



## Lập trình GIS xây dựng công cụ theo dõi nhiệt độ bề mặt tại tỉnh Bình Dương giai đoạn 1995-2024 bằng chuỗi ảnh Landsat

Nguyễn Trọng Nhân<sup>1\*</sup>, Tô Nguyễn Nhật Khôi<sup>1</sup>, Lê Thiên Bảo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Trắc địa, Bản đồ và Thông tin Địa lý, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam  
Email tác giả liên hệ: [ntnhan@hcmunre.edu.vn](mailto:ntnhan@hcmunre.edu.vn)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13238828>

### Tóm tắt:

Phát triển đô thị hoá đã đẩy nhanh sự mở rộng diện tích của bề mặt không thấm và gián tiếp gây ra sự gia tăng sức nóng của môi trường nhiệt tại khu vực đô thị tỉnh Bình Dương. Để theo dõi sự biến đổi của môi trường nhiệt, bài báo xây dựng công cụ tự động tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST (Land Surface Temperature) trên kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh Landsat giai đoạn 1995–2024 bằng ngôn ngữ lập trình Python và thư viện ArcPy của phần mềm ArcMap. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ bề mặt tại tỉnh Bình Dương có xu hướng gia tăng với nhiệt độ trung bình toàn tỉnh tại các thời điểm thu nhận dữ liệu đã tăng 4,5°C từ năm 1995 (28,5°C) đến năm 2024 (33°C) và nhiệt độ cao chủ yếu phân bố tập trung ở các khu đô thị, khu công nghiệp của các thành phố lớn nhỏ như TP Thủ Dầu Một, TP Dĩ An, TP Thuận An, TP Tân Uyên hay thị xã Bến Cát và huyện Bàu Bàng. Đồng thời, độ tin cậy của công cụ được đánh giá cao với hệ số xác định R<sup>2</sup> gần xấp xỉ 1 và sai số rất thấp RMSE < 0,15 khi so sánh với kết quả tính toán giá trị nhiệt bằng Google Earth Engine. Qua đó, chứng minh tính hiệu quả của công cụ có khả năng phân tích dữ liệu viễn thám góp phần tính toán nhanh chóng nhiệt độ bề mặt trên ảnh quang học qua nhiều thời điểm đã góp phần hỗ trợ công tác theo dõi môi trường nhiệt nói chung và quản lý tài nguyên môi trường nói riêng trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

**Từ khóa:** Công cụ, GIS, Landsat, Môi trường nhiệt, Nhiệt độ bề mặt

Ngày nhận bài: 05/06/2024

Ngày sửa lại: 11/06/2024

Ngày chấp nhận đăng: 12/06/2024

Ngày xuất bản: 30/06/2024

## GIS programming to build a thermal environment monitoring tool in Binh Duong province period 1995-2024 using Landsat image series

Nguyen Trong Nhan<sup>1\*</sup>, To Nguyen Nhat Khoi<sup>1</sup>, Le Thien Bao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geodesy, Cartography and Geomatic, University of Natural Resources and Environment Ho Chi Minh City, Viet Nam

Corresponding Author Email: [ntnhan@hcmunre.edu.vn](mailto:ntnhan@hcmunre.edu.vn)

### Abstract:

Urbanization development has accelerated the expansion of the area of impermeable surfaces and indirectly caused an increase in the heat of the thermal environment in the urban area of Binh Duong province. To monitor changes in the thermal environment, the article builds a tool to automatically calculate the surface temperature index LST (Land Surface Temperature) on the thermal infrared channel of Landsat images for the period 1995–2024 using programming language. Python program and ArcPy library of ArcMap software. Research results show that surface temperature in Binh Duong province tends to increase with the average temperature of the whole province increasing by 4.5°C from 1995 (28.5°C) to 2024 (33°C) and the High altitude is mainly distributed in urban areas and industrial parks of large and small cities such as Thu Dau Mot City, Di An City, Thuan An City, Tan Uyen City or Ben Cat town and Bau Bang district. The reliability of the tool is highly appreciated with a coefficient of determination R<sup>2</sup> close to approximately 1 and a very low error RMSE < 0.15 when comparing the results of heat value calculations using Google Earth Engine. Thereby, proving the effectiveness of the research tool capable of analyzing remote sensing data, contributing to quickly calculating surface temperature on optical images over many times, contributing to supporting environmental monitoring work. Thermal environment in general and environmental resource management in particular in the context of current climate change.

**Keywords:** Tool, GIS, Landsat, Thermal environment, Land surface temperature

Submission received: 05/06/2024

Revised: 11/06/2024

Accepted: 12/06/2024

Published: 30/06/2024

## 1. Giới thiệu

Bình Dương là một tỉnh thuộc miền Đông Nam Bộ, nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, được mệnh danh là thủ phủ các khu công nghiệp lớn nhỏ của Việt Nam. Tốc độ đô thị hoá của Bình Dương tăng cao trong những năm qua với xu hướng phát triển kinh tế theo hướng công nghiệp hoá, hiện đại hoá thúc đẩy mở rộng quy mô các khu công nghiệp làm cho diện tích bề mặt không thấm tăng nhanh nhưng đã tác động trực tiếp đến môi trường nhiệt, gây mất cân bằng sinh thái và cảnh quan đô thị [1]. Đây được xem như là vấn đề cấp bách đáng được quan tâm và nghiên cứu trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay. Hầu hết mỗi tỉnh thành đều đầu tư xây dựng các trạm



