

Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ  
 Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường

website: [sj.ctu.edu.vn](http://sj.ctu.edu.vn)

DOI:10.22144/jvn.2017.002

**ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG NHIỆT VÀ DIỄN BIẾN ĐẢO NHIỆT ĐỘ THỊ BỀ MẶT KHU VỰC BẮC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

Trần Thị Vân, Hà Dương Xuân Bảo, Đinh Thị Kim Phụng, Nguyễn Thị Tuyết Mai và Đặng Thị Mai Nhung

Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

**Thông tin chung:**

Ngày nhận: 27/09/2016

Ngày chấp nhận: 28/04/2017

**Title:**

Characteristics of thermal environment and change detection of the surface urban heat island in the Northern part of Ho Chi Minh city

**Từ khóa:**

Biến động nhiệt độ, đảo nhiệt đô thị bề mặt, nhiệt độ bề mặt, Landsat, vệ tinh

**Keywords:**

Land surface temperature, Landsat, surface urban heat island, temperature change

**ABSTRACT**

The article refers to the characteristics of the land surface temperature extracted from the Landsat image from which to consider changes in the formation of surface urban heat island for the Northern part of Ho Chi Minh city, excluding Nha Be and Can Gio. Time survey included 3 times of image acquisition in 1995, 2005 and 2015. Research has identified surface urban heat island from thermal infrared band, according to the ability of the surface emission based on characteristics of normalized difference vegetation index (NDVI). The results showed a growing trend of temperature fluctuations over the city and a gradual expansion of the high-temperature zone towards the suburbs. In the period 1995-2015, the trend of the formation of surface urban heat island with 4 typical locations showed a clear difference between the surface temperature of urban areas and rural areas and a quadruple spatial expansion of heat island in 2015 compared to 1995. Since then, solutions to reducing the impact of urban heat island were proposed in order to protect the urban environment and the lives of residents in Ho Chi Minh City.

**TÓM TẮT**

Bài báo đề cập đến đặc trưng nhiệt độ bề mặt đất trích xuất từ ảnh vệ tinh Landsat, từ đó xem xét diễn biến sự hình thành đảo nhiệt đô thị bề mặt cho khu vực Bắc thành phố Hồ Chí Minh, không tính huyện Nhà Bè và Cần Giò. Thời gian khảo sát gồm 3 thời điểm thu nhận ảnh năm 1995, 2005 và 2015. Nghiên cứu đã xác định đảo nhiệt đô thị bề mặt từ các kênh hồng ngoại nhiệt theo khả năng phát xạ của bề mặt thực dựa trên đặc tính của chỉ số thực vật NDVI. Kết quả cho thấy, biến động nhiệt độ trên thành phố có xu hướng ngày càng tăng và mở rộng dần diện tích của những vùng có nhiệt độ cao hướng ra các vùng ngoại ô. Trong giai đoạn 1995-2015, xu hướng hình thành đảo nhiệt đô thị bề mặt với 4 vị trí điển hình cho thấy sự khác biệt rõ ràng giữa nhiệt độ bề mặt của khu vực đô thị và khu vực nông thôn, mở rộng không gian đảo nhiệt năm 2015 gấp 4 lần so với năm 1995. Từ đó, các giải pháp giảm thiểu tác động của đảo nhiệt đô thị đã được đề xuất nhằm bảo vệ môi trường đô thị và cuộc sống cư dân thành phố Hồ Chí Minh ngày càng tốt hơn.

Trích dẫn: Trần Thị Vân, Hà Dương Xuân Bảo, Đinh Thị Kim Phụng, Nguyễn Thị Tuyết Mai và Đặng Thị Mai Nhung, 2017. Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 49a: 11-20.

## 1 GIỚI THIỆU

Ở các thành phố, nơi tập trung đông dân cư do sự phát triển mạnh mẽ của quá trình đô thị hóa đã làm thay đổi đáng kể cảnh quan của khu vực. Suy giảm lớp phủ thực vật, mở rộng không gian đất ở và các công trình công cộng, chuyển đổi đất canh tác và gia tăng bề mặt không thấm là một số nguyên nhân đặc trưng góp phần làm tăng nhiệt độ khu vực đô thị so với khu vực nông thôn. Sự khác biệt nhiệt độ giữa hai khu vực này có thể dao động từ 3-6°C, có khi lên đến 11-12°C (Trần Thị Vân và *ctv.*, 2011). Sự chênh lệch nhiệt độ này đã dẫn đến hiệu ứng “Ốc đảo nhiệt đô thị” (UHI - urban heat island – gọi tắt “đảo nhiệt đô thị”). Hiện tượng này xảy ra khi vào cùng thời điểm, nhiệt độ trung bình ở khu vực phát triển đô thị với nhiều công trình nhân tạo cao hơn ở khu vực công viên và nông thôn với môi trường tự nhiên xung quanh và gây nên hiện tượng bức xạ nhiệt bề mặt dị thường. Về bản chất, các bề mặt không thấm (bê tông, đường nhựa, bãi đỗ xe...) thu nhận bức xạ mặt trời và chuyển đổi thành năng lượng nhiệt. Một phần nhiệt này truyền qua lớp bề mặt không thấm và đi vào môi trường bên dưới lớp bề mặt, một phần phản xạ lại vào không khí bên trên dưới dạng hiện tượng. Bức xạ nhiệt bề mặt dị thường này sẽ lan truyền lên trên theo các dòng đối lưu tác động vào khí quyển, vừa đốt nóng lớp không khí bên trên vừa làm thay đổi điều kiện hoàn lưu khí quyển và tác động đến khí hậu khu vực, gây ra các kiểu thời tiết cực đoan và thay đổi thành phần các sol khí (Jones *et al.*, 1990; Kalnay *et al.*, 2003).

Giám sát nhiệt độ bề mặt đất (LST - land surface temperature) có tầm quan trọng hàng đầu trong nghiên cứu UHI. LST có mối liên hệ trực tiếp với bức xạ bề mặt và trao đổi năng lượng, bản chất khí hậu và hoạt động của con người (Weng, 2009). Trước khi công nghệ viễn thám ra đời, UHI được nghiên cứu bởi các quan sát trên mặt đất từ các trạm quan trắc hoặc các nhiệt kế gắn trên xe (Voogt & Oke, 2003). Với sự ra đời của vệ tinh và máy bay, viễn thám hồng ngoại nhiệt đã cung cấp những phát triển mới cho việc nghiên cứu UHI.

UHI là khái niệm chung và cũng là cách gọi của đảo nhiệt khi sử dụng số liệu quan trắc nhiệt độ không khí được đo ở độ cao 2 m so với mặt đất. Kết quả phân tích ảnh viễn thám cho ra giá trị nhiệt độ bề mặt đối tượng, vì vậy khi xem xét đảo nhiệt cũng sẽ liên quan đến khái niệm “đảo nhiệt đô thị bề mặt” (SUHI – surface urban heat island). Vì vậy, các trình bày về UHI liên quan đến kỹ thuật viễn thám nghĩa là đề cập đến SUHI.

