

ỨNG DỤNG PHỔ KẾ SIÊU CAO TẦN XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN Ở VIỆT NAM

DOÃN MINH CHUNG

I. GIỚI THIỆU

Các phép đo truyền thống nhiệt độ mặt biển bằng nhiệt kế trên các tàu hay phao biển đã tồn tại từ lâu đời và cho các kết quả khá chính xác, nhưng việc thực hiện mất nhiều công sức, thời gian và kết quả không đáp ứng kịp với sự biến động nhanh về không gian và thời gian của nhiệt độ mặt biển. Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ viễn thám, nhiệt độ mặt nước biển có thể được xác định bằng các hệ phổ kế gắn trên các vệ tinh nhân tạo (NOAA, MODIS, SMOS, v.v.), trên máy bay hoặc trên mặt đất.

Phương pháp viễn thám siêu cao tần thụ động trong nghiên cứu biển dựa trên việc đo nhiệt độ phát xạ từ mặt nước biển bằng các phổ kế siêu cao tần, sau đó sử dụng các mô hình bán thực nghiệm về hằng số điện môi của nước biển để tính toán các thông số của biển như nhiệt độ mặt biển, độ mặn nước biển, v.v. Các mô hình bán thực nghiệm này thể hiện hằng số điện môi (số phức) của nước biển là hàm của các tham số khác như nhiệt độ, độ mặn nước biển, độ đục nước biển, nồng độ thực vật phù du, tốc độ gió, độ cao của sóng, v.v. Nước biển có hằng số điện môi khác nhau thì phát xạ ra năng lượng khác nhau. Ngoài ra, góc quan sát của phổ kế là tham số liên quan đến sự tán xạ năng lượng phát ra từ mặt biển, vì vậy ảnh hưởng đến giá trị nhiệt độ phát xạ thu được từ phổ kế.

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ở dải tần số thấp (băng L, X), độ phát xạ của mặt nước biển rất nhạy với sự biến thiên của nhiệt độ mặt biển và độ mặn nước biển [1]. Ngoài ra, để tăng cường độ chính xác quan trắc mặt biển, người ta thường sử dụng kết hợp phổ kế băng C với phổ kế băng L.

II. PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp viễn thám siêu cao tần thụ động dựa trên việc đo nhiệt độ phát xạ của mặt biển bằng các phổ kế siêu cao tần, từ đó xác định được nhiệt độ mặt biển.

1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp viễn thám thụ động đo nhiệt độ mặt nước biển

Như chúng ta đã biết, mọi đối tượng tự nhiên có nhiệt độ vật lý lớn hơn 0°K , luôn tự phát ra bức xạ điện từ, đặc trưng bởi cường độ bức xạ B. Sự phát xạ thụ động của mọi đối tượng được biểu thị qua công thức Rayleigh-Jeans [1]:

$$B = (2kT/\lambda^2) \cdot e \quad (1)$$

trong đó: B - cường độ bức xạ (Watt/m^2); $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ (J/K) - hằng số Boltzman; λ (cm) - bước sóng điện từ trường; e - độ phát xạ tự nhiên của đối tượng đo.

Trường hợp vật phát xạ là mặt nước biển phẳng lặng, đồng nhất, độ phản xạ sẽ được tính bằng công thức Fresnel [1]:

$$\Gamma(h, \theta) = \frac{\left| \cos \theta - \sqrt{k - \sin^2 \theta} \right|^2}{\left| \cos \theta + \sqrt{k - \sin^2 \theta} \right|^2} \quad (2)$$

$$\Gamma(v, \theta) = \frac{\left| k \cos \theta - \sqrt{k - \sin^2 \theta} \right|^2}{\left| k \cos \theta + \sqrt{k - \sin^2 \theta} \right|^2} \quad (3)$$

trong đó: $-(h, v)$ ứng với phân cực ngang và phân cực đứng của sóng điện từ; θ là góc tới của anten đối với bề mặt nước biển; k là hằng số điện môi của nước biển.

