

Sử dụng dữ liệu ảnh hồng ngoại nhiệt để tính toán nhiệt độ bề mặt phục vụ hoạt động dạy học môn Xử lý ảnh vệ tinh tại Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Bùi Thị Thúy Đào*, Ninh Thị Kim Anh*

*Trường ĐH Tài nguyên & Môi trường Hà Nội

Received: 30/8/2024; Accepted: 6/9/2024; Published: 10/9/2024

Abstract: Surface temperature is a critical variable in many applied calculations, serving as an indicator of the dynamic thermal state resulting from the thermal equilibrium of fluxes between the atmosphere, surface, and subsurface layers. Therefore, studying the spatial distribution of land surface temperature (LST) holds significant importance. This article introduces research findings on the distribution of land surface temperature in the Ha Tinh province region using infrared thermal images captured by LANDSAT 8 during the dry season. The research results indicate that: (i) low temperatures ($<28^{\circ}\text{C}$) cover an area of 762.45 km² (12.78% of the total area) distributed in highland areas; (ii) moderate temperatures ($28 - 32^{\circ}\text{C}$) cover an area of 4426.20 km² (74.21%), predominantly distributed across the districts; (iii) an area of 775.82 km² with high temperatures ($>34^{\circ}\text{C}$) (13.01% of the total area) is concentrated in regions with dynamic population densities and extensive impermeable surfaces. From these research findings, it can be concluded that LANDSAT 8 infrared thermal images facilitate the rapid and effective study of the spatial distribution of LST.

Keywords: Normalised Difference. Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), Landsat 8 Thermal Infrared.

1. Đặt vấn đề

Nhiệt độ bề mặt đất có vai trò đặc biệt đối với các quá trình vật lý xảy ra trong đất và khí quyển, là một trong những yếu tố quan trọng tác động trực tiếp đến môi trường và đời sống dân cư. Để tính toán nhiệt độ bề mặt, các phương pháp (PP) truyền thống thường sử dụng các máy đo đặc đặt ở các trạm quan trắc mặt đất từ đó tính toán nội suy cho toàn khu vực dựa trên kết quả thu nhận tại các điểm quan trắc. Tuy nhiên, để xác định nhiệt độ bề mặt của một khu vực rộng lớn cần các trạm quan trắc khí tượng bố trí trên bề mặt đất với số lượng lớn, hoạt động trong thời gian dài và cung cấp thông tin chính xác bề mặt của khu vực đó. Với sự ra đời của công nghệ viễn thám, PP tính toán nhiệt độ bề mặt đã được thực hiện bằng cách sử dụng các dữ liệu thu được từ các bộ cảm hồng ngoại nhiệt với kênh phổ trong khoảng từ 8 đến 14 μm .

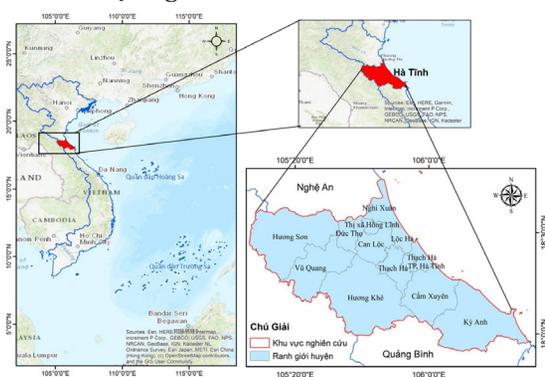
Dữ liệu ảnh viễn thám Landsat 8 OLI_TIR với lợi thế có bổ sung thêm 2 kênh phổ trong đó một kênh phổ cho phép phát hiện mây li ti và hỗ trợ chỉnh sửa hiệu ứng khí quyển, kênh phổ còn lại cho phép thu thập được thông tin ở các tầng nước sâu. Mặt khác, băng phổ hồng ngoại của Landsat 8 được chia làm 2 kênh phổ giúp xác định nhiệt độ chính xác hơn. Đây

nguồn dữ liệu quan trọng và hiệu quả cho việc tính toán nhiệt độ bề mặt đất, kết quả này sẽ là nguồn dữ liệu đầu vào để giải quyết một số vấn đề cụ thể như xác định bản đồ phân cấp mức độ khô hạn, xác định mối tương quan giữa nhiệt độ bề mặt và hiện trạng lớp phủ, dự báo hạn hán.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

