



Kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 trong nâng cao độ phân giải không gian nhiệt độ bề mặt

Trịnh Lê Hùng*

Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 12 tháng 9 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 02 tháng 11 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 14 tháng 11 năm 2018

Tóm tắt: Nhiệt độ bề mặt là một trong những yếu tố quan trọng nhất trong nghiên cứu hiện tượng đảo nhiệt đô thị, giám sát cháy rừng, cháy mỏ than cũng như là thông số đầu vào cho các mô hình khí hậu. Các quan trắc mặt đất chỉ phản ánh điều kiện nhiệt của khu vực cục bộ xung quanh trạm đo và trên thực tế cũng không thể thiết lập nhiều trạm quan trắc với mật độ dày do chi phí cao. Công nghệ viễn thám với những ưu điểm vượt trội như diện tích vùng phủ của một ảnh rộng, chu kỳ cập nhật ngắn đã được ứng dụng hiệu quả trong nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt. Mặc dù vậy, do độ phân giải không gian ở các kênh hồng ngoại nhiệt thấp, nhiệt độ bề mặt xác định từ các ảnh vệ tinh như Landsat, Aster thường khó áp dụng hiệu quả cho các nghiên cứu ở quy mô nhỏ. Bài báo này trình bày kết quả kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 trong nâng cao độ phân giải không gian nhiệt độ bề mặt. Kết quả nhận được cho thấy, trong trường hợp kết hợp sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel 2 và Landsat 8, độ phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt được nâng cao lên 10 m so với 30 m khi chỉ sử dụng ảnh Landsat 8. Đối với 2 khu vực thử nghiệm, so sánh giá trị nhiệt độ thấp nhất và cao nhất cũng như tại 10 điểm kiểm tra ngẫu nhiên cho thấy, độ chênh lệch nhiệt độ bề mặt khi kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 so với phương pháp truyền thống chỉ sử dụng ảnh Landsat 8 là không đáng kể.

Từ khóa: Viễn thám, nhiệt độ bề mặt, độ phân giải, Landsat 8, Sentinel 2.

1. Mở đầu

Nhiệt độ bề mặt là một thông số đầu vào vô cùng quan trọng của các mô hình khí hậu trong nghiên cứu hạn hán, độ ẩm đất, quan trắc hiện tượng đảo nhiệt đô thị cũng như phát hiện và giám sát cháy rừng, cháy ngầm ở mỏ than. Nhiệt

độ có thể được chiết tách từ các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat, Aster, MODIS... So với các phương pháp truyền thống dựa trên số liệu của các trạm quan trắc, phương pháp viễn thám với nhiều ưu điểm vượt trội như diện tích phủ trùm rộng, chu kỳ cập nhật ngắn, tiết kiệm thời gian, chi phí... đã được sử dụng hiệu quả

* ĐT.: 84-0986 652185.

Email: trinhlehung125@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4294>

trong chiết tách và đánh giá phân bố thông tin nhiệt độ bề mặt.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam đã sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt độ phân giải trung bình như Landsat, Aster trong đánh giá diễn biến nhiệt độ bề mặt ở các đô thị lớn, từ đó chứng minh sự tồn tại của các “đảo nhiệt” đô thị - urban heat islands. Có thể kể đến các nghiên cứu của Alipour et al (2004) [1], Balling and Brazel (1988) [2], Cueto et al (2007) [3], Hyung Moo Kim et al (2005) [4], Kumar (2012) [5], Maltick et al. (2008) [6], Trịnh Lê Hùng (2014) [7], Yuan et al. (2007) [8],...Nhiều nghiên cứu như của Anadababu et al. (2018) [9], Bakar et al. (2016) [10], Boori et al. (2014) [11], Guha et al. (2018) [12], Pal and Ziaul (2017) [13], Bùi Quang Thành (2015) [14], Nguyễn Đức Thuận và Phạm Văn Vân (2016) [15], Trần Thị Vân và cộng sự (2009) [16]... đã chứng minh mối quan hệ chặt chẽ giữa nhiệt độ và lớp phủ, trong đó các khu vực có mật độ xây dựng cao và lớp phủ thực vật thưa có nhiệt độ cao hơn rất nhiều so với các khu vực được che phủ bởi lớp phủ thực vật dày.

