

ĐÁNH GIÁ THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐẤT TỈNH ĐẮK LẮK GIAI ĐOẠN 2000 – 2024 BẰNG DỮ LIỆU MODIS

Nguyễn Thị Ngọc Quyên¹, Hồ Đình Bảo¹, Phạm Đoàn Phú Quốc¹

Ngày nhận bài: 21/06/2025; Ngày phản biện thông qua: 30/07/2025; Ngày duyệt đăng: 01/08/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá xu hướng biến đổi nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature – LST) tại tỉnh Đắk Lắk trong giai đoạn 2000 – 2024, sử dụng dữ liệu viễn thám MODIS và các phân tích thống kê chuyên sâu. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và thay đổi lớp phủ đất (LULC) diễn ra mạnh mẽ, việc hiểu rõ mối quan hệ giữa LST và các kiểu sử dụng đất trở nên cấp thiết đối với quản lý tài nguyên và quy hoạch phát triển bền vững. Dữ liệu LST được thu thập từ sản phẩm MOD11A1 (MODIS Terra) và xử lý trên nền tảng Google Earth Engine. Phương pháp phân tích bao gồm thống kê mô tả, phân tích phương sai (ANOVA), kiểm định xu thế Mann-Kendall và ước lượng tốc độ thay đổi bằng dốc Sen's slope. Độ chính xác của dữ liệu LST được kiểm chứng bằng so sánh với dữ liệu trạm khí tượng, cho thấy sai số trung bình thấp (MAE = 2,44°C; RMSE = 3,04°C). Kết quả cho thấy LST có xu hướng tăng nhẹ theo thời gian, đặc biệt rõ rệt tại các khu vực đô thị và vùng chuyển đổi từ rừng sang đất nông nghiệp. Rừng và mặt nước duy trì nhiệt độ thấp và ổn định hơn, phản ánh vai trò làm mát của thảm thực vật. Kiểm định thống kê xác nhận sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nhóm lớp phủ đất và qua các năm. Nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của bảo tồn rừng và quy hoạch sử dụng đất hợp lý trong việc giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Nhiệt độ bề mặt đất, LST, MODIS, lớp phủ đất, Đắk Lắk.

1. MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang đặt ra những thách thức nghiêm trọng, với nhiệt độ bề mặt đất (LST) là một chỉ số thiết yếu phản ánh mức độ tác động của nó. LST, một yếu tố khí hậu quan trọng, bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi sự tương tác phức tạp với động lực lớp phủ đất (LULC). Thảm thực vật, đặc biệt là rừng đóng vai trò then chốt trong việc điều hòa LST nhờ các cơ chế sinh lý và vật lý khác nhau. Chúng cung cấp bóng râm, tăng độ nhám bề mặt và thúc đẩy quá trình thoát hơi nước, giúp phân tán nhiệt và duy trì điều kiện bề mặt mát hơn (Bonan, 2016; Shen và cộng sự, 2020). Nhiều nghiên cứu đã nhất quán chỉ ra rằng mất rừng có mối tương quan chặt chẽ với sự gia tăng nhiệt độ bề mặt. Chẳng hạn, ở Quảng Đông, Trung Quốc, phá rừng dẫn đến hiệu ứng nóng lên 0,07°C, trong khi trồng rừng lại góp phần tạo ra hiệu ứng làm mát -0,12°C (Shen và cộng sự, 2020). Tương tự, tại tỉnh Attapeu, Lào, sự suy giảm 18,43% độ che phủ rừng đã được chứng minh là có liên quan đến sự gia tăng LST, làm nổi bật vai trò của thảm thực vật trong điều hòa nhiệt độ (Vũ Tấn Phương và cộng sự., 2024).

Tại Việt Nam, ba thập kỷ phát triển kinh tế nhanh chóng đã tạo ra những động lực LULC đáng kể, bao gồm nạn phá rừng và thâm canh nông nghiệp. Những thay đổi này đã dẫn đến sự gia tăng LST có thể đo lường được ở cả khu vực thành thị

và nông thôn. Các nghiên cứu đã chỉ ra mối tương quan nghịch mạnh mẽ giữa Chỉ số thảm thực vật chênh lệch chuẩn hóa (NDVI) và LST, khẳng định hiệu quả làm mát của độ che phủ thực vật (Nguyễn Tiên Thành, 2020; Nguyễn Thùy Phương và cộng sự, 2024). Ngược lại, các khu vực xây dựng với giá trị Chỉ số xây dựng chênh lệch chuẩn hóa (NDBI) cao lại liên quan đến sự gia tăng LST, củng cố mối liên hệ giữa mở rộng đô thị và sự nóng lên cục bộ (Nguyễn Xuân Thịnh và Kopec, 2013; Nguyễn Tiên Thành, 2020; Nguyễn Ngọc Tuyên và cộng sự, 2023; Bùi Bảo Thiện và cộng sự, 2024).

Tỉnh Đắk Lắk, nằm ở Tây Nguyên Việt Nam, là một ví dụ điển hình cho những xu hướng này. Mặc dù là một trong những khu vực có diện tích rừng lớn nhất, Đắk Lắk đã trải qua sự suy giảm đáng kể độ che phủ rừng tự nhiên trong những thập kỷ qua. Điều này chủ yếu do mở rộng nông nghiệp (đặc biệt là cà phê và hồ tiêu), khai thác gỗ bất hợp pháp và gia tăng dân số. Theo Nguyễn Đình Tiên và cộng sự (2024), Đắk Lắk mất khoảng 30.000 ha rừng mỗi năm trong giai đoạn từ những năm 1980 đến 1990. Gần đây hơn, từ năm 2001 đến 2021, khoảng 953,34 km² rừng đã bị mất xung quanh Vườn quốc gia Yok Đôn (Phùng Thái Dương và Đỗ Xuân Sơn, 2024). Những thay đổi quy mô lớn này được cho là đã góp phần làm tăng nhiệt độ và biến đổi điều kiện khí hậu địa phương.

