



Original Article

Comparison of Single-channel and Split-window Methods for Estimating Land Surface Temperature from Landsat 8 Data

Trinh Le Hung^{1,*}, Vu Danh Tuyen²

¹*Military Technical Academy, 236 Hoang Quoc Viet, North Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

²*Hanoi University of Natural Resources and Environment, Phu Dien street, North Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

Received 21 March 2019

Revised 10 April 2019; Accepted 21 May 2019

Abstract: Landsat 8 is the eighth satellite in the Landsat program, which provides images at 11 spectral channels, including 2 thermal infrared bands at a spatial resolution of 100 m (band 10 (10,30÷11,30 μm) and band 11 (11,50÷12,50 μm)). Until now, most studies have used only band 10 of Landsat 8 image to calculate land surface temperature. In this paper, we compare the results of determining a land surface temperature from Landsat 8 thermal infrared data when using a single band (single-channel method) and using both thermal infrared bands (split-window method). 02 Landsat 8 scenes in the dry season 2015 - 2016 in Loc Ninh district (Binh Phuoc province) and Lam Ha district (Lam Dong province) were used to calculate the land surface temperature according to the SC and SW methods. The results obtained in both experiments showed that the land surface temperature, determined from band 10 of Landsat 8 images was significantly higher than using band 11. Meanwhile, the method using both thermal infrared bands of Landsat 8 data (SW method) to calculate land surface temperature has higher accuracy when compared with the method using band 10 or band 11 only (SC method).

Keywords: Landsat 8, thermal infrared, land surface temperature, split-window algorithm, single-channel algorithm.

*Corresponding author.

E-mail address: trinhlehung125@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4374>



So sánh phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt landsat 8 bằng thuật toán Single-channel và Split-window

Trịnh Lê Hùng^{1,*}, Vũ Danh Tuyên²

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, đường Phú Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 21 tháng 3 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 10 tháng 4 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 21 tháng 5 năm 2019

Tóm tắt: Landsat 8 là thế hệ vệ tinh thứ 8 trong chương trình Landsat, cung cấp ảnh ở 11 kênh phổ, trong đó có 2 kênh hồng ngoại nhiệt ở độ phân giải không gian 100 m, bao gồm kênh 10 (10,30÷11,30 μ m) và kênh 11 (11,50÷12,50 μ m). Cho đến nay, hầu hết các nghiên cứu mới chỉ sử dụng kênh 10 ảnh Landsat 8 để tính nhiệt độ bề mặt. Trong bài báo này, chúng tôi so sánh kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat 8 khi sử dụng đơn kênh (single-channel method) và sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt (split-window method). 02 cảnh ảnh Landsat 8 trong giai đoạn mùa khô 2015 – 2016 tại khu vực huyện Lộc Ninh (tỉnh Bình Phước) và huyện Lâm Hà (tỉnh Lâm Đồng) được sử dụng để tính toán nhiệt độ bề mặt theo 2 phương pháp trên. Kết quả nhận được trong các thử nghiệm cho thấy, nhiệt độ bề mặt xác định từ kênh 10 ảnh vệ tinh Landsat 8 cao hơn đáng kể so với sử dụng kênh 11. Trong khi đó, phương pháp sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat 8 khi tính nhiệt độ bề mặt cho kết quả có độ chính xác cao hơn khi so sánh với phương pháp chỉ sử dụng kênh 10 hoặc kênh 11.

Từ khóa: Landsat 8, hồng ngoại nhiệt, nhiệt độ bề mặt, thuật toán split-window, thuật toán single - channel.

1. Mở đầu

Nhiệt độ bề mặt là một thông số vật lý quan trọng có thể được chiết tách từ các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh như Landsat, Aster, MODIS... So với các phương pháp nghiên cứu

truyền thống dựa trên số liệu quan trắc tại các trạm đo, phương pháp sử dụng ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt thể hiện nhiều ưu điểm và được sử dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam.

*Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: trinhlehung125@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4374>

Đối với ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat các thế hệ cũ như Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, phương pháp phổ biến trong xác định nhiệt độ bề mặt là sử dụng đơn kênh SC (single-channel) do trên các bộ cảm biến này chỉ có 1 kênh hồng ngoại nhiệt. Có thể kể đến các nghiên cứu của Alipour et al. (2004) [1], Cueto et al. (2007) [2], Mallick et al. (2008) [3], Grishchenko (2012) [4], Kumar et al. (2012) [5], Trần Thị Vân và cộng sự (2009) [6], Trịnh Lê Hùng (2014) [7], Bùi Quang Thành (2015) [8]... đã sử dụng kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 6) ảnh vệ tinh Landsat 5 TM và Landsat 7 ETM+ trong tính toán nhiệt độ bề mặt nhằm quan trắc hiện tượng “đảo nhiệt” ở các đô thị lớn. Phương pháp SC tiếp tục được nhiều nhà khoa học sử dụng khi áp dụng với kênh 10 ảnh vệ tinh Landsat 8 nhằm xác định nhiệt độ bề mặt [9-13].

Kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 ban đầu được nhà cung cấp ảnh khuyến cáo không nên sử dụng khi xác định nhiệt độ bề mặt do sai số lớn [14]. Tuy nhiên trong thời gian gần đây, nhiều nghiên cứu đã sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat 8 (split-window method – SW) nhằm xác định nhiệt độ bề mặt và chứng minh phương pháp này cho độ chính xác cao hơn so với phương pháp chỉ sử dụng đơn kênh (SC) [15÷19]. Gavle et al. (2008) đã sử dụng phương pháp SW khi tính nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt MODIS và ASTER [15]. Phương pháp này tiếp tục được áp dụng đối với ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat 8 trong các nghiên cứu của Du et al. (2014) [16], Rozenstein et al. (2014) [17], Li and Jiang (2018) [18] và Rongali et al. (2018) [19].

Mặc dù dữ liệu ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt đã được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam [6÷10], tuy nhiên cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào áp dụng phương pháp SW khi xác định nhiệt độ bề mặt. Bài báo này trình bày kết quả so sánh nhiệt độ bề mặt khi xác định bằng phương pháp SC và SW, thử nghiệm cho khu vực huyện Lộc Ninh (tỉnh Bình Phước) và huyện Lâm Hà (tỉnh Lâm Đồng) trong giai đoạn mùa khô 2015 – 2016.

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 chụp ngày 28/02/2016 (khu vực huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước) và 8/3/2016 (khu vực huyện Lâm Hà, tỉnh Lâm Đồng). Các ảnh này được chụp vào thời gian cao điểm của mùa khô 2015 – 2016 ở khu vực Tây Nguyên và Nam Trung Bộ.

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. Khác với ảnh Landsat 5 TM và Landsat 7 ETM+ chỉ có 1 kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 6), ảnh LANDSAT 8 có 2 kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 10 và 11) ở độ phân giải 100 m. Đặc điểm các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat được trình bày trong bảng 1 [20].

Trong nghiên cứu cũng sử dụng số liệu đo nhiệt độ bề mặt thực địa mà nhóm tác giả thực hiện trong khoảng thời gian trên trong khuôn khổ đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số 2015.08.10. Số liệu này sẽ được sử dụng để đánh giá độ chính xác của các phương pháp SC và SW trong xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat 8.

Bảng 1. Đặc điểm các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat

Vệ tinh	Kênh	Bước sóng (μm)	Độ phân giải không gian (m)
Landsat 5 TM	6	10,30 -12,30	120
Landsat 7 ETM+	6	10,30 – 12,30	60
Landsat 8	10	10,30 – 11,30	100
	11	11,50 – 12,50	100

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp sử dụng đơn kênh SC (single-channel method)

Trong phương pháp này, 01 kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat 8 (kênh 10 hoặc kênh 11) được sử dụng để tính nhiệt độ độ chói hay nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) theo công thức sau [20].

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

Trong đó K_1 và K_2 là các hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file siêu dữ liệu (metadata file) ảnh vệ tinh Landsat 8 (bảng 3) [20].

L_λ – giá trị bức xạ điện từ (spectral radiance) xác định theo công thức [20]:

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

Giá trị các hệ số chuyển đổi M_L , A_L cũng được cung cấp trong file siêu dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8.

Bảng 2. Giá trị hệ số K_1 , K_2 đối với kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat 8

STT	Kênh	K_1 (W/(m ² .sr.μm))	K_2 (Kelvin)
1	10	774,89	1321,08
2	11	480,89	1201,14

Ở bước tiếp theo, giá trị phản xạ phổ ở kênh đỏ (kênh 4) và kênh cận hồng ngoại (kênh 5) được sử dụng để tính chỉ số thực vật NDVI theo công thức [21]:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (3)$$

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

Chỉ số thực vật NDVI tiếp tục được sử dụng để tính tỉ lệ thực vật trong một pixel ảnh P_v . P_v có thể được xác định theo công thức sau [12, 22]:

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

$NDVI_{veg.}$, $NDVI_{soil}$ – giá trị chỉ số NDVI đối với thực vật và đất thuần nhất [22]. P_v nhận giá trị bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với đất phủ kín thực vật.

Sau đó, giá trị P_v được sử dụng nhằm xác định độ phát xạ bề mặt theo công thức [23, 24]:

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \quad (5)$$

Trong đó ε_v , ε_s – độ phát xạ bề mặt của thực vật và đất trống.

Cuối cùng, nhiệt độ bề mặt (land surface temperature) được xác định theo công thức [4, 6, 12]:

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

Ở đây: 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).