Nhiệt độ bề mặt xác định từ ảnh vệ tinh Landsat cũng được sử dụng trong phát hiện sớm và giám sát cháy ngầm ở các khu vực khai thác than. Các nghiên cứu của Prakash and Gupta (1999) [17], Mishra et al. (2014) [18], Trinh and Zabloskii (2017) [19] cho thấy, nhiệt độ bề mặt một số mỏ than và bãi thải đang diễn ra cháy ngầm cao hơn rất nhiều so với khu vực xung quanh, thậm chí so với các khu vực đô thị được đặc trưng bởi mật độ không thấm. Các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat, Aster, MODIS cũng được sử dụng trong nhiều nghiên cứu phục vụ đánh giá độ ẩm đất và hạn hán như trong các nghiên cứu của Sandholt (2002) [20], Bao et al. (2013) [21].

Bên cạnh đó, do độ phân giải các kênh hồng ngoại nhiệt thường khá thấp, việc sử dụng các ảnh vệ tinh như Landsat, Aster, MODIS trong quan trắc nhiệt độ bề mặt đối với các khu vực có diện tích nhỏ gặp rất nhiều khó khăn. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng các kênh đỏ và cận hồng

ngoại ảnh vệ tinh Landsat nhằm tính độ phát xạ bề mặt (surface emissivity), từ đó nâng cao độ phân giải nhiệt độ bề mặt lên đạt 30m. Mặc dù vậy, với độ phân giải không gian 30m chỉ phù hợp với các nghiên cứu ở quy mô cấp vùng.

Do độ phát xạ bề mặt là một đại lượng không biến động nhiều trong thời gian ngắn, hoàn toàn có thể kết hợp sử dụng ảnh Landsat 8 và các kênh đỏ, cận hồng ngoại các ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hơn chụp cùng hoặc gần thời điểm nhằm xác định độ phát xạ bề mặt, từ đó nâng cao độ phân giải nhiệt độ bề mặt lên đến 10m. Bài báo này trình bày kết quả xác định nhiệt độ bề mặt bằng cách kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2, thử nghiệm cho 2 khu vực: mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên và thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu viễn thám

Dữ liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu bao gồm 02 cảnh ảnh vệ tinh Landsat 8 và 02 cảnh ảnh vệ tinh Sentinel 2. Đối với khu vực thử nghiệm 1 (mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên), sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 07/6/2018 và ảnh Sentinel 2A chụp ngày 08/6/2018. Đối với khu vực thử nghiệm 2 (thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa), trong nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 02/7/2018 và ảnh Sentinel 2A chụp ngày 03/7/2018. Đối với từng khu vực thử nghiệm, ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 được lựa chọn chụp gần thời điểm với nhau để hạn chế tối đa ảnh hưởng của sự thay đổi độ phát xạ đến kết quả tính nhiệt độ bề mặt.

LANDSAT 8 là thế hệ vệ tinh thứ 8 của chương trình LANDSAT (NASA, Mỹ), được phóng lên quỹ đạo vào ngày 11 tháng 02 năm 2013, sử dụng 2 bộ cảm biến: bộ cảm quang học OLI và bộ cảm hồng ngoại nhiệt TIRS. Ảnh LANDSAT 8 bao gồm 11 kênh phổ, trong đó có 9 kênh đa phổ, 1 kênh toàn sắc và 2 kênh hồng ngoại nhiệt ở độ phân giải 100 m (bảng 1) [22].

Bảng 1. Đặc điểm ảnh vệ tinh Landsat 8

Kênh	Bước sóng (μm)	Độ phân giải (m)
1	0,433 – 0,453	30
2	0,450 – 0,515	30
3	0,525 – 0,600	30
4	0,630 – 0,680	30
5	0,845 – 0,885	30
6	1,560 – 1,660	30
7	2,100 – 2,300	30
8	0,500 – 0,680	15
9	1,360 – 1,390	30
10	10,30 – 11,30	100
11	11,50 – 12,50	100

Vệ tinh Sentinel-2, bao gồm 2 vệ tinh có đặc điểm hoàn toàn giống nhau sau khi được phóng lên quỹ đạo năm 2015 (Sentinel 2A) và 2017 (Sentinel 2B) đã cung cấp ảnh ở 13 kênh phổ trong dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại với chu kỳ cập nhật trong 5 ngày (bảng 2). Với độ phân giải không gian tốt (10m ở các kênh nhìn thấy và cận hồng ngoại), được cung cấp hoàn toàn miễn phí, ảnh vệ tinh Sentinel 2 đang trở thành nguồn dữ liệu quý giá phục vụ nghiên cứu Trái Đất (bảng 2).

