

ĐÁNH GIÁ PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT KHU VỰC LIÊN HỢP LỘC HÓA DẦU NGHI SƠN TỪ DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH LANDSAT VÀ SENTINEL 2

Trình Lê Hùng

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: trinhlehung@lqdtu.edu.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2022.08-04>

Tóm tắt

Dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 5, Landsat 8 và Sentinel 2A được sử dụng để phân tích nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu, từ đó xây dựng bản đồ phân bố nhiệt độ bề mặt Liên hợp Lộc hóa dầu Nghi Sơn. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng trong giám sát sự thay đổi nhiệt độ bề mặt, phục vụ công tác quy hoạch sử dụng đất cũng như giảm thiểu các ảnh hưởng của quá trình sản xuất đến môi trường.

Từ khóa: Nhiệt độ bề mặt, viễn thám hồng ngoại nhiệt, ảnh vệ tinh, Liên hợp Lộc hóa dầu Nghi Sơn.

1. Giới thiệu

Nhiều nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam đã sử dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt, trong đó chủ yếu là ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat để đánh giá mối quan hệ giữa lớp phủ/sử dụng đất và sự phân bố nhiệt độ bề mặt [1 - 6]. Nhiệt độ bề mặt cao cục bộ được ghi nhận tại các khu vực có mật độ xây dựng lớn, đặc trưng bởi các mặt không thấm (impervious surface). Nhiệt độ bề mặt ở những khu vực có lớp phủ thực vật hoặc nước mặt thấp hơn rất nhiều với chênh lệch giữa các khu vực này lên tới trên 10°C [7].

Việc xây dựng các tổ hợp lọc hóa dầu, sự cố tràn dầu có thể dẫn đến sự thay đổi đáng kể trong lớp phủ/sử dụng đất [8 - 11]. Nghiên cứu của Wang và cộng sự [12] đã sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat đa thời gian trong giai đoạn 2000 - 2020 để giám sát sự phát triển của công nghiệp khai thác dầu khí đá phiến ở Mỹ trên cơ sở chỉ số thực vật NDVI (normalised difference vegetation index), từ đó cung cấp dữ liệu đầu vào phục vụ xây dựng chính sách năng lượng và bảo vệ môi trường [12]. Jordan và cộng sự [13] sử dụng dữ liệu ảnh radar và kỹ thuật radar giao thoa (InSAR) trong giám sát ảnh hưởng của hoạt động khai thác dầu đá phiến đến môi trường. Liu và cộng sự [14] đánh giá tình trạng của các giàn khoan dầu khí ngoài khơi vịnh Mexico bằng dữ liệu viễn thám đa nguồn, đa độ phân giải.

Liên hợp Lộc hóa dầu Nghi Sơn được đầu tư bởi Công ty Liên doanh Lọc hóa dầu Nghi Sơn (NSRP) do các đối tác Kuwait Petroleum International - KPI (35,1%), Idemitsu (35,1%), Mitsui Chemicals (4,7%) và Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (25,1%) góp vốn với tổng mức đầu tư là 9 tỷ USD, tổng diện tích mặt bằng khoảng 400 ha mặt đất và 900 ha mặt biển. Với công suất chế biến 200.000 thùng/ngày (tương đương 10 triệu tấn/năm), đến nay Liên hợp Lọc hóa dầu Nghi Sơn đã sản xuất và cung cấp 20 triệu tấn sản phẩm xăng dầu cho thị trường trong nước. Quá trình xây dựng Liên hợp Lọc hóa dầu Nghi Sơn dẫn đến sự thay đổi của lớp phủ/sử dụng đất ở khu vực xung quanh, trong đó có sự gia tăng đáng kể diện tích đất xây dựng. Bài báo giới thiệu kết quả đánh giá sự thay đổi trong phân bố không gian nhiệt độ bề mặt ở Liên hợp Lọc hóa dầu Nghi Sơn bằng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel 2 đa thời gian.

