

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI**

**BÁO CÁO TỔNG HỢP**

**ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ  
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024  
NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT TỈNH THANH  
HÓA GIAI ĐOẠN 2000-2022 TRÊN NỀN TẢNG ỨNG DỤNG  
GOOGLE EARTH ENGINE**

**MÃ SỐ: 13.01.24.E.02**

**Tổ chức chủ trì:** Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

**Chủ nhiệm đề tài:** Lê Thị Thường

**Hà Nội - 2024**

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

## BÁO CÁO TỔNG HỢP

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ  
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024  
NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT TỈNH THANH  
HÓA GIAI ĐOẠN 2000-2022 TRÊN NỀN TẢNG ỨNG DỤNG  
GOOGLE EARTH ENGINE

MÃ SỐ: 13.01.24.E.02

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Lê Thị Thường

TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI  
KT. HIỆU TRƯỞNG  
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



Lê Thị Trinh

Hà Nội - 2024

# THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

## 1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Nghiên cứu sự thay đổi nhiệt độ bề mặt tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2000 - 2022 trên nền tảng ứng dụng Google Earth Engine
- Mã số: Mã số: 13.01.24.E.02
- Chủ nhiệm đề tài: TS Lê Thị Thường
- Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
- Thời gian thực hiện: năm 2024

## 2. Mục tiêu:

Tính toán được chỉ số nhiệt độ bề mặt giai đoạn 2000-2020 thông qua ảnh Landsat trên nền tảng ứng dụng Google Earth Engine cho khu vực tỉnh Thanh Hóa.

Đánh giá được sự thay đổi nhiệt độ bề mặt khu vực tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2000 – 2022 nhằm làm cơ sở cho công tác quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

## 3. Tính mới và sáng tạo:

Việc tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt từ nguồn tư liệu ảnh viễn thám thông qua nền tảng Google Earth Engine là hướng nghiên cứu mới, đang được nhiều nhà khoa học quan tâm hiện nay. Đây là một trong những ứng dụng rất quan trọng trong việc xác định, khai thác thông tin từ nguồn dữ liệu ảnh lớn nhưng tốc độ xử lý tốt, kết quả cho cái nhìn trực quan, sinh động.

## 4. Kết quả nghiên cứu:

Tính toán được chỉ số nhiệt độ bề mặt giai đoạn 2000-2022 thông qua ảnh Landsat trên nền tảng ứng dụng Google Earth Engine cho khu vực Thành phố Thanh Hóa. Qua đó đánh giá chung sự biến đổi của nhiệt độ bề mặt theo không gian, thời gian, thấy được các tác động của quá trình đô thị hoá đến quá trình gia tăng nhiệt độ bề mặt.

**5. Sản phẩm:** 01 Báo cáo tổng kết; 01 Báo cáo tóm tắt; 01 bài báo khoa học

**6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:**

### *6.1 Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng*

- Kết quả của đề tài sẽ được chuyển giao toàn bộ cho bộ môn Thủy văn thuộc

khoa Khí tượng Thủy văn, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà nội đề phục vụ cho việc đào tạo và các nhiệm vụ khác có liên quan.

- Sản phẩm của đề tài sẽ được chuyển toàn bộ cho Trung tâm Thư viện và Công nghệ Thông tin để lưu trữ và làm tài liệu tham khảo cho cán bộ giảng viên và người học.

## ***6.2 Tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:***

### ***Đối với lĩnh vực KH&CN có liên quan***

Kết quả nghiên cứu tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực tỉnh Thanh Hóa từ nguồn dữ liệu ảnh viễn thám được xử lý trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine sẽ góp phần làm rõ hơn, sâu hơn và phong phú thêm các phương pháp xác định giá trị nhiệt độ bề mặt đã được tính toán ở Việt Nam.

### ***Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu***

Kết quả nghiên cứu sẽ được sử dụng trong công tác giảng dạy và nghiên cứu tại Trường Đại học Tài Nguyên và Môi Trường Hà Nội. Cụ thể, các học phần Viễn thám và GIS trong thủy văn, Google Earth Engine trong thủy văn có thể sử dụng kết quả nghiên cứu để làm tài liệu tham khảo.

Các trường đại học và các cơ quan nghiên cứu khác trong lĩnh vực viễn thám, GIS hoàn toàn có thể tham khảo các kết quả nghiên cứu này trong giảng dạy và nghiên cứu.

### ***Đối với kinh tế - xã hội và môi trường***

Kết quả nghiên cứu của đề tài bước đầu là cơ sở góp phần vào việc nâng cao chất lượng công tác xác định giá trị nhiệt độ bề mặt phục vụ cho việc đánh giá sự thay đổi của nhiệt độ bề mặt và mối quan hệ giữa nó với các yếu tố khác như: mật độ xây dựng, quá trình phát triển kinh tế ở địa phương... giúp các nhà quản lý đưa ra những giải pháp phù hợp trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững, giảm thiểu ảnh hưởng của sự gia tăng nhiệt độ đến môi trường đô thị.

## **INFORMATION ON RESEARCH RESULTS**

### **1. General information:**

- Project title: Research on surface temperature changes in Thanh Hoa Province for the period of 2000-2022 on Google Earth Engine Platform
- Code number: 13.01.24.E.02
- Coordinator: Dr. Le Thi Thuong
- Implementing institution: Ha Noi University of Natural Resources and Environment
- Duration: 2024

### **2. Objective(s):**

To calculate the surface temperature index for the period of 2000-2020 using Landsat images on the Google Earth Engine platform for the Thanh Hoa Province.

To evaluate the surface temperature changes in Thanh Hoa Province for the period of 2000-2020 as a basis for sustainable urban planning and development.

### **3. Creativeness and innovativeness:**

The calculation of surface temperature values from remote sensing image data using the Google Earth Engine platform is a new research direction that is currently gaining interest among scientists. This is one of the very important applications in identifying and exploiting information from large image data sources with good processing speed, providing vivid and visual results.

### **4. Research results:**

The surface temperature index for the period of 2000-2022 was calculated using Landsat images on the Google Earth Engine platform for the Thanh Hoa City area. Through this, a general assessment of surface temperature variation over space and time was made, highlighting the impact of urbanization on the increase in surface temperature.

**5. Products:** 01 Project report; 01 Project Summary ; 01 scientific article

**6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of research results:**

*6.1 Transfer method, application address*

- The results of the project will be fully transferred to the Department of Hydrology, Faculty of Hydrometeorology, Hanoi University of Natural Resources and Environment to serve the training and other related tasks.
- The products of the project will be fully transferred to the Center for Library and Information Technology for storage and use as reference materials for faculty and students.

## ***6.2 Impacts and benefits of research results:***

### *For related fields of science and technology*

The research results on calculating the surface temperature values of Thanh Hoa Province from the remote sensing data processed on the Google Earth Engine cloud computing platform will contribute to clarifying, deepening and enriching the methods of surface temperature value determination that have been calculated in Vietnam.

### *For the organizing institution and the facilities applying the research results*

The research results will be used in teaching and research at the Hanoi University of Natural Resources and Environment. Specifically, modules on Remote Sensing and GIS in Hydrology, and Google Earth Engine in Hydrology, can use the research results as reference materials.

Other universities and research institutions in the fields of remote sensing and GIS can also refer to these research results for teaching and research purposes.

### *For the economy, society, and environment*

The research results of the project provide an initial foundation for improving the quality of surface temperature value determination, serving as a basis for assessing surface temperature changes and its relationship with other factors such as construction density and economic development processes at the local level. This helps managers devise suitable solutions in sustainable urban planning and development, minimizing the effects of increasing temperatures on the urban environment.

## MỤC LỤC

MỞ ĐẦU .....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài .....	1
2. Phạm vi nghiên cứu của đề tài .....	2
3. Đối tượng nghiên cứu của đề tài .....	2
4. Bố cục nghiên cứu .....	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU VÀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU .....	3
1.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu ngoài nước .....	3
1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước .....	5
1.3. Phân tích, đánh giá các công trình nghiên cứu trong nước và ngoài nước .....	7
1.4 Tổng quan về khu vực nghiên cứu .....	9
1.4.1 Vị trí địa lý .....	9
1.4.2 Đặc điểm địa hình .....	10
1.4.3 Địa chất, thổ nhưỡng .....	12
1.4.4 Chế độ mưa, nhiệt độ .....	12
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	19
2.1. Cơ sở lý thuyết .....	19
2.1.1 Viễn thám và nguyên lý hoạt động .....	19
2.1.2 Đặc tính phản xạ phổ của các đối tượng tự nhiên .....	20
2.1.3 Viễn thám hồng ngoại nhiệt và nguyên lý bức xạ nhiệt của vật chất .....	22
2.1.4.1 Landsat 5 .....	23
2.1.4.2 Landsat 8 .....	23
2.1.4.3 Landsat 9 .....	24
2.2 Dữ liệu nghiên cứu .....	26
2.3. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng .....	29
CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ SỰ BIẾN ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT KHU VỰC THÀNH PHỐ THANH HOÁ GIAI ĐOẠN 2000-2023 .....	38
3.1 Tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023 .....	38
3.2 Đánh giá độ tin cậy của giá trị nhiệt độ bề mặt từ ảnh Landsat .....	42

3.3 Phân tích tương quan chỉ số nhiệt độ bề mặt và chỉ số khác biệt thực vật.....	42
3.4 Đánh giá sự biến đổi giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.....	45
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	48
Kết luận .....	48
Kiến nghị .....	48
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	50



## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

GEE	Google Earth Engine
NASA	Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Quốc gia Hoa Kỳ
NDWI	Chỉ số khác biệt nước
LST	Chỉ số nhiệt độ bề mặt
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TVDI	Chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật
USGS	Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Đặc trưng nhiệt độ tháng, năm trung bình nhiều năm tại các trạm trên lưu vực sông Mã thuộc tỉnh Thanh Hoá	15
Bảng 2.1: So sánh đặc điểm kỹ thuật ảnh vệ tinh Landsat 8 và Landsat 9	24
Bảng 2.2. Thông tin thu thập nguồn ảnh Landsat	28
Bảng 2.3 Hệ số $L_{\max}$ , $L_{\min}$ đối với ảnh Landsat 5	33
Bảng 2.4 Hệ số $M_L$ ; $A_L$ đối với ảnh Landsat 8, 9	33
Bảng 2.5 Hệ số $K_1$ ; $K_2$ với ảnh Landsat 5 TM và Landsat 8, 9 OLI	34
Bảng 2.6: Các kênh ảnh sử dụng để tính chỉ số khác biệt thực vật NDVI	34
Bảng 3.1: Thống kê diện tích tương ứng với các nhóm nhiệt độ tại Thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 – 2023	40
Bảng 3.2. Nhiệt độ quan trắc tại trạm và tính toán từ ảnh vệ tinh	43

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Bản đồ hành chính tỉnh Thanh Hoá	9
Hình 1.2: Bản đồ quy hoạch sử dụng đất năm 2030 thành phố Thanh Hoá	18
Hình 2.1. Nguyên lý hoạt động của viễn thám	19
Hình 2.2. Đặc điểm phổ phản xạ của các nhóm đối tượng tự nhiên chính	21
Hình 2.3. Các kênh phổ trên dải sóng điện từ của ảnh vệ tinh Landsat 8 và Landsat 9	26
Hình 2.4: Đặc trưng nhiệt độ tại trạm khí tượng Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023	27
Hình 2.5: Sơ đồ thực hiện đánh giá sự thay đổi nhiệt độ bề mặt thành phố Thanh Hoá	28
Hình 2.6. Các bước tính giá trị nhiệt độ bề mặt được thực hiện trong nền tảng Google Earth Engine	36
Hình 3.1: Bản đồ nhiệt độ bề mặt thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.	40
Hình 3.2: Thống kê diện tích tương ứng với các nhóm nhiệt độ tại thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 – 2023	41
Hình 3.3 Minh họa kết quả xây dựng Earth Engine Apps trong nền tảng GEE	42
Hình 3.4. Tương quan giữa chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST - trục tung) và chỉ số thực vật khác biệt thực vật (NDVI – trục hoành) thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.	44

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Thành phố Thanh Hoá là đô thị cửa ngõ phía Bắc vùng kinh tế Bắc Trung Bộ, là trung tâm kinh tế - văn hoá - chính trị của tỉnh Thanh Hoá. Sau 30 năm kể từ ngày thành lập, Thành phố Thanh Hoá đã có tốc độ phát triển đô thị hoá nhanh chóng, phát triển từ 30 đô thị năm 2016 lên 70 đô thị năm 2020 và thành phố Thanh Hoá thuộc tỉnh Thanh Hoá đạt tiêu chí đô thị loại I vào tháng 8/2024 [19]. Quá trình phát triển đô thị hoá thì đã làm gia tăng diện tích không thấm của bề mặt và gia tăng sức nóng của môi trường nhiệt tại khu vực thành phố Thanh Hoá, gây ra mất cân bằng sinh thái và cảnh quan đô thị. Tác động này đã diễn ra hầu hết ở các đô thị của Việt Nam nói chung và thành phố Thanh Hoá nói riêng, gây ra nhiều ảnh hưởng cho cuộc sống sinh hoạt của người dân và phát triển nông nghiệp đô thị và những áp lực khác.

Dữ liệu nhiệt độ thu thập tại các trạm quan trắc mặt đất chỉ phản ánh trong phạm vi cục bộ, không chính xác khi nội suy không gian cho khu vực rộng lớn. Thay vào đó, công nghệ viễn thám với dữ liệu đa phổ và đa thời gian cho phép giám sát hầu hết các đối tượng trên Trái Đất, kể cả nhiệt độ bề mặt nhờ vào kênh nhiệt trên ảnh vệ tinh.

Bên cạnh đó, công nghệ điện toán đám mây ngày càng được ứng dụng rộng rãi như nền tảng Google Earth Engine (GEE) cho phép xử lý và phân tích trực tuyến dữ liệu không gian địa lý trên diện rộng. Đây là kho lưu trữ dữ liệu ảnh viễn thám toàn cầu được cung cấp miễn phí có dung lượng rất lớn lên đến hàng triệu Gigabyte, được hỗ trợ bởi cơ sở hạ tầng đám mây của Google và được tối ưu hóa để xử lý song song dữ liệu không gian. GEE được phát triển bởi Google, hợp tác với Đại học Carnegie Mellon, NASA, cơ quan địa chất Hoa Kỳ và Time [13]. Đây là công nghệ được phát triển trên nền tảng điện toán đám mây, rất mạnh để xử lý ảnh vệ tinh cũng như các nguồn dữ liệu quan trắc khác. Những ứng dụng được khai thác ban đầu trên nền tảng GEE có thể kể tới như sử dụng GEE để phát hiện suy thoái và mất rừng trên phạm vi toàn cầu nhờ nguồn dữ liệu ảnh Landsat đa thời gian, hay sử dụng GEE để phân loại lớp phủ, sử dụng GEE để ước tính sinh khối và trữ lượng carbon rừng (M.C. Hansen, 2013; N. Patel, 2015). Tổ chức SERVIR-MEKONG cũng đã sử dụng công cụ này nhằm hỗ trợ kiểm kê và quản

lý nguồn nước mặt. Sofia L. Ermida (2020). Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series Remote Sens [49].

Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này hướng tới mục tiêu tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt và đánh giá sự biến đổi của nó thông qua khả năng phân tích, xử lý và khai thác hệ thống cơ sở dữ liệu ảnh của Google Earth Engine trong việc chiết tách thông tin tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt khu vực tỉnh Thanh Hóa, giai đoạn 2000-2023, nhằm làm cơ sở cho cung cấp thông tin giúp các nhà quản lý đưa ra các biện pháp trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

## **2. Phạm vi nghiên cứu của đề tài**

*Phạm vi không gian:* Nghiên cứu lựa chọn phạm vi là khu vực thành phố Thanh Hoá thay vì toàn tỉnh Thanh Hoá. Bởi một số lý do như sau:

Thứ nhất: Sự thay đổi giá trị nhiệt độ bề mặt thường thể hiện rõ nét tại những khu vực tập trung nhiều công trình, khu công nghiệp, nhà máy, các bề mặt không thấm, lớp thảm phủ thực vật ít.

Thứ hai: Hạn chế trong quá trình thu nhận dữ liệu ảnh viễn thám cho khu vực toàn tỉnh Thanh Hoá.

*Phạm vi thời gian:* Giai đoạn 2000 đến 2023. Theo thuyết minh đề cương đề tài được phê duyệt thì phạm vi thời gian xác định trong giai đoạn 2000-2022. Tuy nhiên khi nghiên cứu thực tế cho thấy năm 2023 tại khu vực nghiên cứu xảy ra nắng nóng cục bộ, vì vậy nghiên cứu kéo dài thời gian từ năm 2000 đến năm 2023.

## **3. Đối tượng nghiên cứu của đề tài**

Nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá

## **4. Bố cục nghiên cứu**

Ngoài phần mở đầu và kết luận, báo cáo gồm có 3 chương:

Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu và khu vực nghiên cứu

Chương 2: Cơ sở lý thuyết, dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

Chương 3: Đánh giá sự biến đổi nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa giai đoạn 2000-2023

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU VÀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU

## 1.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu ngoài nước

Nhiệt độ bề mặt là một trong những yếu tố quan trọng khi nghiên cứu khí hậu, đặc biệt là những vùng đô thị và những khu vực có nhiệt độ trung bình hàng năm cao. Tác động của nó đến môi trường sống của con người là không nhỏ. Những năm gần đây, cùng với tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, nhiệt độ bề mặt ở nhiều khu vực như: đô thị, vùng đông dân cư có xu hướng gia tăng một cách rõ rệt. Đô thị hóa là xu thế phát triển tất yếu của mọi quốc gia trên thế giới, đặc biệt là những nước đang phát triển như ở Việt Nam. Bên cạnh những mặt tích cực mang lại đối với kinh tế- xã hội thì quá trình đô thị hóa nhanh chóng và thiếu quy hoạch khoa học cũng mang lại những tác động tiêu cực đến tài nguyên và môi trường, trong đó có sự gia tăng nhiệt độ bề mặt đô thị là một trong những minh chứng rõ rệt nhất.

Nhiệt độ bề mặt là một thông số đầu vào vô cùng quan trọng của các mô hình khí hậu trong nghiên cứu hạn hán, độ ẩm đất cũng như quan trắc hiện tượng đảo nhiệt đô thị. Nhiệt độ có thể được chiết tách từ các kênh hồng ngoại nhiệt trên các ảnh vệ tinh như Landsat, Aster, MODIS... Cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam sử dụng ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt trong đánh giá diễn biến nhiệt độ bề mặt ở các đô thị lớn [29], [38], [43], giám sát cháy rừng, cháy mỏ than, phân vùng độ ẩm đất [44], [56]; đánh giá, phân vùng hạn hán như: quan trắc hạn hán dùng ảnh vệ tinh Sentinel, giám sát hạn hán bằng ảnh Landsat [45], tính toán chỉ số NDWI, TVDI giám sát hạn hán [26], [44]. Các nghiên cứu chủ yếu ứng dụng phương pháp tính toán nhiệt độ mặt đất LST từ ảnh đa phổ từ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor) [51], [53]. Nhiều nghiên cứu cũng đã chứng minh mối quan hệ chặt chẽ giữa nhiệt độ và lớp phủ, trong đó nhiệt độ bề mặt đạt cao tại các khu vực đặc trưng bởi các mặt không thấm, trong khi ở các khu vực có thực vật phủ dày nhiệt độ bề mặt thấp hơn rất nhiều [29], [32], [35], [33].

So với các phương pháp truyền thống dựa trên số liệu của các trạm quan trắc, công nghệ viễn thám với dữ liệu đa phổ, đa thời gian có nhiều ưu điểm vượt trội như thời gian cập nhật ngắn, mức độ giám sát các đối tượng bề mặt phủ

trùm rộng hơn... đã được sử dụng hiệu quả trên thế giới trong nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt. Có thể kể đến các nghiên cứu theo hướng xác định giá trị nhiệt độ bề mặt đô thị bằng tư liệu ảnh viễn thám như: Alipour et al (2004) [26], Balling [28], Brazel(1988) [27], Fei Yuan et al (2007) [34], GarciaCueto et al (2007) [36], Hyung Moo Kim et al (2005) [37], SundaraKumar (2012) [54].

Các nghiên cứu [26] [27], [33], [31], [39], [43] đã nghiên cứu phương pháp tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST (Land Surface Temperature) để giám sát sự thay đổi của nhiệt độ trên ảnh quang học. Xác định tương quan nghịch giữa đảo nhiệt đô thị và không gian xanh đô thị trên ảnh Landsat 8 [35], đánh giá tác động của các hoạt động sản xuất của con người đến môi trường nhiệt [43].

Công nghệ viễn thám hiện nay cho phép thực hiện phân tích chi tiết sự thay đổi nhiệt độ bề mặt trong phạm vi diện tích lớn mà không bị hạn chế bởi số điểm đo như tại trạm khí tượng. Các trạm quan trắc khí tượng chỉ phản ánh được chính xác nhiệt độ cục bộ xung quanh trạm đo chứ chưa đảm bảo được cho toàn khu vực. Ảnh vệ tinh Landsat thu nhận từ các bộ cảm biến Landsat TM, Landsat ETM và Landsat 8,9 với cảm biến TIRS (Thermal Infrared Sensor) được sử dụng khá phổ biến trong nghiên cứu sự thay đổi nhiệt bề mặt đô thị [47].

