bùn cát lơ lửng từ ảnh Landsat-8 OLI

Thuật toán quang-sinh học (Bio-optical algorithms): Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng thuật toán kinh nghiệm để xây dựng công thức quang-sinh học dựa trên số liệu đo đạc nồng độ bùn cát lơ lửng ngoài thực địa với tư liệu phổ từ máy đo phổ cầm tay và phổ phản xạ từ ảnh vệ tinh. Nghiên cứu sử dụng thuật toán ước tính nồng độ bùn cát khác đã được xây dựng trên thế giới, trong đó có thuật toán Nechad, 2010 (Nechad, B. Ruddick, K.G and Y. Park, 2010), đây là thuật toán được xây dựng nhằm áp dụng cho mọi tư liệu ảnh vệ tinh và với mọi khu vực địa lý, các tham số đã được thành lập từ tập dữ liệu đo đạc rất lớn của các vùng cửa sông khác nhau trên thế giới.

Thuật toán Nechad 2010: Với kênh đỏ ảnh Landsat-8:

$$SPM = \frac{289.29 * \rho_w}{\left(1 - \frac{\rho_w}{0.1686}\right)} \text{ mg/l} \quad (1)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Xây dựng thuật toán quang - sinh học cho khu vực cửa Hới

Kết quả lấy mẫu BCLL và đo phổ tại hiện trường:

Các mẫu BCLL lấy tại hiện trường vào thời điểm có ảnh chụp Landsat trong hai lần khảo sát đã được phân tích trong phòng thí nghiệm để xác định nồng độ BCLL. Kết quả phân tích

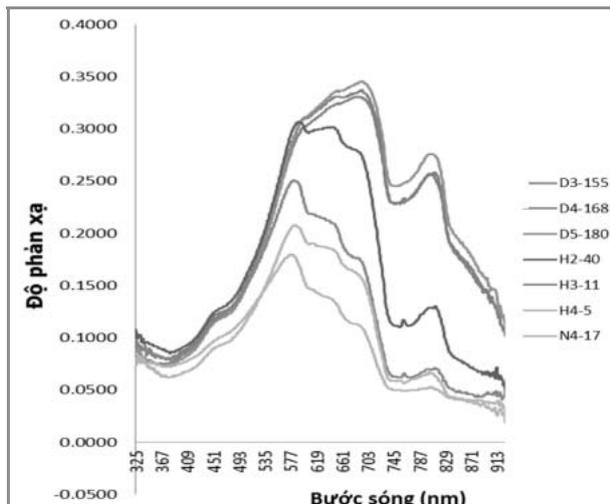
cho thấy khu vực cửa Hới có nồng độ BCLL tương đối thấp: đợt đo mùa lũ tháng 8/2016 nồng độ BCLL lớn nhất cũng chỉ đạt

0.371kg/m³, trung bình 0.101kg/m³; đợt đo mùa kiệt tháng 11/2016 nồng độ BCLL lớn nhất 0.09kg/m³, trung bình 0.031kg/m³ (Bảng 2).

Bảng 2: Đặc trưng nồng độ BCLL khu vực cửa Hới qua hai đợt khảo sát năm 2016

Đợt đo mùa lũ ngày 13/08/2016					Đợt đo mùa kiệt ngày 17/11/2016				
TT	Ký hiệu mẫu	Nồng độ (mg/l)	Vĩ độ Bắc	Kinh độ Đông	TT	Ký hiệu mẫu	Nồng độ (mg/l)	Vĩ độ Bắc	Kinh độ Đông
1	B2	0.051	19.8225	105.9336	1	B1	0.05	19.7830	105.9320
2	B3	0.078	19.8177	105.9664	2	B2	0.08	19.7823	105.9380
3	B21	0.039	19.7954	105.9875	3	B3	0.05	19.7813	105.9450
4	B22	0.046	19.8302	105.9486	4	B4	0.06	19.7790	105.9530
...
30	S11	0.106	19.7833	105.9275	30	S4	0.01	19.7749	105.8870
<i>TB</i>		<i>0.101</i>			<i>TB</i>		<i>0.031</i>		
<i>Min</i>		<i>0.030</i>			<i>Min</i>		<i>0.010</i>		
<i>Max</i>		<i>0.371</i>			<i>Max</i>		<i>0.090</i>		

Các mẫu đo phổ hiện trường bằng thiết bị đo phổ cầm tay ASD được phân tích xử lý bằng phần mềm. Kết quả đo phổ được trình bày như Hình 4. Có thể nhận thấy khối nước có chứa bùn cát lơ lửng khu vực cửa sông Mã phản xạ mạnh đối với dải bước sóng đỏ có bước sóng trong khoảng 535-670 nm.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn đường cong phổ đo tại thực địa ngày 13/08/2016

Xây dựng thuật toán thực nghiệm lần 1 (TN1) và lần 2 (TN2):