SUHI được nghiên cứu đầu tiên bằng dữ liệu viễn thám trong nghiên cứu của Rao vào năm

1972. Sau đó, một số nghiên cứu đầu tiên được thực hiện để đánh giá mô hình không gian của SUHI bằng việc trích LST và xem xét mối liên hệ của chúng với các đặc trưng của độ che phủ đất và sử dụng đất (Lougeay *et al.*, 1996). Những điều tra sâu hơn cho thấy biến đổi khí hậu về nhiệt độ đô thị có liên quan đến đặc trưng bề mặt, ví dụ như chỉ số NDVI (Lo *et al.*, 1997; Weng *et al.*, 2004) đã được dùng để đánh giá mối quan hệ giữa LST và thực vật phát triển tại khu vực đô thị trên những phạm vi khác nhau và chỉ ra tầm quan trọng của các mức độ và mô hình tác động trong khi đánh giá mối quan hệ của chúng. Những phân tích sau đó đã tìm ra nguồn gốc sinh ra SUHI có liên quan đến hình dạng bề mặt và tính chất nhiệt bề mặt (Voogt & Oke, 2003).

Ở Việt Nam, trong những năm gần đây đã có một số nghiên cứu ứng dụng viễn thám để đánh giá môi trường nhiệt đô thị qua việc ước tính giá trị nhiệt độ từ ảnh vệ tinh trên kênh hồng ngoại nhiệt. Phạm Văn Cu *et al.* (2004) đã tính thử nghiệm nhiệt độ bức xạ từ ảnh viễn thám ASTER cho khu vực nội thành Hà Nội vào năm 2003. Tác giả Trần Thị Vân (2006), khai thác kênh nhiệt của ảnh Landsat ETM+ để tính khôi phục nhiệt độ cho khu vực phía Bắc thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM). Công trình của tác giả Lê Văn Trung *et al.* (2006), đã tính toán thành lập bản đồ nhiệt độ cho toàn TPHCM bằng phương pháp NOR và REF. Các tác giả Trần Hùng và *ctv.* (2002), Ho Tong Minh Đình *et al.* (2007) đã ứng dụng viễn thám tính toán nhiệt độ trên từng nhóm kiểu thực phủ. Năm 2011, Trần Thị Vân và *ctv.* có các nghiên cứu sâu hơn về việc tính toán nhiệt độ bề mặt thực và đã xác định mối tương quan giữa biến đổi nhiệt độ với các yếu tố đô thị hóa, đồng thời cũng khảo sát các đặc trưng SUHI vào giai đoạn 1989-2006, cho thấy chênh lệch tạo nên SUHI tại TPHCM khoảng 11-12°C.

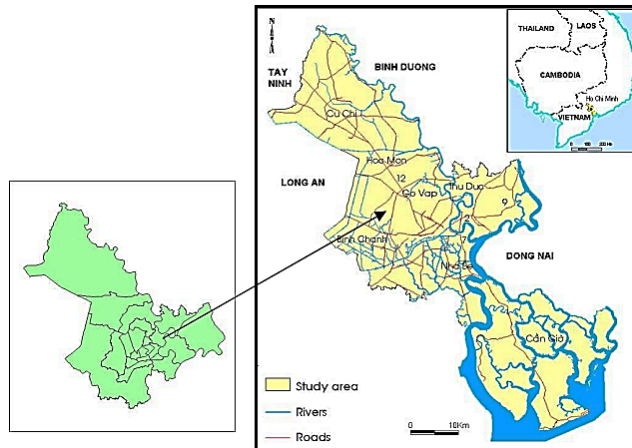
Bài báo trình bày nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám từ khai thác ảnh vệ tinh Landsat với các kênh phổ phản xạ và kênh hồng ngoại nhiệt để khảo sát diễn biến môi trường nhiệt thể hiện qua các SUHI, từ đó đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động của chúng đến môi trường đô thị và sức khỏe dân cư trên địa bàn TPHCM giai đoạn 1995-2015.

## 2 KHU VỰC NGHIÊN CỨU

TPHCM thuộc phía Đông của khu vực Nam Bộ, với diện tích 2098,7 km<sup>2</sup> chiếm 0,76% diện tích cả nước. Hiện nay, TPHCM có 19 quận và 5 huyện. Phía Bắc TPHCM thuộc khu vực nghiên cứu có 19 quận và 3 huyện (Hình 1). Sự phân bố dân cư ở TPHCM không đồng đều. Trong khi một số quận như: 3, 4, 10 và 11 có mật độ lên tới trên

40.000 người/km<sup>2</sup>, thì huyện ngoại thành Cần Giò có mật độ tương đối thấp khoảng 98 người/km<sup>2</sup>. Giai đoạn từ năm 1986 đến nay, thành phố bước vào giai đoạn đổi mới, dòng người nhập cư vào thành phố trong giai đoạn này từ Đồng bằng sông Cửu Long, khu 4 và duyên hải miền Trung vào làm ăn sinh sống. Trong những năm 1991-1994 khi cả nước bước đầu thoát khỏi cuộc khủng hoảng kinh tế - xã hội, bước đầu phục hồi kinh tế thì sức ép về dân nhập cư vào thành phố lại càng mạnh mẽ hơn. Theo dự báo đến năm 2025, TPHCM có 10 triệu dân và sẽ là một siêu đô thị năng động tầm cỡ thế giới (Nguyễn Đức Hòa, 2010). Sự gia tăng dân số và phát triển kinh tế - xã hội dẫn đến giao thông tăng nhanh, diện tích nhà ở mở rộng ra ngoại thành

nhều hơn so với trước đây. Mật độ xây dựng càng cao, nhiệt độ bức xạ bề mặt càng cao. Trong khi đó, diện tích cây xanh của thành phố bị thu hẹp dần. Sự cân bằng tự nhiên đang bị phá vỡ, tác động mạnh mẽ đến sự biến đổi vi khí hậu, do sự tăng lên của nhiệt độ đô thị so với các vùng phụ cận, hình thành nên UHI, khiến thành phố đang biến thành “quả cầu lửa” nung nóng người dân (Trần Thị Vân và *ctv.*, 2011). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng rõ nét như hiện nay, cùng với việc đô thị hóa diễn ra nhanh chóng và phức tạp, việc hiểu biết sâu sắc về UHI nhằm hỗ trợ công tác quản lý môi trường đô thị hiệu quả và hướng đến bảo vệ sức khỏe cộng đồng dưới tác động của chúng.



Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu trong TPHCM

### 3 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu về UHI có 2 cách tiếp cận để giải quyết vấn đề. Một là sử dụng dữ liệu quan trắc mặt đất từ các trạm khí tượng phân bố trên khoảng cách khá xa giữa các trạm, từ đó đánh giá biến động nhiệt độ theo từng trạm hoặc nội suy từ vài trạm trên một vùng lãnh thổ. Hai là sử dụng dữ liệu vệ tinh, trích xuất thông tin nhiệt độ từ ảnh vệ tinh qua các phép xử lý và tính toán trực tiếp từ ảnh. Như đã trình bày ở trên, tiếp cận theo cách thứ hai cho thấy được diện phân bố không gian nhiệt độ trên toàn vùng theo từng ô lưới phụ thuộc vào kích thước của pixel. Cách này cho kết quả chính xác hơn so với việc nội suy cho một khu vực rộng lớn chỉ từ vài điểm. Vì vậy, phương pháp của nghiên cứu này là đi theo hướng ứng dụng ảnh vệ tinh.