Một trong phương pháp tính toán nhiệt độ bề mặt phổ biến là chuyển giá trị số (DN, Digital values) sang giá trị bức xạ phổ (Radiometric values) trực tiếp từ các kênh hồng ngoại nhiệt, từ đó sử dụng thuật toán để tính ra nhiệt độ bề mặt [52]. Ngoài nguồn năng lượng từ mặt trời đi xuống bề mặt trái đất, nhiệt độ bề mặt còn chịu ảnh hưởng bởi độ phát xạ bề mặt và các hiệu ứng của khí quyển, nên cần có các phương pháp để loại bỏ nhiễu xạ này. Bên cạnh đó, độ phát xạ bề mặt còn phụ thuộc loại hình bề mặt và lớp phủ mặt đất. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng hệ số độ phát xạ như là một hằng số [50], [48].

Bên cạnh đó, điện toán đám mây đang là một xu thế mới trong xử lý, phân tích và lưu trữ dữ liệu hiện nay. Xuất phát từ những yêu cầu khoa học và công nghệ trong lĩnh vực công nghệ không gian, Google Earth Engine (GEE) đã được nghiên cứu và phát triển. Đây là công nghệ được phát triển trên nền tảng điện toán đám mây, rất mạnh để xử lý ảnh vệ tinh cũng như các nguồn dữ liệu quan trắc khác.

Những ứng dụng được khai thác ban đầu trên nền tảng GEE có thể kể tới

như sử dụng GEE để phát hiện suy thoái và mất rừng trên phạm vi toàn cầu nhờ nguồn dữ liệu ảnh Landsat đa thời gian, hay sử dụng GEE để phân loại lớp phủ, sử dụng GEE để ước tính sinh khối và trữ lượng carbon rừng (M.C. Hansen, 2013; N. Patel, 2015). Tổ chức SERVIR-MEKONG cũng đã sử dụng công cụ này nhằm hỗ trợ kiểm kê và quản lý nguồn nước mặt. Sofia L. Ermida (2020), Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series [31], dựa trên thuật toán support vector machine đánh giá tác động của độ mặn trong đất [30], [48].

## **1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước**

Ở Việt Nam có thể kể đến các nghiên cứu tiêu biểu như: Nghiên cứu của Trần Thị Vân (2009) phương pháp ước tính nhiệt độ bề mặt có tính đến giá trị độ phát xạ bề mặt từ nghiên cứu này có độ lệch so với số đo thực tế trong khoảng 2°C với quy trình tính toán đơn giản, không phụ thuộc vào số lượng kênh nhiệt và tăng cường độ phân giải không gian ảnh nhiệt độ bề mặt [25]. Nhiệt độ bề mặt LST là chỉ số dùng để xác định nhiệt độ bề mặt dựa trên năng lượng phát ra từ những vật thể được thu nhận trên kênh nhiệt của ảnh quang học [24].

Nghiên cứu Bùi Quang Thành (2015) [55], Nguyễn Đức Thuận (2016) [21] đã sử dụng phương pháp viễn thám nhiệt phục vụ công tác đánh giá phân bố nhiệt độ bề mặt ở các đô thị lớn như Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh.

Đặng Như Duẩn (2017) trong 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 đã cho thấy Ảnh vệ tinh quang học Landsat với ưu điểm độ phân giải không gian trung bình, thời gian cập nhật ngắn, dải phổ đa dạng, đặc biệt được cung cấp hoàn toàn miễn phí là nguồn tư liệu phong phú và quý giá phục vụ đánh giá phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực đô thị [2].

Nghiên cứu của Trịnh Lê Hùng (2018) về xây dựng chương trình tính toán nhiệt độ bề mặt trên cơ sở kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 bằng ngôn ngữ lập trình Matlab nhằm nâng cao độ phân giải nhiệt độ bề mặt với tốc độ tính toán nhanh và đơn giản trong xử lý [5].

Nghiên cứu [6] sử dụng dữ liệu ảnh Landsat 8 đa thời gian để ước tính giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Sơn La giai đoạn 2015 - 2019, kết quả cho



thấy giá trị nhiệt độ dao động từ  $16,2^{\circ}\text{C} \div 57,3^{\circ}\text{C}$ , trong đó giá trị nhiệt độ dao động từ  $27,1^{\circ}\text{C} \div 35,0^{\circ}\text{C}$  tập trung chủ yếu ở các khu đô thị, khu dân cư nơi mà mật độ cây xanh thưa thớt hay thiếu cây xanh hoặc các khu vực đất trống. Kết quả so sánh sự sai khác giữa giá trị nhiệt độ bề mặt từ các điểm quan trắc so với giá trị ước tính từ ảnh viễn thám Landsat, dao động từ  $2,8\% \div 31,2\%$ , với kết quả này cho thấy việc sử dụng tư liệu ảnh Landsat để xây dựng bản đồ nhiệt độ bề mặt trên diện rộng có độ tin cậy và tính khả thi tại thành phố Sơn La. Nghiên cứu đã xây dựng mô hình tương quan tuyến tính giữa giá trị nhiệt độ bề mặt với chỉ số thực vật cho khu vực nghiên cứu, các mô hình đều có ý nghĩa thống kê với Pvalue  $< 0,001$ , hệ số tương quan từ  $0,484 \div 0,627$ .

Đánh giá mức độ đảo nhiệt đô thị bằng chỉ số nhiệt độ bề mặt LST trên ảnh Landsat 7, nghiên cứu [3], đã sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám trong trích xuất nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt trên vệ tinh Landsat, phân tích không gian và phân tích tương quan, nghiên cứu đã xác định phân bố không gian, độ lớn và các yếu tố chính tác động đến đảo nhiệt đô thị. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực được xác định xảy ra đảo nhiệt đô thị là vùng đô thị phân bố tại trung tâm thành phố với mật độ đô thị cao hơn hẳn so với các khu vực khác. Những khu vực này có mức độ đảo nhiệt từ  $0-7^{\circ}\text{C}$  so với khu vực ngoài đô thị. Độ lớn của đảo nhiệt đô thị gia tăng do sự phát triển đô thị thông qua sự gia tăng mật độ đô thị. Đồng thời nghiên cứu cũng cho thấy hiện tượng đảo nhiệt có thể được giảm thiểu bởi các yếu tố như bề mặt ít hấp thụ nhiệt, mặt nước và thực vật tại đô thị.

Một hướng nghiên cứu khác cũng đã sử dụng tư liệu ảnh viễn thám trong việc nghiên cứu hạn hán thông qua việc sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật (TVDI) để giám sát, đánh giá mức độ hạn hán [15], [23], đánh giá hạn hán [10], [18], [21], ứng dụng ảnh viễn thám trong đánh giá hạn hán nông nghiệp [7], [9], xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán và hạn hán nông nghiệp [17] và nghiên cứu tình trạng hạn hán nông nghiệp trên nền tảng Google Earth Engine [4].

Nguyễn Huy Anh, Trần Văn Trọng, Trần Văn Sơn (2023), Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 đánh giá mức độ khô hạn tại thị xã Buôn Hồ, tỉnh Đắk Lắk, thông qua chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật (TVDI). Nghiên cứu này giới thiệu kết quả sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 đánh giá mức độ khô hạn ở thị xã

Buôn Hồ thông qua chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật (TVDI). Dữ liệu ảnh Landsat 8 sử dụng trong bài báo này được chụp vào tháng 3 (đặc trưng cho mùa khô) các năm 2018, 2019 và 2020. Theo đó, kết quả bài báo đã chỉ ra trong thời gian từ năm 2018-2020 phần lớn diện tích của thị xã Buôn Hồ có mức độ khô hạn từ trung bình (TVDI từ 0,4-0,6) đến khô hạn nặng và rất nặng (TVDI > 0,6). Diện tích các khu vực có mức độ khô hạn nặng và rất nặng có xu thế tăng so với những năm trước đó, năm 2018 diện tích có mức độ khô hạn nặng và rất nặng chỉ chiếm 4,48%, năm 2019 chiếm 10,97% và đến năm 2020 tỷ lệ diện tích, vùng có mức độ khô hạn nặng đến rất nặng chiếm 28,27% tổng diện tích tự nhiên [1].

Những ứng dụng được khai thác ban đầu trên nền tảng Google Earth Engine (GEE) trong nước có thể kể tới là nghiên cứu biến động rừng [13], biến động đường bờ sông [11], giám sát lũ lụt [22].

Một số nghiên cứu sử dụng nền tảng GEE nhằm giám sát độ mặn việc bằng việc ứng dụng ảnh Sentinel 1 để thành lập bản đồ độ mặn của đất tại Bến Tre thông qua việc sử dụng các thuật toán học máy (MLP, RBF, GP, SVM, RF), thuật toán Random Forest (RF) ứng dụng khá hiệu quả khi phân loại độ mặn trong đất trên nền tảng GEE [8], [14].

### **1.3. Phân tích, đánh giá các công trình nghiên cứu trong nước và ngoài nước**

Qua tổng quan các nghiên cứu các công trình cho thấy: Các nghiên cứu chủ yếu tập trung khai thác dữ liệu ảnh viễn thám nhằm tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt hay theo dõi, giám sát, dự báo hạn hán. Khi Google Earth Engine (GEE) xuất hiện đã hỗ trợ cho các nhà khoa học trong nước giám sát và quản lý tài nguyên môi trường, với những ưu điểm về lưu trữ dữ liệu ảnh và các thao tác xử lý bằng lập trình ngôn ngữ JavaScript. Tuy nhiên ở Việt Nam, việc ứng dụng GEE vẫn còn là khá mới mẻ, được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này hướng tới mục tiêu tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực tỉnh Thanh Hóa từ dữ liệu ảnh Landsat bằng việc cụ thể hóa sử dụng ngôn ngữ lập trình sẵn có trên nền tảng Google Earth Engine, nhằm làm cơ sở cho cung cấp thông tin giúp các nhà quản lý đưa ra các biện pháp trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

Hiện nay với sự phát triển của công nghệ viễn thám và trí tuệ nhân tạo, ngày càng nhiều các công cụ được phát triển miễn phí cung cấp tới người dùng. Google

Earth Engine (GEE) với cơ sở dữ liệu vệ tinh về bề mặt trái đất, được phát triển bởi Google. Nó được biết đến như một công cụ xử lý và phân tích dữ liệu không gian dựa trên nền tảng điện toán đám mây cho phép các giám sát thay đổi bề mặt của lưu vực (như thảm phủ, tình hình sử dụng đất) một cách thuận tiện, nhanh chóng và hiệu quả. GEE lưu trữ rất nhiều dữ liệu về không gian địa lý được thu thập từ các các nguồn ảnh vệ tinh, với số lượng ảnh thường xuyên được cập nhật, nhằm phục vụ tốt hơn cho các nghiên cứu, cho phép xử lý ảnh viễn thám, các thuật toán học máy, kết hợp với công cụ phân tích không gian, cho kết quả có độ tin cậy cao. GEE là nền tảng xây dựng trên nền điện toán đám mây, lưu trữ khối lượng lớn, có thể khắc phục những chế về lưu trữ dữ liệu hay tốc độ xử lý ảnh, khối lượng tính toán so với phương pháp xử lý ảnh truyền thống. Đây có thể coi là một công cụ hỗ trợ giúp các nhà nghiên cứu có thể truy cập và sử dụng nguồn dữ liệu sẵn có trong việc khai thác sử dụng ảnh vệ tinh cho các bài toán quản lý, giám sát tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Đây cũng là một hướng tiếp cận mới mà đề tài này sẽ tập trung nghiên cứu.

Thành phố Thanh Hóa là trung tâm hành chính, kinh tế, văn hóa, chính trị và khoa học - kỹ thuật của tỉnh Thanh Hóa, là đô thị cửa ngõ nối vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ với Bắc Trung Bộ. Hiện nay, thành phố Thanh Hóa có diện tích tự nhiên 145,35 km<sup>2</sup> với 30 phường và 04 xã, dân số gần 360 nghìn người (tính đến 2019) và là một trong những đô thị có quy mô dân số và diện tích lớn của khu vực phía Bắc. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xác định được sự phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá thuộc tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2000 - 2023 từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat trên nền tảng Google Earth Engine (GEE).

## 1.4 Tổng quan về khu vực nghiên cứu

### 1.4.1 Vị trí địa lý



Hình 1.1 Bản đồ hành chính tỉnh Thanh Hoá [19]

Thanh Hoá là một tỉnh lớn của Bắc Trung Bộ có tọa độ địa lý:

- Điểm cực Bắc:  $20^{\circ}40' B$  (tại xã Tam Chung – huyện Quan Hoá)
- Điểm cực Nam:  $19^{\circ}18' B$  (tại xã Hải Thượng – Tĩnh Gia)
- Điểm cực Đông:  $106^{\circ}04' Đ$  (tại xã Nga Điền – Nga Sơn)
- Điểm cực Tây:  $104^{\circ}22' Đ$  (tại chân núi Pu Lang – huyện Quan Hóa)

Thanh Hoá có lãnh thổ rộng lớn:  $11.129,48 \text{ km}^2$ , là tỉnh có diện tích lớn thứ 5 trong cả nước. Về vị trí địa lý, Thanh Hóa tiếp giáp với các tỉnh và nước bạn như sau: Phía Bắc: giáp 3 tỉnh, gồm: Sơn La, Hoà Bình, Ninh Bình với đường ranh giới dài 175 km. Phía Nam: giáp Nghệ An với đường ranh giới dài 160 km; Phía Đông: giáp biển Đông với chiều dài đường bờ biển 102 km; Phía Tây: giáp tỉnh Hủa Phăn của nước CHDCND Lào với đường biên giới dài 192 km.

Tỉnh Thanh Hoá nằm trong khu vực chịu ảnh hưởng của vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ. Với 102 km đường bờ biển ở đây có thể phát triển hoạt động du lịch, khai thác cảng biển; có đường quốc lộ 1A, đường Hồ Chí Minh, đường sắt xuyên Việt và sân bay Thọ Xuân. Thêm vào đó, Thanh Hóa có quy mô diện tích lớn với nhiều vùng sinh thái khác nhau.

Thành phố Thanh Hoá là trung tâm hành chính, chính trị, kinh tế, văn hóa, khoa học kỹ thuật của tỉnh Thanh Hóa. Thành phố Thanh Hóa là một trong ba trung tâm lớn của vùng Bắc Trung bộ cùng với thành phố Vinh và thành phố Huế. Hiện nay, thành phố Thanh Hóa là một trong những thành phố trực thuộc tỉnh lớn nhất, có tỷ lệ đô thị hóa hàng đầu của cả nước.

Thành phố Thanh Hóa nằm hai bên bờ sông Mã hùng vĩ, Phía đông của thành phố Thanh Hóa giáp huyện Hoằng Hóa; Phía tây của thành phố Thanh Hóa giáp huyện Đông Sơn. Phía nam của thành phố Thanh Hóa giáp huyện Quảng Xương và thành phố Sầm Sơn; Phía bắc của thành phố Thanh Hóa giáp huyện Thiệu Hóa và huyện Hoằng Hóa.

Hệ thống đô thị Thanh Hóa hình thành từ lâu đời và có mối quan hệ mật thiết với nhau. Trong đó, thành phố Thanh Hóa là đô thị trẻ, có vị trí, cảnh quan sinh thái rất thuận lợi, khí hậu khá ôn hòa. Quốc lộ 1A xuyên Việt chạy qua địa giới hành chính thành phố dài gần 20 km, cảng Lê Môn, Sầm Sơn ở phía đông, đường sắt Bắc – Nam chạy ở phía tây, tạo thành một mạng lưới giao thông đa dạng và thuận tiện [19].

#### **1.4.2 Đặc điểm địa hình**

Địa hình Thanh Hoá khá phức tạp, chia cắt nhiều và thấp dần theo hướng Tây – Đông. Từ phía Tây sang phía Đông có các dải địa hình núi, trung du, đồng bằng và ven biển. Trong tổng diện tích 11.129,48 km<sup>2</sup> thì địa hình núi, trung du chiếm 73,3%; đồng bằng 16% và vùng ven biển 10,7%.

Bao gồm có 3 dạng địa hình: núi và trung du; đồng bằng ven biển.

Địa hình núi có độ cao trung bình 600 -700m, ở đây có những đỉnh núi cao như Tà Leo (1560 m) ở hữu ngạn sông Chu, Bù Ginh (1291m) ở tả ngạn sông Chu.

Địa hình trung du có độ cao trung bình 150 – 200m, độ dốc 12 – 20<sup>0</sup>, chủ yếu là các dạng đồi thấp, đỉnh bằng, sườn thoải. Dạng địa hình này rất đặc biệt, chỉ nhấp nhô lượn sóng và rất thoải.

Dạng địa hình núi và trung du phân bố ở 11 huyện miền núi của tỉnh, là điều kiện thuận lợi để phát triển các ngành nông – lâm nghiệp với các loại cây lâm sản và các cây như: đậu, chè, lạc, mía... các cây trồng nói trên là cơ sở để phát triển ngành chế biến nông – lâm sản của Thanh Hoá.

Đồng bằng châu thổ Thanh Hoá được cấu tạo bởi phù sa hiện đại, trải dài trên một bề mặt rộng hơi nghiêng về ở Đông Nam (phía biển). Rìa Bắc và Tây Bắc là dải đất cao được cấu tạo bởi phù sa cũ của sông Mã, sông Chu, cao từ 2 – 15m. Trên đồng bằng nhô lên một số đồi núi có độ cao trung bình 200 – 300m được cấu tạo bằng nhiều loại đá khác nhau. Còn vùng ven biển phân bố chủ yếu ở các huyện, thị xã: Sầm Sơn, Nga Sơn, Hậu Lộc, Hoằng Hoá, Quảng Xương, Tĩnh Gia. Trên địa hình này có các vùng sinh lầy ở Nga Sơn và các cửa sông Mã, sông Yên... Vùng đất cát ven biển nằm ở phía trong các bãi cát, có độ cao trung bình từ 3 – 6 m, ở phía Nam Tĩnh Gia, chúng có dạng sóng trâu do các dãy đồi kéo dài ra biển. Bờ biển của đồng bằng Thanh Hoá là bờ biển phẳng với thềm lục địa tương đối nông và rộng. Trên địa hình ven biển này có nhiều bãi tắm nổi tiếng, như: Sầm Sơn, Hải Hòa, Hải Tiến. Đây là một trong những điểm du lịch hấp dẫn thu hút khách du lịch trong và ngoài nước [2].

Về địa hình của Thanh Hoá rất phong phú, đa dạng, là điều kiện để Thanh Hoá phát triển các ngành nông – lâm – ngư nghiệp toàn diện và cho phép chuyển dịch cơ cấu dễ dàng trong nội bộ từng ngành. Nhiều cảnh quan đẹp kết hợp giữa rừng – biển – đồng bằng là điều kiện để phát triển du lịch, dịch vụ. Độ cao chênh lệch giữa các vùng miền núi, trung du, đồng bằng với nhiều hệ thống sông suối, tạo ra tiềm năng thủy điện khá phong phú...

Thị xã Thanh Hóa trở thành thành phố Thanh Hóa năm 1994. Ngày 29/4/2004, thành phố Thanh Hóa được công nhận là đô thị loại 2. Tiếp đó, ngày 29/2/2012, Chính phủ ra Nghị quyết 05/NQ-CP điều chỉnh địa giới để mở rộng địa giới hành chính thành phố Thanh Hóa và thành lập các phường thuộc thành phố Thanh Hóa, sáp nhập 19 xã, thị trấn. Ngày 29/4/2014, thành phố Thanh Hóa được công nhận là đô thị loại 1, trực thuộc tỉnh Thanh Hóa. Hiện nay, thành phố

Thanh Hóa có diện tích tự nhiên 146,77 km<sup>2</sup> với 30 phường và 04 xã. Thành phố là một trong những đô thị trực thuộc tỉnh có quy mô dân số, diện tích và có số đơn vị hành chính lớn nhất trong các đô thị trực thuộc tỉnh của Việt Nam [19].

Thành phố Thanh Hóa nằm ở trung tâm đồng bằng Thanh Hóa, có nhiều núi đất, núi đá nằm rải rác với những cánh đồng rộng - hẹp, nông - sâu.

### **1.4.3 Địa chất, thổ nhưỡng**

Trong quá trình tồn tại, lãnh thổ Việt Nam nói chung và Thanh Hoá nói riêng đã trải qua nhiều chấn động địa chất lớn. Vỏ trái đất được cấu tạo phức tạp và trong quá trình thành tạo, chịu tác động của nhiều lực khác nhau, liên quan đến nhiệt năng trong lòng đất và năng lượng của mặt trời. Những quá trình nội sinh như tạo sơn, núi lửa, động đất... làm địa hình không đều và tạo thành các đá mắc ma và biến chất có liên quan đến chúng. Những quá trình ngoại sinh như phong hoá đá, tác động của nước, gió, băng hà xuất hiện biển... làm biến đổi địa hình và tạo ra đá trầm tích.