Bảng 2. Đặc điểm ảnh vệ tinh Sentinel 2

Kênh	Bước sóng (μm)	Độ phân giải (m)
1	0,421 – 0,457	60
2	0,439 – 0,535	10
3	0,537 – 0,582	10
4	0,646 – 0,685	10
5	0,694 – 0,714	20
6	0,731 – 0,749	20
7	0,768 – 0,796	20
8	0,767 – 0,908	10
8a	0,848 – 0,881	20
9	0,931 – 0,958	60
10	1,338 – 1,414	60
11	1,539 – 1,681	20
12	2,072 – 2,312	20

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 10) ảnh Landsat 8 được sử dụng để tính nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) theo công thức (1) [22]. Kênh 11 được nhà cung cấp ảnh khuyến cáo không sử dụng trong chiết tách thông tin nhiệt độ bề mặt do sai số lớn.

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

Trong đó K_1 và K_2 là các hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file metadata ảnh Landsat [22].

L_λ – giá trị bức xạ điện từ xác định theo công thức [22]:

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

Trong đó M_L , A_L – hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file siêu dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8.

Ở bước tiếp theo, kênh đỏ (kênh 4) và kênh cận hồng ngoại (kênh 8) ảnh vệ tinh Sentinel 2 được sử dụng để tính độ phát xạ bề mặt theo công thức [23]:

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \quad (3)$$

Trong đó ε_v , ε_s – độ phát xạ bề mặt của thực vật và đất trống, P_v – tỉ lệ thực vật trong một pixel ảnh. P_v có thể được xác định theo công thức sau:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg.} - NDVI_{soil}} \right)^2 \quad (4)$$

Trong đó, $NDVI_{veg.}$, $NDVI_{soil}$ – giá trị chỉ số NDVI đối với thực vật và đất thuần nhất [23]. P_v nhận giá trị bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với đất phủ kín thực vật. Ở đây, NDVI là chỉ số thực vật được xác định dựa trên phản xạ phổ tại các kênh cận hồng ngoại và đỏ ảnh Sentinel 2:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (5)$$

Trong đó ρ_{NIR} , ρ_{RED} tương ứng là giá trị phản xạ phổ tại kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ.

Cuối cùng, nhiệt độ bề mặt (land surface temperature) được xác định theo công thức [1, 3-7]:

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

Trong đó: T_B – nhiệt độ bức xạ; λ – giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt; ε – độ phát xạ bề mặt; ρ – hằng số ($= 1,438 \cdot 10^{-2}$ m.K).

Do độ phát xạ bề mặt là đại lượng hầu như không thay đổi trong thời gian ngắn, như vậy hoàn toàn có thể sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel 2 chụp gần thời điểm với ảnh Landsat 8 để xác định độ phát xạ, từ đó nâng cao độ phân giải của nhiệt độ bề mặt lên 10m so với 30m nếu chỉ sử dụng ảnh Landsat 8.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khu vực thử nghiệm 1

Khu vực thử nghiệm 1 là mỏ than Khánh Hòa, thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên. Đây là khu vực xảy ra cháy ngầm ở mỏ than và bãi thải từ năm 2008 và cho đến nay vẫn chưa xử lý dứt điểm được. Việc phát hiện sớm những khu vực có nhiệt độ cao bất thường ở các mỏ than là một yếu tố hết sức quan trọng trong giám sát và ứng phó hiệu quả với cháy ngầm. Một số nghiên cứu ở Việt Nam [19] đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 trong xác định phân bố nhiệt độ bề mặt ở mỏ than Khánh Hòa, từ đó khoanh vùng những khu vực có nhiệt độ cao bất thường. Mặc dù vậy, do độ phân giải của nhiệt độ bề mặt xác định từ ảnh Landsat là khá thấp, trong khi diện tích của mỏ than không lớn, hiệu quả phát hiện và giám sát cháy ngầm ở mỏ than Khánh Hòa vẫn còn những hạn chế.

Trong ví dụ này, 02 cảnh ảnh vệ tinh có thời gian chụp gần trùng nhau, bao gồm ảnh Landsat 8 ngày 07/6/2018 và ảnh Sentinel 2A ngày 08/6/2018 được sử dụng để tính nhiệt độ bề mặt (hình 2, 3). Để xác định độ phát xạ bề mặt theo công thức (3) cần tính độ phát xạ cho đất trống

và thực vật. Trong nghiên cứu sử dụng 50 mẫu cho đất trống và thực vật, lấy trực tiếp từ ảnh chỉ số NDVI để tính các giá trị $NDVI_{veg}$ và $NDVI_{soil}$. Sử dụng phương pháp do Van de Griend (1993) đưa ra [24], giá trị độ phát xạ bề mặt đối với đất trống và thực vật được xác định theo công thức sau:

$$\varepsilon = 1,0094 + 0,047 \cdot \ln(NDVI) \quad (7)$$



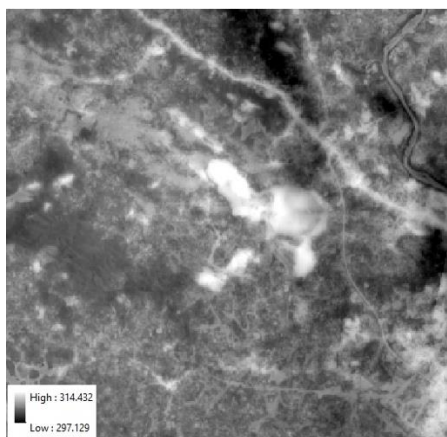
Hình 1. Ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 07/6/2018 khu vực mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên.



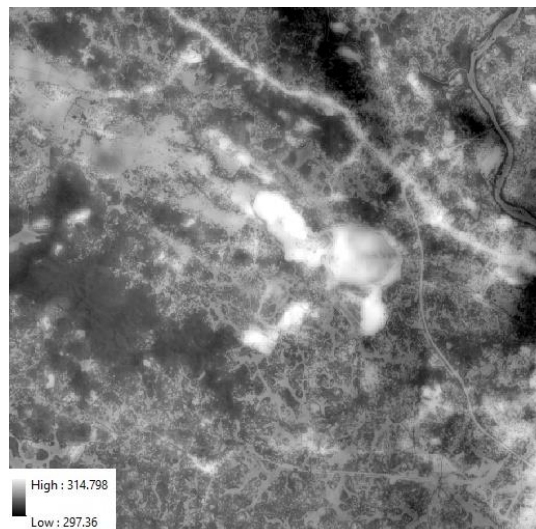
Hình 2. Ảnh vệ tinh Sentinel 2A ngày 08/6/2018 khu vực mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên.

Độ phát xạ xác định từ ảnh vệ tinh Sentinel 2A được sử dụng để tính nhiệt độ bề mặt theo công thức (6). Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa, Thái Nguyên trên cơ sở tích hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2A được trình bày trên hình 4.

Để so sánh, trong nghiên cứu cũng tiến hành tính nhiệt độ bề mặt khi chỉ sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 07/6/2018. Có thể nhận thấy, giá trị nhiệt độ bề mặt xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 và nhiệt độ bề mặt xác định khi tích hợp với ảnh Sentinel 2A không có sự khác biệt lớn, tuy nhiên độ phân giải không gian đã được nâng cao từ 30m lên 10m. Nhiệt độ thấp nhất trong hai trường hợp này đạt tương ứng 297,36 (K) và 297,129 (K), nhiệt độ cao nhất đạt 314,98 (K) và 314,432 (K). Những khu vực có nhiệt độ cao cục bộ phân bố chủ yếu ở mỏ than Khánh Hòa, được đại diện bởi màu trắng sáng. Nhiệt độ bề mặt tại khu vực mỏ than Khánh Hòa thậm chí cao hơn nhiều so với khu vực thành phố Thái Nguyên, nơi đặc trưng bởi diện tích mặt không thấm. Điều này cũng khẳng định hiện tượng cháy ngầm vẫn đang diễn ra tại đây và có diện tích cháy khá đáng kể. So sánh giá trị các thông số thống kê khác như mean, median, mode và độ lệch chuẩn đối với hai phương án tính nhiệt độ bề mặt cũng được trình bày trong bảng 3. Có thể nhận thấy, sự chênh lệch các thông số thống kê này là không đáng kể (bảng 3).



Hình 3. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa từ ảnh vệ tinh Landsat 8.



Hình 4. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa khi tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2.

Bảng 3. So sánh một số thông số thống kê nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa xác định từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2

Thông số thống kê	Nhiệt độ bề mặt	
	Chỉ sử dụng ảnh Landsat 8	Kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2
Max	314,432	314,980
Min	297,129	297,360
Mean	305,477	305,886
Median	305,310	305,740
Mode	304,900	305,130
Độ lệch chuẩn	2,026	2,166

Trong nghiên cứu cũng tiến hành so sánh nhiệt độ bề mặt tại 10 điểm (pixel) ngẫu nhiên để đánh giá kết quả xác định nhiệt độ bằng 2 phương pháp trên. Các điểm này phân bố đồng đều trên ảnh và đại diện cho các khu vực có lớp phủ thực vật dày cũng như không có lớp phủ thực vật che phủ. Kết quả nhận được cho thấy, hầu như không có chênh lệch lớn khi tích hợp ảnh Sentinel 2A và ảnh Landsat để xác định nhiệt độ bề mặt so với phương pháp truyền thống chỉ sử dụng ảnh Landsat (bảng 4).

