

# NGHIÊN CỨU PHÂN TÍCH NHIỆT ĐỘ NƯỚC BIỂN TẦNG MẶT TỪ ẢNH MODIS

**Nguyễn Thị Hải, Nguyễn Thanh Trang, Hoa Thúy Quỳnh** - Trung Tâm Hải Văn  
**Lê Quốc Hưng, Đặng Trường Giang** - Trung tâm Viễn thám Quốc gia

**N**hiệt độ bề mặt nước biển (SST) là một đại lượng rất quan trọng trong việc nghiên cứu đại dương và khí quyển vì nó liên quan trực tiếp và là điều kiện trao đổi nhiệt, động lực, và các loại khí giữa đại dương và khí quyển. SST còn là đầu vào lớp biên và dữ liệu đồng hóa cho các mô hình dự báo/hoàn lưu khí quyển. Ngoài ra, bản đồ SST là cực kỳ quan trọng cho các ngư dân đánh bắt cá cũng như các thông tin đầu vào quan trọng cho các dòng thông lượng khí giữa đại dương và khí quyển. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng dữ liệu vệ tinh hồng ngoại (ảnh MODIS) để tính toán nhiệt độ bề mặt nước biển. Kết quả đưa ra bản đồ trường SST bao phủ không gian, thời gian khu vực vịnh Bắc Bộ. Các tính toán SST được kiểm chứng với quan trắc thực đo của các trạm Hải văn và tàu Nghiên Cứu Biển khu vực vịnh Bắc Bộ. Các chỉ số Bias và RMSE được so sánh với số liệu thực đo của các trạm hải văn tương ứng nằm trong khoảng từ -0,29 đến -0,1 và từ 0,34 đến 0,99. Các chỉ số Bias và RMSE được so sánh với số liệu quan trắc tàu Nghiên Cứu Biển tương ứng là -0,9 và 0,39.

## 1. Phương pháp tính trường nhiệt bề mặt biển từ tư liệu ảnh MODIS

### a. Nguyên lý chung

Đưa ra cách thức định chuẩn bức xạ cho các kênh MODIS, xuất phát từ việc đo chính xác trường nhiệt bề mặt biển và các số liệu thống kê liên quan phụ thuộc vào khả năng hiệu chỉnh các ảnh hưởng của khí quyển và cung cấp cơ chế đồng bộ hóa giữa thời gian và không gian khu vực nghiên cứu. Một số nguồn sai số chính trong việc xác định bức xạ là ánh sáng mặt trời (hồng ngoại trung), sự hấp thụ của hơi nước trong khí quyển (hồng ngoại xa) và lượng nhỏ sự hấp thụ của không khí và sự thay đổi nhiều yếu tố trong khí quyển do núi lửa, bụi.... (ảnh hưởng trên tất cả các kênh). Mặc dù bộ cảm của vệ tinh thu nhận bức xạ nhiệt của biển là nhiệt độ bề mặt, nhưng kết quả của vệ tinh vẫn có thể là nhiệt độ chung trong khoảng từ bề mặt tới vài mét dưới mặt nước biển. Điều này là một điểm quan trọng khi hiệu chỉnh SST và các biện pháp xử lý liên quan.

Thuật toán tuyến tính - MCSST (Multi Channel Sea Surface Temperature) được xác định công thức tính cho nhiệt độ bề mặt  $T_s$  như sau:

$$T_s = \alpha + \beta \cdot T_i + \gamma(T_i - T_j) \quad (1)$$

Trong đó,  $T_i, T_j$  là độ sáng của nhiệt độ trong các kênh;  $\alpha, \beta, \gamma$  là thành phần hiệu chỉnh (Deschamps

and Phulpin, 1980).

Mặc dù (1) dễ dàng để tính toán nhưng nó không cho phép hiệu chỉnh sự thay đổi của khí quyển do góc tới. Lewellyn-Jones và cộng sự (1984) phát triển một bảng từ những giá trị số mô phỏng cái mà cho phép sửa đổi công thức (1) thành dạng:

$$T_s = \alpha + \beta T_i + \gamma(T_i - T_j) + \delta(1 - \sec(\theta)) \quad (2)$$

Trong đó,  $\theta$  là góc thiên đỉnh và  $\delta$  là tham số của góc thiên đỉnh. Đây là phương pháp giảm sai số do góc quét ảnh lớn cho khí quyển ẩm ướt lớn hơn 1K.