Phương pháp sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat 8 (split-window method)

Khác với phương pháp SC, phương pháp SW (split-window) sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat 8 để tính nhiệt độ bề mặt. Theo đó, nhiệt độ bề mặt được xác định theo công thức sau:

$$LST = T_{B10} + c_1(T_{B10} - T_{B11}) + c_2(T_{B10} - T_{B11})^2 + c_0 + (c_3 + c_4 w)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6 w)\Delta\varepsilon \quad (7)$$

Ở đây:

LST – nhiệt độ bề mặt;

T_{B10} , T_{B11} – nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) xác định từ kênh 10 và 11 ảnh Landsat 8 theo công thức (1);

w – hàm lượng hơi nước trong khí quyển (g/cm^2). w xác định theo phương pháp do Huazhong et al. (2004) đề xuất như sau [25]:

$$w = -9,674 \left(\frac{\tau_j}{\tau_i} \right)^2 + 0,653 \frac{\tau_j}{\tau_i} + 9,087 \quad (8)$$

$$\frac{\tau_j}{\tau_i} = \frac{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)(T_{j,k} - \bar{T}_j)}{\sum_{k=1}^N (T_{i,k} - \bar{T}_i)^2} \quad (9)$$

$T_{i,k}, T_{j,k}$ – nhiệt độ bức xạ của pixel k tại kênh i và kênh j (kênh 10 và 11 ảnh Landsat 8);

\bar{T}_i, \bar{T}_j – nhiệt độ bức xạ trung bình tại kênh i và j ;

ε – giá trị độ phát xạ bề mặt trung bình;

$\Delta\varepsilon$ – chênh lệch độ phát xạ bề mặt ở kênh 10 và 11;

C_0 đến C_6 – Hệ số trong phương pháp SW. Các hằng số này được trình bày trong bảng 3 [26,27].

Bảng 3. Giá trị các hằng số trong công thức tính nhiệt độ bề mặt bằng phương pháp SW

STT	Hằng số	Giá trị
1	C_0	-0,268
2	C_1	1,378
3	C_2	0,183
4	C_3	54,300
5	C_4	-2,238
6	C_5	-129,200
7	C_6	16,400

Độ phát xạ bề mặt trung bình được lấy bằng trung bình cộng độ phát xạ bề mặt đối với kênh 10 và kênh 11 ảnh Landsat 8 theo công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{10} + \varepsilon_{11}}{2} \quad (10)$$

Trong khi đó, chênh lệch độ phát xạ bề mặt ở kênh 10 và kênh 11 được xác định như sau:

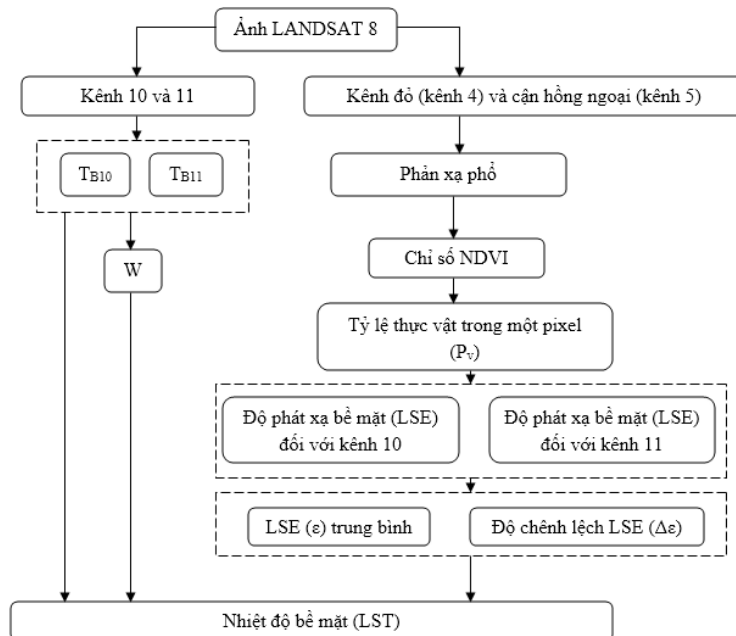
$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11} \quad (11)$$

Trong đó, ε_{10} và ε_{11} là độ phát xạ bề mặt tại các kênh 10 và 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 xác định theo công thức (5). Giá trị độ phát xạ bề mặt của đất trống và thực vật đối với kênh 10 và 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 được trình bày trong bảng 4 theo nghiên cứu của Yu et al. (2014) [28].

Bảng 4. Độ phát xạ của đất trống và thực vật đối với kênh 10 và 11 ảnh vệ tinh Landsat 8

STT	Kênh	Đất	Thực vật
1	Band 10	0,9668	0,9863
2	Band 11	0,9747	0,9896

Quy trình xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8 bằng phương pháp SW được mô tả trên hình 1.