*Khu vực nghiên cứu



Hình 2.1. Vị trí địa lý tỉnh Hà Tĩnh

Hà Tĩnh (HT) là tỉnh ven biển phía bắc thuộc vùng Duyên hải Bắc Trung Bộ, có tọa độ địa lý từ 17 $^{\circ}53'50''$ đến 18 $^{\circ}45'40''$ vĩ độ Bắc và 105 $^{\circ}05'50''$

đến 106°30'20" kinh độ Đông. HT có khí hậu gió mùa nóng ẩm mưa nhiều với hai mùa rõ rệt: mùa nắng (khí hậu khô nóng kèm theo nhiều đợt gió phơn Tây Nam (gió Lào) khô nóng, nhất là từ tháng 05 đến tháng 08, nhiệt độ trung bình từ 24,7°C (tháng 4) đến 32,9°C (tháng 6), nhiệt độ cao nhất có thể lên đến 38,5 - 40°C) và mùa mưa (gió mùa Đông Bắc kéo theo gió lạnh và mưa phùn, nhiệt độ có thể xuống tới 7°C vào tháng 11 và 12). Thời tiết, khí hậu của HT tương đối khác nghiệt do sự chuyển tiếp giữa miền Nam và miền Bắc.

*Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu landsat 8 được tải từ trang web <https://earthexplorer.usgs.gov/> của cơ quan địa chất Hoa Kỳ (USGS). Khu vực tỉnh HT nằm trên ba cảnh ảnh, số hiệu của các cảnh ảnh được sử dụng trong nghiên cứu là:

LC08_L1TP_126047_20230630_20230711_02_T1, chụp ngày 30 tháng 06 năm 2023;

LC08_L1TP_126048_20230630_20230711_02_T1, chụp ngày 30 tháng 06 năm 2023;

LC08_L1TP_127047_20230520_20230524_02_T1, chụp ngày 20 tháng 05 năm 2023.

2.2. Phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu ảnh đa phổ LANDSAT

Bước 1. Chuyển đổi giá trị số nguyên sang giá trị bức xạ điện từ

Để tính nhiệt độ bề mặt, bước đầu tiên phải tiến hành hiệu chỉnh bức xạ để chuyển đổi giá trị số nguyên của ảnh sang giá trị thực của bức xạ ($W_{m-2} \mu m^{-1}$).

Đối với ảnh Landsat 8, giá trị bức xạ được xác định như sau [1]:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Trong đó:

L_{λ} - giá trị bức xạ phổ; M_L - hệ số đối với từng kênh ảnh cụ thể (RADIANCE_MULT_BAND_x trong dữ liệu ảnh Landsat 8, trong đó x là kênh ảnh); - hệ số đối với từng kênh ảnh cụ thể (RADIANCE_ADD_BAND_x trong dữ liệu ảnh Landsat 8, trong đó x là kênh ảnh); Q_{cal} - giá trị số của kênh ảnh

Bước 2. Xác định nhiệt độ độ sáng

Sau khi hiệu chỉnh bức xạ, ảnh hồng ngoại nhiệt được sử dụng để tính nhiệt độ độ sáng (Brightness Temperature). Giá trị bức xạ phổ được tính ở bước trên được dùng để tính nhiệt độ độ sáng như sau [2]:

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(1 + \frac{K_1}{L_{\lambda}}\right)} - 273.15 \quad (2)$$

Trong đó, các hệ số K_1 , K_2 được cung cấp trong file metadata của ảnh Landsat 8

Để tính độ phát xạ của bề mặt có thể sử dụng chỉ

số thực vật NDVI (Normalized difference vegetation index) hoặc kết quả phân loại các loại hình lớp phủ. Trong trường hợp ảnh LANDSAT 8 kênh cận hồng ngoại (NIR) ứng với kênh 5 và kênh đỏ (RED) ứng với kênh 4 nên công thức tính NDVI sẽ là [1]:

$$NDVI = \frac{Band\ 5 - Band\ 4}{band\ 5 + Band\ 4} \quad (3)$$

Bước 4. Xác định độ phát xạ bề mặt

Để xác định độ phát xạ bề mặt (ϵ) có thể được tính bằng hai phương pháp dựa trên chỉ số thực vật NDVI. Trong PP này, độ phát xạ của một pixel được tính bằng tổng độ phát xạ của các thành phần chứa trong đó [4]:

$$\epsilon = \epsilon_v P_v + \epsilon_s (1 - P_v) \quad (4)$$

Trong đó:

ϵ_v , ϵ_s - độ phát xạ bề mặt của thực vật và đất trống;

P_v - Tỷ lệ thực vật trong một pixel ảnh và P_v có thể được xác định theo công thức:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

Bước 5. Xác định nhiệt độ bề mặt

Trong viễn thám, LST có thể được hiểu là nhiệt độ bề mặt trung bình của một tổ hợp trộn lẫn giữa các loại lớp phủ khác nhau trên mặt đất trong phạm vi diện tích của mỗi pixel tại thời điểm chụp ảnh. Nhiệt độ bề mặt LST được xác định theo công thức sau [3]:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot T_B}{\rho} \right) \cdot \ln(\epsilon)} \quad (6)$$

Trong đó: LST - nhiệt độ bề mặt; T_B - giá trị nhiệt độ bức xạ hay nhiệt độ độ sáng; λ - giá trị bước sóng trung tâm của dải sóng hồng ngoại nhiệt; Đối với kênh 10 và 11 ảnh Landsat 8; giá trị bước sóng trung tâm dải sóng hồng ngoại nhiệt được lấy tương ứng là 11 μm và 12 μm ; ϵ - độ phát xạ bề mặt; $\lambda = 10.8$ đối với ảnh landsat 8; $\rho = hc/\sigma = 1.4388 \cdot 10^{-2} = 14388 \mu mK$; σ - hằng số Stefan - Boltzmann (1,38.10⁻²³J/K); h - hằng số Plank (6,626.10⁻³⁴ J.sec); c - vận tốc ánh sáng (2,998.108 m/s)

2.3. Kết quả thực nghiệm

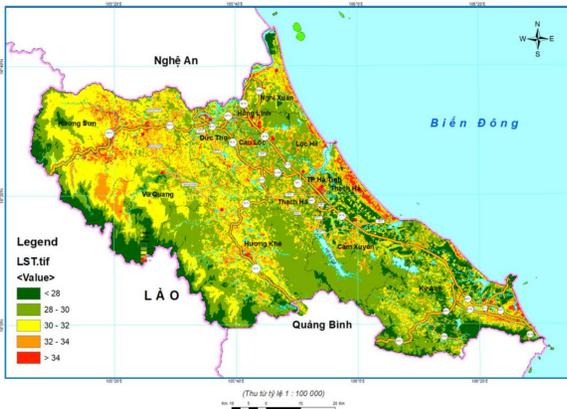
**Chỉ số NDVI*

Chỉ số thực vật NDVI tính từ ảnh vệ tinh Landsat cho khu vực nghiên cứu có giá trị trong ngưỡng từ -0.2796 đến 0.6395, trong đó giá trị trung bình là 0,3731 và độ lệch chuẩn là 0,1179. Trong trường hợp NDVI > 0,5, khu vực được xem là phủ kín bởi thực vật (sóng điện từ không tới được lớp đất). Đối với đất trống không có thực vật bao phủ, NDVI < 0,2. Có thể thấy chỉ số thực vật NDVI cao tập trung ở các khu vực đồi núi cao đặc biệt khu vực có rừng. Độ che phủ thấp tập trung ở nơi nước mặt hoặc đất xây dựng.

***Độ phát xạ bề mặt**

Theo nhiều nghiên cứu cho thấy độ phát xạ ε được lấy bằng 0,95 trong trường hợp NDVI < 0,2 tại nơi có đất trống, đất xây dựng, bãi cát và 0,99 nếu NDVI > 0,5 nơi có mật độ thực vật dày như rừng tự nhiên, rừng trồng cho ảnh LANDSAT tương ứng [5]. Vậy có thể thấy, kết quả độ phát xạ cho khu vực nghiên cứu không có sự xuất hiện của đất trống.

