

TÍCH HỢP ẢNH LANDSAT 8 VÀ SENTINEL-2A CHIẾT TÁCH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐÔ THỊ HÀ NỘI

Nguyễn Thị Thúy Hạnh

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Ngày nay, việc khai thác dữ liệu nhiệt độ bề mặt (Land Surface Temperature - LST) từ tư liệu viễn thám để phục vụ các nghiên cứu về môi trường, khí hậu, ... đang trở thành xu hướng trên Thế giới. Tuy nhiên hầu hết các ảnh viễn thám nhiệt sẵn có đều chỉ đạt độ phân giải thấp hoặc trung bình. Đối với nghiên cứu ở tỉ lệ lớn như tại các đô thị, đòi hỏi độ phân giải không gian dữ liệu nhiệt độ bề mặt cao hơn thì việc nâng cao độ phân giải tư liệu viễn thám nhiệt là cần thiết. Nghiên cứu này sử dụng kênh 10 của ảnh Landsat 8 để tính nhiệt độ chói; kênh 4 và kênh 8 của ảnh Sentinel-2A để xác định độ phát xạ bề mặt; từ đó thành lập được bản đồ nhiệt độ bề mặt đô thị Hà Nội với độ phân giải không gian cao hơn. Kết quả thống kê ảnh cho thấy các tham số thống kê (mean, median, mode, std.Dev) nhiệt độ bề mặt chiết tách từ ảnh Landsat 8 đơn thuần và từ ảnh Landsat 8 kết hợp với Sentinel 2A không thay đổi đáng kể, nghĩa là việc tích hợp Landsat 8 với Sentinel-2A giúp nâng cao độ phân giải sản phẩm nhiệt độ bề mặt tại khu vực Hà Nội mà vẫn đảm bảo độ chính xác.

Từ khóa: Nhiệt độ bề mặt; Landsat 8; Sentinel-2A; Hà Nội

Abstract

Integration of Landsat 8 and Sentinel-2A images to estimate land surface temperature in Hanoi

Nowadays, the estimation of land surface temperature (LST) from remote sensing images for environment and climate studies has become a trend in the world. Nevertheless, the resolution of available satellite images is mostly quite low. Large-scale studies in urban areas usually require higher spatial resolution of LST data. Therefore, improving resolution of LST is very necessary. This study, first, use a band 10 of Landsat 8 image to calculate the brightness temperature and a band 4 and a band 8 of Sentinel-2A image to compute surface emissivity; then, generate an LST map with higher spatial resolution. The statistic results indicate that the parameters including mean, median, mode, std.Dev of LST that are retrived from Sentinel-2A images and incorporated into Landsat 8 iamges are similar to those parameters retrieved by using Landsat 8 images alone.

Keywords: Land surface temperature; Landsat 8; Sentinel-2A; Hanoi

1. Giới thiệu

Nhiệt độ bề mặt (LST) là dữ liệu đầu vào quan trọng cho nhiều mô hình môi trường như sự trao đổi năng lượng và hơi nước giữa khí quyển và bề mặt trái đất, dự báo thời tiết, hoàn lưu đại dương toàn cầu, nghiên cứu đảo nhiệt đô thị, biến đổi khí hậu,...(Valor và Caselles 1996, Prata và

cộng sự 1995) [8, 5],...Phương pháp truyền thống để đo nhiệt độ bề mặt là sử dụng một số trạm quan trắc mặt đất, từ đó tính toán nội suy cho toàn khu vực. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ phản ánh được chính xác nhiệt độ cục bộ xung quanh trạm đo chứ chưa đảm bảo được cho toàn khu vực. Gần đây, nhiệt độ bề mặt được đo bằng

Nghiên cứu

các cảm biến gắn trên vệ tinh viễn thám có ưu điểm vượt trội so với phương pháp đo điểm trên mặt đất nhờ khả năng cung cấp dữ liệu dày đặc với chu kỳ ngắn, thậm chí tức thì. Các nguồn dữ liệu được khai thác và sử dụng phổ biến thường có độ phân giải thấp như MODIS, AVHRR và độ phân giải trung bình như ASTER (90 m), Landsat (100 m).

