

# XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG BẰNG DỮ LIỆU ẢNH LANDSAT-8 VÀ SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG

Trần Ngọc Tường<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hùng<sup>1</sup>, Lương Chính Kế<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cục Viễn thám Quốc gia, Email: tntrsc@gmail.com, nvhung.sochanoi@gmail.com

<sup>2</sup>Hội Trắc địa, bản đồ, viễn thám Việt Nam, Email: lchinhke@gmail.com

## TÓM TẮT

Bài báo đưa ra phương pháp *giải tích hồi quy đa biến* xác định nhiệt độ không khí  $T_a$  từ nhiệt độ bề mặt  $T_s$  được trích xuất từ hai kênh ảnh vệ tinh Landsat-8; đặc biệt, quan tâm tới hiệu chỉnh ảnh hưởng của hơi nước trong khí quyển và góc tới chiếu sáng bề mặt địa hình. Sai số trung phương của mô hình  $T_a$  tính từ sai số thực của 9 điểm khí tượng trên khu vực ĐBSCL là 0,27 °C (tương đương 0,84 %), và sai số tuyệt đối trung bình bằng 0,71 °C (tương đương 2,19 %).

**Từ khóa:** Ảnh vệ tinh Landsat-8, nhiệt độ không khí, nhiệt độ bề mặt.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), dưới tác động của biến đổi khí hậu, các thiên tai xảy ra với cường độ ngày càng cao và ngày càng khó dự báo hơn trước, gây thiệt hại nặng nề và ảnh hưởng nghiêm trọng tới phát triển kinh tế - xã hội bền vững khu vực Nam bộ nói chung, vùng ĐBSCL nói riêng. Nhiệt độ không khí  $T_a$  là một tham số quan trọng trong mô hình khí tượng của khu vực, trong nghiên cứu biến đổi khí hậu toàn cầu, ước tính ngân sách bức xạ, nghiên cứu cân bằng nhiệt, ước tính bốc thoát hơi nước và trong nghiên cứu thủy văn [1, 3]. Ta có thể cung cấp thông tin quan trọng về các tính chất vật lý ở bề mặt địa hình thông qua nhiệt độ bề mặt  $T_s$  được ước tính bằng ứng dụng công nghệ viễn thám. Đây là phương pháp hữu hiệu có thể tích hợp với một số ít dữ liệu khí tượng để tính  $T_a$  cho một khu vực rộng lớn, ví dụ khu vực ĐBSCL. Ưu điểm của việc sử dụng công nghệ viễn thám là dữ liệu ảnh độ phân giải cao có sẵn từ các nhà cung cấp ảnh, có độ phủ phù hợp và lặp đi lặp lại nhiều ngày.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tính ảnh nhiệt độ bề mặt $T_s$

Một số thuật toán đã được các nhà nghiên cứu sử dụng để ước tính  $T_s$  bằng cách sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh dải hồng ngoại nhiệt (TIR). Trong nghiên cứu của chúng tôi, phương pháp SW (Split-Window) được sử dụng. Thuật toán SW loại bỏ hiệu ứng khí quyển bằng cách sử dụng sự hấp thụ khí quyển khác biệt trong hai kênh hồng ngoại ẩn liền kề có tâm ở 11  $\mu\text{m}$  và 12  $\mu\text{m}$ , và áp dụng độ sáng kết hợp tuyến tính hoặc phi tuyến để tính nhiệt độ bề mặt [4,5]. Cấu trúc nhiệt độ cấp độ sáng TB (brightness temperature) phi tuyến như mô tả dưới đây đã được áp dụng để tính  $T_s$  từ ảnh TIRS Landsat-8 [2]:

$$T_s = T_i + c_1 (T_i - T_j) + c_2 (T_i - T_j)^2 + c_0 + c_3 + c_4 w (1 - \varepsilon) + c_5 + c_6 w \Delta\varepsilon$$

$$\text{Với } \varepsilon = 0.5 (\varepsilon_i - \varepsilon_j); \Delta\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_j \quad (1)$$

Trong đó:  $T_s$  là nhiệt độ bề mặt đất,  $T_i$  và  $T_j$  là nhiệt độ cấp độ sáng (TB) của đầu cảm biến ở nhiệt độ Kelvin,  $\varepsilon$  độ phát xạ trung bình giữa kênh  $i$  và  $j$ ,  $\Delta\varepsilon$  là chênh lệch phát xạ giữa kênh  $i$  và  $j$ ,  $w$  là tổng hàm lượng hơi nước trong khí quyển ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) và  $c_0$  đến  $c_6$  là các hệ số SW được xác định từ dữ liệu mô phỏng trên hệ thống MODTRAN (có thể yêu cầu từ NASA);  $i$  - kênh 10,  $j$  - kênh 11 cho Landsat-8.