2. Đặc điểm ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt Landsat

Bên cạnh ảnh viễn thám quang học và ảnh radar, hệ thống vệ tinh viễn thám hiện nay cũng được trang bị các bộ cảm hồng ngoại nhiệt (thermal infrared sensor), ghi lại thông tin nhiệt độ bức xạ của vật chất. Các dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt gồm: Landsat, Aster, MODIS..., trong đó phổ biến nhất là ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat.

Chương trình Landsat được bắt đầu vào năm 1972 với dấu mốc phóng thành công vệ tinh nghiên cứu tài nguyên đầu tiên là Landsat 1. Tính đến nay, hệ thống Landsat gồm 9 vệ tinh, trong đó có 8 vệ tinh được phóng



Ngày nhận bài: 14/4/2022. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 14/4 - 5/8/2022.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 12/8/2022.

Bảng 1. Đặc điểm ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat

TT	Vệ tinh	Kênh	Bước sóng (μm)	Độ phân giải không gian (m)
1	Landsat 4/5 TM	6	10,40 - 12,50	120
2	Landsat 7 ETM+	6	10,40 - 12,50	60
3	Landsat 8/9 OLI_TIRS	10	10,30 - 11,30	100
		11	11,50 - 12,50	100

thành công lên quỹ đạo. Landsat được xem là hệ thống vệ tinh viễn thám đa phổ lớn trên thế giới được ứng dụng rộng rãi trong quản lý tài nguyên, môi trường. Kho dữ liệu ảnh Landsat rất lớn, với khối lượng ảnh khổng lồ từ cuối những năm 70 thế kỷ XX đến nay. Toàn bộ dữ liệu Landsat được cung cấp miễn phí, giúp nâng cao khả năng và hiệu quả ứng dụng dữ liệu viễn thám trong nghiên cứu trái đất. Ngoài các kênh ảnh ở dải sóng quang học, bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt được trang bị trên các vệ tinh Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 và Landsat 9 để thu nhận tín hiệu phản hồi về nhiệt độ của vật thể trên bề mặt trái đất (Bảng 1).

3. Phương pháp nghiên cứu

Để xác định nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat, nghiên cứu đã sử dụng phương pháp single-channel được đề xuất bởi Cơ quan Hàng không Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA). Trong phương pháp này, đầu tiên, giá trị số (digital number) của kênh hồng ngoại nhiệt được chuyển đổi sang giá trị thực của bức xạ điện từ (spectral radiance, $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$).

Đối với kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat 5 TM, giá trị bức xạ phổ được xác định theo công thức sau:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{DN_{\max} - DN_{\min}} (DN - DN_{\min}) + L_{\min\lambda} \quad (1)$$

Trong đó:

L_{λ} : Giá trị bức xạ phổ [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{sr}.\mu\text{m})$];

DN: Giá trị số của ảnh (digital number);

$DN_{\max}$: Giá trị số lớn nhất (= 255);

$DN_{\min}$: Giá trị số nhỏ nhất (= 1);

$L_{\max\lambda}$, $L_{\min\lambda}$: Giá trị bức xạ phổ ứng với $DN_{\max}$ và $DN_{\min}$ ở từng kênh phổ.

Giá trị các hệ số $L_{\max\lambda}$ và $L_{\min\lambda}$ được cung cấp trong tệp siêu dữ liệu (metadata) đi kèm theo sản phẩm ảnh vệ tinh Landsat.

Đối với ảnh Landsat 8/9 OLI_TIRS, giá trị bức xạ phổ được xác định theo công thức sau:

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

Trong đó:

M_L , A_L : Hệ số chuyển đổi, được lấy trong tệp siêu dữ liệu ảnh Landsat 8/9;

Q_{cal} : Giá trị số của ảnh.

Ở bước tiếp theo, giá trị bức xạ phổ xác định ở bước trên được sử dụng để tính nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) theo công thức sau:

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

Trong đó:

T_B : Nhiệt độ bức xạ ($^{\circ}\text{K}$);

K_1 : Hằng số chuyển đổi [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{sr}.\mu\text{m})$];

K_2 : Hằng số chuyển đổi [K];

Giá trị K_1 , K_2 được cung cấp trong tệp siêu dữ liệu ảnh Landsat.