Trên cơ sở các kết quả đo đặc phổ phản xạ của khối nước và lấy mẫu nồng độ bùn cát lơ lửng khu vực cửa sông Mã, một phương trình hồi quy phi tuyến đã được thành lập từ giá trị phổ phản xạ ở kênh đỏ với giá trị nồng độ bùn cát lơ lửng thực đo, gọi là thuật toán TN1 và TN2 như sau:

- Phương trình hồi quy phi tuyến thiết lập từ số liệu đo đợt mùa lũ tháng 8/2016:

$$SPM = 1.051e^{39.59 \cdot \rho_{wRed}} \text{ (mg/l)} \quad (2)$$

Trong đó ρ_w là giá trị phổ phản xạ tại kênh đỏ của ảnh Landsat 8 được mô phỏng lại từ số liệu đo phổ thực địa.

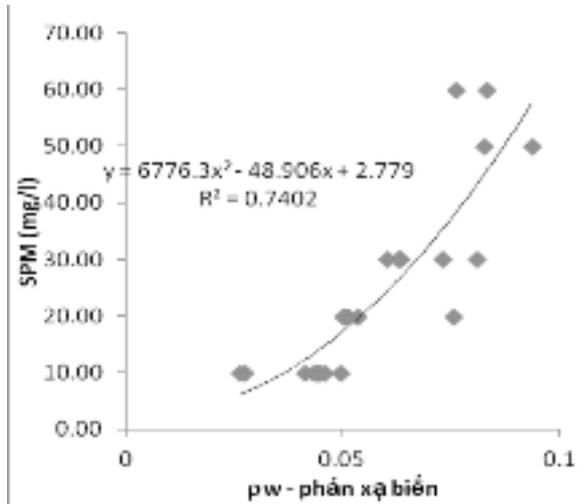
- Phương trình hồi quy phi tuyến thiết lập từ số liệu đo đợt mùa kiệt tháng 11/2016:

$$SPM = 6776.3 \cdot \rho_{wRed} - 48.906 \cdot \rho_{wRed} + 2.779 \quad (3)$$

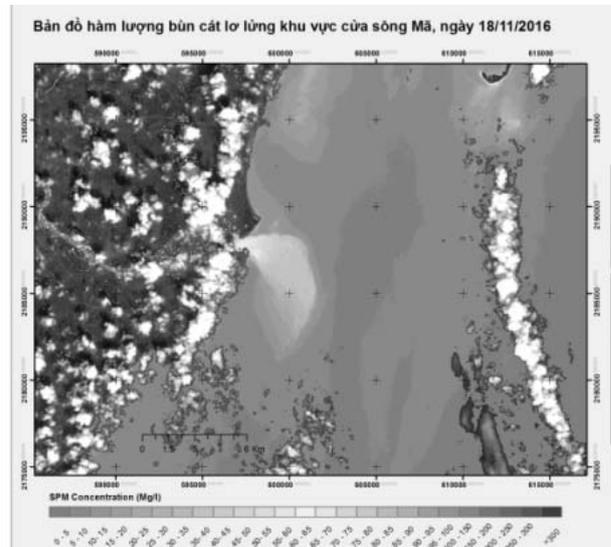
Phương trình hồi quy phi tuyến theo số liệu đo tháng 8/2016 có dạng hàm số mũ với hệ số tương quan $R^2 = 0.967$, phương trình hồi quy phi tuyến theo số liệu đo tháng 11/2016 có

dạng hàm số bậc hai với hệ số tương quan $R^2 = 0.740$. Tuy phương trình (3) có hệ số tương quan nhỏ hơn phương trình (2) nhưng cho kết quả giải đoán nồng độ bùn cát khu vực cửa sông Mã tốt hơn. Do phương trình (2) được

xây dựng từ các số liệu đo phân bố đều trong dải nồng độ bùn cát thấp nhỏ hơn 70 mg/l, trong khi đó phương trình (3) được xây dựng từ các số liệu đo phân bố không đều trong dải nồng độ bùn cát cao hơn đến 200 mg/l (Hình 4).



Số liệu đo mùa kiệt ngày 17/11/2016

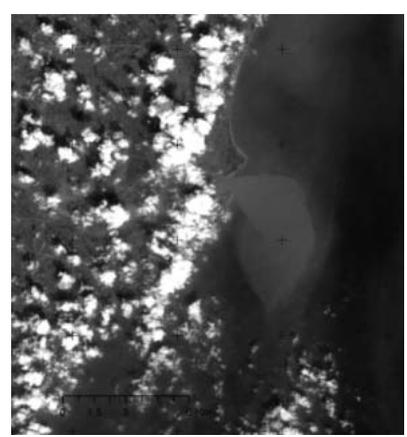
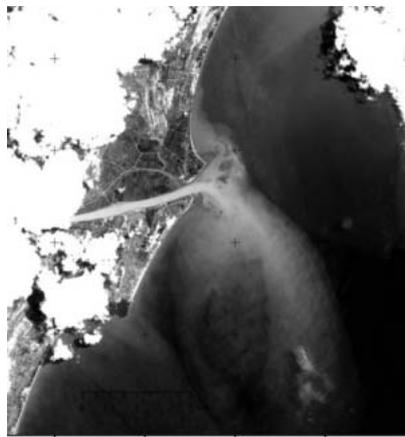