Từ (2) và (3), xác định được Nhiệt độ mặt biển (T_0) bằng công thức sau:

$$e = \frac{T_B}{T_0} = 1 - \Gamma(\theta, p). \quad (4)$$

2. Các mô hình bán thực nghiệm xác định hằng số điện môi của nước biển

Hằng số điện môi của nước biển là tham số đặc trưng cho đặc tính điện môi của nước biển, phụ thuộc vào các thông số như độ mặn, độ đục, hàm lượng thực vật phù du, nhiệt độ nước biển và ảnh hưởng trực tiếp đến phổ năng lượng phát xạ từ mặt biển. Mối quan hệ giữa hằng số điện môi và các tham số hoá lý của nước biển được thể hiện thông qua các mô hình bán thực nghiệm. Có nhiều mô hình bán thực nghiệm khác nhau, dựa trên những điều kiện thực nghiệm khác nhau [4].

Trong quá trình nghiên cứu và tiến hành thực nghiệm, chúng tôi đã thử nghiệm ứng dụng mô hình Debye [2] và Johnson [3] để tính toán hằng số điện môi của nước biển, được tóm tắt như sau:

a. Mô hình Debye

Mô hình này được xây dựng dựa trên những phép đo nhằm xác định hằng số điện môi phức của nước và nước biển trong khoảng tần số từ 7 - 14 GHz, với nhiệt độ từ 0 - 30°C và độ mặn từ 0‰ - 38‰ [2]. Việc xác định hằng số điện môi ở tần số siêu cao của nước rất quan trọng, không chỉ liên quan đến cấu trúc phân tử của nước, mà còn liên quan đến các ứng dụng thực tiễn của nó. Mô hình này góp phần phân tích, lý giải các kết quả nghiên cứu viễn thám về Trái đất từ các vệ tinh radar và phổ kế siêu cao tần. Nước lỏng tinh khiết có độ mặn $S = 0$ tồn tại trong các đám mây và mưa gây ảnh hưởng lớn đến sự truyền sóng điện từ trong khí quyển, trong khi sự tán xạ và phát xạ bề mặt của nước biển lại phụ thuộc mạnh vào các đặc tính điện môi của nước.

Hằng số điện môi k trong (2), (3) là một số phức (phụ thuộc vào tần số):

$$k = \text{Re}(k) + i \cdot \text{Im}(k) \quad (5)$$

trong đó, $\text{Re}(k)$, $\text{Im}(k)$ là phần thực và phần ảo của k , i - đơn vị phức.

Dưới đây là mô hình tính toán hằng số điện môi phức (HSDM) của tác giả Debye [2]:

$$k = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_s - \epsilon_1}{1 - i \cdot 2\pi\tau_1 f} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_\infty}{1 - i \cdot 2\pi\tau_2 f} + i \cdot \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0 f} \quad (6)$$

trong đó, ϵ_∞ - giá trị tới hạn ở tần số cao của HSDM; ϵ_1 - tham số điện môi trung gian; ϵ_s - hằng số điện môi tĩnh; τ_1, τ_2 - thời gian hồi phục bậc 1 và 2 của nước; σ - độ dẫn ion của nước biển; $\tilde{\epsilon}$ - hằng số điện môi của không gian tự do; f - tần số sóng điện từ.

Các tham số này đều là hàm của nhiệt độ T và độ mặn S của nước biển, được mô tả chi tiết trong [2].

b. Mô hình Johnson tính toán nhiệt độ phát xạ nước biển phẳng lặng

Mô hình T. Johnson tuy đơn giản hơn mô hình của Debye, nhưng lại cho kết quả phù hợp thực tế hơn, đặc biệt mô hình này được xây dựng trên cơ sở những thí nghiệm ở tần số $f = 1,4$ GHz, bằng tần số của phổ kế được sử dụng, được tóm tắt như sau [3]:

$$k = \epsilon_{\infty} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_{\infty})}{1 - 2i\pi f\tau} + \frac{i\sigma}{2\pi f\epsilon_0} \tag{8}$$

III. THỰC NGHIỆM

Thực nghiệm đo nhiệt độ mặt nước biển bằng Phổ kế siêu cao tần băng L tại vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng được tiến hành trong 2 đợt [5].

+ Đợt 1 được tiến hành vào ngày 19/7/2005, tại vị trí có tọa độ: (106° 51' 81''E ; 20° 41' 53.6''N), cách đất liền khoảng 5 hải lí (9 km). Thời tiết tốt, trời trong xanh, biển lặng. Các thông số của biển được đo bằng các thiết bị chuyên dụng, được biểu thị trên bảng 2. Thời gian đo của phổ kế trùng với thời gian thu ảnh MODIS của Viện Vật lí và Điện tử.

