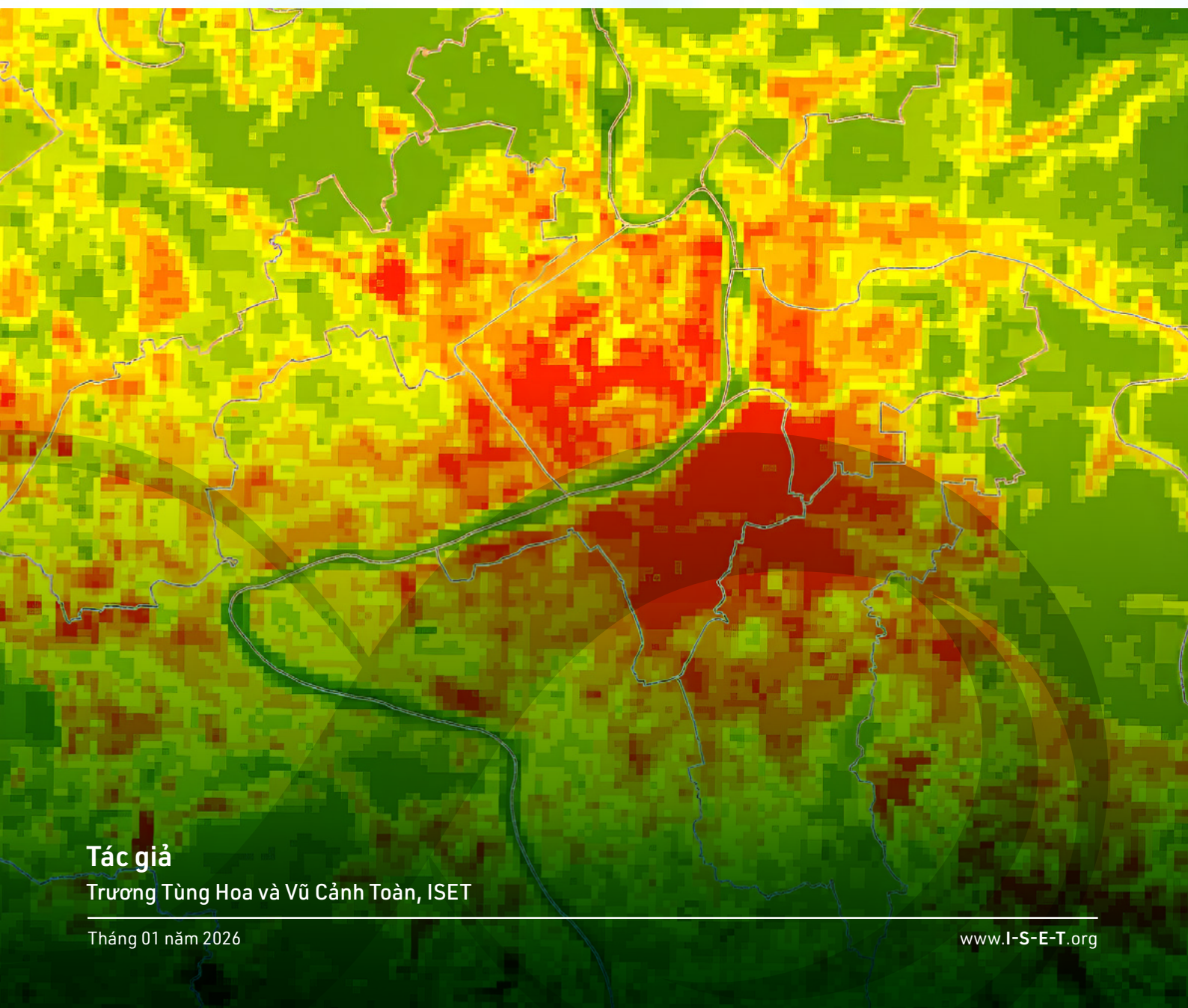


TÁC ĐỘNG CỦA SUY GIẢM KHÔNG GIAN XANH ĐẾN BIẾN ĐỘNG NHIỆT ĐÔ THỊ

tại thành phố Huế, Việt Nam



Tác giả

Trương Tùng Hoa và Vũ Cảnh Toàn, ISET

Tháng 01 năm 2026

www.I-S-E-T.org

Mục Lục

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	3
DANH MỤC BẢNG VÀ HÌNH	3
1. TÓM TẮT	4
2. BỐI CẢNH	6
3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN	7
3.1. Phương pháp luận	7
3.2. Các nguồn dữ liệu chính	7
3.3. Các bước tính toán.....	8
3.3.1. Nhiệt độ bề mặt đất (LST)	9
3.3.2. Tính NDVI và diện tích xanh	10
3.3.3. Tính Δ LST, Std và Range	10
3.3.4. Phân tích theo lát cắt và theo nhóm	11
3.3.5. Limitations	11
4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ	12
4.1. Sự suy giảm không gian xanh trên địa bàn Thành phố Huế giai đoạn 2014 -2024	12
4.2. Chênh lệch nhiệt độ nội đô và ngoại ô.....	13
4.3. Tác động cục bộ của suy giảm không gian xanh đến nhiệt độ bề mặt.....	18
4.4. Vai trò của không giảm xanh đến chế độ biến thiên nhiệt độ	20
5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	22

Bản quyền thuộc về © ISET - International, Tháng 01, 2026

Viện chuyển đổi Môi trường và Xã hội -Quốc tế (ISET)
Hà Nội, Việt Nam

Không được sao lưu dưới bất kỳ hình thức nào khi chưa có sự cho phép bằng văn bản.

Tháng 01, 2026

Danh mục từ viết tắt

Entropy	Chỉ số đo mức độ kết cấu phức tạp trong ảnh viễn thám
LST	Land Surface Temperature (Nhiệt độ bề mặt đất)
MAE	Ministry of Agriculture and Environment (Bộ Nông nghiệp và Môi trường)
NDBI	Normalized Difference Built-up Index (Chỉ số xây dựng NDBI)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Chỉ số thực vật NDVI)
RANGE	Biên độ dao động nhiệt độ bề mặt
SR	Surface Reflectance (Phản xạ bề mặt)
STD	Standard Deviation (Độ lệch chuẩn)
UI	Urban Index (Chỉ số đô thị)

Danh mục Bảng và Hình

BẢNG 1. TỔNG HỢP DỮ LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU	8
HÌNH 1. KHÔNG GIAN XANH TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HUẾ NĂM 2014 VÀ NĂM 2024	12
HÌNH 2. NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT NỘI ĐÔ, VEN ĐÔ VÀ NÔNG THÔN SO VỚI TRUNG BÌNH THÀNH PHỐ HUẾ THEO TỪNG MÙA HÈ GIAI ĐOẠN 2014-2024	13
HÌNH 3. BẢN ĐỒ CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT (ΔLST) SO VỚI TRUNG BÌNH TOÀN TP HUẾ MÙA HÈ NĂM 2021	14
HÌNH 4. NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT TRUNG BÌNH MÙA HÈ CỦA PHƯỜNG THUẬN HÓA VÀ XÃ QUẢNG ĐIỀN	15
HÌNH 5. NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT TRUNG BÌNH MÙA HÈ CỦA XÃ QUẢNG ĐIỀN VÀ PHƯỜNG AN CỰU (2024-2024)	16
HÌNH 6. CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT NỘI ĐÔ VÀ VEN ĐÔ SO VỚI TRUNG BÌNH THÀNH PHỐ HUẾ THEO TỪNG MÙA HÈ GIAI ĐOẠN 2014-2024	17
HÌNH 7. NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH MÙA HÈ GIỮA VÙNG GIẢM XANH VÀ VÙNG KHÔNG GIẢM XANH TỪNG NĂM GIAI ĐOẠN 2014-2024	18
HÌNH 8. CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ GIỮA VÙNG GIẢM XANH VÀ VÙNG KHÔNG GIẢM XANH TRONG GIAI ĐOẠN 2014-2024	18
HÌNH 9. BIÊN ĐỘ NHIỆT MÙA HÈ TỪNG NĂM TRONG GIAI ĐOẠN 2014-2024	20
HÌNH 10. MỨC ĐỘ PHÂN TÁN CỦA CÁC GIÁ TRỊ NHIỆT ĐỘ QUANH GIÁ TRỊ TRUNG BÌNH	21

1. Tóm tắt



Thành phố Huế, 2023 © Ngô Thanh, ISET

Thành phố Huế là một đô thị thường xuyên chịu tác động của các hiện tượng thời tiết, thiên tai cực đoan. Trong số các hiểm họa thiên tai, nắng nóng cực đoan đang ngày càng trở nên khắc nghiệt hơn do tác động của Biến đổi khí hậu (BĐKH). Bên cạnh yếu tố khí hậu cực đoan, quá trình phát triển đô thị dẫn đến tăng diện tích bề mặt bê tông, suy giảm không gian xanh và mặt nước cũng góp phần làm rủi ro nắng nóng thêm nghiêm trọng. Điều này làm gia tăng áp lực và rủi ro đối với sức khỏe cộng đồng, chi phí năng lượng và sức chịu tải của hạ tầng. Trong bối cảnh Huế đang hướng tới mục tiêu phát triển đô thị xanh và thích ứng với biến đổi khí hậu, việc đánh giá định lượng mối quan hệ giữa suy giảm không gian xanh và biến động nhiệt độ đô thị trở nên đặc biệt cấp thiết.

Báo cáo này được thực hiện nhằm phân tích, đánh giá mức độ ảnh hưởng của sự suy giảm không gian xanh đến nền nhiệt mùa hè của Thành phố Huế trong giai đoạn 2014–2024. Nghiên cứu dựa trên các nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh (Landsat, Sentinel) và dữ liệu khí tượng. Kết quả nghiên cứu cung cấp các bằng chứng khoa học phục vụ quy hoạch không gian xanh, xác định các khu vực dễ tổn thương với nắng nóng cực đoan và đề xuất các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của nắng nóng cực đoan trong tương lai.

Nghiên cứu này sử dụng chuỗi ảnh Landsat 8/9 các tháng mùa hè (tháng 4-7) trong giai đoạn 2014-2024, để tính toán nhiệt độ bề mặt (Land Surface Temperature - LST). Ảnh vệ tinh được xử lý mây bằng dải QA band nhằm loại bỏ các pixel bị mây, bóng mây hoặc sương mù. LST được tính toán dựa trên kênh nhiệt hồng ngoại, hiệu chỉnh phát xạ bề mặt dựa trên chỉ số NDVI và sau đó chuẩn hóa về chênh lệch ΔLST so với trung bình toàn thành phố trong mùa hè từng năm. Để tăng độ tin cậy, LST được hiệu chỉnh bằng số liệu thực đo từ trạm khí tượng Huế, thông qua so sánh và điều chỉnh sai lệch trung bình giữa giá trị LST tính toán và nhiệt độ quan trắc tại thời điểm tương ứng.

Các kết quả được phân tích theo ba nhóm khu vực chính (nội đô, ven đô, nông thôn) dựa trên ranh giới hành chính mới của TP Huế năm 2025, đồng thời so sánh giữa hai nhóm “giảm xanh¹” và “không giảm xanh” để lượng hóa vai trò của thảm thực vật. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng các chỉ số biến thiên gồm độ lệch chuẩn (Std) và biên độ nhiệt (Range) để đánh giá mức độ ổn định hay dao động của nền nhiệt theo thời gian.

1 Trong nghiên cứu này, “giảm xanh” được xác định là các khu vực có chuyển đổi từ trạng thái có che phủ xanh sang không còn che phủ xanh trong giai đoạn 2014-2024, dựa trên phân tích chênh lệch lớp che phủ xanh được phân loại nhị phân từ chỉ số NDVI

Phạm vi nghiên cứu bao gồm toàn bộ địa giới hành chính TP Huế theo ranh giới năm 2025, trong đó nhấn mạnh các lát cắt điển hình: phường Thuận Hóa - đại diện khu nội đô bê tông hóa cao; xã Quảng Điền - khu vực nông thôn còn duy trì nhiều cây xanh; và phường An Cựu (gồm An Cựu cũ, An Đông, An Tây) - vùng ven đô có tốc độ đô thị hóa cao trong thập kỷ qua.

