

## XÂY DỰNG THUẬT TOÁN XỬ LÝ DỮ LIỆU VIỄN THÁM XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG VẬT CHẤT LƠ LŨNG TẠI VÙNG BIỂN VEN BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG

Nguyễn Văn Thảo<sup>1\*</sup>, Vũ Duy Vĩnh<sup>1</sup>, Nguyễn Đắc Vệ<sup>1</sup>, Phạm Xuân Cảnh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Tài nguyên và Môi trường biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên-Đại học Quốc gia Hà Nội

\*E-mail: thaonv@imer.ac.vn

Ngày nhận bài: 11-3-2016

**TÓM TẮT:** Trong nghiên cứu này, bộ dữ liệu đo quang học tại vùng biển ven bờ châu thổ sông Hồng là cơ sở để xây dựng thuật toán theo mô hình truyền thống (Empirical model). Kết quả nghiên cứu cho thấy quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng vật chất lơ lửng tuân theo hàm đa thức bậc hai với hệ số tương quan ( $R^2$ ) lớn hơn 0,9. Hai loại ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian cao là Landsat-8 OLI và VNREDSAT-1 được sử dụng để áp dụng thuật toán này nhằm xác định phân bố hàm lượng chất rắn lơ lửng. So sánh kết quả xử lý dữ liệu viễn thám xác định phân bố hàm lượng vật chất lơ lửng tại vùng ven bờ châu thổ sông Hồng theo thuật toán này với kết quả mô hình vật lý thấy khá trùng nhau. Kết quả của nghiên cứu này sẽ là nguồn tài liệu tham khảo có giá trị trong nghiên cứu chất lượng môi trường nước vùng ven bờ từ dữ liệu viễn thám.

**Từ khóa:** Châu thổ sông Hồng, vật chất lơ lửng, ảnh viễn thám.

### MỞ ĐẦU

Vùng ven bờ là nơi chịu sự chi phối lớn nhất bởi các nguồn vật chất từ lục địa, trong đó các cửa sông đóng vai trò chủ đạo. Sự hình thành các vùng cửa sông là kết quả bởi quá trình động lực tương tác sông - biển trong đó động lực của sông đóng vai trò là nguồn cung cấp các nguồn vật chất ra biển còn các quá trình động lực biển đóng vai trò vận chuyển, phân tán và tích tụ các vật chất đó hình thành lên các vùng cửa sông. Tùy thuộc vào các dòng và quỹ vật chất và động lực tương tác sông - biển tự nhiên mà các vùng cửa sông có môi trường sinh thái thuận lợi để phát triển tài nguyên đất ngập nước, các hệ sinh thái, nguồn lợi hải sản phong phú và các ngư trường khai thác hải sản có giá trị. Sự thay đổi động lực tương tác sông - biển hoàn toàn phụ thuộc vào hình thái địa hình vùng cửa sông, khối lượng, lưu lượng nước và bùn cát từ các sông đưa ra

biển và điều kiện động lực biển trên các vùng cửa sông. Phân bố hàm lượng chất rắn lơ lửng (SPM) tại vùng cửa sông ven biển là một trong những yếu tố quan trọng để đánh giá tương tác sông - biển, đồng thời nó cũng là nhân tố có vai trò quan trọng trong chu trình sinh địa hóa bởi chúng chứa đựng thành phần hóa học khác nhau của môi trường nước. Các nghiên cứu về quang học đã chỉ ra rằng trong dải phổ ánh sáng nhìn thấy, phổ xạ của vùng nước đục (hàm lượng SPM cao) có hệ số lớn hơn đáng kể so với vùng nước trong (hàm lượng SPM thấp) [1]. Đây chính là cơ sở lý luận sử dụng dữ liệu viễn thám xác định phân bố hàm lượng chất rắn lơ lửng vùng nước ven bờ. Hiện nay nghiên cứu xây dựng thuật toán xử lý dữ liệu viễn thám để xác định hàm lượng SPM chủ yếu dựa trên giả thiết có sự tồn tại mối quan hệ giữa tính chất quang học của khối nước với hàm lượng SPM [2]. Tại kênh đo trong dải ánh sáng nhìn thấy, khi bức xạ chiếu xuống thì tỷ lệ giữa