quan trắc mặt đất cung cấp thông tin về giá trị nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, nồng độ bụi, ... nhưng chi phí cao chỉ phản ánh trong phạm vi cục bộ, không chính xác khi nội suy không gian cho khu vực rộng lớn [2]. Thay vào đó, công nghệ viễn thám với dữ liệu đa phổ, đa thời gian có khả năng giám sát các đối tượng trên bề mặt Trái Đất, trong đó nhiệt độ bề mặt cũng được giám sát thông qua kênh hồng ngoại nhiệt. Nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước [1-5] đã nghiên cứu tiếp cận phương pháp tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST (Land Surface Temperature) trên ảnh quang học để giám sát sự thay đổi của môi trường nhiệt. Chỉ số nhiệt độ bề mặt đất LST là một chỉ số được dùng để đo lường nhiệt độ của bề mặt đất Trái Đất và được xác định dựa vào năng lượng phát ra từ mỗi vật thể thu nhận trên kênh nhiệt của ảnh quang học [2]. Điển hình tại Bangkok, Thái Lan môi trường nhiệt được theo dõi bằng chỉ số nhiệt độ bề mặt LST trên ảnh Landsat 7 giúp đánh giá mức độ đảo nhiệt đô thị [3]. Tại các thành phố lớn ở Denpasar, Bali của Indonesia, quá trình đô thị hoá cao nhưng độ che phủ không gian xanh thu hẹp làm cho nhiệt độ nóng lên hầu hết tại các khu vực đô thị của thành phố và được giám sát bằng phương pháp phân tích Global Moran's và Local Indicator of Spatial Association (LISA) để xác định tương quan nghịch giữa không gian xanh đô thị và đảo nhiệt đô thị trên ảnh Landsat 8 [4]. Mặt khác, môi trường nhiệt tăng lên không chỉ do bức xạ nhiệt từ mặt trời mà còn do các hoạt động sản xuất công nghiệp, phương tiện giao thông và sinh hoạt của con người, điều này được minh chứng nhờ vào nghiên cứu [5] sử dụng ảnh Landsat để tính toán nhiệt độ bề mặt với giá trị nhiệt độ khá cao vào mùa hè - đông và thấp vào mùa xuân - thu tại thành phố Nagoya, Nhật Bản. Tại hầu hết các tỉnh thành lớn nhỏ của Việt Nam đều chịu ảnh hưởng khá nghiêm trọng dưới tác động của biến đổi khí hậu, điển hình sự mở rộng diện tích môi trường nhiệt ra vùng ngoại ô tại thành phố Hồ Chí Minh qua xác định hiện tượng đảo nhiệt đô thị từ kênh hồng ngoại nhiệt trên ảnh Landsat [6]. Tỷ lệ diện tích lớp phủ công trình xây dựng tăng cũng góp phần gia tăng môi trường nhiệt, điều này cũng được làm rõ thông qua nghiên cứu tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine và phân loại lớp phủ bề mặt của tỉnh Quảng Ngãi với kết quả cho thấy nhiệt độ cao chủ yếu phân bố tại các khu vực có nhiều công trình xây dựng như nhà ở, khu đô thị, khu công nghiệp và kể cả đất trống [7]. Sự thay đổi lớp phủ bề mặt theo không gian và thời gian là một trong những nguyên nhân tiêu cực ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường nhiệt thông qua tính toán chỉ số LST thực nghiệm tại thành phố Thủ Dầu Một tỉnh Bình Dương từ năm 1998 đến 2015 [1].

Qua những kết quả của các nghiên cứu trên cho thấy chỉ số nhiệt độ bề mặt LST thích hợp sử dụng trong công tác theo dõi môi trường nhiệt bằng tư liệu viễn thám. Đây là cơ sở lý thuyết được chọn để bài báo thực hiện với mục tiêu là xây dựng công cụ theo dõi môi trường nhiệt tại tỉnh Bình Dương bằng ngôn ngữ lập trình Python để xử lý chuỗi ảnh Landsat giai đoạn 1995-2024 qua 4 thời điểm nhằm xác định nhanh chóng thành lập bản đồ nhiệt và đánh giá xu hướng biến đổi của nhiệt độ bề mặt. Bên cạnh đó, đề tài còn sử dụng nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST qua 4 thời điểm tương ứng nhằm so sánh kết quả tính toán của công cụ bằng cách đánh giá hệ số xác định  $R^2$  và căn bậc hai của sai số toàn phương trung bình (RMSE - Root Mean Square Error). Thêm vào đó, nghiên cứu [7] đã chứng minh Google Earth Engine khả năng xử lý phân tích ảnh vệ tinh, điển hình trong việc trích xuất nhiệt độ từ kênh nhiệt trên ảnh vệ tinh Landsat nhằm theo dõi hiện tượng đảo nhiệt đô thị.

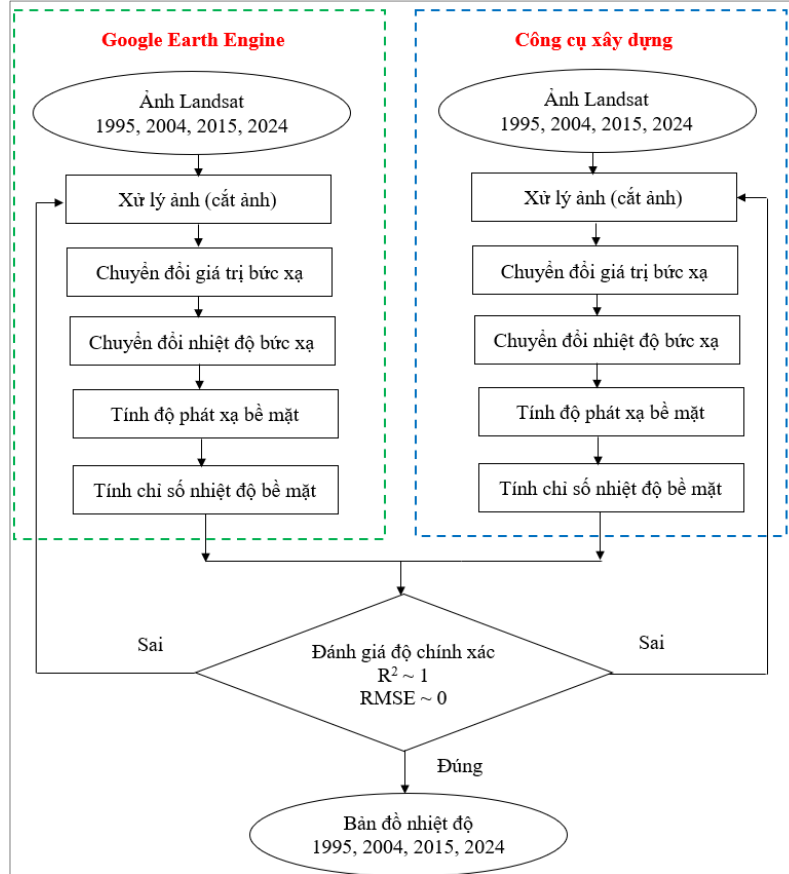
## 2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng kênh hồng ngoại nhiệt, kênh đỏ, kênh cận hồng ngoại của ảnh quang học Landsat 5, Landsat 8 và Landsat 9 ở mức độ thô (Raw Scenes) có độ phân giải không gian 30m được thu thập vào mùa khô tại 4 thời điểm 1995, 2004, 2015 và 2024 (Bảng 1) với độ phủ mây dưới 5% được cung cấp tổ chức USGS (United States Geological Survey).