Hình 5. Quan hệ phổ phản xạ kênh đò ảnh Landsat-8 với nồng độ BCLL và kết quả giải đoán ảnh Landsat-8

Ước tính phân bố nồng độ bùn cát lơ lửng khu vực cửa Hới

Trên cơ sở thuật toán Nechad 2010, và các thuật toán TN để xác định nồng độ BCLL như đã trình bày trong phần trên, nghiên cứu tiến hành đánh giá ước tính phân bố nồng độ BCLL khu vực cửa sông Mã cho một số cảnh

ảnh Landsat-8, từ đó so sánh nhận xét về sự phù hợp của các thuật toán khi áp dụng cụ thể cho khu vực cửa sông Mã. Nghiên cứu đã sử dụng các cảnh ảnh Landsat-8 ngày ngày 14/11/2015, 26/06/2016 và ngày 17/11/2016 để ước tính phân bố nồng độ BCLL theo các thuật toán.



Cảnh ảnh ngày 14/11/2015

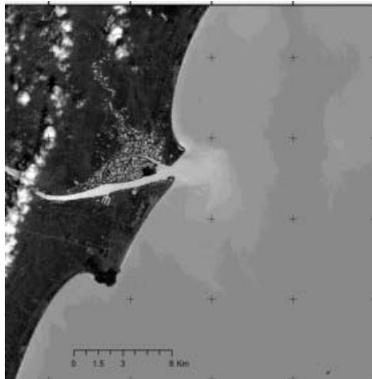
Cảnh ảnh ngày 26/16/2016

Cảnh ảnh ngày 17/11/2016

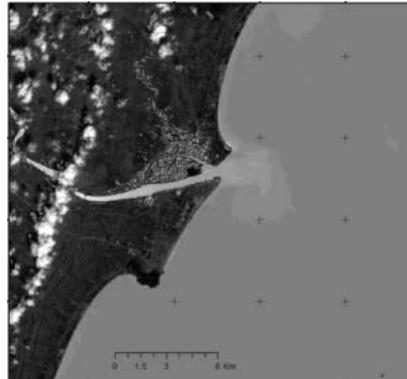
Hình 6. Ảnh tổ hợp màu tự nhiên của tư liệu ảnh vệ tinh

Kết quả ước tính ước tính phân bố nồng độ BCLL khu vực cửa sông Mã theo các thuật toán được được mô tả dưới đây:

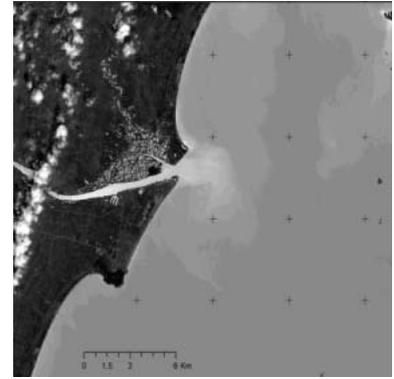
- Ước tính nồng độ BCLL từ cảnh ảnh Landsat ngày 14/11/2015:



a)

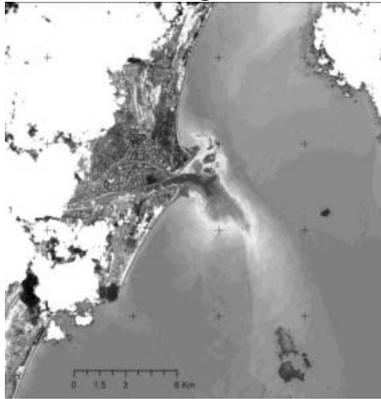


b)

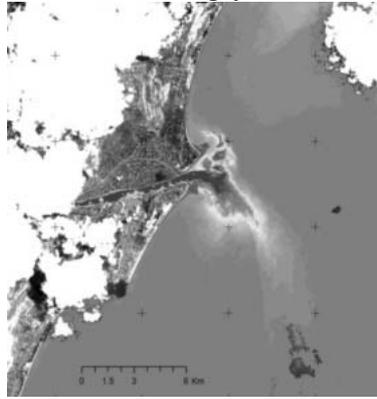


c)