tán xạ trở lại với hấp thụ của các hạt chất lơ lửng trong nước là cao nhất so với các kênh khác [3]. Nhiều nghiên cứu đã lựa chọn kênh đỏ để xác định mối quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM trên cơ sở số liệu khảo sát tại thực địa theo một hàm toán học (hàm tuyến tính, mũ, logarit, ...), đây chính là mô hình thuật toán truyền thống (Empirical model) [4, 5]. Nghiên cứu này sử dụng bộ số liệu khảo sát thực địa vào các năm 2014 và 2015 tại vùng ven bờ châu thổ sông Hồng để xây dựng thuật toán xử lý ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI và VNREDSAT-1 theo mô hình truyền thống xác định hàm lượng chất rắn lơ lửng tại vùng ven bờ châu thổ sông Hồng.

## TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

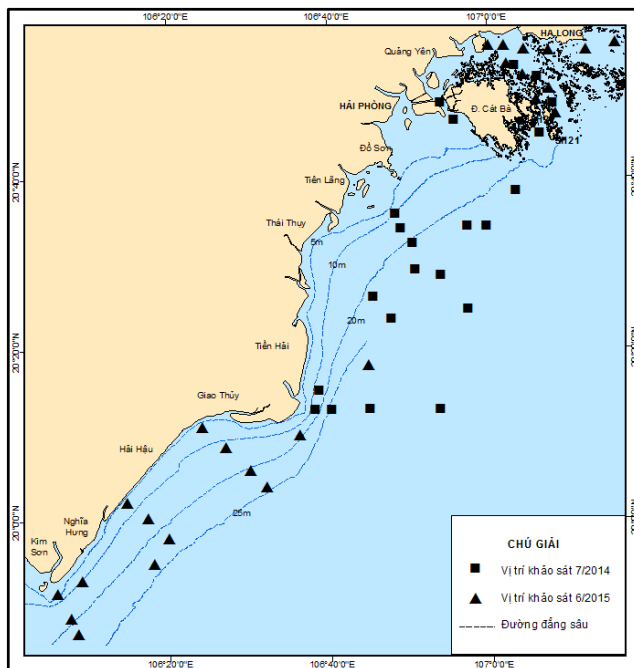
### Tài liệu

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI thu ngày 25 tháng 9 và ngày 30

tháng 12 năm 2014 tại khu vực ven bờ châu thổ sông Hồng và ảnh VNREDSAT-1 thu ngày 3 tháng 6 năm 2014 khu vực cửa Đáy.

Bộ dữ liệu quang học và hàm lượng SPM thu được từ 2 chuyên khảo sát thực địa vào tháng 7 năm 2014 và tháng 6 năm 2015 tại 47 điểm đo. Sử dụng thiết bị TRIOS tự động đo phổ phản xạ rời mặt nước trong dải phổ từ 310 nm đến 950 nm với độ phân giải 2 nm. Thiết bị CTD đo tự động các thông số như độ sâu, nhiệt độ, độ muối và độ đục với sai số cho phép (hình 1). Kết quả phân tích mẫu về hàm lượng SPM theo phương pháp khối lượng.

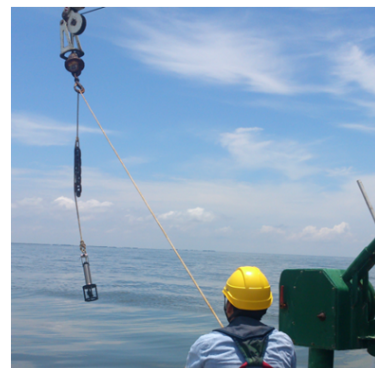
Phân bố hàm lượng SPM theo mô hình số trị trên cơ sở tính toán của phần mềm Del3D tại thời điểm thu nhận dữ liệu viễn thám được sử dụng để đánh giá độ chính xác kết quả xử lý dữ liệu viễn thám xác định phân bố hàm lượng SPM.