Các chấn động uốn nếp làm nảy sinh hiện tượng tạo sơn mãnh liệt. Đoạn uốn nếp Tam Điệp là mốc kết thúc giai đoạn “biển tiến” tạo ra bán đảo Đông Dương. Do vận động địa chất lãnh thổ Thanh Hoá nâng lên thành núi, đồi uốn nếp, xếp nếp, chia khối phân tầng... phức tạp và đa dạng. Trải qua 120 triệu năm chịu ảnh hưởng của chấn động tạo sơn Himalaya, lục địa Thanh Hoá có hiện tượng nâng lên, lún xuống và tiếp tục bị phong hoá. Kết quả là một số núi biến thành đồi, một số vùng biển được lấp đi thành châu thổ phì nhiêu như hiện nay. Cũng do hiện tượng nâng lên lún xuống, mắc ma trào lên mặt đất và đáy biển hình thành nên những loại đá quý, những dãy núi granit [2].

### **1.4.4 Chế độ mưa, nhiệt độ**

#### **1.4.4.1 Chế độ mưa**

Lượng mưa trung bình phổ biến là 1.700 mm, song có một số vùng đồi núi, lượng mưa lại rất cao. Ở vùng đồi núi, tốc độ gió tương đối đều trong năm, dao động trung bình từ 1 – 2 m/s. Còn ở vùng đồng bằng ven biển, tốc độ gió có thể có sự chênh lệch ở các huyện ven biển vào mùa bão lụt từ tháng 6 đến tháng 11. Do sự chi phối của địa hình và những tương tác với các vùng lân cận mà Thanh Hoá có sự phân dị về khí hậu theo vùng, với 3 vùng khí hậu đặc trưng:

- *Vùng đồng bằng, ven biển*: có nền nhiệt độ cao, mùa đông không lạnh lắm, ít xảy ra sương muối, mùa hè nóng vừa phải. Mưa ở mức trung bình và có xu hướng tăng dần từ phía Bắc vào phía Nam. Lượng mưa lớn nhất vào tháng 9 và ít nhất vào các tháng 2, 3. Mưa phùn vào các tháng cuối mùa lạnh (1, 2 và 3), đôi khi kéo dài hàng tuần lễ. Có hai thời kỳ khô ngắn và không ổn định vào đầu hè (tháng 5 và 6) và vào các tháng 10, 11. Từ tháng 7 đến tháng 11, có nhiều cơn bão xuất hiện và có thể gây ảnh hưởng lớn đến các huyện ven biển của tỉnh. Thiên tai thường xảy ra là bão, nước dâng trong bão, mưa lớn gây úng, lụt, lũ tập trung vào tháng 9 hàng năm. Rét đậm kéo dài vào thời gian từ tháng 12 đến tháng 2. Ngoài ra, lốc, vòi rồng, mưa đá có thể xảy ra ở vùng này với tần suất thấp.

- *Vùng trung du*: có nhiệt độ cao vừa phải, mùa đông tương đối lạnh, có sương muối nhưng ít. Mùa hè nóng vừa phải, khu vực phía Nam nóng hơn do ảnh hưởng của gió tây khô nóng. Mưa khá nhiều, đặc biệt ở khu vực Như Xuân, Như Thanh, Lang Chánh, Thường Xuân (trên 2.000 mm/năm), Hồi Xuân (1.870 mm/năm). Thiên tai chủ yếu là mưa lớn, gió tây khô nóng, rét đậm kéo dài, lũ đột ngột, kể cả lũ bùn đá, lũ ống và lũ quét. Lượng mưa cao, có khả năng gây lũ ống, lũ quét vào tháng 7 - tháng 8.

- *Vùng đồi núi cao*: bao gồm các huyện Quan Hoá, Quan Sơn, Mường Lát, phần Tây Bá Thước, Yên Khương của Lang Chánh, Yên Nhân, Bát Mọt, Xuân Khao của Thường Xuân. Nền nhiệt độ nói chung thấp, mùa đông khá rét, nhiệt độ thấp nhất có thể dưới 0<sup>0</sup>C, sương muối nhiều và một số nơi có sương giá với tần suất 1 ngày/1 năm. Khi có sương giá, sương muối làm cho một số cây ăn quả có thể bị chết hàng loạt. Vào mùa hè, lũ có thể xuất hiện vào thời gian tháng 7 - 8.

Mùa hè dịu mát, ảnh hưởng của gió tây khô nóng không lớn, biên độ nhiệt năm nhỏ, lượng mưa, số ngày mưa, mùa mưa khác biệt khá nhiều theo các tiểu vùng. Mùa đông ít mưa. Độ ẩm không lớn lắm (trừ khu vực cao trên 800m mới có độ ẩm lớn và mây mù nhiều). Gió nói chung yếu, tốc độ trung bình từ 1,3 - 2m/s.

Lượng mưa lớn, nhiệt độ cao, ánh sáng dồi dào là các điều kiện thuận lợi cho việc phát triển nông lâm ngư nghiệp. Với chế độ nhiệt ẩm như vậy, đồng thời do sự phân dị phức tạp về địa hình mà Thanh Hoá có nhiều vùng có chế độ vi khí hậu khác nhau, tạo điều kiện phát triển các cây trồng nhiệt đới và cả các cây trồng



nhiệt đới, tạo nên sự đa dạng của hệ thống cây trồng. Tuy nhiên, cũng như các tỉnh vùng núi phía Bắc có mùa đông lạnh, khí hậu vùng núi Thanh Hoá cũng thường xuất hiện các hiện tượng thời tiết đặc biệt như sương muối, sương giá vào mùa đông, bão, lụt, áp thấp nhiệt đới về mùa mưa và hạn hán về mùa khô, ảnh hưởng không nhỏ tới sản xuất nông nghiệp và đời sống con người. Vì vậy, việc lựa chọn cây trồng thích hợp với từng tiểu vùng khí hậu là điều cần thiết [19].

#### *1.4.4.2 Nhiệt độ*

Do sự tác động của các nhân tố: vĩ độ địa lý, quy mô lãnh thổ mà Thanh Hoá có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm với mùa hè nóng, mưa nhiều có gió Tây khô nóng; mùa đông lạnh ít mưa có sương giá, sương muối lại có gió mùa Đông Bắc theo xu hướng giảm dần từ biển vào đất liền, từ Bắc xuống Nam.

Nhiệt độ không khí trung bình năm là 22<sup>0</sup>C - 23<sup>0</sup>C, song phân hóa rất khác nhau theo từng tháng và giữa các vùng. Chênh lệch về cực trị của nhiệt độ trong năm cũng rất lớn: mùa hè, nhiệt độ tối cao có thể đạt tới 41<sup>0</sup>C, song về mùa đông, nhiệt độ có thể hạ thấp xuống dưới 20<sup>0</sup>C ở vùng núi, kèm theo sương giá, sương muối.

Với vị trí trong vùng nhiệt đới gió mùa, trong một năm thành phố Thanh Hóa chịu ảnh hưởng của hai mùa nóng và lạnh rõ rệt.

Mùa nóng: Bắt đầu từ cuối mùa xuân đến giữa mùa thu. Ở khoảng thời gian này trong năm, thời tiết nắng nóng, mưa nhiều, gây ra ngập lụt. Những ngày có gió Lào, nhiệt độ được đẩy cao tới 39-40<sup>0</sup>C, gây ra hạn hán kéo dài.

Mùa lạnh: Bắt đầu từ giữa mùa thu đến cuối mùa xuân năm sau. Mùa này thường hay xuất hiện gió mùa Đông Bắc, lượng mưa ít; đầu mùa thường hanh khô. Mùa lạnh nhiệt độ có thể xuống thấp tới 5 - 6<sup>0</sup>C.

Nhiệt độ trung bình cả năm từ 23,3 đến 23,6<sup>0</sup>C.

Bảng 1.1. Đặc trưng nhiệt độ tháng, năm trung bình nhiều năm tại các trạm trên lưu vực sông Mã thuộc tỉnh Thanh Hoá

(Đơn vị: °C)

Trạm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Hồi Xuân	16,6	18,0	20,7	24,5	26,9	27,6	27,6	27,0	25,6	23,5	20,5	17,6	23,0
Bái Thượng	16,5	17,5	20,1	23,9	27,0	28,2	28,4	27,6	26,6	24,3	21,2	18,0	23,3
Thanh Hoá	17,0	17,3	19,8	23,5	27,2	28,9	29,0	28,2	26,4	24,5	22,4	18,6	23,6
Như Xuân	16,5	11,3	20,0	23,6	27,3	28,6	28,9	27,8	26,5	24,2	20,8	17,9	23,3
Yên Định	16,7	17,6	20,2	23,6	27,2	28,5	28,9	28,0	26,8	24,4	21,2	18,1	23,4
Tĩnh Gia	16,8	17,1	19,6	23,2	27,2	28,9	29,5	28,3	26,8	24,5	21,2	18,1	23,4

(Nguồn: Đài KTTV tỉnh Thanh Hoá)

#### 1.4.5 Tài nguyên nước và mạng lưới sông ngòi

##### 1.4.5.1 Tài nguyên nước

Tài nguyên nước của Thanh Hoá khá phong phú. Tổng lượng nước mưa rơi xuống lãnh thổ hàng năm là 19 tỷ m<sup>3</sup>, lượng bốc hơi trung bình là 9 tỷ m<sup>3</sup>, còn lại 9,7 tỷ m<sup>3</sup> nước sinh ra dòng chảy mặt và 0,3 tỷ m<sup>3</sup> sinh ra dòng chảy ngầm. Hàng năm hệ thống sông đổ ra biển 20 tỷ m<sup>3</sup> nước, trong đó có 9,7 tỷ m<sup>3</sup> nước sinh ra trên lãnh thổ Thanh Hoá còn lại là nước sinh ra ở Tây Bắc và Lào.

Modul dòng chảy mặt trung bình 20,4 - 38 lít/s/km<sup>2</sup>. Vùng đồng bằng biến thiên từ 20 - 30 lít/s/km<sup>2</sup>, ở miền đồi núi trên 30 lít/s/km<sup>2</sup>, lớn nhất là tại lưu vực sông Âm: 38 lít/s/km<sup>2</sup>. Chất lượng nước mặt khá tốt, trừ vùng hạ lưu vào mùa kiệt do chịu ảnh hưởng của thủy triều.

Modul dòng chảy ngầm biến thiên từ 2 lít/s/km<sup>2</sup> đến 20 lít/s/km<sup>2</sup>. Khu vực trung lưu sông Mã có modul dòng ngầm trên 20 lít/s/km<sup>2</sup>. Nhìn chung, chất lượng nước ngầm tốt, trừ một số khu vực ngoại vi thành phố Thanh Hoá, thị xã Sầm Sơn, nước ở tầng mặt đã bị ô nhiễm. Các khu vực cửa sông, ven biển nước ngầm bị nhiễm mặn.

##### 1.4.5.2 Mạng lưới sông ngòi

Thanh Hoá có 5 hệ thống sông chính là sông Hoạt, sông Mã, sông Yên, sông Lạch Bạng và sông Chàng.

+ *Sông Hoạt*: Sông bắt nguồn từ núi Hang Cửa, vùng Yên Thịnh (Hà Trung) có diện tích lưu vực tính đến cầu Chính Đại (cách cửa sông 13 km) là 250 km<sup>2</sup>. Sông dài 55 km, chảy qua huyện Hà Trung, thị xã Bỉm Sơn và men theo tạo địa giới giữa huyện Nga Sơn và huyện Kim Sơn (Ninh Bình). Do vị trí của sông nằm trong khu vực ít mưa (dưới 1.500 mm), lại chảy qua nhiều vùng đá vôi nên dòng chảy mùa kiệt rất nghèo nàn và bị ảnh hưởng mạnh của thủy triều. Vào mùa mưa, do địa hình lòng chảo nên sông tiêu nước chậm và thường xuyên gây úng lũ ở Hà Trung (Hà Bắc, Hà Yên, Hà Giang, Hà Vân) và Nga Sơn.

+ *Sông Mã*: Đây là hệ thống sông lớn nhất tỉnh. Dòng chính dài 528 km, bắt nguồn từ độ cao 800 - 1.000 m ở vùng Điện Biên Phủ, sau đó chảy qua Lào (118 km) và vào Thanh Hoá ở phía Bắc bản Sốp Sim (Mường Lát). Chiều dài sông Mã ở địa phận Việt Nam là 410 km, riêng tỉnh Thanh Hoá 242 km. Toàn bộ diện tích lưu vực là 28.106 km<sup>2</sup>, trong đó phần bên nước bạn Lào là 7.913 km<sup>2</sup>, phần Việt Nam là 20.193 km<sup>2</sup>, riêng Thanh Hoá gần 9.000 km<sup>2</sup>. Sông Mã có 89 phụ lưu, các phụ lưu chính trên đất Thanh Hoá gồm suối Sim (40 km), suối Quanh (41km), suối Xia (22,5 km), sông Luồng (102 km), sông Lò (74,5 km), Hón Núa (25 km), sông Bưởi (130 km), sông Cầu Chày (87,5 km), sông Chu (325 km). Hệ thống sông Mã có thể cho công suất lý thuyết là 1.890.020 Kw, với sản lượng điện là 12,07 tỷ Kw/h. Bình quân trên 1km chiều dài, sông Mã cho 3.578 Kw. Hiện đã xây dựng trên hệ thống sông Mã nhà máy thủy điện Cửa Đạt có công suất lắp máy 140 Mw.

+ *Sông Yên*. Bắt nguồn từ xã Bình Lương (Như Xuân), ở độ cao 100 – 125 m, chảy xuống đồng bằng Nông Cống, Quảng Xương và đổ ra biển ở lạch Ghép. Sông dài 94,2 km, trong đó gần 50 km ở miền đồi núi. Diện tích lưu vực là 1.996 km<sup>2</sup>. Sông Yên có 4 sông nhánh là sông Nhôm (66,9 km), sông Hoàng (81 km), sông Lý (27,5 km) và sông Thị Long (50,4 km).

+ *Sông Lạch Bạng* bắt nguồn từ vùng núi Huôn, xã Phú Lâm (Tĩnh Gia), ở độ cao 100 m, chảy qua vùng núi Tĩnh Gia, tới Khoa Trường bắt đầu xuống đồng bằng và đổ ra biển ở cửa Bạng. Sông dài 34,5 km, trong đó 18k m ở vùng núi. Diện tích lưu vực là 236 km<sup>2</sup>.

+ *Sông Chàng*. Đây là con sông duy nhất ở tỉnh đổ ra tỉnh khác (Nghệ An). Sông Chàng là một nhánh của sông Hiếu (Nghệ An). Diện tích lưu vực sông ở đoạn Thanh Hoá khoảng 250 km<sup>2</sup>.

Ngoài các sông tự nhiên trên đây, Thanh Hoá còn có một hệ thống các sông và kênh, mương nhân tạo. Thời phong kiến có hệ thống kênh đào nhà Lê. Thời hiện đại có hệ thống kênh của công trình thuỷ lợi đập Bái Thượng, các công trình thuỷ lợi Bắc sông Mã, Nam sông Mã, sông Quảng Châu, v.v...

#### ***1.4.6 Đặc điểm phát triển kinh tế, xã hội***

Ngay từ đầu năm 2024, các cấp ủy đảng, chính quyền thành phố Thanh Hóa đã tập trung lãnh đạo, chỉ đạo thực hiện các nhiệm vụ phát triển kinh tế - xã hội, đạt kết quả tích cực. Sản xuất nông nghiệp duy trì ổn định; tổng sản lượng khai thác và nuôi trồng thuỷ sản ước đạt 112,8 tấn, tăng 7% so với cùng kỳ. Các doanh nghiệp, cơ sở sản xuất trên địa bàn đẩy mạnh sản xuất đáp ứng nhu cầu xuất khẩu, tiêu dùng, mua sắm của Nhân dân.

Hoạt động du lịch trên địa bàn thành phố Thanh Hóa được quan tâm chỉ đạo; từ đầu năm đến nay, đã thu hút 176.000 lượt khách, tăng 15% so với cùng kỳ (trong đó khách lưu trú ước đạt 52.000 lượt, khách quốc tế ước đạt 3.000 lượt). Trong tháng 01, khối lượng vận chuyển hàng hóa ước đạt 3.228 nghìn tấn, tăng 5,5% so với cùng kỳ; khối lượng vận chuyển hành khách ước đạt 1.686 ngàn người, tăng 8,4% so với cùng kỳ. Tổng thu ngân sách tháng 01 ước đạt 555,94 tỷ đồng, trong đó thu thường xuyên ước đạt 178,7 tỷ đồng.

Về cơ cấu sử dụng đất của thành phố Thanh Hoá hiện nay đang thực hiện theo Quyết định số 3761/QĐ-UBND ngày 27 tháng 9 năm 2021. Theo đó, tại điều 1 của quyết định này, Phương án sử dụng đất trong kỳ quy hoạch của thành phố Thanh Hóa được xác định với tổng diện tích tự nhiên: 14.534,57 ha. Trong đó:

- Đất nông nghiệp 2.785,60 ha.
- Đất phi nông nghiệp 11.600,27 ha.
- Đất chưa sử dụng: 148,70 ha.

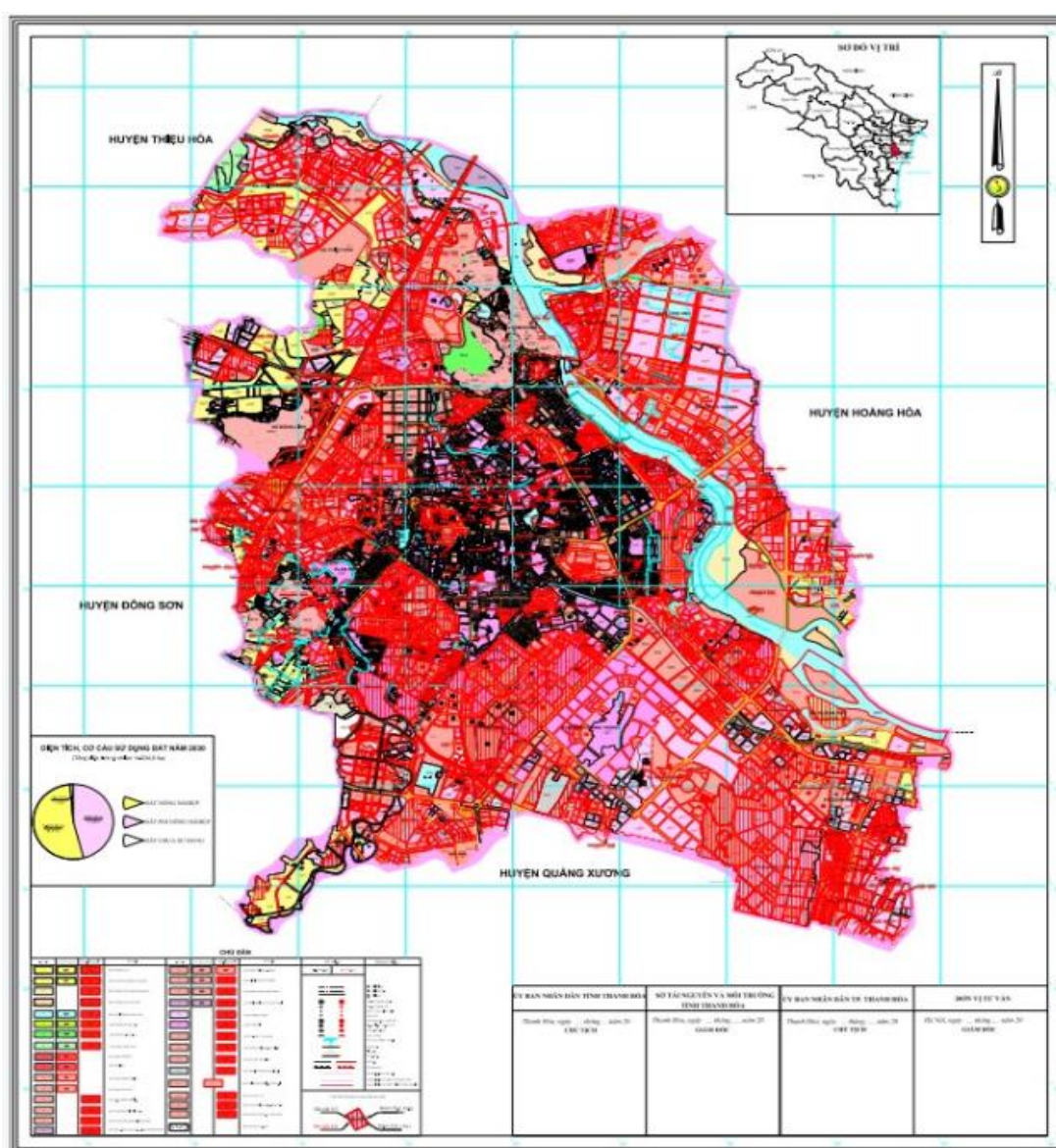
Quyết định cũng xác định diện tích chuyển mục đích sử dụng trong thời kỳ quy hoạch tho hồ sơ địa chính, bao gồm:

- Đất nông nghiệp chuyển sang phi nông nghiệp: 3.794,49 ha.
- Chuyển đổi cơ cấu sử dụng đất trong nội bộ đất nông nghiệp: 523,15 ha.
- Chuyển đổi đất phi nông nghiệp không phải là đất ở sang đất ở: 0 ha.