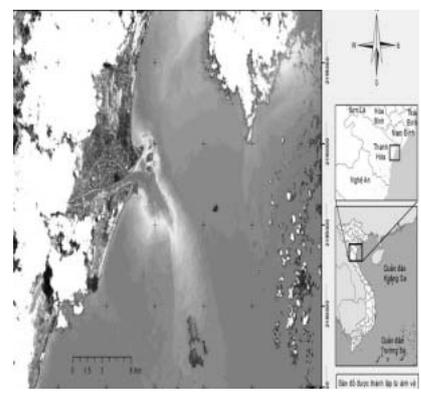
- Ước tính nồng độ BCLL từ cảnh ảnh Landsat ngày 26/06/2016:



d)

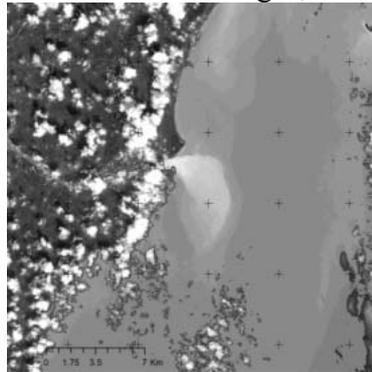


e)

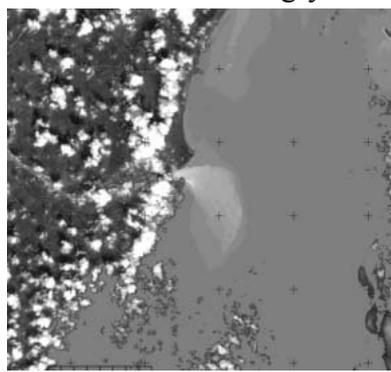


f)

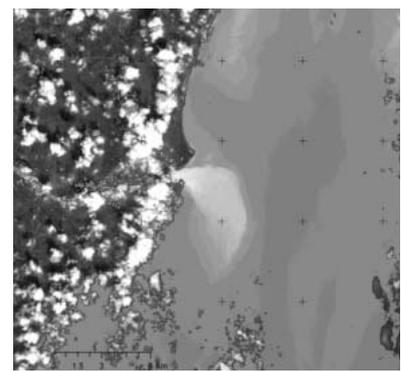
- Ước tính nồng độ BCLL từ cảnh ảnh Landsat ngày 26/06/2016:



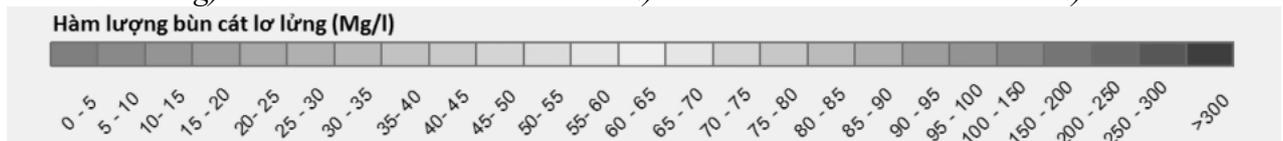
g)



h)

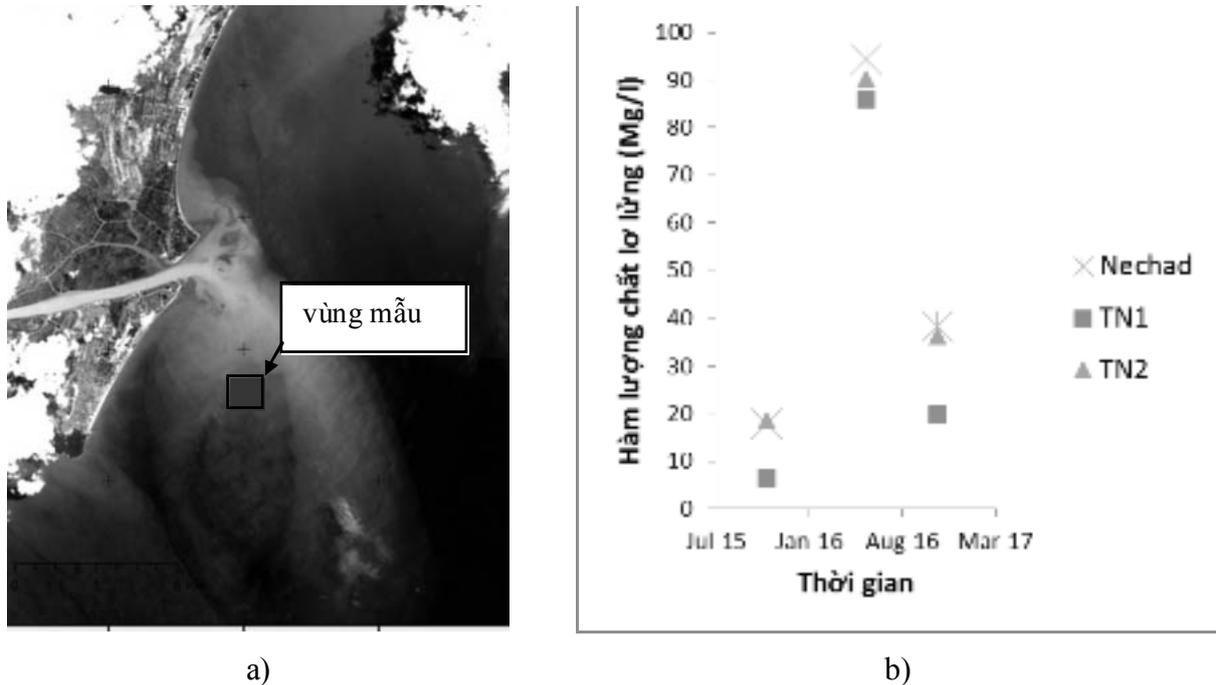


k)