Vị trí các trạm khảo sát



Máy đo quang học TRIOS



Máy đo hàm lượng SPM CTD

**Hình 1.** Sơ đồ trạm vị khảo sát và thiết bị sử dụng

### Phương pháp

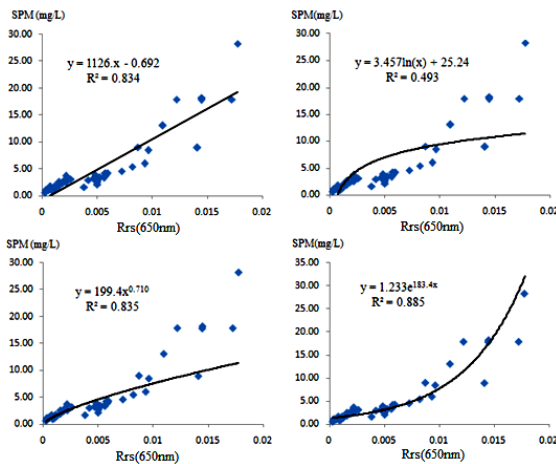
Sử dụng phương pháp hồi qui để xác định hàm quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM. Hàm được lựa chọn khi

hệ số hồi qui  $R^2$  lớn nhất [6, 7]. Bộ dữ liệu đo quang học và hàm lượng SPM tại 47 điểm ngoài thực địa được đưa vào tính toán để tìm ra hàm quan hệ này trong phần mềm Excel. 6 kênh phổ có bước sóng là 630 nm, 640 nm, 650 nm,

660 nm, 670 nm và 680 nm nằm trong dải sóng đỏ được sử dụng để tìm ra hàm quan hệ có  $R^2$  lớn nhất. Sử dụng mô hình DOS [8] để tiến hành hiệu chỉnh khí quyển và chuyển đổi giá trị cấp độ xám (DN) về giá trị phổ phản xạ cho ảnh vệ tinh trong phần mềm xử lý ảnh ENVI 5.2. Một vài tham số đầu vào của mô hình này được tham khảo từ bộ dữ liệu khí quyển của NASA. Giá trị phổ phản xạ của vùng đất liền (kể cả phần bãi triều), đảo nổi và mây che được đưa về giá trị không sử dụng kỹ thuật Masking trong phần mềm ENVI 5.2 để giảm khối lượng cũng như sai số trong quá trình tính toán. Tính toán hàm lượng SPM theo các giá trị phổ phản xạ của từng pixel trên ảnh dựa vào hàm quan hệ đã được xác định sử dụng kỹ thuật Band Math của phần mềm ENVI 5.2. Để đánh giá độ chính xác, kết quả mô hình số trị về phân bố hàm lượng SPM (đã được kiểm nghiệm) được sử dụng với việc lựa chọn 20 điểm theo các mặt cắt xác định để tách triết giá trị hàm lượng SPM từ xử lý ảnh và mô hình vật lý để phân tích, đánh giá.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Xác định hàm hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước và hàm lượng SPM

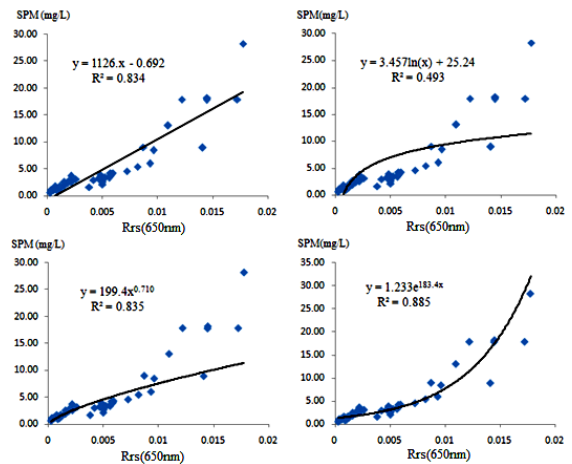


**Hình 2.** Quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM theo các dạng hàm khác nhau tại bước sóng 650  $\mu\text{m}$

Để lựa chọn được dạng hàm hồi qui có hệ số  $R^2$  lớn nhất mô tả mối quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM, 5 hàm cơ bản là tuyến tính, logarit, ln, mũ và đa

thức lần lượt được tính theo các bước sóng khác nhau (hình 2). Trong số 6 bước sóng được lựa chọn để tính tương quan giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM thì hàm đa thức bậc hai tại bước sóng 650 nm có hệ số  $R^2 = 0,903$  là lớn nhất (hình 3). Như vậy, quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM tuân theo hàm đa thức có dạng:

$$\text{SPM (mg/l)} = 64.595 \cdot R_{rs}^2 + 127,8 \cdot R_{rs} + 1,256 \quad (1)$$