Diện tích đưa đất chưa sử dụng đưa vào sử dụng cho các mục đích:

- Đất nông nghiệp: 1,30 ha.
- Đất phi nông nghiệp: 80,70 ha.

Vị trí, diện tích các khu vực đất phải chuyển mục đích sử dụng đất được xác định theo bản đồ quy hoạch sử dụng đất thời 2021-2030.



Hình 1.2: Bản đồ quy hoạch sử dụng đất năm 2030 thành phố Thanh Hoá  
(Nguồn: Sở tài nguyên và môi trường Thanh Hoá)

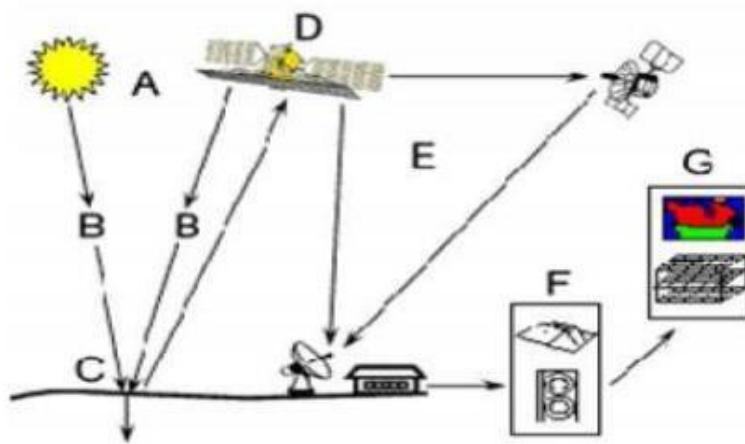
## CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cơ sở lý thuyết

#### 2.1.1 Viễn thám và nguyên lý hoạt động

Viễn thám được định nghĩa như là một khoa học nghiên cứu các phương pháp thu nhận, đo lường và phân tích thông tin của đối tượng (vật thể) mà không có những tiếp xúc trực tiếp với chúng.

Trong viễn thám, nguyên tắc hoạt động của nó liên quan giữa sóng điện từ từ nguồn phát và vật thể quan tâm.



Hình 2.1. Nguyên lý hoạt động của viễn thám

Nguồn phát năng lượng (A) - yêu cầu đầu tiên cho viễn thám là có nguồn năng lượng phát xạ để cung cấp năng lượng nện từ tới đối tượng quan tâm.

Sóng điện từ và khí quyển (B) - khi năng lượng truyền từ nguồn phát đến đối tượng, nó sẽ đi vào và tương tác với khí quyển mà nó đi qua. Sự tương tác này có thể xảy ra lần thứ 2 khi năng lượng truyền từ đối tượng tới bộ cảm biến.

Sự tương tác với đối tượng (C) - một khi năng lượng gặp đối tượng sau khi xuyên qua khí quyển, nó tương tác với đối tượng. Phụ thuộc vào đặc tính của đối tượng và sóng điện từ mà năng lượng phản xạ hay bức xạ của đối tượng có sự khác nhau.

Việc ghi năng lượng của bộ cảm biến (D) - sau khi năng lượng bị tán xạ hoặc phát xạ từ đối tượng, một bộ cảm biến ã thu nhận và ghi lại sóng điện từ

Sự truyền tải, nhận và xử lý (E) - năng lượng được ghi nhận bởi bộ cảm biến phải được truyền tải đến một trạm thu nhận và xử lý. Năng lượng được truyền đi thường ở dạng điện. Trạm thu nhận sẽ xử lý năng lượng này để tạo ra ảnh dưới dạng hardcopy hoặc là số.

Sự giải đoán và phân tích (F) - ảnh được xử lý ở trạm thu nhận sẽ được giải đoán trực quan hoặc được phân loại bằng máy để tách thông tin về đối tượng.

Ứng dụng (G) - đây là thành phần cuối cùng trong qui trình xử lý của công nghệ viễn thám. Thông tin sau khi được tách ra từ ảnh có thể được ứng dụng để hiểu tốt hơn về đối tượng, khám phá một vài thông tin mới hoặc hỗ trợ cho việc giải quyết một vấn đề cụ thể [12].

### ***2.1.2 Đặc tính phản xạ phổ của các đối tượng tự nhiên***

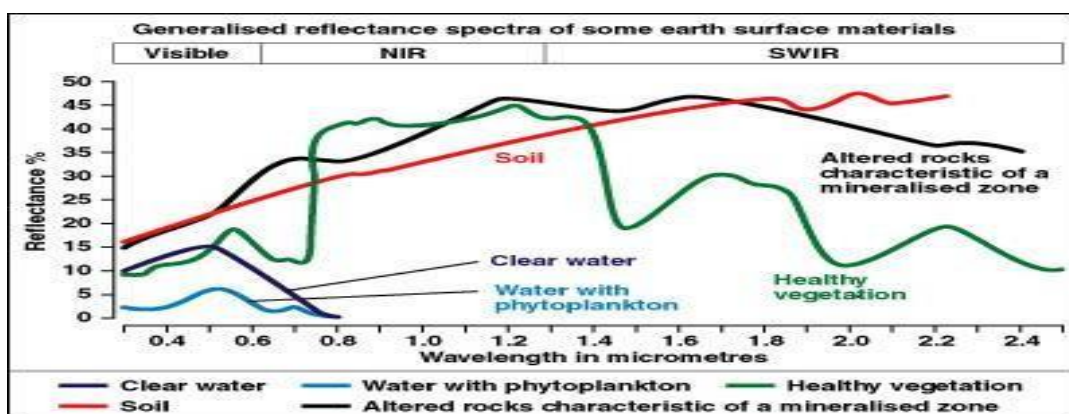
Các đối tượng tự nhiên bao gồm tất cả các đối tượng thuộc lớp phủ bề mặt Trái Đất, rất đa dạng và phức tạp. Đặc tính phản xạ phổ của các nhóm đối tượng phụ thuộc vào bước sóng và thường chia ra làm 3 nhóm đối tượng chính: Nhóm lớp phủ thực vật, nhóm đối tượng đất và nhóm đối tượng nước.

Trong các nhóm chính lại có thể chia ra thành các nhóm nhỏ hơn, tùy theo mức độ yêu cầu nghiên cứu. Trong nhóm đối tượng thực vật có thể chia ra nhóm thực vật tự nhiên và nhân tạo, trong nhóm thực vật tự nhiên lại có thể chia ra thành rừng lá rộng, rừng lá kim hay rừng hỗn giao tre nứa và cây lá rộng, rừng ngập mặn, còn trong nhóm thực vật nhân tạo lại chia ra làm nhóm cây nông nghiệp (lúa, ngô, khoai), nhóm cây công nghiệp (chè, cao su, cà phê). Trong nhóm đất có thể chia ra theo mục đích sử dụng như đất nông nghiệp, đất lâm nghiệp, đất ở, đất trống và có thể chia ra theo nguồn gốc phát sinh như đất feralit, đất bazan, đất bồi. Nhóm nước chia ra nhóm nước lục địa (sông suối, ao hồ) và nước biển (ven bờ và xa bờ). Chính vì vậy, phổ phản xạ của các đối tượng thu nhận được trên các tư liệu viễn thám thường có sự thay đổi nhất định so với phổ phản xạ của chúng trong điều kiện lý tưởng (thuần nhất chỉ có một đối tượng). Hơn nữa, do các bộ cảm vệ tinh được chế tạo để thu nhận thông tin bằng phản xạ ở các dải tần số khác nhau, nên thông tin nhận được của cùng một đối tượng trên các tư liệu viễn thám cũng sẽ khác nhau. Chính vì thế, khi nghiên cứu phổ phản xạ của các đối tượng cần lưu ý và làm rõ hai vấn đề là cơ chế phản xạ phổ của các nhóm đối tượng và đặc trưng phản xạ phổ của các đối tượng thu nhận được trên một loại tư liệu viễn thám



cụ thể (LANDSAT, SPOT hoặc MODIS). Đặc trưng phản xạ phổ của các đối tượng trên bề mặt trái đất là thông tin quan trọng nhất trong viễn thám. Do các thông tin viễn thám có liên quan trực tiếp đến năng lượng phản xạ từ các đối tượng nên việc nghiên cứu các đặc trưng phản xạ phổ của các đối tượng tự nhiên đóng vai trò hết sức quan trọng đối với việc ứng dụng hiệu quả phương pháp viễn thám.

Trong lĩnh vực viễn thám, kết quả giải đoán các thông tin phụ thuộc rất nhiều vào sự hiểu biết mối tương quan giữa các đặc trưng phản xạ phổ với bản chất và trạng thái các đối tượng tự nhiên. Đồng thời đó cũng là cơ sở dữ liệu để phân tích các tính chất của đối tượng tiến tới phân loại đối tượng đó. Đặc trưng phản xạ phổ của đối tượng tự nhiên là hàm của nhiều yếu tố, các đặc tính này phụ thuộc vào điều kiện chiếu sáng, môi trường khí quyển, bề mặt đối tượng cũng như bản thân đối tượng. Khả năng phản xạ phổ của đối tượng phụ thuộc vào bản chất, trạng thái, độ nhẵn bề mặt, màu sắc, độ cao mặt trời trên đường chân trời và hướng chiếu sáng của đối tượng. Khả năng phản xạ phổ của đối tượng được chụp ảnh còn phụ thuộc vào trạng thái khí quyển và các mùa trong năm. Đồ thị phản xạ phổ (đường cong phổ phản xạ) được xây dựng với chức năng là một hàm số của giá trị phổ phản xạ và bước sóng. Hình dáng của đường cong phổ phản xạ cho biết một cách tương đối rõ ràng tính chất phổ của một đối tượng và hình dạng đường cong phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn các dải sóng mà ở đó thiết bị viễn thám có thể ghi nhận được các tín hiệu phổ [16].



Hình 2.2. Đặc điểm phổ phản xạ của các nhóm đối tượng tự nhiên chính

Hình dạng của đường cong phổ phản xạ còn phụ thuộc rất nhiều vào tính chất của các đối tượng. Trong thực tế, các giá trị phổ của các đối tượng khác nhau, của một nhóm đối tượng cũng rất khác nhau, song về cơ bản chúng dao động quanh giá trị trung bình. Nguyên tắc cơ bản để phân biệt các đối tượng lớp phủ



mặt đất trên ảnh vệ tinh là dựa vào sự khác biệt về đặc tính phản xạ của chúng trên các kênh phổ.

### ***2.1.3 Viễn thám hồng ngoại nhiệt và nguyên lý bức xạ nhiệt của vật chất***

Phương pháp viễn thám hồng ngoại nhiệt là phương pháp quét với thiết bị quét nhiệt có độ nhạy cao. Viễn thám hồng ngoại nhiệt hoạt động với dải sóng từ 3 - 15  $\mu\text{m}$ . Ảnh hồng ngoại nhiệt là ảnh dạng số với độ phân giải thấp hơn nhiều so với ảnh số thu nhận trong dải phổ quang, tuy nhiên nó có ưu thế là cung cấp thông tin về nhiệt của vật chất và môi trường ở trên trái đất [16].

Nguyên lý bức xạ nhiệt của vật chất

- *Nhiệt độ Kinetic và sự bức xạ*

Nhiệt độ của vật chất đo được khi tiếp xúc hoặc đặt chìm vào bên trong vật chất được quan niệm là nhiệt độ bên trong của vật chất gọi là nhiệt độ Kinetic. Nhiệt độ Kinetic thể hiện sự trao đổi năng lượng của quá trình phát xạ nhiệt của các vật chất điển hình các phân tử cấu tạo nên vật chất. Khi bức xạ, vật chất có một nhiệt độ khác gọi là nhiệt độ bên ngoài của vật chất, viễn thám ghi nhận thông tin về nhiệt độ bên ngoài của vật chất, cũng có nghĩa là ghi nhận thông tin về sự bức xạ của vật chất [16].

- *Sự bức xạ vật đen tuyệt đối*

Tính chất bức xạ nhiệt của các đối tượng tự nhiên dựa vào nguyên tắc bức xạ của các vật đen tuyệt đối.

Khi nhiệt độ của một vật lớn hơn nhiệt độ  $0^{\circ}\text{K}$  ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) thì nó sẽ phát ra một bức xạ nhiệt. Cường độ bức xạ và tính chất phổ của bức xạ là một hàm của thành phần vật chất tại thời điểm đó. Các đường cong phân bố năng lượng có hình dạng giống nhau như các tia của chúng có xu hướng chuyển dịch về phía có bước sóng ngắn hơn khi nhiệt độ tăng cao [16].

- *Sự phát xạ nhiệt từ các vật chất thực*

Với vật đen tuyệt đối, nó phát xạ toàn bộ năng lượng rơi vào nó khi làm cho nhiệt độ nó tăng lên, còn vật chất thực chỉ phát ra một phần năng lượng rơi vào nó. Khả năng phát xạ nhiệt gọi là độ phát xạ nhiệt ( $\epsilon$ ).

$\varepsilon$  là tỷ số giữa năng lượng nhiệt phát ra của vật tại một nhiệt độ nào đó với năng lượng phát ra của vật đen tại cùng nhiệt độ đó.  $\varepsilon$  có giá trị từ 0 - 1 giá trị  $\varepsilon$  khác nhau tùy thuộc vào thành phần vật chất ở các nhiệt độ khác nhau thì sự phát xạ cũng khác nhau. Ngoài ra, sự phát xạ còn khác nhau ở dải sóng và góc phát xạ.

Một vật gọi là vật xám thì có độ phát xạ nhỏ hơn 1 nhưng sự phát xạ là đều ở một bước sóng tương tự như của vật đen tuyệt đối. Một vật có sự phát xạ khác nhau ở các dải sóng khác nhau thì gọi là vật phát xạ lựa chọn. Rất nhiều vật chất có sự phát xạ giống như vật đen, ví dụ nước 0,98 – 0,99 và phát xạ ở dải sóng 6 - 14 $\mu$ m.

#### **2.1.4 Giới thiệu ảnh vệ tinh Landsat**

##### **2.1.4.1 Landsat 5**

Landsat 5 là vệ tinh quỹ đạo Trái đất thấp được phóng vào ngày 1 tháng 3 năm 1984 để thu thập hình ảnh bề mặt Trái đất . Là sự tiếp nối của Chương trình Landsat , Landsat 5 được quản lý chung bởi Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) và Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Quốc gia (NASA). Dữ liệu từ Landsat 5 được thu thập và phân phối từ Trung tâm Khoa học và Quan sát Tài nguyên Trái đất (EROS) của USGS. Vệ tinh Landsat 5 có độ phân giải 30m. Hiện nay đã ngừng hoạt động.

##### **2.1.4.2 Landsat 8**

Vệ tinh thứ 8 - Landsat8 đã được Mỹ phóng thành công lên quỹ đạo vào ngày 11/02/2013 với tên gọi gốc Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Đây là dự án hợp tác giữa NASA và cơ quan Đo đạc Địa chất Mỹ. Landsat sẽ tiếp tục cung cấp các ảnh có độ phân giải trung bình (từ 15 - 100 mét). Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm: bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor).

Những bộ cảm này được thiết kế để cải thiện hiệu suất và độ tin cậy cao hơn so với các bộ cảm Landsat thế hệ trước. Landsat 8 thu nhận ảnh với tổng số 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài. Hai bộ cảm này sẽ cung cấp chi tiết bề mặt Trái Đất theo mùa ở độ phân giải không gian 30 mét (ở các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại, và hồng ngoại sóng ngắn); 100 mét ở kênh nhiệt và 15 mét đối với kênh toàn sắc. Dải quét của LDCM giới hạn trong khoảng 185 km x 180 km. Độ cao vệ tinh đạt 705 km so với bề mặt trái đất. Bộ cảm OLI

cung cấp hai kênh phổ mới, Kênh 1 dùng để quan trắc biến động chất lượng nước vùng ven bờ và Kênh 9 dùng để phát hiện các mật độ dày, mỏng của đám mây ti (có ý nghĩa đối với khí tượng học), trong khi đó bộ cảm TIRS sẽ thu thập dữ liệu ở hai kênh hồng ngoại nhiệt sóng dài (kênh 10 và 11) dùng để đo tốc độ bốc hơi nước, nhiệt độ bề mặt.

#### 2.1.4.3 Landsat 9

Landsat 9 là sự hợp tác giữa Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Quốc gia (NASA) và Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS), được thiết kế gồm ba phân đoạn: phân đoạn không gian (tàu vũ trụ và các thiết bị) và phân đoạn phóng vệ tinh do NASA chịu trách nhiệm, phân đoạn mặt đất do USGS phát triển.

Sau khi phóng, Landsat 9 tham gia cùng Landsat 8 trên quỹ đạo (lệch pha 8 ngày), thay thế Landsat 7 (được phóng vào năm 1999). Với chu kỳ lặp lại 16 ngày, Landsat 9 sẽ chụp ảnh toàn bộ bề mặt Trái đất trong 8 ngày.

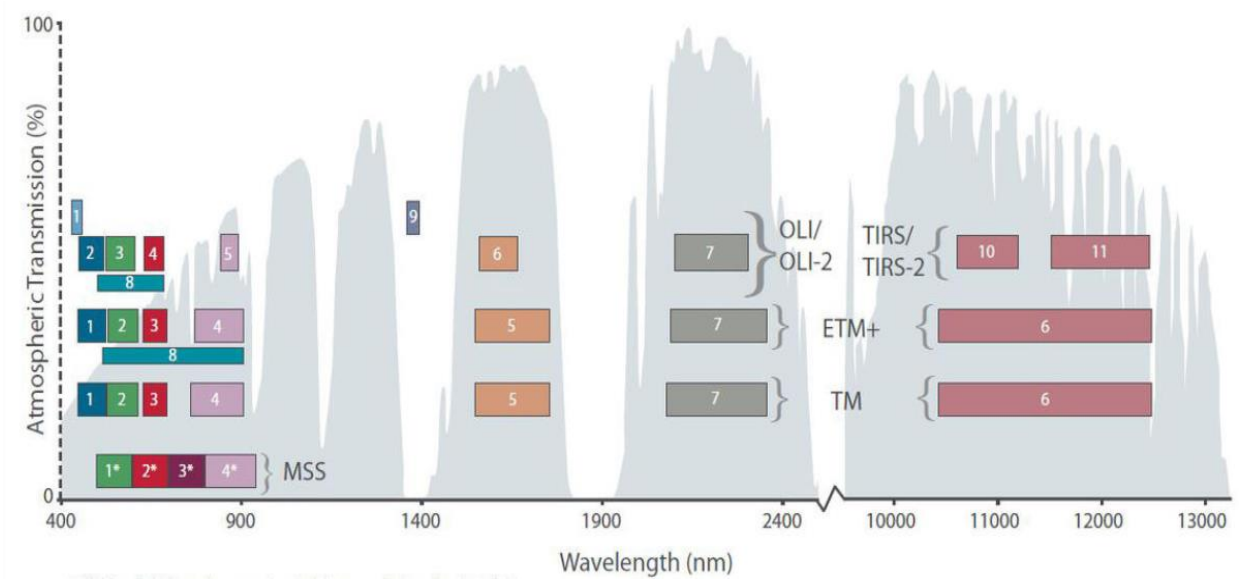
Tương tự như Landsat 8, Landsat 9 có chất lượng tốt hơn cả về mặt hình học và bức xạ, khả năng chụp cũng tốt hơn so với các thế hệ Landsat trước đây, cho phép bổ sung dữ liệu có giá trị vào kho lưu trữ dữ liệu đất đai toàn cầu Landsat.

Các thiết bị trên vệ tinh Landsat 9 là bản sao được nâng cấp của các thiết bị hiện đang thu thập dữ liệu trên Landsat 8, vốn đã cung cấp dữ liệu vượt trội về mặt hình học và bức xạ so các thế hệ vệ tinh Landsat trước đây. OLI – 2, ghi lại các quan sát bề mặt Trái đất ở các dải hồng ngoại - sóng ngắn và cận hồng ngoại với độ chính xác đo bức xạ được nâng cấp (lượng tử hóa tăng lên 14 bit so với 12 bit của Landsat 8), cải thiện tỉ lệ nhiễu tín hiệu. TIRS - 2 sẽ đo bức xạ hồng ngoại nhiệt hay còn gọi là nhiệt của bề mặt Trái đất với hai dải băng tần được cải thiện hiệu suất so với dải nhiệt của Landsat 8. Đặc điểm kỹ thuật của ảnh vệ tinh Landsat 8, Landsat 9 và các thông số của ảnh như bảng 2.1 và hình 2.3.