Hình 7. Bản đồ phân bố hàm lượng bùn cát lơ lửng các thời điểm ước tính theo các thuật toán khác nhau. Hình a, d, g áp dụng thuật toán Nechad 2010; b, e, h áp dụng thuật toán (TN1); c, f, k áp dụng thuật toán (TN2)

Sử dụng một vùng mẫu để thống kê giá trị thay đổi của hàm lượng bùn cát lơ lửng của 3 thuật toán ở 3 thời điểm chụp ảnh (Hình 8).



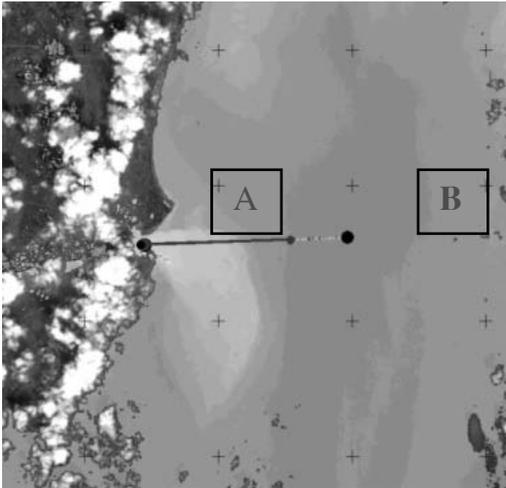
Hình 8. So sánh thống hàm lượng bùn cát lơ lửng tại vùng mẫu trên 3 thời điểm chụp ảnh ở các thuật toán khác nhau: a) sơ đồ vị trí vùng mẫu, b) đồ thị giá trị biến thiên giữa các phương pháp và thời điểm chụp

So sánh các kết quả 3 thuật toán trên 3 cảnh Landsat có thể thấy giá trị hàm lượng BCLL của thuật toán TN2 và Nechad 2010 có kết quả ước tính rất gần nhau độ lệch lớn nhất ở ngưỡng giá trị 90 - 100 mg/l là nhỏ hơn 5 mg/l (hình 8), trong khi đó kết quả ước tính từ thuật toán TN1 lại có sự khác biệt khá lớn so với 2 kết quả còn lại. Do TN1 được xây dựng dựa trên việc mô phỏng giá trị kênh phổ trên ảnh vệ tinh sử dụng giá trị đo phổ cầm tay, thiết bị sử dụng trong nghiên cứu này chưa phải thiết bị đặc dụng trong nghiên cứu môi trường nước, vì vậy dữ liệu mô phỏng sẽ có những sai khác nhất định, dẫn tới kết quả không được chụm với 2 thuật toán còn lại. Như vậy xét trên việc thống kê, phân tích thì thuật toán TN2 và Nechad 2010 đáp ứng được yêu cầu áp dụng cho các ảnh vệ tinh còn lại để ước tính hàm lượng BCLL.

Tuy nhiên thuật toán TN2 được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm giữa kết quả đo đạc với phổ chụp trên ảnh vệ tinh tại chính vùng cửa sông Mã, do vậy TN2 sẽ phản ánh gần hơn đặc điểm phân bố BCLL tại khu vực này, TN2 sẽ được chọn để ước tính hàm lượng BCLL cho những ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI còn lại.

Đánh giá sự phân bố nồng độ BCLL khu vực cửa sông Mã:

Nghiên cứu sử dụng một mặt cắt dọc nối từ cửa biển ra ngoài khơi với độ dài 7km (Hình 9). Dựa vào số liệu biểu đồ biểu thị phân bố giá trị dọc theo mặt cắt có thể thấy rất rõ đặc điểm thay đổi nồng độ BCLL khi ra ngoài cửa sông. Xét theo mùa, chuỗi ảnh phân tích từ tháng 6 tương ứng với đầu mùa lũ và tháng 10, tháng 11 là đầu mùa kiệt.