#### 3.1 Ước tính nhiệt độ bề mặt đất

Các bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt đo lường bức xạ ở giới hạn trên của khí quyển, vì vậy nhiệt độ chói trên vệ tinh  $T_B$  (còn gọi là nhiệt độ vật đen) có thể được trích xuất bằng định luật Planck (Gupta, 1991).

$$T_B = \left( \frac{hc}{k\lambda} \right) \left( \frac{1}{\ln \left( \frac{2hc^2 \lambda^{-5}}{B_\lambda + 1} \right)} \right) \quad (1)$$

Trong đó,  $h$  - hằng số Planck ( $6,62 \times 10^{-34}$  J-sec);  $c$  - vận tốc ánh sáng ( $2,998 \times 10^8$  m sec<sup>-1</sup>);  $\lambda$  - bước sóng bức xạ phát ra ( $\mu\text{m}$ );  $k$  - hằng số Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$  JK<sup>-1</sup>);  $B_\lambda$  - bức xạ trên vệ tinh theo bước sóng  $\lambda$  ( $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$ ).

Để xác định LST thực, cần thiết phải hiệu chỉnh khí quyển và biết độ phát xạ của lớp phủ đất (LSE – Land Surface Emissivity). Do thiếu các số đo khí quyển vào thời gian thu chụp ảnh, nên bước hiệu chỉnh khí quyển bỏ qua. Tuy nhiên, các ảnh được chọn lựa chụp vào mùa khô, lúc trời quang mây, vì vậy các hiệu ứng khí quyển trên các ảnh này không có nghĩa. Riêng LSE của các bề mặt tự nhiên có thể thay đổi đáng kể do sự khác biệt trong đặc tính lớp phủ đất và thực vật (Van De Griend *et al.*, 1993). Vì vậy, hiệu chỉnh độ phát xạ cần phải thực hiện. LSE ( $\epsilon$ ) được tính theo công thức: (Valor *et al.*, 1996)

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \tag{2}$$

với  $\varepsilon_v$ ,  $\varepsilon_s$  là độ phát xạ của đất phủ đầy thực vật và đất trống hoàn toàn,  $P_v$  là hợp phần thực vật, được tính theo NDVI tương quan với các ngưỡng giá trị  $NDVI_s$  của đất trống hoặc  $NDVI_v$  của đất phủ đầy thực vật.  $P_v$  được xác định theo công thức tỷ số như sau: (Carlson *et al.*, 1997)

$$P_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \tag{3}$$

Khi đã biết LSE ( $\varepsilon$ ), LST ( $T_s$ ) đã hiệu chỉnh LSE có thể được tính theo định luật Stefan Boltzmann (Gupta, 1991):

$$B = \varepsilon \sigma T_S^4 = \sigma T_B^4 \tag{4}$$

Từ đó,

$$T_S = \frac{1}{\varepsilon^{1/4}} T_B \tag{5}$$

với  $\sigma$  - hằng số Stefan Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ); B - bức xạ tổng được phát ( $\text{Wm}^{-2}$ );  $T_S$  - LST (K);  $T_B$  - nhiệt độ chiếu sáng (K);  $\varepsilon$  - LSE có giá trị từ 0 đến 1.

### 3.2 Đánh giá sai số

Sai số là sự sai khác giữa các giá trị thực nghiệm thu được so với giá trị mong muốn. Sai số đánh giá độ chính xác của phương pháp xác định nhiệt độ được xác định từ độ lệch trung bình Bias và sai số E (%) giữa các giá trị ước tính với giá trị đo thực tế từ trạm khí tượng theo công thức sau:

$$bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_{Si}^{tinh} - T_{Si}^{do}) \tag{6}$$

$$E(\%) = \frac{|T_{Si}^{tinh} - T_{Si}^{do}|}{T_{Si}^{do}} * 100 \tag{7}$$

### 3.3 Dữ liệu nghiên cứu

Ảnh vệ tinh thực hiện trong nghiên cứu là ảnh Landsat TM, Landsat ETM+ và Landsat /OLI & TIRS được lấy miễn phí từ trang web của Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ vào các thời điểm: TM - 02/02/1995; ETM+ - 04/01/2005; và OLI & TIRS - 24/01/2015. Bên cạnh đó, bản đồ nền địa hình tỷ lệ 1:25.000 cũng được thu thập nhằm cung cấp thông tin địa hình về mạng lưới thủy văn, đường giao thông, khu công nghiệp và ranh giới hành chính.

## 4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 4.1 Đánh giá sai số kết quả xử lý ảnh nhiệt vệ tinh

Đánh giá độ chính xác trong xác định nhiệt độ là bước cần thiết để kiểm tra tính đúng đắn của kết

quả. Tại các trạm khí tượng quốc gia, số đo nhiệt độ không khí được đo 8 lần/ngày vào các giờ 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 và 22, Trong khi đó, số đo nhiệt độ mặt đất chỉ được đo 4 lần/ngày vào các giờ 1, 7, 13 và 19, không có số đo lúc 10g sáng đúng vào giờ bay của vệ tinh Landsat qua vị trí Việt Nam. Đây chính là hạn chế của các trạm quan trắc mặt đất. Do đó, việc đánh giá sai số đối với các nghiên cứu về nhiệt từ tư liệu viễn thám luôn luôn là hạn chế nếu như không có thời gian dài để tự thực hiện thí nghiệm đo đạc vào thời điểm vệ tinh bay chụp. Đồng thời, khi đánh giá biến động với các tư liệu lịch sử thì lại còn bị khó hơn do hoàn toàn không có số đo nhiệt độ mặt đất song hành. Khi thiết kế ra các bộ cảm biến đo nhiệt độ mặt đất, các chuyên gia đã thực hiện rất nhiều kiểm chứng độ chính xác của thiết bị trước khi cho thiết bị hoạt động chính thức. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng sai số xác định nhiệt độ từ ảnh vệ tinh trong khoảng từ 0,5 – 2°C khi có hiệu chỉnh khí quyển đầy đủ và tùy thuộc vào các phương pháp tính toán khác nhau (Gillespie *et al.*, 1999). Đồng thời, theo kết quả nghiên cứu của Trần Thị Vân và *ctv.* (2011), với sự thiết lập 10 điểm tự quan trắc đã đánh giá sai số cho phương pháp xác định nhiệt độ này là  $\pm 1,95^\circ\text{C}$ . Vì vậy, xác định nhiệt bề mặt từ vệ tinh là đáng tin cậy, có thể dùng hỗ trợ cho các bài toán môi trường và biến đổi khí hậu, trong điều kiện lưới trạm đo mặt đất còn thiếu.