Tuy nhiên với các nghiên cứu trên phạm vi hẹp như nghiên cứu nhiệt độ bề mặt đô thị, đảo nhiệt đô thị, cháy ngầm ở mỏ than,... đòi hỏi thông tin nhiệt độ bề mặt chi tiết với độ chính xác cao thì nguồn dữ liệu lại không sẵn có. Gần đây, kết quả nghiên cứu của Trịnh Lê Hùng (2018) và Trịnh Lê Hùng & nnk (2018) [1, 2] cho thấy việc tích hợp dữ liệu Landsat 8 với Sentinel 2 giúp nâng cao độ phân giải không gian nhiệt độ bề mặt tại mỏ than Khánh Hòa - Thái Nguyên và TP. Thanh Hóa. Theo các tác giả này, độ phát xạ bề mặt của các đối tượng địa lý là một đại lượng tương đối ổn định trong thời gian ngắn nên có thể sử dụng kết hợp các ảnh có thời gian chụp gần nhau để tính nhiệt độ bề mặt mà không làm ảnh hưởng đến tính chính xác của kết quả, cụ thể là sử dụng độ phát xạ tính từ dữ liệu Sentinel 2 có độ phân giải không gian cao kết hợp với kênh nhiệt của ảnh Landsat 8 có độ phân giải thấp để chiết tách nhiệt độ bề mặt có độ phân giải cao như ảnh Sentinel 2.

Tuy nhiên, đây mới chỉ là bước đầu thử nghiệm trên một vài khu vực cụ thể trong khi kết quả chiết tách nhiệt độ bề mặt từ ảnh viễn thám chịu ảnh hưởng rất lớn từ đặc điểm các đối tượng địa lý, cần phải có nhiều nghiên cứu tiếp theo cho các khu vực địa lý khác để đánh giá tính ổn định cũng như khả năng ứng dụng của phương pháp.

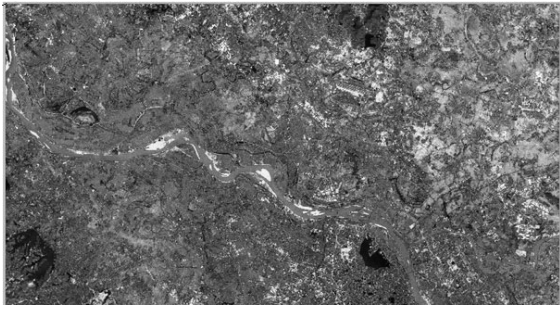
Do đó, trong nghiên cứu này, tác giả

tiếp tục đánh giá khả năng tích hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 với ảnh Sentinel-2A trong nâng cao độ phân giải không gian chiết tách nhiệt độ bề mặt, thử nghiệm tại đô thị Hà Nội - đô thị lớn của cả nước với cảnh quan phân mảnh rất phức tạp.

2. Tư liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu có tọa độ từ 20°52'34" đến 21°08'14" độ vĩ Bắc và 105°26'21" đến 106°01'04" độ kinh Đông, chủ yếu thuộc địa bàn thành phố Hà Nội. Địa hình Hà Nội thấp dần theo hướng từ Bắc xuống Nam và từ Tây sang Đông với độ cao trung bình từ 5 đến 20 mét so với mực nước biển; nhờ phù sa bồi đắp, ba phần tư diện tích tự nhiên của Hà Nội là đồng bằng. Khí hậu Hà Nội tiêu biểu cho vùng Bắc Bộ với đặc điểm của khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm; mùa hè nóng và mưa nhiều trong khi mùa đông lạnh và ít mưa. Hà Nội quanh năm tiếp nhận được lượng bức xạ mặt trời rất dồi dào và có nhiệt độ cao. Lượng bức xạ tổng cộng trung bình hàng năm ở Hà Nội là 122,8 kcal/cm² và nhiệt độ không khí trung bình hàng năm là 23,6°C. Độ ẩm tương đối trung bình hàng năm là 79%. Lượng mưa trung bình hàng năm là 1.800 mm và mỗi năm có khoảng 114 ngày mưa. Hà Nội là trung tâm văn hóa, chính trị, kinh tế của cả nước nên hiện tượng gia tăng dân số cơ học diễn ra ngày càng mạnh mẽ. Theo kết quả cuộc điều tra dân số ngày 31 tháng 12 năm 2015, dân số toàn Hà Nội là 7.558.956 người; mật độ dân số trung bình của Hà Nội là 1.979 người/km²; mật độ dân số cao tập trung ở các quận nội thành Hà Nội, lên tới 35.341 người/km². Với tốc độ tăng trưởng dân số như vậy, Thủ đô đang phải chịu áp lực rất lớn về vấn đề môi trường (UBND TP. Hà Nội 2018).