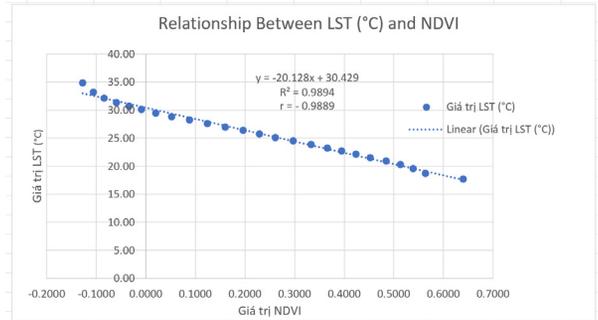
***Nhiệt độ bề mặt LST**



Hình 2.2. Kết quả xác định sự phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu

Phân tích kết quả tính nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu cho thấy, ảnh thu nhận vào mùa hè nên nhiệt độ ở mức cao (>34°C), những vùng có nhiệt độ cao phân bố một cách cục bộ tại các khu vực trung tâm của TP Hà Tĩnh, các huyện Kỳ Anh, Hương Sơn, Hương Lĩnh và tại một số thị trấn Xuân An, Tiên Điền, Vũ Quang, Tây Sơn, Phố Châu, Đức Thọ, Hương Khê, Nghèn, Đồng Lộc, Thạch Hà, Thiên Cẩm, Cẩm Xuyên, Lộc Hà. Điều này có thể lý giải là do lượng cây xanh ở các khu vực này ít và mật độ dân cư tập trung đông, dẫn đến diện tích có bề mặt bê tông hóa và kính hóa tại các khu đô thị mới làm tăng nguy cơ hấp thụ nhiệt dưới mặt đất, khiến lớp không khí gần mặt đất trở nên nóng hơn và nung nóng mặt đất lâu hơn.

Sau khi tính toán được chỉ số thực vật NDVI và nhiệt độ bề mặt LST, có thể dễ dàng nhận thấy giá trị NDVI cao đại diện cho những khu vực có độ che phủ thực vật cao, còn giá trị NDVI âm thể hiện các khu vực đất âm và mặt nước. Phân tích tương quan đã được thực hiện để tìm ra mối quan hệ giữa LST và NDVI đã cho thấy hệ số xác định R² có giá trị là 0.9894 cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa chỉ số NDVI và LST. Mặt khác, hệ số tương quan r < 0 (r = -0.9889) đồng nghĩa với việc giá trị của 2 chỉ số NDVI và LST có mối quan hệ tương quan nghịch đảo. Khi giá trị NDVI giảm thì giá trị LST tăng và ngược lại (Hình 2.3).



Hình 2.3. Đồ thị tương quan giữa LST và NDVI khu vực nghiên cứu

Bảng 2.1. Tổng hợp kết quả xác định nhiệt độ bề mặt (LST) khu vực nghiên cứu

STT	Nhiệt độ (°C)	Diện tích (Km ²)	Tỷ lệ (%)
1	< 28	762.4476	12.78
2	28 – 30	2465.2152	41.33
3	30 – 32	1960.9857	32.88
4	32 - 34	636.1776	10.67
5	34	139.6404	2.34

3. Kết luận

Việc xác định nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu ảnh LANDSAT một cách nhanh chóng, hiệu quả và tiết kiệm chi phí bởi ảnh LANDSAT 8 được cung cấp hoàn toàn miễn phí với chu kỳ 16 ngày có thể sử dụng để cập nhật nhanh diễn biến nhiệt độ bề mặt đô thị.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Sandholt, I., Rasmussen, K., & Andersen, J. (2002). *A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sensing of environment*, 79(2-3), 213-224.
- [2]. National Aeronautics and Space Administration (NASA), *LANDSAT Science data user's Handbook*. 270 pp
- [3] Alipour T., Sarajian M.R., Esmaseily A., (2004): *Land surface temperature estimation from thermal band of LANDSAT sensor, case study: Alashtar city. The international archives of the Photogrammetry, Remote sensing and Spatial information sciences, Vol. XXXVIII-4/C7.*
- [4] Valor E., Caselles V.,(1996): *Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas. Remote sensing of Environment*, 57, pp. 167 – 184
- [5] Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung, (2009): *Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ đô thị*. Tạp chí Các Khoa học về Trái đất. Hà Nội