Bảng 2.1: So sánh đặc điểm kỹ thuật ảnh vệ tinh Landsat 8 và Landsat 9

Vệ tinh	Spectral Bands	Wavelength (in micrometers)	Resolution (in meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.433 - 0.453	30
	Band 2 - Blue	0.450 - 0.515	30

<b>Vệ tinh</b>	<b>Spectral Bands</b>	<b>Wavelength (in micrometers)</b>	<b>Resolution (in meters)</b>
<b>Landsat 8 (Bộ cảm OLI và TIRs)</b>	Band 3 - Green	0.525 - 0.600	30
	Band 4 - Red	0.630 - 0.680	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.845 - 0.885	30
	Band 6 - SWIR 1	1.560 - 1.660	30
	Band 7 - SWIR 2	2.100 - 2.300	30
<b>Landsat 8 (Bộ cảm OLI và TIRs)</b>	Band 8 - Panchromatic	0.500 - 0.680	15
	Band 9 - Cirrus	1.360 - 1.390	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIR) 1	10.3 - 11.3	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIR) 2	11.5 - 12.5	100
<b>Landsat 9 (Bộ cảm OLI và TIRs)</b>	Band 1- Ultra blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
	Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30
	Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30
	Band 4 - Red	0.636 - 0.673	30
	Band 5 - Near infrared (NIR)	0.851 - 0.879	30
	Band 6 - Shortwave infrared (SWIR) 1	1.566 - 1.651	30
	Band 7 - Shortwave infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294	30
	Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	15
	Band 9 - Cirrus	. 1.363 - 1.384	30
	Band 10 - Thermal infrared (TIR) 1	10.60 -11.19	100 <sup>a</sup>
	Band 11 - Thermal infrared (TIR) 2	11.50 - 12.51	100 <sup>a</sup>



Hình 2.3. Các kênh phổ trên dải sóng điện từ của ảnh vệ tinh Landsat 8 và Landsat 9 (Nguồn NASA)

## 2.2 Dữ liệu nghiên cứu

Nguồn dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu sẽ thu thập bao gồm:

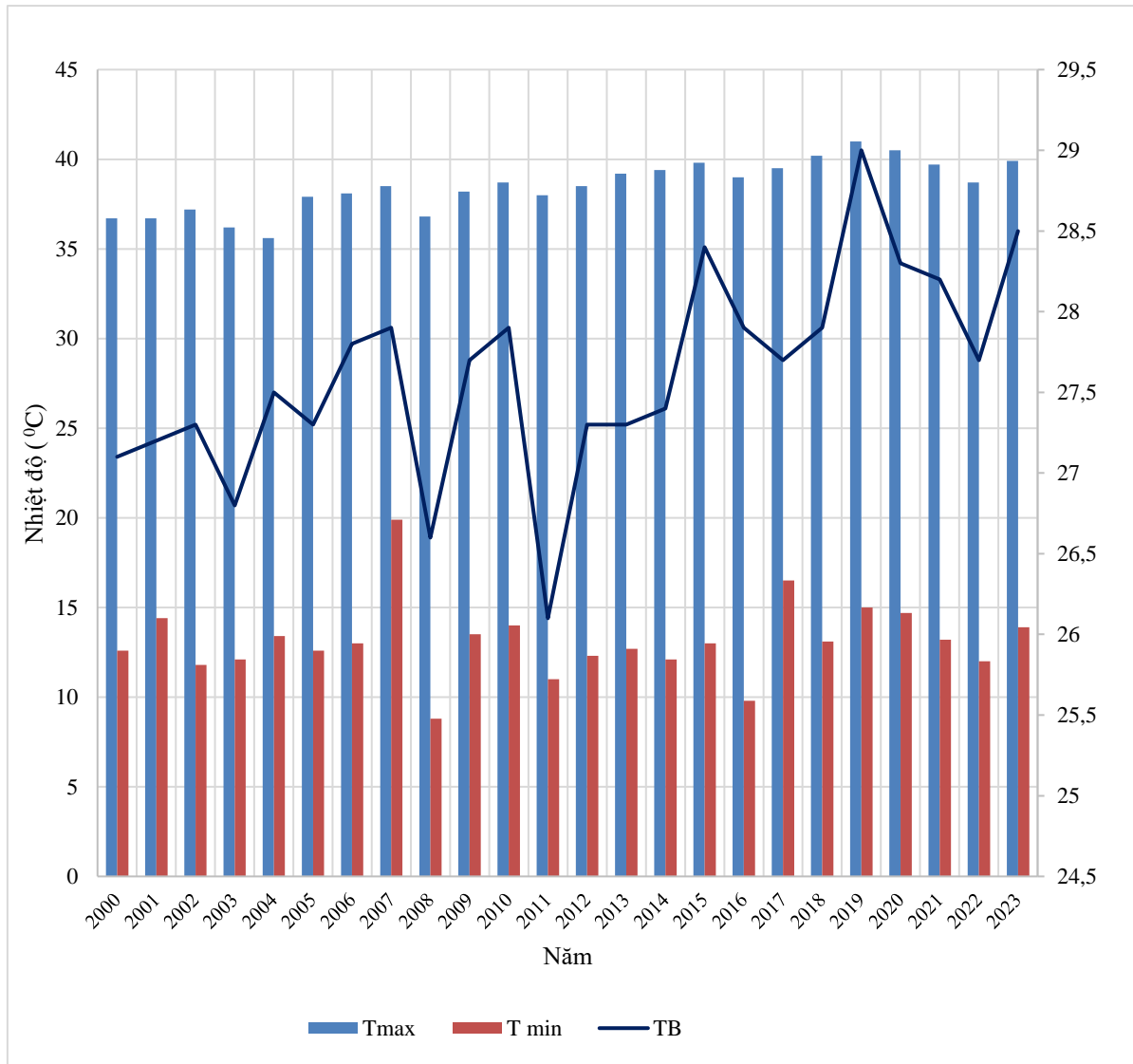
Tư liệu ảnh viễn thám: Ảnh Landsat khai thác trực tiếp từ kho dữ liệu ảnh của Google Earth Engine.

Dữ liệu Shapfile ranh giới thành phố Thanh Hoá

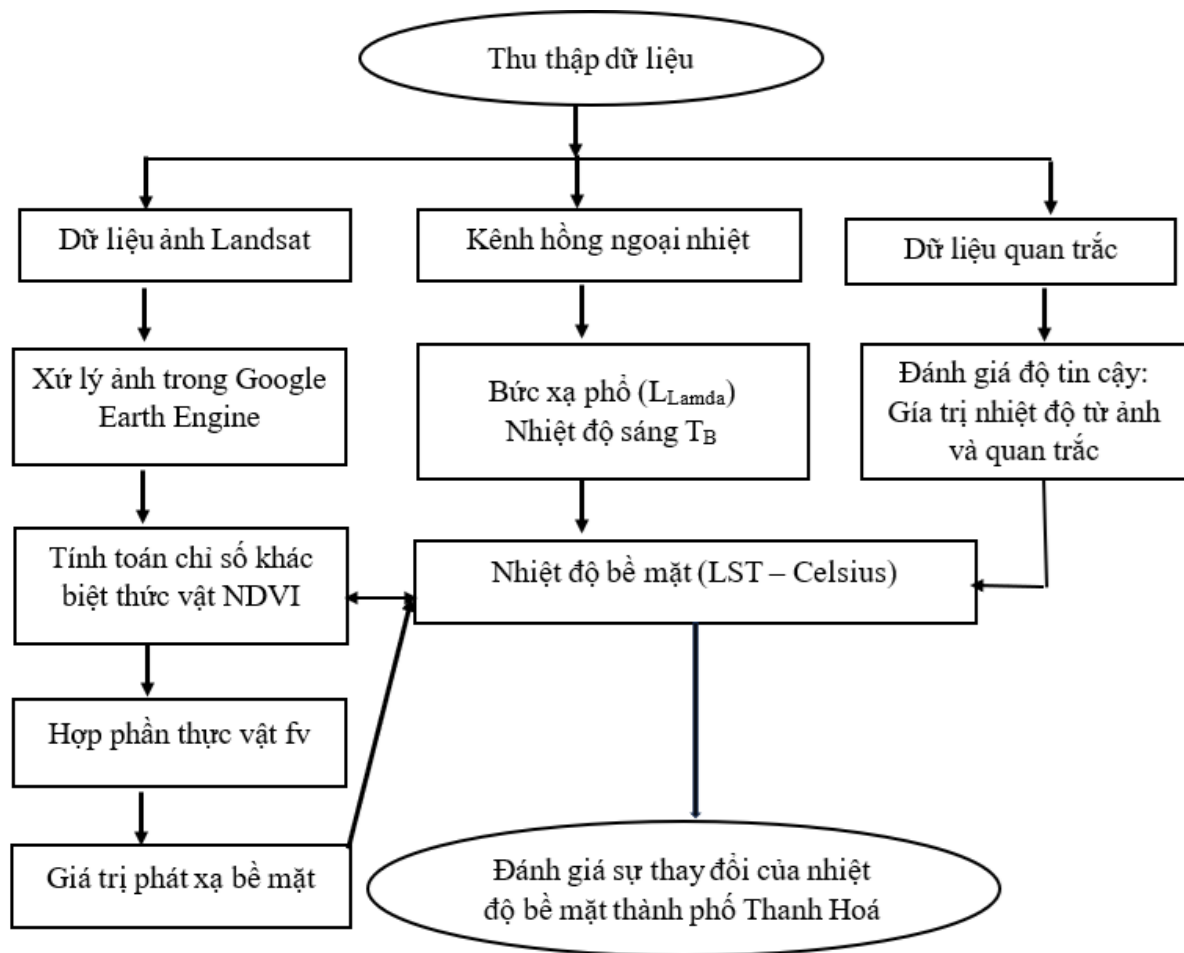
Số liệu quan trắc nhiệt độ bề mặt tại trạm khí tượng Thanh Hoá thời đoạn giờ trong giai đoạn 2000-2023. Nguồn số liệu được thu thập, tổng hợp từ Trung tâm thông tin và dữ liệu Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, vì vậy nguồn số liệu có độ chính xác và tin cậy cao. Các giá trị đặc trưng về nhiệt độ được biểu thị như hình 2.4.

Đối với tư liệu ảnh viễn thám, nghiên cứu này sử dụng kênh cận hồng ngoại, kênh hồng ngoại nhiệt, kênh đỏ của ảnh quang học Landsat 5, Landsat 8 và Landsat 9 ở mức độ thô (Raw Scenes) có độ phân giải không gian là 30m. Các ảnh được thu thập vào mùa khô (tháng 3,4,5) tại khu vực Thành phố Thanh Hoá vào thời điểm các năm 2001; 2007; 2010; 2015; 2019; 2020; 2022 và 2023, độ phủ mây dưới 5% được cung cấp bởi tổ chức United States Geological Survey (USGS). Sở dĩ nghiên cứu lựa chọn 8 thời điểm nêu trên bởi các lý do sau: (1) Đây là những năm tại khu vực thành phố Thanh Hoá có nhiệt độ cao được ghi nhận trong giai đoạn 2000-2023; (2) Dựa vào quy hoạch phát triển kinh tế của

thành phố Thanh Hoá, trong đó có các mốc thời gian quan trọng như năm 2014 Thanh Hoá phát triển lên đô thị loại II hay năm 2024 trở thành thành phố loại I. Vì vậy nghiên cứu sẽ lựa chọn những năm trước và sau khi có sự thay đổi bề mặt khi phát triển đô thị để thấy rõ sự thay đổi của giá trị nhiệt độ bề mặt một cách rõ nét. Các thông tin thu thập nguồn ảnh như bảng 2.2, sơ đồ thực hiện các bước chính thực hiện trong nghiên cứu thể hiện như hình 2.5.



Hình 2.4 Đặc trưng nhiệt độ tại trạm khí tượng Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023



Hình 2.5: Sơ đồ thực hiện đánh giá sự thay đổi nhiệt độ bề mặt thành phố Thanh Hoá

Bảng 2.2. Thông tin thu thập nguồn ảnh Landsat

TT	Thời gian	Thông tin ảnh (ID)	Loại vệ tinh thu thập
1	21/4/2001	LANDSAT/LT05/C02/T1/LT05_125052_20010421	Landsat 5
2	8/5/2007	LANDSAT/LT05/C02/T1/LT05_125052_20070508	Landsat 5
3	25/2/2010	LANDSAT/LT05/C02/T1/LT05_125052_20100225	Landsat 5
4	30/5/2015	LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08_125052_20150530	Landsat 8
5	18/5/2019	LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08_125052_20190518	Landsat 8
6	8/3/2020	LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08_125052_20200308	Landsat 8

TT	Thời gian	Thông tin ảnh (ID)	Loại vệ tinh thu thập
7	8/4/2022	LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08_125052_20220408	Landsat 8
8	5/5/2023	LANDSAT/LC09/C02/T1/LC09_125052_20230505	Landsat 9

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng

#### 2.3.1 Phương pháp nghiên cứu

##### 2.3.1.1 Phương pháp thống kê

Đề tài sử dụng phương pháp này để tổng hợp và phân tích các loại số liệu và dữ liệu thu thập được tại khu vực nghiên cứu, bao gồm chuỗi dữ liệu về nhiệt độ tại trạm khí tượng Thanh Hoá trong giai đoạn từ 2000 đến 2023, nhằm xác định các giá trị đặc trưng để so sánh, kiểm tra lại kết quả tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat.

##### 2.3.1.2 Phương pháp phân tích, tổng hợp.

Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích, tổng hợp nhằm đánh giá, xác định các nhân tố ảnh hưởng đến sự thay đổi giá trị nhiệt độ bề mặt. Phân tích các mối tương quan giữa các đặc trưng nhiệt độ quan trắc tại trạm và nhiệt độ bề mặt xác định được từ ảnh vệ tinh Landsat cho khu vực nghiên cứu.

##### 2.3.1.3 Phương pháp phân tích, giải đoán ảnh viễn thám

Giải đoán ảnh viễn thám là quá trình tách thông tin thuộc tính cũng như định lượng về ảnh dựa trên trí thức chuyên ngành hoặc kinh nghiệm của người đoán đọc ảnh. Việc tách thông tin có thể phân thành 5 loại:

Phân loại đa phổ: Dựa trên tính chất không gian phổ;

Phát hiện biến động: Dựa trên tư liệu ảnh đa thời gian.

Chiết tách thông tin: Tương ứng với đo nhiệt độ trạng thái khí quyển

Xác định chỉ số: Tính toán, xác định chỉ số, hiện tượng...

Xác định các đối tượng đặc biệt

Xử lý thông tin viễn thám có hai phương pháp chính là phương pháp tổ hợp màu



và phương pháp xử lý số.

Phương pháp tổ hợp hợp màu: là phương pháp được sử dụng rộng rãi dựa trên chuẩn nền màu trong viễn thám để hỗ trợ cho công tác giải đoán ảnh. Lợi thế của ảnh chụp đa phổ là có thể sử dụng tích hợp các kênh phổ khác nhau để phân tích giải đoán các đối tượng theo các đặc trưng bức xạ phổ.

Phương pháp xử lý số: là phương pháp sử dụng các pixel trong ảnh viễn thám để bóc tách các lớp phủ đối tượng, hỗ trợ cho công tác giải đoán ảnh.

#### *2.3.1.4 Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS*

Sử dụng các phần mềm chuyên dụng trong Viễn thám và GIS như: QGIS để thành lập các bản đồ chuyên đề về nhiệt độ bề mặt qua các thời điểm đề cập đến trong nghiên cứu.

#### *2.3.2 Lý do lựa chọn công cụ nghiên cứu Google Earth Engine*

Các thuật toán thường được sử dụng để ước tính LST từ tư liệu ảnh hồng ngoại nhiệt như: thuật toán cửa sổ đơn (SingleWindow - SW), thuật toán kênh đơn (singlechannel - SC) [40], [41], [53], thuật toán chia cửa sổ (split-window - SW) sử dụng hai băng tần thu nhận ở dải hồng ngoại nhiệt [53]. Trong nghiên cứu này, phương pháp kênh đơn và ảnh hồng ngoại nhiệt độ phân giải cao Landsat 8, Landsat 9 TIRS được lựa chọn để tiến hành thực nghiệm nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt đất khu vực thành phố Thanh Hoá.

Để thực hiện được mục tiêu, nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám được xử lý trên nền tảng Google Earth Engine. Google Earth Engine (GEE) là một nền tảng điện toán đám mây được phát triển để xử lý ảnh vệ tinh và các dữ liệu địa không gian khác. Nó cung cấp quyền truy cập vào cơ sở dữ liệu khổng lồ ảnh vệ tinh và các thuật toán cần thiết để phân tích ảnh vệ tinh. GEE cho phép giám sát những thay đổi trong các lĩnh vực nông nghiệp, tài nguyên nước và khí hậu... sử dụng dữ liệu địa không gian với các mức độ phân giải theo không gian và thời gian khác nhau. Nó cung cấp một danh mục dữ liệu cùng với thuật toán phân tích, cho phép các nhóm người dùng khác nhau, chẳng hạn như các nhà nghiên cứu và chuyên gia tài nguyên môi trường cộng tác bằng cách sử dụng dữ liệu, thuật toán và minh họa bằng hình ảnh.

Việc sử dụng GEE đã tăng nhanh trong vài năm qua, trong nhiều cơ quan (nghiên cứu, chính phủ và tư nhân) cũng như trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau (quản lý nước, nông nghiệp, bảo tồn thiên nhiên, v.v.). Sự phổ biến của công cụ có liên quan đến những lợi ích to lớn của nó so với các công nghệ thông thường khác, bao gồm những điều sau:

Xử lý ảnh được thực hiện trên đám mây, có nghĩa là bạn không cần tải hàng gigabyte dữ liệu xuống PC của mình nữa. Điều này giúp tiết kiệm dung lượng ổ cứng, chi phí cơ sở hạ tầng và khắc phục các hạn chế liên quan đến tốc độ internet;

Phần mềm xử lý ảnh viễn thám đặc biệt không còn cần thiết, giúp tiết kiệm chi phí cấp phép phần mềm; Tốc độ xử lý cao và tiết kiệm thời gian làm việc;

Cung cấp quyền truy cập vào các bộ dữ liệu khổng lồ không chỉ ở quy mô quốc gia mà còn ở quy mô toàn cầu, cho phép thực hiện các phân tích xuyên biên giới (cần thiết cho các nghiên cứu môi trường);

Cung cấp quyền truy cập vào hàng thập kỷ dữ liệu lịch sử cho phép phân tích chuỗi thời gian; Cung cấp quyền truy cập vào các tập dữ liệu vệ tinh đa cảm biến đã được xử lý trước, cho phép dễ dàng tích hợp nhiều nguồn dữ liệu khác nhau mà không tốn thời gian sửa/xử lý; Cho phép chia sẻ công việc và kiến thức của mình với các chuyên gia khác cũng như với công chúng.

### ***2.3.2 Phương pháp giải đoán ảnh trực tiếp bằng nền tảng Google Earth Engine (GEE)***

Sử dụng ngôn ngữ lập trình JavaScript thực hiện trực tiếp trên nền trang web của GEE (<https://code.earthengine.google.com/>). Bao gồm các công việc khai báo lệnh để đưa dữ liệu ảnh vào nền tảng, xử lý ảnh, phân tích, phân loại ảnh, hiển thị kết quả và xuất kết quả.

Ảnh: dữ liệu raster được biểu diễn dưới dạng đối tượng ảnh trong Earth Engine. Một đối tượng ảnh thể hiện một ảnh raster độc lập, ví dụ một cảnh ảnh Landsat 8 được thu nhận trong một ngày nhất định.

Tập hợp ảnh/Ảnh đơn: là một tập hợp hoặc nhóm các ảnh hoặc ảnh đơn. Ví dụ tập hợp ảnh Landsat 8 có dạng mã ID:

LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08\_125052\_20190518 gồm ảnh Landsat 8 được thu nhận được theo thời điểm các năm. Những tập ảnh làm cơ sở dữ liệu cho phân

tích theo thời gian. Nếu là tập ảnh thu nhận về, tiếp tục xử lý lọc ảnh theo thời gian, tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu.

### 2.3.3 Các bước xác định chỉ số giá trị nhiệt độ bề mặt trên nền tảng GEE

Xác định nhiệt độ bề mặt trên ảnh vệ tinh dựa vào nguồn năng lượng phản xạ từ các vật thể trên bề mặt trái đất được bộ cảm biến thu nhận được trong dải hồng ngoại nhiệt [24]. Chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST-Land Surface Temperature) được tính toán trên nền tảng Google Earth Engine bằng ngôn ngữ lập trình JavaScript theo các bước như sơ đồ hình 2.5.

**Bước 1:** Chuyển đổi giá trị DN (Digital Number) sang giá trị năng lượng bức xạ.

Mỗi điểm ảnh đều mang giá trị DN được lưu dưới dạng số. Ảnh Landsat 5 có cấu trúc 8 bit tương ứng 28 giá trị, đối với Landsat 8,9 có cấu trúc 16 bit tương ứng 216 giá trị. Giá trị  $L_{\lambda}$  là năng lượng hấp thụ của các đối tượng trên bề mặt đất sau đó bức xạ vào khí quyển [21].

Đối với ảnh Landsat 5, giá trị chuyển đổi bức xạ được xác định theo công thức (1) [2].

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{cal,max} - Q_{cal,min}} (Q_{cal} - Q_{cal,min}) + L_{min} \quad (1)$$

Trong đó:

$L_{\lambda}$ : Giá trị bức xạ

$L_{max}$ : Giá trị bức xạ phổ max (RADIANCE\_MAXIMUM-BAND\_6\_VCID\_1)

$L_{min}$ : Giá trị bức xạ phổ min (RADIANCE\_MINIMUM-BAND\_6\_VCID\_1).