### b. Công thức tính nhiệt độ bề mặt nước biển hiệu chỉnh khí quyển phi tuyến tính

Ta có thể chú ý thấy rằng, bức xạ hồng ngoại vệ tinh có thể hiệu chỉnh ngay bằng cách hiệu chỉnh thẳng sự hấp thụ bức xạ của khí quyển do hơi nước cho các kênh bằng các cửa sổ chia rời hay kép. Trong thực tế, có thể thấy một cách đơn giản rằng vấn đề sẽ được giải quyết với góc quét giới hạn trong  $30^\circ$  so với đường thiên đỉnh và tất cả khu vực kể cả vùng nhiệt đới ẩm ướt.

Xem xét công thức tính SST của 2 kênh phổ:

$$T_s = a_0 + a_1 T_1 + a_2 T_2 \quad (3)$$

Trong đó,  $a_0$  là một thành phần hiệu chỉnh tổng hợp cho các bước sóng độc lập tắt dần. Hệ số  $a_1, a_2$

Người đọc phản biện: TS. Trần Quang Tiến

được xác định theo nguyên tắc ở trên hoặc theo kinh nghiệm và dựa trên sự hấp thụ quang học của 2 máy đo bức xạ. Đây là một cách tính chuyển đổi đơn giản công thức (1) sang công thức (3):  $a_0 = \alpha$ ,  $a_1 = \beta + \gamma$  và  $a_2 = -\gamma$ .

Như vậy, các thuật toán tuyến tính đã được dùng cho những cửa sổ chia và cửa sổ kép từ 10-12  $\mu\text{m}$ . Nhưng trên thực tế, khó có một kết quả tốt nhất cho khu vực cục bộ nào với một số hiệu chỉnh toàn cầu. Có nhiều phương pháp giải quyết vấn đề này, một trong những phương pháp đơn giản được áp dụng đó là thêm vào giá trị góc quét ảnh. Và công thức (2) được viết lại như sau:

$$T_s = a_0 + a_1 T_1 + a_2 T_2 + a_3 f(\theta) \quad (4)$$

Ở đó,  $f(\theta)$  là xấp xỉ hàm góc quét thiên đỉnh. Phương pháp này vẫn chưa đầy đủ khi kiểm soát những sai số ở nhiệt độ cao.

Để giải quyết vấn đề trên, ta thừa nhận cấu trúc phi tuyến tính đối với SST. Ta định nghĩa công thức hiệu chỉnh khí quyển phi tuyến tính theo (Walton, 1990). NLSST là thuật toán xuất phát từ thuật toán CPSST (cross-product SST) và một dạng cơ bản của nó được dùng tính toán AVHRR SST (Advanced Very High Resolution Radiometer). Nó có dạng:

$$T_s = a_0' + a_1' T_1 + a_2' (T_1 - T_2) \cdot T_b + a_3' (\sec \theta - 1) \quad (5)$$

Ở đó,  $T_s$  và  $T_i$  được tính như công thức (5),  $T_b$  là nhiệt độ môi trường. Trong khi công thức (6) có thể

xem như trường hợp tổng quát của công thức (5), xuất phát từ công thức MCSST. Đáng chú ý là nhiệt độ môi trường  $T_b$  cùng với số nhân về sự khác biệt giữa 2 kênh nhiệt cung cấp một cái nhìn khác ở nhiệt độ cao hơn.

### c. Phương pháp tính trường nhiệt bằng hồng ngoại nhiệt

Mô hình RAL dùng bộ dữ liệu với 1200 điểm quan trắc Radiosonde ở 5 góc thiên đỉnh khác nhau và ở 5 vùng biển có nhiệt độ khác nhau để tạo ra dữ liệu với SST từ mỗi cặp kênh 31 và 32 của MODIS. Thuật toán tính toán SST cho MODIS được phát triển bởi UM-RSMAS có tên Miami Pathfinder SST có công thức như sau:

$$SST = c_1 + c_2 * T_{31} + c_3 * T_{3132} + c_4 * (\sec(\theta) - 1) * T_{3132} \quad (6)$$

$T_{31}$  là độ sáng của nhiệt độ (BT) trên kênh 31 (tương ứng AVHRR là kênh 4).

$T_{3132}$  là sự khác biệt BT giữa kênh 32 và 31 (kênh 32 - kênh 31) (tương ứng AVHRR là kênh 5 - kênh 4)  $\theta$  là góc thiên đỉnh.

Hệ số được phân khoảng theo  $T_{3132}$  thành các giá trị lớn hơn hoặc nhỏ hơn 0.7K. Bằng phương pháp hồi quy với hơn 30.000 điểm, các tham số được xác định như trong bảng 1 dưới đây.