Kết quả

- Trong vòng một thập kỷ qua, thành phố Huế đã chứng kiến tốc độ đô thị hóa nhanh, đi kèm với sự suy giảm đáng kể diện tích xanh. Chỉ trong giai đoạn 2014-2024, diện tích xanh của 12 phường² trung tâm đã giảm khoảng 20%.
- Nhiệt độ khu vực nội đô Huế luôn cao hơn trung bình thành phố 4-8 °C trong mùa hè, nhiệt độ vùng ven đô cao hơn 1-4 °C, trong khi nhiệt độ ở nông thôn thường thấp hơn hoặc ngang bằng nhiệt độ trung bình.
- So sánh trường hợp của Thuận Hóa - Quảng Điền cho thấy khu vực nội đô duy trì mức nhiệt mùa hè trung bình ở mức cao ổn định (36-39 °C), trong khi vùng nông thôn có nền nhiệt thấp hơn (29-33 °C) nhưng biến động giữa các năm rộng hơn. Điều này phản ánh tác động điều tiết nhiệt của thảm thực vật và mặt nước.
- Trường hợp An Cựu - khu vực đô thị hóa nhanh - cho thấy sự chuyển đổi rõ rệt từ trạng thái “mát” gần với nông thôn (2014-2016) sang gần trạng thái “nóng cao” ổn định với nhiệt độ dao động trong khoảng 33-35 °C tính từ sau năm 2020, phản ánh tác động của quá trình bê tông hóa nhanh.
- Kết quả so sánh giữa nhóm “giảm xanh” và “không giảm xanh” cho thấy, các khu vực mất cây xanh có nhiệt độ cao kéo dài và ít biến động (Std và Range thấp), trong khi các khu vực không có sự suy giảm cây xanh có nền nhiệt thấp hơn nhưng dao động rộng hơn (Std và Range cao). Điều này một lần nữa phản ánh vai trò điều tiết nhiệt của cấu trúc bề mặt đan xen cây xanh, mặt nước.

² Phường mới sau khi sáp nhập tính từ ngày 01 tháng 07, 2025

Các kết quả định lượng này chứng minh tác động của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị tại khu vực đô thị trung tâm cũng như tại các vùng ven đô có tốc độ đô thị hóa nhanh thông qua các phân tích không gian và xu thế dài hạn, đồng thời bổ sung khoảng trống dữ liệu thực đo tại Huế. Tuy nhiên, các phân tích trong báo cáo này cũng có một số hạn chế nhất định vì những lý do dưới đây:

Hạn Chế

- Thứ nhất, LST là nhiệt độ bề mặt, không phải nhiệt độ không khí, nên kết quả chủ yếu phản ánh xu thế tương đối và sự khác biệt không gian hơn là giá trị tuyệt đối.
- Thứ hai, ảnh Landsat có chu kỳ lặp dài và chịu ảnh hưởng bởi mây, nên một số năm không có nhiều ảnh và nhóm tác giả đã xử lý khắc phục bằng cách lấy trung bình theo mùa.
- Thứ ba, do không có dữ liệu của trạm quan trắc trong khu vực nội đô, việc hiệu chỉnh LST chỉ thực hiện được dựa trên trạm Huế (nằm ngoài vùng lõi đô thị), nên chưa phản ánh trực tiếp các điểm nóng đô thị.

2. Bối cảnh



Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu toàn cầu đã và đang làm gia tăng tần suất và cường độ các đợt nắng nóng cực đoan, đặc biệt tại các khu vực đô thị. Các thành phố ở miền Trung là một trong những khu vực chịu ảnh hưởng nặng nhất. Tại thành phố Huế, đặc biệt là các phường nội đô và khu ven đô, quá trình đô thị hóa đã diễn ra rõ rệt trong thập kỷ qua, với mật độ dân cư cao ở khu trung tâm và sự gia tăng nhanh các khu xây dựng mới ở vùng ven. Nhiệt độ cao nhất từng ghi nhận ở Huế đạt 42,2 °C vào ngày 27/4/2024, được xem là mức kỷ lục của địa phương. Trước đó, đợt nóng lịch sử năm 2019 đã khiến nhiều tỉnh miền Trung ghi nhận nền nhiệt rất cao, trong đó Huế đạt 40,6 °C, Hà Tĩnh đạt 43,4 °C, mức kỷ lục quốc gia tại thời điểm đó. Đến năm 2023, một kỷ lục mới của Việt Nam được xác lập với 44,1 °C tại trạm Hồi Xuân (Thanh Hóa). Chuỗi kỷ lục này phản ánh xu thế gia tăng nhiệt độ cực trị trong khu vực, đồng thời cho thấy nền khí hậu đang nóng lên rõ rệt. Trong những đợt nắng nóng này, sự chênh lệch nhiệt độ thực tế tại các khu vực trung tâm, có mật độ xây dựng cao với các vùng nông thôn hoặc có nhiều cây xanh, mặt nước là khá lớn. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải xem xét vai trò của không gian xanh và cấu trúc đô thị trong việc điều tiết nền nhiệt và giảm thiểu rủi ro từ các đợt nắng nóng cực đoan.

Việc ứng dụng dữ liệu viễn thám trong nghiên cứu đảo nhiệt đô thị (Urban Heat Island - UHI) đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới và tại Việt Nam. Các dữ liệu ảnh vệ tinh như Landsat, ASTER, MODIS cho phép tính toán nhiệt độ bề mặt (Land Surface Temperature - LST) và phân tích mối quan hệ với lớp phủ bề mặt, từ đó nhận diện sự hình thành và cường độ UHI trong không gian đô thị (Voogt & Oke, 2003; Weng & Yang, 2004; Yuan & Bauer, 2007).

Ở Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã chứng minh vai trò của thay đổi sử dụng đất và giảm diện tích xanh đối với biến động nhiệt đô thị. Tại Hà Nội, thay đổi sử dụng đất và giảm diện tích xanh làm gia tăng chênh lệch nhiệt độ giữa nội đô và vùng ven (Nguyen et al., 2018; Nguyen, 2020; Trinh et al., 2022; Nguyen Thi Thuy Hanh & Quach Thi Chuc, 2022). Tại TP. Hồ Chí Minh, kết quả sử dụng Landsat để theo dõi tốc độ phát triển của các khu đô thị mới cho thấy nhiệt độ bề mặt ở khu vực xây dựng cao hơn đáng kể so với vùng cây xanh và mặt nước (Tran & Ha, 2010; Tran et al., 2011; Trần Thị Vân et al., 2017; Pham et al., 2024).

Tại Huế, quá trình đô thị hóa trong thập niên vừa qua đã diễn ra nhanh chóng với hàng loạt dự án đô thị đã được triển khai. Trong giai đoạn 2014-2024, diện tích mảng xanh trong 12 phường trung tâm giảm từ 26.149 ha xuống 20.539 ha (giảm khoảng 5.610 ha). Tuy nhiên, hiện chưa có nhiều nghiên cứu định lượng về mối quan hệ giữa biến đổi không gian xanh, sử dụng đất và nhiệt độ bề mặt. Trong bối cảnh này, nghiên cứu được thực hiện nhằm phân tích định lượng mối quan hệ giữa suy giảm không gian xanh và biến động nhiệt đô thị tại Huế trong giai đoạn 2014-2024. Thông qua việc sử dụng chuỗi ảnh vệ tinh Landsat, kết hợp các phương pháp hiệu chỉnh và phân tích chỉ số biến thiên nhiệt, nghiên cứu cung cấp bằng chứng khoa học về vai trò của không gian xanh trong việc điều hòa nền nhiệt đô thị, từ đó hỗ trợ công tác quy hoạch không gian xanh, phát triển hạ tầng thích ứng và quản lý rủi ro từ các đợt nắng nóng cực đoan.

3. Phương pháp luận

3.1. Phương pháp luận

Để đánh giá tác động của suy giảm không gian xanh đến đặc điểm nhiệt đô thị tại TP. Huế, nghiên cứu áp dụng một quy trình gồm ba bước chính.

Các bước chính

- 1 thu thập và tiền xử lý dữ liệu đầu vào (ảnh vệ tinh và số liệu khí tượng)
- 2 tính toán các chỉ số chính (LST, NDVI, diện tích xanh) và phân loại khu vực nghiên cứu theo nhóm
- 3 phân tích thống kê theo các lát cắt đặc trưng (nội đô - ven đô - nông thôn; giảm xanh - không giảm xanh; các phường điển hình).

Các lát cắt phân tích chính bao gồm:

1. Sự suy giảm không gian xanh trên địa bàn Thành phố Huế (40 phường) và các phường trung tâm (12 phường) giai đoạn 2014 -2024
2. Đánh giá tác động của không gian xanh đến tình trạng nắng nóng:
 - 2.1. **Chênh lệch nhiệt độ nội đô và ngoại ô:** phân tích nhiệt độ bề mặt đất (land surface temperature - LST) từ ảnh landsat ở nội đô và ngoại ô, hiệu chỉnh LST theo nhiệt độ thực đo.
 - 2.2. **Vùng suy giảm không gian xanh:** So sánh tương đối nhiệt độ khu vực giảm xanh và khu vực không giảm xanh trong cùng thời điểm trong cùng một năm
 - 2.3. **Vùng không thay đổi không gian xanh:** Đánh giá biến thiên nhiệt độ giữa khu vực có đan xen mảng xanh và bề mặt cứng với khu vực giảm xanh mạnh

3.2. Các nguồn dữ liệu chính

Để đánh giá mối quan hệ giữa suy giảm không gian xanh và biến động nền nhiệt đô thị, nghiên cứu sử dụng đồng thời số liệu thực đo khí tượng và dữ liệu ảnh vệ tinh. Cách tiếp cận này cho phép vừa đảm bảo độ tin cậy (thông qua quan trắc trạm) vừa có khả năng bao phủ toàn bộ không gian đô thị (thông qua chuỗi ảnh Landsat và Sentinel).

(1) Dữ liệu khí tượng thực đo

- **Nguồn:** Trạm Khí tượng Huế.
- **Loại dữ liệu:** Nhiệt độ không khí trung bình tháng (tháng 4, 5, 6, 7) giai đoạn 2014-2024.
- **Mục đích:** Tham chiếu và hiệu chỉnh nhiệt độ bề mặt (LST) tính toán từ ảnh vệ tinh.

(2) Dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8/9 - Collection 2, Level-2

- **Nguồn:** Geological Survey (USGS), tải từ cổng Earth Explorer³
- **Đặc điểm:**
 - **Loại dữ liệu:** Collection 2, Level-2 (Surface Reflectance & Surface Temperature). Dữ liệu do NASA và USGS phối hợp thu thập, xử lý tiền xử lý chuẩn theo chuẩn Collection 2 (có hiệu chỉnh bức xạ, khí quyển).
 - **Cảm biến:** Operational Land Imager (OLI - quang học) và Thermal Infrared Sensor (TIRS - nhiệt).
 - **Bảng sử dụng:** SR (Surface Reflectance): Red (B4), NIR (B5) dùng tính NDVI. Thermal: ST_B10 (LST band) dùng tính nhiệt độ bề mặt.
 - **QA PIXEL (chất lượng ảnh):** lọc mây và bóng mây.
 - **Độ phân giải không gian:** Phổ quang học: 30 m. Hồng ngoại nhiệt: 100 m (resampled từ dữ liệu gốc 30 m).
 - **Độ phân giải thời gian:** 16 ngày (chu kỳ lặp).

3 <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- **Thời gian sử dụng:** Các tháng mùa hè (4, 5, 6, 7) trong giai đoạn 2014–2024.
- **Mục đích:** (i) Tính NDVI và phân loại diện tích xanh cho giai đoạn 2014–2018; (ii) Tính LST và xây dựng chuỗi nhiệt độ mùa hè cho toàn bộ giai đoạn 2014–2024.

(3) Dữ liệu Sentinel-2 - Level-2A

- **Nguồn:** Cơ quan Vũ trụ châu Âu (European Space Agency – ESA).
- **Loại dữ liệu:** Sentinel-2 Level-2A (Surface Reflectance).
- **Đặc điểm:**
 - **Độ phân giải không gian:** 10 m (băng Red, NIR).
 - **Chu kỳ lặp:** 5 ngày.
 - **Thời gian sử dụng:** giai đoạn 2019–2024.
- **Mục đích:** Tính NDVI và phân loại diện tích xanh (green area).

(4) Dữ liệu khác

- **Ảnh Google Earth:** Sử dụng các ảnh độ phân giải cao của Google Earth (DigitalGlobe), để kiểm chứng và hiệu chỉnh ngưỡng NDVI khi phân loại “green area”.
- **Ranh giới hành chính:** Shapefile ranh giới phường xã TP. Huế năm 2025, từ nguồn Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam.