Nhiệt độ bề mặt (LST - land surface temperature) được xác định theo công thức sau:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda \times T_B}{\rho} \times \ln \epsilon} \quad (4)$$

Trong đó:

λ : Giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt;

$\rho = \frac{h \times c}{\sigma}$, σ : Hằng số Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ (Wm}^{-2}.\text{K}^{-4})$);

h : Hằng số Plank ($6,626 \times 10^{-34} \text{ J.sec}$);

c : Vận tốc ánh sáng ($2,998 \times 10^8 \text{ m/sec}$).

ϵ : Độ phát xạ bề mặt, được xác định theo công thức của Valor và cộng sự [15] trên cơ sở chỉ số thực vật NDVI, trong đó chỉ số thực vật NDVI được xác định như sau [16]:

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

Trong đó ρ_{RED} , ρ_{NIR} là phản xạ phổ ở kênh đỏ và kênh cận hồng ngoại.



a) Landsat 5 TM



b) Landsat 8 OLI_TIRS

Hình 1. Ảnh Landsat chụp ngày 6/7/2011 và 23/5/2021 tại khu vực nghiên cứu, tổ hợp màu tự nhiên (RGB = 432)**Hình 2.** Ảnh Sentinel 2A chụp ngày 23/5/2021 tại khu vực nghiên cứu, tổ hợp màu tự nhiên (RGB = 432).

Để nâng cao mức độ chi tiết của nhiệt độ bề mặt đối với ảnh Landsat 8 chụp ngày 23/5/2021, nghiên cứu này cũng sử dụng kết hợp ảnh vệ tinh Sentinel 2 chụp cùng ngày 23/5/2021, trong đó kênh đỏ (kênh 4) và kênh cận hồng ngoại (kênh 8) ảnh Sentinel 2 được sử dụng để tính chỉ số thực vật NDVI theo công thức (5), từ đó tính độ phát xạ bề mặt và tiếp tục tính nhiệt độ bề mặt theo công thức (4). Do 2 ảnh được chụp cùng thời điểm, việc sử dụng kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 cho phép nâng cao độ

phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt từ 30 m (nếu chỉ sử dụng riêng ảnh Landsat 8) lên 10 m (sử dụng kết hợp cả ảnh Landsat 8 và Sentinel 2) mà không ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác kết quả nhận được [17].

3. Kết quả và thảo luận

Dữ liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu, bao gồm 2 cảnh ảnh vệ tinh Landsat chụp ngày 6/7/2011 (Landsat 5 TM) và 23/5/2021 (Landsat 8 OLI_TIRS) và 1 cảnh ảnh Sentinel 2A chụp ngày 23/5/2021 được thu thập miễn phí từ website <https://earthexplorer.usgs.gov/> [18]. Các ảnh được xử lý ở mức L2A, trong đó giá trị số của ảnh đã được chuyển đổi về giá trị phản xạ, do vậy trong nghiên cứu chỉ tiến hành hiệu chỉnh hình học để đưa tọa độ ảnh về hệ tọa độ địa phương.

Sau khi tiến xử lý, dữ liệu viễn thám đầu vào được cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu. Hình 1 và 2 thể hiện các ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel 2A chụp tại khu vực xung quanh Liên hợp Lọc hóa dầu Nghi Sơn, huyện Tĩnh Gia, tỉnh Thanh Hóa ở tổ hợp màu tự nhiên (sử dụng các kênh phổ ở dải sóng nhìn thấy). Do có độ phân giải không gian cao hơn (10 m), ảnh Sentinel 2A (Hình 2) cho phép thể hiện chi tiết hơn các đối tượng mặt đất so với ảnh Landsat chụp cùng thời điểm (Hình 1b, độ phân giải không gian 30 m).