Bảng 1. Thông tin thu thập ảnh Landsat

Thời gian	ID ảnh	Loại vệ tinh
02/02/1995	LANDSAT/LT05/C02/T1/LT05_125052_19950202	Landsat 5
11/02/2004	LANDSAT/LT05/C02/T1/LT05_125052_20040211	Landsat 5
09/02/2015	LANDSAT/LC08/C02/T1/LC08_125052_20150209	Landsat 8
10/02/2024	LANDSAT/LC09/C02/T1/LC09_125052_20240210	Landsat 9

Để theo dõi môi trường nhiệt một cách nhanh chóng và đảm bảo độ tin cậy, đề tài tiến hành xây dựng công cụ tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt LST bằng ngôn ngữ lập trình Python chạy trên phần mềm ArcMap và đồng thời cũng sử dụng ngôn ngữ lập trình JavaScript tính LST trên nền tảng Google Earth Engine nhằm thực hiện đánh giá độ chính xác (Hình 1).



Hình 1. Quy trình thực hiện

Dựa vào nguồn năng lượng phản xạ từ vật thể trên bề mặt Trái Đất được bộ cảm biến thu nhận trong dải hồng ngoại nhiệt giúp xác định nhiệt độ bề mặt trên ảnh vệ tinh [2]. Chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST-Land Surface Temperature) được tính toán thông qua những bước sau [2,7]:

**Bước 1:** Chuyển đổi giá trị DN (Digital Number) sang giá trị năng lượng bức xạ. Đối với Landsat 5, giá trị bức xạ được xác định bằng công thức (1) với  $L\lambda_{MAX}$ ,  $L\lambda_{MIN}$ : giá trị năng lượng bức xạ tương ứng với  $QCAL_{MAX}$ ,  $QCAL_{MIN}$ ;  $QCAL$ : giá trị bức xạ đã được hiệu chỉnh dưới dạng số nguyên;  $QCAL_{MAX}$ ,  $QCAL_{MIN}$ : giá trị bức xạ lớn nhất và nhỏ nhất đã được hiệu chỉnh dưới dạng số nguyên. Đối với Landsat 8, giá trị bức xạ được xác định bằng công thức (2) với  $M_L$ : giá trị năng lượng bức xạ mở rộng;  $A_L$ : hằng số hiệu chỉnh.

$$L\lambda = ((L\lambda_{MAX} - L\lambda_{MIN}) / (QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN})) * (QCAL - QCAL_{MIN}) + L\lambda_{MIN} \quad (1)$$

$$L\lambda = M_L * Qcal + A_L \quad (2)$$

**Bước 2:** Chuyển đổi giá trị bức xạ sang nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) theo công thức Planck (3). Trong đó:  $T_B$ : giá trị nhiệt chiếu sáng (°K);  $K_1$ ,  $K_2$ : hằng số hiệu chỉnh đối với kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh vệ tinh

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

**Bước 3:** Tính độ phát xạ bề mặt theo công thức (4) với độ phát xạ của các bề mặt tự nhiên trên Trái Đất phụ thuộc vào từng loại thảm phủ và có thể thay đổi theo đặc tính của lớp phủ đất và thực vật.

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



Trong đó:  $\varepsilon_{thực vật}$  : độ phát xạ của thực vật =0.97 và  $\varepsilon_{đất trống}$ : độ phát xạ của đất trống=0.96 [2].

$f_v$ : là hợp phần thực vật (fv-fractional vegetation) được tính theo NDVI tương quan với các ngưỡng giá trị NDVI của đất trống và NDVI của thực vật (5).

$$f_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_{đất}}{NDVI_{thực vật} - NDVI_{đất}} \right)^2 \quad (5)$$

**Bước 4:** Tính nhiệt độ bề mặt LST dựa vào nhiệt độ chiếu sáng có ảnh hưởng của độ phát xạ để xác định nhiệt độ bề mặt trên ảnh vệ tinh (6). Trong đó: LST: giá trị nhiệt độ bề mặt (°C);  $T_B$ : giá trị nhiệt độ chiếu sáng (°K);  $\lambda$  : bước sóng của bức xạ phát ra;  $\varepsilon$  : độ phát xạ bề mặt;  $\rho = (h \cdot c) / K = 1,438 \cdot 10^{-2}$  mK (h: hằng số Plank; c: vận tốc ánh sáng; k: hằng số Boltzman).

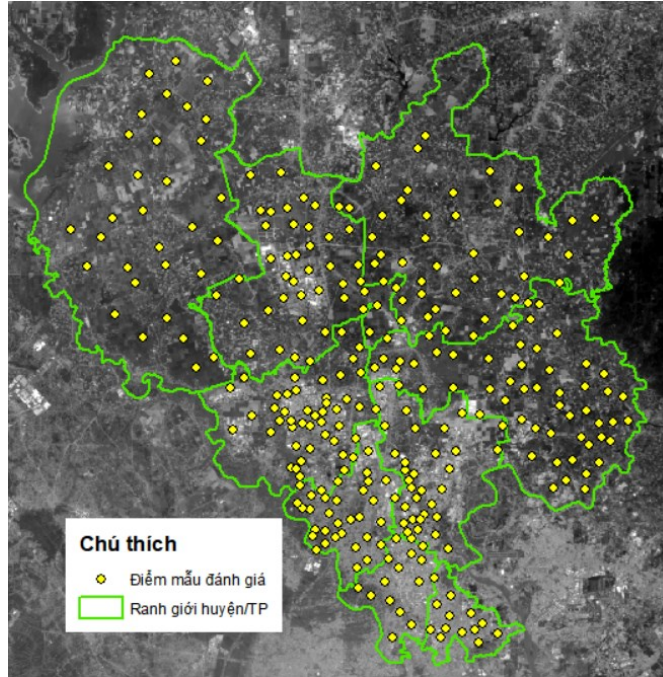
$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda * T_B}{\rho} \ln \varepsilon} - 273.15 \quad (6)$$