**Bảng 1. Các tham số hiệu chỉnh Radiosonde**

	Tham số hiệu chỉnh Radiosonde	
c1	$T_{30} - T_{31} \leq 0,7K$	$T_{30} - T_{31} > 0,7K$
c2	1.228552	1.692521
c3	0,9576555	0,9558419
c4	0,1182196	0,0873754
c5	1.774631	1.199584

**Bảng 2. Các tham số hiệu chỉnh Radiosonde**

	Tham số hiệu chỉnh Radiosonde	
c1	$T_{30} - T_{31} \leq 0,7$	$T_{30} - T_{31} > 0,7$
c2	1.11071	1.196099
c3	0,9586865	0,9888366
c4	0,1741229	0,1300626
c5	1.876752	1.627125

**d. Phương pháp tính trường nhiệt bằng hồng ngoại trung**

Sử dụng mô hình RAL với bộ dữ liệu toàn cầu từ 761 điểm đo thám không radio ở vùng biển và duyên hải có thể tính toán SST từ kênh 20, 22 và 23 của ảnh MODIS.

Công thức tính toán đơn giản nhất là sử dụng hàm tuyến tính, điều này hoàn toàn có thể, nhất là khi dải sóng không chịu ảnh hưởng nhiều sự hấp thụ của hơi nước:

$$SST_i = a_i + b_i * T_i \tag{7}$$

Trong đó, i là tên kênh sóng.

Sai số có thể giảm hơn nếu sử dụng thuật toán đa kênh MCSST sử dụng cho 2 kênh sóng:

$$SST(i,k) = a + b * T_i + c * T_k + f(d) \tag{8}$$

**Bảng 3. Các tham số hiệu chỉnh kênh sóng**

Kênh sóng	a <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	ε (SST)
20	1.01342	1.04948	0,320
22	1.64547	1.02302	0,170
23	3.65264	1.04657	0,446

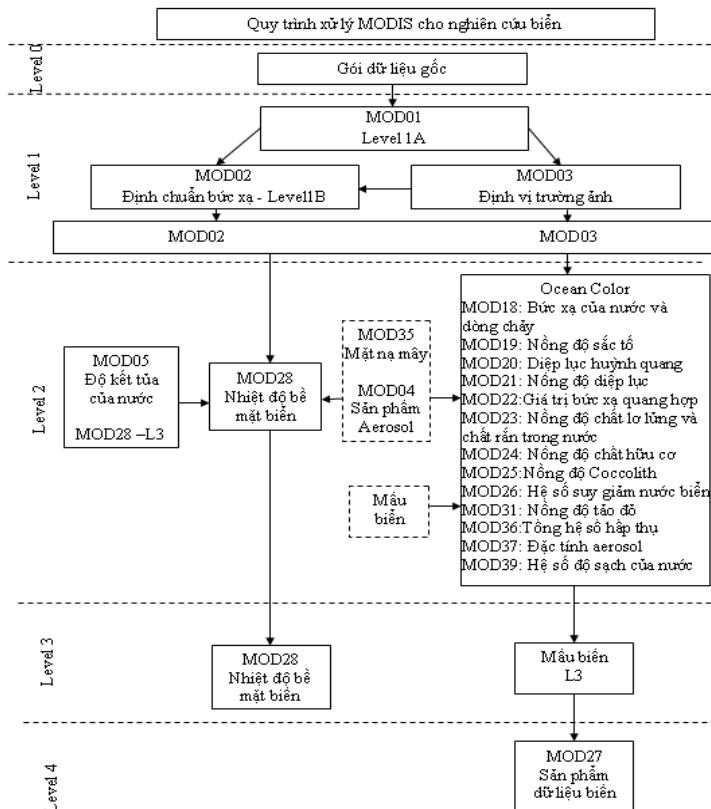
Trong đó i, k là các số kênh 20, 22, 23, f(d) là một hàm để hiệu chỉnh các sai số còn lại. Mô hình f(d) được xác định có thể đơn giản dựa trên năng lượng mặt trời:

$$f(d) = m * \cos(2\pi(x + n)/365) + p \tag{9}$$

Ở đó a, b, c, m, n, p là các tham số hiệu chỉnh được xác định riêng cho mỗi khu vực vĩ độ.