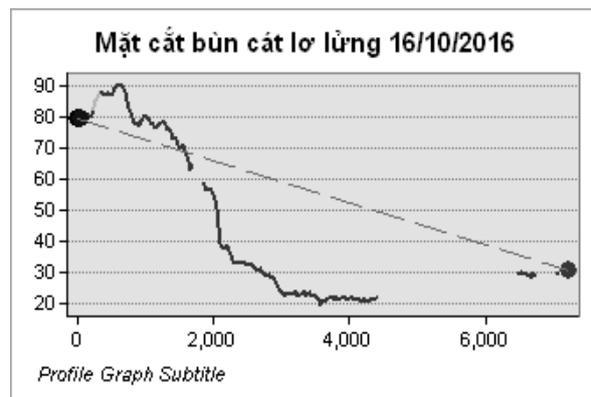
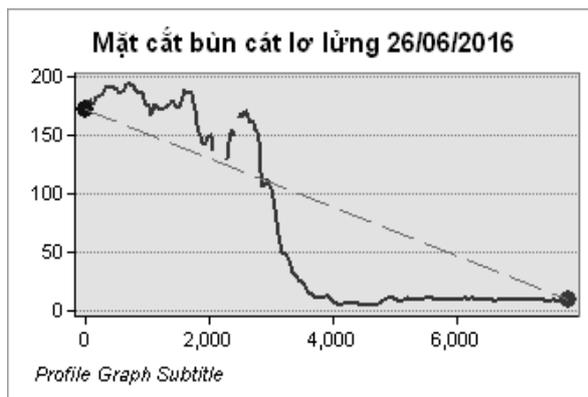


Hình 9: Sơ đồ mặt cắt dọc và biểu đồ phân bố hàm lượng bùn cát lơ lửng theo mặt cắt thời điểm tháng 11/2016

Với thời điểm tháng 6/2016, ở khoảng 3km tính từ cửa biển có giá trị nồng độ BCLL rất cao lên tới gần 200 mg/l; từ khoảng cách ngoài

3km đến 4km nồng độ BCLL thay đổi đột ngột thể hiện qua độ dốc biến thiên của giá trị nồng độ BCLL rất lớn, từ ngưỡng giá trị trên 100mg/l xuống chỉ còn ở ngưỡng thấp dưới 30mg/l; từ khoảng cách 4km trở đi ngưỡng giá trị chỉ còn ở mức <15 mg/l. Sự phân bố trên cũng phù hợp với thực tế mà nhóm nghiên cứu đã ghi nhận được trong đợt khảo sát mùa lũ tháng 8/2016 (Bảng 2).

Đến thời điểm tháng 10/2016, đây là thời điểm cuối mùa lũ nên qua phân tích trên ảnh chụp ngày 16/10/2016 cho thấy nồng độ BCLL đã giảm đi đáng kể, ở mức 90 mg/l tại vùng cửa sông và 2km quanh đó; từ 2-4km ngoài cửa sông nồng độ BCLL cũng giảm mạnh xuống còn mức 20mg/l; ở khoảng cách ngoài 4km giá trị bùn cát ở mức dưới 20mg/l và giảm dần (Hình 10).



Hình 10: Biểu đồ phân bố nồng độ BCLL theo mặt cắt thời điểm tháng 6 và 10/2016

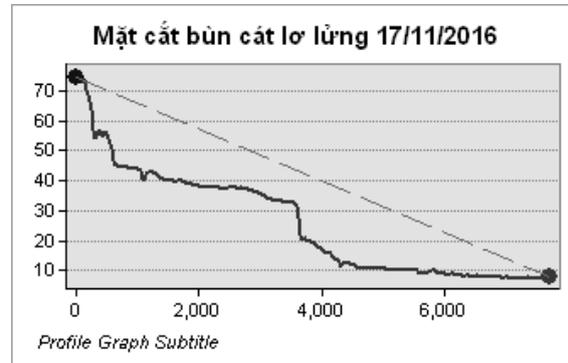
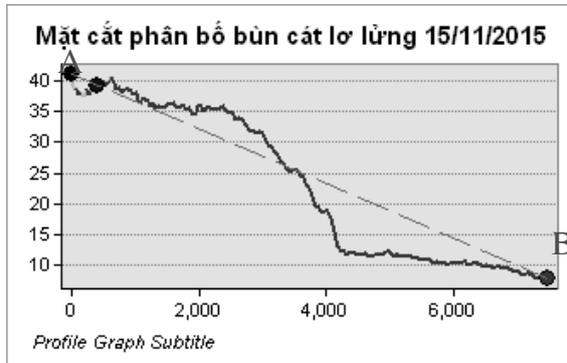
Cũng trên kết quả phân tích biến động nồng độ BCLL vào tháng 11/2015 và tháng 11/2016. Từ biểu đồ mặt cắt cho thấy ở khu vực gần cửa sông giá trị nồng độ BCLL tháng 11/2016 ở khoảng 70mg/l, cao gần gấp đôi so với cùng thời điểm năm 2015 ở ngưỡng 35-40mg/l (Hình 11). Như vậy có thể thấy bùn cát lơ lửng vào cuối mùa lũ năm 2016 có giá trị khá cao, kết quả này là hợp lý với điều kiện thủy văn sông Mã năm 2015 không có mưa lũ trong khi năm 2016 mưa lũ đến muộn.