Hình 1: Khu vực nghiên cứu nhìn từ ảnh vệ tinh Landsat 8

2.2. Tư liệu sử dụng

Nghiên cứu này sử dụng hai nguồn tư liệu chính là ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 04/06/2017 (kênh 4, kênh 5 và kênh 10) và Sentinel-2A chụp ngày 03/06/2017 (kênh 4 và kênh 8) khai thác miễn phí từ trang web <https://earthexplorer.usgs.gov/> để chiết tách nhiệt độ bề mặt (mục đích sử dụng từng kênh ảnh cụ thể xem sơ đồ Hình 2).

Vệ tinh Landsat 8 được phóng thành công lên quỹ đạo ngày 11/02/2013, thu nhận hình ảnh bằng 11 kênh phổ. Độ phân giải không gian đối với các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại và hồng ngoại sóng ngắn là 30 m, kênh toàn sắc là 15 m và đặc biệt là hai kênh nhiệt có độ phân giải 100 m, dùng để đo tốc độ bốc hơi nước và ước tính nhiệt độ bề mặt. Bộ cảm của vệ tinh Landsat 8 được thiết kế cải tiến để giảm thiểu nhiễu khí quyển, cho phép lượng tử hóa dữ liệu lên tới 12 bit nên chất lượng hình ảnh vượt trội, hiệu suất và độ tin cậy cao hơn so với các bộ cảm vệ tinh Landsat thế hệ trước (USGS 2016).

Vệ tinh Sentinel-2A được phóng lên quỹ đạo ngày 23/6/2015, gắn thiết bị thu nhận ảnh đa phổ bằng 13 kênh, từ dải nhìn thấy đến dải hồng ngoại sóng ngắn (443 nm - 2190 nm) với độ phân giải không gian khác nhau: 4 kênh có độ phân giải không gian 10 m, 6 kênh có độ phân giải không gian 20 m và 3 kênh có độ phân

giải 60 m. Đầu thu đa phổ của Sentinel-2A mang lại khả năng giám sát mặt đất ở cấp độ chưa từng có. Đây cũng là vệ tinh quang học quan sát Trái đất đầu tiên có ba kênh phổ nằm trong dải “rìa đỏ” (red edge), cung cấp thông tin quan trọng về trạng thái của thực vật (ESA 2015).

2.3. Phương pháp

2.3.1. Hiệu chỉnh khí quyển

a. Các kênh OLI: Giá trị phản xạ phổ tại đỉnh khí quyển được hiệu chỉnh ảnh hưởng của góc mặt trời theo công thức:

$$L_{\lambda} = (M_p \cdot Q_{cal} + A_p) / \sin \theta_{SE} \quad (1)$$

Trong đó: L_{λ} giá trị phản xạ phổ tại đỉnh khí quyển M_p ;

A_p là hệ số chuyển đổi tương ứng với các giá trị Reflectance_Mult_Band_x và Reflectance_Add_Band_x trong file metadata của ảnh Landsat 8 (x là kênh ảnh);

Q_{cal} là giá trị số của ảnh (DN).

b. Kênh TIRS (band 10): Giá trị bức xạ phổ tại đỉnh khí quyển (TOA_Radiance) được tính theo công thức sau:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L, \quad (2)$$

Trong đó: L_{λ} là giá trị bức xạ phổ của kênh ảnh;

Q_{cal} là giá trị số của kênh ảnh;

M_L , A_L là hệ số đối với từng kênh ảnh (giá trị Radiance_Mult_Band_x và Radiance_Add_Band_x trong file metadata của ảnh Landsat 8, trong đó x là kênh ảnh) (USGS 2016).

2.3.2. Tính nhiệt độ chói tại vệ tinh

Để tính LST, trước hết cần tính nhiệt độ tại vệ tinh từ kênh 10 của vệ tinh Landsat 8 theo công thức:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)}, \quad (3)$$

Nghiên cứu

Trong đó: T: Nhiệt độ chói (K);

K_1, K_2 là các hằng số hiệu chỉnh được cung cấp trong file thông tin dữ liệu ảnh Landsat 8;

L_{λ} : Giá trị bức xạ phổ kênh 10 tại đỉnh khí quyển (USGS 2016).