**2. Quy trình tính toán nhiệt độ nước biển từ ảnh viễn thám**

Đối với ảnh MODIS, dữ liệu phục vụ cho các đối tượng khác nhau thì có quy trình xử lý khác nhau. Ảnh MODIS được chia làm các loại level từ level 0 tới level 4 với rất nhiều sản phẩm khác nhau MOD-product. Dưới đây là quy trình chung xử lý ảnh MODIS ứng dụng cho nghiên cứu biển.



**Hình 1. Quy trình phân tích nhiệt độ nước biển**

**3. Ứng dụng phân tích nhiệt độ nước biển từ ảnh viễn thám vùng biển vịnh Bắc Bộ**

**a. Cơ sở ảnh dữ liệu dùng để phân tích**

Để tài sử dụng ảnh Modis để phân tích nhiệt độ

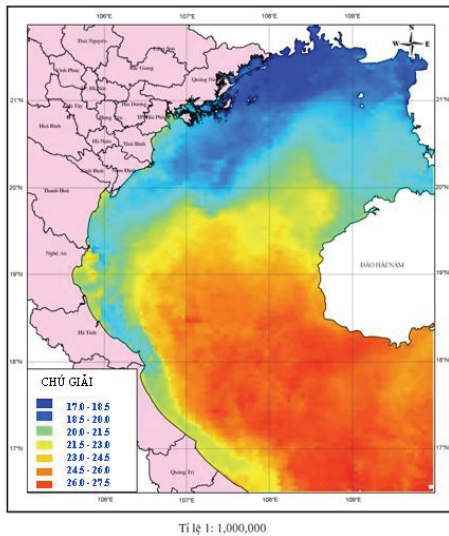
bề mặt biển. Các ảnh được thu thập tập trung trên khu vực vịnh Bắc Bộ. Để thuận lợi cho công việc so sánh và đánh giá kết quả phân tích, thời gian được lựa chọn là tháng 1 và 11 năm 2003 và tháng 3, 8

năm 3004 trùng với 4 chuyến điều tra khảo sát bằng Tàu Nghiên Cứu Biển vùng biển vịnh Bắc Bộ do Trung tâm Khí tượng Thủy văn Biển nay là trung tâm Hải văn thực hiện.

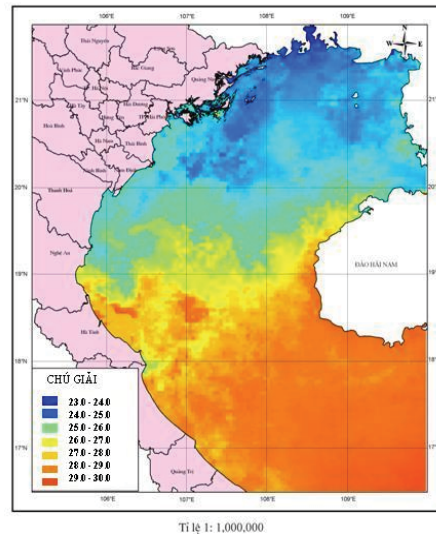
**b. Các kết quả phân tích**

Từ các dữ liệu ảnh thu thập trong 4 tháng (tháng

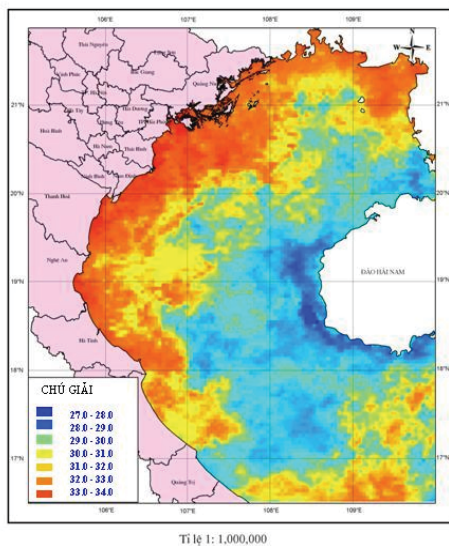
01, 11 năm 2003; tháng 03, 08 năm 2004) đã tiến hành phân tích nhiệt độ nước biển cho từng cảnh ảnh. Các dữ liệu này được tập hợp và lấy trung bình theo không gian và thời gian cho mỗi mùa để xây dựng trường nhiệt độ đặc trưng theo mùa. Dưới đây là các kết quả phân tích nhiệt độ.



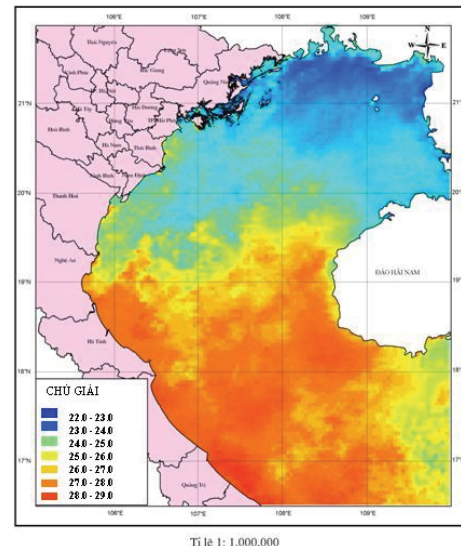
**Hình 1. Bản đồ trường nhiệt độ nước biển tầng mặt tháng 1-2003 phân tích từ ảnh Modis**



**Hình 2. Bản đồ trường nhiệt độ nước biển tầng mặt tháng 3-2004 phân tích từ ảnh Modis**



**Hình 3. Bản đồ trường nhiệt độ nước biển tầng mặt tháng 8-2004 phân tích từ ảnh Modis**

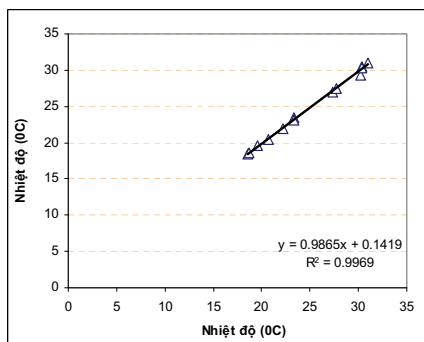


**Hình 4. Bản đồ trường nhiệt độ nước biển tầng mặt tháng 11-2003 phân tích từ ảnh Modis**

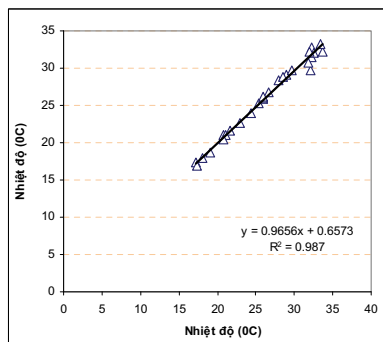
**c. Đánh giá, so sánh kết quả phân tích**

Để đánh giá mức độ tin cậy của kết quả phân tích nhiệt độ bề mặt nước biển. Một số cảnh ảnh có cùng vị trí và thời gian trùng với số liệu quan trắc

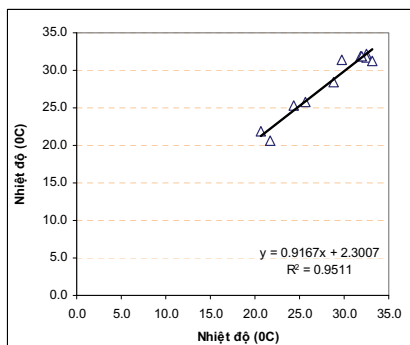
sống từ các nguồn khác nhau, cụ thể là: tại các trạm quan trắc hải văn ven bờ và 3 chuyến khảo sát bằng tàu Nghiên Cứu Biển khu vực vịnh Bắc Bộ trong năm 2003 và 2004 được làm cơ sở để so sánh đánh giá dựa trên các tiêu chuẩn Bias (11) và RMSE (12):



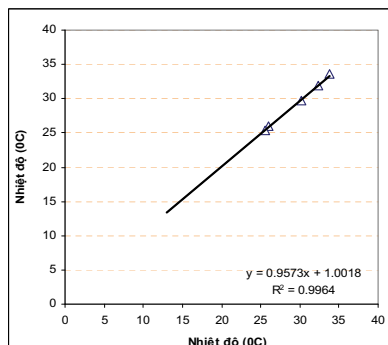
Hình 6. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo tại trạm Côtô



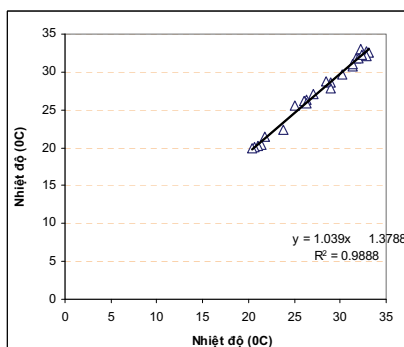
Hình 7. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo tại trạm Bạch Long Vỹ