Bảng 4. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên xác định từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 với Sentinel 2

STT	Nhiệt độ xác định từ ảnh Landsat 8 (K)	Nhiệt độ xác định bằng cách tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 (K)	Chênh lệch (K)
1	313,955	314,368	0,413
2	312,350	312,742	0,392
3	310,213	310,619	0,406
4	304,085	304,049	-0,036
5	308,507	308,796	0,289
6	299,916	299,903	-0,013
7	305,940	306,285	0,345
8	303,473	303,161	-0,312
9	305,322	305,248	-0,074
10	305,005	304,805	-0,200

3.2. Khu vực thử nghiệm 2

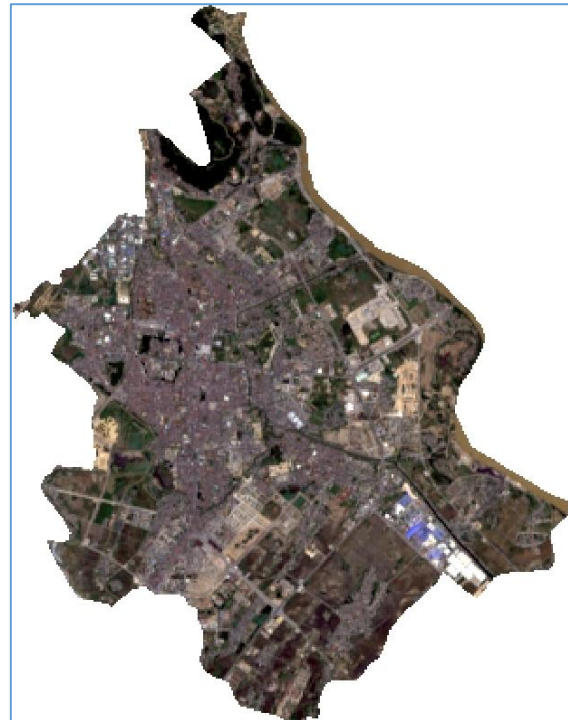
Khu vực thử nghiệm 2 được lựa chọn là thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Đây là trung tâm hành chính, kinh tế, văn hóa, chính trị và khoa học – kỹ thuật của tỉnh Thanh Hóa, là đô thị của ngõ nổi vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ với Bắc Trung Bộ. Sau hơn 20 năm kể từ ngày thành lập, thành phố Thanh Hóa đã phát triển một cách mạnh mẽ, tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng và trở thành đô thị loại I vào năm 2014. Hiện nay, thành phố Thanh Hóa có diện tích tự nhiên 146,77 km² với 20 phường và 17 xã, dân số hơn 400 nghìn người và là một trong những đô thị có quy mô dân số và diện tích lớn của khu vực phía Bắc. Sự thay đổi nhanh chóng trong cơ cấu sử dụng đất cũng dẫn đến sự gia tăng đáng kể những khu vực có nhiệt độ bề mặt cao ở thành phố Thanh Hóa [25].

Trong thử nghiệm này sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 02/7/2018 và ảnh Sentinel 2A chụp ngày 03/7/2018 (hình 5, 6). Các ảnh

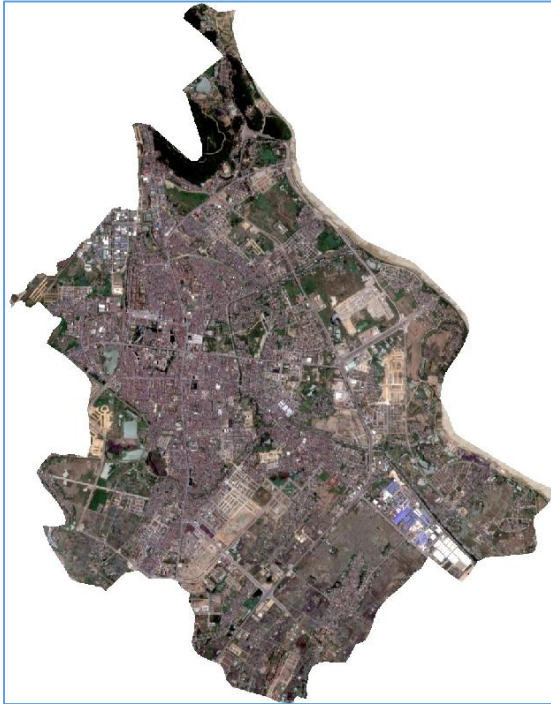
được chụp sát thời điểm, không bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết.