Tuy vậy, nghiên cứu này đã thực hiện đánh giá sai số kết quả trích xuất nhiệt độ bề mặt từ tư liệu viễn thám và số đo nhiệt độ không khí (do không có số đo nhiệt độ mặt đất) theo số liệu từ trạm Tân Sơn Hòa. Kết quả sai số độ chính xác của phương pháp được tính theo công thức 6 và 7 thể hiện như ở Bảng 1. Ở đây cho thấy, số đo nhiệt độ từ ảnh vệ tinh có giá trị cao hơn số đo tại trạm. Từ đó dẫn đến sai số khá lớn. Điều này được lý giải bởi bề mặt đất được đốt nóng trực tiếp từ bức xạ mặt trời, trong khi không khí lại không bị đốt nóng trực tiếp và lại chịu tác động của gió và lớp phủ bên trên bề mặt đất. Vì vậy, nhiệt độ không khí luôn có giá trị thấp hơn. Đây chỉ là minh họa cho thấy sự hạn chế của quan trắc trạm đo mặt đất và viễn thám là giải pháp tối ưu hỗ trợ công tác giám sát nhiệt cho một khu vực, đặc biệt về mặt không gian.

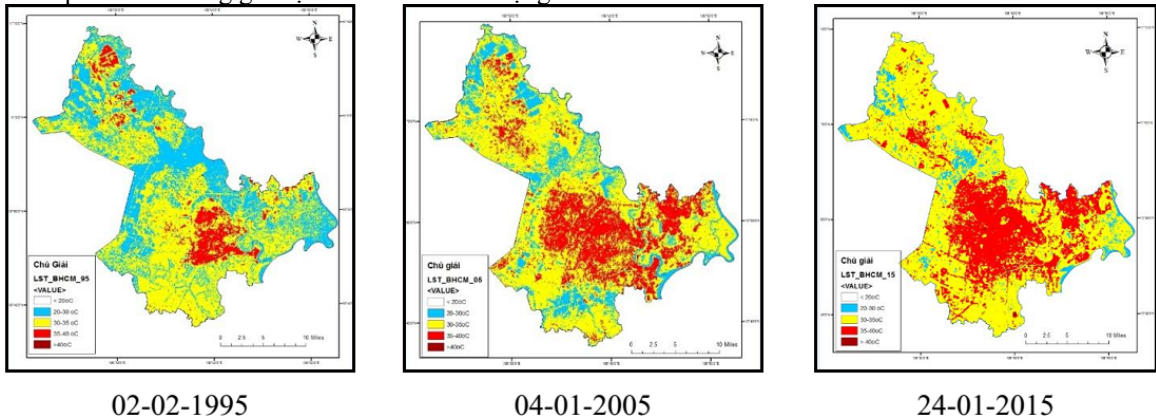
**Bảng 1: Sai số tính nhiệt độ qua các thời điểm chụp ảnh**

Năm	T <sub>đo</sub> (°C)	T <sub>tính</sub> (°C)	Độ lệch (°C)	E (%)
04-01-2005	27,5	32,0	4,5	16,4
24-01-2015	26,8	30,8	4,8	17,9
Độ lệch trung bình (Bias)			4,6	

### 4.2 Phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị

Kết quả phân bố LST trên 3 thời điểm ảnh (Hình 2) cho thấy, nhìn chung nền nhiệt độ cao tập trung ở các quận nội thành và quận huyện phía Bắc thành phố với khoảng giá trị cho các năm dao động

từ 21°C đến 47°C. Kết quả phân bố không gian cho thấy, LST cao hơn 40°C nằm rải rác tại các khu công nghiệp tập trung hoặc các khu vực có hoạt động sản xuất, được tìm thấy ở khu chế xuất Tân Thuận, KCN Linh Trung, KCN Tân Bình.



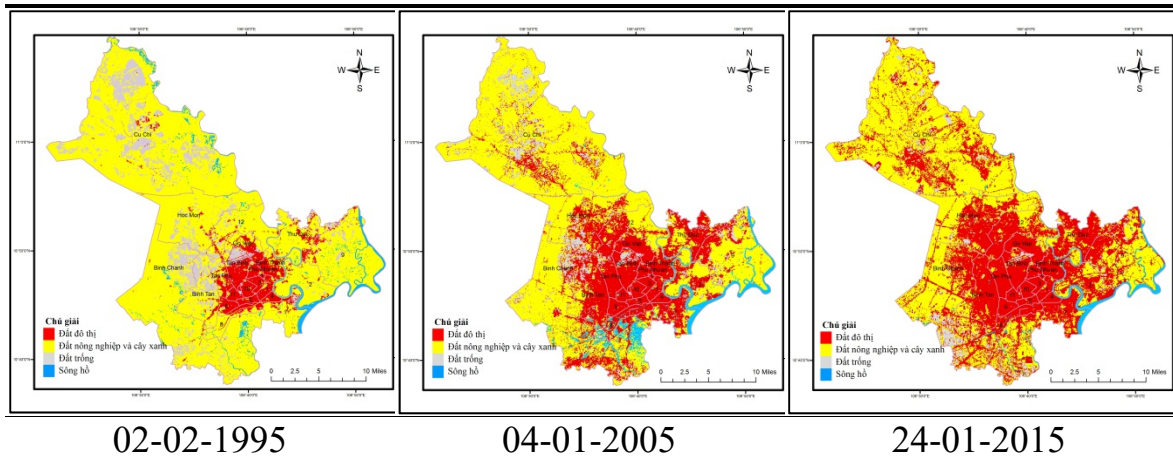
Hình 2: Phân bố LST trên ảnh vệ tinh vào các thời điểm chụp giai đoạn 1995-2015

Khu vực phía Bắc TPHCM đa số nằm trong khoảng LST từ 35°C đến 40°C chủ yếu tập trung tại khu vực đô thị, khu vực dân cư thiếu cây xanh hoặc với mật độ cây xanh thưa thớt hoặc các khu vực đất trống, tương ứng với sự suy giảm lớp phủ thực vật về phân bố không gian của độ phát xạ bề mặt như quận 10, quận Gò Vấp, quận 11, quận Tân Phú... Điều này cũng có thể giải thích là do khu vực đô thị có vật liệu bề mặt, vật liệu xây dựng là bê-tông, đá, nhựa đường... mang tính chất dẫn nhiệt cao, hấp thụ bức xạ chiếu đến tốt và nhanh nhưng phản xạ lại thấp. Trong khi đó, quá trình bốc hơi nước của bề mặt không thấm từ vật liệu này lại kém hơn so với bề mặt phủ đầy thực vật, cây xanh hoặc đất ẩm ướt (Trần Thị Vân và ctv., 2011).

Khoảng LST từ 30°C đến 35°C tập trung ở khu vực cây xanh, đồng cỏ và đất nông nghiệp, chủ yếu ở Huyện Củ Chi và Huyện Bình Chánh và một phần Huyện Hóc Môn. Những khu vực này hoạt động sản xuất chủ yếu là canh tác nông nghiệp, trồng lúa và cây lương thực. Khu vực có LST thấp hơn 30°C là khu vực rừng và mặt nước ven sông Sài Gòn. LST mặt nước thường có giá trị không đổi dao động từ 20°C đến 30°C.