Các giá trị phát xạ bề mặt cho 4 loại đối tượng là đất trống  $\epsilon_s$ , thực vật  $\epsilon_v$ , đất đô thị  $\epsilon_u$  và nước  $\epsilon_w$  lần lượt được thống kê Bảng 1.

**Bảng 1.** Hệ số phát xạ của bốn đối tượng bề mặt

Hệ số phát xạ	$\epsilon_s$	$\epsilon_v$	$\epsilon_u$	$\epsilon_w$
Kênh 10	0,971	0,984	0,964	0,991
Kênh 11	0,977	0,980	0,970	0,986

Hai kênh ảnh phản xạ bề mặt R và NIR được sử dụng để tạo ảnh *chỉ số thực vật hiệu số chuẩn hóa* NDVI: Sử dụng phần mềm trên thanh công cụ của ENVI chúng ta tiến hành phân lớp phi giám định ảnh NDVI bằng ISODATA theo 4 lớp được xác định bởi các ngưỡng như sau: Nước: với  $NDVI < 0,03$ ; Đất trống: với  $0,03 \leq NDVI \leq 0,2$ ; Đất đô thị: với  $0,2 \leq NDVI \leq 0,5$ ; Thực vật: với  $NDVI > 0,5$ .

Có hai phương thức xác định tham số hơi nước trong khí quyển w: 1/ dựa vào số liệu quan trắc khí tượng; 2/ dựa trực tiếp vào hai kênh ảnh nhiệt của đầu thu Landsat-8 trên cơ sở xác định tỷ số tham số truyền bức xạ của hai kênh nhiệt, được tính toán từ ảnh hiệp phương sai của 2 kênh ảnh nhiệt. Do không tiếp cận được số liệu khí tượng đầy đủ trong nghiên cứu, chúng tôi sử dụng phương thức thứ hai.

## 2.2. Tính ảnh nhiệt độ không khí $T_a$

Trong mục này, chúng tôi nhấn mạnh ảnh hưởng DEM tới  $T_a$ . Độ chênh cao địa hình ảnh hưởng tới các tia tới (góc tới) từ Mặt Trời đi tới bề mặt đất. Góc tới (ký hiệu là  $\theta$ ) phụ thuộc vào ngày DOY (day of year) trong năm của Mặt Trời, góc giờ Mặt trời ( $\omega$ ), vĩ tuyến (latitude –  $\phi$ ) của địa hình được chiếu sáng, độ dốc (s) và hướng dốc ( $\gamma$ ) của phần tử (pixel) bề mặt địa hình. Dạng tổng quát của hàm tại thời điểm ảnh vệ tinh  $t$  như sau:

$$\theta = \arccos\{\delta(\text{DOY}), \phi, s, \gamma, \omega(t, \text{DOY}, \lambda_n, \lambda_a)\} \quad (2)$$

Trong đó:  $\delta$  – góc nghiêng của đường nối giữa tâm Mặt Trời với tâm Trái Đất so với mặt phẳng xích đạo Trái Đất,  $\lambda_n$ - kinh tuyến trung tâm múi giờ (Việt Nam),  $\lambda_a$ - Kinh tuyến điểm tâm của tấm ảnh.

Chúng tôi đề xuất: nhiệt độ không khí  $T_a$  là hàm số của 4 biến độc lập, đó là: DEM, chỉ số thực vật NDVI, góc tới  $\theta$  và nhiệt độ bề mặt  $T_s$ . Hàm hồi quy 4 biến của  $T_a$  được viết:

$$T_a = a \cdot \text{DEM} + b \cdot \text{NDVI} + c \cdot \theta + d \cdot T_s + e \quad (3)$$

Trong đó: a, b, c, d, e là các hệ số ẩn số cần xác định dựa vào một số điểm khí tượng khi biết nhiệt độ  $T_a$  tại các điểm đó. Sau khi xác định các hệ số ẩn số từ một số điểm quan trắc khí tượng, chúng ta sẽ tính ảnh nhiệt độ  $T_a$  cho toàn khu vực và phân tích đánh giá độ chính xác nhận được.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Tư liệu, dữ liệu sử dụng

Ảnh Landsat-8 chụp ngày 31/10/2018 tại thời điểm 10h14'09.3'', có độ phân giải không gian 30m; Dữ liệu mô hình số độ cao DEM 30m; Số liệu đo nhiệt độ không khí tại 9 trạm quan trắc tại khu vực ĐBSCL (bảng 2). Cần lưu ý là khi tính toán trong phần thực nghiệm, cần thiết phải nội suy nhiệt độ từ số đo trạm quan trắc khí tượng vào đúng thời điểm mà vệ tinh quét thu nhận ảnh theo giờ Hà Nội.

