

✓ Giám sát độ đục sông Tiền, sông Hậu bằng ảnh vệ tinh đa thời gian Landsat-8

○ LƯƠNG CHÍNH KẾ

Hội Trắc địa Viễn thám

PHẠM THỊ MAI THY, TRẦN THÁI BÌNH

Viện Địa lý Tài nguyên TP. Hồ Chí Minh

LÂM ĐẠO NGUYỄN

Trung tâm Ứng dụng công nghệ Vệ tinh miền Nam

ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam, ứng dụng công nghệ viễn thám để giám sát chất lượng nước mặt đã được Trung tâm viễn thám quốc gia trước đây, nay là Cục Viễn thám quốc gia thực hiện trong dự án: “Sử dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng cơ sở dữ liệu thành lập bản đồ diễn biến vùng ô nhiễm nguồn nước thải từ các khu công nghiệp, đô thị nhằm đưa ra cảnh báo các vùng có nguy cơ ô nhiễm thuộc vùng kinh tế trọng điểm miền Bắc” theo Quyết định số 997/QĐ-BTNMT ngày 02/6/2010 của Bộ TN&MT.

Nội dung của bài báo để cập tới kết quả nghiên cứu và thực tế sử dụng ảnh vệ tinh thời điểm của năm 2014 và 2015 của ảnh đa phổ Landsat-8 có độ phân giải cao 30 m để lập bản đồ độ đục cho sông Tiền, sông Hậu và dải ven biển của hai vùng cửa sông thuộc khu vực Nam Việt Nam.

TƯ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Tư liệu khu vực khảo sát

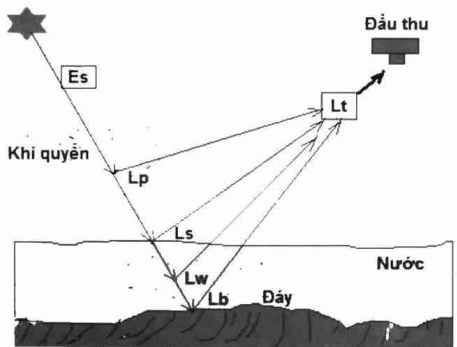
Tư liệu ảnh vệ tinh sử dụng để giám sát độ đục là ảnh Landsat-8 ngày 24/01/2015 và

ngày 27/04/2014 trong đó, ảnh vệ tinh năm 2014 chịu ảnh hưởng của mây khá lớn. Khu vực giám sát độ đục thuộc 2 sông Tiền và sông Hậu và vùng cửa sông kể cả sông Sài Gòn. Hai sông Tiền và Hậu đều có nguồn từ sông Mê Công. Sông Tiền có các cửa sông chính đổ ra biển như Cung Hầu, Cổ Chiên, Hàm Luông, Ba Lái và cửa Đại. Sông Hậu có hai cửa sông chính là Tranh Đề và Định An. Sông Sài Gòn có cửa chính là Soài Rạp. Việc lấy mẫu nước và phân

tích độ đục (đơn vị: NTU) được tiến hành dọc theo sông Tiền và sông Hậu. Các mẫu nước lấy trên các mặt cắt ngang sông ở 3 vị trí là giữa sông và bên trái, bên phải của hai bên bờ sông. Thời điểm lấy mẫu (từ 10g – 11g sáng) trùng với ngày giờ mà vệ tinh chụp cho khu vực (khoảng 10:30g sáng) ngày 27/04/2014 và 24/01/2015.

Cho thời điểm 2014, tổng số điểm lấy mẫu nước ở thực địa là 63, nhưng thực tế chỉ sử dụng được 28 điểm mẫu nước vì do

Hình 1. Các thành phần tia phản xạ đi về đầu thu.



mây và bóng mây che khuất, chiếm 44,44%. Trong số 28 điểm mẫu nước có 3 điểm thấy bất hợp lý là điểm 17-T, 17-P, 18-G. Như vậy, số điểm mẫu nước sử dụng được là 25 điểm. Trong đó sử dụng 20 điểm để xây dựng mô hình độ đục và 5 điểm dùng làm điểm kiểm tra mô hình.

Cho thời điểm 2015, tổng số điểm lấy mẫu và đo GPS là 63 điểm. Sau khi loại trừ sai số thô kết hợp trong quá trình xử lý ảnh, số lượng điểm sử dụng được là 52 điểm; trong đó có 45 điểm sử dụng để xây dựng mô hình độ đục và 7 điểm sử dụng làm điểm kiểm tra.

Phương pháp

Hình 1 giới thiệu tia sáng tổng hợp Lt đi về đầu thu từ tia sáng đơn Mặt Trời mang năng lượng Es gồm 4 thành phần là: Tia tán xạ trong khí quyển Lp, tia phản xạ bề mặt nước Ls, tia phản xạ từ trong lòng nước Lw (hay tia phản xạ rời khỏi nước), và tia phản xạ đáy nước Lb; nghĩa là:

$$L_t = L_p + L_s + L_w + L_b \quad (1a)$$

Trong số 4 thành phần chỉ có thành phần Lw được gọi là *tia phản xạ rời khỏi nước* là mang thông tin về chất lượng nước, cụ thể là độ đục (NTU):

$$L_w = L_t - L_s - L_p - L_b \quad (1b)$$

Phụ thuộc vào độ sâu và độ đục của nước, thành phần Lb nhận bằng 0. Từ (1b) cho thấy: Trước hết chúng ta cần hiệu chỉnh bức xạ phổ của ảnh Lt do ảnh hưởng của môi trường khí quyển (Lp). Nếu gọi phản xạ viễn thám trên bề mặt nước là Rrs và phản xạ viễn thám dưới bề mặt

Bảng 1. Tham số thống đánh giá mô hình độ đục trên điểm xây dựng mô hình cho 2 thời điểm.

	Thời điểm 2015		Thời điểm 2014	
	Tham số	Trị thực tế	Trị thực tế	Trị lý tưởng
1	Sai số trung phương SSTP	5,267(NTU)	9,987(NTU)	0
2	Sai số tuyệt đối trung bình	4,186(NTU) \equiv 21,29%	5,778(NTU) \equiv 23,63%	0
3	Hệ số tương quan R	0,928 (R2 = 0,8617)	0,958 (R2 = 0,9048)	1
4	Hệ số hồi quy tuyến tính α	1,154	1,0234	1
5	Độ lệch hồi quy tuyến tính β	3,247	0,573	0
6	Tin cực tiểu độ đục thực địa	4,5(NTU), (điểm 2G)	3,0(NTU), (điểm 2T)	-
7	Số điểm xây dựng mô hình	45	20	1
8	Hệ số hiệu quả mô hình ME	0,862	0,914	-

nước là prs, thì giữa chúng có mối quan hệ:

$$R_{rs} = c \cdot prs / (1 - k \cdot prs) \quad (2)$$

Trong đó: c, k là các tham số. Tham số c phụ thuộc vào hệ số truyền bức xạ theo hai chiều từ phía dưới lên phía trên bề mặt nước và ngược lại, đồng thời phụ thuộc vào hệ số khúc xạ môi trường nước. Tham số k phụ thuộc vào hệ số phản xạ trên giao diện nước-không khí; và tỷ số giữa bức xạ đi lên từ trong lòng nước và bức xạ đi lên toàn phần [4]. Rrs được định nghĩa là tỷ số giữa bức xạ rời khỏi bề mặt nước đi về đầu thu Ls và bức xạ phổ Mặt Trời đi xuống Es (Hình 1):

$$R_{rs} = L_s / E_s \quad (3)$$

Sau khi hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển tới bức xạ ảnh, chúng ta xử lý tính phản xạ bề mặt Rrs; cuối cùng phản xạ dưới bề mặt nước prs được xác định từ phương trình (2).

Kết quả và đánh giá

Xây dựng mô hình độ đục

Trước khi tiến hành xây dựng mô hình độ đục, bước quan trọng trước tiên là tiến hành xử lý bức xạ ảnh vệ tinh. Các bước của công tác xử lý ảnh vệ tinh được

liệt kê tóm tắt sau: Mask đất liền chỉ để lại mặt nước ven biển, Sông Tiền, Sông Hậu; nắn chỉnh hình học ảnh và khớp lưới điểm lấy mẫu thực địa theo tọa độ lên ảnh; tách mây và bóng mây; xử lý tạo ảnh *bức xạ R* ở đỉnh khí quyển từ ảnh gốc DN (ảnh lượng tử hóa); xử lý tạo ảnh *phản xạ bề mặt* $\rho_{surface}$; xử lý tạo ảnh *phản xạ viễn thám* ρ_{rs} ; tạo các kênh ảnh lớp cao từ ảnh phản xạ viễn thám ρ_{rs} ; tìm mối quan hệ phụ thuộc giữa mẫu độ đục thực địa với phản xạ viễn thám ρ_{rs} và loại bỏ những kênh ảnh không thỏa mãn yêu cầu; thiết lập mô hình độ đục; tính các sai số như sai số trung phương, sai số tuyệt đối trung bình; loại bỏ sai số thô. Sau đó, thiết lập lại mô hình độ đục và tính lại các sai số; quá trình thiết lập mô hình độ đục và tính các sai số sao cho thỏa mãn điều kiện:

Sai số tuyệt đối trung bình < 30%, hay độ chính xác đạt được từ 70%.

Hệ số tương quan trong khi xây dựng mô hình R^2 không nhỏ hơn 0,7.

Sau khi tiến hành xử lý bức xạ ảnh vệ tinh và loại sai số thô từ số

liệu mẫu thực địa, mô hình độ đục được xây dựng dựa vào mối quan hệ tồn tại khách quan giữa phần xạ viễn thám cao với độ đục từ mẫu thực địa. Từ đây, sẽ tuyến chọn được mô hình độ đục đảm bảo những yêu cầu để ra. Hình 3a giới thiệu mô hình độ đục được tuyến chọn dựa vào 45 điểm mẫu thực địa cho thời điểm 2015 là phương trình tuyến tính $y = 1,154x - 3,247$ có hệ số tương quan mạnh $R^2 = 0,8617$ ($R = 92,84\%$). Mô hình độ đục dựa vào 20 điểm cho thời điểm 2014 là phương trình hàm số mũ, có hệ số tương quan mạnh $R^2 = 0,9048$ ($R = 95,12$) được thể hiện trên hình 3b. Đánh giá độ tin cậy, độ chính xác hai mô hình này được trình bày trong Bảng 1 và Mục 2.2.

Mô hình độ đục thời điểm 2015 có dạng:

$$DODUC(NTU) = 1.1542 \cdot X - 3.247 \quad (4)$$

$$X = 173.15981 \cdot b_1 + 53.6508 \cdot b_2 + 55.65335 \cdot b_3 - 211.95404$$

Trong đó: b_1, b_2, b_3 là tỷ số từ các ảnh ở bước sóng Blue, Green, Red từ phần xạ viễn thám ρ_{RS} được tính theo công thức (5)

$$b_1 = \frac{\rho_{RS}(Green)}{\rho_{RS}(Blue)} \quad b_2 = \frac{\rho_{RS}(Red)}{\rho_{RS}(Blue)} \quad b_3 = \frac{\rho_{RS}(Red)}{\rho_{RS}(Green)} \quad (5)$$

Mô hình độ đục thời điểm 2014 có phương trình

$$DODUC(NTU) = 5,6484 e^{(4,8311 \cdot b_1 - 1,8026 \cdot b_2 - 1,155 \cdot b_3 - 7,2186)}$$

Trong đó: b_1, b_2, b_3 được tính theo công thức (5)

Kết quả đánh giá mô hình độ đục trên 45 điểm mẫu cho thời điểm 2015 và 20 điểm mẫu cho thời điểm 2014 được tóm tắt trong bảng 1. Hai mô hình độ đục cho thời điểm 2015 và 2014 đều có

hệ số ME cao, xấp xỉ bằng 1, chỉ chênh nhau 5°. Thời điểm 2015 sử dụng số lượng điểm xây dựng mô hình gấp đôi thời điểm 2014, cho sai số trung phương (SSTP) nhỏ bằng một nửa so với thời điểm 2014, và sai số tuyệt đối trung bình (SSTyĐTB) nhỏ hơn 1,4 lần.