Các ảnh được chụp vào mùa khô của khu vực TPHCM (tháng 1 và tháng 2 của năm), do đó ảnh vệ tinh thể hiện tính chất rõ ràng về nhiệt độ mùa khô. Tuy nhiên, do tháng khác nhau, ngày chụp ảnh khác nhau vì vậy phân bố LST cũng có sự khác nhau khi so sánh các khu vực tương đồng về không gian như khu vực đất nông nghiệp. Mặt khác, phân bố LST còn tùy thuộc vào thời tiết, thời vụ gieo trồng và độ ẩm của đất: đang có cây trồng – đất đang được phủ thực vật hoặc đã và đang thu hoạch

vụ mùa hoặc đất trống. Cụ thể, ảnh ngày 04/01/2005 do còn ảnh hưởng của thời tiết mát lạnh của cuối năm vì vậy vùng đất nông nghiệp huyện Bình Chánh, huyện Củ Chi, huyện Hóc Môn vẫn còn lớp phủ thực vật nên LST một số vùng dao động từ 20°C đến 30°C. Mặt khác, đây cũng là thời điểm cây lương thực vào giai đoạn chín, nên khả năng thoát hơi nước làm mát môi trường cũng hạn chế hơn so với thực vật giai đoạn sinh trưởng. Vì vậy, một số vùng của các khu vực ngoại thành có LST cao từ 35°C đến 40°C. Những ngày cuối tháng 1 và đầu tháng 2 là tháng bắt đầu của mùa nắng nóng nhiều và là mùa thu hoạch cây trồng nông nghiệp, cây lương thực và lúa. Một số khu vực đất nông nghiệp ngoại thành như: Củ Chi, một số xã thuộc huyện Hóc Môn và huyện Bình Chánh là những vùng cây trồng đang mùa chín hoặc đã thu hoạch trở thành đất trống. Vì vậy, LST cao dao động từ 30 – 35°C đối với ảnh cuối tháng 1 năm 2015. Đối với ảnh tháng 2 năm 1995, đây là ảnh bước vào mùa nắng nóng. Tuy nhiên, do thời kỳ này diện tích bao phủ bề mặt không thấm chưa cao, tốc độ đô thị hóa chậm nên LST từ 35°C đến 40°C chỉ tập trung ở khu vực nội thành. Khu vực ngoại thành huyện Củ Chi có vùng LST cao trên 35°C tập trung ở xã An Phú, Phú Mỹ Hưng và xã An Nhơn Tây, là những vùng sản xuất nông nghiệp lớn của huyện. LST cao ở đây được giải thích là do diện tích đất nông nghiệp này đang thời kỳ cây trồng đã được thu hoạch và trở thành đất trống, vì đây là thời điểm vào cuối vụ Đông Xuân. Trong khi đó, ở bất kỳ tháng nào của năm cũng như giai đoạn cách nhau 10 năm thì khu vực nội thành vẫn luôn luôn thể hiện nhiệt độ cao hơn xung quanh (Hình 3).



Hình 3: Phân bố các kiểu lớp phủ mặt đất vào các thời điểm chụp giai đoạn 1995-2015

**4.3 Xu hướng nhiệt độ bề mặt giai đoạn 1995-2015**

Xét trên các ảnh vệ tinh tại 3 thời điểm chụp năm 1995, 2005, 2015 cho thấy LST trung bình toàn khu vực phía Bắc TPHCM có giá trị tăng dần theo thời gian từ 30,79 °C vào năm 1995 tăng lên 33,51 °C vào đầu năm 2015. Sai lệch thời gian xem xét giữa các tháng của các năm không đáng kể (trong 2 tháng gần kề, tháng 1 và tháng 2) nên thời điểm chụp ảnh vệ tinh có thể xem xét đặc trưng LST mùa khô cùng đặc điểm tính chất cho toàn khu vực. Xu hướng cho toàn vùng cũng như khu vực nội thành, ngoại thành đều có chiều hướng tăng (Bảng 2). Khảo sát LST trung bình quận/huyện tính trên 3 thời điểm chụp ảnh vệ tinh cho thấy, LST trung bình cao nhất thường rơi vào các quận Tân Phú, Tân Bình, quận 6, quận 4 và Gò Vấp (từ 33°C đến 37°C). Trong khi đó, LST trung bình quận/huyện thấp thường rơi vào huyện Củ Chi, Hóc Môn, Bình Chánh, quận 2 và quận 9 (từ 29°C đến 33°C).

**Bảng 2: LST trung bình (°C) giai đoạn 1995-2015**

LST trung bình	Năm 1995	Năm 2005	1/2015
Toàn khu vực Bắc TPHCM (°C)	30,79	32,78	33,51
Khu vực 19 quận (nội thành) (°C)	31,61	32,74	34,50
Khu vực 3 huyện (ngoại thành) (°C)	30,27	31,67	32,89

Tổng diện tích toàn vùng nghiên cứu là 129.116,52 ha. Nhìn chung, diện tích không gian với khoảng chia LST từ 20°C đến 30°C giảm từ 38,4% vào năm 1995 xuống còn 6% so diện tích toàn vùng vào năm 2015. Trong khi đó, diện tích có khoảng LST từ trên 35°C tăng từ 7,8% năm

1995 lên gần 30% năm 2015. Điều này thể hiện diện tích khoảng LST từ 20-30°C đã chuyển sang vùng diện tích có khoảng LST trên 35°C (Bảng 3).

**Bảng 3: Phần trăm diện tích (%) không gian tương ứng các khoảng chia LST trên 3 thời điểm chụp ảnh giai đoạn 1995-2015**

T (°C)	Năm		
	1995	2005	2015
20-30	38,4	17,6	6,0
30-35	53,8	71,6	64,1
35-47	7,8	10,8	29,9

Năm 1995, phần lớn diện tích của khu vực bị chi phối ở mức LST 30-35°C chiếm 53,8% diện tích toàn vùng, kể đến là vùng LST từ 20-30°C chiếm 38,4% diện tích toàn vùng. Hai vùng diện tích với khoảng chia LST này tập trung ở khu vực ngoại thành và các quận vùng ven. Phần diện tích với phạm vi LST từ 35°C tập trung chủ yếu ở khu vực nội thành và phân bố rải rác rất ít ở vùng ngoại thành chiếm 7,8% diện tích toàn vùng.

Năm 2005, phần lớn diện tích của khu vực cũng bị chi phối ở mức LST 30-35°C chiếm 71,6% diện tích toàn vùng và tăng 17,8% so với năm 1995. Phần diện tích của khoảng LST từ 20-30°C chiếm 17,6 % và giảm 20,8% so với năm 1995. Vùng LST cao hơn 35°C chiếm 10,8 % và tăng 3% so với năm 1995. Như vậy, phần diện tích với khoảng LST 20-30°C đã chuyển sang vùng LST 30-35°C và vùng trên 35°C. Vùng tăng LST này đa số tập trung ở khu vực nội thành và khu dân cư, khu công nghiệp.