Kết quả phân tích cho thấy sự khác nhau rõ rệt

giữa nồng độ bùn cát lơ lửng ở mùa lũ và mùa kiệt. Bản đồ phân bố nồng độ bùn cát lơ lửng trên ảnh Landsat chỉ ra rằng vào mùa lũ dòng chảy đưa bùn cát ra biển có nồng độ cao, tại vị trí cửa sông và khu vực cách cửa sông khoảng 6km, dòng vận chuyển bùn cát theo hướng dòng biển hình thành một vùng dạng roi. Ở vùng cửa sông bùn cát lơ lửng có thể đạt tới trên 300 mg/l và giảm dần tỉ lệ nghịch với khoảng cách so với vùng cửa sông. Trong khi vào mùa kiệt do lưu lượng nước trong sông nhỏ, lượng bùn cát vận chuyển cũng vì vậy mà nhỏ hơn hẳn. Bản đồ

phân bố cho thấy, vào mùa kiệt dòng bùn cát lơ lửng tập trung trong khoảng 3km và phân tán

đều quanh vùng cửa sông, giá trị trung bình chỉ vào khoảng 35-40 mg/l.



Hình 11: Phân bố nồng độ BCLL theo mặt cắt thời điểm tháng 11/2015 và tháng 11/2016

Kết quả sơ bộ thu được khá tốt, quy trình xử lý ảnh đưa ra phù hợp với đối tượng nghiên cứu. Các bước thực hiện đảm bảo tính logic khoa học, rất đặc thù với việc sử dụng tư liệu viễn thám trong quan trắc yếu tố nồng độ BCLL. Kết quả phân tích từ ảnh cho thấy bức tranh toàn cảnh sự phân bố nồng độ BCLL khu vực cửa sông và ven bờ. Đây là kết quả có tính chất khách quan, từ đó có thể sử dụng kết quả này phục vụ hiệu chỉnh các mô hình vận chuyển bùn cát.

Bên cạnh những kết quả ban đầu đạt được, một số hạn chế trong nghiên cứu cần đề cập đến như:

- Thứ nhất, rất khó để có được ảnh vệ tinh với điều kiện quang mây tương ứng với thời điểm lấy mẫu thực địa để kiểm chứng. Vệ tinh quang học phụ thuộc hoàn toàn vào điều kiện thời tiết quang mây.
- Thứ hai, việc đo đạc thực địa cần tập trung vào khoảng thời gian vệ tinh bay qua (giới hạn trong khoảng 2 giờ trước và sau thời điểm ảnh vệ tinh). Với vệ tinh Landsat-8 giờ vệ tinh bay qua là khoảng 10h17', do vậy tuyến khảo sát phải được thiết kế hợp lý.
- Thứ ba, thiết bị đo phổ trên bề mặt biển chưa đạt chuẩn của thiết bị chuyên dụng để đo phổ phản xạ của nước biển (hiện tại ở Việt Nam hiện chưa có đơn vị nghiên cứu nào có thiết bị

chuyên dụng này – trừ một số nghiên cứu được thực hiện bởi các chuyên gia quốc tế). Do vậy việc đo đạc và xử lý thông tin phổ thu được khá khó khăn và cần nhiều nguồn tham chiếu để hiệu chỉnh, kiểm chứng.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này bước đầu đã thiết lập cách xác định lượng bùn cát lơ lửng vùng cửa sông Mã bằng việc phân tích ảnh viễn thám kết hợp đo đạc lấy mẫu từ thực địa. Kết quả phân tích trên ảnh tương quan tương đối chặt chẽ với kết quả từ phân tích mẫu từ thực địa, điều này cho phép trong tương lai có thể sử dụng phân tích ảnh để tính toán lượng bùn cát lơ lửng thay vì phải thực hiện thu thập và phân tích mẫu tại thực địa (tốn kém kinh phí và thời gian) khi tương quan đủ chặt chẽ.

Dựa vào kết quả phân tích trên ảnh vệ tinh, nghiên cứu đã cho thấy phần nào bức tranh toàn cảnh sự phân bố BCLL theo mùa tại khu vực cửa sông Mã. Với hàm lượng bùn cát vào mùa lũ có thể lên tới trên 300 mg/l và ở mức dưới 40mg/l vào mùa kiệt, nhưng lại có sự khác biệt phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, thủy văn giữa các năm (cùng thời điểm đầu mùa kiệt nhưng tháng 11/2015 với tháng 11/2016 lại có sự khác nhau rõ rệt).