Tương tự như trong thử nghiệm 1, dữ liệu ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 được tiền xử lý [23, 26], cắt theo ranh giới hành chính thành phố Thanh Hóa. Phân xạ phổ ở các kênh đỏ (kênh 4) và cận hồng ngoại (kênh 8) được sử dụng để tính chỉ số thực vật NDVI, sau đó xác định độ phát xạ bề mặt theo công thức (3). Trong ví dụ này, độ phát xạ của đất trống và thực vật cũng được xác định bằng công thức (7) trên cơ sở các mẫu huấn luyện lấy từ ảnh chỉ số NDVI.

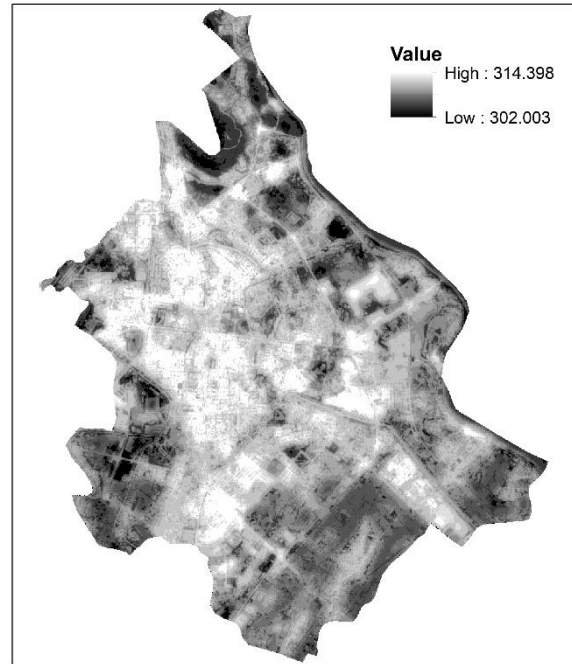
Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa khi kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2A được trình bày trên hình 7, trong đó các khu vực có nhiệt độ cao được thể hiện bởi các pixel màu sáng, trong khi những khu vực có nhiệt độ thấp được đại diện bởi các pixel màu tối.



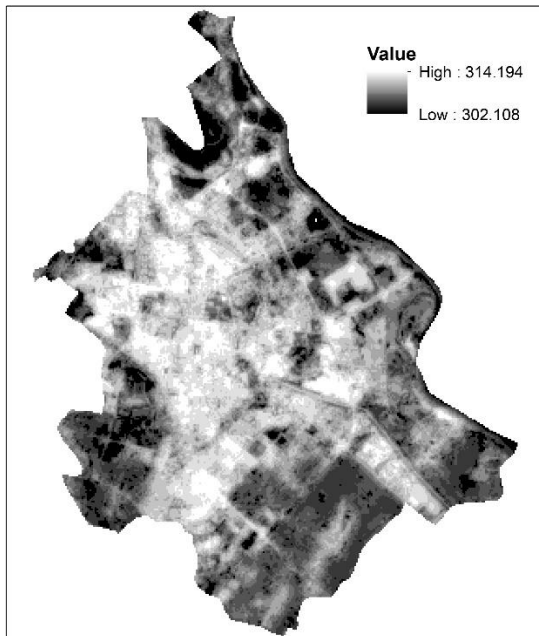
Hình 5. Ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 02/7/2018 khu vực thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa.



Hình 6. Ảnh vệ tinh Sentinel 2A ngày 02/7/2018 khu vực thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa.



Hình 8. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa từ ảnh vệ tinh Landsat 8.



Hình 7. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa khi tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2

Để so sánh, trong ví dụ này cũng tính nhiệt độ bề mặt khi chỉ sử dụng ảnh vệ tinh

Landsat 8 ngày 02/7/2018 (hình 8). Có thể nhận thấy, cũng như trong thử nghiệm 1, nhiệt độ thấp nhất và cao nhất khu vực thành phố Thanh Hóa khi xác định bằng ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 với ảnh Sentinel 2 không có sự chênh lệch đáng kể. Nhiệt độ bề mặt thấp nhất khi chỉ sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 đạt 302,108 (K), trong khi kết hợp sử dụng cả ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 là 302,003 (K). Đối với nhiệt độ cao nhất, giá trị này đạt tương ứng là 314,194 (K) và 314,398 (K). Bên cạnh giá trị max và min, chênh lệch giá trị các thông số thống kê khác như mean, median, mode và độ lệch chuẩn trong thử nghiệm này cũng không đáng kể (bảng 5).