2.3.3. Tính độ phát xạ bề mặt

Độ phát xạ bề mặt là một tham số cần thiết để tính nhiệt độ bề mặt LST từ ảnh vệ tinh. Độ phát xạ bề mặt của các đối tượng địa lý không thay đổi đáng kể trong một khoảng thời gian ngắn nên hoàn toàn có thể sử dụng độ phát xạ bề mặt chiết tách từ ảnh Sentinel-2A ngày 03/06/2017 đưa vào tính nhiệt độ bề mặt cùng với kênh nhiệt ảnh Landsat 8 thu nhận ngày 04/06/2017. Trong nghiên cứu này, độ phát xạ bề mặt được xác định dựa trên chỉ số thực vật NDVI (Valor và Caselles 1996):

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v), \quad (4)$$

Trong đó:

ε - Độ phát xạ bề mặt,

$\varepsilon_v, \varepsilon_s$ - Độ phát xạ của thực vật và độ phát xạ của đất trống tương ứng, nghiên cứu này kế thừa kết quả thực nghiệm $\varepsilon_v, \varepsilon_s$ của Sobrino (2008).

P_v - Phần trăm thực vật trong 1 pixel, được tính theo công thức sau:

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

Trong đó: $NDVI_{\text{Chỉ số thực vật}}$ được tính theo công thức sau:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (6)$$

$NDVI_{\max}$ và $NDVI_{\min}$ - Giá trị chỉ số thực vật lớn nhất và nhỏ nhất trên một ảnh.

2.3.4. Tính nhiệt độ bề mặt

Cuối cùng, nhiệt độ bề mặt được tính theo công thức:

$$LST = \frac{T}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot T}{\rho}\right) \cdot \ln \varepsilon}, \quad (7)$$

Trong đó:

T - Nhiệt độ chói (K^0), λ -Bước sóng trung tâm của kênh 10;

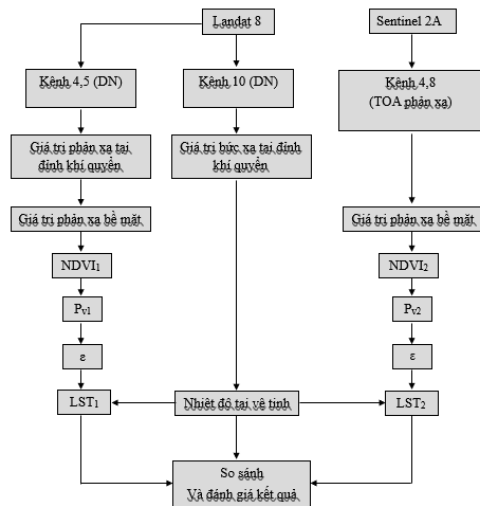
ε - Độ phát xạ bề mặt, $\rho = \frac{h \cdot c}{\lambda}$, h - hằng số Plank's ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.sec); σ

c - Vận tốc ánh sáng ($2,998 \cdot 10^8$ m/sec);

σ - Hệ số Stefan Boltzmann's ($5,67 \cdot 10^{-8}$ Wm⁻² K⁻⁴) (USGS 2016).

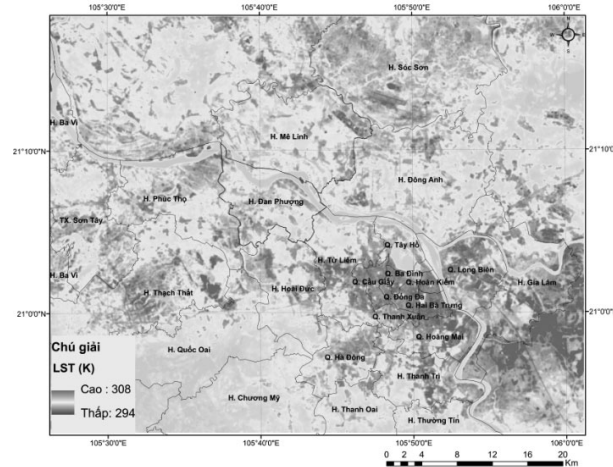
2.3.5. Đánh giá kết quả

Việc sử dụng ảnh Landsat 8 để chiết tách nhiệt độ bề mặt đã được cộng đồng khoa học viễn thám công nhận và được ứng dụng rộng rãi. Do đó, độ chính xác kết quả nghiên cứu này được đánh giá thông qua việc so sánh các tham số thống kê giá trị nhiệt độ bề mặt trong trường hợp tích hợp Landsat 8 và Sentinel-2A với trường hợp sử dụng Landsat 8 đơn thuần. Toàn bộ các bước xử lý ảnh chiết tách nhiệt độ bề mặt được tóm tắt trong sơ đồ Hình 2.