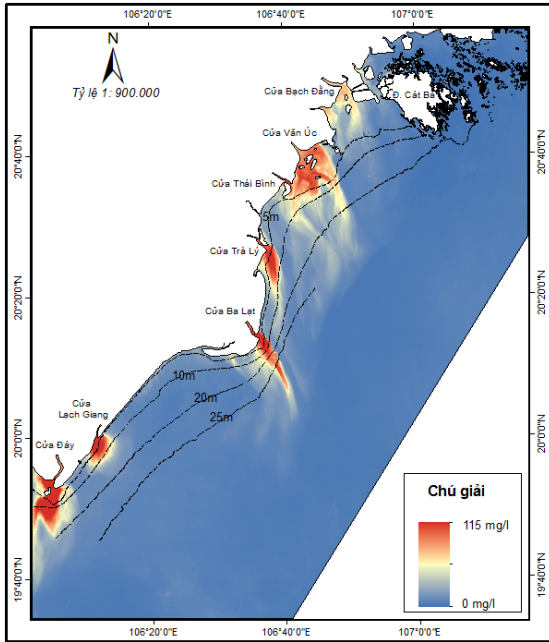


**Hình 3.** Quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM theo hàm đa thức tại bước sóng trong dải phổ đỏ

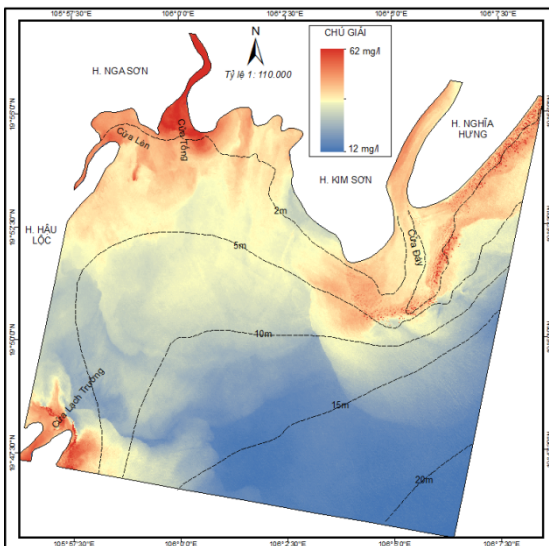
### Tính toán phân bố hàm lượng SPM từ dữ liệu viễn thám

Sử dụng phương trình 1 để tính toán phân bố hàm lượng SPM cho từng pixel trên ảnh vệ tinh sau khi được hiệu chỉnh khí quyển và chuyển đổi giá trị DN về giá trị phổ phản xạ. Kết quả tính tại kênh 4 của ảnh Landsat-8 ngày 25 tháng 9 năm 2014 cho thấy, hàm lượng SPM lớn hơn 20 mg/l tập trung chủ yếu tại các vùng cửa sông chính như Bạch Đằng, Văn Úc, Trà Lý, Ba Lạt, Lạch Giang và Đáy. Khu vực phía ngoài (khoảng trên 20 km từ bờ), hàm lượng SPM khá thấp từ 2 - 5 mg/l (hình 4). Tại khu vực vịnh Hạ Long, hàm lượng SPM dao động từ 2 - 12 mg/l. Kết quả tính hàm lượng SPM tại kênh 3 của ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 thu ngày 3 tháng 6 năm 2014 cho thấy hàm lượng SPM tại khu vực cửa Đáy dao động từ 12 mg/l đến 62 mg/l. Khu vực có hàm lượng SPM cao nhất

tập trung ở phân cửa Tổng và Lạch Trường trong khoảng độ sâu dưới 5 m.



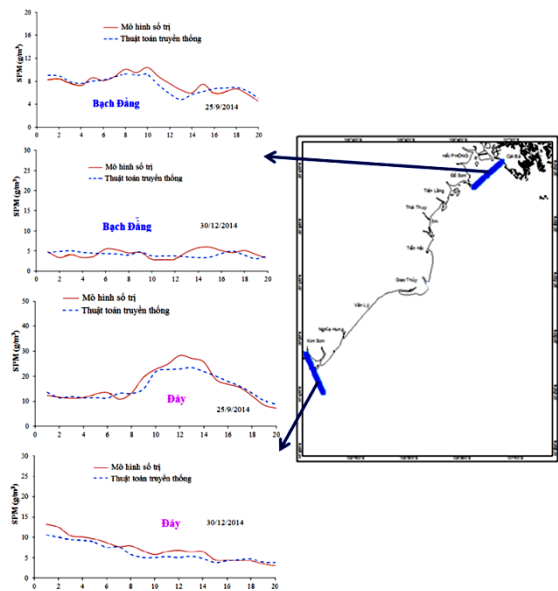
**Hình 4.** Kết quả tính toán phân bố hàm lượng SPM từ ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI (kênh 4) ngày 25 tháng 9 năm 2014 khu vực ven bờ châu thổ sông Hồng