Các giá trị được lấy trong file metadata của ảnh Landsat như bảng 2.3

$Q_{cal}$ : Giá trị pixel kênh nhiệt (Band 6).

$Q_{cal,max}$ ,  $Q_{cal,min}$ : Giá trị bức xạ lớn nhất, nhỏ nhất đã được hiệu chỉnh dưới dạng số nguyên. Với  $Q_{cal,max} = 255$  và  $Q_{cal,min} = 1$ .

Đối với ảnh Landsat 8, 9, giá trị chuyển đổi bức xạ được xác định theo công thức (2) [2].

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

Trong đó:

$L_\lambda$ : Giá trị bức xạ điện từ

$M_L$ : Giá trị năng lượng bức xạ mở rộng (RADIANCE\_MULT\_BAND\_10)

$A_L$ : Hệ số chuyển đổi trong metadata (RADIANCE\_ADD\_BAND\_10)

Các hệ số  $M_L$ ;  $A_L$ : được lấy từ trong file metadata của ảnh Landsat 8, 9 (bảng 2.4).

$Q_{cal}$ : Giá trị pixel của kênh nhiệt (Band 10)

Bảng 2.3: Hệ số  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  đối với ảnh Landsat 5

STT	Tư liệu ảnh	Kênh ảnh	$L_{max}$	$L_{min}$
1	Landsat 5	BAND_6_VCID_1	15,6046	1,2459

Bảng 2.4: Hệ số  $M_L$ ;  $A_L$  đối với ảnh Landsat 8, 9

STT	Tư liệu ảnh	Kênh ảnh	$M_L$	$A_L$
1	Landsat 8	BAND_10	$3,3823.10^{-4}$	0,10000
2	Landsat 9	BAND_10	$3,3823.10^{-4}$	0,10000

**Bước 2:** Chuyển đổi giá trị bức xạ sang nhiệt độ chiếu sáng theo công thức (3) [2]

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

Trong đó:

$K_1$ ;  $K_2$  : Hằng số hiệu chỉnh đối với kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh vệ tinh (được lấy trong file metadata của ảnh Landsat như bảng 2.5)

$T_B$ : Giá trị nhiệt độ chiếu sáng ( $^{\circ}K$ )

$L_\lambda$ : Giá trị bức xạ điện từ

Bảng 2.5 Hệ số  $K_1$ ;  $K_2$  với ảnh Landsat 5 TM và Landsat 8, 9 OLI

STT	Tư liệu ảnh	Kênh ảnh	$K_1$ ( $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ )	$K_2$ ( Kelvin)
1	Landsat 5	BAND_6	607,76	1260,56
2	Landsat 8	BAND_10	799,03	1329,24
3	Landsat 9	BAND_10	799,03	1329,24

**Bước 3:** Tính độ phát xạ bề mặt theo công thức (4) [2], độ phát xạ của các bề mặt tự nhiên có thể thay đổi tùy theo đặc tính của lớp đất và thực vật. Vì vậy nó phụ thuộc vào từng loại thảm phủ.

$$\varepsilon = fv * \varepsilon_{thực vật} + (1 - fv) * \varepsilon_{đất trống} \quad (4)$$

Trong đó:

$\varepsilon_{thucvat}$ : Độ phát xạ của thực vật = 0,97 [24]

$\varepsilon_{dattrong}$ : Độ phát xạ của đất trống = 0,96 [24]

$fv$ : Hợp phần của thực vật (fractional vegetation) hay tỷ lệ thực vật trong một pixel ảnh.  $fv$  được tính theo công thức (5) [2]:

$$fv = ((NDVI - NDVI_{đất}) / (NDVI_{thucvat} - NDVI_{đất}))^2 \quad (5)$$

Trong đó: NDVI được tính theo công thức sau:

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

Với: NIR, RED lần lượt là các kênh hồng ngoại gần và kênh đỏ đối với ảnh Landsat, sử dụng các band như bảng 2.6

Bảng 2.6: Các kênh ảnh sử dụng để tính chỉ số khác biệt thực vật NDVI

Kênh ảnh	Landsat 5	Landsat 8,9
NIR – Kênh hồng ngoại gần	Band 4	Band 5
RED – Kênh đỏ	Band 3	Band 4

Minh hoạ tính NDVI cho ảnh Landsat 9:

```
Tính NDVI cho Landsat 9: var NDVI= image.expression(  
    '(NIR - RED) / ( NIR + RED) ', {  
        'NIR': image.select('B5'),  
        'RED': image.select('B4'), } );
```

$NDVI_{\text{đất}}$  lấy bằng 0,2;  $NDVI_{\text{thực vật}}$  lấy bằng 0,86 [50].

Giá trị của  $fv$  sẽ bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với đất phủ kín thực vật.

**Bước 4:** Tính giá trị nhiệt độ bề mặt LST theo công thức (6) [2]:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda * T_B}{\rho} * \ln \varepsilon} - 273,15 \quad (6)$$

Trong đó:

LST: Giá trị nhiệt độ bề mặt ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_B$ : Giá trị nhiệt độ chiếu sáng ( $^{\circ}\text{K}$ )

$\lambda$ : Bước sóng trung tâm kênh nhiệt (Band 10)

$\varepsilon$ : Độ phát xạ bề mặt

$$\rho = \frac{h * c}{K} = 1,438 * 10^{-2} \text{ mK}$$

$h = 6,626.10^{-34} \text{ J.sec}$ : Hằng số Planck;

$C = 2,998.10^8 \text{ m/sec}$ : vận tốc ánh sáng

$K = 1,38.10^{-23} \text{ J/K}$  hoặc  $5,67.10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ : Hằng số Stefan Boltzmann)

Xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá, nghiên cứu sử dụng 03 loại ảnh vệ tinh, bao gồm ảnh Landsat 5 TM và ảnh Landsat 8, 9 OLI vào các thời điểm cụ thể như thông tin trong bảng 2.2. Ảnh Landsat sau khi thu thập trên có sẵn dữ liệu tích hợp có trong nền tảng Google Earth Engine, sau đó sẽ tiến hành tiền xử lý ảnh nhằm loại bỏ các sai số về phổ, độ che phủ mây và biến dạng hình học. Ảnh sau đó được xác định theo khu vực nghiên cứu.

Kênh hồng ngoại nhiệt (nghiên cứu sử dụng kênh 10 của ảnh Landsat 8, 9 OLI và kênh 6 của ảnh Landsat 5 TM), sử dụng để chuyển sang giá trị bức xạ

điện từ và tính nhiệt độ độ chói. Đồng thời kênh hồng ngoại gần (kênh 5 đối với ảnh Landsat 8,9). Kênh đỏ (kênh 4 đối với ảnh Landsat 8,9) được dùng để tính chỉ số NDVI, sau khi giá trị số nguyên tại các kênh đỏ và kênh hồng ngoại gần được chuyển đổi sang phản xạ phổ, sau đó hiệu chỉnh khí quyển nhằm mục đích xác định phản xạ phổ bề mặt.

Các bước tính toán lần lượt được thực hiện trên nền tảng ứng dụng Google Earth Engine với chức năng xử lý và phân tích ảnh vệ tinh một cách nhanh chóng, giúp chúng ta tính được giá trị nhiệt độ bề mặt tại khu vực nghiên cứu một cách hiệu quả.

```

002_LST
Get Link Save Run Reset Apps
17 gamma:1.0
18 };
19 Map.addLayer(image, trueColor432Vis, 'Image L9');
20 // ---- Tính chỉ số nhiệt độ bề mặt-----
21 // Bước 1: Chuyển đổi giá trị DN sang giá trị bức xạ
22 //L = M_L * Q_cal + A_L
23 var RADIANCE_MULT_BAND_10 = ee.Number(image.get('RADIANCE_MULT_BAND_10'));
24 //print(RADIANCE_MULT_BAND_10, 'RADIANCE_MULT_BAND_10');
25 var RADIANCE_ADD_BAND_10 = ee.Number(image.get('RADIANCE_ADD_BAND_10'));
26 //print(RADIANCE_ADD_BAND_10, 'RADIANCE_ADD_BAND_10');
27 var L = image.expression(
28   'M_L * Q_cal + A_L', {
29     'M_L': RADIANCE_MULT_BAND_10, //RADIANCE_MULT_BAND_10: 0.00038
30     'Q_cal': image.select('B10'), //band 10
31     'A_L': RADIANCE_ADD_BAND_10 //RADIANCE_ADD_BAND_10: 0.1
32   });
33 //Map.addLayer(L, {}, 'L');
34 //Bước 2: Chuyển đổi giá trị bức xạ sang nhiệt độ chiếu sáng
35 //K2/log((K1/L)+1)
36
37 var K1_CONSTANT_BAND_10 = ee.Number(image.get('K1_CONSTANT_BAND_10'));
38 //print(K1_CONSTANT_BAND_10, 'K1_CONSTANT_BAND_10')
39 var K2_CONSTANT_BAND_10 = ee.Number(image.get('K2_CONSTANT_BAND_10'));
40 //print(K2_CONSTANT_BAND_10, 'K2_CONSTANT_BAND_10')
41 var TB = image.expression(
42   'K2/(log((K1/L)+1))', {
43     'K1': K1_CONSTANT_BAND_10, //K1_CONSTANT_BAND_10: 799.0284
44     'K2': K2_CONSTANT_BAND_10, //K2_CONSTANT_BAND_10: 1329.2405
45     'L': L

```

Hình 2.6. Các bước tính giá trị nhiệt độ bề mặt được thực hiện trong nền tảng Google Earth Engine

Ngoài ra, sau khi tính được chỉ số NDVI, nghiên cứu tiến hành xây dựng phân tích mối tương quan giữa chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST) và chỉ số thực vật khác biệt (NDVI) được xác định dựa vào hệ số tương quan Pearson ( $\rho$ ) – là chỉ số thống kê đo lường mức độ mạnh yếu của mối quan hệ giữa hai biến số. Hệ số tương quan nằm trong khoảng  $[-1;1]$  và được tính theo công thức:

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (7)$$

Trong đó:  $\rho_{xy}$ : Hệ số tương quan Pearson;

$Cov(x, y)$ : Hiệp phương sai của biến  $x$  và  $y$ ;

$\sigma_x$ : Độ lệch chuẩn của  $x$ ;

$\sigma_y$ : độ lệch chuẩn của  $y$ .

#### ***2.3.4 Thành lập bản đồ chỉ số nhiệt độ bề mặt và xây dựng App Engine***

Sau khi tính toán được giá trị nhiệt độ bề mặt, nghiên cứu sử dụng công cụ GIS để thành lập bản đồ phân bố giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá, nhằm phục vụ đánh giá một cách trực quan sự biến đổi nhiệt độ theo không gian và thời gian. Đồng thời sử dụng nền tảng Google Earth Engine để xây dựng Earth Engine Apps cơ bản nhằm tiện lợi cho người dùng trong quá trình tìm kiếm, truy cập kết quả nghiên cứu.

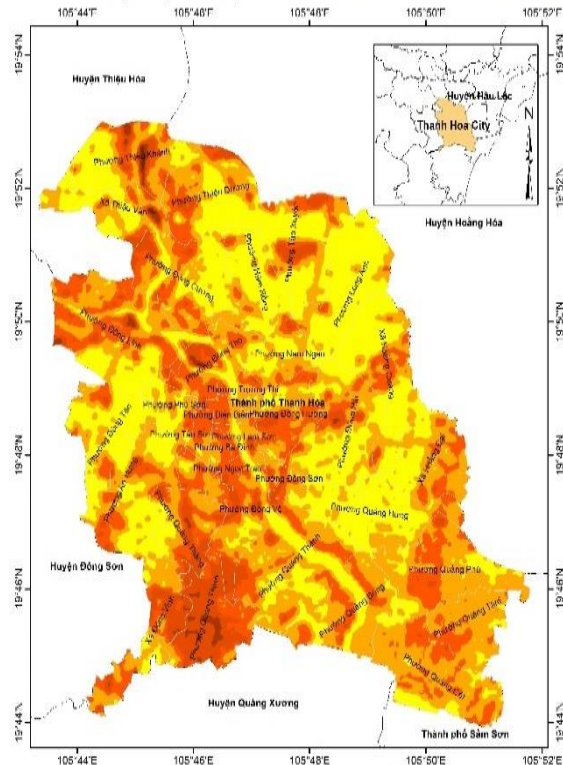


# CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ SỰ BIẾN ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT KHU VỰC THÀNH PHỐ THANH HOÁ GIAI ĐOẠN 2000-2023

## 3.1 Tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.

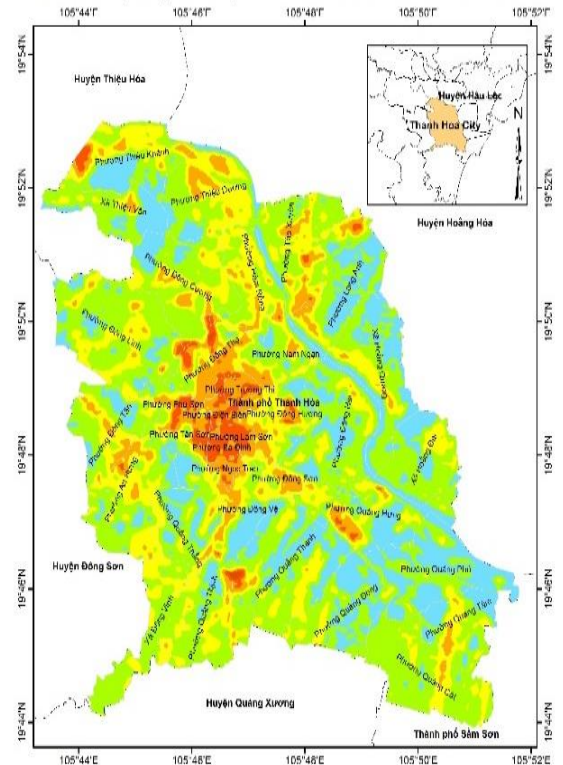
Từ giá trị nhiệt độ bề mặt (LST) tính toán cho khu vực thành phố Thanh Hoá, thuộc tỉnh Thanh Hoá, nghiên cứu sử dụng công cụ QGIS tiến hành xây dựng bản đồ nhiệt qua 8 thời điểm: Năm 2001, 2007, 2010, 2015, 2019, 2022 và 2023. Qua đó, kết quả cho thấy giá trị nhiệt độ bề mặt biến đổi tăng giảm qua các thời điểm khác nhau, cụ thể như hình 3.1.

**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2001**



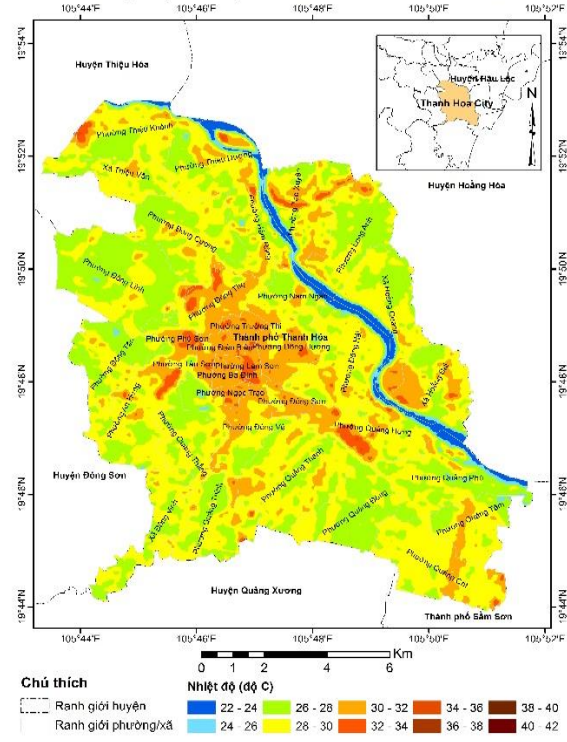
**Chú thích**  
 --- Ranh giới huyện  
 --- Ranh giới phường/xã  
**Nhiệt độ (độ C)**  
 22 - 24   26 - 28   30 - 32   34 - 36   38 - 40

**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2007**

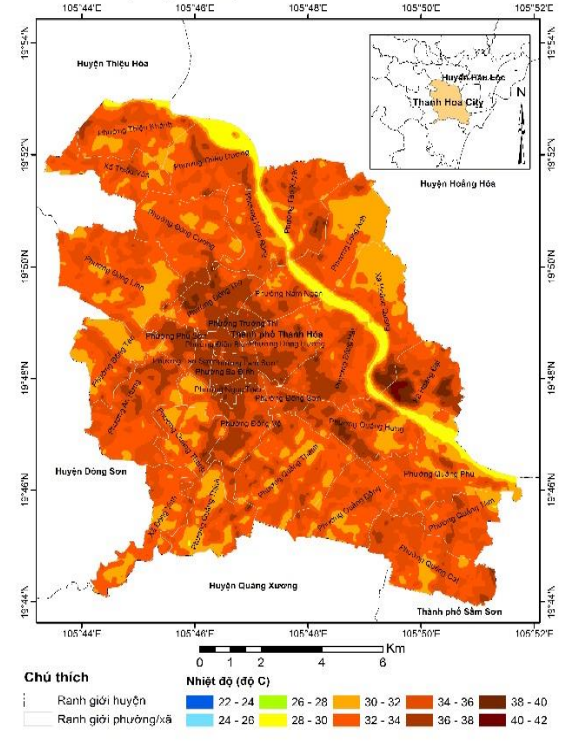


**Chú thích**  
 --- Ranh giới huyện  
 --- Ranh giới phường/xã  
**Nhiệt độ (độ C)**  
 22 - 24   26 - 28   30 - 32   34 - 36   38 - 40

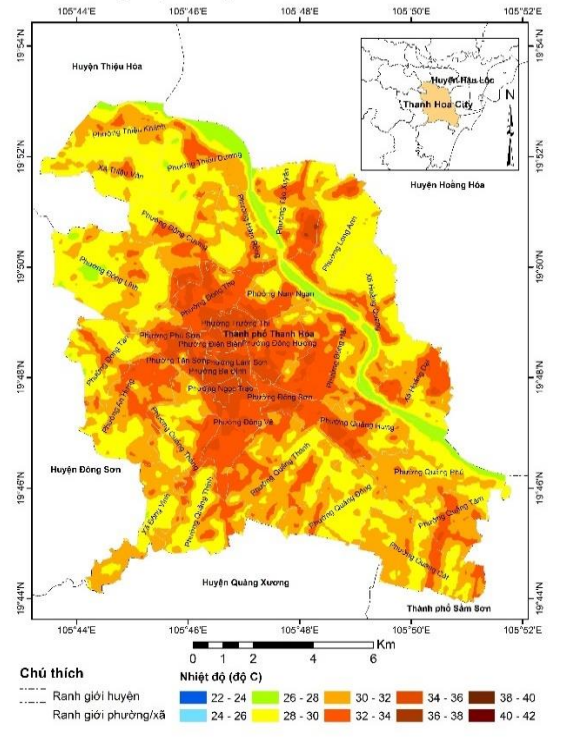
**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2010**



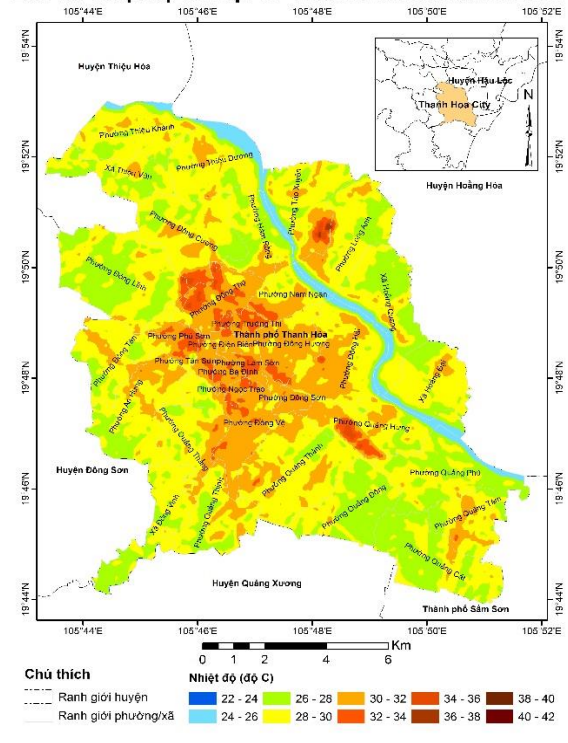
**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2015**