Tương tự như năm 2005, năm 2015 phần lớn diện tích khu vực bị chi phối bởi phạm vi LST 30-35°C chiếm 64,1% diện tích toàn khu vực, tăng 10,3% so với năm 1995 và giảm 7,5% so với năm 2005. Phần diện tích với khoảng LST 20-30°C chiếm 6% diện tích toàn vùng, giảm 32,4% so với

năm 1995 và giảm 11,6% so với năm 2005. Phần diện tích với khoảng LST lớn hơn 35°C chiếm 29,9% diện tích toàn vùng tăng 22,1% so với năm 1995 và tăng 19,1% so với năm 2005. Như vậy, phần diện tích với khoảng LST từ 20-30°C đã chuyển sang vùng nhiệt độ từ 30-35°C và trên 35°C. Điều này thể hiện sự biến động nhiệt độ từ khu vực có khoảng chia LST mát mẻ 20-30°C sang vùng LST ấm và nóng trên 30°C.

**4.4 Biến động đảo nhiệt đô thị bề mặt giai đoạn 1995-2015**

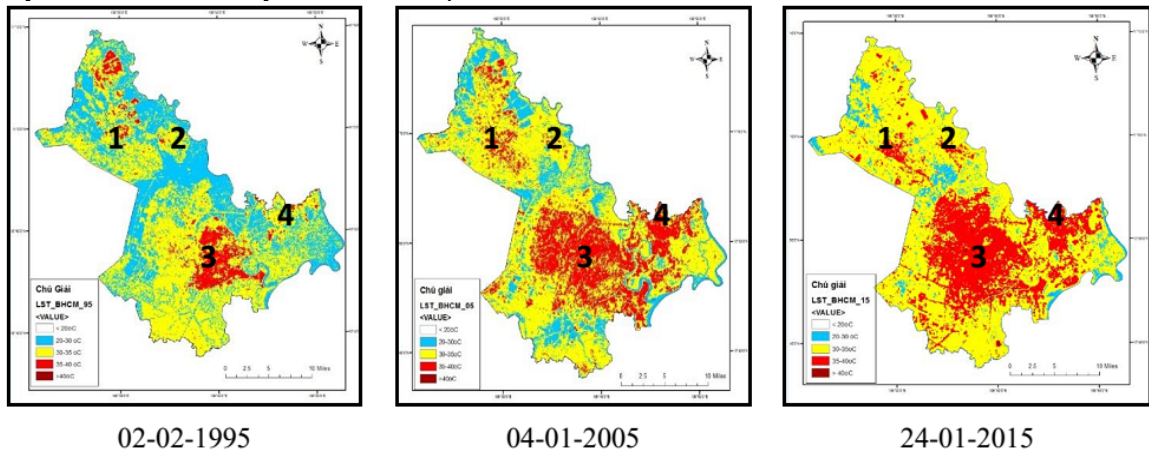
Theo cấu trúc không gian của 3 hình ảnh được chụp vào 3 thời điểm ảnh vệ tinh, SUHI có sự thay đổi và mở rộng rõ rệt từ kiểu chấm hoặc vùng nhỏ phân tán năm 1995 đến kiểu chuỗi hoặc vùng tập trung lớn dần từ năm 1995 đến năm 2005 và từ năm 2005 đến năm 2015, đặc biệt khu vực nội thành nếu loại bỏ các vùng LST cao ở các khu đất trống nông nghiệp của huyện Bình Chánh ở phía Tây Nam và thuộc huyện Củ Chi ở phía Bắc

TPHCM. Hình 4 thể hiện vị trí các SUHI điển hình trên khu vực nghiên cứu.

Để xác minh độ lớn của SUHI trên khu vực phía Bắc TPHCM, ngưỡng LST > 35°C như được phân chia trên hình, xác định có 4 SUHI rõ rệt được hình thành trong khu vực nghiên cứu. Các SUHI đều có xu hướng mở rộng về diện tích và được thể hiện trong Bảng 4 về phân bố không gian của chúng.

**Bảng 4: Diện tích không gian của SUHI (ha) với LST >35°C**

SUHI	Ảnh vệ tinh ngày		
	02/02/1995	04/01/2005	24/01/2015
SUHI_1	668	782	2.094
SUHI_2	128	172	800
SUHI_3	6.637	19.696	23.757
SUHI_4	539	3.814	4.844
<b>Tổng cộng</b>	<b>7.972</b>	<b>24.464</b>	<b>31.495</b>



**Hình 4: Vị trí các SUHI điển hình khu vực Bắc TPHCM vào các thời điểm chụp ảnh**

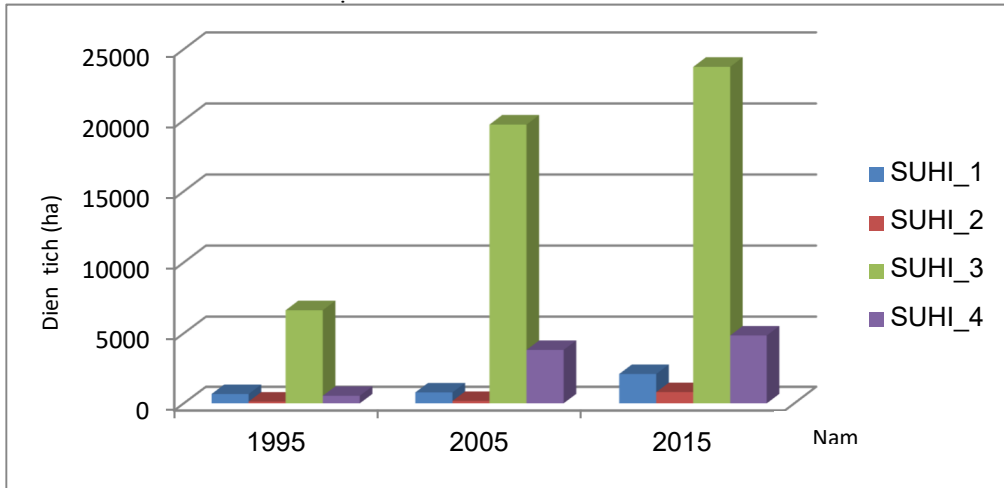
Tổng diện tích của SUHI toàn thành phố đã được mở rộng từ 7,972 ha năm 1995 lên 24,464 ha năm 2005, tăng gấp 3 lần, và đến năm 2015 diện tích SUHI mở rộng lên đến 31,495 ha, tăng gấp 4 lần so với năm 1995.

LST cao trên 35°C phản ánh khá rõ nét tính chất của SUHI cho sự khác biệt giữa khu vực đô thị và nông thôn cho khu vực TPHCM. Bên cạnh đó, LST từ 35°C ảnh hưởng khá rõ nét đến đời sống cộng đồng dân cư, gây ra thời tiết oi bức, khó chịu và gia tăng các hoạt động làm mát, từ đó sinh ra các chất ô nhiễm môi trường. Vì vậy, khoảng chia LST để đánh giá SUHI được chọn là trên 35°C. Xu hướng mở rộng diện tích vùng LST trên 35°C tại khu vực trung tâm trong giai đoạn từ năm 1995-2005 cho thấy sự thay đổi hiện trạng sử dụng đất và gia tăng diện tích bề mặt không thấm do quá trình đô thị hóa. Theo số liệu thống kê, từ năm

2001 đến năm 2005 cho thấy đã có trên 8.000 ha đất nông nghiệp ở các quận mới như quận 2, quận 7, quận 9, quận 12 và quận Thủ Đức được chuyển thành đất ở và một số khu vực đô thị tự phát không kiểm soát khác trong giai đoạn này. Mặt khác, quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng ở nhiều quận và huyện mới của TPHCM như các quận 2,7,9,12, Bình Tân, Tân Phú, Thủ Đức và nhiều khu đô thị mới như Phú Mỹ Hưng, Thủ Thiêm, Nam Sài Gòn, Hiệp Phước được lập thêm đến năm 2003 cho thấy sự phát triển và sự chuyển biến nhanh chóng của đô thị hóa giai đoạn 1995-2005. Bên cạnh đó, nhiều khu dân cư đô thị tự phát hình thành ở nhiều phường, xã trước đây vốn dĩ là nông thôn vùng ven như các phường Phú Mỹ (Quận 7), Phường Trung Mỹ Tây (quận 12). Việc quy hoạch sử dụng đất và xây dựng chưa phù hợp làm suy giảm diện tích bề mặt tự nhiên và gia tăng diện tích bề mặt không thấm. Trong quá trình phát triển đô thị mới ở quận

7, khu đô thị Phú Mỹ Hưng, khu đô thị Bàu Cát quận Tân Bình, Khu dân cư đô thị Phú Lâm quận 6, các kênh mương bưng biền ao ở các khu vực này đều bị san lấp để tận dụng mở rộng mặt bằng xây dựng. Cùng với quá trình mở rộng không gian đô thị là quá trình công nghiệp hóa mạnh mẽ. Từ khu chế xuất và khu công nghiệp tập trung với sự ra đời phát triển của khu chế xuất Tân Thuận từ 300 ha

năm 1991 và các khu chế xuất khác tiếp tục phát triển. Tính đến tháng 5/2006 toàn thành phố có 17 khu công nghiệp và khu chế xuất với 2068 ha (13 khu công nghiệp, 3 khu chế xuất và 01 khu công nghệ cao) (Trần Tấn Vinh, 2005). Điều này có thể giải thích cho sự thay đổi khá lớn về sự mở rộng diện tích SUHI ra các quận vùng ven (Hình 5).



**Hình 5: Biểu đồ biến động diện tích SUHI vào các thời điểm chụp giai đoạn 1995-2015**

Vùng SUHI\_1 và SUHI\_2 ở khu vực huyện Củ Chi với sự mở rộng diện tích không đáng kể từ năm 1995 đến năm 2005, tỉ lệ mở rộng khoảng 1.3 lần. Giai đoạn này chưa có nhiều hoạt động của khu công nghiệp Tây Bắc Củ Chi và chưa mở rộng khu dân cư ở trung tâm thị trấn Củ Chi. Giai đoạn từ năm 2005 đến năm 2015, SUHI có sự mở rộng diện tích đáng kể (SUHI 1 tăng từ 782 ha lên 2.094 ha và SUHI\_2 từ 172 ha lên 800 ha). Ở giai đoạn này do chính sách mở rộng diện tích khu công nghiệp Tây Bắc Củ Chi giai đoạn 2 năm 2012 và đi vào hoạt động. Mặt khác, với chính sách xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2012-2015, hoàn thiện hệ thống đường giao thông bằng phương pháp bê tông hóa các đường đất thành đường nhựa. Vì vậy, nhiệt độ ở khu trung tâm huyện và vùng lân cận đã tăng lên đáng kể.

Vùng SUHI\_3 cực lớn hình thành ở vùng nội thành từ một diện tích là 6637.32 ha năm 1995 thì đến năm 2005 vùng diện tích này đã lên đến 19.696 ha tăng gấp 3 lần và năm 2015 vùng mở rộng lên đến 23.757 ha, tăng lên gấp 3.6 lần so với năm 1995. Sự mở rộng diện tích vùng LST cao trên 35°C này là do sự gia tăng diện tích bề mặt không thấm cộng với tốc độ đô thị hóa khu vực nội thành cao và sự gia tăng dân số trong giai đoạn này.

Vùng SUHI\_4 hình thành ở khu vực quận Thủ Đức, nơi có hoạt động của khu công nghiệp Linh

Trung và khu công nghệ cao quận 9 với tỉ lệ mở rộng gấp 9 lần từ năm 1995 đến năm 2015.

Tuy nhiên, kết quả này chỉ cho biết sự phân bố của SUHI tại thời điểm vệ tinh chụp ảnh. Ở mỗi thời điểm khác nhau, hình ảnh của SUHI sẽ khác nhau. Do đó, SUHI còn có thể được xem như là một hiện tượng khí tượng động, không phải là một đặc trưng hằng số hay duy nhất. Đồng thời, độ lớn này cũng có thể thay đổi khi chọn ngưỡng phân cấp nhiệt độ khác nhau.

### 5 GIẢI PHÁP GIẢM NHỆ SỰ HÌNH THÀNH VÀ TÁC ĐỘNG CỦA ĐÀO NHIỆT ĐÔ THỊ

Bên cạnh một số tác động tích cực, phần lớn UHI thường được biết đến là nguyên nhân gây nên các tác động tiêu cực cho môi trường và ảnh hưởng đến con người theo nhiều cách khác nhau. Nhiệt độ cao từ UHI trong các khu đô thị, đặc biệt vào mùa hè có thể ảnh hưởng đến môi trường và chất lượng cuộc sống do tăng nhu cầu sử dụng điện, năng lượng cho thiết bị làm mát. Điều này làm tăng phát thải khí độc hại và gây ra ô nhiễm không khí. Hệ quả là ảnh hưởng đến sức khỏe của con người do gây ra sự khó chịu cũng như khó khăn về hô hấp, chuột rút do nhiệt, đột quỵ và tạo ra các gánh nặng về y tế. UHI sẽ làm tăng nhu cầu sử dụng nước và làm suy giảm chất lượng nước. Bên cạnh việc sử dụng năng lượng từ thiết bị làm mát, việc sử dụng nguồn nước để làm mát cũng như nhu cầu sinh



hoạt cũng tăng cao, gây ra sự thiếu hụt về nguồn nước. Nhiệt độ nước tăng làm ảnh hưởng đến khía cạnh đời sống thủy sinh đặc biệt là sự trao đổi chất và sinh sản của nhiều loài thủy sinh dưới nước. Quan trọng nhất là UHI ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu do sự gia tăng ô nhiễm không khí và phát thải khí hiệu ứng nhà kính. (EPA, 2012).