Để thực hiện tính toán nhanh chóng chỉ số nhiệt độ trên ảnh vệ tinh và theo dõi thường xuyên môi trường nhiệt, đề tài tiến hành xây dựng công cụ tự động bằng ngôn ngữ lập trình Python và tích hợp thư viện ArcPy trong phần mềm ArcMap 10.8. ArcPy là một thư viện cung cấp nhiều tính năng xử lý tự động như phân tích dữ liệu không gian địa lý (vector) và cả dữ liệu viễn thám (raster). Phần mềm soạn thảo PythonWin có tích hợp với thư viện ArcPy được sử dụng để hỗ trợ người dùng trong việc xử lý và phân tích dữ liệu bằng các hàm/module có sẵn. Sau đó, công cụ sẽ được lưu trữ vào hộp Toolbox.tbx bao gồm đặt tên, đường dẫn đến Script và thiết lập thông số cho dữ liệu đầu vào và đầu ra tương ứng theo kiểu dữ liệu mặc định. Cuối cùng kiểm tra công cụ bằng cách thực nghiệm và có thể thêm công cụ lên thanh menu bar hoặc ArcToolbox để lưu công cụ [8]. Cụ thể trong đề tài này đã sử dụng một số hàm/module và được thực hiện theo các bước sau (Bảng 2).

Bảng 2. Hàm phân tích dữ liệu

Bước thực hiện	Hàm xử lý
1. Nhập dữ liệu đầu vào: kênh đo, cận hồng ngoại, kênh nhiệt và ranh giới khu vực nghiên cứu	GetParameterAsText(index)
2. Cắt các kênh phổ theo ranh giới	gp.ExtractByMask_sa(in_raster, in_mask_data, out_raster)
3. Thực hiện các phép toán đại số theo 4 bước tính chỉ số nhiệt độ bề mặt	Lập trình Python với các phép tính đại số: cộng, trừ, nhân, chia
4. Xuất kết quả bề mặt nhiệt độ	GetParameterAsText(index)
5. Tái phân nhóm theo khoảng chia nhiệt độ bề mặt	gp.Reclassify_sa(in_raster, reclass_field, remap, reclassify)

Bên cạnh đó, đề tài còn sử dụng ngôn ngữ lập trình JavaScript để tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt trên ứng dụng Google Earth Engine (GEE) là một nền tảng tiên tiến dựa vào điện toán đám mây có chức năng xử lý, phân tích ảnh vệ tinh một cách mạnh mẽ [9]. Qua đó, đề tài tiến hành chọn 300 điểm ngẫu nhiên phân bố đều ranh giới tỉnh Bình Dương (Hình 2) với diện tích tự nhiên khá lớn 2.694,43km<sup>2</sup> [10] và đồng thời trích xuất giá trị nhiệt từ kết quả tính toán LST của công cụ và kết quả tính toán LST của Google Earth Engine qua 4 thời điểm. Mặt khác, khảo sát với số lượng lớn điểm mẫu sẽ quyết định đến chất lượng trong việc đánh giá mô hình không gian giữa 2 phương pháp bởi tập dữ liệu mẫu chứa nhiều cặp giá trị nhiệt độ khác nhau nhằm đảm bảo tính phân hoá về mặt định lượng giá trị cũng như tính bao quát về mặt định vị. Để đánh giá độ chính xác cho công cụ, đề tài sử dụng hệ số xác định R<sup>2</sup> là một trong những chỉ số thống kê để đánh giá chất lượng mô hình không gian. Giá trị R<sup>2</sup> nằm trong khoảng (0;1) càng về gần giá trị 1 chứng tỏ thuật toán có độ tin cậy cao. Ngoài ra, căn bậc hai của sai số toàn phương trung bình (RMSE - Root Mean Square Error) còn được sử dụng để đánh giá về giá trị sai lệch giữa 2 tập dữ liệu nhiệt độ bề mặt [8].