Hình 1a và 1b cho thấy, lớp phủ/sử dụng đất tại khu vực xung quanh Liên hợp Lọc hóa dầu Nghi Sơn có sự thay đổi lớn trong giai đoạn từ năm 2011 (chưa xây dựng) đến

Bảng 2. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực xung quanh Liên hợp Lộ dầu Nghi Sơn giai đoạn 2011 - 2021

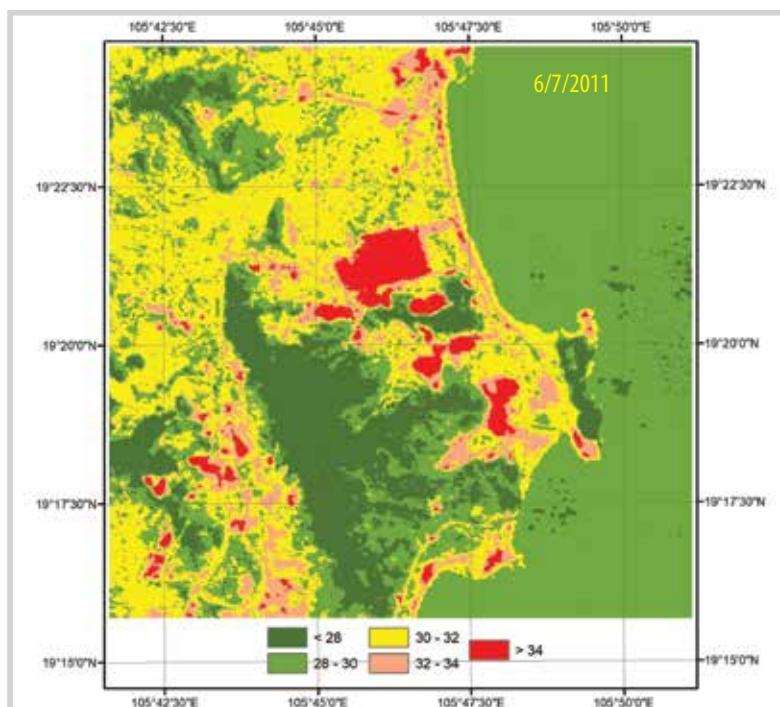
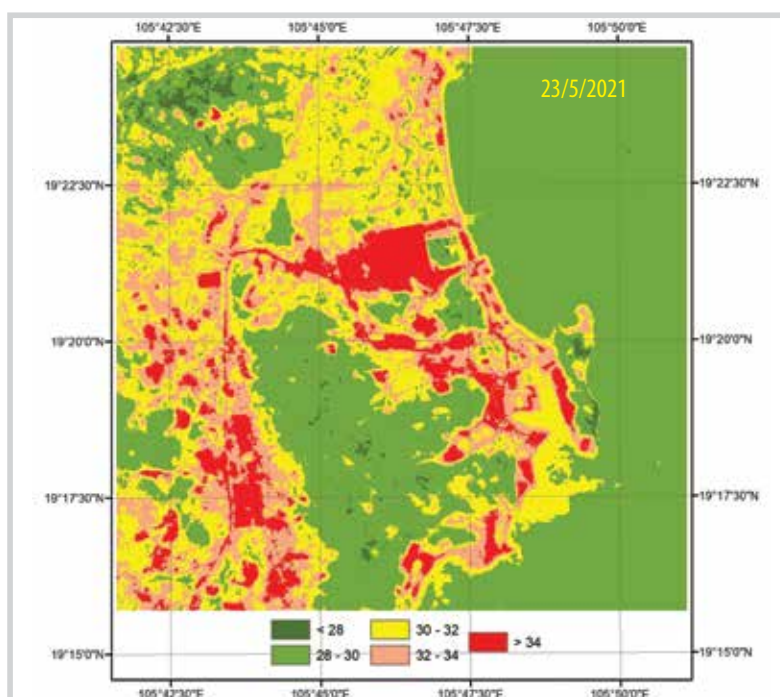
Nhiệt độ bề mặt	6/7/2011		23/5/2021	
	Diện tích (ha)	Diện tích (%)	Diện tích (ha)	Diện tích (%)
< 28°C	4.076,19	14,73	299,70	1,08
28 - 30°C	12.947,13	46,79	14.364,99	51,91
30 - 32°C	7.445,43	26,90	6.466,95	23,37
32 - 34°C	2.308,23	8,34	4.465,08	16,14
> 34°C	895,23	3,24	2.075,49	7,50