! Hạn chế dữ liệu

- Ảnh Landsat có chu kỳ lặp 16 ngày, thường bị mây che vào mùa hè nên một số năm có ít ảnh, do đó chúng tôi đã lấy trung bình nhiều ảnh để giảm sai số.
- Trạm khí tượng Huế chưa phản ánh trực tiếp điều kiện nội đô.
- Phân loại không gian xanh từ NDVI có thể bị ảnh hưởng bởi độ ẩm đất và bóng mây, nghiên cứu xử lý bằng cách hiệu chỉnh bằng ảnh độ phân giải cao Google Earth.

3.3. Các bước tính toán

Sau khi xác định phạm vi và cấu trúc phân tích, nghiên cứu triển khai các bước tính toán như sau:

Các bước chính

- 1 xử lý và hiệu chỉnh dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất từ ảnh viễn thám
- 2 tính toán chỉ số thực vật NDVI để xác định diện tích xanh
- 3 xây dựng các chỉ số đặc trưng (ΔLST , độ lệch chuẩn, biên độ nhiệt) và (iv) phân tích kết quả theo nhóm khu vực và theo các lát cắt không gian

BẢNG 1. Tổng hợp dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu	Nguồn	Thời gian	Độ phân giải	Mục đích sử dụng
Nhiệt độ không khí trung bình tháng 4-7	Trạm KTTV Huế (MAE)	2014-2024		Hiệu chỉnh LST, tham chiếu nền nhiệt
Landsat 8/9 C2 L2	U.S. Geological Survey (USGS)	2014-2024	30 m (quang học), 100 m (nhiệt)	Tính NDVI giai đoạn 2014-2018; Tính LST giai đoạn 2014-2024
Sentinel-2 L2A	European Space Agency (ESA)	2019-2024	10 m	Tính NDVI và phân loại diện tích xanh giai đoạn 2019-2024
Ảnh Google Earth	DigitalGlobe	2014-2024	0,5 m	Kiểm chứng trực quan, hiệu chỉnh ngưỡng NDVI

3.3.1. Nhiệt độ bề mặt đất (LST)

Khái niệm chỉ số LST

Nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature - LST) là đại lượng biểu thị mức nhiệt phát xạ từ bề mặt Trái đất, phản ánh trực tiếp sự tương tác giữa bề mặt (thảm thực vật, đất trống, bê tông, nhựa đường, mặt nước) với bức xạ mặt trời. Khác với nhiệt độ không khí đo bằng trạm khí tượng, LST phản ánh trạng thái nhiệt tức thời của bề mặt, có độ biến thiên mạnh theo loại lớp phủ. Do đó, LST thường được sử dụng trong nghiên cứu đảo nhiệt đô thị (Urban Heat Island - UHI) và đánh giá tác động của sử dụng đất, đặc biệt là trong bối cảnh đô thị hóa.

Công thức tính toán LST

LST được tính từ bức xạ nhiệt (Brightness Temperature - BT) của kênh hồng ngoại nhiệt trên vệ tinh Landsat.

1. Chuyển đổi giá trị số (Digital Number - DN) từ ảnh Landsat thành bức xạ phổ đỉnh khí quyển (TOA Radiance).
2. Tính nhiệt độ bức xạ (Brightness Temperature - BT) từ kênh TIRS.
3. Hiệu chỉnh phát xạ bề mặt (surface emissivity - ϵ) dựa trên NDVI, sử dụng phương pháp ngưỡng NDVI (NDVI threshold method):
 - $NDVI < 0.2 \rightarrow$ đất trống/bề mặt cứng ($\epsilon \sim 0.97$).
 - $NDVI > 0.5 \rightarrow$ thảm thực vật ($\epsilon \sim 0.99$).
 - $0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \rightarrow$ vùng hỗn hợp, tính ϵ theo tỷ lệ diện tích xanh.
4. Tính LST cho từng pixel theo công thức:

$$LST = \frac{BT}{1 + ((\lambda \cdot BT) / \rho) \cdot \ln(\epsilon)} - 273.15 \quad \text{Công thức (1)}$$

trong đó: **BT**: Nhiệt độ bức xạ (Kelvin)
 λ = bước sóng trung tâm của kênh TIRS Band 10
 ρ = hằng số vật lý liên quan hằng số Planck
 ϵ : hệ số phát xạ bề mặt (Surface Emissivity)

Xử lý mây, chọn ảnh và tính toán LST

- Ảnh Landsat 8 Collection 2, Level-2 được xử lý mây và bóng mây dựa trên dải chất lượng QA_PIXEL. Các bitmask liên quan đến mây (cloud), bóng mây (cloud shadow) và sương mù (haze) được áp dụng để loại bỏ các pixel bị nhiễu khí quyển, đảm bảo chỉ giữ lại các pixel có độ tin cậy cao về bức xạ nhiệt.

- Tính LST theo công thức (1) cho từng cảnh ảnh. Từ băng nhiệt ST_B10, tính Nhiệt độ bức xạ BT. LST được tính từ BT theo phương pháp kênh đơn, có hiệu chỉnh hệ số phát xạ bề mặt.
- Toàn bộ ảnh trong khoảng thời gian từ ngày 01/4 đến 31/7 của từng năm được thu thập và xử lý. Với mỗi năm, các ảnh này được tổ hợp theo phương pháp trung vị (median composite) để tạo bản đồ LST mùa hè của năm đó. Phương pháp này có ưu điểm loại bỏ hiệu quả nhiễu còn sót lại sau bước mask mây, đồng thời phản ánh đặc trưng nhiệt độ bề mặt ổn định trong mùa hè.
- Các cảnh ảnh Landsat được lựa chọn được thu nhận trong khoảng thời gian vệ tinh Landsat 8 bay qua vào ban ngày (khoảng 10:00–11:00 giờ địa phương), nhằm đảm bảo tính nhất quán về thời gian trong việc so sánh nhiệt độ bề mặt đất (LST) giữa các năm.

Chuẩn hóa LST theo số liệu trạm đo

Để giảm sự biến thiên giữa các năm liên quan đến điều kiện khí quyển và sự khác biệt về thời gian thu nhận ảnh, phương pháp chuẩn hóa tương đối đã được áp dụng dựa trên dữ liệu nhiệt độ không khí quan trắc tại trạm khí tượng Huế.

- Quy trình như sau:
 - (i) Tính LST trung bình cho toàn bộ khu vực nghiên cứu từ ảnh Landsat trong khoảng thời gian tháng 4-7 của từng năm;
 - (ii) So sánh giá trị trung bình này với nhiệt độ quan trắc trung bình cùng kỳ tại trạm Huế;
 - (iii) Xác định hệ số hiệu chỉnh theo dạng tỷ lệ nhân (multiplicative factor), bằng cách chia nhiệt độ quan trắc cho giá trị LST trung bình Landsat;
 - (iv) Nhân hệ số này với toàn bộ bản đồ LST của năm tương ứng để tạo bản đồ LST đã hiệu chỉnh.
- Phương pháp chuẩn hóa này nhằm giảm sự biến thiên giữa các năm do ảnh hưởng của khí quyển và sự khác biệt trong thời điểm thu nhận ảnh, đồng thời vẫn bảo toàn phân bố không gian và sự tương phản nhiệt tương đối của các mô hình LST gốc từ ảnh Landsat. Quy trình này không nhằm chuyển đổi trực tiếp LST thành nhiệt độ không khí, mà nhằm cải thiện khả năng so sánh điều kiện nhiệt giữa các năm trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu.

3.3.2. Tính NDVI và diện tích xanh

Chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation index)

Chỉ số thực vật NDVI được tính từ kênh đỏ (Red) và cận hồng ngoại (NIR) theo công thức:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Các băng phổ cụ thể:

- Sentinel-2 (2019-2024): NIR (Band 8), Red (Band 4)
- Landsat 8 (2014-2018): NIR (Band 5), Red (Band 4)

Hiệu chỉnh NDVI (NDVI_adj)

Để khử nhiễu trong môi trường đô thị, NDVI_adj được tính bằng cách tổ hợp NDVI gốc và điều kiện bổ sung:

- Các pixel có giá trị NDVI > 0,3 được lựa chọn là khu vực thảm thực vật
- Bổ sung điều kiện Entropy: giữ lại các pixel có giá trị entropy thấp (< 0,5), vốn phù hợp hơn với các bề mặt thảm thực vật đồng nhất và ít liên quan đến các cấu trúc đô thị phức tạp
- Urban Index (UI_NDBI): lựa chọn các pixel có giá trị UI_NDBI thấp, thường liên quan đến các bề mặt có đặc tính giống thảm thực vật, từ đó cải thiện khả năng phân tách giữa khu vực có thực vật và các bề mặt đô thị không thấm có phản xạ phổ tương tự.
- Tham số Entropy được tính qua ô cửa sổ 3x3, UI_NDBI tính bằng tổ hợp NDBI và NDVI. Mô hình raster logic “AND–NOT” được áp dụng để tạo mask cuối cùng.

Định nghĩa

GIẢM XANH

Khu vực có chuyển đổi từ trạng thái có che phủ xanh sang không còn che phủ xanh trong giai đoạn 2014-2024, dựa trên phân tích chênh lệch các lớp che phủ xanh được phân loại nhị phân từ chỉ số NDVI.

KHÔNG GIẢM XANH

Khu vực không ghi nhận sự suy giảm che phủ xanh trong giai đoạn 2014-2024, bao gồm các khu vực duy trì hoặc gia tăng che phủ xanh theo kết quả phân tích NDVI.

Cách phân nhóm này cho phép so sánh trực tiếp đặc điểm nhiệt giữa hai trạng thái sử dụng đất.

Các bước lọc bổ sung này được đưa vào vì nếu chỉ sử dụng NDVI có thể dẫn đến ước tính diện tích thảm thực vật cao hơn thực tế trong môi trường đô thị mật độ cao do hiện tượng nhầm lẫn phổ gây ra bởi bóng đổ, pixel hỗn hợp, cây bụi thưa và các vật liệu không thấm có tính phản xạ cao.

Xác định ngưỡng NDVI

- Việc thử nghiệm ngưỡng NDVI 0,2–0,4 được thực hiện trên 50 điểm kiểm tra tại 10 phường khác nhau. Kết quả ngưỡng 0,3 cho tỷ lệ khớp thực tế cao nhất.
- Ngưỡng entropy (< 0,5) được xác định theo phương pháp thực nghiệm thông qua quá trình so sánh lặp với ảnh tham chiếu độ phân giải cao và đặc điểm lớp phủ đất đô thị.
- Kết quả tính toán NDVI được kiểm chứng với thực tế bằng cách đối chiếu với nguồn ảnh Planet có độ phân giải 5m do Planet Labs cung cấp miễn phí tại các khu vực nhiệt đới thông qua chương trình của chính phủ Na Uy và ảnh Google độ phân giải cao theo năm.

3.2.3. Tính ΔLST, Std và Range

ΔLST (chênh lệch nhiệt độ bề mặt đất):

- ΔLST: chênh lệch giữa LST trung bình của từng phường và LST trung bình toàn thành phố trong cùng một năm.
- Chỉ số này cho phép nhận diện các phường có nhiệt độ cao hơn mức trung bình (điểm nóng) hoặc thấp hơn mức trung bình (điểm mát).

$$\Delta LST(\text{phường}) = LST(\text{phường}) - LST(\text{thành phố})$$

Độ lệch chuẩn (Std)

- Độ lệch chuẩn (Std): phản ánh mức biến động của LST theo năm, tính cho từng phường hoặc từng nhóm phường.
- Std thấp nghĩa là nền nhiệt ổn định, Std cao nghĩa là biến thiên giữa các năm rộng.

$$Std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

trong đó: x_i : giá trị LST mùa hè của từng năm
 \bar{x} : giá trị trung bình của chuỗi LST
 n : số năm

Biên độ (Range)

- **Biên độ (Range):** hiệu số giữa LST max và LST min trong giai đoạn, cho thấy độ dao động cực trị của nền nhiệt.

$$\text{Range} = \text{Max (LST mùa hè)} - \text{Min (LST mùa hè)}$$

3.3.4. Phân tích theo lát cắt và theo nhóm

Phân tích theo lát cắt điển hình

Để làm rõ sự khác biệt chi tiết về biến động nhiệt độ giữa khu vực trung tâm, khu vực đô thị hóa mạnh và khu vực nông thôn còn duy trì diện tích xanh, nghiên cứu lựa chọn các cặp phường/xã đối chứng:

- **Thuận Hóa - Quảng Điền:** Thuận Hóa đại diện cho khu nội đô có mật độ xây dựng cao, bê tông hóa đồng nhất; Quảng Điền đại diện cho khu vực nông thôn với diện tích xanh và mặt nước lớn. Lát cắt này giúp minh họa rõ rệt sự đối lập giữa “điểm nóng đô thị” và “khu vực điều tiết khí hậu tự nhiên”.
- **An Cựu - Quảng Điền:** An Cựu là ví dụ điển hình của khu vực ven đô đang trong quá trình đô thị hóa nhanh. So sánh với Quảng Điền cho phép quan sát xu thế mở rộng của đảo nhiệt đô thị (UHI) từ trung tâm ra ven đô.
- Với các lát cắt này, chuỗi dữ liệu 2014-2024 được phân tích để theo dõi LST trung bình mùa hè theo năm, nhằm chỉ ra sự ổn định hoặc biến động nhiệt độ dài hạn giữa các khu vực.