### 3.2. Kết quả

#### 3.2.1 Nhiệt độ bề mặt $T_s$

Trên cơ sở trình bày ở mục 2.1 về cách tính nhiệt độ bề mặt  $T_s$  từ ảnh Landsat-8 với 2 kênh ảnh nhiệt 10 và 11. Trên ảnh  $T_s$  được nâng vị trí một số hồ nước có nhiệt độ thấp và bề mặt đô thị (đông dân, mật độ dày bê tông hóa) có nhiệt độ cao.



Hình 1. Tổng quan, ảnh Landsat 8 và DEM khu vực ĐBSCL.

### 3.2.2. Nhiệt độ không khí $T_a$

Để tính nhiệt độ không khí  $T_a$  cho toàn tấm ảnh nhiệt Landsat-8 từ nhiệt độ bề mặt  $T_s$  theo công thức (3), việc trước tiên cần thiết là **nội suy nhiệt độ không khí**  $T_a$  đo tại 9 điểm khí tượng về thời điểm của ảnh vệ tinh vào ngày 31/10/2018 theo hàm số cos. Do khuôn khổ bài báo cho phép, kết quả nội suy không được giới thiệu ở đây.

Tiếp theo cần tính góc tới  $\theta$  trên cơ sở công thức (2) và đọc nhiệt độ bề mặt  $T_s$  từ ảnh ( $T_{s\_ảnh}$ ) đã tính ở phần A và đọc trị số NDVI tại các điểm quan trắc khí tượng. Cuối cùng tính  $T_a$  theo công thức (3). **Bảng 2** là kết quả tính ( $T_{a\_es}$ ) trên 9 điểm khí tượng (cột 7).

Trong đó  $T_{a\_td}$  là  $T_a$  thực địa trên trạm khí tượng; các hệ số sau khi tính toán hồi quy đa biến là  **$a = 0,223$ ,  $b = 0,156$ ,  $c = -202,49$ ,  $d = -0,003$ ,  $e = 168,842$**  và cột 7 là kết quả tính  $T_a$  từ (3). Số chênh lệch lớn nhất giữa  $T_{a\_td}$  và  $T_{a\_es}$  tại điểm Cao Lãnh là  $1,58\text{ }^\circ\text{C}$ ; thấp nhất tại điểm Ba Tri là  $0,32\text{ }^\circ\text{C}$ . Sai số trung phương (SSTP) tính  $T_a$  của mô hình (3) từ sai số thực trên 9 điểm khí tượng là  $0,27\text{ }^\circ\text{C}$  (tương đương  $0,84\%$ ), và sai số tuyệt đối trung bình (SSTyĐTB) bằng  $0,71\text{ }^\circ\text{C}$  (tương đương bằng  $2,19\%$ ). Lặp lại tính toán lần thứ 2, chỉ sử dụng 6 điểm trong số 9 điểm khí tượng, còn lại **3 điểm** dùng để **kiểm tra** mô hình (Mỹ Tho, Cần Thơ, Càng Long). Kết quả nhận được trên 3 điểm kiểm tra với SSTP đạt  $4,32\%$ , và sai số SSTyĐTT đạt  $17\%$ . Những sai số trên đây cho thấy mô hình (3) cho kết quả tốt và ảnh  $T_a$  tính toán từ  $T_s$ , NDVI, DEM, góc  $\theta$  đáp ứng yêu cầu cho công việc tiếp theo. **Hình 2** giới thiệu một góc ảnh nhiệt độ bề mặt  $T_s$  và nhiệt độ không khí  $T_a$  trong khu vực nghiên cứu.

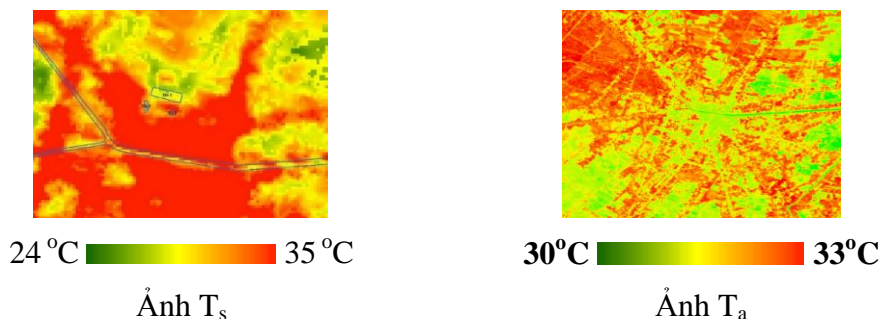
**Bảng 2.** Kết quả tính toán nhiệt độ không khí