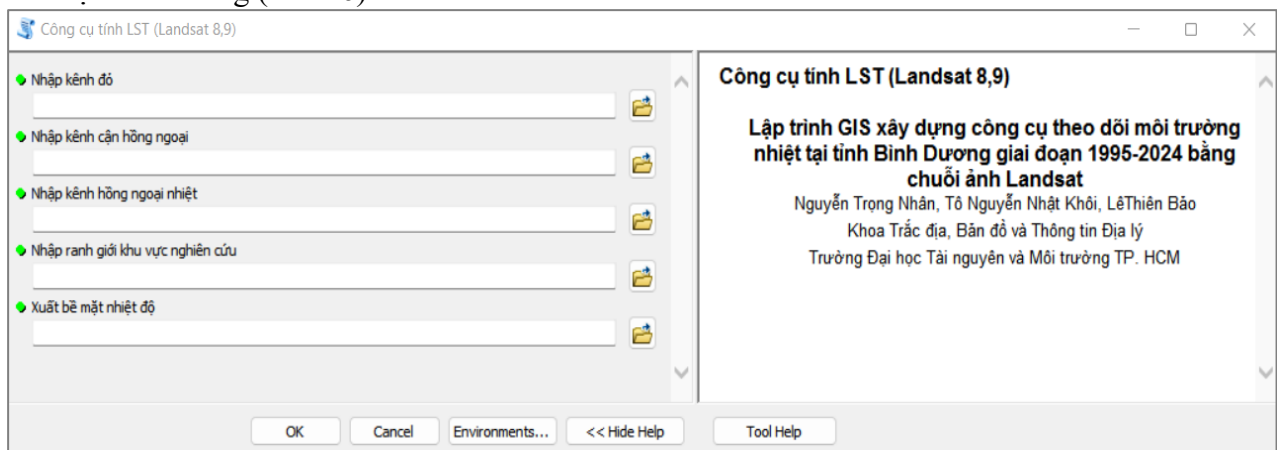
Hình 2. Sơ đồ vị trí điểm mẫu đánh giá

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

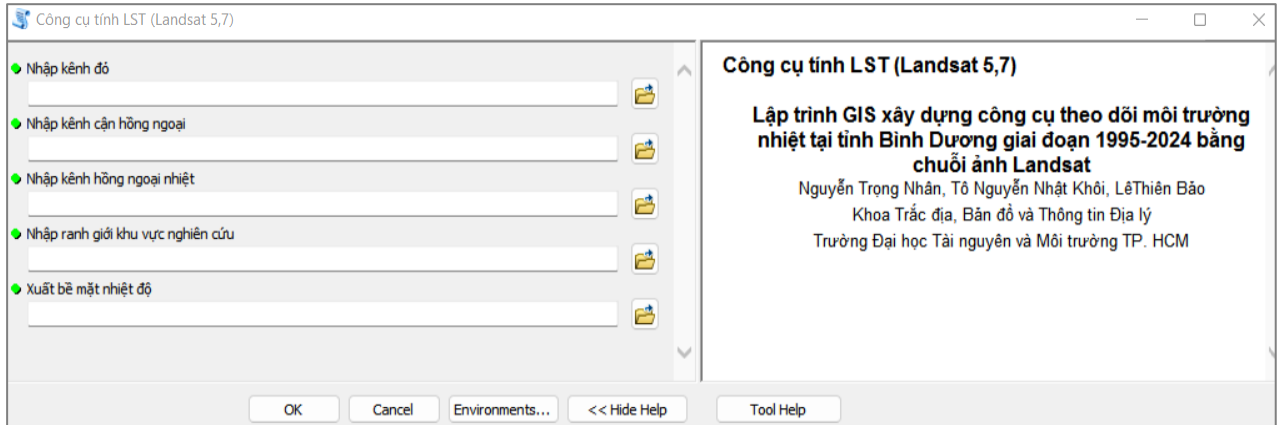
#### 3.1. Kết quả nghiên cứu

##### 3.1.1. Kết quả xây dựng công cụ theo dõi môi trường nhiệt

Với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình Python và thư viện ArcPy trong phần mềm ArcMap, đề tài đã xây dựng công cụ cho phép tính toán chỉ số nhiệt độ bề mặt trên ảnh vệ tinh một cách tự động và nhanh chóng. Đồng thời hỗ trợ phân vùng môi trường nhiệt theo các khoảng chia nhưng để trực quan hoá giá trị nhiệt qua các thời điểm có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất khác nhau, do đó đề tài đã tái phân nhóm bằng cụ Symbology trong quá trình biên tập bản đồ. Tuy nhiên do sự khác nhau về công thức tính chuyển đổi giá trị DN (Digital Number) sang giá trị năng lượng bức xạ trên các loại ảnh vệ tinh, vì vậy đề tài đã xây dựng hai công cụ riêng biệt nhưng có cùng chức năng tính chỉ số LST. Qua hình 3 thể hiện công cụ được dùng để tính chỉ số LST dành cho ảnh Landsat 8, 9 và công cụ của Hình 4 tính toán LST dành cho ảnh Landsat 5, 7. Nhìn chung giao diện của 2 công cụ được thiết kế khá đơn giản và dễ sử dụng có mô tả nhập dữ liệu đầu vào và đầu ra. Trong đó, dữ liệu đầu vào bao gồm kênh đỏ (Red), kênh cận hồng ngoại (NIR), kênh hồng ngoại nhiệt (Thermal) với định dạng (\*.tif) và dữ liệu ranh giới cắt theo khu vực nghiên cứu với định dạng (\*.shp). Sản phẩm đầu ra của công cụ là dữ liệu raster thể hiện sự phân bố nhiệt độ bề mặt và được gán màu tự động theo thang màu lạnh đến nóng (Hình 6).



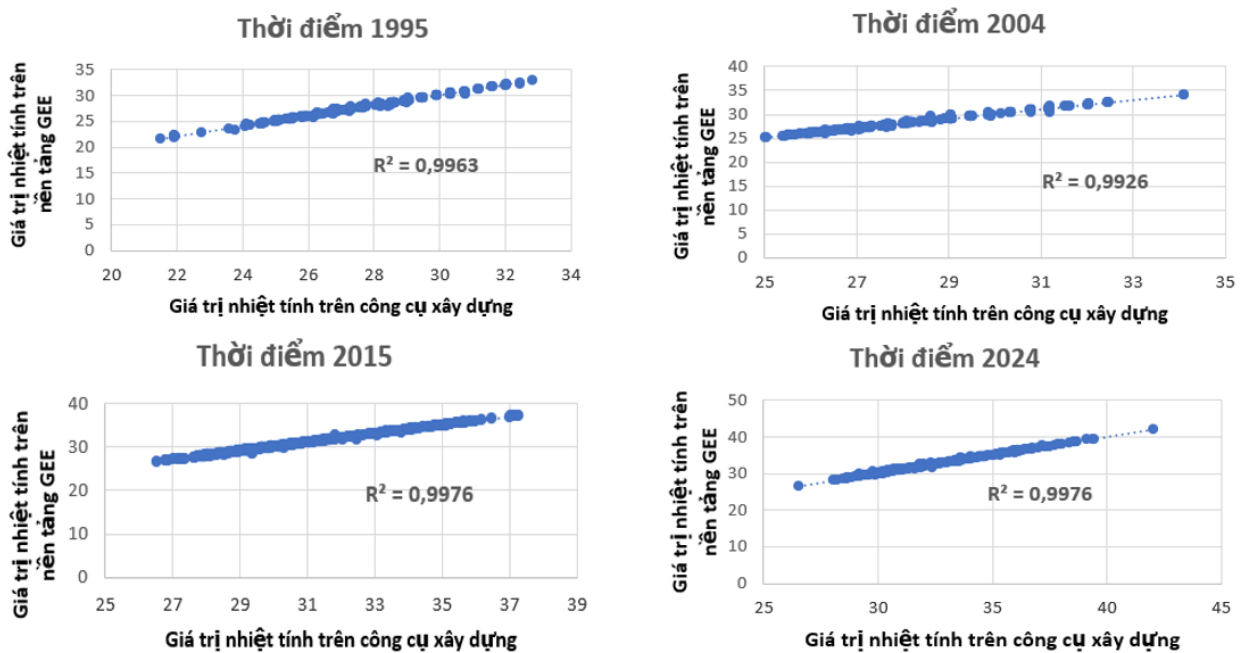
Hình 3. Công cụ tính LST dành cho Landsat 8,9