Phân tích theo nhóm

Song song với lát cắt, nghiên cứu tiến hành gom nhóm khu vực để lượng hóa sự khác biệt tổng thể:

- **Theo vị trí không gian:** nhóm nội đô, ven đô, nông thôn, so sánh Δ LST trung bình của từng nhóm so với trung bình toàn thành phố.
- **Theo trạng thái diện tích xanh:** nhóm giảm xanh (Green loss) và nhóm không giảm xanh (Non-green loss), so sánh trực tiếp giá trị LST trung bình mùa hè để xác định mức độ nóng hơn của các khu vực mất xanh.

Cách tiếp cận này đảm bảo vừa có góc nhìn chi tiết (từng phường điển hình), vừa có góc nhìn tổng quát (nhóm không gian và nhóm trạng thái sử dụng đất), phù hợp với mục tiêu đánh giá tác động của suy giảm không gian xanh đến đặc trưng nhiệt đô thị.

3.3.5. Hạn chế

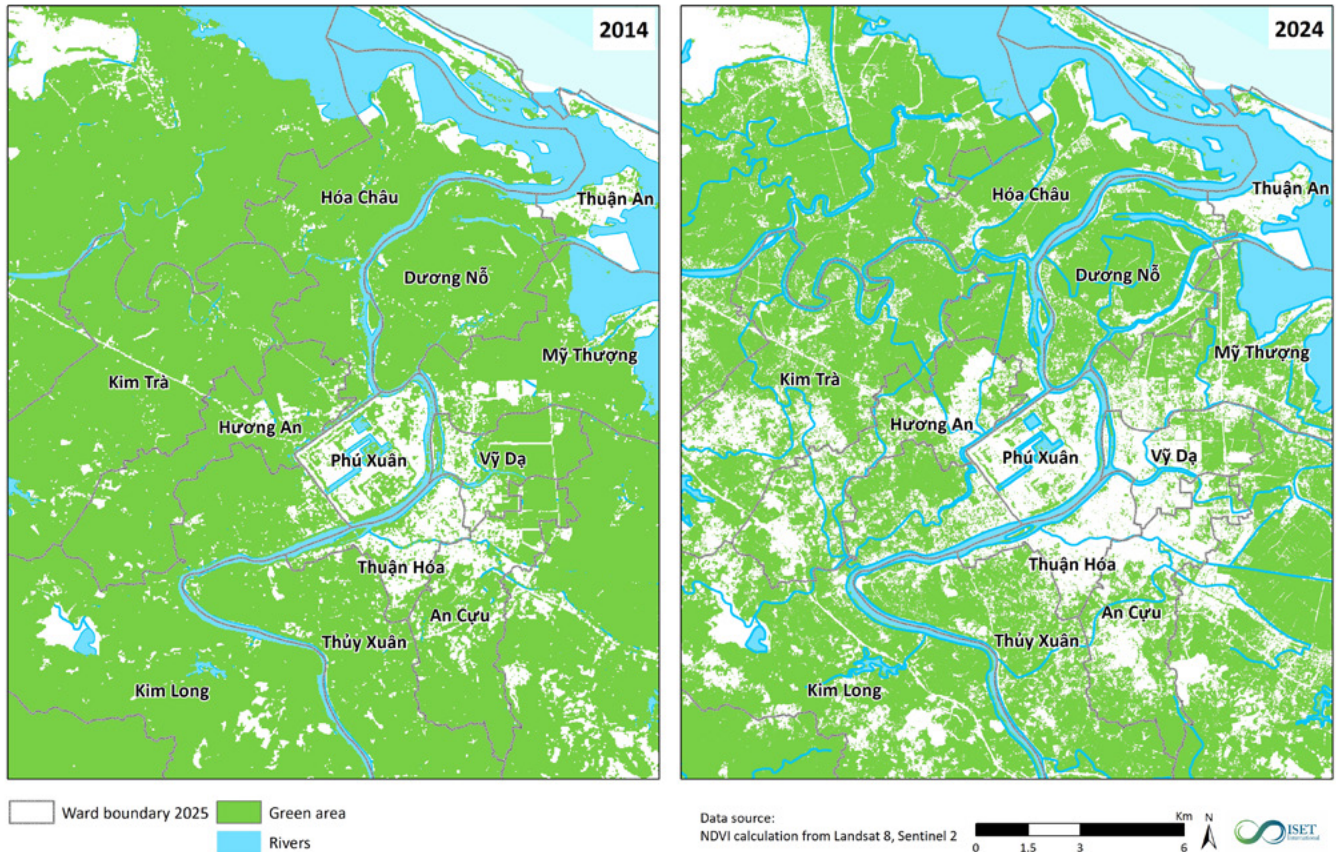
Trong quá trình nghiên cứu, một số hạn chế được ghi nhận:

- LST chỉ phản ánh nhiệt độ bề mặt (đất, bê tông, mái tôn...), không thể thay thế hoàn toàn cho nhiệt độ không khí tại cùng thời điểm. Do đó, kết quả chỉ gián tiếp phản ánh điều kiện nhiệt đô thị.
- Độ phân giải 30 m của Landsat chưa đủ để mô tả chi tiết vi khí hậu trong đô thị (ví dụ: khu phố nhỏ hẹp, công viên, mặt nước quy mô nhỏ). Các biến động cục bộ có thể bị làm mờ.
- Số lượng và chất lượng ảnh theo năm không đồng đều. Ảnh mây nhiều hoặc ít cảnh ảnh (scene) trong một số năm có thể gây sai lệch, mặc dù đã áp dụng tổ hợp trung vị để giảm nhiễu.
- Phân loại diện tích xanh dựa trên NDVI chịu ảnh hưởng bởi độ ẩm đất, bóng râm, mây mỏng, khiến một số pixel bị nhận diện sai mặc dù đã sử dụng ảnh độ phân giải cao để hiệu chỉnh.
- Thiếu dữ liệu khí tượng chi tiết theo phường do đó không thể hiệu chỉnh riêng cho khu vực nội đô, ven đô và nông thôn.



4. Phân tích kết quả

HÌNH 1. Không gian xanh trên địa bàn Thành phố Huế năm 2014 và năm 2024



4.1. Sự suy giảm không gian xanh trên địa bàn Thành phố Huế giai đoạn 2014 -2024

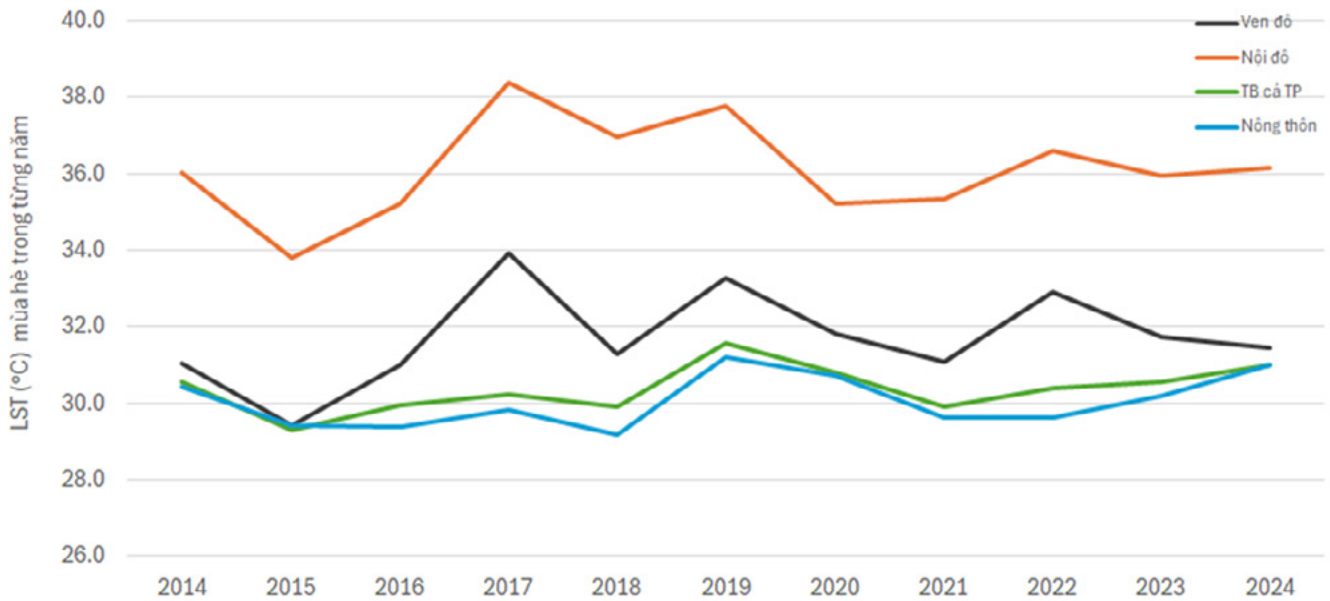
Trong giai đoạn 2014–2024, thành phố Huế đã đô thị hóa mạnh, diện tích cây xanh, ao hồ và ruộng giảm đáng kể. Theo ranh giới phường năm 2025, tính trong ranh giới 12 phường trung tâm Thành phố (An Cựu, Dương Nỗ, Hóa Châu, Hương An, Kim Long, Kim Trà, Mỹ Thượng, Phú Xuân, Thuận An, Thuận Hóa, Thủy Xuân, Vỹ Dạ), diện tích xanh giảm từ 26149 ha trong năm 2014 xuống còn 20539ha trong năm 2024.

Quan sát bản đồ phân bố không gian xanh giai đoạn 2014–2024 (Hình 1) cho thấy xu hướng đô thị hóa tập trung mạnh ở khu vực trung tâm và ven đô Thành phố Huế. Nhiều diện tích cây xanh, ruộng đồng, ao hồ đã bị chuyển đổi thành đất xây dựng, đặc biệt tại các phường Hương An, Hóa Châu, An Cựu và Vỹ Dạ. Đây là các khu vực có mật độ cây xanh cao trong năm 2014, nhưng đến năm 2024 đã xuất hiện nhiều khoảng trống màu trắng (đất xây dựng) chen vào các mảng xanh.

4.2. Chênh lệch nhiệt độ nội đô và ngoại ô

Để phân tích sự khác biệt nhiệt độ bề mặt giữa các khu vực trong thành phố, chúng tôi tiến hành so sánh nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè (tháng 4 đến tháng 7) từng năm giai đoạn 2014-2024, giữa khu vực nội đô, ven đô, nông thôn với nhiệt độ bề mặt trung bình toàn Thành phố Huế (Hình 2).

HÌNH 2. Nhiệt độ bề mặt nội đô, ven đô và nông thôn so với trung bình thành phố Huế theo từng mùa hè giai đoạn 2014-2024



Nội đô (đường cam)

Luôn duy trì mức nhiệt cao nhất trong toàn bộ giai đoạn 2014-2024, thường cao hơn trung bình thành phố (đường xanh lá) khoảng 4-8°C và có thể cao hơn khu vực nông thôn đến 8,2°C (năm 2017). Điều này phản ánh tác động tích lũy của mật độ xây dựng dày đặc, bề mặt bê tông-nhựa đường, cùng với thiếu hụt không gian xanh ở khu vực trung tâm (Phú Xuân, Thuận Hóa).