Đánh giá mô hình trên điểm kiểm tra

Đánh giá bằng sai số trung phương (SSTP) và sai số tuyệt đối trung bình (SSTyĐTB)

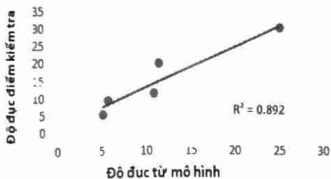
Sau khi mô hình được xây dựng, 7 điểm (cho thời điểm 2015) và 5 điểm (cho thời điểm 2014) gọi là điểm kiểm tra (không tham gia xây dựng mô hình) được sử dụng để đánh giá mô hình. Hai sai số là SSTP và SSTyĐTB được tính toán dựa vào số chênh giá trị NTU từ mô hình và từ thực địa. Hai sai số nhận được cho thời điểm 2015: SSTP = 8,472 (NTU); và SSTyĐTB = 5,343 (NTU) ρ 20,54%; cho thời điểm 2014: SSTP = 4,607 (NTU); và SSTyĐTB = 3,376 (NTU) ρ 22,50%.

Đánh giá bằng hàm hồi quy

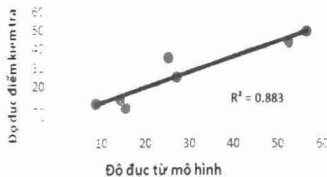
Mô hình độ đục được đánh giá trên điểm kiểm tra dựa vào hàm hồi quy. Hệ số tương quan của hàm hồi quy cho hai thời điểm 2015 và 2014 khá mạnh với $R^2 = 0,8829$ ($R = 93,96\%$) và $R^2 = 0,8920$ ($R = 94,44\%$). Hệ số góc đường thẳng hồi quy của cả hai thời điểm so với trị lý tưởng chênh khoảng $\pm 17\%$, ($\alpha = 0,823$ và $\alpha = 1,174$). Bảng 3 tổng kết kết quả đánh giá mô hình độ đục dựa vào điểm kiểm tra cho 2 thời điểm 2015, 2014. Các tham số thống kê trong

Hình 2. Đánh giá mô hình độ đục trên điểm kiểm tra dựa vào hàm hồi quy: - thời điểm 2014 (trái); - thời điểm 2015 (phải).

ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH ĐỘ ĐỤC TRÊN ĐIỂM KIỂM TRA (2014)



ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH ĐỘ ĐỤC TRÊN ĐIỂM KIỂM TRA (2015)



Bảng 2. Tham số thống kê đánh giá mô hình độ đục trên điểm kiểm tra cho 2 thời điểm.

Thời điểm 2015		Thời điểm 2014		
Tham số	Trị thực tế	Trị thực tế	Trị lý tưởng	
1	Sai số trung phương SSTP	5,3427(NTU)	4 607(NTU)	0
2	Sai số tuyệt đối trung bình	6,990(NTU) \equiv 20,54%	3 376(NTU) \equiv 22 50%	0
3	Hệ số tương quan R	0,940	0,944	1
4	Hệ số hồi quy tuyến tính α	0,823	1,174	1
5	Độ lệch hồi quy tuyến tính β	2,817	1,281	0
6	Trị cực tiểu độ đục thực địa	8 5(NTU), điểm 5G	5 0(NTU), điểm 1T	
7	Số lượng điểm kiểm tra	7	5	-

bảng 3 cho 2 thời điểm chênh nhau không đáng kể.

Hình 2, giới thiệu ảnh số ảnh độ đục sông Tiền, sông Hậu khu vực phía Nam Việt Nam sau khi xây dựng mô hình độ đục theo hàm (4) và (6) cho thời điểm 2015, 2014. Hình 6 giới thiệu bản đồ phân bố độ đục sông Tiền, sông Hậu và ven biển cửa sông khu vực phía Nam Việt Nam (thời điểm 24/01/2015).