Nghiên cứu đã đưa ra quy trình ước tính hàm lượng BCLL sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh Landsat-8, quy trình này có thể áp dụng cho các loại tư liệu ảnh vệ tinh quang học khác nhau và tại các vùng cửa sông khác nhau. Nghiên cứu đồng thời chỉ ra những ưu điểm và hạn chế của ảnh vệ tinh trong việc ước tính hàm lượng BCLL từ đó đưa ra các khuyến nghị cho người sử dụng, nhằm khai thác hiệu quả nhất thông tin

thu được từ nguồn tư liệu này.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu của bài báo đã nhận được nguồn kinh phí và số liệu từ đề tài phát triển KH&CN năm 2016 “Nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám xác định nồng độ bùn cát lơ lửng phục vụ dự báo diễn biến vùng cửa sông ven biển” của Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bee, S. (2008). "Seasonal and Annual Changes in Water Quality in the Ohio River Using Landsat-based measures of Turbidity and Chlorophyll-a." Master thesis.
- [2] Binding, C., D. Bowers, and E. Mitchelson-Jacob, 2003. An algorithm for the retrieval of suspended sediment concentrations in the Irish Sea from SeaWiFS ocean colour satellite imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 24(19): 3791-3806.
- [3] Clark, D., E. Baker, and A. Strong, 1980. Upwelled spectral radiance distribution in relation to particulate matter in sea water, *Boundary Layer Meteorology*, 18(3): 287-298.
- [4] Clark, D. K., 1997. MODIS Algorithm Theoretical Basis Document, Bio-Optical Algorithms_Case 1 Waters, version 1.2.
- [5] Dekker, A. G. and S. W. M. Peters (1993). "The use of the Thematic Mapper for the analysis of eutrophic lakes: a case study in the Netherlands." *International Journal of Remote Sensing* 14 (5): 799-821.
- [6] Doerffer, R. and H. Schiller, 1997. Pigment Index, Sediment and Gelbstoff Retrieval from Directional Water Leaving Radiance Reflectances using Inverse Modelling Technique, Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) 2.12.
- [7] Duan, W., K. Takara, B. He, P. Luo, D. Nover and Y. Yamashiki (2013). "Spatial and temporal trends in estimates of nutrient and suspended sediment loads in the Ishikari River, Japan, 1985 to 2010." *Science of The Total Environment* 461–462: 499-508.
- [8] E.Brando, V. and A. G.Dekker (2003). "Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41 (6): 1378–1387.
- [9] Gholizadeh, H. M., M. A. Melesse and L. Reddi (2016). "A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques." *Sensors* 16 (8).
- [10] Gordon, H. R. and A. Y. Morel, 1983. *Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite Visible Imagery: A Review*, Springer-Verlag, New York.
- [11] Nguyễn Thanh Hùng, Nguyễn Quang Minh, Vũ Đình Cường, 2016. Nghiên cứu sự biến động theo mùa của chế độ thủy động lực khu vực cửa sông ven biển lưu vực sông Mã, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam*, Tập 4, số 2, tháng 2/2016. Tr. 32-39;
- [12] Kondratyev, K. Y., D. V. Pozdnyakov and L. H. Pettersson, 1998. "Water quality remote

- sensing in the visible spectrum." *International Journal of Remote Sensing* 19 (5): 957-979.
- [13] Miller, R. L. and B. A. McKee, 2004. Using MODIS Terra 250 m imagery to map concentrations of total suspended matter in coastal waters, *Remote Sensing of Environment*, 93: 259-266.
- [14] Nechad, B. Ruddick, K.G and Y. Park, 2010. "Calibration and validation of a generic multisensory algorithm for mapping of total suspended matter in turbid wates, *Remote sensing of Environment*, 114: 854- 866.
- [15] Ruddick, K., Y. Park, and B. Nechad, 2003. *MERIS Imagery of Belgian Coastal Waters: Mapping of Suspended Particulate Matter and Chlorophyll-a*, ESA Special Publications
- [16] Sathyendranath, S. and A. Morel, 1983. Light emerging from the sea-interpretation and uses in remote sensing, *Remote Sensing Applications in Marine Science and Technology*, Dordrecht, The Netherlands, D. Reidel, 323-357.
- [17] Seyhan, E. and A. Dekker (1986). "Application of remote sensing techniques for water quality monitoring." *Hydrobiological Bulletin* 20 (1): 41-50.
- [18] Sturm, B., 1983. Selected topics of coastal zone color scanner (CZCS) data evaluation, *Remote Sensing Applications in Marine Science and Technology*, Dordrecht, The Netherlands, D. Reidel, 137-167.
- [19] Tassan, S., 1994. Local algorithms using SeaWiFS data for the retrieval of phytoplankton, pigments, suspended sediment, and yellow substance in coastal waters, *Applied Optics*, 33(12): 2369-2378.
- [20] Zheng, Z., Y. Li, Y. Guo, Y. Xu, G. Liu and C. Du (2015). "Landsat-Based Long-Term Monitoring of Total Suspended Matter Concentration Pattern Change in the Wet Season for Dongting Lake, China." *Remote Sensing* 7 (10).