**Hình 5.** Kết quả tính toán phân bố hàm lượng SPM từ ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 (kênh 3) ngày 3 tháng 6 năm 2014 khu vực cửa Đáy

**Đánh giá sai số**

Khi đánh giá độ chính xác trong xử lý dữ liệu viễn thám, một cách xác thực nhất, người ta bỏ số liệu đo đạc tại hiện trường [9, 10]. Tuy nhiên, điều này khó thực hiện đối với hàm lượng SPM vì nó thay đổi nhanh theo thời gian (do động lực sóng, dòng chảy, ...), thêm nữa thời gian thu ảnh vệ tinh rất nhanh nên hiếm khi số liệu đo đạc thực địa trùng với thời gian thu ảnh. Do vậy trong nghiên cứu này, kết quả của mô hình số trị đã được kiểm chứng được sử dụng để so sánh, đánh giá. Nhìn chung, kết quả tính toán hàm lượng SPM trên ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI và VNREDSAT-1 theo thuật toán truyền thống so với kết quả tính toán của mô hình số trị theo các mặt cắt so sánh là khá trùng nhau (hình 6, 7, 8).



**Hình 6.** So sánh kết quả tính toán phân bố hàm lượng SPM từ ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI với mô hình số trị khu vực ven bờ châu thổ sông Hồng

Ngày 25 tháng 9 năm 2014 là thời điểm chính vụ mùa mưa của khu vực châu thổ sông Hồng nên lượng trầm tích đưa ra vùng ven bờ khá cao, đặc biệt là phân bố trầm tích lơ lửng tại các cửa sông chính của vùng (Đáy, Lạch Giang, Sò, Ba Lạt, Trà Lý, Thái Bình, Văn Úc và Bạch Đằng). Chính vì vậy, kết quả tính toán hàm lượng SPM theo thuật toán truyền thống và mô hình số trị cao hơn hẳn so với thời điểm ngày 30 tháng 12 năm 2014 (hình 6). Sự sai



khác giữa các kết quả tính đa số xảy ra ở khu vực gần bờ nơi độ sâu nhỏ hơn 5 m (khoảng 10% đến 15%), ở khu vực sâu hơn 5 m thì sự sai khác nhỏ hơn nhiều (khoảng 2% đến 7%). Sở dĩ có sự sai khác lớn như vậy vì vùng có độ sâu nhỏ hơn 5 m đã bị tác động mạnh của địa hình đáy và sóng vỗ bờ làm khuấy đục vật chất rắn lơ lửng từ đáy ảnh hưởng mạnh đến phổ phản xạ rời mặt nước, điều này dẫn đến kết quả tính có sai số lớn. Sai số giữa kết quả tính toán hàm lượng SPM trên ảnh VNREDSAT-1 theo thuật toán truyền thống so với kết quả tính toán bởi mô hình số trị nhìn chung cũng khá giống với sai số tính cho ảnh Landsat-8 OLI (hình 8).

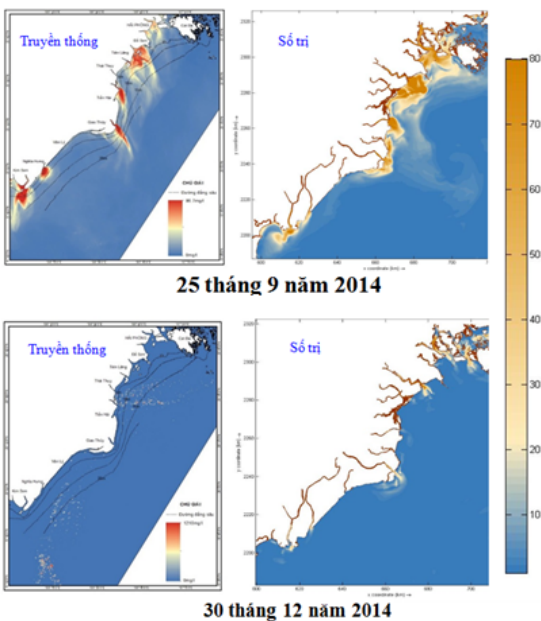
### Những hạn chế của thuật toán và phương pháp khác phục

Phổ phản xạ rời mặt nước là tổng phổ phản xạ của các hạt vật chất vô cơ và hữu cơ lơ lửng, thực vật phù du và nước. Hàm lượng SPM là tổng hàm lượng của các hạt vô cơ và hữu cơ, thông thường hàm lượng các hạt vô cơ lơ lửng thường lớn hơn nhiều so với hàm lượng hạt hữu cơ nhưng phổ phản xạ của chúng thì không phải như vậy [11]. Thuật toán theo hướng mô hình truyền thống có những hạn chế nhất định. Đó là không tách biệt được phổ phản xạ rời mặt nước của các hạt vô cơ, hữu cơ và nước dẫn đến tính hàm lượng SPM còn có sai số nhất định [12].

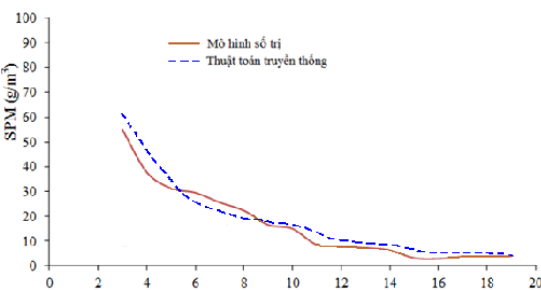
Để hạn chế nhược điểm của thuật toán theo mô hình truyền thống trong việc xử lý dữ liệu viễn thám tính toán hàm lượng SPM tại vùng biển ven bờ, các thuật toán theo mô hình bán phân tích được phát triển. Đây là thuật toán cụ thể hóa mối quan hệ giữa tính chất quang học (inherent optical properties) và hàm lượng SPM theo hàm toán học của một vùng nước ven bờ. Cụ thể đó là mối quan hệ giữa hấp thụ và tán xạ trở lại ánh sáng vùng nhìn thấy của các hạt vật chất lơ lửng với hàm lượng của chúng. Để xây dựng được thuật toán này cần phải tiến hành đo đặc tính chất quang học tại các điểm của vùng nghiên cứu và sử dụng một số giả thiết quang học để loại bỏ một vài thông số của phương trình quan hệ, cũng như cần tách biệt sự đóng góp vào hàm lượng SPM của các thành phần vô cơ và hữu cơ [13].

### KẾT LUẬN

Trên cơ sở bộ dữ liệu quang học thu thập được tại vùng biển châu thổ sông Hồng trong giai đoạn 2014 - 2015, thuật toán dựa theo mô hình truyền thống đã được phát triển với mối quan hệ giữa phổ phản xạ rời mặt nước với hàm lượng SPM tại khu vực ven bờ châu thổ sông Hồng tuân theo hàm đa thức bậc 2 có hệ số quan hệ lớn hơn 0,9 tại bước sóng 650 nm. So sánh kết quả tính toán hàm lượng SPM trên ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 và Landsat-8 theo thuật toán truyền thống với kết quả mô hình số trị cho các giá trị khá tương đồng. Tuy nhiên, tại vùng nước nông nơi có độ sâu nhỏ hơn 5 m có sai số lớn hơn so với phía ngoài.



**Hình 7.** Phân bố hàm lượng SPM từ ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI và mô hình số trị khu vực ven bờ châu thổ sông Hồng



**Hình 8.** So sánh kết quả tính toán phân bố hàm lượng SPM từ ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 với mô hình số trị khu vực cửa Đáy ngày 3/6/2014

Để xây dựng được thuật toán theo mô hình truyền thống phản ánh sát với thực tiễn hơn, độ chính xác cao hơn, cần có thêm dữ liệu đo quang học tại hiện trường khu vực, cũng như dữ liệu đo theo thời gian thực khi xử lý và phân tích ảnh vệ tinh. Ngoài ra cần xây dựng thêm thuật toán theo hướng bán phân tích để khắc phục các điểm hạn chế cố hữu của mô hình truyền thống.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin chân thành cảm ơn Đề tài: “Nghiên cứu các phương pháp phân tích, đánh giá và giám sát chất lượng nước ven bờ bằng tư liệu viễn thám độ phân giải cao và độ phân giải trung bình, đa thời gian; Áp dụng thử nghiệm cho ảnh vệ tinh VNREDSAT-1”. Mã số: VT/CB-01/14-15 thuộc chương trình khoa học và công nghệ vũ trụ giai đoạn 2012 - 2015 đã hỗ trợ tài liệu và kinh phí.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Babin, M., Morel, A., Fournier-Sicre, V., Fell, F., and Stramski, D., 2003.* Light scattering properties of marine particles in coastal and open ocean waters as related to the particle mass concentration. *Limnology and Oceanography*, **48**(2): 843-859.
2. *Doxaran, D., Froidefond, J. M., and Castaing, P., 2002.* A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, **23**(23): 5079-5085.
3. *Ouillon, S., Douillet, P., and Andréfouët, S., 2004.* Coupling satellite data with in situ measurements and numerical modeling to study fine suspended-sediment transport: a study for the lagoon of New Caledonia. *Coral Reefs*, **23**(1): 109-122.
4. *Habbane, M., Dubois, J. M., El-Sabh, M. I., and Larouche, P., 1998.* Empirical algorithm using SeaWiFS hyperspectral bands: a simple test. *International journal of remote sensing*, **19**(11): 2161-2169.
5. *Doxaran, D., Froidefond, J. M., Lavender, S., and Castaing, P., 2002.* Spectral signature of highly turbid waters: Application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations. *Remote sensing of Environment*, **81**(1): 149-161.
6. *Nechad, B., Ruddick, K. G., and Park, Y., 2010.* Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of total suspended matter in turbid waters. *Remote Sensing of Environment*, **114**(4): 854-866.
7. *Neukermans, G., Loisel, H., Mériaux, X., Astoreca, R., and McKee, D., 2012.* In situ variability of mass-specific beam attenuation and backscattering of marine particles with respect to particle size, density, and composition. *Limnology and Oceanography*, **57**(1): 24-144.
8. *Ouaidrari, H., and Vermote, E. F., 1999.* Operational atmospheric correction of Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, **70**(1): 4-15.
9. *Volpe, V., Silvestri, S., and Marani, M., 2011.* Remote sensing retrieval of suspended sediment concentration in shallow waters. *Remote Sensing of Environment*, **115**(1): 44-54.
10. *Vanhellemont, Q., and Ruddick, K., 2014.* Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat-8. *Remote Sensing of Environment*, **145**, 105-115.
11. *Mueller, J. L., 2003.* Inherent optical properties: Instruments, characterizations, field measurements and data analysis protocols. In *Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation; Revision 4; Volume IV; Err. 1; Mueller, JL, Fargion, GS, McClain, CR, Eds.; NASA Goddard Space Flight.*
12. *Ouillon, S., Douillet, P., Petrenko, A., Neveux, J., Dupouy, C., Froidefond, J. M., Andréfouët, A., and Muñoz-Caravaca, A., 2008.* Optical algorithms at satellite wavelengths for total suspended matter in tropical coastal waters. *Sensors*, **8**(7): 4165-4185.
13. *Nechad, B., Ruddick, K. G., and Neukermans, G., 2009.* Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of turbidity in

## ALGORITHM DEVELOPMENT OF SATELLITE IMAGE PROCESSING TO DETECT THE CONCENTRATION OF SUSPENDED PARTICULATE MATTER IN COASTAL WATERS OF RED RIVER DELTA

**Nguyen Van Thao<sup>1</sup>, Vu Duy Vinh<sup>1</sup>, Nguyen Dac Ve<sup>1</sup>, Pham Xuan Canh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Marine Environment and Resources-VAST*

<sup>2</sup>*Hanoi University of Science-VNU*

**ABSTRACT:** *In this research, a set of optical data measured in the coastal waters of Red River Delta is used to develop the empirical algorithm for detecting the concentration of suspended particulate matter (SPM). The result of the study shows that the relationship between water-leaving reflectance and the concentration of SPM follows polynomial function with correlative coefficient ( $R^2$ ) > 0.9. Landsat-8 OLI and VNREDSAT-1 satellite images were used to apply this algorithm for detecting the concentration of SPM in the coastal waters of Red River Delta. The concentrations of SPM from image processing and numerical model are much close to each other. The study result will be a valuable reference for studying on water quality in coastal area from remote sensing.*

**Keywords:** *Red River Delta, sedimentation, satellite images.*