năm 2021 (đã hoàn thành), trong đó nổi bật nhất là sự suy giảm mật độ che phủ của thực vật và sự gia tăng diện tích đất xây dựng. Ngoài khu vực nhà máy lọc dầu, diện tích đất xây dựng được mở rộng đáng kể ở vùng ven biển, nhất là khu vực gần Bãi Đông và ven sông Lạch Bạng. Các khu vực có thực vật che phủ (gần nhà máy lọc dầu, Bãi Đông) có sự suy giảm rõ rệt, thay thế bằng đất ở, đất xây dựng.

Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 5 TM ngày 6/7/2011 và Landsat 8 OLI_TIRS ngày 23/5/2021 được thể hiện trên các Hình 3 và 4 và Bảng 2, trong đó nhiệt độ bề mặt được chia thành 5 khoảng: nhỏ hơn 28°C, 28 - 30°C, 30 - 32°C, 32 - 34°C, lớn hơn 34°C. Nhiệt độ bề mặt cao nhất và thấp nhất xác định từ ảnh vệ tinh Landsat ngày 6/7/2011 và 23/5/2021 nhận được tương ứng là 26,4°C và 41,1°C là 26,8°C và 41,4°C.

Bảng 2 cho thấy, diện tích các khu vực có nhiệt độ bề mặt dưới 28°C giảm rất mạnh trong giai đoạn 2011 - 2021, từ 4.076,19 ha (14,73% tổng diện tích khu vực nghiên cứu) xuống còn 299,90 ha (1,08%). Điều này có thể thấy rõ trên Hình 3 và 4 khi khu vực có màu xanh đậm (tương ứng với nhiệt độ bề mặt dưới 28°C) trong năm 2021 gần như rất ít so với năm 2011.

Diện tích các khu vực có nhiệt độ trong khoảng từ 28 - 32°C có sự biến động không lớn. Trong khi đó, diện tích các khu vực có nhiệt độ bề mặt từ 32 - 34°C, đặc biệt là trên 34°C có sự gia tăng rất nhanh, gấp khoảng trên 2 lần trong giai đoạn 2011 - 2021. Từ 985,23 ha (3,24%) có nhiệt độ bề mặt trên 34°C năm 2011, đến năm 2021, diện tích các

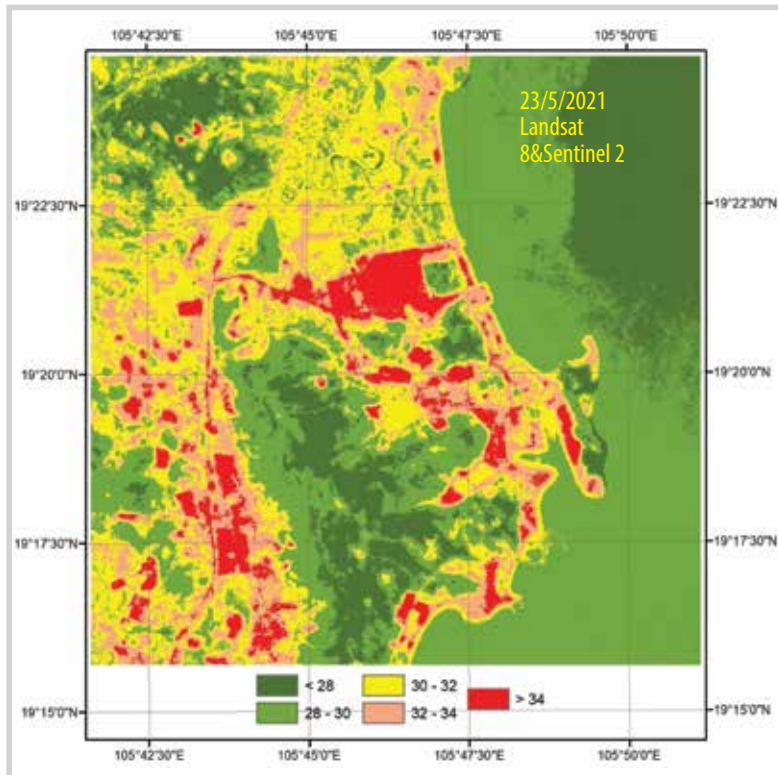
**Hình 3.** Nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu xác định từ ảnh Landsat 5 ngày 6/7/2011.**Hình 4.** Nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu xác định từ ảnh Landsat 8 ngày 23/5/2021.