+ Đợt 2 được tiến hành vào ngày 27/7/2005, tại 2 điểm cách đất liền khoảng 11 hải lí. Tọa độ của các điểm tương ứng là:

Điểm 1: (106° 53' 27''E; 20° 41' 23''N)

Điểm 2: (106° 55' 07''E ; 20° 39' 40''N).

Thời tiết tốt, trời trong xanh, biển lặng, nước trong (bảng 2). Thời gian đo tại điểm thứ nhất trùng với thời gian thu ảnh MODIS.

Bảng 1. Số liệu đo của phổ kế được tự động lưu trữ, tính toán trong máy tính

```
Space Technology Application Center (STAC), 10P, VAST
Data file created for L-band passive Radiometer
F = 1.4GHz
Blue sky calibration frequency = 9000Hz
Blue sky temperature = 5
Absorber calibration frequency = 2298.6Hz
Absorber temperature = 35.6
Object = Mat bien
Soil temperature = 34.5
Surface roughness parameter = .2
SF = 38
CF = 16
BD = 1
```

No.	Time	Ant. angle	Freq.	Emiss.	VSM
000	10:12	50	7017	0.308	0.000
000	10:12	50	7080	0.299	0.000
000	10:12	50	7121	0.293	0.000
000	10:12	50	7100	0.296	0.000
000	10:12	50	7044	0.304	0.000
000	10:12	50	6995	0.312	0.000
000	10:12	50	6964	0.316	0.000
000	10:12	50	6989	0.313	0.000
000	10:12	50	6987	0.313	0.000
000	10:12	50	7058	0.302	0.000
000	10:12	50	7052	0.303	0.000
000	10:12	50	6955	0.318	1.000
000	10:12	50	6926	0.322	0.980
000	10:12	50	6905	0.325	0.970
000	10:12	50	6938	0.320	0.985
000	10:13	50	6976	0.314	0.000
000	10:13	50	7007	0.310	0.000
000	10:13	50	6989	0.313	0.000
000	10:13	50	6973	0.315	0.000
000	10:13	50	6964	0.316	0.000
000	10:13	50	6955	0.318	1.000
000	10:13	50	6925	0.322	0.980
000	10:13	50	6856	0.332	0.940
000	10:13	50	6830	0.336	0.930
000	10:13	50	6815	0.338	0.910
000	10:13	50	6831	0.336	0.930

Thiết bị đo bao gồm: Hệ phổ kế LNIR có tần số $f = 1,41$ GHz, độ rộng băng $\Delta f = 40$ MHz, độ nhạy $\Delta T < 0,3$ K, thời gian tích phân $\tau = 1$ s; Máy tính xách tay phục vụ tự động ghi số liệu đo đạc; Nhiệt kế điện tử đo nhiệt độ không khí và đối tượng đo; Thiết bị đo độ mặn, tốc độ gió; Máy thu tín hiệu định vị toàn cầu GPS dùng để xác định tọa độ điểm đo.

Phổ kế được đặt trước mũi thuyền để góc nhìn được rộng và thuận tiện cho phép đo. Bateri để nung nóng khối cao tần từ 30 - 40 phút. Khi nhiệt độ khối cao tần đạt $T = 50^{\circ}\text{C}$, phổ kế sẽ thông báo sẵn sàng đo. Phép chuẩn phổ kế phải được thực hiện đầu tiên, sau đó hướng anten xuống mặt biển với các góc quan sát θ khác nhau, các giá trị tần số f_i đo được của phổ kế được ghi vào máy tính đồng thời được hiển thị trên màn hình của phổ kế [5].