Tương tự như với thử nghiệm 1, trong thử nghiệm này cũng lấy ngẫu nhiên 10 vị trí (pixel) để so sánh giá trị nhiệt độ bề mặt xác định bằng ảnh vệ tinh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 với Sentinel 2 (bảng 4). Kết quả cho

thấy, độ chênh lệch nhiệt độ bề mặt tại các điểm kiểm tra này là không lớn, trong đó chênh lệch lớn nhất đạt dưới 0,5 (K).

Bảng 5. So sánh một số thông số thống kê nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa xác định từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2

Thông số thống kê	Nhiệt độ bề mặt	
	Chi sử dụng ảnh Landsat 8	Kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2
Max	314,194	314,398
Min	302,108	302,003
Mean	308,975	308,828
Median	309,090	308,550
Mode	306,780	306,500
Độ lệch chuẩn	2,127	2,243

Bảng 6. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa xác định từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 với Sentinel 2

STT	Nhiệt độ xác định từ ảnh Landsat 8 (K)	Nhiệt độ xác định bằng cách tích hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 (K)	Chênh lệch (K)
1	310,772	311,004	0,232
2	304,532	304,816	0,284
3	307,854	308,226	0,406
4	307,567	307,701	0,372
5	309,588	309,665	0,077
6	311,306	311,211	-0,095
7	312,028	311,989	-0,345
8	308,430	308,610	-0,039
9	310,875	310,881	0,006
10	311,999	311,955	-0,004

Từ các thử nghiệm trên có thể khẳng định, phương án kết hợp ảnh viễn thám đa độ phân giải Landsat 8 và Sentinel 2 cho phép nâng cao độ phân giải không gian khi xác định nhiệt độ bề mặt mà vẫn cho kết quả với độ chính xác cao. Do vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 có tần suất chụp

gần thời điểm với nhau khá lớn, lại được cung cấp hoàn toàn miễn phí, đây là phương án khả thi và thích hợp phục vụ nâng cao hiệu quả ứng dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt. Điều này có ý nghĩa quan trọng khi nghiên cứu phân bố cũng như giám sát diễn biến nhiệt độ bề mặt tại các khu vực có diện tích không lớn như các mỏ than, các đô thị nhỏ, phát hiện cháy rừng...

Kết luận

Do được cung cấp hoàn toàn miễn phí với chu kỳ cập nhật ngắn, phương án xác định nhiệt độ bề mặt bằng cách kết hợp ảnh viễn thám đa độ phân giải Sentinel 2 và Landsat 8 đề xuất trong nghiên cứu có thể sử dụng hiệu quả phục vụ đánh giá diễn biến nhiệt độ bề mặt tại các khu vực có diện tích nhỏ. Kết quả thử nghiệm tại mỏ than Khánh Hòa (tỉnh Thái Nguyên) và thành phố Thanh Hóa (tỉnh Thanh Hóa) cho thấy, chênh lệch nhiệt độ khi xác định bằng ảnh Landsat 8 và phương pháp kết hợp ảnh Landsat 8 với Sentinel 2 hầu như không đáng kể, trong khi đó độ phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt được nâng cao từ 30m lên 10m. Sự phù hợp về giá trị nhiệt độ bề mặt xác định bằng hai phương án này cũng được thể hiện thông qua các thông số thống kê như max, min, mean, median, mode và độ lệch chuẩn. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể sử dụng phục vụ công tác đánh giá, giám sát diễn biến nhiệt độ bề mặt, phát hiện sớm các bất thường về nhiệt độ cũng như cung cấp thông tin đầu vào cho các mô hình khí tượng, khí hậu.

Tài liệu tham khảo

- [1] Alipour T., Sarajian M., 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.
- [2] Balling R.C., Brazel S.W., 1988. High resolution surface temperature patterns in a complex urban Terrain, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54(9), 1289 – 1293.