**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2019**

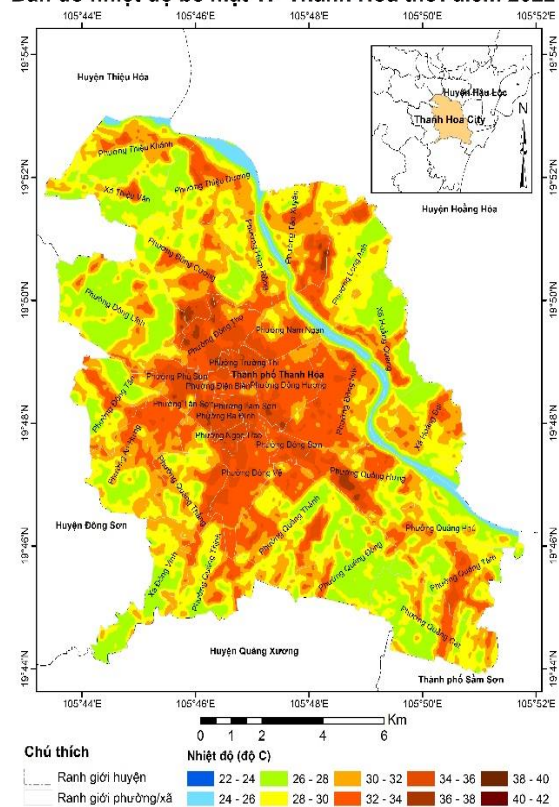


**Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2020**

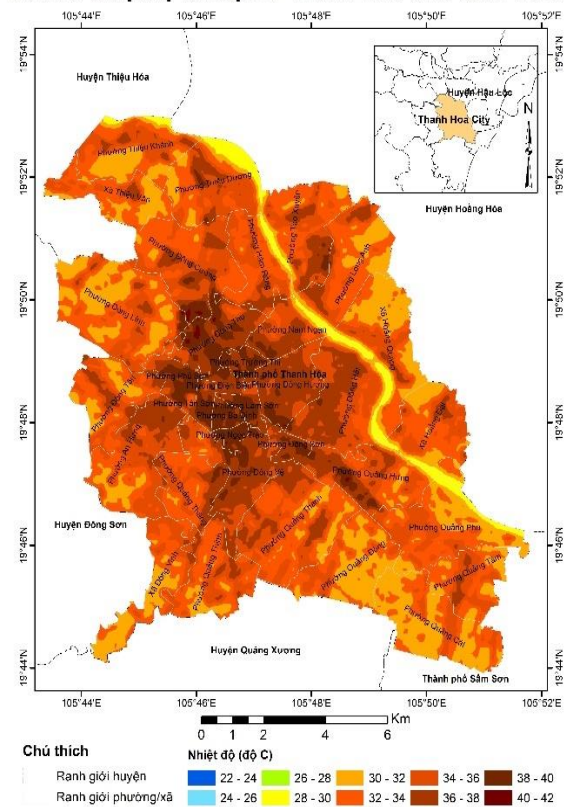




Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2022



Bản đồ nhiệt độ bề mặt TP Thanh Hóa thời điểm 2023

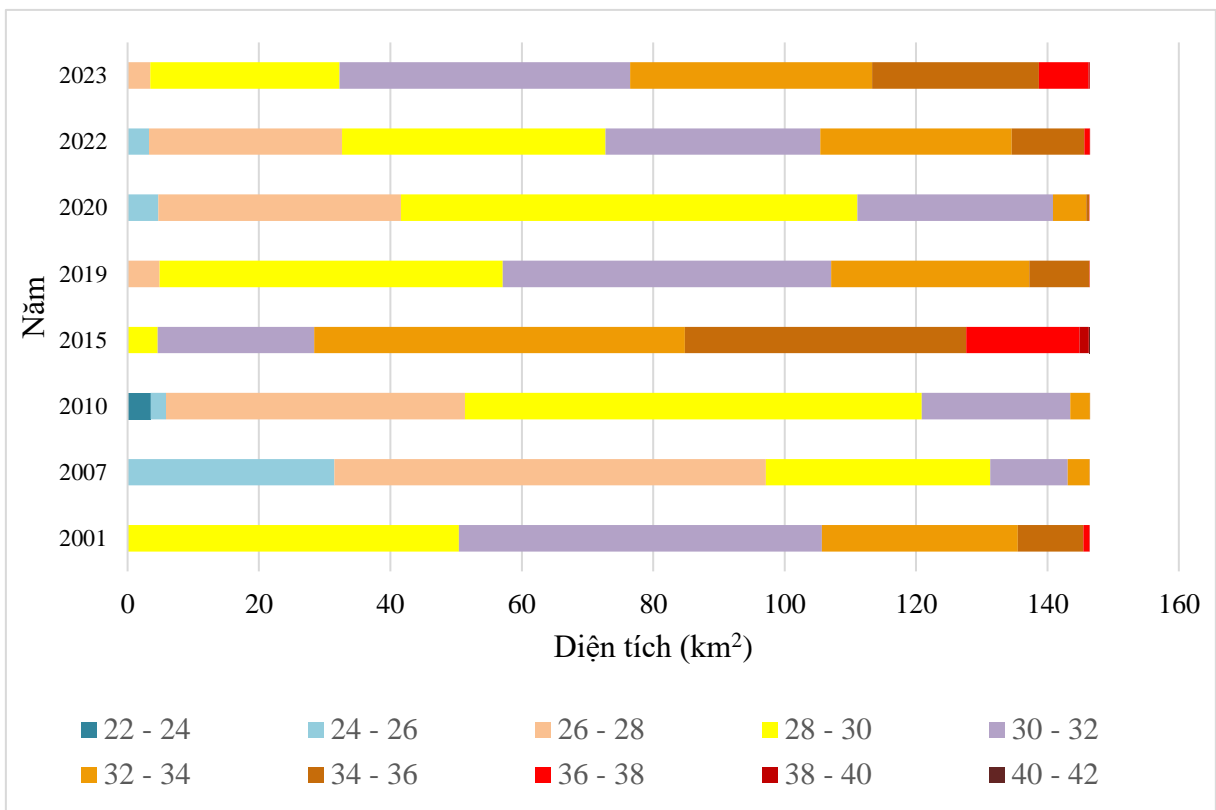


Hình 3.1: Bản đồ nhiệt độ bề mặt thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.

Bảng 3.1: Thống kê diện tích tương ứng với các nhóm nhiệt độ tại Thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 - 2023

Khoảng nhiệt độ (°C)	Diện tích tương ứng các năm (km <sup>2</sup> )							
	2001	2007	2010	2015	2019	2020	2022	2023
22 - 24	0,00	0,00	3,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24 - 26	0,00	31,49	2,34	0,00	0,00	4,66	3,29	0,00
26 - 28	0,00	65,66	45,50	0,00	4,90	36,93	29,36	3,45
28 - 30	50,44	34,17	69,51	4,60	52,20	69,48	40,09	28,80
30 - 32	55,22	11,80	22,63	23,79	49,98	29,77	32,70	44,21
32 - 34	29,82	3,28	2,94	56,45	30,14	5,07	29,11	36,87

Khoảng nhiệt độ (°C)	Diện tích tương ứng các năm (km <sup>2</sup> )							
	2001	2007	2010	2015	2019	2020	2022	2023
34 - 36	10,00	0,09	0,04	42,81	9,18	0,46	11,10	25,36
36 - 38	0,90	0,00	0,00	17,26	0,04	0,05	0,79	7,55
38 - 40	0,08	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,01	0,20
40 - 42	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00



Hình 3.2: Thống kê diện tích tương ứng với các nhóm nhiệt độ tại thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 – 2023

Từ kết quả thống kê tại hình 3.2 cho thấy, với nhóm nhiệt độ trong khoảng từ 40-42°C thì năm 2015 có diện tích tương ứng là nhiều nhất, tiếp theo là năm 2023 và năm 2022 và 2029. Phần diện tích này chủ yếu tập trung tại các khu đông dân cư, nhà máy, khu công nghiệp, có lớp thảm phủ không thấm.

Bên cạnh đó, dựa trên kết quả nghiên cứu tính toán được giá trị nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh trên nền tảng Google Earth Engine, nghiên cứu đã xây dựng

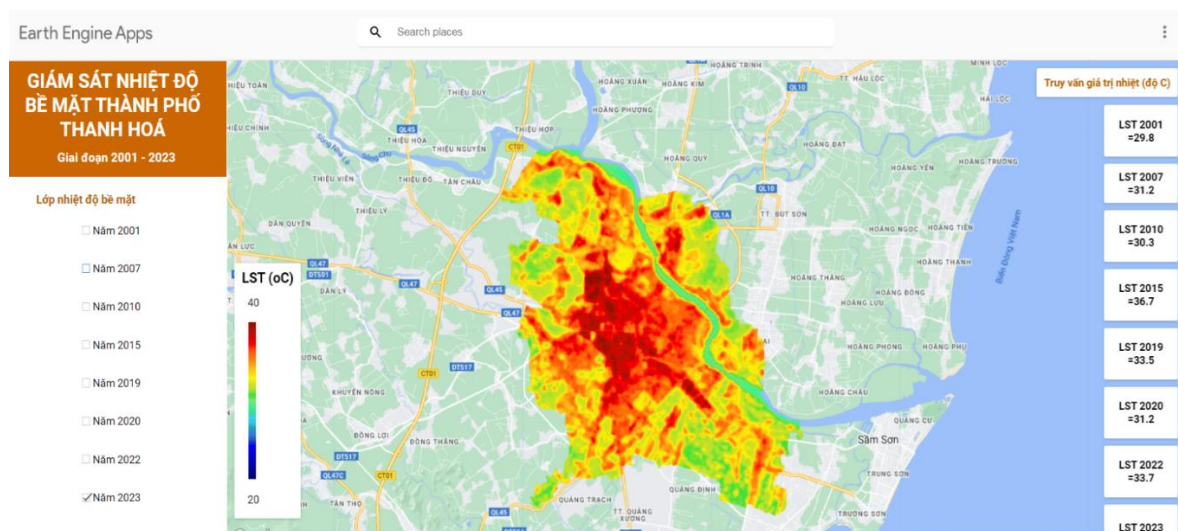
Earth Engine Apps cơ bản để người dùng có thể truy cập để truy vấn kết quả giá trị nhiệt độ bề mặt tại một vị trí bất kỳ trong khu vực nghiên cứu (hình 3.3).

Để xây dựng được Earth Engine Apps cơ bản trên nền tảng Google Earth Engine, nghiên cứu tạo Panel bằng hàm **ui.Panel** (các hàm thuật toán của thẻ được lấy theo link <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ui-panel?hl=en>), sau đó chọn kiểu **Style** để cài đặt xây dựng giao diện, minh họa như đoạn code dưới đây:

```
//xay dung giao dien
var pnl_main = ui.Panel({
layout: ui.Panel.Layout.flow('vertical'),
style:{
width: '400px',
padding:'30px 2px',
backgroundColor:'e7fbf3'}});
ui.root.insert(1, pnl_main);//0-left; 1-right
```

Earth Engine Apps cơ bản về kết quả nghiên cứu xác định chỉ số nhiệt độ bề mặt đã xây dựng được truy cập theo đường link sau:

<https://ee-ntrnhan2022.projects.earthengine.app/view/nhietdobemat-tp-thanh-hoa>



Hình 3.3 Minh họa kết quả xây dựng Earth Engine Apps trong nền tảng GEE

### 3.2 Đánh giá độ tin cậy của giá trị nhiệt độ bề mặt từ ảnh Landsat

Để đánh giá độ chính xác của giá trị nhiệt độ bề mặt, nghiên cứu tiến hành

so sánh kết quả chỉ số nhiệt độ tính toán từ ảnh vệ tinh và nhiệt độ quan trắc tại trạm khí tượng Thanh Hoá. Nghiên cứu sử dụng số liệu nhiệt độ quan trắc vào thời điểm lúc 15h các ngày 21/4/2001, 8/5/2007, 25/2/2010, 30/5/2015, 18/5/2019, 8/3/2020, 8/4/2022, 5/5/2023. Đây là các thời điểm trùng với thời gian thu nhận ảnh vệ tinh phục vụ cho nghiên cứu, với mục đích so sánh, kiểm tra các giá trị tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh thông qua nền tảng Google Earth Engine, chi tiết như bảng 3.2.

Bảng 3.2. Nhiệt độ quan trắc tại trạm và tính toán từ ảnh vệ tinh

Thời gian	Giá trị quan trắc tại trạm khí tượng (°C)	Giá trị chỉ số nhiệt độ bề mặt tính từ ảnh vệ tinh (°C)	Chênh lệch (°C)	Sai số (%)
21/04/2001	36,3	36,9	0,6	1,65
08/05/2007	27,5	28,5	1,0	3,49
25/02/2010	30,5	29,9	0,6	1,96
30/05/2015	36,2	37,1	0,9	2,48
18/05/2019	34,8	35,3	0,5	1,43
08/03/2020	26,4	27,3	0,9	3,40
08/04/2022	29,1	30,5	1,4	4,81
05/05/2023	34,8	35,6	0,8	2,29

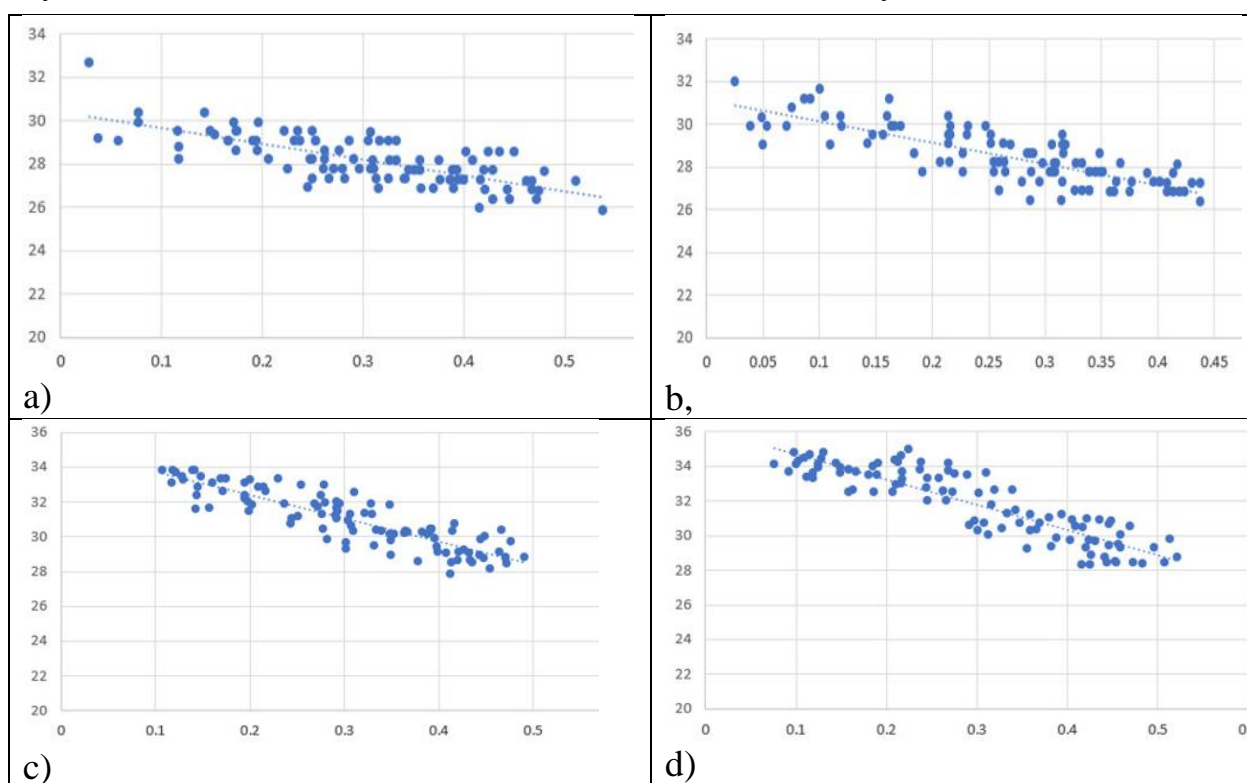
Từ kết quả so sánh giá trị tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh và giá trị quan trắc tại trạm khí tượng Thanh Hoá tại bảng 3.2, cho thấy sự chênh lệch không đáng kể, dao động từ 0,5°C đến 1,4°C. Sự sai khác về giá trị nhiệt độ năm 2022 là cao nhất với 1,4 °C, sai số tương đối tương ứng là 4,81%.

Giá trị nhiệt độ bề mặt được lấy tại trạm khí tượng với mục đích lấy trùng với thời gian thu nhận ảnh vệ tinh, vì thế giá trị nhiệt độ quan trắc chưa phải là giá trị nhiệt độ lớn nhất trong năm, tuy nhiên với mục tiêu của nghiên cứu nhằm

so sánh lại giá trị chỉ số nhiệt độ bề mặt đã tính toán từ ảnh vệ tinh trên nền tảng GEE để kiểm định kết quả. Do đó kết quả từ bảng 3.2 cho thấy, sai số tương đối dao động trong khoảng từ 1,65% đến 4,81%, vẫn đảm bảo trong sai số cho phép. Vì vậy kết quả tính toán giá trị chỉ số bề mặt từ ảnh vệ tinh vẫn có thể chấp nhận được. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp thêm cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động của gia tăng nhiệt độ đến khu vực nghiên cứu.

### 3.3 Phân tích tương quan chỉ số nhiệt độ bề mặt và chỉ số khác biệt thực vật

Chỉ số khác biệt thực vật NDVI và chỉ số nhiệt độ bề mặt được tính trên Google Earth Engine, sau đó xây dựng mối quan hệ tương quan dựa vào hệ số tương quan Pearson ( $\rho$ ). Kết quả cho thấy giữa chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST) và chỉ số thực vật khác biệt (NDVI) có mối tương quan nghịch và có hệ số tương quan Pearson cao: năm 2007 có hệ số tương quan  $\rho_{xy} = -0,762$  (hình 3.4a), năm 2015 có hệ số tương quan  $\rho_{xy} = -0.822$  (hình 3.4b), năm 2019 có hệ số tương quan  $\rho_{xy} = -0.865$  (hình 3.4c), năm 2023 có hệ số tương quan  $\rho_{xy} = -0.893$  (hình 3.4d).



Hình 3.4. Tương quan giữa chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST - trục tung) và chỉ số thực vật khác biệt thực vật (NDVI – trục hoành) thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023.

Theo quá trình phát triển đô thị của thành phố Thanh Hoá cho thấy: Năm 2014, Thành phố Thanh Hoá được công nhận là đô thị loại I trực thuộc tỉnh Thanh

Hóa. Cùng với đó là địa giới hành chính của thành phố được mở rộng về các phía. Sáp nhập thị trấn Tào Xuyên và 5 xã: Hoàng Lý, Hoàng Long, Hoàng Anh, Hoàng Quang, Hoàng Đại thuộc huyện Hoàng Hóa; thị trấn Nhồi và 4 xã: Đông Lĩnh, Đông Tân, Đông Hưng, Đông Vinh thuộc huyện Đông Sơn; 3 xã: Thiệu Dương, Thiệu Khánh, Thiệu Vân thuộc huyện Thiệu Hóa và 5 xã: Quảng Thịnh, Quảng Đông, Quảng Phú, Quảng Tâm, Quảng Cát thuộc huyện Quảng Xương vào thành phố Thanh Hóa quản lý; Chuyển thị trấn Tào Xuyên thành phường Tào Xuyên, Chuyển thị trấn Nhồi thành phường An Hoạch.

Quá trình đô thị hoá mở rộng, thảm phủ thực vật dần dần thu hẹp trong giai đoạn 2014-2015, nguyên nhân chủ yếu do xây dựng đường giao thông và đất bị chuyển mục đích sử dụng (từ đất sản xuất nông nghiệp sang đất ở đô thị). Khi các tuyến giao thông đô thị ra đời, đồng thời cũng xuất hiện hệ thống nhà cửa ven đường cùng các dự án bất động sản. Đến năm 2021 tốc độ tăng giá trị sản xuất trên địa bàn thành phố Thanh Hóa ước đạt 12,1%, trong đó: nông, lâm, thủy sản tăng 4,6%, công nghiệp - xây dựng tăng 14,2%, dịch vụ tăng 8,9%. Cơ cấu giá trị sản xuất chuyển dịch theo hướng tăng tỷ trọng các ngành công nghiệp, xây dựng, dịch vụ, đầu tư để phát triển cơ sở hạ tầng với nhiều khu dân cư đô thị mới, đại lộ, cao ốc với mục tiêu mở rộng quy mô đô thị, đặc biệt là về phía Đông và phía Nam như khu đô thị Vinhomes Star City (tập đoàn Vingroup), Khu đô thị Đông Hải, Khu đô thị Núi Long, Khu đô thị Bình Minh, khu đô thị Đông Bắc Ga, khu đô thị Đông Sơn, khu đô thị Nam thành phố Thanh Hóa, khu đô thị Đông Nam thành phố Thanh Hóa, khu đô thị ven sông Hạc, khu đô thị Xanh... Sự thay đổi này đã làm tác động lớn đến việc gia tăng nhiệt độ bề mặt trên toàn khu vực thành phố Thanh Hoá.

### **3.4 Đánh giá sự biến đổi giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023**

Sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá giai đoạn 2000-2023 qua các thời điểm: 2001, 2007, 2010, 2015, 2019, 2020, 2022 và 2023 được thể hiện ở hình 3.1 và thống kê diện tích nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá theo các nhóm nhiệt độ khác nhau (Bảng 3.1, Hình 3.2), cho thấy nhiệt độ có xu hướng biến đổi khác nhau theo thời gian và không gian.