Ven đô (đường màu đen)

Thể hiện mức nóng trung gian, cao hơn trung bình thành phố khoảng 1-4°C. Tuy nhiên, xu thế này không ổn định như nội đô, mà dao động theo từng năm do ven đô vẫn còn xen kẽ cây xanh, sông ngòi và hồ nước (An Cựu, Dương Nỗ, Hóa Châu, Hương An, Kim Long, Mỹ Thượng, Thanh Thủy, Thủy Xuân, Vỹ Dạ).

Nông thôn (đường xanh dương)

Thường bằng hoặc thấp hơn so với trung bình thành phố, nhiều năm lên đến 1°C. Sự khác biệt này cho thấy vai trò điều tiết rõ rệt của thảm thực vật và không gian xanh, giúp duy trì nhiệt độ ổn định và mát mẻ hơn.

Chênh lệch về nhiệt độ trung bình bề mặt so giữa các khu vực nội đô, ven đô và nông thôn cũng được thể hiện trên bản đồ ở Hình 3. Bản đồ này được xây dựng dựa trên kết quả tính toán chênh lệch nhiệt độ bề mặt (ΔLST) ở từng điểm so với nhiệt độ bề mặt trung bình toàn Thành phố Huế mùa hè năm 2021.

Giá trị ΔLST được tính bằng:

$$\Delta LST_{\text{pixel}} = LST_{\text{pixel}} - LST_{\text{mean_city}}$$

trong đó:

LST_{pixel} : Nhiệt độ bề mặt mùa hè tại từng điểm ảnh (pixel) từ ảnh vệ tinh Landsat đã hiệu chỉnh.

$LST_{\text{mean_city}}$: Nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè của toàn bộ ranh giới hành chính TP Huế.

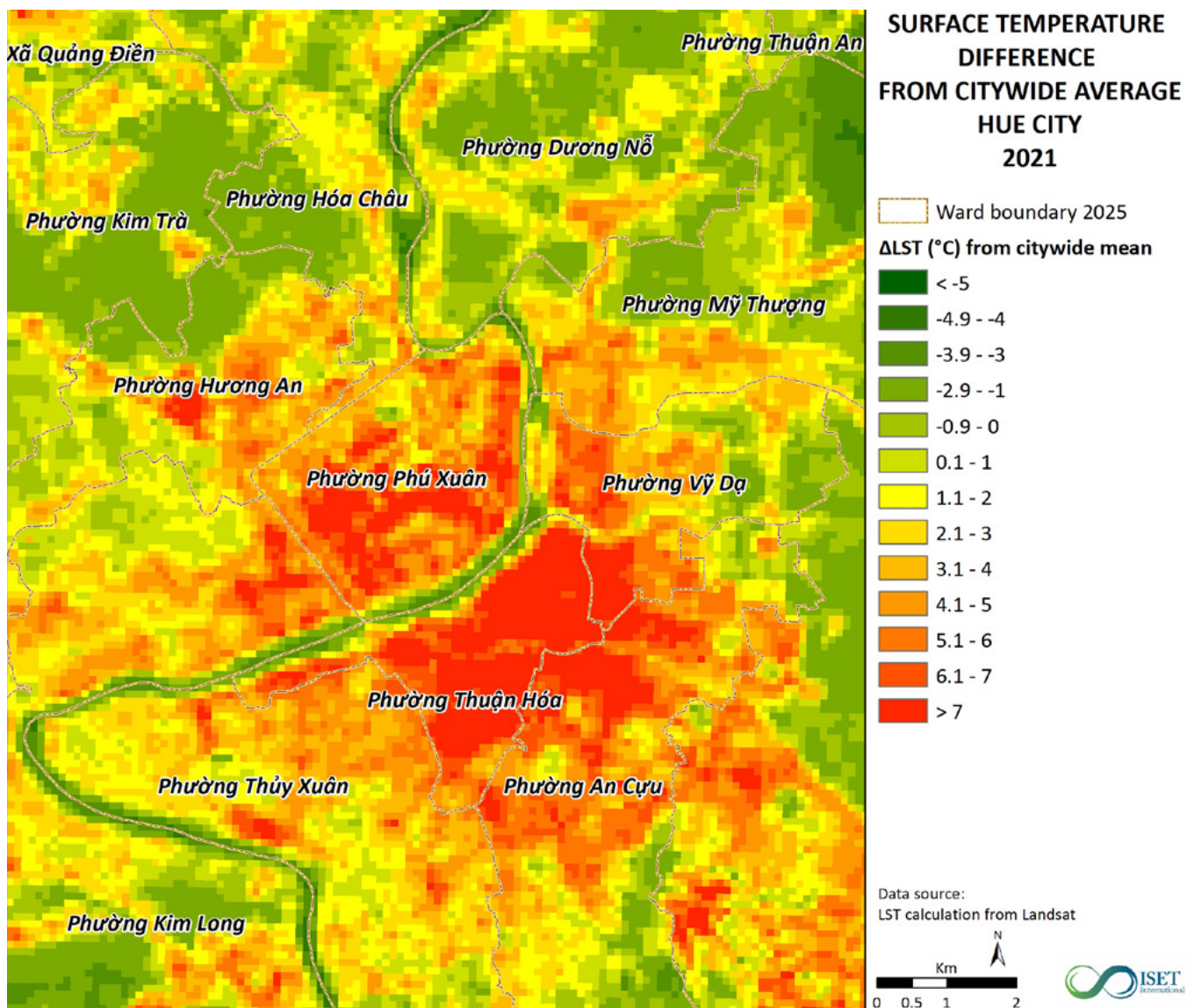
Kết quả thể hiện trên bản đồ cho thấy:

Những vùng màu đỏ/da cam: có nhiệt độ bề mặt cao hơn mức trung bình thành phố (ΔLST dương). Các giá trị cao nhất ($>7^{\circ}\text{C}$ so với trung bình) tập trung tại các phường Thuận Hóa, Phú Xuân, một phần An Cựu và một phần Vỹ Dạ.

Những vùng màu vàng: có nhiệt độ tương đương hoặc hơi cao hơn mức trung bình ($0 - 3^{\circ}\text{C}$). Các vùng này phân bố rải rác, thường bao quanh khu vực ΔLST cao, tạo vùng chuyển tiếp giữa các giá trị nhiệt độ.

Những vùng màu xanh lá: có ΔLST âm, tức mát hơn trung bình toàn thành phố. Các vùng này xuất hiện ở rìa ngoài đô thị hoặc một số khu vực xen kẽ bên trong, với mức chênh lệch từ $-0,9^{\circ}\text{C}$ đến dưới -5°C .

HÌNH 3. Bản đồ chênh lệch nhiệt độ bề mặt (ΔLST) so với trung bình toàn TP Huế mùa hè năm 2021

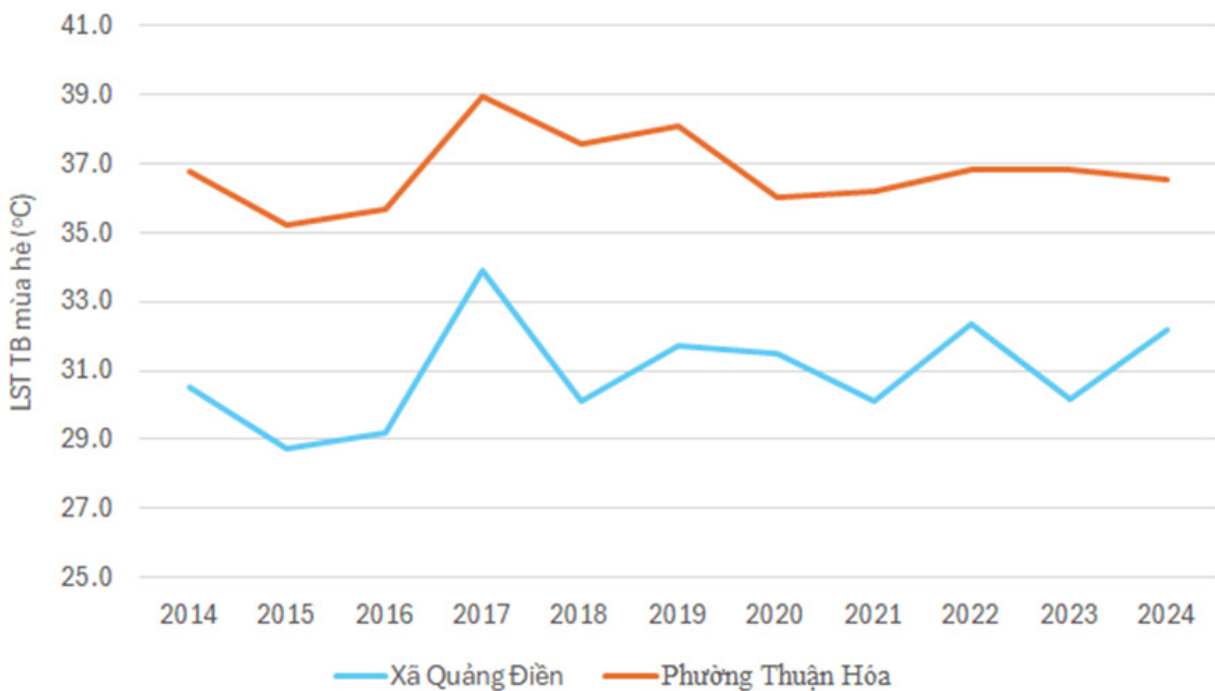


Chênh lệch nhiệt độ đô thị nông thôn

Để cụ thể hóa bức tranh tổng thể này, nghiên cứu lựa chọn hai lát cắt đối chứng tiêu biểu giữa khu trung tâm và khu nông thôn, nhằm minh họa rõ sự khác biệt về nền nhiệt và vai trò của không gian xanh.

Phường Thuận Hóa được chọn làm đại diện cho khu nội đô có mật độ dân cư và bê tông hóa cao, trong khi xã Quảng Điền đại diện cho vùng nông thôn còn duy trì nhiều diện tích xanh và mặt nước. Hình 4 so sánh LST mùa hè (tháng 4-7) giữa Phường Thuận Hóa và Xã Quảng Điền. Kết quả cho thấy rõ vai trò điều tiết nhiệt của thảm thực vật và áp lực nhiệt trong đô thị hóa.

HÌNH 4. Nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè của phường Thuận Hóa và xã Quảng Điền



Quảng Điền (đường xanh dương)

- Nhiệt độ trung bình mùa hè chỉ ở mức 29-33°C, thấp hơn rõ rệt so với Thuận Hóa.
- Mức dao động giữa các năm lớn hơn so với Thuận Hóa, phản ánh sự phụ thuộc vào điều kiện khí tượng từng năm (mưa, bức xạ, gió), cũng như sự đa dạng của cấu trúc bề mặt (ruộng, vườn, ao hồ).
- Điều này cho thấy không gian nông thôn với diện tích cây xanh - mặt nước hoạt động hiệu quả như “lá chắn vi khí hậu”, giúp điều hòa nhiệt.

Thuận Hóa (đường cam)

- LST trung bình mùa hè luôn ở mức 36-39°C, duy trì ổn định trong toàn bộ chuỗi thời gian.
- Biểu đồ cho thấy dù có biến động nhỏ theo từng năm, Thuận Hóa luôn ở trạng thái “nền nhiệt ổn định cao và kéo dài”, phản ánh môi trường đô thị thiếu khả năng tự điều tiết.

Khoảng cách 5-8°C giữa Thuận Hóa và Quảng Điền cho thấy tác động rõ rệt của suy giảm không gian xanh và bê tông hóa đến việc làm tăng nhiệt độ trung bình.

Chênh lệch nhiệt độ ven đô – nông thôn

Hiện tượng đảo nhiệt không chỉ diễn ra ở khu vực trung tâm cũ mà đang có xu hướng lan rộng ra các khu vực ven đô. Để đánh giá tác động của hiện tượng này, phân tích so sánh đã được thực hiện đối với phường An Cựu (gồm An Cựu cũ, An Đông, An Tây) và xã Quảng Điền. Phường An Cựu là khu vực mở rộng không gian đô thị của TP Huế, có tốc độ đô thị hóa nhanh nhất của thành phố trong thập kỷ qua với nhiều dự án khu dân cư, khu đô thị mới và tuyến hạ tầng trọng điểm. Do đó, khu vực này đặc biệt phù hợp để quan sát, phân tích sự thay đổi nhiệt độ gắn với quá trình bê tông hóa và gia tăng mật độ xây dựng.