Hình 4. Công cụ tính LST dành cho Landsat 5,7

### 3.1.2. Kết quả đánh giá công cụ theo dõi môi trường nhiệt

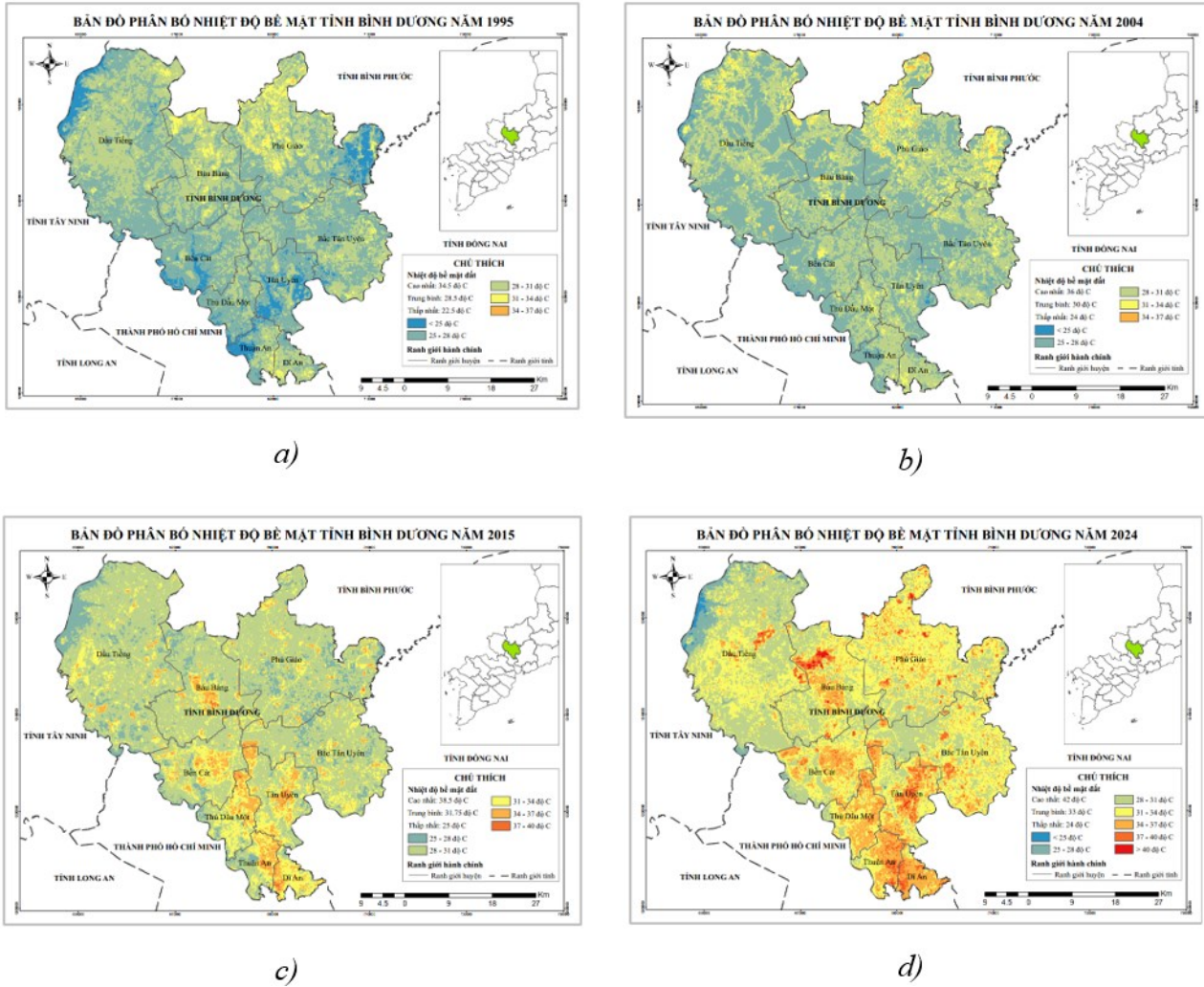
Qua đánh giá kết quả tính toán chỉ số LST bằng công cụ và kết quả tính toán chỉ số LST bằng Google Earth Engine cho thấy giá trị nhiệt độ qua 4 thời điểm tại Bình Dương của 2 phương pháp rất tương đồng với nhau. Biểu đồ Scatter hình 5 thể hiện mối quan hệ chặt chẽ giữa 2 tập dữ liệu, các cặp điểm chứa giá trị nhiệt cùng nằm trên một đường thẳng tuyến tính với hệ số xác định  $R^2$  gần tiến về 1. Thêm vào đó giá trị chênh lệch rất thấp được minh chứng bằng sai số RMSE nhỏ với 0,128; 0,153; 0,126; 0,140 tương ứng với từng thời điểm 1995, 2004, 2015 và 2024.