TPHCM là một đô thị lớn, sôi động, là trung tâm kinh tế - văn hóa – xã hội của cả nước. Trong nhiều năm qua, thành phố đang tiếp tục mở rộng ra vùng ngoại ô và đô thị cũng phát triển nhanh chóng. Do đó, cần có những chiến lược quản lý đô thị trong sự cân bằng vì một môi trường sống tốt cho cộng đồng. Mục đích của các giải pháp là nhằm thúc đẩy làm mát trong môi trường đô thị để giảm thiểu tác động của UHI. Mặt khác còn mang lại những lợi ích như giảm nhu cầu tiêu thụ năng lượng, giảm phát thải khí hiệu ứng nhà kính và giảm ô nhiễm không khí. Qua kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ cao xuất hiện ở những nơi được bao phủ bởi vật liệu xây dựng, bê tông hóa, đường giao thông và những nơi thiếu mật độ cây xanh, bóng mát, thiếu mặt nước và các hoạt động của con người. Do đó, một số nguyên tắc được đề xuất nhằm làm giảm nhẹ tác động đến sự gia tăng nhiệt độ đô thị như: (1) diện tích bề mặt cây xanh càng lớn thì khu vực xung quanh càng mát và nhiệt độ ban đêm càng giảm, (2) thông gió càng tốt thì nhiệt độ sẽ giảm, hiệu quả làm mát sẽ cao, (3) mặt nước mở càng lớn thì hiệu quả làm mát càng cao, (4) tích hợp ba nguyên tắc trên một cách hiệu quả sẽ làm cho khả năng làm mát đô thị tăng cao.

Bên cạnh đó, giải pháp cho công tác quản lý môi trường cũng cần được quan tâm. Môi trường nhiệt đô thị là kết quả của sự tác động tổng thể các hoạt động sản xuất, sinh hoạt tạo nên và chịu sự chi phối của nhiều thành phần trong xã hội. Để hạn chế nhiệt độ của đô thị và đặc biệt tránh hiện tượng UHI, xét về tổng thể nên có sự phối hợp chặt chẽ giữa đại diện của Nhà nước như Chính phủ, các nhà hoạch định chính sách, sở quy hoạch kiến trúc đô thị và các nhà môi trường, đại diện cho bên hoạt động sản xuất, kinh doanh như các tổ chức kinh tế và các nhà đầu tư, công ty cây xanh và đại diện cho bên sinh hoạt như cộng đồng, dân cư. Mỗi bên đều có vai trò quan trọng trong công tác quản lý môi trường nhằm hạn chế tác động của UHI và cải thiện chất lượng môi trường đô thị.

## 6 KẾT LUẬN

Ứng dụng viễn thám khảo sát đặc trưng môi trường nhiệt đô thị và đảo nhiệt đô thị trên TPHCM cho thấy hình ảnh rõ ràng sự phân bố cũng như độ lớn và mức độ chi tiết của SUHI trên toàn vùng. Nghiên cứu đã cho thấy sự hình thành UHI là do

tác động từ phía con người, từ quá trình phát triển đô thị. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh UHI tác động tiêu cực ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống trong môi trường đô thị. Vì vậy, từ các kết quả trên, nghiên cứu cũng đã đưa ra một số giải pháp giảm nhẹ sự gia tăng nhiệt độ trong quá trình phát triển đô thị, nhằm hướng tới phát triển đô thị bền vững.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Care-Rescif thuộc Trường Đại học Bách Khoa-ĐHQG-HCM trong khuôn khổ đề tài mã số Tc-MTTN-2016-02.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Carlson, T., & Ripley, D., 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index, . *Remote sensing of Environment*, 62: 241-252.
- EPA, 2012. *The Encyclopedia of Earth*. Truy cập từ Heat Island: <http://www.eoearth.org/view/article/153461/>
- Gillespie, A., Rokugawa, S., Hook, S., Matsunaga, T., & Kate, A. (1999). *Temperature / Emmisivity separation algorithm theoretical basis document*, version 2.4. ATBD-AST-05-08. Prepared under NASA contract NAS5-31372.
- Gupta, R., 1991. *Remote Sensing Geology*. Germany: Springer -Verlag Berlin Heidelberg.
- Ho Tong Minh Dinh, Le Van Trung, Tran Thi Van, 2007. Surface Emmissivity in Determining Land Surface Temperature, *International Journal of Geoinformatics*, 3(4): <http://creativecommons.gssc.osaka-cu.ac.jp/IJG/article/view/424>.
- Jones P.D., Groisman P.Y., Coughlan M., Plummer N., Wang W.C., Karl T.R., 1990. Assessment of urbanization effects in time-series of surface airtemperature over land. *Nature*, 347:169–72
- Kalnay E, Cai M., 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate, *Nature*, 423:528–31
- Le Van Trung, Nguyen Thanh Minh, 2006. Mapping Land Surface Temperature (LST) from Satellite Imageries. Case Study in Hochiminh City. *Proceedings of the International Symposium GIS-IDEAS 2006*, 9-11 November 2006, Ho Chi Minh City, Vietnam, 93-99.
- Lo, C. P., Quattrochi, A., D., & Luvall, J. C., 1997. Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat. *Remote Sensing*, 18: 287-304.
- Lougeay, Brazel, & A.& Hubble, M., 1996. Monitoring intraurban temperature patterns and associated land cover in Phoenix, Aizona using Landsat thermal data. *Geocarto International*, 11(4): 79-90.
- Nguyễn Đức Hòa, 2010. Quá trình đô thị hóa ở Sài Gòn - TPHCM từ năm 1860 đến năm 2008 và những tác động đến sự phát triển kinh tế xã hội của thành phố.

- Kỷ yếu hội thảo quốc tế Việt Nam học lần thứ ba. Tiểu ban: Đô thị và đô thị hóa, 310-327.
- Pham Van Cu and Hiroshi Watanabe, 2004. Use of Thermal Infrared Channels of Aster to Evaluate The Land Surface Temperature Changes of an Urban Area in Hanoi, Vietnam, *Proceedings of the International Symposium GIS-IDEAS 2004*, 85-90, Hanoi, Vietnam, 16-18 September, 2004
- Tran H., Yasuoka Y., 2002. Monitoring Urban Surface from Space: Case Study of Hochiminh City and Surrounding Region, *Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics (GIS-IDEAS 2002)*, pp. 1-7, Hanoi, Vietnam, 25-28 September 2002.
- Trần Tấn Vinh, 2005. Vấn đề đô thị hóa và phát triển bền vững ở TPHCM. Được truy cập từ: [http://www.hids.hochiminhcity.gov.vn/c/document\\_library/get\\_file?uuid=4f09433f-fd12-478e-8644-db722890e968&groupId=13025](http://www.hids.hochiminhcity.gov.vn/c/document_library/get_file?uuid=4f09433f-fd12-478e-8644-db722890e968&groupId=13025)
- 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 TPHCM. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, đặc san Môi trường và Tài nguyên*, NXB Đại học Quốc gia TPHCM, ISSN 1859-0128, tập 9: 70-74.
- Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, & Lê Văn Trung, 2011. Nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt đô thị dưới tác động của quá trình đô thị hóa ở Thành Phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp viễn thám. *Tạp chí khoa học về Trái đất*, 33(3): 347-359.
- Valor, E., & Caselles, V., 1996. Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African and South American Areas. *Remote Sensing of Environment*, 57: 167-184.
- Van de Griend, A., & Owe, M., 1993. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *Int. J. Remote Sensing*, 14(6): 1119-1131.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R., 2003. Thermal remote sensing of urban climate. *Remote sensing of Environment*, 86(3): 370-384.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89: 467-483.
- Weng, Q., 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64 (4): 335-344.