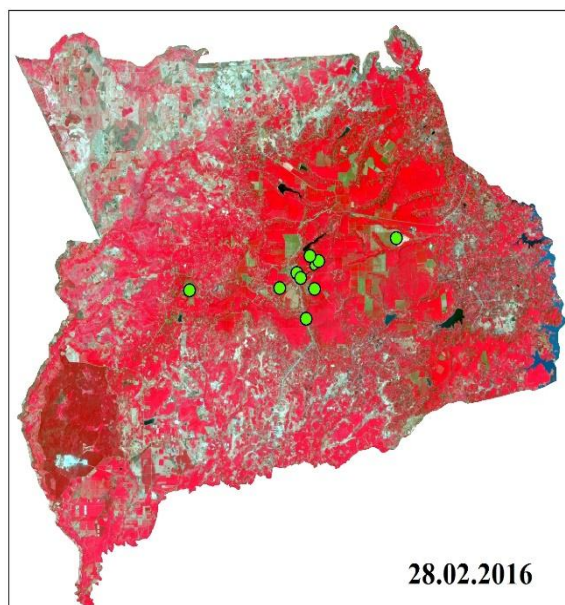
Hình 1. Sơ đồ phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat 8 bằng phương pháp split-window (SW).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khu vực thử nghiệm 1

Khu vực thử nghiệm 1 được lựa chọn trong nghiên cứu là huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước, nơi được coi là thủ phủ hồ tiêu của khu vực miền Đông Nam Bộ. Trong khoảng 20 năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, Lộc Ninh đã phải chịu những đợt hạn hán hết sức khốc liệt như các mùa khô 1997 – 1998, 2003 – 2004, 2015 – 2016. Việc xác định và giám sát diễn biến nhiệt độ bề mặt khu vực Lộc Ninh từ dữ liệu viễn thám là một vấn đề có ý nghĩa thực tiễn, cung cấp thông tin đầu vào cho các mô hình nghiên cứu và dự báo hạn hán ở địa phương.

Trong thử nghiệm này, ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 28/02/2016 (hình 2) được sử dụng để tính nhiệt độ bề mặt theo phương pháp SC và SW. Kênh 10 và kênh 11 được sử dụng để tính nhiệt độ độ chói (T_{B10} và T_{B11}). Trong khi đó, giá trị số nguyên của kênh đỏ (kênh 4) và kênh cận hồng ngoại (kênh 5) được chuyển đổi sang giá trị phản xạ phổ thông qua phép hiệu chỉnh khí quyển [29] và tính chỉ số thực vật NDVI theo công thức (3).



Hình 2. Ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 28/02/2016 khu vực huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước.

Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lộc Ninh (tỉnh Bình Phước) từ ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 28/02/2016 khi sử dụng kênh 10, kênh 11 (phương pháp SC) và sử dụng cả 2 kênh (phương pháp SW) được trình bày trên các hình 3÷5. So sánh giá trị một số thông số thống kê như max, min, mean, median, mode và độ lệch chuẩn của nhiệt độ bề mặt xác định bằng các phương pháp trên được thể hiện trong bảng 5.

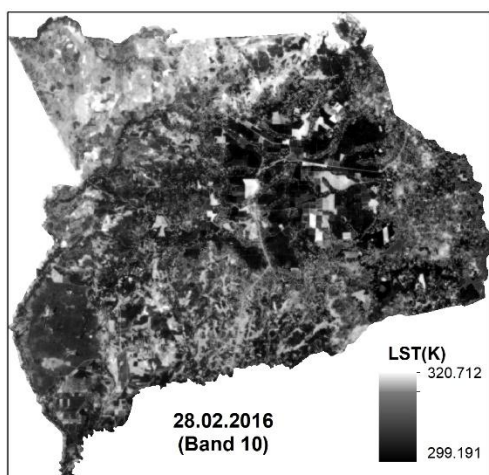
Có thể nhận thấy, nhiệt độ bề mặt xác định từ kênh 10 ảnh Landsat 8 cao hơn đáng kể so với sử dụng kênh 11, thể hiện ở tất cả các thông số thống kê. Ở trong thử nghiệm này, giá trị nhiệt độ lớn nhất khi sử dụng kênh 10 cao hơn so với phương án sử dụng kênh 11 khoảng 7 độ (K), tương ứng với 320,71 (K) và 313,36 (K). Đối với giá trị nhiệt độ thấp nhất (min) và trung bình (mean) khi sử dụng kênh 10 ảnh Landsat 8 cũng cao hơn so với sử dụng kênh 11 lần lượt đạt khoảng 3 và 4 độ (K).

Trong khi đó, giá trị nhiệt độ xác định bằng phương pháp SW nhìn chung thấp hơn giá trị nhiệt độ xác định từ kênh 10, nhưng cao hơn so với khi sử dụng kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 (bảng 5). Điều này cũng được thể hiện trên tất cả các thông số thống kê như bảng 5.