Tên trạm	Độ cao (m)	NDVI	Góc $\theta$ (rad)	$T_{s\_ảnh}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{a\_td}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{a\_es}$ ( $^\circ\text{C}$ )
1	2	3	4	5	6	7
Mộc Hóa	4	0,14939	0,67855	21,9672	31,7709	32,1449
Cao Lãnh	7	0,52593	0,68086	29,1956	31,2717	32,8510
<b>Mỹ Tho</b>	8	0,27905	0,67916	34,3275	<b>33,3943</b>	33,0201
Trà Nóc	5	0,34060	0,67694	33,5882	31,1968	32,3629
Ba Tri	4	0,56030	0,67685	26,6109	32,5205	32,1951
<b>Cần Thơ</b>	5	0,20777	0,67721	32,1487	<b>32,9704</b>	32,3465
<b>Càng Long</b>	8	0,62316	0,67458	24,8862	<b>33,5953</b>	33,1021
Sóc Trăng	4	0,16118	0,67293	36,2817	32,5212	32,1038
Bạc Liêu	4	0,49475	0,67659	31,983	33,1706	32,1688

## 4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ không khí  $T_a$  là tham số liên quan tới khí hậu, có thể được tính trên quy mô rộng, nhất là khu vực ĐBSCL dựa vào nhiệt độ bề mặt  $T_s$  trích xuất từ ảnh viễn thám có độ phân giải thực

địa 30m dựa vào kênh nhiệt và một số ít số liệu quan trắc nhiệt độ từ trạm khí tượng. Độ chính xác của mô hình đề xuất  $T_a$  (3) có liên quan tới tham số địa hình là DEM, NDVI, và góc tới  $\theta$  có thể đạt độ chính xác với SSTP tính  $T_a$  từ sai số thực trên 9 điểm khí tượng là  $0,27\text{ }^\circ\text{C}$  (tương đương  $0,84\%$ ) và SSTyĐTB bằng  $0,71\text{ }^\circ\text{C}$  (tương đương bằng  $2,19\%$ ).  $T_a$  sẽ hỗ trợ cho các nhà nghiên cứu trong giám sát BĐKH nhằm đưa ra phương án tối ưu cho quy hoạch ĐBSCL trong tương lai.



Hình 2. Một góc ảnh nhiệt độ bề mặt  $T_s$  và nhiệt độ không khí  $T_a$  khu vực TP. Sóc Trăng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. AL-Anbari RH, Jasim OZ, 2019. Estimation High Resolution Air Temperature based on Landsat 8 images and Climate Datasets. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 518 (2019) 022033 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/518/2/022033.
- [2]. Jiménez-Muñoz JC, Sobrino JA, 2008. Split-window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. IEEE Geosci Remote Sens Lett. 5: 806–809.
- [3]. Wang M., He G., Zhang Z., Wang G., Zhang Z., Cao X., Wu Z. and Liu X., 2017. Comparison of Spatial Interpolation and Regression Analysis Models for an estimation of Monthly Near Surface Air Temperature in China. Remote Sens. 2017, 9, 1278; doi: 10.3390/rs9121278.
- [4]. Wan Z, Dozier J., 1996. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 34: 892–905.
- [5]. Wan Z, 2014. New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product. Remote Sens. Environ. 140: 36–45.

## ESTIMATION OF AIR TEMPERATURE IN MEKONG DELTA REGION USING LANDSAT-8 IMAGERY AND METEOROLOGICAL DATA

Tran Ngoc Tuong<sup>1</sup>, Nguyen Van Hung<sup>1</sup>, Luong Chinh Ke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department National Remote Sensing, Email: tntrsc@gmail.com, nvhung.sochanoi@gmail.com

<sup>2</sup>Vietnam Society of Surveying Mapping and Remote Sensing, Email: lchinhke@gmail.com

## ABSTRACT

This paper proposes a multivariate-regression model to determine air temperature ( $T_a$ ) from the land surface temperature ( $T_s$ ) that was extracted from two thermal channels of Landsat-8 satellite imagery (channels 10 and 11). Especially, the method concentrates to correct the effects of atmospheric water vapor and the incident angle on illuminating the topographic surface. The Root Mean Square Error of the  $T_a$  proposed model calculated from the true errors (differences between estimated and true values of air temperatures) on the 9 meteorological stations in Mekong Delta region is  $0.27\text{ }^\circ\text{C}$  (equivalent to  $0.84\%$ ), and Mean Absolute Error is equal to  $0.71\text{ }^\circ\text{C}$  (equivalent to  $2.19\%$ ).

**Keywords:** Landsat-8 satellite, air temperature, surface temperature.