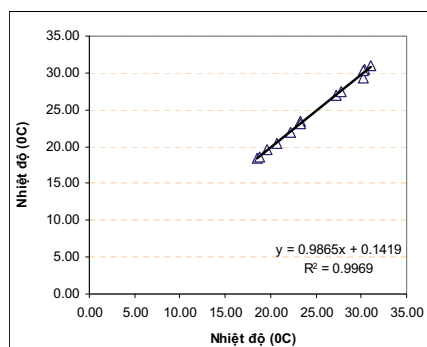
Hình 8. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo tại trạm Hòn Dấu



Hình 9. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo tại trạm Hòn Ngư



Hình 11. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo tại trạm Cồn Cỏ



Hình 12. Tương quan giữa số liệu phân tích và thực đo bằng Tàu Nghiên Cứu Biển

$$Bias = \bar{Y}_t - \bar{X}_t \quad (11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_t - X_t)^2}{n}} \quad (12)$$

Bảng 4. Kết quả so sánh theo các chỉ số Bias và RMSE

Trạm so sánh	Bias	RMSE
Côtô	-0,10	0,34
Bạch Long Vỹ	-0,25	0,66
Hòn Dấu	-0,10	0,99
Hòn Ngư	-0,26	0,35
Cồn Cỏ	-0,28	0,58
Tàu Nghiên Cứu Biển	-0,19	0,39

#### 4. Nhận xét đánh giá

Qua kết quả phân tích nhiệt độ bề mặt nước biển từ dữ liệu ảnh MODIS có một số nhận xét sau:

- Các số liệu nhiệt độ bề mặt biển tính toán đều nhỏ hơn số liệu thực đo với tại các trạm quan trắc Hải văn nhưng với sai số thấp. Chỉ số Bias lớn nhất là -0,29 tại trạm Cồn Cỏ và thấp nhất là -0,1 tại trạm Cô Tô và Hòn Dấu.

- So sánh giữa nhiệt độ tính toán và thực đo của Tàu Nghiên Cứu Biển tương ứng với các chỉ số Bias và RMSE tương ứng là -0,19 và 0,39.

- Đánh giá theo sai số trung bình bình phương

(RMSE) nhận được từ các chuỗi cho thấy sai số này cũng không lớn, trạm lớn nhất là 0,99 tại Hòn Dấu và nhỏ nhất là 0,34 tại trạm Cô Tô.

- Từ các kết quả so sánh trên ta còn nhận được các hệ số tương quan giữa số liệu quan trắc và số liệu phân tích rất cao. R2 cao nhất 0,9969 tại trạm Cô Tô và quan trắc bằng tàu nghiên cứu biển và nhỏ nhất cũng đạt 0,9511 tại trạm Hòn Dấu.

Từ các kết quả so sánh trên nhận thấy rằng với quy trình phân tích nhiệt độ từ ảnh MODIS cho kết quả rất tốt. Chất lượng các số liệu này đủ tiêu chuẩn phục vụ nghiên cứu theo các mục đích khác nhau.

### Tài liệu tham khảo

1. Lê Minh Sơn - Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật "Nghiên cứu ứng dụng của ảnh vệ tinh để xác định nhiệt độ và hàm lượng Chlorophyll bề mặt nước biển. 2008.
2. Hoàng Việt Giao và nnk - đề tài "Xây dựng cơ sở dữ liệu vệ tinh TERRA- MODIS, phục vụ phòng chống ngập lụt và theo dõi môi trường đồng bằng sông Cửu Long". 2004.
3. Nguyễn Hồng Quảng và nnk - "Thu nhận và sử dụng dữ liệu Modis phục vụ quản lý lửa rừng tại Việt Nam".
4. Chu Hải Tùng (2008), Nghiên cứu khả năng ứng dụng kết hợp ảnh vệ tinh radar và quang học để thành lập một số lớp thông tin về lớp phủ mặt đất, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ.
5. Quy trình kỹ thuật thành lập bản đồ chuyên đề bằng tư liệu ảnh vệ tinh tỉ lệ 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000. Bộ Tài nguyên và Môi trường.
6. Thuy Le Toan - Radar remote sensing. ENMRS Training Course, 2008.
7. Phạm Văn Cự và Ferdinand Bonn - Viễn thám radar. Giáo trình đang soạn, chưa hoàn chỉnh. 2006.
8. [http://earth.esa.int/applications/data\\_util/SARDOCS/spaceborne/Radar\\_Courses/](http://earth.esa.int/applications/data_util/SARDOCS/spaceborne/Radar_Courses/).
9. <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/>.