Hình 5 thể hiện nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè (tháng 4–7) của An Cựu so với Quảng Điền trong giai đoạn 2014–2024, giúp phản ánh rõ tác động của đô thị hóa mới lên nền nhiệt địa phương.

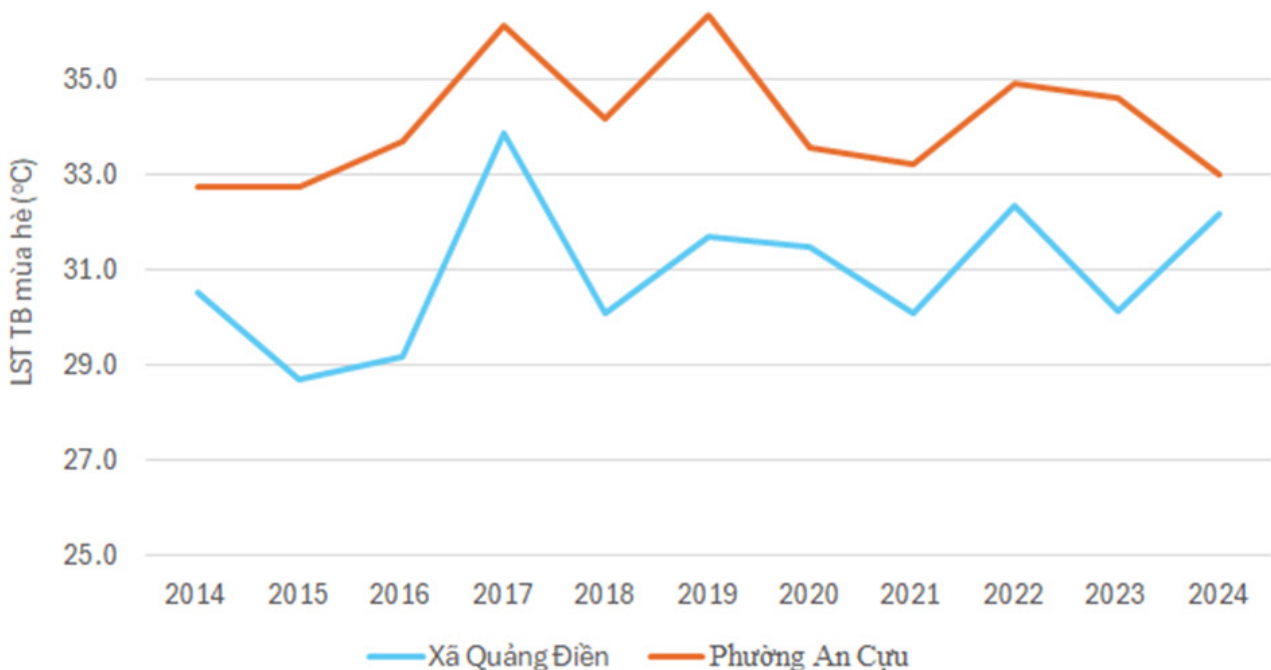
- **Giai đoạn 2014–2016:** Ở An Cựu, nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè duy trì quanh 33 °C, cho thấy dấu ấn nông thôn và mảng xanh còn hiện diện. Trong khi đó, nền nhiệt trung bình ở Quảng Điền thấp hơn (29–33 °C), dao động linh hoạt qua các năm theo điều kiện khí tượng, nhờ diện tích xanh và mặt nước chiếm ưu thế.

- **2017–2022:** Nhiệt độ ở An Cựu tăng rõ rệt, ở mức 34–37 °C, với đỉnh nóng năm 2019 đạt gần 37 °C. Đây là giai đoạn Huế và nhiều tỉnh miền Trung ghi nhận các năm nóng kỷ lục (2017, 2019). Cùng thời gian này, An Cựu mở rộng chứng kiến sự triển khai của nhiều dự án đô thị quy mô lớn ở An Đông và An Tây, dẫn đến sự suy giảm đáng kể diện tích xanh.
- **Sau 2022:** Nhiệt độ bề mặt ở An Cựu duy trì ở mức cao hơn so với Quảng Điền, điều này phản ánh trạng thái duy trì nền nhiệt cao hình thành do quá trình đô thị hóa tiếp tục diễn ra, với nhiều dự án khu đô thị và hạ tầng mới sau 2022 (aeon huế, an cựu galleria...).
- Trong toàn bộ chuỗi thời gian, nhiệt độ bề mặt mùa hè tại phường An Cựu luôn cao hơn Quảng Điền, với mức chênh lệch phổ biến khoảng 2–4 °C. Khoảng chênh lệch này khá ổn định theo thời gian, cho thấy đây không phải là biến động ngẫu nhiên mà phản ánh sự khác biệt cấu trúc về sử dụng đất và mức độ đô thị hóa giữa hai khu vực.

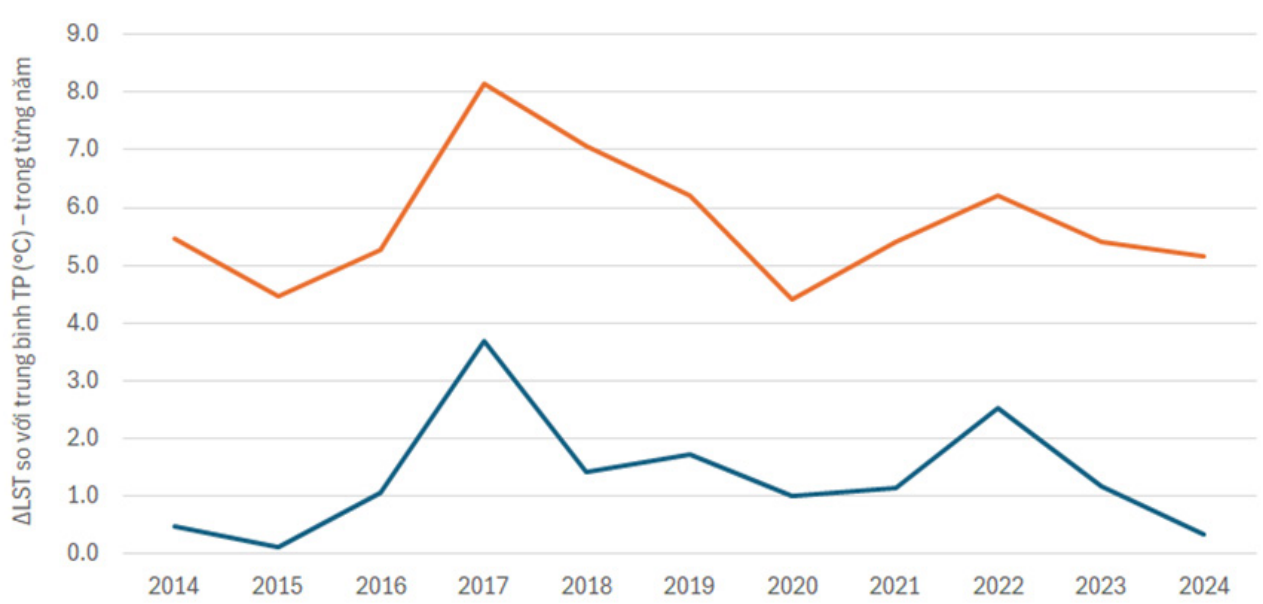
Chênh lệch nhiệt độ nội đô – ven đô

Để định lượng chính xác hơn mức chênh lệch giữa nội đô và ven đô trong mùa hè theo từng năm, chúng tôi so sánh chênh lệch nhiệt độ bề mặt của các phường nội đô và ven đô với giá trị trung bình toàn thành phố mùa hè từng năm. Kết quả trên Hình 6 cho thấy, nhiệt độ khu vực nội đô luôn cao hơn trung bình toàn thành phố và cao hơn đáng kể so với khu vực ven đô. Cụ thể như sau:

HÌNH 5. Nhiệt độ bề mặt trung bình mùa hè của xã Quảng Điền và phường An Cựu (2014-2024)



HÌNH 6. Chênh lệch nhiệt độ bề mặt nội đô và ven đô so với trung bình thành phố Huế theo từng mùa hè giai đoạn 2014-2024



Đường cam (nội đô)

Thể hiện mức chênh lệch LST trung bình của 2 phường lõi trung tâm (Phú Xuân, Thuận Hóa) so với LST trung bình toàn TP trong mùa hè (tháng 4 đến tháng 7) của cùng năm. Biểu đồ trên Hình 6 cho thấy, khu vực nội đô luôn nóng hơn mức trung bình toàn TP từ khoảng 4.5 đến 8°C và hơn khu vực ven đô khoảng 3.5 đến 5°C

Đường xanh (ven đô)

Thể hiện mức chênh lệch LST trung bình của 9 phường ven đô gồm An Cựu, Dương Nỗ, Hóa Châu, Hương An, Kim Long, Mỹ Thượng, Thanh Thủy, Thủy Xuân, Vỹ Dạ so với LST trung bình toàn TP trong cùng năm. Giá trị cũng dương ở hầu hết các năm (cao hơn khoảng 1–4°C so với trung bình TP), nhưng vẫn thấp hơn rõ rệt so với đường cam (khu vực nội đô).

Tổng hợp lại, sự khác biệt về nhiệt độ giữa nội đô, ven đô và nông thôn tại Huế cho thấy hiệu ứng đảo nhiệt đô thị lặp lại qua nhiều năm ở khu trung tâm, vừa mở rộng ra các vùng ven đô đang đô thị hóa nhanh, trong khi nông thôn vẫn giữ vai trò quan trọng trong điều tiết nền nhiệt. Điều này khẳng định không gian xanh là yếu tố then chốt để giảm áp lực nhiệt và bảo vệ sức khỏe cộng đồng trong bối cảnh đô thị hóa và biến đổi khí hậu.



Thành phố Huế, 2023 © Ngô Thanh, ISET

4.3. Tác động cục bộ của suy giảm không gian xanh đến nhiệt độ bề mặt

Để đi sâu phân tích tác động cục bộ của suy giảm không gian xanh chúng tôi tiến hành so sánh trực tiếp nhiệt độ bề mặt giữa các khu vực có sự suy giảm không gian xanh và khu vực không giảm trong cùng phường và cùng mùa hè trong cùng năm nhằm loại trừ ảnh hưởng của biến động khí hậu theo năm.

Chênh lệch nhiệt độ bề mặt (LST) giữa vùng giảm xanh và không giảm xanh được tính toán theo công thức sau:

$$\Delta (\text{Delta}) = \text{LST}(\text{giảm xanh}) - \text{LST}(\text{không giảm xanh})$$

trong đó:

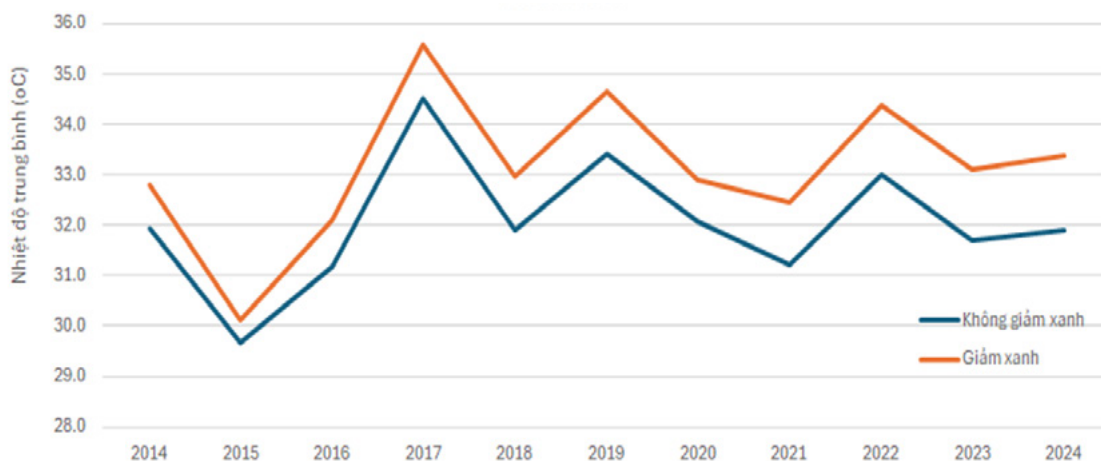
Δ (Delta) là chênh lệch nhiệt độ bề mặt

LST(giảm xanh) là nhiệt độ bề mặt vùng giảm xanh

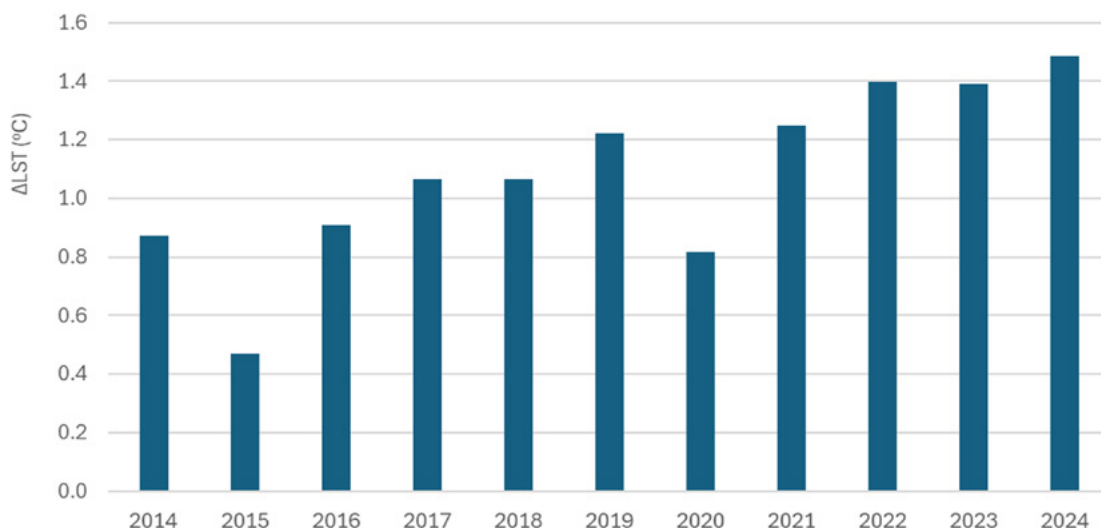
LST(không giảm xanh) là nhiệt độ bề mặt vùng không giảm xanh

Hình 7 và Hình 8 thể hiện giá trị trung bình nhiệt độ bề mặt và chênh lệch nhiệt độ bề mặt giữa vùng giảm xanh và vùng không

HÌNH 7. Nhiệt độ trung bình mùa hè giữa vùng giảm xanh và vùng không giảm xanh từng năm giai đoạn 2014-2024



HÌNH 8. Chênh lệch nhiệt độ giữa vùng giảm xanh và vùng không giảm xanh trong giai đoạn 2014-2024



giảm xanh của 12 phường nội và ven đô thành phố Huế, bao gồm An Cựu, Dương Nỗ, Hóa Châu, Hương An, Kim Long, Kim Trà, Mỹ Thượng, Phú Xuân, Thuận An, Thuận Hóa, Thủy Xuân, Vỹ Dạ trong giai đoạn 2014-2024.

Kết quả tính toán cho thấy, trong toàn bộ giai đoạn đánh giá, nhiệt độ bề mặt của vùng giảm xanh luôn (dao động từ khoảng 30,1°C đến 35,7°C) cao hơn vùng không giảm xanh (dao động từ khoảng 29,5°C đến 34,5°C). Ngoài ra, chênh lệch nhiệt độ giữa hai vùng này có xu thế tăng cao hơn từ sau 2020 và duy trì ở mức cao đến cuối giai đoạn. Năm 2024 ghi nhận chênh lệch cao nhất toàn chuỗi (1,49°C), cho thấy tác động của việc suy giảm không gian xanh đến gia tăng nhiệt độ bề mặt đã đạt mức đáng kể.

Tóm lại, kết quả so sánh trong cùng mùa hè và trong cùng đơn vị hành chính cho thấy các khu vực suy giảm không gian xanh luôn ghi nhận nhiệt độ bề mặt cao hơn so với các khu vực còn duy trì cây xanh. Việc thực hiện so sánh theo cùng năm giúp loại trừ ảnh hưởng của biến động khí hậu nhiều năm, qua đó khẳng định rõ tác động cục bộ và trực tiếp của suy giảm không gian xanh đến gia tăng nền nhiệt đô thị. Tuy nhiên, sự khác biệt này không chỉ thể hiện ở mức nhiệt trung bình, mà còn ở đặc điểm duy trì và biến thiên của nền nhiệt theo thời gian, được phân tích chi tiết trong mục tiếp theo.



Phường An Đông, Thành phố Huế, 2025 © Ngô Thanh, ISET

4.4. Vai trò của không giảm xanh đến chế độ biến thiên nhiệt độ

Bên cạnh sự khác biệt về nhiệt độ trung bình, một đặc điểm quan trọng khác của môi trường nhiệt đô thị là mức độ ổn định hay dao động của nền nhiệt theo thời gian. Phần này phân tích sự khác biệt về chế độ biến thiên nhiệt độ giữa các khu vực giảm xanh và không giảm xanh, nhằm làm rõ vai trò của không gian xanh trong việc điều tiết vi khí hậu và hạn chế tình trạng nắng nóng kéo dài. Để đánh giá các yếu tố này, nghiên cứu so sánh hai chỉ số biến thiên là độ lệch chuẩn (Std) và biên độ nhiệt (Range) giữa nhóm giảm xanh và không giảm xanh. Std và Range thấp nhưng đi kèm nền nhiệt cao cho thấy khu vực đó luôn nóng liên tục, ít biến đổi – đặc trưng của các bề mặt đã bị bê tông hóa đồng nhất. Std và Range cao nhưng trên nền nhiệt thấp hơn phản ánh sự phân tán nhiệt độ lớn hơn, do cấu trúc bề mặt đa dạng hơn (có xen kẽ cây xanh, mặt nước), giúp tạo ra môi trường điều tiết nhiệt tốt hơn.

Phạm vi phân tích gồm 12 phường nội đô và ven đô: An Cựu, Dương Nỗ, Hóa Châu, Hương An, Kim Long, Kim Trà, Mỹ Thượng, Phú Xuân, Thuận An, Thuận Hóa, Thủy Xuân, Vỹ Dạ.

Nhiệt độ được so sánh giữa hai nhóm:

Không giảm xanh

Không ghi nhận sự suy giảm che phủ xanh, thường là các khu vực có sự xen kẽ giữa mảng cây xanh và bề mặt xây dựng.

Giảm xanh

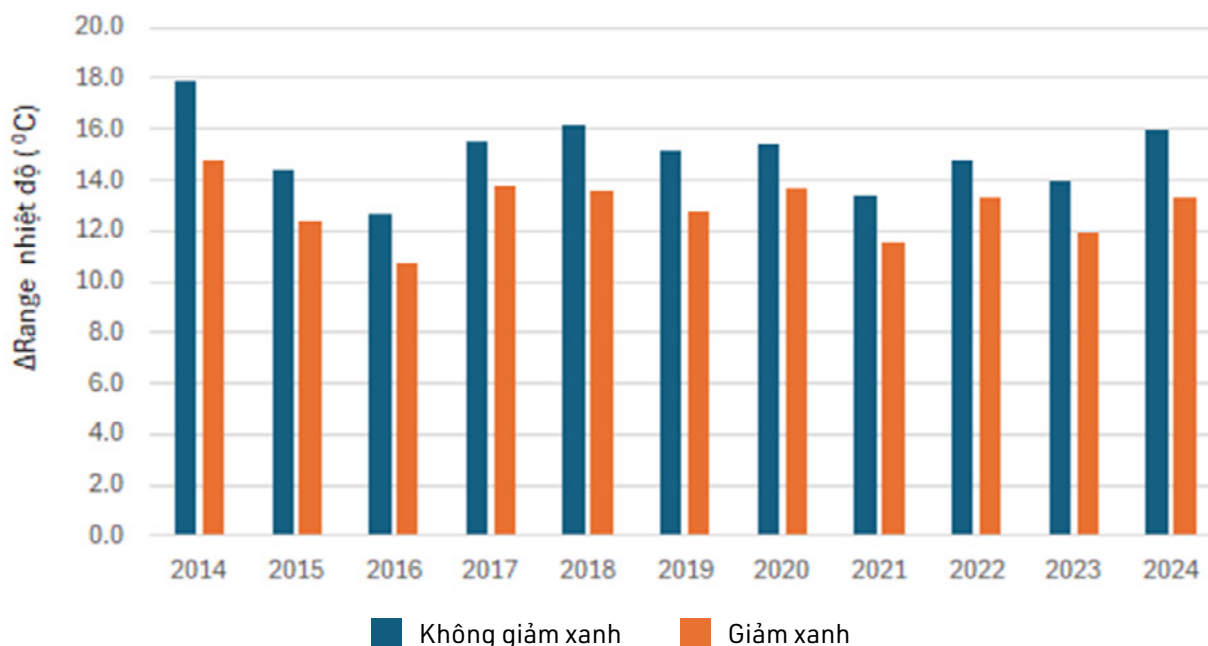
Diện tích cây xanh suy giảm, bề mặt xây dựng đồng nhất hơn.

So sánh biên độ nhiệt

Hình 9 biểu thị biên độ nhiệt (Range), được tính bằng khoảng chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của nhiệt độ trung bình bề mặt trong cùng một năm, tính cho 12 phường ($\text{Range} = \text{Max}(\text{LST mùa hè}) - \text{Min}(\text{LST mùa hè})$). Biên độ nhiệt càng lớn cho thấy, trong cùng một năm, sự chênh lệch giữa giá trị nhiệt độ bề mặt cao nhất và thấp nhất của nhóm giảm xanh (hoặc nhóm không giảm xanh) càng lớn.

Theo kết quả tính toán thể hiện trên Hình 9, biên độ nhiệt độ bề mặt (Range) của nhóm không giảm xanh luôn lớn hơn so với nhóm giảm xanh trong toàn bộ giai đoạn 2014–2024. Mức chênh lệch biên độ giữa hai nhóm dao động khoảng 1,5–3,0°C, cho thấy sự khác biệt có tính ổn định và lặp lại theo thời gian, không phải hiện tượng ngẫu nhiên của một vài năm riêng lẻ. Điều này cho thấy, trong cùng một năm, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các khu vực nóng nhất và mát nhất trong nhóm không giảm xanh rõ rệt hơn, gắn với cấu trúc bề mặt còn đa dạng và sự

HÌNH 9. Biên độ nhiệt mùa hè từng năm trong giai đoạn 2014–2024



đan xen giữa mảng xanh, mặt nước và bề mặt xây dựng. Ngược lại, biên độ nhiệt hẹp hơn ở nhóm giảm xanh cho thấy nền nhiệt cao duy trì lâu hơn và đồng đều hơn. Điều này phản ánh đặc trưng cho các khu vực đã đô thị hóa mạnh, diện tích bề mặt nước và không gian xanh không đủ để đảm bảo khả năng điều tiết vi khí hậu.