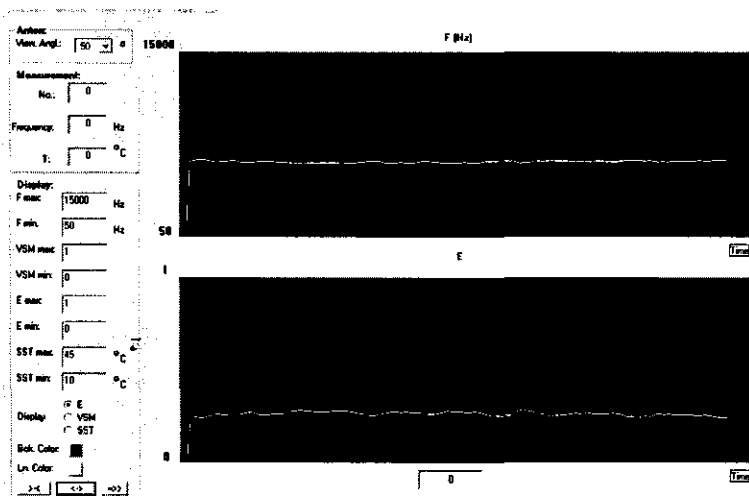
Bảng 1 là minh họa một file số liệu đo của phổ kế (LNIR) được tự động ghi vào máy tính trong quá trình đo tự động “on-line” trên vùng biển Đồ Sơn, với $\theta = 20^{\circ}$.

Bảng 2. Số liệu thực địa tại biển Đồ Sơn - Hải Phòng ngày 19/7 & 27/7/2005

	10 : 44/27/07	11 : 53/27/07	13 : 03/19/07
Nhiệt độ không khí ($^{\circ}\text{C}$)	36,2	34,5	33,1
Nhiệt độ nước biển ($^{\circ}\text{C}$)	31,5	32,5	34
Vận tốc gió (m/s)	0	0.8	0,3
Độ mặn (‰)	10	15	22,5
Độ cao TB của sóng (cm)	< 5	10 - 15	10 - 15

IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. So sánh với nhiệt độ mặt biển thu được từ dữ liệu ảnh vệ tinh MODIS



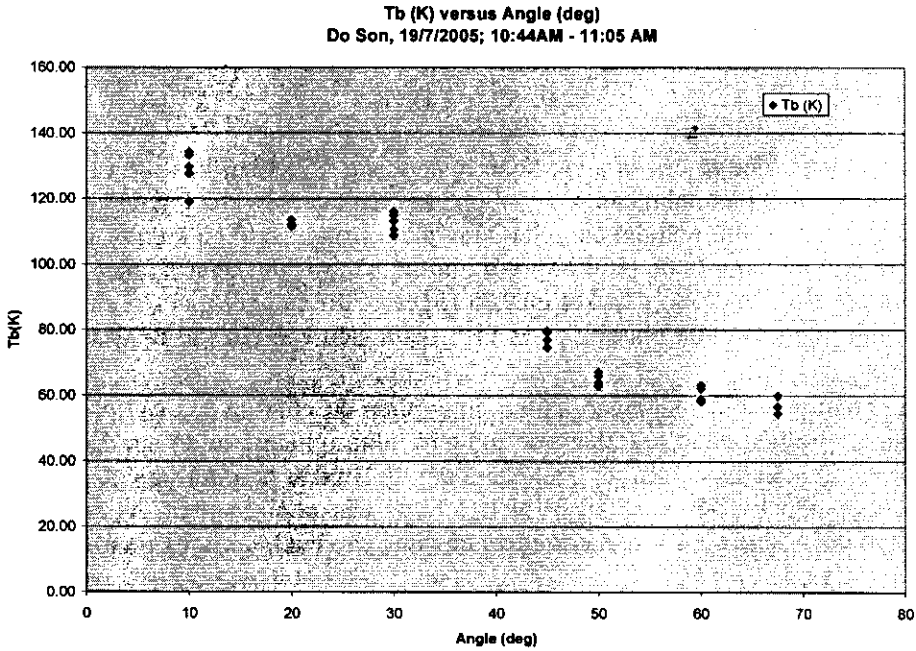
Hình 2. Phổ phát xạ mặt biển tương ứng với bảng 1, chế độ tự động ghi “on-line”

Các đợt thực nghiệm đo đạc nhiệt độ mặt nước biển bằng phổ kế siêu cao tần được bố trí đồng thời với thời gian thu ảnh vệ tinh MODIS (Trạm thu của Viện Vật lý và Điện tử). Chúng tôi

đã hợp tác với Trạm thu ảnh MODIS, chọn ngày giờ vệ tinh AQUA-MODIS bay qua vùng biển Việt Nam với góc quan sát nhỏ hơn 45° , để đảm bảo ảnh thu được là tốt nhất.