Hình 5. Biểu đồ Scatter qua 4 thời điểm

### 3.1.3. Kết quả xây dựng bản đồ nhiệt độ bề mặt tỉnh Bình Dương

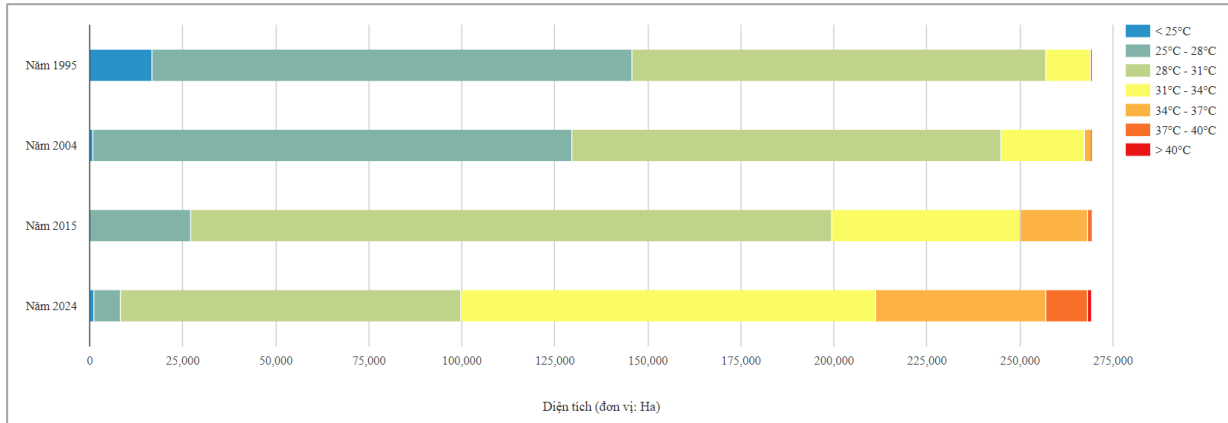
Bản đồ phân bố nhiệt độ bề mặt tỉnh Bình Dương được xây dựng bởi LST tính toán bằng công cụ thể hiện qua 5 thời điểm: 1995 (Hình 6a), 2004 (Hình 6b), 2015 (Hình 6c) và 2024 (Hình 6d). Kết quả cho thấy môi trường nhiệt có sự thay đổi rõ rệt với nhiệt độ trung bình tăng dần qua từng thời điểm: 1995 (28,5°C), 2004 (30°C), 2015 (31,75°C) và 2024 (33°C).



Hình 6. Bản đồ nhiệt độ bề mặt tỉnh Bình Dương năm 1995 (a), 2004 (b), 2015 (c) và 2024 (d)

### 3.2. Thảo luận

Sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt tỉnh Bình Dương qua các thời điểm 1995, 2004, 2015, 2024 được thể hiện ở hình 6 và biểu đồ thống kê diện tích nhiệt độ bề mặt tỉnh Bình Dương theo các nhóm khác nhau (Hình 7), cho thấy theo thời gian và không gian nhiệt độ có xu hướng tăng dần, mở rộng theo hướng Nam của tỉnh và phân bố chủ yếu tại các thành phố có nhiều khu đô thị, khu công nghiệp, nhà máy, kể cả khu đất trống. Giai đoạn 1995 – 2004 có nhiệt độ dao động từ  $25^{\circ}\text{C}$  đến  $37^{\circ}\text{C}$ , các khu vực có nhiệt độ cao trên  $31^{\circ}\text{C}$  phân bố chủ yếu tại phía Bắc huyện Bàu Bàng và Phú Giáo với tổng diện tích vào năm 1995 là 9.564ha và năm 2004 tăng lên 14.584,18ha nhưng nhìn chung nhiệt độ cả tỉnh giai đoạn 1995-2004 vẫn thấp hơn so với thời điểm 2015 và 2024. Sự gia tăng nhiệt độ bề mặt có sự chuyển biến rõ ràng vào giai đoạn 2015 - 2024, cụ thể tại các khu vực dân cư đô thị và khu công nghiệp sản có nhiệt độ cao dao động từ  $37^{\circ}\text{C}$  đến hơn  $40^{\circ}\text{C}$ . Điển hình vào thời điểm 2015, thành phố Thủ Dầu Một có 7.445,64ha khu vực có nhiệt độ cao từ  $31^{\circ}\text{C}$  đến  $40^{\circ}\text{C}$ , chiếm 62,7% diện tích trên toàn địa bàn, tập trung chủ yếu tại phía Bắc và Đông Bắc. Bên cạnh đó, sự gia tăng nhiệt độ cũng xảy ra tại hầu hết các huyện khác như phía Bắc, Đông Bắc của Thuận An, phía Tây Nam của Dĩ An, trung tâm của Tân Uyên, Bến Cát và Bàu Bàng. Đặc biệt đến thời điểm 2024, nhiệt độ bề mặt ngày càng tăng cao tại các khu vực có nhiều khu công nghiệp như thị xã Bến Cát và huyện Bàu Bàng, đồng thời lan rộng về phía Nam giáp với thành phố Hồ Chí Minh, nơi tập trung các thành phố lớn nhỏ như Thủ Dầu Một, Dĩ An, Thuận An và Tân Uyên, nổi bật nhất là sự xuất hiện của nhóm nhiệt độ rất cao (hơn  $40^{\circ}\text{C}$ ), trong đó, huyện Bàu Bàng chiếm 45,8% diện tích (469,21ha) của nhóm nhiệt độ này, nhiều nhất trong tất cả các huyện và thành phố trên địa bàn toàn tỉnh.



Hình 7. Thống kê diện tích các nhóm nhiệt độ tỉnh Bình Dương giai đoạn 1995 – 2024

Một số nguyên nhân gián tiếp tác động đến sự gia tăng môi trường nhiệt tại tỉnh Bình Dương trong giai đoạn 1995 – 2024 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 năm 1995 đến năm 2015, xuất hiện hàng loạt các khu công nghiệp, nhà máy đã góp phần tăng nguồn lực lao động cho địa phương này cùng với sự gia tăng diện tích đất công trình xây dựng hình thành nhiều khu đô thị đông dân cư. Đáng chú ý, vào năm 2012 Thủ Dầu Một được chính thức trở thành thành phố trực thuộc tỉnh với những bước chuyển đổi nhanh chóng như diện tích đất trống được mở rộng nhằm chuẩn bị cho công tác chuyển đổi loại hình sử dụng đất, mặt khác, các đối tượng bề mặt không thấm xen lẫn với đất ở tăng mạnh từ 4648ha đến 7068ha trong giai đoạn 2004 – 2015 theo nghiên cứu [1]. Mặt khác giai đoạn 2015-2024, Bình Dương có tốc độ đô thị hóa cao [10] với bước ngoặt lớn là trở thành tỉnh đầu tiên có 5 thành phố trực thuộc gồm TP Thủ Dầu Một, Dĩ An, Tân Uyên và Bến Cát và cho đến năm 2030 tỷ lệ đô thị hoá tăng khoảng 88% [11]. Trong khi đó, nhiều khu công nghiệp có quy mô lớn nằm trong quy hoạch quốc gia đang được đầu tư xây dựng như khu công nghiệp Cây Trường tại huyện Bàu Bàng và khu công nghiệp Bình Dương Riverside ISC, ... Chính vì những yếu tố thuận lợi phát triển kinh tế xã hội cho tỉnh Bình Dương đã góp phần làm cho môi trường nhiệt có xu hướng ngày càng tăng dần trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