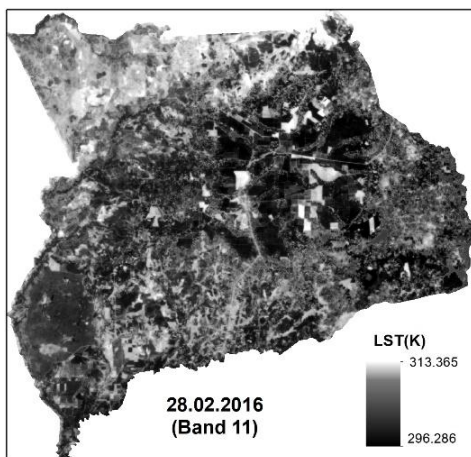
Để đánh giá độ chính xác của phương pháp SC và SW trong xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8, trong nghiên cứu sử dụng dữ liệu đo nhiệt độ bề mặt tại 10 điểm thực địa tại khu vực huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước (bảng 6). Vị trí các điểm kiểm tra này được thể hiện trên hình 2. Thời gian đo nhiệt độ bề mặt thực địa được thực hiện trùng với thời gian thu nhận ảnh (ngày 28/02/2016). Phân tích kết quả nhận được trong bảng 6 cho thấy, tại 10 điểm kiểm tra, giá trị nhiệt độ bề mặt khi xác định bằng phương pháp SW và phương pháp sử dụng kênh 10 ảnh vệ tinh Landsat 8 cao hơn so với nhiệt độ đo tại thực địa. Mặc dù vậy, chênh lệch nhiệt độ khi xác định bằng phương pháp SW và số liệu thực tế nhỏ hơn đáng kể khi so với việc sử dụng kênh 10 ảnh Landsat 8. Sai số trung phương trong trường hợp này đạt 1,49; 2,80 và 1,21 (K) tương ứng với các phương án sử dụng kênh 10, kênh 11 ảnh Landsat 8 và cả 2 kênh để tính nhiệt độ bề mặt. Như vậy, ở thử nghiệm này, phương pháp

SW cho kết quả chính xác hơn so với phương pháp SC khi xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8.

Kết quả trong bảng 6 cũng chỉ ra rằng, việc sử dụng kênh 11 để tính nhiệt độ bề mặt dẫn đến sai số lớn khi so sánh với số liệu thực tế. Chênh lệch nhiệt độ bề mặt khi xác định từ kênh 11 ảnh Landsat 8 và số liệu thực tế trong thử nghiệm này đạt khoảng 3 độ (K). Điều này cũng khẳng định khuyến cáo của nhà cung cấp ảnh về việc không nên sử dụng riêng kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 để tính nhiệt độ bề mặt.



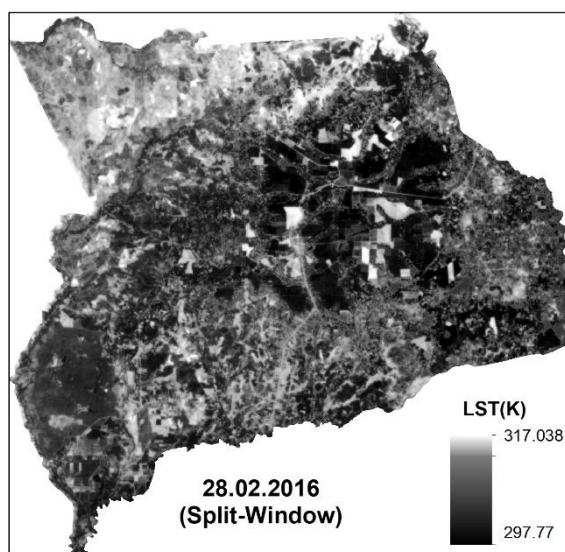
Hình 3. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ kênh 10 ảnh vệ tinh Landsat 8 khu vực huyện Lộc Ninh.



Hình 4. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 khu vực huyện Lộc Ninh.

3.2. Khu vực thử nghiệm 2

Lâm Hà là một huyện của tỉnh Lâm Đồng, có diện tích tự nhiên 978,52 km². Trong những năm qua, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và ảnh hưởng của các hoạt động của con người, Lâm Đồng đang phải đối mặt với hiện tượng hạn hán gay gắt, trong đó huyện Lâm Hà được xem là một trong những khu vực chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi hạn hán.



Hình 5. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lộc Ninh từ ảnh Landsat 8 bằng thuật toán Split-Window.

Bảng 5. So sánh một số thông số thống kê nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lộc Ninh khi xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 bằng phương pháp SC và SW

Thông số thống kê	Nhiệt độ bề mặt (K)		
	SC (kênh 10)	SC (kênh 11)	SW
Max	320,71	313,36	317,04
Min	299,19	296,29	297,77
Mean	305,673	301,753	303,713
Median	304,91	301,22	303,04
Mode	303,06	299,82	301,53
Độ lệch chuẩn	3,601	2,898	3,247

Bảng 6. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lộc Ninh xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 bằng phương pháp SC, SW và kết quả đo thực tế

STT	Tọa độ	Nhiệt độ bề mặt (K)			Số liệu quan trắc
		Phương pháp xác định			
		SC (kênh 10)	SC (kênh 11)	SW	
1	$11^{\circ}49'24''$ N $106^{\circ}35'48''$ E	309,31	304,301	308,45	307,50
2	$11^{\circ}50'59''$ N $106^{\circ}35'27''$ E	310,45	305,751	310,34	309,10
3	$11^{\circ}50'24''$ N $106^{\circ}31'20''$ E	311,94	306,812	311,27	310,20
4	$11^{\circ}51'14''$ N $106^{\circ}36'07''$ E	302,93	299,698	302,68	301,40
5	$11^{\circ}50'49''$ N $106^{\circ}35'36''$ E	310,80	306,184	310,65	308,90
6	$11^{\circ}50'28''$ N $106^{\circ}34'47''$ E	309,48	305,954	309,29	308,30
7	$11^{\circ}51'24''$ N $106^{\circ}36'17''$ E	300,90	297,790	300,78	299,50
8	$11^{\circ}51'34''$ N $106^{\circ}35'57''$ E	300,75	297,842	300,47	299,20
9	$11^{\circ}50'26''$ N $106^{\circ}36'07''$ E	303,97	300,112	303,88	303,10
10	$11^{\circ}52'10''$ N $106^{\circ}39'16''$ N	313,81	308,493	313,74	312,50