Ngày 19/7/2005, vệ tinh AQUA-MODIS bay qua khu vực Việt Nam 2 lần với góc quan sát 32° từ 9 : 14 AM – 9 : 32 AM và với góc quan sát 42° từ 13 : 01 PM – 13 : 15 PM.

Ngày 27/7/2005, vệ tinh AQUA-MODIS bay qua khu vực Việt Nam 2 lần với góc quan sát 40° vào lúc từ 10 : 44 AM – 10 : 58 AM, và góc quan sát 60° từ 14 : 52 PM – 15 : 08 PM. Chúng tôi chọn so sánh với ảnh MODIS vào giờ thu 10 : 44 AM, vì góc thu 40° tốt hơn.



Hình 3. Đồ thị thực nghiệm đo nhiệt độ phát xạ Tb phụ thuộc góc quan sát của phổ kế tại biển Đồ Sơn, 19/7/2005

Trong quá trình phổ kế siêu cao tần băng L tự động đo nhiệt độ phát xạ mặt biển, các phép đo thông số mặt biển được tiến hành đồng thời, bao gồm độ mặn nước biển ở các độ sâu 20 cm, 50 cm, v.v., tốc độ gió biển (ở độ cao 2,5 m so với mặt biển), độ mấp mô mặt biển, nhiệt độ không khí, v.v. Các thông số này sẽ được dùng như các hằng số trong chương trình tính toán nhiệt độ mặt biển theo các mô hình bán thực nghiệm vật lí.

2. Phân tích kết quả

Tổng hợp các kết quả thực nghiệm đo nhiệt độ mặt nước biển (T^0K) trong 2 ngày 19/7 và 27/7/2005, bằng 3 phương thức khác nhau: đo bằng nhiệt kế (ở độ sâu 10 – 30 cm), đo bằng phổ kế siêu cao tần (phương pháp viễn thám) và ảnh vệ tinh MODIS (bảng 4), chúng tôi có một số nhận xét như sau:

- Số liệu T^0K đo bằng phổ kế LNIR tương đối tản mạn ở các góc quan sát khác nhau, và chênh lệch từ 1 – $3^\circ K$ so với các số liệu thu được từ 2 phương pháp còn lại. Điều này có thể lí giải phần nào việc tàu biển nhỏ bị đập dềnh do sóng, dẫn đến góc quan sát của phổ kế cũng bị sai số, từ 10 – 15° . Ngoài ra, ảnh MODIS thu được từ vùng sóng quang học, nên bị ảnh hưởng của lớp mây, cũng gây ra sai số. Còn T^0K đo bằng nhiệt kế thì chỉ đo được ở độ sâu khoảng 10 - 30 cm, nên khác với nhiệt độ lớp “biểu bì” của nước biển -

được đo bằng phổ kế. Các sai số này có thể được khắc phục về cơ bản, nếu phổ kế LNIR được đặt trên tàu biển lớn, không bị dập dềnh do sóng biển, và nếu sóng biển (độ mấp mô bề mặt) càng nhỏ thì các mô hình tính toán càng cho kết quả chính xác.

- Kết quả từ bảng 4 cho thấy ở 20°, nhiệt độ mặt nước biển đo bằng nhiệt kế và bằng phổ kế LNIR khá phù hợp. Điều này chứng tỏ ở góc này, hiệu suất ghi của phổ kế là cao nhất, còn ở những góc khác, do sóng biển làm tàu biển dập dềnh ngẫu nhiên, nên hiệu suất ghi của phổ kế thấp hơn. Nhiệt độ mặt biển được xác định từ ảnh MODIS khá phù hợp với kết quả đo bằng phổ kế ứng với góc $\theta = 50^\circ$ (ngày 19/7) và $\theta = 20^\circ$ (ngày 27/7), chênh nhau khoảng 3°. Sai số này do ảnh MODIS thu phát xạ mặt biển bị che phủ lớp mây khá dày.