- [3] Cueto G., Ostos J., Toudert D., Martinez T. (2007). Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use, *Atmosfera* 20(2), pp. 111 – 131.
- [4] Hyung Moo Kim, Beob Kyun Kim, Kang Soo You (2005). A statistic correlation analysis algorithm between land surface temperature and vegetation index. *International journal of information processing systems*, Vol. 1, No. 1, 102 – 106.
- [5] Kumar S., Bhaskar P., Padmakumari K. (2012). Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image. *International journal of Engineering Science and technology*, Vol. 4, No. 2, pp. 771 – 778.
- [6] Maltick J., Kant Y., Bharath D. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using LANDSAT-7 ETM+. *Journal Ind. Geophys. Union*, Vol. 12, No. 3, pp. 131 – 140.
- [7] Trịnh Lê Hùng (2014). Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh vệ tinh đa phổ LANDSAT. *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, Tập 36, số 01, trang 82 – 89.
- [8] Yuan F., Bauer M. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in LANDSAT imagery. *Remote sensing of Environment* 106:375 – 386.
- [9] Anandababu D., Purushothaman B.M., Suresh B.S. (2018). Estimation of land surface temperature using Landsat 8 data, *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, Vol.4(2), 177 – 186.
- [10] Bakar S., Pradhan B., Lay U., Abdullahi S. (2016). Spatial assessment of land surface temperature and land use/land cover in Langkawi Island, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 37, doi:10.1088/1755-1315/37/1/012064.
- [11] Boori M.S., Vozenilek V., Balter H., Choudhary K. (2015). Land surface temperature with land cover classes in Aster and Landsat data, *Journal of Remote Sensing & GIS* 4:138. doi:10.4172/2169-0049.1000138.
- [12] Guha S., Govil H., Dey A., Gill N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy, *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 51(1).
- [13] Pal S, Ziaul S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol. 20(1), 125 – 145.
- [14] Bùi Quang Thành (2015). Urban heat island analysis in Ha Noi: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface, *Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2015*, trang 674 – 677.
- [15] Nguyễn Đức Thuận, Phạm Văn Vân (2016). Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt 12 quận nội thành, thành phố Hà Nội giai đoạn 2005 – 2015, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, tập 14, số 8, trang 1219 – 1230.
- [16] Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung (2009). Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị. *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, Tập 31(2), tr. 168 – 177.
- [17] Prakash A., Gupta R.P. (1999). Surface fires in Jharia Coalfield, India – their distribution and estimation of area and temperature from TM data, *International Journal of Remote Sensing*. V. 20. P. 1935–1946.
- [18] Mishra R, Roy P., Pandey J., Khalkho A., Singh V. (2014). Study of coal fire dynamics of Jharia coalfield using satellite data, *International Journal of Geomatic and Geoscience*, Vol.4(3), 477–484.
- [19] Trinh L.H., Zabloskii V. (2017). The application of Landsat multitemporal thermal infrared data to identify coal fire in the Khanh Hoa coal mine, Thai Nguyen province, Vietnam, *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, Vol.53(9), 1081 – 1087, doi: 10.1134/S0001433817090183.
- [20] Sandholt I., Rasmussen K., Anderson J. (2002). A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of the surface moisture status, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 79, pp. 213–224.
- [21] Bao Y., Gama G., Gang B., Alatengtuya Y., Husiletu Y. (2013). Monitoring of drought disaster in Xilin Guole grassland using TVDI model, *Taylor & Francis group*, London, ISBN 978-1-138-00019-3, pp. 299 – 310.
- [22] Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, Available in <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>, 07 September 2018.
- [23] 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.
- [24] Van de Griend A.A., Owen M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface, *International journal of remote sensing* 14, pp. 1119 – 1131.

[25] Đặng Như Duân, Đào Ngọc Long, Trịnh Lê Hùng (2017). Nghiên cứu sự thay đổi nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa giai đoạn 2000 – 2017 từ tư liệu ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 6, trang 26 – 32.

[26] Chavez P.S. (1996). Image-based atmospheric corrections—revisited and improved, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 62(9), 1025-1036.

Combined Use of Landsat 8 and Sentinel 2 Images for Enhanced Spatial Resolution of Land Surface Temperature

Trinh Le Hung

Military Technical Academy, 236 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam

Abstract: Land surface temperature is one of the most important factors in studying urban heat island, monitoring forest fire and coal fire as well as input parameters for climate models. Ground-based observations reflect only thermal condition of local area around the stations and in fact cannot establish the number of meteorological stations with expected density due to the high cost. Remote sensing technology with advantages such as wide area coverage and short revisiting interval has been used effectively in the study of land surface temperature distribution. However, due to the spatial resolution of thermal infrared band is low, land surface temperature calculated from satellite images, such as Landsat and Aster is not applicable to small-scales area effectively. This paper presents the results of a study of combining multi-resolution remote sensing data, including Landsat 8 and Sentinel 2A satellite imagery, to enhance the spatial resolution of land surface temperature. The results show that, in the case of combining Sentinel 2 and Landsat 8 images, the spatial resolution of land surface temperature is increased to 10m, compared to 30m in the case of using only Landsat 8 data. For the two experimental areas, comparison of the lowest and highest land surface temperature as well as the 10 random test points showed that, the difference between land surface temperatures in the case of combining Landsat 8 and Sentinel 2 and in the case of using only Landsat 8 images are negligible.

Keywords: Remote sensing, land surface temperature, spatial resolution, Landsat 8, Sentinel 2.