Mặc dù 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 và kết quả có độ tin cậy cao khi so sánh với phương pháp tính toán LST trên Google Earth Engine. Nhưng nghiên cứu vẫn còn hạn chế về mặt dữ liệu do không thu thập được dữ liệu nhiệt độ (trạm đo nhiệt độ không khí, thường là trạm đo liên tục có độ cao khoảng 2m so với bề mặt khu vực) đo tại các trạm quan trắc. 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. Tuy nhiên để đánh giá nguyên nhân chuyển đổi cơ cấu sử dụng đất có tác động đến môi trường nhiệt một cách tổng quát, đề tài 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.

#### 4. Kết luận

Tận dụng khả năng của ngôn ngữ lập trình Python và tiện ích của thư viện ArcPy trong phần mềm ArcGIS, đề tài đã xây dựng thành công công cụ theo dõi môi trường nhiệt thông qua việc tính toán chỉ số nhiệt độ LST ảnh Landsat 5, 7, 8, 9. Độ tin cậy của công cụ được đánh giá cao với hệ số xác định  $R^2$  gần xấp xỉ 1 và sai số RMSE  $< 0,15$  là rất thấp khi so sánh kết quả tính toán giá trị nhiệt trên nền tảng Google Earth Engine. Qua đó minh chứng cho công cụ có khả năng theo dõi môi trường nhiệt một cách nhanh chóng trên ảnh vệ tinh. Kết quả thực nghiệm tại tỉnh Bình Dương cho thấy nhiệt độ bề mặt có xu hướng gia tăng qua mỗi năm và nhiệt độ cao chủ yếu phân bố tập trung ở các khu đô thị, khu công nghiệp của các thành phố lớn nhỏ như TP Thủ Dầu Một, TP Dĩ An, TP Thuận An, TP Tân Uyên hay thị xã Bến Cát và huyện Bàu Bàng. Tuy nhiên cần nghiên cứu tác động



của sự thay đổi lớp phủ bề mặt để giám sát chặt chẽ hơn xu hướng biến đổi môi trường nhiệt trong quá trình đô thị hoá.

### **Cam kết của các tác giả**

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Tô Thị Bích Nga, Trần Hoàng Đăng Khoa, Nguyễn Cao Hanh, Phạm Việt Hòa, Hồ Đình Duẩn. “Nghiên cứu tác động của thay đổi lớp phủ bề mặt đất lên nhiệt độ bề mặt – trường hợp điển hình của thành phố Thủ Dầu Một tỉnh Bình Dương”. *Tạp chí Khoa học – Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh*, trang 124-131, 2018.
- [2] Trần Thị Vân. “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, Enviroment & Resources*, trang 70-74, 2006.
- [3] Nguyen Trong Can, Nguyen Thi Hong Diep, Sanwit Iabchoon, Pariwate Varnakovida, Vo Quang Minh. “Analysis of Factors Affecting Urban Heat Island Phenomenon in Bangkok Metropolitan Area, Thailand”. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, page 53-62, 2019.
- [4] I Kade Alfian Kusuma Wirayuda, Prima Widayani, Andung Bayu Sekaranom. “Urban Green Space Analysis and its Effect on the Surface Urban Heat Island Phenomenon in Denpasar City, Bali”. *Forest and Society*, page 150-168, 2023.
- [5] Kato, S., Yamaguchi, Y. “Analysis of urban heat - island efect using ASTER and ETM+ Data: separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat fux”. *Remote Sensing of Environment*, page 44 – 54, 2005.
- [6] Trần Thị Vân, Hà Dương Xuân Bảo, Đinh Thị Kim Phượng, Nguyễn Thị Tuyết Mai và Đặng Thị Mai Nhung. “Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực bắc thành phố Hồ Chí Minh”. *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ*. Trang 11-20, 2017.
- [7] Đặng Thị Mai Trâm, Nguyễn Trọng Nhân. “Ứng dụng Google Earth Engine trong phân tích biến động của hiện tượng đảo nhiệt đô thị trên địa bàn thành phố quảng Ngãi giai đoạn 1995 – 2021, đề xuất một số giải pháp trong quy hoạch và phát triển”. *Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2022*. Trang 308-315, 2022.
- [8] Nguyễn Trọng Nhân, Lê Thiên Bảo. “Xây dựng công cụ và hệ thống giám sát đất nhiễm mặn tại tỉnh Bến Tre”. *Tạp chí khí tượng thủy văn 2024*. Trang 87-95, 2024.
- [9] Nguyễn Trọng Nhân, Vũ Xuân Cường. “Sử dụng Google Earth Engine trong giám sát biến động diện tích rừng TP Lâm đồng giai đoạn 2010-2016”. *Kỷ yếu khoa học công nghệ lần 4 - Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ -Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Thành phố Hồ Chí Minh*. Trang 254-265, 2018.
- [10] Nguyễn Quang Giải. “Đô thị hoá và mô hình phát bền vững đô thị Bình Dương”. *Tạp chí khoa học xã hội*. Trang 13-31, 2018.
- [11] Thanh Hà, (2024, 03/20), “Bến Cát lên thành phố, Bình Dương là tỉnh đầu tiên có 5 thành phố trực thuộc”. *Tạp chí công thương - cơ quan thông tin lý luận của bộ công thương*. Available: <https://tapchicongthuong.vn/ben-cat-len-thanh-pho--binh-duong-la-tinh-dau-tien-co-5-thanh-pho-truc-thuoc-118340.htm>