V. KẾT LUẬN

Tuy còn một số vấn đề cần tiếp tục hoàn thiện trong việc triển khai ứng dụng phổ kế siêu cao tần nghiên cứu mặt biển, như cần phải đặt phổ kế trên tàu biển khá lớn để không bị dập dềnh do sóng biển, số lần đo thử nghiệm cần phải tăng thêm trong các điều kiện tự nhiên khác nhau, sử dụng thêm phổ kế băng C để phối hợp với phổ kế băng L thu phát xạ mặt biển nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của sóng biển đến kết quả đo [5], v.v. thì các kết quả đạt được đã bước đầu khẳng định tính đúng đắn của phương pháp viễn thám siêu cao tần thụ động trong nghiên cứu mặt biển.

Phương pháp viễn thám siêu cao tần sử dụng phép đo phát xạ của các phổ kế đã và đang được ứng dụng tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới, như nghiên cứu độ ẩm đất, sinh khối thực vật, nhiệt độ và độ mặn nước biển. Ở Việt Nam, đây là lần đầu tiên thử nghiệm đo nhiệt độ mặt biển sử dụng hệ phổ kế siêu cao tần băng L, vì vậy cần phải có thêm nhiều thời gian thực nghiệm và trao đổi học thuật với các nước bạn để nâng cao trình độ nghiên cứu và thực nghiệm bằng phương pháp này.

Để hoàn thành công trình nghiên cứu này, chúng tôi xin cảm ơn sự giúp đỡ của Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Viện Vật lý và Điện tử, Viện nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường Biển - Hải Phòng và hợp tác hiệu quả của các đồng nghiệp tại Viện Điện tử - Viện Hàn Lâm Khoa học Bungari.

Bảng 4. Tổng hợp các kết quả đo bằng 3 phương pháp khác nhau

Góc quan sát	10:40/19/07/ 2005		13:03/19/07/ 2005			10:40/27/07/2005			11:53/27/07/ 2005	
	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K	T°K
	Nhiệt kế	Phổ kế	Nhiệt kế	Phổ kế	MODIS	Nhiệt kế	Phổ kế	MODIS	Nhiệt kế	Phổ kế
0°										
10°										
20°	306	306,25				304,5	304	301	306	305,5
30°										
40°										
50°			307	307,75	304					
Độ mặn	27,5 ⁰ / ₀₀		22,5 ⁰ / ₀₀			28 ⁰ / ₀₀			28,5 ⁰ / ₀₀	
V _{gió}	0,5 m/s		0,3 m/s			0,1 m/s			0,8 m/s	

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. F. T. Ulaby, R. K. Moore, A. K. Fung - Microwave Remote Sensing: Active and Passive, Vol. III, From theory to applications, Artech house, Dedham, M.A. 1986.
2. Thomas Meissner, Frank Wentz - The complex dielectric constant of pure and sea water from microwave satellite observations, IEEE Trans. Ant & Prop. **GE-30** (1992) 972-1017.
3. Joel T. Johnson - Brightness Temperature of a Flat Water Surface, 26 Feb, 2002.
4. L. Klein and C. Swift - Model for complex dielectric constant of pure and sea water, IEEE Trans. Ant and Prop. (1977) 104-110.
5. D. M. Chung và các cộng sự - Nghiên cứu chế tạo hệ thiết bị điều hành tự động đo và xử lý số liệu "on-line" của phổ kế siêu cao tần và ứng dụng trong nghiên cứu nhiệt độ mặt biển tại Việt Nam, Báo cáo nghiệm thu đề tài cấp Viện KH & CNVN, Hà Nội, năm 2003-2005.

SUMMARY

EXPERIMENTS FOR ESTIMATION OF SEA SURFACE TEMPERATURE USING OF MICROWAVE RADIOMETER IN VIETNAM

Three fourth of Earth's surface is covered by the sea that greatly impacts on Global climate. Sea surface conditions always change complicatedly on wide scale that is interested by various scientific branches for its research and monitoring. Nowadays with the development of Space Technology and Remote Sensing, the coastal research and monitoring are enhanced. The most interested parameters are sea surface temperature (SST), sea surface salinity (SSS), chlorophyll-a in which SST plays an important role presenting the exchange of the sea - air layer energy flux and directly impacts to the coastal climate and environment, as well as to its biodiversity, etc.

This paper provides some preliminary research results of the Space Technology Institute (STI) scientists on sea surface temperature based on the Passive Microwave Remote Sensing method and experiments of brightness temperature measurement using L-band radiometer (LNIR).

Địa chỉ:

Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện KH & CNVN.

Nhận bài ngày 1 tháng 10 năm 2006