Phân tích hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại khu vực Thanh Hóa bằng dữ liệu Landsat-9

Lê Thị Hoa Huệ

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Email tác giả liên hệ: ltthhue.ph@hunre.edu.vn
https://doi.org/10.67484/GeoGIS.114.1205.2026

Tóm tắt: *Hiện tượng đảo nhiệt đô thị (Urban Heat Island – UHI) là một trong những vấn đề môi trường nổi bật tại các đô thị, có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng môi trường và đời sống của cư dân. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9 để trích xuất nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature – LST), qua đó phân tích đặc điểm phân bố và cường độ của hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại khu vực Thanh Hóa. Đồng thời, nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố như mật độ xây dựng, độ che phủ thực vật và loại hình sử dụng đất đến sự hình thành UHI. Kết quả cho thấy chênh lệch LST lớn nhất giữa các khu vực có thảm thực vật và các khu vực đô thị xây dựng đạt 5,2^{0}C, trong khi chênh lệch nhiệt độ giữa các khu vực có thảm thực vật và các loại hình sử dụng đất khác khoảng 1,4^{0}C. Ngoài ra, nghiên cứu cũng ghi nhận sự khác biệt rõ rệt về LST giữa mùa hè và mùa đông. Kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ đặc điểm phân bố của hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại khu vực Thanh Hóa, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp quy hoạch và quản lý đô thị nhằm giảm thiểu tác động của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.*

Từ khóa: *Ảnh vệ tinh Landsat-9, Nhiệt độ bề mặt LST, Đảo nhiệt đô thị UHI, Thanh Hóa*

Ngày nhận bài: 26/08/2026 Ngày sửa lại: 20/09/2026 Ngày chấp nhận đăng: 05/10/2026 Ngày xuất bản: 30/10/2026

Analysis of the urban heat island in Thanh Hoa area using Landsat-9 data

Le Thi Hoa Hue

Hanoi University of Natural Resources and Environment
Corresponding Author Email: ltthhue.ph@hunre.edu.vn

Abstract: *The Urban Heat Island (UHI) phenomenon is one of the major environmental challenges in urban areas, adversely affecting environmental quality and the well-being of urban residents. This study employs Landsat-9 satellite imagery to derive Land Surface Temperature (LST) and analyze the spatial distribution and intensity of the UHI phenomenon in Thanh Hoa. In addition, the study investigates the influence of building density, vegetation cover, and land use types on UHI formation. The results show that the maximum LST difference between vegetated areas and built-up areas reached 5.2°C, while the LST difference between vegetated areas and other land use types was approximately 1.4°C. Furthermore, significant seasonal variations in LST were observed between the summer and winter periods. The findings improve the understanding of the spatial characteristics of the UHI phenomenon in Thanh Hoa and provide a scientific basis for developing urban planning and management strategies to mitigate the impacts of the UHI effect.*

Keywords: *Landsat-9 satellite image, Land Surface Temperature LST, Urban Heat Island UHI, Thanh Hoa*

Submission received: 26/08/2026 Revised: 20/09/2026 Accepted: 05/10/2026 Published: 30/10/2026

1. Giới thiệu

Thanh Hóa là một trong những khu vực với các đô thị có tốc độ phát triển kinh tế - xã hội nhanh ở khu vực Bắc Trung Bộ, với quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ, mật độ dân số ngày càng tăng và sự mở rộng liên tục của các khu dân cư. Cùng với tác động của biến đổi khí hậu, quá trình này đã làm cho hiện tượng đảo nhiệt đô thị (Urban Heat Island – UHI) trở thành một trong những thách thức môi trường đáng quan tâm đối với sự phát triển bền vững của thành phố. Hiện tượng UHI xảy ra khi các bề mặt nhân tạo như bê tông, nhựa đường và các công trình xây dựng hấp thụ, tích trữ và phát xạ nhiệt mạnh hơn so với

các khu vực có thảm thực vật hoặc vùng nông thôn xung quanh, làm gia tăng nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ không khí tại khu vực đô thị. Sự gia tăng nhiệt độ này không chỉ làm tăng nhu cầu tiêu thụ năng lượng cho các hệ thống làm mát như điều hòa không khí và quạt điện mà còn ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng, chất lượng môi trường và chất lượng cuộc sống của người dân. Trong bối cảnh nhiệt độ toàn cầu có xu hướng gia tăng do biến đổi khí hậu, việc nghiên cứu hiện tượng đảo nhiệt đô thị ngày càng trở nên cần thiết nhằm hỗ trợ công tác quy hoạch và quản lý phát triển đô thị. Những tiến bộ trong công nghệ viễn thám đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc giám sát nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature – LST) trên phạm vi rộng với độ chính xác cao. Dữ liệu ảnh vệ tinh không chỉ cung cấp thông tin về sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt mà còn cho phép đánh giá mối quan hệ giữa nhiệt độ với các yếu tố như lớp phủ bề mặt, mật độ xây dựng, diện tích cây xanh và hiện trạng sử dụng đất.

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm đánh giá hiện tượng UHI và biến động lớp phủ bề mặt tại Thanh Hóa bằng dữ liệu ảnh viễn thám, chủ yếu là Landsat và MODIS [1]. Kết quả cho thấy diện tích đất xây dựng có xu hướng gia tăng theo thời gian, trong khi diện tích đất nông nghiệp và mặt nước giảm đáng kể [2]. Những thay đổi về lớp phủ bề mặt này được xác định là một trong những nguyên nhân quan trọng làm gia tăng cường độ UHI [3, 4]. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra mối tương quan chặt chẽ giữa nhiệt độ bề mặt đất với diện tích bề mặt không thấm nước, đặc biệt tại các khu vực có mật độ xây dựng cao [5]. Các khu vực có độ che phủ thực vật lớn thường có nhiệt độ bề mặt thấp hơn khoảng 2–3°C so với các khu vực thiếu thảm thực vật trong mùa hè [6, 7]. Ngoài ra, phân tích dữ liệu Landsat cho thấy chỉ số xây dựng khác biệt chuẩn hóa (Normalized Difference Built-up Index – NDBI) có mối tương quan thuận với nhiệt độ bề mặt đất, trong khi mối quan hệ giữa chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), chỉ số nước khác biệt chuẩn hóa (Normalized Difference Water Index - NDWI) và LST phụ thuộc vào mật độ và đặc điểm phân bố của thảm thực vật [8, 9]. Mặc dù đã có những nghiên cứu về UHI tại Thanh Hóa, phần lớn đều sử dụng dữ liệu Landsat-8 hoặc MODIS và chưa khai thác những ưu điểm của dữ liệu Landsat-9 được đưa vào vận hành trong những năm gần đây. Landsat-9 cung cấp dữ liệu quan sát trái đất có tính liên tục, chất lượng bức xạ được cải thiện và độ tin cậy cao, góp phần nâng cao độ chính xác trong xác định LST và phân tích hiện tượng UHI.

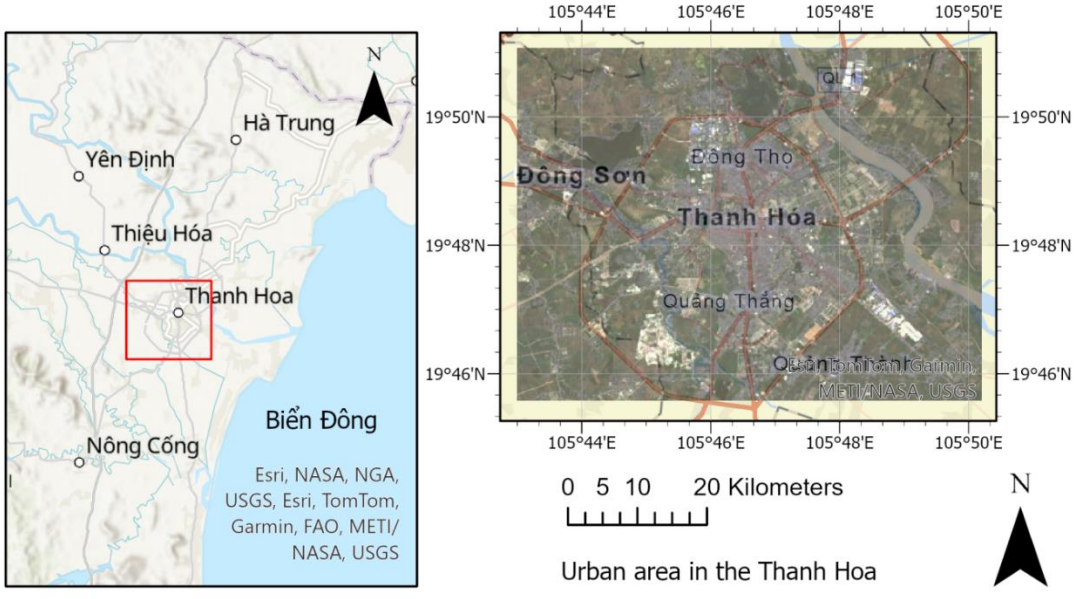
Trên cơ sở đó, nghiên cứu này sử dụng dữ liệu Landsat-9 để phân tích sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt đất và hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại khu vực Thanh Hóa, đồng thời đánh giá mối quan hệ giữa UHI với mật độ xây dựng, diện tích cây xanh và các loại hình sử dụng đất. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học phục vụ quy hoạch đô thị, quản lý không gian xanh và đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động của hiện tượng đảo nhiệt đô thị, hướng tới phát triển đô thị bền vững tại Thanh Hóa.

2. Khu vực và dữ liệu nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa, thuộc khu vực Bắc Trung Bộ Việt Nam, được xác định theo một phạm vi hình chữ nhật bao gồm Thành phố Thanh Hóa và một số khu vực đô thị, ven đô lân cận. Khu vực nghiên cứu có tọa độ địa lý từ 19°18′ đến 20°15′ vĩ độ Bắc và từ 104°30′ đến 105°59′ kinh độ Đông. Địa hình tương đối bằng phẳng, được bao bọc bởi sông Mã cùng hệ thống sông, hồ và kênh mương, đóng vai trò quan trọng trong điều hòa vi khí hậu khu vực. Khu vực nghiên cứu mang đặc trưng khí hậu nhiệt đới gió mùa với mùa hè nóng ẩm, nhiệt độ trung bình khoảng 28–34°C và mùa đông mát, tương đối khô với nhiệt độ dao động từ 15–22°C. Các thủy vực và thảm thực vật có vai trò quan trọng trong điều hòa nhiệt độ, tuy nhiên quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh trong những năm gần đây đã làm giảm đáng kể diện tích không gian xanh và mặt nước, thay thế bằng các bề mặt không thấm như công trình xây dựng, đường giao thông và các hạ tầng đô thị.

Phạm vi nghiên cứu bao gồm nhiều khu vực đô thị có mức độ phát triển, mật độ dân cư và hiện trạng sử dụng đất khác nhau. Các khu vực xây dựng với mật độ cao có tỷ lệ bề mặt bê tông và nhựa đường lớn, làm tăng khả năng hấp thụ và tích trữ nhiệt, từ đó dẫn đến LST cao hơn. Ngược lại, các khu vực có đất nông nghiệp, mặt nước và thảm thực vật thường có LST thấp hơn nhờ quá trình bốc thoát hơi nước và hiệu ứng che phủ của cây xanh. Sự tồn tại đồng thời của các khu vực đô thị, ven đô, đất nông nghiệp, mặt nước và không gian xanh trong cùng một phạm vi nghiên cứu tạo điều kiện thuận lợi để đánh giá sự phân bố không gian của LST và hiện tượng UHI bằng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học phục vụ quy hoạch phát triển đô thị bền vững và xây dựng các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tại Thanh Hóa.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu Landsat-9 mức 2 để phân tích lớp phủ bề mặt, LST và hiện tượng UHI trong khu vực nghiên cứu tại Thanh Hóa. Landsat-9 được trang bị hai cảm biến gồm Operational Land Imager-2 (OLI-2) và Thermal Infrared Sensor-2 (TIRS-2), cung cấp dữ liệu đa phổ với độ phân giải không gian 30 m và dữ liệu hồng ngoại nhiệt có độ phân giải gốc 100 m (được nội suy về 30 m trong sản phẩm tiêu chuẩn). Vệ tinh có chu kỳ lặp 16 ngày và phạm vi thu nhận ảnh khoảng 185 km × 185 km cho mỗi cảnh ảnh, đáp ứng tốt yêu cầu nghiên cứu môi trường đô thị ở quy mô khu vực Thanh Hóa.

Ảnh Landsat-9 thu nhận là ảnh tổng hợp theo mùa trong năm 2025. Đây là dữ liệu đảm bảo tính khách quan khi được sử dụng để đánh giá sự biến đổi LST và cường độ UHI theo mùa tại khu vực nghiên cứu. Toàn bộ dữ liệu được khai thác từ kho dữ liệu của Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) thông qua nền tảng Google Earth Engine (GEE). Dữ liệu Landsat-9 mức 2 đã được hiệu chỉnh khí quyển trước khi phân tích, bảo đảm tính nhất quán cho quá trình phân loại lớp phủ bề mặt và tính toán LST. Các điểm ảnh bị ảnh hưởng bởi mây và bóng mây được loại bỏ bằng Quality Assessment (QA) trước khi tiến hành xử lý.

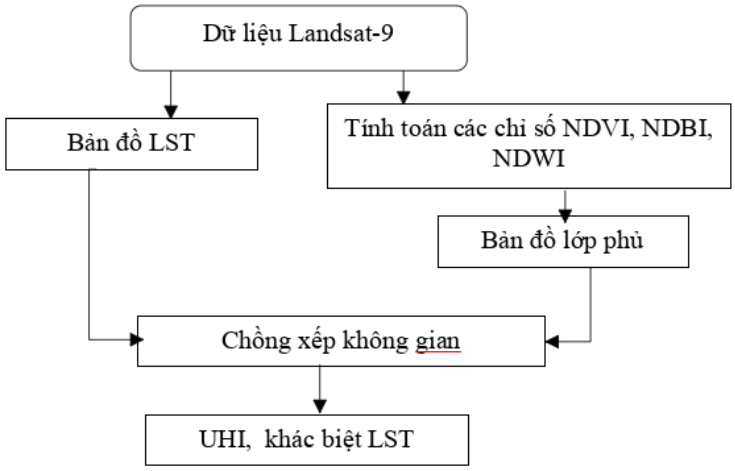
LST được tính toán trực tiếp từ dải hồng ngoại nhiệt Band 10 của cảm biến TIRS trên Landsat-9 trong môi trường Google Earth Engine. Kênh ảnh 10 được lựa chọn do có chất lượng hiệu chuẩn bức xạ tốt hơn và cho kết quả ước tính nhiệt độ bề mặt ổn định hơn kênh ảnh 11, vốn chịu ảnh hưởng lớn hơn của điều kiện khí quyển. Giá trị LST sau khi tính toán được sử dụng để phân tích sự phân bố không gian và biến động theo mùa của hiện tượng đảo nhiệt đô thị trong khu vực nghiên cứu.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này phân tích hiện tượng UHI trong khu vực nghiên cứu tại Thanh Hóa bằng cách kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9 với các kỹ thuật của Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System – GIS). Dữ liệu Landsat-9 được xử lý trên nền tảng Google Earth Engine (GEE) để tính toán LST và phân loại lớp phủ/sử dụng đất (Land Use/Land Cover – LULC). Trong đó, LST được tính trực tiếp từ dải hồng ngoại nhiệt kênh 10 của cảm biến TIRS, trong khi các dải phổ quang học được sử dụng để tính toán các chỉ số phổ gồm chỉ số NDVI, chỉ số NDBI và chỉ số NDWI.

Các chỉ số phổ được sử dụng để phân loại khu vực nghiên cứu thành bốn nhóm lớp phủ chính gồm: khu dân cư, mặt nước, thảm thực vật và các loại hình lớp phủ khác. Trên cơ sở bản đồ LST và LULC, nghiên cứu tiến hành phân tích sự phân bố không gian và cường độ của hiện tượng UHI trong mùa hè và mùa đông năm 2025. Đồng thời, mối quan hệ giữa LST, cường độ UHI, mật độ xây dựng, độ che phủ thực vật và các loại hình sử dụng đất được đánh giá nhằm xác định những yếu tố ảnh hưởng đến sự biến đổi không gian của nhiệt độ bề mặt trong khu vực nghiên cứu.

Quy trình nghiên cứu bao gồm bốn bước chính: (1) thu thập và tiền xử lý dữ liệu Landsat-9; (2) tính toán LST và các chỉ số phổ; (3) phân loại lớp phủ/sử dụng đất; và (4) phân tích không gian hiện tượng đảo nhiệt đô thị và mối quan hệ với đặc điểm lớp phủ bề mặt. Sơ đồ quy trình nghiên cứu được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ quy trình nghiên cứu.