Dưới đây là một số bình luận tổng quát về kết quả nhận được trên cơ sở Bảng 1 và Bảng 2: Sai số trung phương (SSTP) xác định độ đục nhỏ hơn 10NTU. Độ chính xác xác định độ đục đạt xấp xỉ 80%. Hệ số tương quan R mạnh trên 90%. Hệ số hiệu quả mô hình ME đạt xấp xỉ 90%. Hệ số hồi quy tuyến tính α chênh so với lý tưởng nhỏ hơn 20%. Độ lệch hồi quy tuyến tính β đều nhỏ hơn giá trị cực tiểu độ đục thực địa (nhỏ hơn 5 NTU).

Với những nhận xét trên cho thấy: Mô hình độ đục cho hai thời điểm 2015 và 2014 xác định bằng phương trình (4) và (6) là đáng tin cậy.

Kết quả xử lý phân lớp độ đục từ ảnh số độ đục (Hình 5) trên ArcGIS là bản đồ trên Hình 6. Chúng ta có nhận xét: Nồng độ độ đục trên sông Tiền, sông Hậu tăng lên khi đi vào địa phận của các tỉnh Bến Tre, Trà Vinh, Sóc Trăng. Nồng độ độ đục ở dải ven biển và cửa sông lớn hơn và giảm dần khi xa bờ từ 94 (NTU) đến 2 (NTU) trên khoảng cách 20 km. Những vùng không có giá trị độ đục trên bề mặt nước (màu trắng) là vùng bị mây, bóng mây che khuất.

Kết luận

Bằng công nghệ viễn thám chúng ta có thể giám sát phân bố không gian chất lượng nước, trước hết là độ đục trên lưới ô vuông có độ phân giải bằng độ phân giải hình học của ảnh đa phổ cho vùng địa hình rộng lớn với chi phí thấp cho công tác ngoại nghiệp đo và lấy mẫu nước. Kết quả sử dụng ảnh vệ tinh Landsat-8 cho thấy, chúng ta có thể xác định độ đục trong lưới ô vuông 30x30 m với độ chính xác xấp xỉ 80% cho cả vùng địa hình rộng lớn sông Tiền, sông Hậu và cả vùng ven biển cửa sông. Với số lượng

điểm mẫu nước thực địa không nhiều (63 điểm) cho cả hai sông lớn khu vực phía Nam từ thượng nguồn tới gần cửa sông ven biển, chúng ta xây dựng được mô hình độ đục, và từ đó có thể xác định được độ đục cho điểm bất kỳ vào thời điểm vệ tinh bay qua quét ảnh với sai số trung phương không lớn hơn 10NTU.

Tài liệu tham khảo

1. Yuan-Fong Su, Jun-Jih Liou, Ju-Chen Hou, Wei-Chun Hung, Shu-Mei Hsu, Yi-Ting Lien, Ming-Daw Su, Ke-Sheng Cheng, Yeng-Fung Wang. - *A multivariate model for coastal water quality mapping using satellite remote sensing images*, Sensors 8 (2008) 6321-6339.
2. Keiser M., Abouelha H., et. al. - *Spectral enhancement of the SPOT imagery data to assess marine pollution near Port Said, Egypt*. PIERS proceedings, Cambridge, USA, 2008.
3. Liew S. C., Saengtuksin B., Kwok L. K. - *Mapping Water Quality of Coastal and Inland Waters Using High Resolution Worldview-2 Satellite Imagery*, Proc. 34th. International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sydney, Australia, 10-15 April 2011.
4. Mobley C. D. - *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Water*. Academic, New York, 1994.
5. Gordon H. R., Brown O. B., Evans R. H., Brown J. W., Smith R. C., Baker K. S., Clark D. K. - *A semi-analytic radiance model of ocean color*, J. Geophys. Res.93(1988) 10909-10924. ■