Bảng 3. So sánh nhiệt độ bề mặt khu vực xung quanh Liên hợp Lộ hóa dầu Nghi Sơn xác định từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2

Thông số	Nhiệt độ bề mặt (°C)	
	Chỉ sử dụng ảnh Landsat 8	Kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2
Max	41,44	41,24
Min	26,80	26,15
Mean	31,50	30,94
Median	30,79	30,17
Mode	29,67	29,12
Độ lệch chuẩn	2,013	2,140

Bảng 4. Mối quan hệ giữa mật độ xây dựng và nhiệt độ bề mặt

Mật độ xây dựng	Nhiệt độ bề mặt trung bình
< 10%	27,12°C
10 - 45%	30,41°C
45 - 75%	32,55°C
> 75%	37,46°C

**Hình 5.** Nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu xác định trên cơ sở kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2A chụp ngày 23/5/2021

khu vực có nhiệt độ bề mặt trên 34°C đã tăng lên 2.075,49 ha (tương đương 7,50%). Các khu vực có nhiệt độ cao (thể hiện bởi màu đỏ và cam) trên Hình 3 và 4 cũng phân bố tập trung ở các khu vực đất xây dựng, đất ở, trong đó nhiệt độ bề mặt cao nhất (trên 40°C) được ghi nhận ở Liên hợp Lộ hóa dầu Nghi Sơn.

Hình 5 thể hiện bản đồ phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực xung quanh Liên hợp Lộ hóa dầu Nghi Sơn trên cơ sở kết hợp sử dụng ảnh vệ tinh đa độ phân giải Landsat 8 và Sentinel 2A chụp ngày 23/5/2021. Do có độ phân giải không gian lên đến 10 m, nhiệt độ bề mặt xác định

bằng phương pháp này cho phép thể hiện chi tiết hơn đặc điểm phân bố nhiệt độ bề mặt ở khu vực nghiên cứu. Các khu vực có nhiệt độ thấp dưới 28°C và cao trên 34°C cũng được thể hiện rõ nét hơn trên Hình 5 so với phương án chỉ sử dụng riêng ảnh Landsat 8 (Hình 4). So sánh các số liệu thống kê kết quả xác định nhiệt độ bề mặt giữa phương án chỉ sử dụng ảnh Landsat 8 và sử dụng kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2A (Bảng 3) cho thấy, không có sự chênh lệch đáng kể trong kết quả xác định nhiệt độ bề mặt. Như vậy, có thể kết hợp sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám đa độ phân giải Landsat 8/9 và Sentinel 2 nhằm nâng cao hiệu quả trong chiết tách thông tin nhiệt độ bề mặt trái đất.

Để đánh giá quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và mật độ đất xây dựng khu vực xung quanh Liên hợp Lộ hóa dầu Nghi Sơn, trong nghiên cứu sử dụng chỉ số đất xây dựng NDBI (normalised difference built-up index) được xác định theo công thức [19]:

$$NDBI = \frac{\rho_{MIR} - \rho_{RED}}{\rho_{MIR} + \rho_{RED}} \quad (6)$$

Trong đó, ρ_{MIR} , ρ_{RED} là phản xạ phổ ở kênh hồng ngoại trung bình (kênh 6) và cận hồng ngoại (kênh 5) ảnh vệ tinh Landsat 8/9. Chỉ số NDBI sau đó được chuyển về thang giá trị từ 0 - 100% phục vụ đánh giá mối quan hệ với nhiệt độ bề mặt. Quá trình này được thực hiện bằng cách sử dụng công cụ Rescale trong phần mềm xử lý ảnh ERDAS Imagine 2014.