Hình 2: Sơ đồ tóm tắt các bước thực hiện

3. Kết quả và thảo luận



Hình 3: Nhiệt độ bề mặt khu vực Hà Nội chiết tách từ ảnh vệ tinh Landsat 8



Hình 4: Nhiệt độ bề mặt khu vực Hà Nội chiết tách từ ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel-2A

Bảng 1. Các tham số thống kê ảnh LST trong hai trường hợp

Tham số thống kê	Nhiệt độ bề mặt	
	Landsat 8	Landsat 8 & Sentinel 2A
Max	308.121	310.002
Min	294.446	289.914
Mean	299.791	300.102
Median	300.001	300.204
Mode	299.506	299.985
Std.Dev	2.200	2.241

Trên Hình 3 và Hình 4, màu cam biểu thị giá trị nhiệt độ bề mặt cao, màu xanh lá cây biểu thị giá trị nhiệt độ bề mặt thấp. Nhiệt độ bề mặt ở phía Đông Nam của bản đồ (bao gồm các Quận nội thành và các khu đô thị mới phát triển như Hà Đông, Long Biên,...) nơi mà lớp phủ chủ

yếu là bề mặt bê tông, asphalt cao hơn ở các phía Tây Nam, Đông Bắc và Tây Bắc (các Huyện Quốc Oai, Chương Mỹ, Đông Anh,...) nơi mà bề mặt lớp phủ là thực vật chiếm đa số. Nhiệt độ bề mặt tại hệ thống sông hồ cũng rất thấp.

Nghiên cứu

Kết quả thống kê ảnh trong Bảng 1 cho thấy các tham số mean, median, mode và Std.Dev trong trường hợp sử dụng ảnh Landsat 8 kết hợp với Sentinel-2A có giá trị rất gần với trường hợp chỉ sử dụng ảnh Landsat 8 để chiết tách nhiệt độ bề mặt.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu này đã tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel-2A để thành lập được bản đồ nhiệt độ bề mặt đô thị Hà Nội có độ phân giải không gian cao hơn so với việc sử dụng ảnh Landsat 8 đơn thuần, độ phân giải 30 m được nâng lên thành 10 m. Như vậy việc sử dụng kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel-2A đã giải quyết được vấn đề khó khăn trong trường hợp nghiên cứu ở tỉ lệ lớn, đòi hỏi dữ liệu LST độ phân giải cao như các dự án giám sát nhiệt độ bề mặt đô thị, đảo nhiệt đô thị, cháy ngầm ở mỏ than,...

Các tham số thống kê ảnh cho thấy sản phẩm nhiệt độ bề mặt nhận được khi tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel-2A không bị sai lệch đáng kể so với trường hợp sử dụng riêng ảnh Landsat 8. Do đó có thể khẳng định việc tích hợp ảnh Landsat 8 với Sentinel-2A để nâng cao độ phân giải không gian chiết tách nhiệt độ bề mặt tại khu vực Hà Nội là một giải pháp tin cậy và khả thi, phương pháp này cần tiếp tục được nhân rộng thử nghiệm cho các vùng địa lý khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trịnh Lê Hùng (2018). *Kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 trong nâng cao độ phân giải không gian nhiệt độ bề mặt*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, tập 34, số 4(2018), 54 - 63.

[2]. Trịnh Lê Hùng, Vũ Văn Tài, Đào Ngọc Long, Đặng Như Duẩn (2018). *Xây dựng chương trình tính nhiệt độ bề mặt trên cơ sở kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và*

Sentinel 2. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 38(4), trang 49 - 54.

[3]. Ủy ban Nhân dân Thành phố Hà Nội (2018). *Địa chí Hà Nội*. <https://www.hanoi.gov.vn/web/guest/diachihanoi/>.

[4]. ESA (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. Issue 1, Rev 2. European Space Agency.

[5]. Prata, a. j., Caselles, v., Coll, c., Sobrino, j. a., and Ottlé, c., (1995). *Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: Current status and future prospects*. Remote Sensing Reviews, 12, 175 - 224.

[6]. Sobrino JA., Jiménez-Muñoz JC., Sòria G., Romaguera M., Guanter L., Moreno J., Plaza A. and Martínez P. (2008). *Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 46, 316 - 327.

[7]. USGS (2016). *Landsat 8 Data Users Handbook*. [online] <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>

[8]. Valor, e., and Caselles, v., (1996). *Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas*. Remote Sensing of Environment, 57, 167 - 184.

[9]. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

BBT nhận bài: 11/5/2020; Phản biện xong: 15/5/2020; Chấp nhận đăng: 26/6/2020