3.1. Trích xuất nhiệt độ bề mặt

Sử dụng dải nhiệt TIRS-2 (band 10) để xác định LST dựa trên phương pháp Single-Channel. Kết hợp với dải phổ OLI-2 để hiệu chỉnh độ phát xạ bề mặt dựa trên chỉ số NDVI. Chỉ số NDVI từ dải phổ đỏ (Band 4 - Red) và hồng ngoại gần (Band 5 - NIR) giúp đánh giá mật độ thảm thực vật. Trước khi tiến hành phân tích, ảnh vệ tinh cần được xử lý để có được dữ liệu LST chính xác:

Hiệu chỉnh ảnh: Dữ liệu vệ tinh cần được hiệu chỉnh radiometric (sửa lỗi do nhiễu và điều chỉnh ánh sáng) để chuẩn hóa các giá trị độ sáng từ ảnh vệ tinh.

Tính toán LST: Các giá trị nhiệt độ LST lấy từ kênh nhiệt (band 10) của ảnh vệ tinh Landsat-9. Công thức chuyển đổi từ giá trị cảm biến (digital number) sang LST được áp dụng là [10]:

$$LST = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{DN} + 1\right)} - 273{,}15 \quad (1)$$

Trong đó:

K_1 và K_2 là các hằng số được xác định từ thông số của ảnh vệ tinh,

DN là giá trị cảm biến đo được từ ảnh vệ tinh, và nhiệt độ được tính bằng độ Celsius.

Hiệu chỉnh khí quyển: Để tránh ảnh hưởng của các yếu tố khí quyển (như mây và hơi nước), các ảnh được hiệu chỉnh bằng các thuật toán khí quyển dựa trên các mô hình toán học.

3.2. Phân loại các lớp phủ bề mặt (LULC)

Sau khi có được LST của khu vực nghiên cứu, các bước phân tích tiếp theo là phân loại các lớp phủ bề mặt. Nghiên cứu này sử dụng thuật toán SVM trên hệ thống mã nguồn mở GEE để phân loại dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9. Sau phân loại sẽ thu nhận 4 lớp phủ: khu vực Đô thị, khu vực Cây xanh, khu vực Mặt nước, và khu vực Các lớp phủ khác. Phân loại này giúp xác định rõ ràng các khu vực có đặc điểm khác nhau và phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này đến hiện tượng UHI. Để phân tích và đánh giá hiện tượng UHI tại Thanh Hóa, việc phân loại LULC là một bước quan trọng, từ đó xác định được chênh lệch LST giữa các lớp phủ. Phân loại lớp phủ đất giúp xác định các khu vực có đặc điểm khác nhau, từ đó phân tích mối quan hệ giữa lớp phủ và sự hình thành UHI. Phương pháp phân loại lớp phủ trong nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9 kết hợp với các kỹ thuật GIS để tạo ra các bản đồ phân loại lớp phủ chính xác.

3.2.1. Các chỉ số phân loại

Phương pháp phân loại lớp phủ sử dụng các chỉ số NDVI, NDBI và NDWI từ ảnh Landsat 9. Ảnh vệ tinh Landsat 9 (Collection 2, Level 2) được sử dụng để phân tích lớp phủ. Dữ liệu này đã được tiền xử lý, bao gồm hiệu chỉnh khí quyển và chuyển đổi giá trị phản xạ thành giá trị phản xạ bề mặt (Surface Reflectance - SR). Các kênh ảnh quang học (SR_B2 đến SR_B7) và kênh nhiệt (ST_B10) được sử dụng để tính toán các chỉ số và phân loại lớp phủ [11]. Các chỉ số phổ được tính toán để phân biệt các lớp phủ khác nhau:

Chỉ số Thực vật khác biệt chuẩn hóa (NDVI):

$$NDVI = \frac{SR_B5 - SR_B4}{SR_B5 + SR_B4} \quad (2)$$

NDVI được sử dụng để xác định khu vực có thảm thực vật. Giá trị NDVI cao (> 0.3) thường tương ứng với các khu vực cây xanh [12].

Chỉ số Xây dựng khác biệt chuẩn hóa (NDBI):

$$NDBI = \frac{SR_B6 - SR_B5}{SR_B6 + SR_B5} \quad (3)$$

NDBI được sử dụng để xác định các khu vực đô thị và xây dựng. Giá trị NDBI cao (> 0.1) thường tương ứng với các khu vực đô thị [13, 14].

Chỉ số Nước khác biệt chuẩn hóa (NDWI):

$$NDWI = \frac{SR_B3 - SR_B5}{SR_B3 + SR_B5} \quad (4)$$

NDWI được sử dụng để xác định các khu vực mặt nước. Giá trị NDWI cao (> 0.2) thường tương ứng với các khu vực mặt nước [15, 16].

Các ngưỡng giá trị của NDVI, NDBI và NDWI được sử dụng để phân loại 4 lớp phủ chính: Mặt nước: NDWI > 0.2; Cây xanh: NDVI > 0.3; Đô thị: NDBI > 0.1; Các lớp phủ khác: Các khu vực không thuộc ba lớp trên. Các chỉ số trên được sử dụng để theo dõi, bổ trợ, kiểm tra tổng quan với phương pháp phân loại dựa trên thuật toán SVM.

3.2.2. Đánh giá độ chính xác phân loại

Đánh giá độ chính xác sau khi phân loại các lớp phủ: được thực hiện nhằm so sánh kết quả phân loại với dữ liệu thực tế. Nghiên cứu này sử dụng Ma trận nhầm lẫn (Confusion Matrix) là phương pháp hữu ích và được sử dụng phổ biến để đánh giá độ chính xác [17]. Phương pháp này có thể mô tả độ chính xác của phân loại và chỉ ra sự nhầm lẫn giữa các lớp đối tượng. Các thống kê cơ bản cho ma trận nhầm lẫn bao gồm: Sai số tổng thể (Overall Accuracy - OA), và hệ số Kappa. Kết quả phân loại được kiểm tra bằng cách so sánh với ảnh Google Earth có độ phân giải cao hơn so với ảnh Landsat-9.

Sau khi nhận được kết quả phân loại đạt yêu cầu về độ chính xác với các hệ số Kappa thường lớn hơn 0,6 và các kết quả sẽ được chuyển thành các bản đồ và sử dụng công cụ GIS để phục vụ cho việc phân tích không gian và các bước nghiên cứu tiếp theo [18].

3.3. Xác định mức độ đảo nhiệt đô thị (UHI)

Việc xác định mức độ và phạm vi của UHI tại Thanh Hóa được tính bằng cách so sánh LST tại các khu vực đô thị với LST của các khu vực xung quanh [19, 20]:

$$UHI_{Cường\ độ} = LST_{Đô\ thị} - LST_{Nông\ thôn} \quad (5)$$

Trong đó:

$LST_{Đô\ thị}$ là nhiệt độ bề mặt của các khu vực đô thị,

$LST_{Nông\ thôn}$ là nhiệt độ bề mặt của các khu vực nông thôn hoặc vùng ít đô thị hóa.

Chỉ số này sẽ giúp đánh giá mức độ UHI tại từng khu vực trong thành phố, xác định các điểm nóng của nhiệt độ và mức độ ảnh hưởng của UHI đối với sức khỏe và môi trường. Trong nghiên cứu này, vùng nông thôn được tính dựa theo những khu vực có cây xanh, vùng đô thị được lấy theo khu vực là dân cư.

Các vùng LST khu vực đô thị và khu vực khác được xác định dựa trên việc sử dụng công cụ chồng xếp dữ liệu GIS kết hợp bản đồ LST và kết quả LULC ở 2 phương pháp trên.

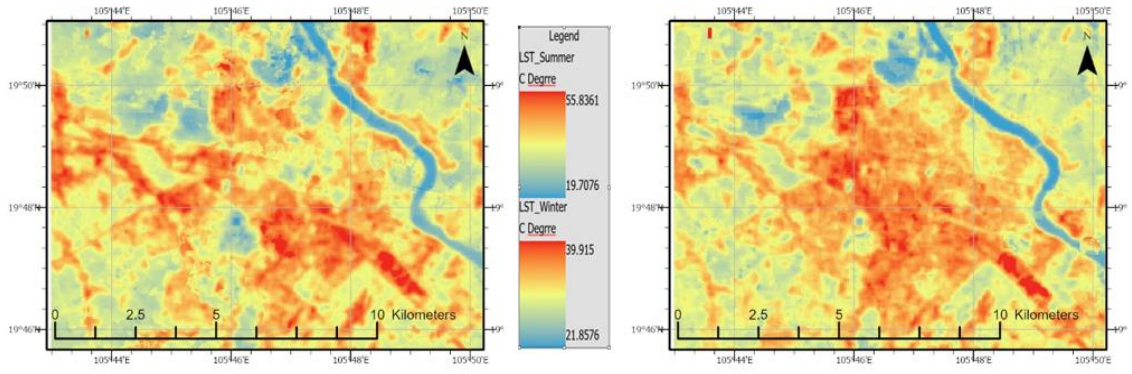
Ngoài ra nghiên cứu cũng so sánh sự khác biệt LST của các lớp phủ giữa mùa hè và mùa đông bằng cách tính hiệu số của LST giữa mùa hè và mùa đông. Từ đó có sự đánh giá chi tiết hơn góp phần hỗ trợ cho các nhà quản lý môi trường, đất đai... trong các công tác theo dõi, quản lý đô thị...

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả

4.1.1. Kết quả nhiệt độ bề mặt

LST của toàn bộ khu vực nghiên cứu có giá trị từ khoảng 27,3^{0}C đến khoảng 54,6^{0}C được thể hiện như Hình 3. Trong đó, các giá trị LST lớn nhất của từng lớp phủ là 35.3^{0}C, 40.6^{0}C, 54.6^{0}C, 46.8^{0}C tương ứng với các lớp phủ Mặt nước, Cây xanh, Đô thị, Các lớp phủ khác.



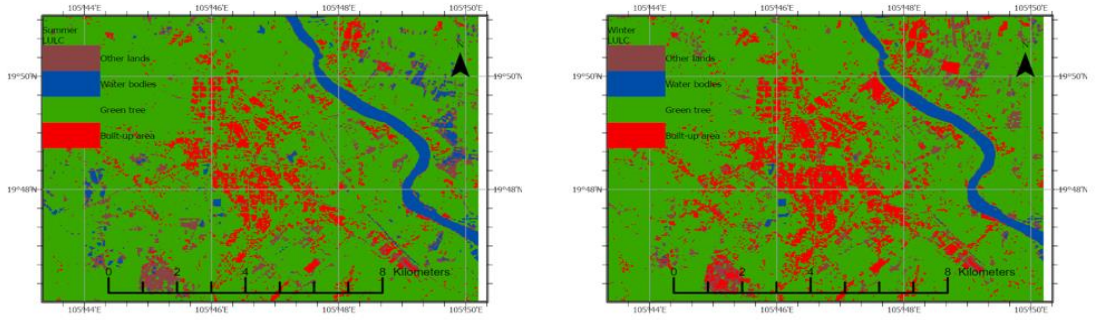
(a) (b)

Hình 3. Bản đồ phân bố LST. a) Mùa hè. b) Mùa đông.