Mặc dù có những thay đổi LULC đáng kể, các

¹Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Tây Nguyên;

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Ngọc Quyên; Email: ntnquyen@ttn.edu.vn.

nghiên cứu chuyên sâu về mối quan hệ dài hạn giữa động lực lớp phủ đất và LST ở Đắk Lắk vẫn còn hạn chế. Các nghiên cứu hiện có thường chỉ tập trung vào các quan sát ngắn hạn hoặc các khu vực cụ thể, chưa cung cấp cái nhìn toàn diện về tác động khí hậu rộng lớn hơn. Ví dụ, phân tích dữ liệu nhiệt độ từ một trạm thời tiết duy nhất trong tỉnh từ năm 1979 đến 2012 chỉ ra mức tăng khiêm tốn khoảng $0,15^{\circ}\text{C}$ mỗi thập kỷ (Phan Văn Tân và cộng sự, 2013). Một nghiên cứu sử dụng Chỉ số lượng mưa tiêu chuẩn hóa (SPI) để đánh giá điều kiện hạn hán trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk cũng chỉ ra rằng thời kỳ khô hạn đã trở nên kéo dài và thường xuyên hơn (Nguyễn Thùy Phương và cộng sự, 2024). Tuy nhiên, số lượng trạm khí tượng hạn chế và sự khan hiếm dữ liệu dài hạn đã cản trở việc phân tích toàn diện xu hướng nhiệt độ trên toàn tỉnh. Các dự báo tương lai cho thấy nhiệt độ có thể tăng $2,0^{\circ}\text{C}$ vào năm 2050 và $2,8^{\circ}\text{C}$ vào năm 2080 (Y Lam Niê và Nguyễn Xuân Sơn, 2019), nhấn mạnh tính cấp bách của việc hiểu các động lực cơ bản của những thay đổi này. Ngoài ra, sự mở rộng đô thị cũng được xác định là một yếu tố góp phần làm tăng LST trong tỉnh (Hồ Đình Bảo và cộng sự, 2019). Tuy nhiên, việc thiếu dữ liệu vệ tinh hệ thống và toàn diện về mặt không gian đã hạn chế khả năng đánh giá đầy đủ tác động của động lực LULC đối với xu hướng nhiệt độ ở tỉnh Đắk Lắk.

Để khắc phục khoảng trống này, nghiên cứu này đánh giá xu hướng nhiệt độ bề mặt đất (LST) tại tỉnh Đắk Lắk, trong giai đoạn 2000 – 2024 sử dụng dữ liệu viễn thám MODIS. Các mục tiêu chính của nghiên cứu là: (1) Phân tích các xu hướng không gian và thời gian của LST; và (2) đánh giá cách các loại lớp phủ đất khác nhau ảnh hưởng đến thay đổi LST. Nghiên cứu đưa ra giả thuyết rằng LST bị ảnh hưởng đáng kể bởi các loại lớp phủ đất và sự thay đổi của chúng. Bằng cách định lượng tác động của nạn phá rừng, mở rộng đô thị và phát triển nông nghiệp đối với LST, nghiên cứu này

mong muốn cung cấp những hiểu biết có giá trị cho các nhà hoạch định chính sách và các nhà quy hoạch đô thị. Hiểu rõ mối liên hệ giữa lớp phủ đất và LST sẽ hỗ trợ việc xây dựng các chính sách có mục tiêu để giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, thúc đẩy trồng rừng và tăng cường quy hoạch sử dụng đất bền vững ở các khu vực đang phát triển nhanh chóng của Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

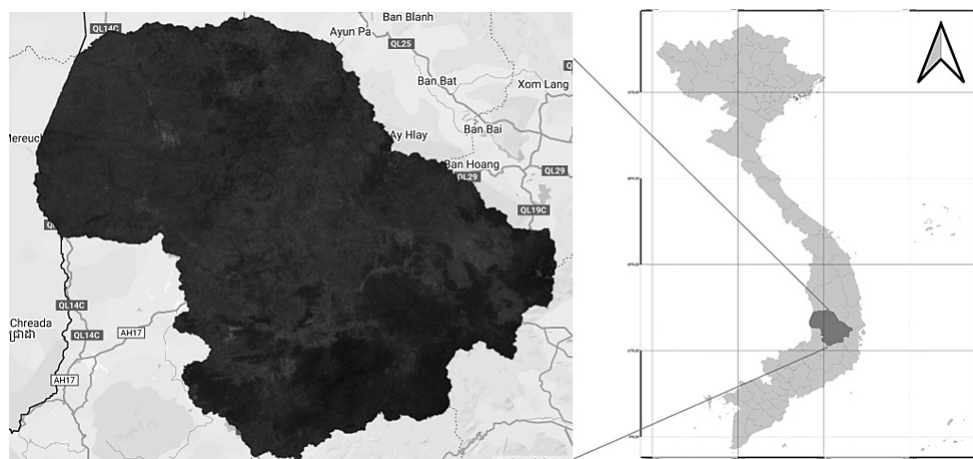
- Đánh giá độ tin cậy của nhiệt độ bề mặt từ vệ tinh;
- Xác định xu thế biến động nhiệt độ theo thời gian;
- Đánh giá ảnh hưởng của lớp phủ đất đến LST;
- Phân tích xu thế LST theo kiểu sử dụng đất.

2.2. Địa điểm nghiên cứu

Tỉnh Đắk Lắk, nằm ở khu vực trung tâm của vùng Tây Nguyên Việt Nam, có tọa độ địa lý từ $107^{\circ}28'57''$ đến $108^{\circ}59'37''$ kinh độ Đông và từ $12^{\circ}09'45''$ đến $13^{\circ}25'06''$ vĩ độ Bắc (Hình 1). Với diện tích khoảng 13.085 km^2 , tỉnh chiếm khoảng 3,9% tổng diện tích đất tự nhiên của cả nước. Địa hình của Đắk Lắk chủ yếu là đồi núi, với độ cao dao động từ 400 m đến 2.442 m tại đỉnh núi Chu Yang Sin. Khu vực trung tâm tỉnh là vùng cao nguyên tương đối bằng phẳng, chiếm gần một nửa diện tích toàn tỉnh.

Khí hậu Đắk Lắk có hai mùa rõ rệt: Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, chủ yếu chịu ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam; Mùa khô kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau.

Các tháng có lượng mưa cao nhất là tháng 7, 8 và 9, chiếm từ 80 – 90% tổng lượng mưa cả năm. Riêng khu vực phía Đông tỉnh, do ảnh hưởng của dãy Trường Sơn Đông, mùa mưa có thể kéo dài đến tháng 11.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

Tổng diện tích tự nhiên của tỉnh là 1.312.537 ha. Theo báo cáo diễn biến rừng tỉnh Đắk Lắk năm 2024, tổng diện tích đất có rừng của tỉnh là 507.409,2 ha (rừng tự nhiên 410.360,1 ha, rừng trồng 97.049,1 ha). Tỷ lệ che phủ rừng đạt 38,82% (tăng 0,78% so với năm 2023).

2.3. Dữ liệu nghiên cứu

Do thiếu các trạm khí tượng tại tỉnh để bao phủ đầy đủ các loại hình lớp phủ đất và khu vực nghiên cứu, nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất (LST) từ Trung tâm Lưu trữ Phân phối Dữ liệu Quá trình Mặt đất của NASA EOSDIS (MODIS) trong giai đoạn 2000 – 2024.

Trong nghiên cứu này, dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature - LST) được sử dụng là sản phẩm MODIS Land Surface Temperature (LST) MOD11A1 Collection 6.1. Sản phẩm MOD11A1 cung cấp LST và độ phát xạ bề mặt theo chu kỳ hàng ngày, được lấy từ ảnh vệ tinh Terra của hệ thống quan sát Trái Đất (EOS) của NASA. Dữ liệu này được phát triển và kiểm định bởi nhóm thuật toán LST MODIS (MODIS LST algorithm group) và cung cấp các giá trị LST đo được tại thời điểm vệ tinh bay qua vào ban ngày và ban đêm (Wan, 2013). Đặc biệt, sản phẩm MOD11A1 C6.1 là phiên bản cải tiến với chất lượng dữ liệu được đánh giá là tốt hơn đáng kể so với các bộ sưu tập trước đó (Wan, 2014). Việc sử dụng dữ liệu MOD11A1 đảm bảo khả năng bao phủ rộng rãi về mặt không gian và tần suất cập nhật cao, rất phù hợp cho việc nghiên cứu biến động LST trên các khu vực rộng lớn.

Sản phẩm MOD11A1 phiên bản V6.1. cung cấp dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất hàng ngày (LST) và suất phát xạ trên một lưới có kích thước 1200 × 1200 km. Bộ dữ liệu này bao gồm nhiệt độ bề mặt vào cả ban ngày và ban đêm, các lớp chỉ thị chất lượng, cũng như các dải phổ 31 và 32 của MODIS, kèm theo sáu lớp quan sát bổ sung (Wan và cộng sự, 2015).

2.4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng tích hợp giữa viễn thám và thống kê để đánh giá biến động nhiệt độ bề mặt đất theo thời gian.

Nhiệt độ bề mặt đất (LST) ở quy mô khu vực thường được đo bằng dữ liệu viễn thám (Zhang và cộng sự, 2019). Tuy nhiên, ở các vùng nhiệt đới, đặc biệt là khu vực núi cao, mây bao phủ liên tục gây khó khăn trong việc thu nhận ảnh không mây bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu vào những thời điểm cụ thể. Để khắc phục điều này, dữ liệu LST cho khu vực nghiên cứu đã được lấy từ bộ dữ liệu MODIS thông qua nền tảng Google Earth

Engine (GEE).

Để đánh giá sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian, dữ liệu nhiệt độ tối đa hàng ngày trong tháng 4 (tháng nóng nhất) đã được thu thập trong suốt giai đoạn nghiên cứu. Dữ liệu LST tối đa mỗi ngày được tổng hợp, sau đó tính giá trị trung bình nhiệt độ tối đa của từng năm cụ thể, và ảnh raster LST được xuất ra. Phương pháp phát hiện thay đổi dựa trên ảnh raster được sử dụng để đánh giá sự biến đổi LST trong suốt giai đoạn nghiên cứu. Dữ liệu LST được trích xuất sau đó được xuất sang Excel để phân tích thống kê.

Thống kê mô tả (tỷ lệ phần trăm, khoảng giá trị và giá trị trung bình) được sử dụng để phân tích sự thay đổi về sử dụng/che phủ đất và LST. LST được tính toán hàng năm và được phân loại theo các kiểu che phủ đất khác nhau để đánh giá sự khác biệt. Một trăm điểm mẫu cho mỗi loại che phủ đất được chọn ngẫu nhiên nhằm đánh giá sự biến động của LST. Phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để đánh giá sự khác biệt về dữ liệu LST giữa các loại hình che phủ đất.

Phân tích xu thế sử dụng kiểm định Mann-Kendall: Để đánh giá xu thế thay đổi của nhiệt độ bề mặt đất (LST) theo thời gian, kiểm định Mann-Kendall (MK) đã được áp dụng (Hirsch và cộng sự, 1982; Kendall, 1975). Kiểm định MK là một phương pháp thống kê phi tham số, được sử dụng rộng rãi để phát hiện xu thế đơn điệu trong dữ liệu môi trường và khí hậu mà không yêu cầu dữ liệu tuân theo phân phối cụ thể nào. Phương pháp này đặc biệt phù hợp để xác định xu hướng dài hạn trong dữ liệu nhiệt độ.

Gọi x_1, x_2, \dots, x_n là các giá trị LST theo thời gian. Thống kê kiểm định Mann-Kendall (S) được tính bằng phương trình sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Trong đó:

$$\text{Sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{nếu } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{nếu } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{nếu } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

Phương sai của S được tính theo công thức:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2)$$

Thống kê kiểm định Z được tính như sau:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Mức ý nghĩa của xu thế được xác định bằng giá trị P tương ứng với thống kê kiểm định Z. Ngưỡng

ý nghĩa 0,05 được sử dụng để đánh giá mức độ có ý nghĩa thống kê của xu thế. Nếu $P < 0,05$, xu thế được coi là có ý nghĩa thống kê.