Trong thử nghiệm này, ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 8/3/2016 (hình 6) được sử dụng để xác định nhiệt độ bề mặt bằng phương pháp SC và SW. Tương tự như với thử nghiệm 1, nhiệt độ độ chói được xác định từ kênh 10 và kênh 11, trong khi đó kênh đỏ và kênh cận hồng ngoại được sử dụng để tính chỉ số thực vật NDVI, sau đó xác định độ phát xạ bề mặt.

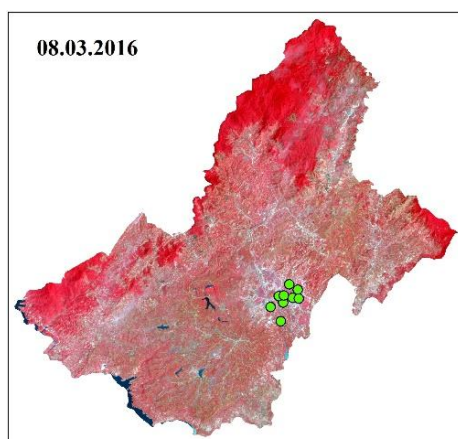
Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lâm Hà bằng phương pháp SC (thử nghiệm với 02 phương án: sử dụng riêng kênh 10 và riêng kênh 11) và phương pháp SW được thể hiện trên các hình 7÷9. Trên các hình này, các khu vực có nhiệt độ cao được thể hiện bởi các pixel màu sáng, trong khi những khu vực có

nhiệt độ thấp được đại diện bởi các pixel màu tối.

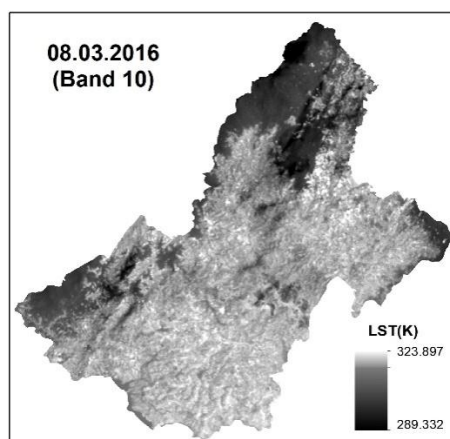
Có thể nhận thấy, cũng như với thử nghiệm 1, trong thử nghiệm 2, nhiệt độ bề mặt xác định từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat thấp hơn đáng kể so với phương án sử dụng kênh 10. Khi so sánh các thông số thống kê như max, min, mean, median, mode và độ lệch chuẩn, giá trị các thông số này đối với nhiệt độ bề mặt xác định từ kênh 11 thấp hơn so với nhiệt độ xác định từ kênh 10 khoảng 2 độ (K) (bảng 7). Trong khi đó, nhiệt độ bề mặt xác định bằng phương pháp SW nhìn chung thấp hơn nhiệt độ bề mặt khi xác định từ kênh 10, nhưng cao hơn nhiệt độ xác định từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8.

Để so sánh, đánh giá độ chính xác kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat bằng phương pháp SC và SW, trong thử nghiệm 2 tác giả cũng sử dụng dữ liệu đo nhiệt độ bề mặt tại 10 điểm thực địa (hình 6). Các số liệu này cũng được thu thập trong quá trình thực hiện đề tài cấp Bộ (Bộ Tài nguyên và Môi trường), mã số 2015.08.10. Kết quả so sánh nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lâm Hà (tỉnh Lâm Đồng) xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 8/3/2016 bằng phương pháp SC và SW được thể hiện trong bảng 8. Phân tích kết quả đạt được cho thấy, tại 10 điểm kiểm tra, chênh lệch nhiệt độ bề mặt khi xác định bằng phương pháp SW và nhiệt độ thực tế thấp hơn so với phương án sử dụng kênh 10 hoặc kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat

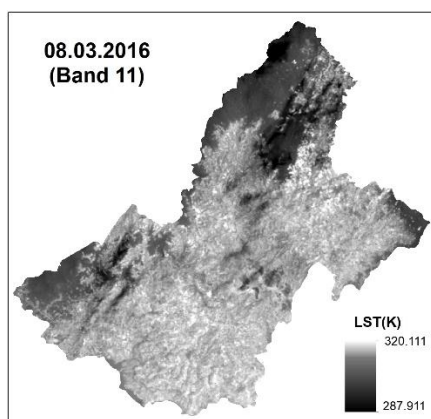
8 (phương pháp SC). Trong thử nghiệm này, sai số trung phương đạt 1,41; 1,29 và 0,59 (K) tương ứng với các phương án sử dụng kênh 10, kênh 11 ảnh Landsat 8 và cả 2 kênh để tính nhiệt độ bề mặt. Như vậy, có thể khẳng định, phương pháp SW trong xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8 có độ chính xác cao hơn so với phương pháp SC (chỉ sử dụng kênh 10 hoặc kênh 11). Bên cạnh đó, cũng như với thử nghiệm 1, chênh lệch giữa nhiệt độ thực tế và nhiệt độ xác định từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 đạt cao nhất khi so với phương án sử dụng kênh 10 hoặc sử dụng phương pháp SW. Do vậy, không nên sử dụng riêng kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 khi xác định nhiệt độ bề mặt.



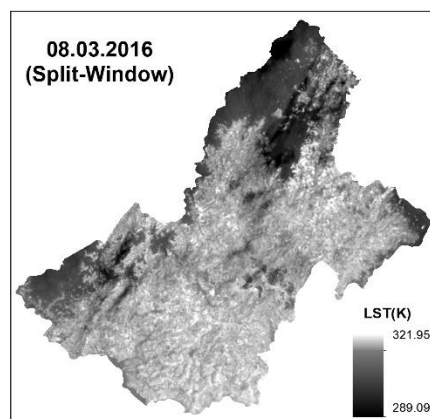
Hình 6. Ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 8/3/2016 khu vực huyện Lâm Hà, tỉnh Lâm Đồng.



Hình 7. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ kênh 10 ảnh vệ tinh Landsat 8 khu vực huyện Lâm Hà.



Hình 8. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 khu vực huyện Lâm Hà.



Hình 9. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lâm Hà từ ảnh Landsat 8 bằng thuật toán Split-Window.

Bảng 7. So sánh một số thông số thống kê nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lâm Hà khi xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 bằng phương pháp SC và SW

Thông số thống kê	Nhiệt độ bề mặt (K)		
	SC (kênh 10)	SC (kênh 11)	SW
Max	323,90	320,11	321,96
Min	289,33	287,91	289,09
Mean	307,494	305,273	306,384
Median	308,50	306,15	307,32
Mode	310,13	307,78	308,60
Độ lệch chuẩn	4,444	4,043	4,234

Bảng 8. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Lâm Hà xác định từ ảnh vệ tinh Landsat 8 bằng phương pháp SC, SW và kết quả đo thực tế

STT	Tọa độ	Nhiệt độ bề mặt (K)			Số liệu quan trắc
		Phương pháp xác định			
		SC (kênh 10)	SC (kênh 11)	SW	
1	11°47'14" N 108°14'37" E	310,250	306,628	309,439	308,20
2	11°47'09" N 108°14'39" E	310,047	306,710	308,578	309,10
3	11°47'34" N 108°14'22" E	310,606	308,821	309,673	309,50
4	11°47'26" N 108°15'14" E	307,377	305,563	306,271	306,70
5	11°46'01" N 108°14'29" E	310,638	307,377	309,618	308,90
6	11°48'16" N 108°15'03" E	301,708	299,877	301,002	300,50
7	11°47'56" N 108°15'33" E	305,600	303,803	305,101	304,80
8	11°46'54" N 108°13'52" E	309,730	307,629	307,980	308,00
9	11°47'36" N 108°14'42" E	304,243	301,082	303,362	302,70
10	11°47'24" N 108°15'37" E	307,857	305,853	306,575	306,20

4. Kết luận

Ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt Landsat là nguồn dữ liệu quan trọng trong chiết tách nhiệt độ bề mặt, cung cấp thông tin đầu vào cho các mô hình nghiên cứu khí hậu, phát hiện sự cố cháy

rừng, cháy mỏ. Từ phân tích các nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam cho thấy, nhiệt độ bề mặt có thể được xác định từ ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat 8 trên cơ sở phương pháp SC (sử dụng riêng kênh 10 hoặc kênh 11) và SW (sử dụng cả 2 kênh hồng ngoại nhiệt).