4.1.2. Kết quả phân loại lớp phủ và đảo nhiệt đô thị

Kết quả phân loại lớp phủ tạo ra các bản đồ chi tiết thể hiện các loại phủ trong khu vực Thanh Hóa, bao gồm các lớp: Lớp phủ đô thị: Hiển thị các khu vực, xây dựng, khu công nghiệp, đô thị hóa; Lớp phủ cây xanh: Hiển thị các khu vực có cây xanh và không gian xanh; Lớp phủ mặt nước: Hiển thị các khu vực mặt nước trong thành phố; Lớp phủ các bề mặt khác: Hiển thị các khu vực đất trống, giao thông... Hình 4 thể hiện các lớp phủ được phân loại trong khu vực nghiên cứu.

Các điểm đánh giá kết quả phân loại bao gồm 156 điểm ngẫu nhiên được lựa chọn trên ảnh Google Earth để so sánh, đánh giá kết quả. Độ chính xác phân loại các lớp phủ với giá trị OA là 0,89 và Kappa là 0,88. Về cơ bản, kết quả này đảm bảo yêu cầu cho các bước phân tích tiếp theo về các lớp phủ và các vùng phân bố LST [21].



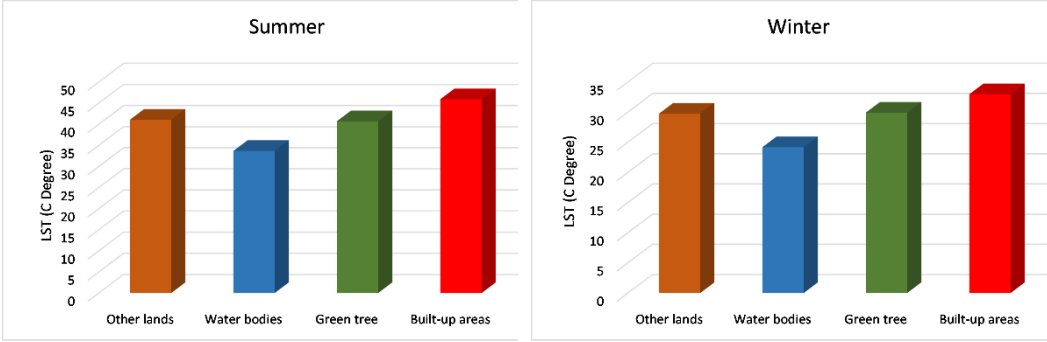
(a) (b)

Hình 4. Bản đồ phân bố lớp phủ LULC. a) Mùa hè. b) Mùa đông.

Các lớp phủ bề mặt sau phân loại được chồng xếp không gian dựa trên các công cụ GIS, kết quả thu nhận được các vùng giá trị LST tương ứng với các lớp phủ đã được phân loại. Hình 5 thể hiện biểu đồ LST tương ứng với các lớp phủ bề mặt. Trong đó, các giá trị LST trung bình của từng khu vực là: 32.3^{0}C đối với lớp phủ Mặt nước, 38.4^{0}C đối với lớp phủ Cây xanh, 45.6^{0}C đối với lớp phủ Đô thị, 42.8^{0}C đối với Các lớp phủ khác. Kết quả chỉ ra rằng sự chênh lệch LST của lớp phủ Đô thị so với trung bình LST của các khu vực

khác là khoảng 7,7^{0}C. Đây là kết quả chênh lệch tương đối lớn, gây ảnh hưởng nhiều tới sức khỏe và đời sống xã hội của người dân trong khu vực nghiên cứu.

4.1.3. Kết quả chênh lệch LST giữa các mùa



(a) (b)

Hình 5. Biểu đồ LST theo các lớp phủ. a) Mùa hè. b) Mùa đông.

Bảng 1. Giá trị LST của các lớp phủ theo mùa năm 2025

Stt	Lớp phủ bề mặt (LULC)	Mùa hè (C^0)	Mùa đông (C^0)
1	Các loại lớp phủ khác	41.06	29.73
2	Mặt nước	33.66	24.18
3	Cây xanh	40.68	29.91
4	Đô thị	45.89	32.96

- Sự chênh lệch LST giữa 2 mùa

Tổng thể nền nhiệt: Nhiệt độ bề mặt mùa hè cao hơn rõ rệt so với mùa đông ở tất cả các loại lớp phủ (dao động chênh lệch chung khoảng 9 C^0 - 12.5 C^0)

- Biến động theo lớp phủ:

+ Khu vực Đô thị/Xây dựng có sự dao động nhiệt độ giữa hai mùa lớn nhất ≈ 12.5 C^0 thể hiện mức độ nhạy cảm cao với cường độ bức xạ mặt trời.

+ Khu vực Mặt nước có sự biến động nhiệt độ giữa hai mùa ít nhất ≈ 9.0 C^0, thể hiện khả năng duy trì/điều hòa nhiệt độ ổn định nhất.

- Giá trị LST trung bình là 40,32°C vào mùa hè và 29,19°C vào mùa đông.

- Sự khác biệt về giá trị LST trung bình giữa mùa hè và mùa đông là 11,13°C.

- Cường độ hiệu ứng UHI vào mùa hè là 5,20°C.

- Cường độ hiệu ứng UHI vào mùa đông là 3,05°C.

Sự khác biệt về cường độ UHI giữa mùa hè và mùa đông là 2,15°C.

4.2. Thảo luận

Các giá trị LST nhỏ nhất và lớn nhất của từng lớp phủ là 27,3^{0}C - 35.30C, 28.8^{0}C - 40.6^{0}C, 41.4^{0}C - 54.6^{0}C, 34.7^{0}C - 46.8^{0}C tương ứng với các lớp phủ Mặt nước, Cây xanh, Đô thị, Các lớp phủ khác. Kết quả nghiên cứu này đóng góp vào việc hiểu rõ hơn về sự tác động của UHI đối với môi trường và cộng đồng tại Thanh Hóa. Nghiên cứu chỉ ra rằng các biện pháp như tăng cường diện tích cây xanh, giảm bớt bê tông hóa, và cải thiện hệ thống thoát nhiệt có thể giúp giảm thiểu hiện tượng UHI tại các khu vực đô thị. Ngoài ra, kết quả

nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hiện tượng UHI tại Thanh Hóa có sự phân bố không đồng đều, với mức độ nhiệt độ cao hơn chủ yếu tập trung tại các khu vực có mật độ xây dựng cao như trung tâm thành phố, khu công nghiệp. Các khu vực ít cây xanh. Các khu vực ngoại ô, đặc biệt là vùng ven sông và các khu vực có diện tích cây xanh lớn, sẽ có nhiệt độ bề mặt thấp hơn. Hơn nữa, mối quan hệ giữa UHI và các yếu tố như tỷ lệ cây xanh và mật độ xây dựng sẽ được làm rõ. Các khu vực với tỷ lệ cây xanh thấp và mật độ xây dựng cao sẽ có mức độ UHI mạnh mẽ hơn, các chi tiết về chênh lệch giá trị LST giữa các khu vực được trình bày dưới đây.

Lớp phủ đô thị: Các khu vực có mật độ xây dựng cao như các khu trung tâm đô thị, khu công nghiệp, sẽ có nhiệt độ bề mặt cao hơn. Chênh lệch LST trung bình của khu vực Đô thị so với các khu vực Mặt nước, Cây xanh, Các lớp phủ khác lần lượt là: 13.20C, 5,20°C, 2.7^{0}C.

Lớp phủ cây xanh: Các khu vực có diện tích cây xanh lớn thường có nhiệt độ thấp hơn do khả năng tản nhiệt và tạo bóng mát của cây cối. Giá trị LST trung bình của khu vực này thấp hơn Các khu vực khác là 4,4^{0}C và cao hơn LST trung bình của khu vực Mặt nước là 6,1^{0}C.

Lớp phủ mặt nước: Các khu vực có mặt nước (sông, hồ, ao) thường có nhiệt độ thấp hơn so với các khu vực đô thị hóa, do hiệu ứng điều hòa nhiệt độ của nước. Giá trị LST trung bình của khu vực này thấp nhất trong khu vực nghiên cứu.

Lớp phủ các bề mặt khác: có giá trị LST trung bình thấp hơn so với khu vực Đô thị, còn lại là cao hơn khu Cây xanh 4,4^{0}C, khu vực Mặt nước là 10.5^{0}C.

Các kết quả này thể hiện tính logic của phân bố giá trị LST theo các loại hình lớp phủ bề mặt khác nhau tại khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên nghiên cứu này cũng chỉ xác định tại một thời điểm mùa hè năm 2025 của khu vực Thanh Hóa. Để có những nghiên cứu, các kết quả chi tiết và hiệu quả hơn, cần có các theo dõi lâu dài và các số liệu kiểm chứng thực địa về cả việc phân loại, biến động các lớp phủ bề mặt và các giá trị LST cho từng khu vực theo chuỗi thời gian từ nhiều năm trước tới nay như những nghiên cứu tương ứng khác [22].

5. Kết luận

Nghiên cứu hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại thời điểm mùa hè của khu vực Thanh Hóa năm 2025 thông qua dữ liệu vệ tinh Landsat-9 đã chỉ ra mối quan hệ rõ rệt giữa các yếu tố đô thị hóa và mức độ UHI. Các kết quả nghiên cứu này sẽ giúp cung cấp các thông tin hiệu quả phục vụ quản lý và giảm thiểu tác động của UHI, qua đó góp phần nâng cao chất lượng môi trường sống và sức khỏe cộng đồng tại Thanh Hóa. Kết quả này sử dụng phương pháp nghiên cứu kết hợp công nghệ hiện đại và phân tích không gian để đánh giá UHI tại Thanh Hóa, cung cấp các thông tin quan trọng hướng đến việc tìm kiếm giải pháp cải thiện môi trường, xây dựng quy hoạch phát triển đô thị bền vững.

Các giải pháp cần thiết để giảm thiểu tác động tiêu cực của hiện tượng đảo nhiệt đô thị cần thiết như là: Tăng cường phủ xanh đô thị: Phát triển các không gian xanh như công

viên, vườn cây, và mái xanh để giảm LST; Sử dụng vật liệu hấp thụ nhiệt thấp: Khuyến khích sử dụng vật liệu xây dựng có khả năng phản xạ nhiệt cao, giúp giảm mức độ hấp thụ nhiệt của các công trình; Thiết kế đô thị thông minh: Quy hoạch các khu vực đô thị với sự kết hợp giữa kiến trúc xanh và hạ tầng bền vững để giảm thiểu tác động của UHI.

Tài liệu tham khảo

[1] Đ. N. Duẩn, Đ. N. Long, and T. J. T. c. K. h. Đ. đ. v. B. đ. Lê Hùng, "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," no. 34, pp. 26-32, 2017. https://doi.org/10.54491/jgac.2017.34.255

[2] P. L. Vũ, T. T. Vũ, P. B. Nguyễn, and V. P. Lan, "Phân tích biến động không gian-thời gian của hiệu ứng Đảo nhiệt công nghiệp do sự phát triển các khu công nghiệp tại tỉnh Bắc Ninh giai đoạn 2006–2026," *Tạp chí Trắc địa-Bản đồ,* vol. 12, no. 03, pp. 04-21, 2026. https://doi.org/10.5281/zenodo.21071278

[3] P. D. Tường *et al.*, "Phân tích thực trạng và các yếu tố tác động đến đảo nhiệt đô thị tại thành phố Cần Thơ," (in Vietnamese), *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ,* vol. 61, no. 2, pp. 1-12, 2025. https://doi.org/10.22144/ctujos.2025.047

[4] T. T. Vân, H. D. X. Bảo, Đ. T. K. Phượng, N. T. T. Mai, and Đ. T. M. Nhung, "Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực Bắc Thành phố Hồ Chí Minh," *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ,* pp. 11-20, 2017. https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2017.002

[5] N. Nguyễn, D. H. Ngọc, P. V. N. Trúc, and B. Lê Thiên, "Phân tích xu hướng mở rộng bề mặt không thấm trong quá trình đô thị hoá tại phường Long An bằng ảnh Sentinel 2 giai đoạn 2016-2025," *Tạp chí Trắc địa-Bản đồ,* vol. 12, no. 01, pp. 01-18, 2026. https://doi.org/10.5281/zenodo.18788181

[6] R. Sun and L. Chen, "Effects of green space dynamics on urban heat islands: Mitigation and diversification," (in English), *Ecosystem Services,* vol. 23, pp. 38-46, 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.011

[7] Y.-A. Liou, "Phân tích sự thay đổi lớp phủ và ảnh hưởng đến nhiệt độ bề mặt từ hoạt động phát triển sân golf ở Hà Nội bằng viễn thám," *Tạp chí Trắc địa-Bản đồ,* vol. 11, no. 02, pp. 11-27, 2025. https://doi.org/10.5281/zenodo.15205512

[8] A. S. Alademomi *et al.*, "The interrelationship between LST, NDVI, NDBI, and land cover change in a section of Lagos metropolis, Nigeria," (in English), *Applied Geomatics,* vol. 14, no. 2, pp. 299-314, 2022. https://doi.org/10.2139/ssrn.4076244

[9] N. n. Hồ, N. T. Nguyễn, B. H. Trí, and H. Q. Thái, "Theo dõi sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất tại tỉnh Kiên Giang-cách tiếp cận dựa trên dữ liệu viễn thám đa thời gian," *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp,* vol. 14, no. 8, pp. 3-17, 2025. https://doi.org/10.52714/dthu.14.8.2025.1547

[10] Z. Wan, "MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD)," (in English), *Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara,* vol. 75, p. 18, 1999.

[11] Dang, T. T., & Pham, A. T. (2026). Predicting land use/land cover changes using CA-ANN model in the Gia Lam District, Hanoi City. *Geodesy and Cartography*, *52*(1), 42–53. https://doi.org/10.3846/gac.2026.22678

[12] R. Jw, "Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS," in *Third NASA Earth Resources Technology Satellite Symposium, 1973*, 1973, vol. 1, pp. 309-317.

[13] H. K. Karanam and V. Neela, "Study of normalized difference built-up (NDBI) index in automatically mapping urban areas from Landsat TM imagery," (in English), *Int J Eng Sci Math,* vol. 8, pp. 239-48, 2017.

[14] P. Diem, N. Diem, and T. Hong, "Analyzing the Effectiveness of Remote Sensing Indices for Monitoring Urban Land Use Change: A Case Study in Can Tho City," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2025, vol. 1501, no. 1, p. 012001: IOP Publishing.

[15] D. Nandi, R. Chowdhury, J. Mohapatra, K. Mohanta, and D. Ray, "Automatic delineation of water bodies using multiple spectral indices," (in English), *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering Technology,* vol. 4, no. 4, pp. 498-512, 2018.

[16] C. Bozkurt, B. Çırağ, and Science, "Assessment of Long Term Surface Water and Vegetation Changes in Lake Çıldır Using NDVI and NDWI Time Series," *Turkish Journal of Nature*, vol. 15, no. 2, pp. 164-173, 2026.
[17] E. Helmud, F. Fitriyani, and P. Romadiana, "Classification comparison performance of supervised machine learning random forest and decision tree algorithms using confusion matrix," *Jurnal Sisfokom*, vol. 13, no. 1, pp. 92-97, 2024. https://doi.org/10.32736/sisfokom.v13i1.1985
[18] C. H. Phạm, "Ứng dụng Google Earth Engine giám sát biến động không gian xanh tại thành phố Thủ Đức bằng ảnh Sentinel 2 giai đoạn 2019-2024," *Tạp chí Trắc địa-Bản đồ,* vol. 11, no. 03, pp. 25-39, 2025. https://doi.org/10.5281/zenodo.15795255
[19] T. T. Hoàng, "Nghiên cứu hiện tượng đảo nhiệt đô thị khu vực thành phố Hà Nội dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-9," *Tạp chí Trắc địa-Bản đồ,* vol. 11, no. 01, pp. 52-62, 2025. https://doi.org/10.5281/zenodo.14955111
[20] D. Han, T. Zhang, Y. Qin, Y. Tan, and J. Liu, "A comparative review on the mitigation strategies of urban heat island (UHI): a pathway for sustainable urban development," *Climate Development*, vol. 15, no. 5, pp. 379-403, 2023. https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2092051
[21] T. T. Dang and T. T. Hoang, "Predicting Land Use/Land Cover changes in Da Nang based on CA-ANN Model and Satellite Image Data," *Journal of Mining Earth Sciences*, vol. 67, no. 3, pp. 116-130, 2026. https://doi.org/10.46326/jmes.2026.67(3).10
[22] T. Dang, P. Yue, F. Bachofer, M. Wang, and M. Zhang, "Monitoring land surface temperature change with landsat images during dry seasons in Bac Binh, Vietnam,", *Remote Sensing*, vol. 12, no. 24, p. 4067, 2020. https://doi.org/10.3390/rs12244067

Article © 2026 by Magazine of Geodesy - Cartography is licensed under CC BY 4.0