Ước lượng mức thay đổi nhiệt độ bằng phương pháp Sen's Slope (Sen's Slope Estimator): Để định lượng cường độ thay đổi của xu thế LST, phương pháp ước lượng dốc Sen's Slope được áp dụng (Sen, 1968). Phương pháp này tính toán độ dốc trung vị giữa tất cả các cặp điểm dữ liệu, cung cấp một ước lượng vững chắc về tốc độ thay đổi theo thời gian. Độ dốc cho mỗi cặp điểm dữ liệu (x_i, x_j) được tính theo công thức:

$$Q_i = \frac{x_j - x_i}{j - i} \text{ với } i < j \quad (4)$$

Trong đó: i và j là các chỉ số thời gian. Ước lượng Sen's slope là giá trị trung vị của tất cả các độ dốc đã tính:

$$Q = \text{median}(Q_1, Q_2, \dots, Q_m) \quad (5)$$

Trong đó m là số lượng độ dốc được tính. Dấu của dốc Sen's slope biểu thị chiều hướng xu thế:

$Q > 0 \rightarrow$ xu thế tăng

$Q < 0 \rightarrow$ xu thế giảm

Khoảng tin cậy của độ dốc được tính bằng phân phối chuẩn. Nếu kiểm định Mann-Kendall cho kết quả có ý nghĩa thống kê và giá trị dốc Sen's slope dương, điều đó cho thấy xu thế tăng. Ngược lại, dốc Sen's slope âm cho thấy xu thế giảm.

Tất cả việc xử lý dữ liệu và phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm R với gói "trend". Dữ liệu LST được tổ chức theo loại hình che phủ đất và theo năm. Các phân tích kiểm định Mann-Kendall và ước lượng dốc Sen được thực hiện riêng biệt cho từng loại che phủ đất. Kết quả được diễn giải dựa trên ý nghĩa thống kê và mức độ của xu thế được phát hiện.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Độ tin cậy của dữ liệu nhiệt độ bề mặt từ vệ tinh

Để đánh giá độ chính xác của dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất (LST) thu được từ vệ tinh, nghiên cứu đã so sánh chúng với số liệu đo từ các trạm khí tượng mặt đất. Cụ thể, dữ liệu nhiệt độ tối đa hàng ngày trong tháng 4 – tháng nóng nhất trong năm – được thu thập từ nguồn vệ tinh MODIS và các trạm khí tượng tương ứng trong khu vực nghiên cứu. Kết quả so sánh cho thấy sai số dao động từ $-6,53^\circ\text{C}$ đến $+4,02^\circ\text{C}$, phản ánh sự sai khác có thể do nhiều yếu tố như sự khác biệt giữa nhiệt độ bề mặt đất (LST) và nhiệt độ không khí gần mặt đất (Tair), ảnh hưởng của độ phân giải không gian, độ che phủ thực vật, và điều kiện vi khí hậu tại địa phương.

Mặc dù tồn tại sự khác biệt, mức độ sai lệch tổng thể là tương đối nhỏ. Sai số trung bình tuyệt

đối (MAE) được tính là $2,44^\circ\text{C}$ và sai số trung phương (RMSE) là $3,04^\circ\text{C}$, cho thấy mức độ tương đồng tốt giữa dữ liệu LST từ vệ tinh và nhiệt độ không khí đo tại trạm đo trên mặt đất. Những kết quả này cho thấy rằng mặc dù LST thường có xu hướng cao hơn nhiệt độ không khí gần mặt đất vào ban ngày do bề mặt hấp thụ nhiệt, sự chênh lệch này không đáng kể đối với các nghiên cứu khí hậu và môi trường ở quy mô khu vực. Do đó, dữ liệu LST từ vệ tinh có thể được sử dụng một cách tin cậy để theo dõi sự biến động nhiệt độ theo không gian và thời gian ở những khu vực có mạng lưới quan trắc mặt đất hạn chế. Điều này cũng có tính khả dụng và độ tin cậy của dữ liệu LST trong việc theo dõi biến động nhiệt độ theo thời gian và không gian.

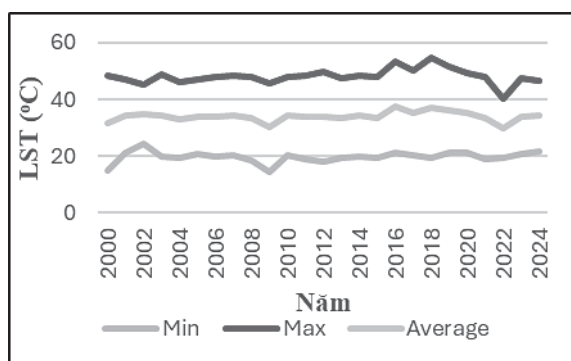
3.2. Xu thế biến động nhiệt độ theo thời gian

Phân tích chuỗi dữ liệu LST từ năm 2000 đến 2024 cho thấy sự biến động đáng kể giữa các năm theo ba chỉ số: nhiệt độ tối thiểu (Min), trung bình (Average), và tối đa (Max), phản ánh tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất trong khu vực nghiên cứu.

Nhiệt độ tối đa (LST_Max) duy trì ở mức cao trong phần lớn giai đoạn nghiên cứu, dao động từ $45,41^\circ\text{C}$ (2001) đến đỉnh điểm $54,53^\circ\text{C}$ vào năm 2017. Giai đoạn 2014 – 2019 ghi nhận chuỗi năm có mức LST_Max vượt 50°C , phản ánh tác động rõ rệt của nắng nóng kéo dài và có thể liên quan đến quá trình đô thị hóa và suy giảm độ che phủ thực vật. Sau mức giảm mạnh trong năm 2021 ($40,15^\circ\text{C}$), nhiệt độ phục hồi lên $47,31^\circ\text{C}$ vào năm 2023 trước khi giảm nhẹ năm 2024.

Nhiệt độ trung bình (LST_Average) có xu hướng ổn định hơn so với LST_Max, với mức dao động từ $30,11^\circ\text{C}$ (2009) đến $37,46^\circ\text{C}$ (2015). Giai đoạn 2003 – 2016 là thời kỳ tăng mạnh và ổn định ở mức cao, trước khi giảm về $29,73^\circ\text{C}$ vào năm 2022, thấp nhất trong toàn bộ chuỗi. Từ đó, nhiệt độ trung bình tăng nhẹ trở lại vào năm 2024 ($34,28^\circ\text{C}$).