So sánh độ lệch chuẩn

Độ lệch chuẩn (Std) phản ánh mức độ phân tán của nhiệt độ bề mặt giữa các khu vực thuộc cùng một nhóm quanh giá trị trung bình trong từng năm. Std càng lớn thì dữ liệu biến động mạnh quanh trung bình. Độ lệch chuẩn được tính theo công thức sau:

$$\text{Std} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

trong đó:

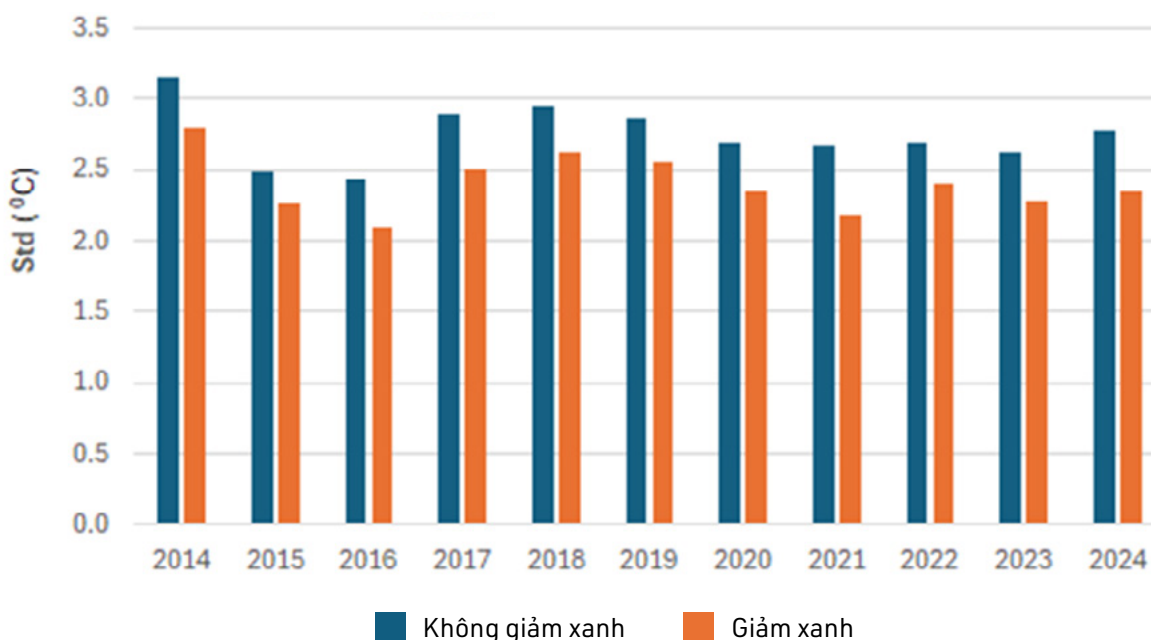
- x_i :** là giá trị nhiệt độ bề mặt (LST) trung bình mùa hè của khu vực i (thuộc nhóm giảm xanh hoặc nhóm không giảm xanh).
- \bar{x} :** là giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình của toàn bộ các khu vực trong cùng nhóm, trong cùng năm.
- n :** là số lượng khu vực trong nhóm giảm xanh hoặc không giảm xanh

Kết quả tính toán được thể hiện ở Hình 10, theo đó, ở tất cả các năm trong giai đoạn 2014-2024, nhóm không giảm xanh có Std trong mùa hè cao hơn so với nhóm giảm xanh. Cụ thể, biên độ Std của nhóm không giảm xanh là từ 2,4°C đến 3,2°C trong khi của nhóm giảm xanh dao động từ 2,1°C đến 2,9°C.

Theo kết quả ở mục 4.3, nhiệt độ trung bình của vùng giảm xanh và khu vực nội đô nơi có tốc độ đô thị hóa cao luôn lớn hơn vùng không giảm xanh/nông thôn ở tất cả các năm. Điều này kết hợp với biên độ nhiệt và độ lệch chuẩn thấp ở vùng giảm xanh cho thấy, khu vực giảm xanh (suy giảm đáng kể không gian xanh, bề mặt cứng chiếm ưu thế) có nhiệt độ bề mặt duy trì ở mức cao và khả năng điều tiết khí hậu thấp. Đây là môi trường nắng nóng kéo dài, khắc nghiệt hơn, tạo ra rủi ro sức khỏe đối với cư dân.

Ngược lại, ở nhóm không giảm xanh có độ lệch chuẩn và biên độ nhiệt cao hơn phản ánh sự dao động rộng hơn nhưng trên nền nhiệt thấp hơn nhờ vào khả năng điều hòa nhiệt độ của mảng xanh và mặt nước, giúp giảm nóng và giảm áp lực nhiệt lên cộng đồng.

HÌNH 10. Mức độ phân tán của các giá trị nhiệt độ quanh giá trị trung bình



5. Kết luận và Kiến nghị

Kết luận

Phân tích dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất LST trung bình mùa hè (tháng 4–7) giai đoạn 2014–2024 cho thấy tác động rõ rệt của sự thay đổi không gian xanh đến đặc điểm nhiệt đô thị tại TP. Huế, cụ thể như sau:

1

Diện tích mảng xanh suy giảm đáng kể

Diện tích mảng xanh tại TP. Huế đã suy giảm đáng kể trong giai đoạn 2014–2024, tập trung chủ yếu tại các phường trung tâm và ven đô nơi có tốc độ đô thị hóa nhanh, làm thay đổi cấu trúc lớp phủ bề mặt đô thị.

2

Hiệu ứng đảo nhiệt có xu thế lan tỏa ra khu vực ven đô

Trường hợp phường An Cựu cho thấy quá trình chuyển đổi nhanh từ nền nhiệt tương đối mát sang “nóng cao ổn định” sau năm 2020. Đây là minh chứng cho việc bê tông hóa và mở rộng đô thị đã góp phần làm lan rộng các điểm nóng nhiệt ra ngoài lõi đô thị hiện hữu.

3

Hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (UHI) thể hiện rõ rệt và ổn định theo thời gian

Nhiệt độ khu vực Nội đô Huế (như Phú Xuân, Thuận Hóa) và khu vực ven đô luôn cao hơn trung bình thành phố lần lượt là khoảng 4–8°C và 1–4°C; trong khi nông thôn duy trì nền nhiệt thấp hơn hoặc xấp xỉ trung bình. Sự chênh lệch này phản ánh rõ ảnh hưởng của đô thị hóa và cấu trúc bề mặt đến nền nhiệt.

4

Các khu vực suy giảm không gian xanh có nhiệt độ trung bình cao hơn rõ rệt

So sánh trong cùng năm và cùng mùa hè cho thấy, khu vực giảm xanh luôn ghi nhận nhiệt độ bề mặt cao hơn khu vực không giảm xanh. Mức chênh lệch nhiệt độ bề mặt tăng rõ hơn từ sau năm 2020 và đạt khoảng 1,5°C vào năm 2024. Điều này khẳng định suy giảm diện tích mảng xanh là yếu tố làm gia tăng nền nhiệt và xu thế này ngày càng ổn định và rõ ràng.

5

Suy giảm không gian xanh có tác động bất lợi đến chế độ nhiệt đô thị

kết quả phân tích biên độ nhiệt và độ lệch chuẩn cho thấy, nhóm giảm xanh có mức biến thiên nhiệt thấp hơn, phản ánh nền nhiệt độ và tương đối đồng đều ở các khu vực trong nhóm, đặc trưng cho tình trạng nắng nóng kéo dài và thiếu khả năng tự điều tiết vi khí hậu. Ngược lại, nhóm không giảm xanh có biên độ nhiệt và độ lệch chuẩn cao hơn, nghĩa là nhiệt độ dao động nhiều hơn nhưng trên nền nhiệt thấp hơn, nhờ sự tồn tại của các mảng xanh, mặt nước giúp phân tán và điều hòa nhiệt độ hiệu quả hơn.



Mặc dù nghiên cứu này tập trung phân tích nhiệt độ bề mặt chứ không phải nhiệt độ không khí, chuỗi phân tích nhất quán theo thời gian và so sánh tương đối trong cùng năm cho phép nhận diện đáng tin cậy các xu thế nhiệt đô thị tại TP. Huế. Từ các kết quả này, có thể khẳng định rằng việc bảo vệ và mở rộng không gian xanh tại TP. Huế không chỉ góp phần giảm nhiệt trung bình mà còn đóng vai trò then chốt trong việc duy trì cân bằng vi khí hậu và giảm rủi ro từ nắng nóng đô thị trong bối cảnh biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ.

Kiến nghị

Trên cơ sở các kết quả phân tích về suy giảm không gian xanh và biến động nhiệt đô thị tại TP. Huế, phần dưới đây đề xuất một số khuyến nghị theo ba trụ cột Quy hoạch – Dữ liệu – Con người, nhằm giảm thiểu rủi ro nắng nóng, tăng cường khả năng thích ứng và nâng cao tính chống chịu của đô thị Huế trước BĐKH.



QUY HOẠCH

Định hình không gian đô thị thích ứng nhiệt

1

Ưu tiên bảo vệ mảng xanh còn lại

tại các phường nội đô và ven đô đang có sự suy giảm diện tích mảng xanh nhanh (Phú Xuân, Thuận Hóa, An Cựu, Vỹ Dạ, Hương An) thông qua việc xác định các “vùng xanh trọng yếu” trong quy hoạch phân khu và hạn chế chuyển đổi sang đất xây dựng, nhằm kiểm soát gia tăng nhiệt đô thị. Đây là giải pháp phòng ngừa trực tiếp nhằm kiểm soát gia tăng nhiệt đô thị tại các khu vực đã có nền nhiệt cao.

2

Tích hợp có hệ thống các giải pháp hạ tầng xanh

Các giải pháp như công viên quy mô nhỏ, hành lang xanh, cây xanh dọc các tuyến phố, ao hồ và mặt nước đô thị cần tích hợp vào các đề án quy hoạch và dự án đô thị mới, đặc biệt tại khu ven đô đang đô thị hóa nhanh. Cách tiếp cận nên theo hướng ưu tiên phân tán các điểm nóng nhiệt thông qua mạng lưới không gian xanh liên kết, thay vì chỉ tập trung vào các công viên lớn.

3

Sử dụng bản đồ điểm nóng nhiệt làm công cụ hỗ trợ ra quyết định quy hoạch

Các kết quả phân tích nhiệt độ bề mặt và suy giảm không gian xanh cần được tích hợp vào quy trình lập, rà soát và điều chỉnh quy hoạch đô thị, nhằm định vị rõ các khu vực cần hạn chế mật độ xây dựng hoặc ưu tiên bổ sung không gian xanh.

DỮ LIỆU

Giám sát – Cảnh báo sớm nắng nóng đô thị

1

Xây dựng hệ thống quan trắc nhiệt đô thị

Thiết lập mạng lưới cảm biến quan trắc nhiệt độ và độ ẩm tại các khu vực trọng điểm trong nội đô và ven đô, kết nối trực tiếp với nền tảng Huế-S, làm cơ sở cho cảnh báo sớm nắng nóng, theo dõi hiệu quả hạ tầng xanh và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý rủi ro khí hậu đô thị.

2

Giám sát không gian xanh:

Xây dựng cơ chế giám sát định kỳ diện tích mảng xanh, mặt nước và nhiệt độ bề mặt bằng ảnh viễn thám, với chu kỳ hàng năm hoặc 2 năm/lần, nhằm theo dõi xu thế thay đổi diện tích mảng xanh, xác định các điểm nóng nhiệt, làm cơ sở cho điều chỉnh chính sách và quy hoạch đô thị.

3

Chuẩn hóa dữ liệu nhiệt – mảng xanh

Các dữ liệu quan trắc và viễn thám cần được chuẩn hóa, tích hợp và chia sẻ giữa các cơ quan chuyên môn, tạo nền tảng dữ liệu thống nhất phục vụ quản lý rủi ro khí hậu đô thị và ra quyết định dựa trên bằng chứng.

Con người – Thẻ chế – Cộng đồng

1

Liên kết với chiến lược thích ứng BĐKH và Phòng chống thiên tai

Tích hợp nội dung thích ứng với nắng nóng cực đoan vào các kế hoạch hành động ứng phó biến đổi khí hậu và Kế hoạch Phòng chống thiên tai của TP Huế. Quá trình lồng ghép cần sử dụng kết quả phân tích điểm nóng nhiệt và vùng suy giảm không gian xanh để nhằm định vị các vùng dễ tổn thương và ưu tiên đầu tư hạ tầng xanh.

2

Hỗ trợ y tế – cộng đồng

Triển khai các biện pháp hỗ trợ y tế cộng đồng tại các khu vực có mật độ xây dựng lớn, diện tích mảng xanh giảm nhiều và ghi nhận nhiệt độ cao kéo dài. Một số giải pháp hỗ trợ có thể tính đến như: cảnh báo sớm nắng nóng, bố trí điểm trú mát công cộng, tăng cường cây xanh bóng mát quanh trường học và cơ sở y tế. Các giải pháp cần hướng đến và ưu tiên các nhóm dễ bị tổn thương như người cao tuổi, trẻ em và lao động ngoài trời.

Hóa Châu

Dương Nỗ

Kim Trà

Hương An

Phú Xuân



Để biết thêm chi tiết, xin liên hệ:

Vũ Cảnh Toàn, Phụ trách kỹ thuật, Văn phòng tổ chức ISET tại Việt Nam
toanvu@i-s-e-t.org

Tìm hiểu về ISET: <https://i-s-e-t.org>

Theo dõi chúng tôi tại LinkedIn và Facebook

[in/company/iset](https://www.linkedin.com/company/iset) [f /ISETInternational](https://www.facebook.com/ISETInternational)

Quét để xem tài liệu



Thủy Xuân

Cự