Từ 02 thử nghiệm trong nghiên cứu này đối với khu vực huyện Lộc Ninh (tỉnh Bình Phước) và huyện Lâm Hà (tỉnh Lâm Đồng) có thể nhận thấy, phương pháp SW khi xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8 có độ chính xác cao hơn so với phương pháp SC. Bên cạnh đó, chênh lệch giữa nhiệt độ thực tế và nhiệt độ xác định từ kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 đạt cao nhất so với phương án sử dụng kênh 10 hoặc sử dụng cả 2 kênh (kênh 10 và kênh 11). Do vậy, không nên sử dụng riêng kênh 11 ảnh vệ tinh Landsat 8 khi xác định nhiệt độ bề mặt.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. Alipour, M.R. Sarajian, A. Esmaseily, 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* 38 (4)/C7 (2004) 1-6.
- [2] G. Cueto, J.E. Ostos, D. Toudert, T.A. Martinez, Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use, *Atmosfera* 20 (2) (2007) 111-131.
- [3] J. Mallick, Y. Kant, B.D. Bharath, Estimation of land surface temperature over Delhi using LANDSAT 7 ETM+, *Geophysics Union* 3 (2008) 131-140.
- [4] M.Y. Grishchenko, ETM+ thermal infrared imagery application for Moscow urban heat island study, *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space* 9 (4) (2012) 95-101.
- [5] K.S. Kumar, P.U. Bhaskar, K. Padmakumari, Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image, *International journal of Engineering Science and technology* 4 (2) (2012) 771-778.
- [6] Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung, Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị, *Tạp chí Các khoa học về Trái đất* 31 (2) (2009) 168-177.
- [7] Trịnh Lê Hùng, 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* 36 (1) (2014) 82-89.
- [8] Bùi Quang Thành, 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) 674-677.
- [9] Nguyễn Đức Thuận, Phạm Văn Vân, 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* 14 (8) (2016) 1219-1230.
- [10] Trịnh Lê Hùng, Kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 trong nâng cao độ phân giải nhiệt độ bề mặt, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, chuyên san Các khoa học và Môi trường* 34 (4) (2018) 54-63, <https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4294>.
- [11] M.S. Boori, V. Vozenilek, H. Balter, K. Choudhary, Land surface temperature with land cover classes in Aster and Landsat data, *Journal of Remote Sensing & GIS*. 4 (138) (2015) 1-4. <https://doi.org/10.4172/2169-0049.1000138>.
- [12] S. Guha, H. Govil, A. Dey, N. Gill, 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* 51 (1) (2018) 667-678. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494>
- [13] S. Pal, S. Ziaul, 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* 20 (1) (2017) 125-145.
- [14] United States Geological Survey. <http://glovis.usgs.gov>, 2017 (accessed 20 October 2017).
- [15] J.M. Galve, C. Coll, V. Caselles, E. Valor, M. Mira, Comparison of split-window and single-channel methods for land surface temperature retrieval from MODIS and ASTER data, *International Geoscience Remote Sensing Symposium* 3 (2008) 294-297. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2008.4779341>.
- [16] C. Du, H. Ren, Q. Qin, J. Meng, J. Li, Split-window algorithm for estimating land surface temperature from Landsat 8 TIRS data, *International Geosciences Remote Sensing Symposium* (2014) 3578–3581. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2014.6947256>.
- [17] O. Rozenstein, Z. Qin, Y. Derimian, A. Karnieli, Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm, *Sensors* 14 (2014) 5768–5780. <https://doi.org/10.3390/s140405768>.
- [18] S. Li, G. Jiang, Land surface temperature retrieval from Landsat-8 data with the generalized split-window algorithm, *IEEE Access* 6 (2018) 18149-18162. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2818741>.

- [19] G. Rongali, A.K. Keshari, A.K. Gosain, R. Khosa, Split-window algorithm for retrieval of land surface temperature using Landsat 8 thermal infrared data, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 2 (2) (2018) 1-19.
- [20] <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>, 2018 (accessed 07 Septamber 2018).
- [21] J.W. Rouse, H.R. Haas, A.J. Schell, W.D. Deering, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, *Third ERTS Symposium, NASA SP-351. 1* (1974) 309-317.
- [22] L. Vlassova, F. Perez-Cabello, H. Nieto, P. Martin, D. Riaflo, J. de la Riva, Assessment of methods for land surface temperature retrieval from Landsat 5 TM images applicable to multiscale tree-grass ecosystem modeling, *Remote Sensing* 6 (2014) 4345-4368. <https://doi.org/10.3390/rs6054345>.
- [23] E. Valor, V. Caselles, Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas, *Remote sensing of Environment* 57 (1996) 167-184.
- [24] A.A. Van de Griend, M. Owen, On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface, *International Journal of Remote Sensing* 14 (1993) 1119-1131.
- [25] R. Huazhong, C. Du, Q. Qin, R. Liu, Atmospheric water vapor retrieval from Landsat 8 and its validation, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (2014) 3045-3048. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2014.6947119>.
- [26] J.A. Sobrino, J.C. Jimenez-Munoz, P.J. Zarco-Tejada, G. Sepulcre-Canto, E. de Miguel, Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data, *Remote Sensing of Environment* 102 (2006) 99-115.
- [27] D. Skokovic, J.A. Sobrino, J.C. Jiménez Muñoz, . Julien, C. Mattar, J. Cristóbal, Calibration and validation of land surface temperature for Landsat8-TIRS sensor TIRS Landsat-8 characteristics. http://earth.esa.int/documents/700255/2126408/ESA__Lpve_Sobrino_2014a.pdf, 2018 (accessed 20 December 2018).
- [28] X. Yu, X. Guo, X. Wu, Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS – Comparison between radiative transfer equation based method, split window algorithm and single channel method, *Remote Sensing* 6 (2014) 9829-9852. <https://doi.org/10.3390/rs6109829>.
- [29] P.S. Chavez, Image-based atmospheric correction s–revisited and improved, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62 (9) (1996) 1025-1036.