Nhiệt độ tối thiểu (LST_Min) ghi nhận xu hướng biến động rõ ràng hơn so với hai chỉ số còn lại, với mức thấp nhất là $14,41^\circ\text{C}$ (2009) và mức cao nhất là $24,46^\circ\text{C}$ (2002). Các mức dao động này phản ánh nhạy cảm của nhiệt độ bề mặt với điều kiện vi khí hậu, độ ẩm đất và lớp phủ bề mặt. Trong những năm gần đây, LST_Min có xu hướng tăng nhẹ, đạt $21,82^\circ\text{C}$ vào năm 2024. Xu thế tăng nhiệt độ tổng thể của LST phản ánh tác động ngày càng rõ rệt của biến đổi khí hậu và quá trình chuyển đổi mục đích sử dụng đất tại tỉnh Đắk Lắk. Xu thế tăng của LST cực đại trong giai đoạn nghiên cứu được trình bày tại Hình 2.



Hình 2. Xu hướng thay đổi LST giai đoạn 2000 – 2024

Như vậy, trong giai đoạn 2000 - 2024, sự biến động rõ rệt của nhiệt độ bề mặt, đặc biệt ở chỉ số cực trị (LST_Max), trong khi LST_Avg và LST_Min ổn định hơn nhưng vẫn ghi nhận những pha tăng/giảm đáng kể. Giai đoạn 2014 – 2019 chứng kiến mức LST_Max vượt 50°C liên tục, với đỉnh 54,53°C (2017), phản ánh rõ tác động của biến đổi khí hậu kết hợp với xu thế đô thị hóa, suy giảm che phủ thực vật và các hiện tượng khí hậu cực đoan như El Niño.

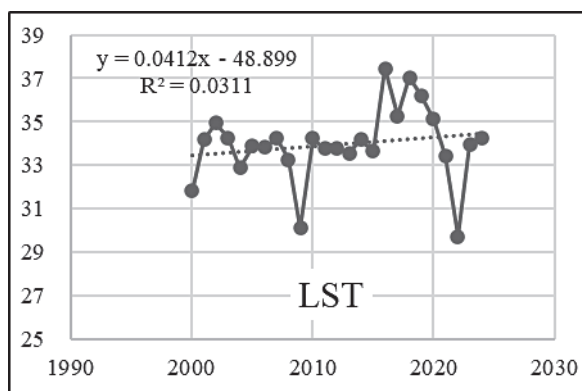
Bảng 1. Kết quả phân tích Anova

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups (Năm)	48.907.801	1	48.907.801	1.712.427	6.3E-111	4,042652
Within Groups (sai số)	1370,905	48	28,56051			
Total	48.909.171	49				

Ngoài ra, phân tích xu hướng nhiệt độ bề mặt đất (LST) giai đoạn 2000 – 2024 thông qua sự biến

Bên cạnh đó, để đánh giá xem nhiệt độ bề mặt đất (LST) có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo thời gian hay không, phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) đã được thực hiện cho tập dữ liệu gồm 25 năm (2000–2024). Phân tích cho thấy giá trị $F = 1.712.427$ lớn hơn rất nhiều so với giá trị tới hạn $F_{crit} = 4,043$, đồng thời giá trị $P\text{-value} = 6,34 \times 10^{-111}$, nhỏ hơn rất nhiều so với mức ý nghĩa thông thường ($\alpha = 0,05$). Điều này khẳng định rằng: Sự khác biệt về nhiệt độ bề mặt đất (LST) giữa các năm là có ý nghĩa thống kê cao. Kết quả phân tích ANOVA được trình bày trong Bảng 1 đã xác nhận sự khác biệt LST giữa các năm là có ý nghĩa thống kê rất cao ($P < 0,001$), cho thấy sự thay đổi nhiệt độ qua các năm không phải do ngẫu nhiên mà là kết quả của các quá trình tích lũy về khí hậu và sử dụng đất. Tuy nhiên, hồi quy tuyến tính cho thấy xu hướng tăng LST theo thời gian không mạnh ($R^2 = 0,0311$), điều này gợi ý rằng ngoài yếu tố thời gian, còn có nhiều biến số khác như lớp phủ đất, điều kiện thời tiết từng năm, và can thiệp nhân sinh ảnh hưởng đến nhiệt độ.

động nhiệt độ bề mặt đất trong giai đoạn này cho thấy xu hướng tăng nhẹ theo thời gian (Hình 3).



Hình 3. Xu hướng LST giai đoạn 2000 - 2024

Phương trình hồi quy tuyến tính được xác định là: $LST = 0,0412x + (-48,899)$

Trong đó:

- Hệ số góc dương (0,0412) phản ánh xu hướng tăng nhiệt độ theo thời gian.
- Tuy nhiên, hệ số xác định rất thấp ($R^2 = 0,0311$) cho thấy mối quan hệ giữa thời gian và nhiệt độ chỉ giải thích khoảng 3,11% biến động

tổng thể, tức là xu hướng này không mạnh và không đủ tin cậy để khẳng định có sự gia tăng đáng kể về mặt thống kê.

Trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu:

- LST dao động trong khoảng từ ~29°C đến ~37°C.
- Một số năm có nhiệt độ giảm mạnh bất thường như 2009 và 2021, cho thấy ảnh hưởng tiềm năng

của các yếu tố khí hậu cực đoan hoặc sai lệch dữ liệu.

- Các đỉnh nhiệt cao nhất xảy ra vào năm 2016 và 2017, với nhiệt độ xấp xỉ 37°C, trùng với các giai đoạn ghi nhận hiện tượng El Niño mạnh toàn cầu.

3.3. Ảnh hưởng của lớp phủ đất đến LST

Phân tích LST theo từng loại hình sử dụng đất tại tỉnh Đắk Lắk từ năm 2000 đến 2024 cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các nhóm thảm phủ, phản ánh tác động của quá trình sử dụng đất đến vi khí hậu địa phương (Hình 4). Biểu đồ thể hiện rõ các xu hướng biến động và mức độ nóng lên của từng nhóm.

Khu vực rừng: luôn duy trì nhiệt độ bề mặt thấp nhất so với các nhóm còn lại trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu. Nhiệt độ dao động trong khoảng 28,68°C (2012) đến 32,58°C (2016). Các giá trị thấp nhất trong chuỗi thời gian thường rơi vào các năm có lượng mưa cao hoặc thảm thực vật phát triển tốt. Điều này khẳng định vai trò làm mát của thảm rừng thông qua tán che và bốc thoát hơi nước.

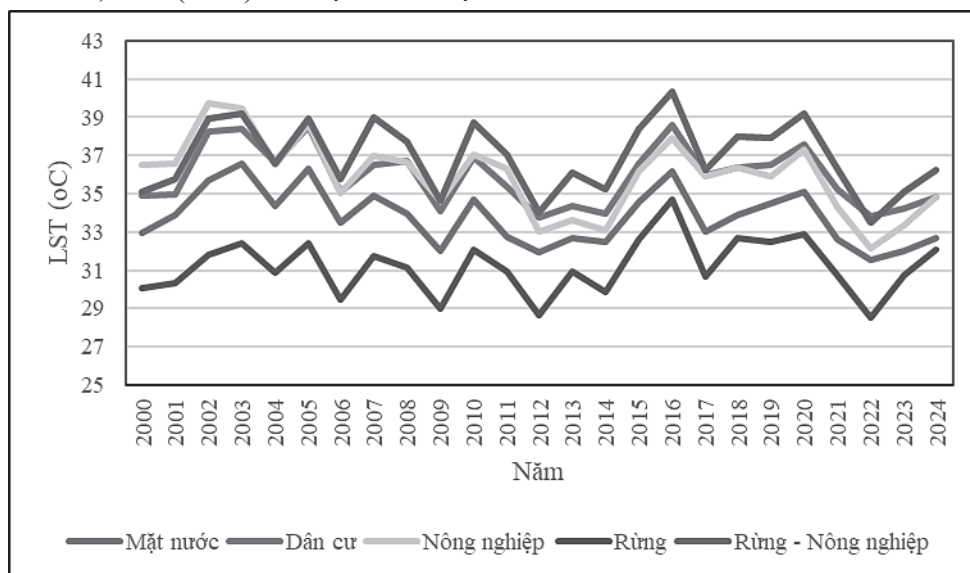
Khu vực mặt nước: LST tại mặt nước tương đối ổn định và dao động nhẹ quanh ngưỡng 32–35°C. Giá trị thấp nhất ghi nhận là 31,15°C (2009) và cao nhất là 35,71°C (2015). Do đặc tính nhiệt

dung cao và khả năng điều hòa vi khí hậu, mặt nước ít chịu tác động từ biến động sử dụng đất và nhiệt độ cực đoan.

Đất nông nghiệp: LST tại các vùng nông nghiệp có xu hướng tăng nhẹ theo thời gian, dao động từ 33,28°C đến 36,63°C. Biến động nhiệt độ tại nhóm này phản ánh ảnh hưởng của các hoạt động canh tác như làm đất, thu hoạch, hoặc chuyển đổi mùa vụ. Đỉnh nhiệt độ năm 2016 (36,63°C) có thể liên quan đến hạn hán và biến đổi lớp phủ.

Khu vực dân cư (đô thị hóa): Khu dân cư có mức LST cao thứ hai, chỉ sau vùng chuyển đổi từ rừng sang đất nông nghiệp. Nhiệt độ dao động từ 34,86°C đến 39,74°C, với các đỉnh rõ rệt vào các năm 2002, 2005, 2016 và 2019. Xu thế nóng lên thể hiện rõ ràng, phản ánh hiện tượng đảo nhiệt đô thị (urban heat island) do bề mặt bê tông, nhựa đường và mật độ xây dựng cao.

Khu vực chuyển đổi từ rừng sang nông nghiệp (Rừng–Nông nghiệp): Đây là nhóm có nhiệt độ cao nhất trong toàn bộ giai đoạn, dao động từ 35,07°C đến đỉnh điểm 40,31°C (2016). Xu hướng tăng nhiệt mạnh tại nhóm này cho thấy tác động tiêu cực của mất rừng đến môi trường vi khí hậu. Việc thay thế rừng bằng đất trồng hoặc cây trồng thấp đã làm mất khả năng điều tiết nhiệt và độ ẩm, gây ra hiệu ứng nóng lên cục bộ rõ rệt.



Hình 4. Xu hướng thay đổi nhiệt độ bề mặt theo kiểu thảm phủ

3.4. Phân tích xu thế LST theo kiểu sử dụng đất

Kết quả trên cho thấy sự khác biệt đáng kể trong xu hướng nhiệt độ giữa các loại hình sử dụng đất, từ đó khẳng định vai trò quan trọng của thảm thực vật – đặc biệt là rừng – trong việc điều tiết nhiệt độ môi trường. Biến động này cũng phản ánh ảnh hưởng đồng thời của hoạt động con người và biến đổi khí hậu đến vi khí hậu khu vực. Sự thay đổi nhiệt độ trung bình giữa các loại hình che phủ

đất được trình bày cụ thể trong Hình 4.

Kết quả phân tích tổng thể cho thấy các khu vực đô thị và đất nông nghiệp là những vùng ghi nhận mức gia tăng nhiệt độ cao nhất, trong khi đó rừng và mặt nước có vai trò đáng kể trong việc duy trì điều kiện mát hơn. Những phát hiện này nhấn mạnh tầm quan trọng của quản lý sử dụng đất bền vững nhằm giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu đến nhiệt độ bề mặt.

Phân tích xu thế nhiệt độ bằng kiểm định Mann-Kendall (Bảng 2) cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các loại hình che phủ đất về xu hướng biến đổi nhiệt độ bề mặt đất trong giai đoạn 2000 – 2024:

Mặt nước thể hiện xu hướng tăng rất yếu với hệ số tau = 0,0118 và giá trị P = 0,9321, cho thấy xu thế không có ý nghĩa thống kê.

Khu vực nông nghiệp có xu hướng tăng nhẹ với tau = 0,1361 và P = 0,2559. Mặc dù chưa đạt mức ý nghĩa thống kê, kết quả này cho thấy một xu hướng tăng nhiệt độ tiềm tàng có liên quan đến cường độ canh tác và thay đổi sử dụng đất.

Khu vực đô thị thể hiện xu thế tăng nhiệt rõ rệt với tau = 0,3176, P = 0,0076 và hệ số dốc Sen (Sen's slope) = 0,0802. Đây là xu thế có ý nghĩa thống kê, phản ánh sự gia tăng nhiệt độ ổn định trong suốt thời gian nghiên cứu, đặc biệt liên quan đến hiện tượng đảo nhiệt đô thị.

Khu vực rừng ghi nhận xu thế giảm với tau = -0,2034 và P = 0,0884. Mặc dù xu thế không đạt mức ý nghĩa thống kê (P > 0,05), kết quả này cho thấy một xu hướng giảm nhiệt độ có thể liên quan

đến khả năng điều hòa nhiệt của tán rừng và quá trình bốc thoát hơi nước.

Các khu vực chuyển đổi từ rừng sang đất nông nghiệp thể hiện xu hướng tăng mạnh nhất, với tau = 0,3571, P = 0,0022 và dốc Sen = 0,1228. Đây là xu thế có ý nghĩa thống kê cao, chỉ ra rằng những khu vực chuyển đổi mục đích sử dụng đất từ rừng sang canh tác nông nghiệp đang chịu ảnh hưởng gia tăng rõ rệt về nhiệt độ.

Tổng hợp các kết quả trên cho thấy rằng những biến động trong sử dụng đất – đặc biệt là chuyển đổi rừng sang đất canh tác và mở rộng đô thị – có ảnh hưởng đáng kể đến xu thế nhiệt độ tại Đắk Lắk. Việc duy trì hoặc phục hồi thảm thực vật tự nhiên, đặc biệt là rừng, được xác định là giải pháp quan trọng trong việc thích ứng với biến đổi khí hậu tại khu vực này.

Kết quả này củng cố lập luận về vai trò điều tiết khí hậu của thảm thực vật rừng, và nhấn mạnh tầm quan trọng của việc hạn chế mất rừng nhằm duy trì sự ổn định nhiệt độ ở cấp độ vi mô và khu vực.

Bảng 2. Kết quả phân tích xu hướng nhiệt độ sử dụng tiêu chuẩn Mann-Kendall và Sen's slope

Kiểu thảm phủ	Mann-Kendall						Sens_slope
	<i>z</i>	<i>n</i>	<i>S</i>	<i>varS</i>	<i>tau</i>	<i>P_value</i>	
Mặt nước	0,085209	25	7	4958,333	1,18E-02	0,9321	0,00387
Nông nghiệp	1,1361	25	81	4958,333	0,136135	0,2559	0,039671
Dân cư	2,6699	25	189	4958,333	0,317647	0,007588	0,080168
Rừng	-1,7042	25	-121	4958,333	-0,20336	0,08835	-0,042850
Rừng - nông nghiệp	3,0675	25	217	4958,333	0,357143	0,002159	0,122751

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phân tích sự biến động nhiệt độ bề mặt đất (LST) tại tỉnh Đắk Lắk trong giai đoạn 2000 – 2024, nhằm đánh giá mối liên hệ giữa biến đổi lớp phủ đất và xu thế nhiệt độ trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Thông qua việc sử dụng dữ liệu LST từ vệ tinh (MODIS) kết hợp với kiểm định thống kê (ANOVA, hồi quy tuyến tính, kiểm định Mann-Kendall và Sen's slope), nghiên cứu đã làm rõ những tác động không gian – thời gian của các loại hình sử dụng đất đến biến động nhiệt độ tại khu vực nghiên cứu.

Kết quả cho thấy:

Dữ liệu LST từ vệ tinh có độ tin cậy cao, với sai số thấp so với số liệu từ các trạm khí tượng, cho phép sử dụng hiệu quả trong các nghiên cứu môi trường khu vực có mật độ quan trắc thấp.

Nhiệt độ bề mặt đất có sự biến động đáng kể qua các năm, đặc biệt là nhiệt độ cực đại (LST_{Max}), với xu hướng tăng rõ rệt trong các giai đoạn 2014 – 2019. Phân tích ANOVA khẳng định rằng

sự khác biệt nhiệt độ theo thời gian là có ý nghĩa thống kê cao.

Sự khác biệt lớn về LST giữa các loại hình sử dụng đất cho thấy tác động đáng kể của con người đến vi khí hậu địa phương. Khu vực rừng và mặt nước duy trì mức nhiệt độ thấp và ổn định hơn, trong khi các khu vực đô thị và đất nông nghiệp – đặc biệt là vùng chuyển đổi rừng sang nông nghiệp – có xu hướng tăng nhiệt mạnh và ghi nhận các mức LST cao nhất.

Kiểm định xu hướng theo kiểu lớp phủ cho thấy đô thị hóa và mất rừng là hai nhân tố chính làm gia tăng nhiệt độ bề mặt, trong khi rừng thể hiện vai trò điều hòa nhiệt độ và chống lại hiện tượng nóng lên cục bộ.

Tổng thể, nghiên cứu đã làm sáng tỏ vai trò quan trọng của lớp phủ đất trong điều tiết nhiệt độ bề mặt và nhấn mạnh tác động tiêu cực của quá trình mất rừng và đô thị hóa không kiểm soát đến điều kiện vi khí hậu khu vực. Việc duy trì, phục hồi và mở rộng các hệ sinh thái rừng, cùng với quy

hoạch sử dụng đất bền vững và phát triển hạ tầng xanh, là những giải pháp then chốt để ứng phó với biến đổi khí hậu và bảo vệ môi trường sống lâu dài cho tỉnh Đắk Lắk và các khu vực có điều kiện tương tự.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới

Bộ Giáo dục và Đào tạo và Trường Đại học Tây Nguyên vì sự hỗ trợ cho nghiên cứu này thông qua Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ mã số B2023-TTN-04, tạo nền tảng vững chắc cho quá trình nghiên cứu và cung cấp đầy đủ các điều kiện cơ sở vật chất và hỗ trợ tổ chức trong suốt quá trình triển khai nghiên cứu.

ASSESSING LAND SURFACE TEMPERATURE CHANGE IN DAK LAK PROVINCE FROM 2000 TO 2024 USING MODIS DATA

Nguyen Thi Ngoc Quyen¹, Ho Dinh Bao¹, Pham Doan Phu Quoc¹

Received Date: 21/06/2025; Revised Date: 30/07/2025; Accepted for Publication: 01/08/2025

ABSTRACT

This study aims to assess the trends in land surface temperature (LST) in Dak Lak Province from 2000 to 2024 using MODIS remote sensing data and advanced statistical analysis. In the context of climate change and accelerating land use/land cover (LULC) transformations, understanding the relationship between LST and land cover types is critical for sustainable land management and planning. LST data were obtained from the MOD11A1 (MODIS Terra) product and processed via the Google Earth Engine platform. Analytical methods included descriptive statistics, one-way ANOVA, Mann-Kendall trend test, and Sen's slope estimator. The accuracy of satellite-derived LST data was verified through comparison with meteorological station measurements, revealing low mean error (MAE = 2.44°C; RMSE = 3.04°C). Results indicate a slight overall warming trend, with more significant increases observed in urban areas and zones converted from forest to agricultural land. In contrast, forested and water-covered areas maintained lower and more stable LST values, highlighting the cooling role of vegetative cover. Statistical testing confirmed significant differences in LST across land cover types and over time. The findings underscore the importance of forest conservation and sustainable land-use planning in mitigating the thermal impacts of climate change at the regional scale.

Keywords: Land surface temperature, LST, MODIS, land cover, Dak Lak.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hồ Đình Bảo, Phạm Đoàn Phú Quốc, Nguyễn Văn Quang (2019). *Đánh giá ảnh hưởng của che phủ thực vật lên nhiệt độ bề mặt thành phố Buôn Ma Thuột giai đoạn 2008 – 2018 sử dụng ảnh vệ tinh Landsat*. Kỷ yếu hội thảo GIS toàn quốc (2019), Buôn Ma Thuột, Việt Nam. Trang 133 – 140.
- Y Lam Niê và Nguyễn Hoàng Sơn (2019). *Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến sản xuất nông nghiệp ở huyện Krông Bông, tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí khoa học, Trường Đại học sư phạm, Đại học Huế; Số 03(51)/2019.
- Trần Tuấn Thạch (2024). *Nghiên cứu diễn biến hạn theo không gian và thời gian trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 82 – 2024, trang 59-68.
- Bonan, G. B. (2008). *Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests*. Science, 320(5882), 1444-1449.

¹Faculty of Agriculture, Tay Nguyen University;

Corresponding author: Nguyen Thi Ngoc Quyen; Email: ntnquyen@ttn.edu.vn.

- Hirsch, R. M., J. R. Slack, and R. A. Smith. 1982. *Techniques of trend analysis for monthly water quality data*. *Water Resources Research* 18(1):107-121
- Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- Nguyen D.T, Tran T.H., Tran N.L.D., Nguyen T.H.H., Nguyen T.T.H., Nguyen T.O. (2024). *Toward high-integrity forest carbon market of ethnic minority groups in Dak Lak province, Vietnam*. *Heliyon*, Volume 10, Issue 22, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39998>.
- Nguyen, N. T., Pham, C. C. and Nguyen T.N.H. (2023). *Applying geographically weighted regression to quantify the impact of impervious surface density on land surface temperature in Ho Chi Minh City, Vietnam*. *IOP Conference Series*, 1170(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1170/1/012018>
- Nguyen, P. T., Trinh, V. K., Tran, H. T. D., Ton, T. N. T., Nguyen, L. T. T., & Nguyen, A. N. (2024). *Evaluating and predicting the impact of land use and land cover change on land surface temperature in Lac Duong district, Lam Dong province, Vietnam*. *The Journal of Agriculture and Development* 23(Special issue 1), 139-154.
- Nguyen, T. T. (2020). *Landsat Time-series Images-based Urban Heat Island Analysis: The Effects of Changes in Vegetation and Built-up Land on Land Surface Temperature in Summer in the Hanoi Metropolitan Area, Vietnam*. *Environment and Natural Resources Journal*, 18(2), 177–190.
- Nguyen, X. T., & Kopec, J. (2013). *Investigation of Land Cover Change and Land Surface Temperature for the Megacity Ho Chi Minh City using Landsat Imagery*. 758–766. <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/enviroinfo/enviroinfo2013.html#ThinhK13>
- Phung Thai Duong and Do Xuan Son (2024). *Assessing forest changes in Yok Don National Park and surrounding areas, Dak Lak Province, Vietnam*. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 11(2):5521-5531, doi:10.15243/jdmlm.2024.112.5521.
- Phuong, V. T., Yachongtou, B., Alexsander, I. R., & Thien, B. B. (2024). *A 30-Year Analysis of Forest Cover and Land Surface Temperature in Attapeu Province, Lao PDR*. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 71–94.
- Sen, P. K. (1968). *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Shen, W., He, J., Huang, C., & Li, M. (2020). *Quantifying the Actual Impacts of Forest Cover Change on Surface Temperature in Guangdong, China*. *Remote Sensing*, 12(15), 2354. <https://doi.org/10.3390/RS12152354>
- Thien, B. B., Ovsepyan, A. E., & Phuong, V. T. (2024). *Monitoring Land Surface Temperature Relationship to Land Use and Land Cover in Hai Duong Province, Vietnam*. *Environment and Natural Resources Journal*. <https://doi.org/10.32526/ennrj/22/20230194>
- Wan, Z. (2013). *MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide Collection-6*. ERI, University of California, Santa Barbara.
- Wan, Z. (2014). *New refinements and validation of the Collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity products*, *Remote Sens. Environ.*, 140, 36-45.
- Wan, Z., Hook, S., Hulley, G. (2015). MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center. Accessed 2025-02-19 from <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.006>.
- Zhang X., Zhou J., Göttische F-M, Zhan W., Liu S. and Cao R. (2019). “A Method Based on Temporal Component Decomposition for Estimating 1-km All-Weather Land Surface Temperature by Merging Satellite Thermal Infrared and Passive Microwave Observations”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 57, no. 7, pp. 4670-4691, July 2019, doi: 10.1109/TGRS.2019.2892417.