Bảng 4 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ xây dựng khu vực nghiên cứu và nhiệt độ bề mặt trung bình, trong đó so sánh nhiệt độ bề mặt trung bình tại các khu vực có mật độ

xây dựng dưới 10%, 10 - 45%, 45 - 75% và trên 75%. Các khu vực có mật độ xây dựng thấp (dưới 10%) có nhiệt độ bề mặt thấp hơn đáng kể so với các khu vực có mật độ xây dựng trên 75%. Chênh lệch nhiệt độ bề mặt trung bình trong trường hợp này đạt trên 10°C (Bảng 4).

5. Kết luận

Nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu có sự thay đổi đáng kể trong giai đoạn 2011 - 2021, trong đó có sự suy giảm các khu vực có nhiệt độ bề mặt thấp dưới 28°C và sự gia tăng nhanh chóng các khu vực có nhiệt độ bề mặt trên 32°C. Điều này cho thấy sự thay đổi lớp phủ/sử dụng đất ở khu vực nghiên cứu, trong đó nhiệt độ bề mặt cao tập trung cục bộ tại các khu vực đất ở, đất xây dựng, nhất là khu vực xung quanh Liên hợp Lộ hóa dầu Nghi Sơn.

Nghiên cứu thử nghiệm kết hợp ảnh viễn thám đa độ phân giải Landsat 8 và Sentinel 2A chụp cùng ngày 23/5/2021 để tính nhiệt độ bề mặt, từ đó nâng cao độ phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt từ 30 m lên 10 m. Giải pháp này cho phép thu nhận được thông tin nhiệt độ bề mặt chi tiết hơn, giúp nâng cao hiệu quả sử dụng thông tin nhiệt độ bề mặt trong nghiên cứu, giám sát môi trường.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan và 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*, Số 31, Tập 2, trang 168 - 177, 2009.
- [2] Suzana Binti Abu Bakar, Biswajeet Pradhan, Usman Salihu Lay, and Saleh Abdullahi, "Spatial assessment of land surface temperature and land use/land cover in Langkawi Island", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Kuala Lumpur, Malaysia, 13 - 14 April 2016. DOI:10.1088/1755-1315/37/1/012064.
- [3] Mukesh Singh Boori, Vit Vozenilek, Heiko Balter, and Komal Choudhary, "Land surface temperature with land cover classes in Aster and Landsat data", *Journal of Remote Sensing & GIS*, Vol. 4, No. 1, pp. 1 - 4, 2015. DOI:10.4172/2169-0049.1000138.
- [4] Subhanil Guha, Himanshu Govil, Anindita Dey, and Neetu 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*, Vol. 51, No. 1, pp. 667 - 678, 2018. DOI: 10.1080/22797254.2018.1474494.
- [5] H.M. Imran, Anwar Hossain, A.K.M. Saiful Islam, Ataur Rahman, Md Abul Ehsan Bhuiyan, Supria Paul, and Akramul Alam, "Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in Dhaka city of Bangladesh", *Earth Systems and Environment*, Vol. 5, pp. 667 - 693, 2021. DOI: 10.1007/s41748-021-00243-4.
- [6] Swades Pal and Sk. 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*, Vol. 20, No. 1, pp. 125 - 145, 2017. DOI: 10.1016/j.ejrs.2016.11.003.
- [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*, Số 36, Tập 1, trang 82 - 89, 2014.
- [8] Timo Kumplula, Anu Pajunen, Elina Kaarlejärvi, Bruce C. Forbes, and Florian Stammer, "Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development", *Global Environmental Change*, Vol. 21, No. 5, pp. 550 - 562, 2011. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2010.12.010.
- [9] Timo Kumplula, Bruce C. Forbes, Florian Stammer, and Meschtyb Mysshtyb, "Dynamics of a coupled system: Multi-resolution remote sensing in assessing social-ecological responses during 25 years of gas field development in Arctic Russia", *Remote Sensing*, Vol. 4, pp. 1046 - 1068, 2012. DOI: 10.3390/rs4041046.
- [10] Qin Yu, Howard E. Epstein, Ryan Engstrom, Nikolay Shiklomanov, and Dmitry Streletskiy, "Land cover and land use changes in the oil and gas regions of Northwestern Siberia under changing climatic conditions", *Environmental Research Letters*, Vol. 10, 2015. DOI: 10.1088/1748-9326/10/12/124020.
- [11] E.O. Makinde, "Resultant land use and land cover change from oil spillage using remote sensing and GIS", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 6, No. 11, pp. 2032 - 2040, 2013. DOI: 10.19026/rjaset.6.3820.
- [12] Yifang Wang, Di Liu, Fushan Zhang, and Qingling Zhang, "Monitoring the spatio-temporal dynamics of shale oil/gas development with Landsat time series: Case studies in the USA", *Remote Sensing*, Vol. 14, No. 5, 2022. DOI: 10.3390/rs14051236.
- [13] Colm Jordan, Luke Bateson, and Alessandro Novellino, "Environmental baseline monitoring for shale-gas development: Insights for monitoring ground motion using InSAR analysis", *Science of The Total Environment*, Vol.

696, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134075.

[14] Yongxue Liu, Chuanmin Hu, Chao Sun, Wenfeng Zhan, Shaojie Sun, Bihua Xu, Yanzhu Dong, "Assessment of offshore oil/gas platform status in the northern Gulf of Mexico using multi-source satellite time-series images", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 208, pp. 63 - 81, 2018. DOI: 10.1016/j.rse.2018.02.003.

[15] Enric Valor and Vicente Caselles, "Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European African and South American areas", *Remote sensing of Environment*, Vol. 57, No. 3, pp. 167 - 184, 1996. DOI: 10.1016/0034-4257(96)00039-9.

[16] J.W. Rouse, R.H. Hass, J.A. Schell, and D.W. Deering, "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS", 3rd Earth Resources Technology Satellite-1 (ERTS) Symposium, 1973. [Online]. Available: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>.

[17] 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: Các khoa học Trái đất và Môi trường, Số 34, Tập 4, trang 54 - 63, 2018. DOI: 10.25073/2588-1094/vnuees.4294.

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

[19] Yong Zha, Jingqing Gao, and S. Ni, "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, No. 3, pp. 583 - 594, 2003. DOI: 10.1080/01431160304987.

[20] Barnabas O. Morakinyo, Samantha Lavender, and Victor Abbott, "Investigation of potential prevailing wind impact on land surface temperature at gas flaring sites in the Niger delta, Nigeria", *International Journal of Environment and Geoinformatics*, Vol. 9, No. 1, pp. 179 - 190, 2022.

[21] National Aeronautics and Space Administration (NASA), "Landsat data users handbook". [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-user-handbooks>.

ANALYSING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF LAND SURFACE TEMPERATURE AT NGHI SON REFINERY AND PETROCHEMICAL COMPLEX USING LANDSAT AND SENTINEL 2 SATELLITE IMAGE DATA

Trinh Le Hung

Military Technical Academy

Email: trinhlehung@lqdtu.edu.vn

Summary

The Landsat 5, Landsat 8 and Sentinel 2A satellite image data are used for extracting land surface temperature, thereby mapping the spatial distribution of land surface temperature at Nghi Son Refinery and Petrochemical Complex. The obtained results then can be used in monitoring land surface temperature changes, for land use planning as well as in minimising the impact of production processes to the environment.

Key words: Land surface temperature, thermal infrared remote sensing, Nghi Son Refinery and Petrochemical Complex.