Theo thời gian có thể thấy giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình đạt giá trị cao nhất vào năm 2023, sau đó đến năm 2015, 2019, 2001, 2022 và thấp nhất là năm 2007. Giai đoạn từ 2000 đến 2023 có nhiệt độ dao động trong khoảng từ 22°C đến 42°C. Năm 2015 và năm 2023 được coi là những năm nắng nóng kỷ lục xảy ra tại Thanh Hoá nói chung và thành phố Thanh Hoá nói riêng trong giai đoạn từ 2000-2023, khi nhiệt độ quan trắc được tại trạm Khí tượng Thanh Hoá ghi nhận trong thời kì tháng 5 tại trạm khí tượng Thanh Hoá lần lượt là 39,8°C (29/5/2015) và 39,9°C (17/5/2023).

Vào năm 2015, các khu vực có nhiệt độ cao trên 32°C, chủ yếu tập trung tại khu vực trung tâm thành phố Thanh Hoá (ở các phường Điện Biên, Đông Thọ, Trường Thi, Ba Đình...), các khu công nghiệp nhà máy tập trung ở Tây Bắc Ga, Hạc Thành, Cầu Hoàng Long... với tổng diện tích tương ứng là 118,07 km<sup>2</sup>, chiếm 80,6% diện tích bề mặt toàn thành phố Thanh Hoá. Đặc biệt, có đến 18,81 km<sup>2</sup> khu vực có nhiệt độ lớn hơn 38°C, chiếm 12,8% diện tích toàn thành phố. Giai đoạn từ 2015 đến 2023 có sự chuyển biến rõ rệt về sự biến thiên nhiệt độ bề mặt. Tại các khu vực nội đô thành phố Thanh Hoá và khu công nghiệp có nhiệt độ cao dao động từ 38°C đến 42°C.

Có thể thấy, sự gia tăng môi trường nhiệt tại thành phố Thanh Hoá trong giai đoạn 2000-2023 có thể đề cập đến một số nguyên nhân gián tiếp tác động đến, đó là do quá trình đô thị hóa cùng với sự chuyển dịch cơ cấu kinh tế, cơ cấu sử dụng đất từ nông nghiệp sang đất đô thị và sản xuất công nghiệp.

Giai đoạn từ 2015 đến 2023: Thanh Hoá phát triển đô thị từ 30 đô thị năm 2016 lên 70 đô thị năm 2020. Trong đó chỉnh trang, mở rộng 24 đô thị; thành lập mới 40 đô thị. Năm 2020 thay đổi cơ cấu sử dụng đất, diện tích đất nông nghiệp giảm, thay vào đó đất phi nông nghiệp tăng, đặc biệt đất tăng mạnh dành cho thương mại dịch vụ.

Đặc biệt với tốc độ đô thị hoá mạnh mẽ, thành phố Thanh Hoá đạt tiêu chí đô thị loại I vào năm 2024, có lẽ vì vậy cùng với điều kiện biến đổi khí hậu hiện nay, thì yếu tố đô thị hoá đã làm gia tăng nhiệt độ bề mặt lên đáng kể vào năm 2023, khu vực có nhiệt độ bề mặt cao cũng tương đồng với các khu vực có mật độ xây dựng lớn như: các khu dân cư, đô thị, khu công nghiệp... Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng các khu vực trung tâm có mật độ xây dựng cao và tại các tuyến đường,

nhiệt độ bề mặt cao hơn so với nhiệt độ trung bình toàn bộ khu vực nghiên cứu từ 1-3 °C.

Bên cạnh đó, Theo nghị quyết về việc thông qua Đồ án Quy hoạch phân khu xây dựng tỷ lệ 1/2000 Khu công nghiệp (KCN) phía Tây TP Thanh Hoá vào tháng 7/2024 vừa qua. Tổng diện tích quy hoạch khoảng 645,2 ha. Cơ cấu và chỉ tiêu quy hoạch sử dụng đất: Đất xây dựng nhà máy, xí nghiệp diện tích 447,94 ha, chiếm 69,43%; mật độ xây dựng tối đa 70%; tầng cao công trình tối đa 5 tầng; hệ số sử dụng đất tối đa 3,5 lần. Đất hành chính, công cộng - dịch vụ có diện tích 36,39 ha, chiếm 5,64%. Đất công trình hạ tầng kỹ thuật có diện tích 8,12 ha, chiếm 1,26%. Ngoài ra, đất cây xanh chiếm 10,14%; đất mặt nước chiếm 3,04%; đất giao thông chiếm 10,49%. Về tổ chức không gian, khu công nghiệp có diện tích khoảng 645,2 ha, được chia thành 02 phân khu: Khu A có diện tích khoảng 375 ha nằm phía Nam tuyến đường từ TP Thanh Hóa đi Cảng hàng không Thọ Xuân. Khu B có diện tích khoảng 270,2 ha nằm phía Bắc tuyến đường từ TP Thanh Hóa đi Cảng hàng không Thọ Xuân... Chính vì những yếu tố thuận lợi phát triển kinh tế xã hội cho tỉnh Thanh Hoá đã phần nào làm cho môi trường nhiệt có xu hướng ngày càng tăng dần trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

Dựa vào chỉ số nhiệt độ bề mặt LST giúp theo dõi chặt chẽ xu hướng biến đổi của môi trường nhiệt một cách nhanh chóng qua việc xây dựng công cụ tính toán giá trị nhiệt từ ảnh vệ tinh trên Google Earth Engine. Qua đó cho thấy công cụ này được xây dựng có hiệu quả cao trong việc trích xuất giá trị nhiệt trên ảnh vệ tinh hỗ trợ giám sát môi trường nhiệt nói chung và quản lý tài nguyên môi trường nói riêng trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay. Mặc dù vậy nghiên cứu vẫn còn hạn chế về mặt dữ liệu do không thu thập được dữ liệu ảnh vệ tinh trùng thời gian với dữ liệu nhiệt độ cao nhất đo được tại trạm quan trắc. Thêm vào đó để đánh giá nguyên nhân chuyển đổi cơ cấu sử dụng đất có tác động đến môi trường nhiệt một cách tổng quát, nghiên cứu cần giám sát liên tục sự thay đổi của lớp phủ bề mặt hay lập bản đồ hiện trạng sử dụng đất qua từng năm bằng cách sử dụng ảnh viễn thám có độ phân giải cao kết hợp khảo sát thực địa. Từ đó góp phần hỗ trợ xây dựng các biện pháp giải quyết những bất cập vẫn đang tồn tại trong quy hoạch đô thị.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### **Kết luận**

Nghiên cứu đã tổng quan được các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước nhằm phân tích đánh giá về vấn đề nghiên cứu, từ đó xác định được việc nghiên cứu tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt trên nền tảng Google Earth Engine phù hợp với điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu

Với các ưu điểm của công cụ Google Earth Engine trong tính toán và xử lý ảnh vệ tinh để tính toán được các giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá, Google Earth Engine đã chứng minh được khả năng xử lý phân tích ảnh vệ tinh trong việc trích xuất nhiệt độ từ kênh nhiệt trên ảnh vệ tinh Landsat nhằm ước tính giá trị nhiệt độ bề mặt đô thị tại thành phố Thanh Hoá. Kết quả tính toán cho thấy giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu có sự biến đổi trong cả thời kì từ 2000 đến 2023. Đặc biệt các năm 2015, 2023 có nhiệt độ độ bề mặt cao tại các khu vực tập trung dân cư, trung tâm thương mại, các khu công nghiệp như: Tây Bắc Ga, Hạc Thành...

Nghiên cứu cũng đã sử dụng số liệu quan trắc nhiệt độ tại trạm Khí tượng Thanh Hoá để kiểm tra, so sánh. Kết quả cho thấy mức độ sai lệch không quá lớn. Qua đó chứng minh công cụ Google Earth Engine có khả năng theo dõi sự biến đổi của môi trường nhiệt một cách nhanh chóng, hiệu quả thông qua tư liệu ảnh vệ tinh.

Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã xây dựng mối quan hệ giữa chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) với chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST) tại các vị trí thuộc khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy mối tương quan nghịch và phù hợp với thực tế.

Ngoài ra, Earth Engine Apps cơ bản cũng được nghiên cứu xây dựng trực tiếp trên nền tảng Google Earth Engine để người dùng có thể dễ dàng và nhanh chóng truy vấn được các giá trị nhiệt độ bề mặt tại vị trí mình mong muốn.

### **Kiến nghị**

Nghiên cứu đã tính toán được giá trị nhiệt độ bề mặt nhằm đánh giá sự biến đổi nhiệt độ tại khu vực thành phố Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá. Mặc dù kết quả phân bố nhiệt độ theo chỉ số LST trên ảnh vệ tinh khá tương đồng với tình trạng

thực tế tại Thành Phố Thanh hoá. Tuy nhiên cần có nghiên cứu sâu hơn về sự thay đổi của lớp phủ bề mặt tác động chặt chẽ đến xu hướng biến đổi của nhiệt độ bề mặt trong quá trình đô thị hoá tại các thành phố lớn. Bên cạnh đó cần tính toán xác định thêm chỉ số khác biệt xây dựng (NDBI) kết hợp với các ngưỡng giá trị của NDVI để đánh giá tác động của các bề mặt lớp phủ khác nhau đến chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST). Từ đó thấy được rõ nét, mang tính định lượng các tác động của quá trình đô thị hoá đến sự gia tăng nhiệt độ bề mặt. Qua đó, xây dựng giải pháp khắc phục những bất cập hiện hữu ở đô thị và hỗ trợ công tác quy hoạch phát triển đô thị trong thời gian tới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Huy Anh, Trần Văn Trọng, Trần Văn Sơn (2023). *Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 đánh giá mức độ khô hạn tại thị xã Buôn Hồ, tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2023, 755(1), 95-106; doi:10.36335/VNJHM.2023(755(1)).95-106
- [2]. Đặng Như Duân, Đào Ngọc Long, Trịnh Lê Hùng (2017). *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*. Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ, số 34 – 12/2017
- [3]. Nguyen Trong Can, Nguyen Thi Hong Diep, Sanwit Iabchoon, Pariwate Varnakovida, Vo Quang Minh (2019). *Analysis of Factors Affecting Urban Heat Island Phenomenon in Bangkok Metropolitan Area, Thailand*. VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, page 53-62.
- [4]. Hòa, P.T.T., Quang, V.N. (2020). *Nghiên cứu tình trạng hạn nông nghiệp dựa trên chỉ số hạn từ ảnh viễn thám Landsat 8 trên nền tảng Google Earth Engine*. Hội nghị toàn quốc Khoa học trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững 2020, 41–50
- [5]. Trịnh Lê Hùng, Vũ Văn Tài, Đào Ngọc Long, Đặng Như Duân (2018). *Xây dựng chương trình tính nhiệt độ bề mặt trên cơ sở kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2*. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Số 38 (2018).
- [6]. Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Hải Hoà, Nguyễn Hữu Nghĩa (2019). *Sử dụng ảnh Landsat xây dựng bản đồ nhiệt độ bề mặt đất khu vực thành phố Sơn La, giai đoạn 2015-2019*. Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp, số 6, 2019, page: 77-87
- [7]. Hương, H.T.T.; Minh, V.Q.; Tuấn, L.A. (2016). *Ứng dụng ảnh viễn thám MODIS trong phân vùng canh tác lúa có ảnh hưởng của điều kiện khô hạn và ngập lũ khu vực đồng bằng Sông Cửu Long*. Tạp chí học Trường Đại học Cần Thơ, 45, 52–65.
- [8]. Hương, N.T.T; Trung, Đ.M (2018). *Áp dụng thuật toán phân loại Random Forest để xây dựng bản đồ sử dụng đất/thảm phủ tỉnh Đắk Lắk dựa vào ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI*. Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn. 13/2018: 122-129 (2018).
- [9]. Khánh, Đ.Q.; Khâm, D.V.; Yên, D.H (2022). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 736, 12–24.

- [10]. Khâm, D.V.; Quyền, N.H.; Tâm, T.T.; Dũng, L.T. (2014). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hán ở các tỉnh Duyên hải miền Trung*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 638, 26–32.
- [11] Vũ Hữu Long, Nguyễn Vũ Giang, Trịnh Phi Hoàn, Phạm Việt Hòa (2019). *Ứng dụng công nghệ xử lý ảnh viễn thám trên nền tảng điện toán đám mây (GEE) trong theo dõi biến động đường bờ sông - thí điểm tại sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Tập 16, Số 6 (2019): 38-49
- [12]. Nguyễn Kim Lợi, Lê Cảnh Định, Trần Thống Nhất (2009). *Hệ thống thông tin địa lý nâng cao*. NXB Nông Nghiệp.
- [13]. Nguyễn Trọng Nhân, Vũ Xuân Cường (2018). *Sử dụng Google Earth Engine trong giám sát biến động diện tích rừng tỉnh Lâm Đồng giai đoạn 2010-2016*. Hội nghị Khoa học Công nghệ lần thứ 4 - SEMREGG 2018, tr254-265.
- [14]. Nhân, N.T; Tùng, L.H. (2022). *Ứng dụng thuật toán Machine Learning trên điện toán đám mây Google Earth Engine phục vụ xây dựng WebGIS giám sát độ mặn trong đất tỉnh Bến Tre*. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc năm 2022, Nhà xuất bản khoa học và Kỹ thuật, page: 381-389 (2022).
- [15]. Quyền, N.H.; Khâm, D.V.; Tâm, T.T. (2014), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám giám sát hạn hán tại khu vực Tây Nguyên*. Hội nghị khoa học Quốc gia về Khí tượng thủy văn, môi trường và BDKH, Viện Khoa học KTTV&BDKH, 2014, 267–272.
- [16]. Nguyễn Ngọc Thạch (2005). *Giáo trình Cơ sở viễn thám*. NXB Đại Học Quốc Gia Hà Nội.
- [17]. Thành, N.N.; Thái, T.H.; Dũng, B.Q (2019). *Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 704, 1–8
- [18]. Thắng, N.V; Khiêm, M.V; Mậu, N.Đ; Trí, T.Đ. (2014). *Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam trung bộ*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 3, 49–55.
- [19]. Thủ tướng chính phủ (2024), *Quyết định số 795/QĐ-TTg ngày 05 tháng 8 năm 2024 Về việc công nhận đô thị Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá đạt tiêu chí đô thị loại 1*.
- [20]. Nguyễn Đức Thuận, Phạm Văn Vân (2016). *Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt 12 quận nội thành, thành phố Hà Nội giai đoạn 2005 – 2015*. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt

Nam, tập 14 số 8 trang 1219 – 1230

[21]. Trần Thục (2008). *Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên*, Báo cáo tổng kết đề án cấp Bộ.

[22]. Võ Quốc Tuấn, Đặng Hoàng Khải, Huỳnh Thị Kim Nhân và Nguyễn Thiên Hoa (2018). *Phát triển thuật toán giám sát lũ lụt vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa vào nền tảng Google Earth Engine*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 54(9A): 29-36

[23]. Trinh, B.T.K.; Phi, N.Q.; Cường, N.M. (2019). *Ứng dụng GIS và ảnh viễn thám trong giám sát và cảnh báo hạn hán*, Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2019, Đại học Thủy Lợi, 2019, ISBN: 978-604-82-2981-8.

[24]. Trần Thị Vân (2006). *Ứng dụng viễn thám nhiệt khảo sát đặc trưng nhiệt độ bề mặt đô thị với sự phân bố các kiểu thảm phủ ở thành phố Hồ Chí Minh*. Science & Technology Development, Environment & Resources, trang 70-74, 2006.

[25]. Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung (2009). *Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị*, Tạp chí các khoa học về Trái đất, Tập 31(2), trang 168 – 177.

## **Tiếng Anh**

[26]. Amalo, L.F.; Ma'rufah, U.; Permatasari, P.A. (2015). *Monitoring drought in West Java using Normalized Difference Water Index (NDWI)*. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2018, 149, 012007.

[27]. Alipour T., Sarajian M.R., EsmaseilyA., (2004). *Land surface temperature estimation from thermal band of LANDSAT sensor, case study: Alashtar city*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-4/C7.

[28]. Balling R.C., Brazel S.W., (1988). *High-resolution surface temperature patterns in a complex urban Terrain*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, No.9, pp. 1289 – 1293.

[29]. Boori M.S., Vozenilek V., Balter H., Choudhary K. (2015). *Land surface temperature with land cover classes in Aster and Landsat data*, Journal of Remote Sensing & GIS 4:138.doi:10.4172/2169-0049.1000138.

[30]. Cai, S.; Zhang, R.; Liu, L.; Zhou, D (2010). *A method of salt-affected soil information extraction based on a support vector machine with texture features*. Math. Comput. Model, 51, 1319–1325].

- [31]. Chavez P.S. (1996). *Image-based atmospheric corrections—revisited and improved*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 62(9), 1025-1036
- [32]. Cueto G., Ostos J., Toudert D., Martinez T. (2007). *Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use*, Atmosfera 20(2), pp. 111 – 131.
- [33]. Dash, P.; Gottsche, F.M.; Olesen, F.S.; Fischer, H (2022). *Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice-current trends*. Int. J. Remote Sens. 2022, 23(13), 2563–2594.
- [34]. Fei Yuan, Marvin E. Bauer, (2007). *Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in LANDSAT imagery*, Remote Sensing of Environment 106:375 – 386.
- [35]. Guha S., Govil H., Dey A., Gill N. (2018). *Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy*, European Journal of Remote Sensing, Vol. 51(1).
- [36]. Garcia Cueto O.R., Jauregui Ostos E., Toudert D., Tejada Martinez A., (2007). *Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use*, Atmosfera 20(2), pp. 111 – 131.
- [37]. Hyung Moo Kim, Beob Kyun Kim, Kang Soo You, (2005). *A statistic correlation analysis algorithm between land surface temperature and vegetation index*, International Journal of Information Processing Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 102– 106.
- [38]. I Kade Alfian Kusuma Wirayuda, Prima Widayani, Andung Bayu Sekaranom (2023). *Urban Green Space Analysis and its Effect on the Surface Urban Heat Island Phenomenon in Denpasar City, Bali*. Forest and Society, page 150-168.
- [39-40]. Javed Maltick, Yogesh Kant, D.B. Bharath, (2008). *Estimation of land surface temperature over Delhi using LANDSAT-7ETM+*, Journal of Indian Geophysical Union, Vol. 12, No. 3, pp. 131 – 140.
- [40] Jimenez-Munoz, J.C.; Cristobal, J.; Sobrino, J.A.; Soria, G.; Ninyerola, M.; Pons, X. Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2009, 47, 339—349.
- [41] Jimenez-Munoz, J.C.; Sobrino, J.A. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. J. Geophys. Res.: Atmos. 2003, doi:10.1029/2003JD003480.



- [42]. Kumar S., Bhaskar P., Padmakumari K. (2012). *Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image*. International journal of Engineering Science and Technology, Vol. 4, No 2, pp. 771 – 778.
- [43]. Kato, S., Yamaguchi, Y (2005). *Analysis of urban heat - island effect using ASTER and ETM+ Data: separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux*. Remote Sensing of Environment, page 44 – 54, 2005
- [44]. Lingkui, M.; Jiyuan, L.; Zidan, Ch.; Wenjun, X.; Deqing, Ch.; Hongwei, D. (2016). *The calculation of TVDI based on the composite time of pixel and drought analysis*. *Inte. Archives Photogrammetry Remote Sens. Spatial Inf.* 2016, 38, Part II.
- [45]. Mishra R, Roy P., Pandey J., Khalkho A., Singh V. (2014). *Study of coal fire dynamics of Jharia coalfield using satellite data*, International Journal of Geomatic and Geoscience, Vol.4(3), 477–484.
- [46]. Mhaweji, M.; Abou, N.S. (2015). *Regional Landsat-Based Drought Monitoring from 1982 to 2014 Faour Ghaleb*. Open access Clim. 2015, 3, 563–577. doi:10.3390/cli3030563.
- [47]. Pal S., Ziaul S. (2017). *Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 20(1), 125 – 145.
- [48]. Prasad, A.D., Jain, K., Gairola, A (2014). *Surface temperature estimation using Landsat data for part of the Dodavari and Tapi Basins, India: A case study*. International Journal of Engineering and Advanced Technology 2(3): 320-322
- [49]. Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., Karnieli, A (2014). *Derivation of land surface temperature for Landsat 8 TIRS Using a split window Algorithm*. Sensors, 14: 5768-5780.
- [50]. Sofia L. Ermida (2020). *Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series*. Remote Sens. 2020, 12, 1471; doi:10.3390/rs12091471
- [51]. Schmugge, T.; Hook, S.J.; Coll, C (2018). *Recovering surface temperature and emissivity from thermal infrared multispectral data*. Remote Sens. Environ. 2018, 65, 121–131.
- [52]. Salisbury, J.W., D'Aría, D.M (1994). *Emissivity of Terrestrial Materials in the*

*2 to 5 micro meter Atmospheric Window*. Remote Sensing Environment, 47 (3), 345-361

[53]. Sobrino, J., Jimenez-Munoz, J.C., Paolini, L (2004). *Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5*. Remote Sensing of Environment 90:434-440

[54]. Sundara Kumar K., Udaya BhaskarP., Padmakumari K., (2012). *Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+image*, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 4, No. 2, pp.771 – 778

[55]. Thanh, Bui Quang (2015). *Urban heat island analysis in Ha Noi: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface*, Confience Application GIS 2015, trang 674 – 677.

[56]. Trinh L.H., Zabloskii V. (2017). *The application of Landsat multitemporal thermal infrared data to identify coal fire in the Khanh Hoa coal mine, Thai Nguyen province, Vietnam*, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics.