

# PHÂN TÍCH HIỆN TƯỢNG ĐẢO NHIỆT ĐÔ THỊ MỐI LIÊN HỆ GIỮA NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐẤT VÀ BỀ MẶT KHÔNG THẨM NƯỚC

PHẠM MINH HẢI<sup>(1)</sup>, NGUYỄN VĨNH KHANG<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ,

<sup>(2)</sup>Văn phòng Bộ Tài nguyên và Môi trường

## **Tóm tắt:**

Sự gia tăng về phần trăm diện tích của các khu vực không thấm nước là kết quả của quá trình đô thị hóa nhanh chóng ở các thành phố lớn. Đã có một số nghiên cứu về tác động của quá trình đô thị hóa tới hệ sinh thái, đặc biệt khi chỉ số không thấm nước vượt quá ngưỡng để duy trì hệ sinh thái bền vững. Bài viết này nghiên cứu mối quan hệ giữa đảo nhiệt đô thị (Urban heat island-UHI) và phần trăm diện tích bề mặt không thấm nước (% ISA – Impervious surface area) với khu vực thử nghiệm ở Thành phố Hà Nội, Việt Nam. Nhiệt độ bề mặt đất được tính toán từ băng nhiệt Landsat TM. Nghiên cứu đã đưa ra sơ đồ gồm các bước từ tiền xử lý, chuyển đổi bức xạ và tính nhiệt độ. Kết quả %ISA được đánh giá định tính bằng các so sánh trực quan cấu trúc/mẫu không gian với cấu trúc/ mẫu sử dụng đất của khu vực thử nghiệm. Nhiệt độ bề mặt đất và bề mặt không thấm nước được lựa chọn để kiểm tra sự tương quan với dự đoán đảo nhiệt đô thị. Kết quả đã chỉ ra mối tương quan đáng kể giữa LST và %ISA, trong đó, sự thay đổi LST đã được giải thích dựa trên ISA, đặc biệt đối với khu vực có mật độ cao của Hà Nội.

## **1. Giới thiệu**

Nhiệt độ cao hơn ở các thành phố và thị trấn so với các khu vực khác là kết quả của quá trình đô thị hóa. Hiệu ứng này được gọi là đảo nhiệt đô thị (Urban heat island - UHI), đề cập tới hiện tượng nhiệt độ khí quyển và bề mặt ở khu vực đô thị cao hơn so với khu vực xung quanh đô thị do quá trình đô thị hóa gây nên (Voogt, 2003). Tốc độ đô thị hóa càng cao, sự đảo nhiệt đô thị càng rõ ràng với sự khác biệt nhiệt độ lớn giữa đô thị và các khu vực xung quanh (vùng nông thôn) (Fei Yuan, 2007; Xinyang Yu, 2014). Hiện tượng này do các nguyên nhân: ảnh hưởng của bức xạ, hoạt động gió, mật độ cây trong thành phố, tính chất vật liệu xây dựng và các hoạt động thải nhiệt của con người. Tại các thành phố trên thế giới, việc xây dựng các công trình đô thị,

mật độ đô thị càng cao, cường độ đảo nhiệt đô thị càng lớn. Nhiệt độ cao ở khu vực đô thị do nhiều yếu tố khác nhau: khu vực đô thị bị giảm khả năng làm mát (do thảm thực vật giảm, sự gia tăng dòng chảy do tăng bề mặt không thấm); tăng hấp thụ nhiệt ở khu vực đô thị (do sự giảm phản xạ, tăng nhiệt tỏa từ bề mặt hấp thụ nhiệt); và do nhiệt bị thải ra từ xe cộ, tòa nhà, v.v... (Chander G., 2009; Deng C.B., 2013; Qin and Zhang, 2001). Tóm lại, ảnh hưởng của UHI là do các quá trình các quá trình bị ảnh hưởng bởi loại lớp phủ, độ ẩm địa phương, phản xạ, bức xạ nhiệt và một số các yếu tố khác (Mitchell, 2011).

Đã có nhiều nghiên cứu về UHI, tìm kiếm mối quan hệ giữa khu vực có bề mặt không thấm nước (ISA) và sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt đất (LST). Các nghiên

cứu thành công về ISA trước đây đã sử dụng dữ liệu viễn thám ở các độ phân giải khác nhau để mô tả sự khác biệt về nhiệt độ bề mặt đất và các chỉ số đất, nước, đô thị. Do đó, rất nhiều nghiên cứu đã tìm cách phân tích mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và độ che phủ đất/ sử dụng đất. Unger (2001) áp dụng phân tích hồi quy để kiểm tra ảnh hưởng của các yếu tố đô thị và yếu tố khí tượng tới nhiệt độ bề mặt không khí ở Szeged, Hungary. Xu (2010) dựa trên ảnh vệ tinh Landsat, bằng các điều tra mối quan hệ giữa LST, %ISA và NDVI đã chuyển hướng quan tâm nghiên cứu tới so sánh NDVI và %ISA như các chỉ số của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, sử dụng đất mục đích khác nhau thể hiện các đặc tính nhiệt khác nhau giữa ngày và đêm...

## 2. Phương pháp và dữ liệu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Hà Nội ở khu vực phía Bắc của Việt Nam, nằm ở đồng bằng sông Hồng, cách gần 90km (56 dặm) từ khu vực ven biển. Hà Nội có 3 loại địa hình cơ bản: đồng bằng, trung du và vùng núi. Nhìn chung, địa hình thấp dần từ Bắc vào Nam và từ Tây sang Đông với độ cao trung bình từ 5 đến 20m so với mực nước biển. Khu vực đồi núi nằm ở phía Tây và Bắc của thành phố. Hà Nội có khí hậu nhiệt đới nóng ẩm với lượng mưa dồi dào. Thành phố thể hiện khí hậu đặc trưng của miền Bắc Việt Nam, mùa hè nóng và ẩm ướt còn mùa đông tương đối lạnh và khô. Nhiệt độ dao động từ 2.7°C đến 42.0°C.

Sự tăng nhanh tỷ lệ phần trăm của diện tích bề mặt không thấm nước là kết quả của quá trình đô thị hóa nhanh chóng ở thủ đô Hà Nội. Đã có một số nghiên cứu về tác động của quá trình đô thị hóa trong giai đoạn chuyển tiếp, đặc biệt là khi chỉ số không thấm nước vượt quá ngưỡng để duy trì hệ sinh thái bền vững. (xem hình 1)



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

### 2.2. Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu Landsat TM là một trong những ảnh vệ tinh được sử dụng rộng rãi nhất cho việc thu nhận LST bởi độ phân giải cao và chế độ tải miễn phí. Ảnh có thể lấy được từ website Earthexplorer.org thông qua cung cấp các thông số truy vấn hình ảnh. Nghiên cứu lựa chọn cảnh ảnh Landsat-7 ETM+ (Path/Row: 127/045 và 127/046) ngày 03/04/2013. Landsat 7 ETM + bao gồm tám băng, trong đó băng nhiệt có độ phân giải 60m được dùng cho tính toán LST. Ảnh Landsat được hiệu chỉnh tới hệ thống chiếu UTM (ellipsoid WGS84, zone 48 North) và được tham chiếu địa lý (geo-referenced) theo bản đồ địa hình 1:10.000 bằng cách kết hợp các điểm phù hợp trong ảnh vệ tinh và bản đồ. Mô hình đa thức thứ tự đầu tiên (first order polynomial model) được sử dụng để nắn các mẫu láng giềng gần nhau nhất (nearest neighbor resampling). Sai số trung phương (The root mean square (RMS)) ít hơn 0.25 pixels (7.5 m) cho một trong bốn ảnh. Sau đó, Landsat TM được xử lý bởi gói phần mềm Erdas imagine theo thứ tự: Hiệu chỉnh tính toán nhiệt vệ tinh, hiệu chỉnh độ phát xạ và dự tính LST.

**2.3. Loại bỏ sự ảnh hưởng của yếu tố nước**

Trong nghiên cứu tài liệu, trước khi tính toán LST, nước phải được loại bỏ từ ảnh hưởng của nó tới độ chính xác của quá trình (Jimenez-Munoz. S., 2003). Nước có thể được loại bỏ sau khi tính chỉ số nước (Normalized difference water indices - NDWI) hoặc khi có bản đồ lớp phủ đất/ sử dụng đất.

**2.4. Khôi phục LST**

Có nhiều phương pháp khôi phục nhiệt độ bề mặt đất từ các nguồn dữ liệu. Trong nghiên cứu, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp từ tài liệu (Chander G., 2009). Nhóm nghiên cứu bắt đầu với việc tái hiệu chỉnh giá trị bức xạ DN:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{QCAL_{max} - QCAL_{min}} (DN - QCAL_{min}) + L_{min} \quad (1)$$

Trong đó L là bức xạ TOA tại khẩu độ cảm biến trong W/(m<sup>2</sup> \*sr\*µm), QCAL<sub>max</sub> (= 255) và QCAL<sub>min</sub> (= 0) là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trong DN, L<sub>min</sub> và L<sub>max</sub> là bức xạ TOA được thu nhỏ lại đến QCAL<sub>min</sub> và QCAL<sub>max</sub> trong W/(m<sup>2</sup> sr µm), (1) trở thành (2):

$$L_{\lambda} = (L_{max} - L_{min})/255 \times DN + L_{min} \quad (2)$$

Sau đó, nhóm nghiên cứu chuyển bức xạ phổ sang nhiệt độ bề mặt ở cảm biến (3)

$$L_T = [L_{\lambda} - L_{\mu} - \tau(1 - \varepsilon)L_d] (\tau\varepsilon)^{-1} \quad (3)$$

Trong đó: L<sub>T</sub>: là bức xạ của mục tiêu vật thể đen của nhiệt động học T (kinetic temperature); L<sub>λ</sub> là bức xạ đỉnh khí quyển được đo bằng dụng cụ; L<sub>μ</sub> là bức xạ đường khí quyển; L<sub>d</sub> là bức xạ trên bầu trời; ε là truyền tải khí quyển; τ là độ phát xạ của bề mặt cụ thể cho loại mục tiêu.

Sau đó, tính giá trị nhiệt độ hiệu quả tại vệ tinh Landsat, trong đó phương trình Planck là tương tự với hai tham số tự do

của K<sub>1</sub> và K<sub>2</sub> (PT4)

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_T} + 1\right)} \quad (4)$$

Trong đó: T giá trị nhiệt độ hiệu quả tại vệ tinh, K<sub>2</sub> và K<sub>1</sub> là hằng số hiệu chuẩn trong Kelvin, và L<sub>T</sub> là bức xạ phổ ở khẩu độ của cảm biến. Đối với TM, K<sub>1</sub> = 607.76 và K<sub>2</sub> = 1260.56 mW/(cm<sup>2</sup>.sr.µm). Cuối cùng, LST thu được từ T và các thông số khác (PT5)

$$LST = \frac{T}{1 + (\lambda \times T/\rho)\ln\varepsilon} \quad (5)$$

Với λ = 11,5 mm, ρ = 1,438 × 10<sup>-2</sup> m. (Van de Griend, 2003) đã đưa ra phương trình như sau:

$$\varepsilon_i = 1.0094 + 0.0047 \ln(NDVI) \quad (6)$$

**2.5. Tính toán NDVI**

Chỉ số thực vật NDVI được tính theo công thức sau:

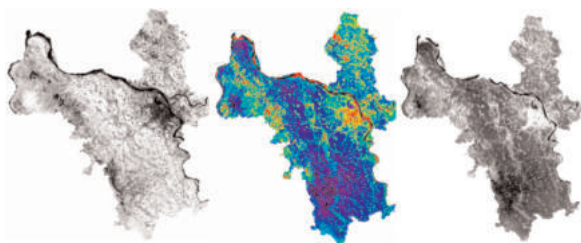
$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red}} \quad (7)$$

Trong đó, R<sub>NIR</sub> là phản xạ tại bề mặt ở dải băng cận hồng ngoại và R<sub>red</sub> là phản xạ tại bề mặt băng đỏ.

**2.6. Khôi phục diện tích bề mặt không thấm nước (ISA retrieval)**

Đã có một số nghiên cứu tính toán bề mặt không thấm nước sử dụng phân tích lẫn phổ cho 4 endmember (four-endmember normalized spectral mixture analysis - NSMA) (Deng, 2013), trong đó phân tích thực vật, elbedo thấp, elbedo cao. Carlson (1997) định lượng ISA (xem hình 2) bằng chỉ số NDVI đất, NDVI thực vật, NDVI như ở phương trình (8) để thu được bản đồ ISA:

$$ISA = 1 - \left( \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \right)^2 \quad (8)$$



Hình 2: NDVI (a), LST (b), ISA (c)

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Mẫu LST và thống kê LST (LST patterns and statistics)

Hình 2 (b) cho thấy bản đồ LST được chiết xuất từ băng nhiệt của Landsat +TM được chụp vào 4/2013. Đây là thời kỳ kết thúc mùa xuân và nhiệt độ cao nhất không vượt quá 36°C. Hình 2 thể hiện bản đồ nhiệt độ thay đổi từ 27 – 35°C ở Hà Nội, trong khu vực xây dựng trung tâm và dọc theo Sơn Tây. Màu sắc của LST thay đổi từ xanh sang đỏ khi nhiệt độ tăng lên (điểm ảnh màu đen bị che phủ bởi mây và không có giá trị). Có thể nhìn thấy từ bản đồ các đường chính chạy qua thành phố tạo ra mô hình/mẫu tuyến tính (linear pattern) và khu vực có nhiệt độ trung bình ở giữa. Hình 2a cho thấy sự phân bố NDVI cho Hà Nội, với các giá trị thay đổi từ -0,459388 đến 0,869325, giá trị trung bình là 0,564552, độ lệch chuẩn là 0,159731. Khu vực có nhiều thảm thực vật thì có giá trị NDVI tương ứng cao, thường được thấy ở phía đông của khu vực trung tâm và giữa khu vực trung tâm và Sơn Tây. Ngược lại, khu vực đô thị có nhiều đất trống thì có giá trị NDVI tương ứng thấp.

#### 3.2. Mẫu ISA và thống kê ISA

Trong bài báo này, %ISA được sử dụng để xác định sự thay đổi không gian của khu vực xây dựng. Các giá trị ISA cao thể hiện mật độ xây dựng khu vực dày đặc. Hình 2c mô tả sự phân bố không gian của % ISA thay đổi trong khoảng 0 – 100% (màu đen sang trắng trong thang xám grayscale). Ảnh

được chụp năm 2003 trước khi có quyết định mở rộng Hà Nội năm 2008, vì vậy, giá trị ISA cao chủ yếu là ở khu vực trung tâm Hà Nội, phía đông khu vực nghiên cứu (Sơn Tây), dọc đường chính và ở phía Bắc. Khi mà lũ lụt xuất hiện nhiều hơn ở những khu vực xây dựng nhỏ ở Hà Nội, số lượng của các bề mặt không thấm nước trong khu vực đô thị là chỉ số môi trường quan trọng của lưu vực sông, chất lượng nước và hệ sinh thái tổng thể (Ma Y. 2010). ISA có thể được dùng để nghiên cứu sinh thái bền vững của khu vực.

#### 3.3. Mối quan hệ giữa ISA và LST

Bảng 1 tóm tắt các khu vực theo %ISA và cho thấy giá trị trung bình của LST cho các đối tượng khác nhau của %ISA theo thống kê chức năng vùng trong ArcGIS, theo nghiên cứu của (Xiang Yu, 2014). Khu vực với ISA cao hơn 80% chủ yếu ở trung tâm thương mại của Hà Nội và dọc các đường chính. Giá trị ISA nhỏ hơn thì ở những khu vực hành lang xanh của Hà Nội. (xem bảng 1)

Thông qua các kết quả đầu ra, có thể thấy ISA và LST có mối tương quan lớn trong các mẫu tương tự như giá trị ISA cao hơn ở khu vực có nhiệt độ bề mặt cao hơn. Nhóm nghiên cứu đã tính toán ISA với các độ phân giải khác nhau (bằng cách tạo một hộp với khoảng cách xác định, chạy trên hình ảnh để tính ISA - creating a box of defined distance, running across image for ISA calculation). Bảng 2 cho thấy độ phân giải thấp cho tham số tương quan cao hơn, được giải thích theo tài liệu (Xiao Rong-bo et al., 2007). Việc tăng kích thước pixel được kỳ vọng làm trơn những thay đổi của khu vực không thuần nhất. Sử dụng one-tail student's t-test giúp xác định ý nghĩa/ tầm quan trọng của hệ số tương quan. (xem hình 2)

### 4. Kết luận

Nghiên cứu tập trung vào việc sử dụng dữ liệu Landsat 7 ETM+ để nhận được ISA



Bảng 1

Năm/ % ISA	<10%	10% - 30%	30% - 80%	>80%
Diện tích ranh giới 2008 (ha)	148207	98805	49402	32935
Giá trị trung bình LST (oC)	32,40	35,32	34,56	37,02

Bảng 2: Mối tương quan giữa LST và ISA

Độ phân giải (m)	30	60	120	240	480	960
LST ~ ISA ( r value)	0,63	0,71	0,75	0,801	0,830	0,879

và LST thông qua việc xác định giá trị DN trở lại giá trị tuyệt đối trong điều chỉnh khí quyển. Kết quả phản ánh mối quan hệ giữa đảo nhiệt đô thị (UHI) và phần trăm diện tích bề mặt không thấm nước (%ISA) tại Hà Nội, Việt Nam. ISA% đã được tính toán từ NDVI, NDVI đất, NDVI thực vật. UHI được đo như nhiệt độ bề mặt đất, được tính từ băng nhiệt Landsat TM. Các kết quả %ISA được đánh giá định tính bằng các so sánh trực quan cấu trúc/mẫu không gian (spatial pattern) với cấu trúc/ mẫu sử dụng đất (landuse patterns) của Hà Nội. Nhiệt độ bề mặt đất và bề mặt không thấm nước được lựa chọn để kiểm tra sự tương quan với dự đoán đảo nhiệt đô thị. Kết quả đã chỉ ra mối tương quan đáng kể giữa LST và %ISA, trong đó, sự thay đổi LST đã được giải thích dựa trên ISA, đặc biệt đối với khu vực có mật độ cao của Hà Nội. Nghiên cứu này có thể cung cấp dựa trên những bằng chứng chứng minh cho các nhà quy hoạch đô thị và các nhà ra quyết định.○

### Tài liệu tham khảo

[1]. Carlson T.N., D.A. R (1997) On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment* 62241-252.

[2]. Chander G., Markham B.L. HDL (2009) Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment* 113893-903.

[3]. Civco D L, Hurd J D WEH (2002) Quantifying and describing urbanizing land-

scapes in the Northeast United States. *Photogramm Eng Rem S* 681083-1090.

[4]. Deng C.B. WCS (2013) Examining the impacts of urban biophysical compositions on surface urban heat island: A spectral unmixing and thermal mixing approach. *Remote Sensing of Environment*(131): 262-274.

[5]. Fei Yuan, Bauer ME (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* 106375-386.

[6]. J N (2005) Remote sensing of urban heat islands by day and night. *Photogramm Eng Rem S*(71): 613-261.

[7]. Jimenez-Munoz JC, Sobrino JA (2003) A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *J. Geophys. Res*(108): 4688-4694.

[8]. Lin Liu YZ (2011) Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sens*(3): 1535-1552.

[9]. Liu K, Su H, Zhang L, Yang H, Zhang R, Li X (2015) Analysis of the Urban Heat Island Effect in Shijiazhuang, China Using Satellite and Airborne Data. *Remote Sensing* 7(4): 4804.

[10]. Ma Y. KYQ, Huang N.S. (2010) Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. *International Journal of*

*Applied Earth Observation and Geoinformation*(12): 110-118.

[11]. Mitchell BC: Urbanization and Land Surface Temperature in Pinellas County, Florida. University of South Florida, Florida (2011).

[12]. Qin Z, Zhang MA, K; Pedro, B (2001) Mono-window Algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM 6 data. *Acta Geogr Sinica*(56): 456-466.

[13]. Sobrino JA, Li ZLS, M.P.; Becker, F (1996) Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *Int. J. Remote Sens*(17): 2089-2114.

[14]. Unger J SZ, Gulyas A et al (2001) Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. *Meteorol Appl*(8): 189-194.

[15]. Van de Griend AA, Owe M (2003) On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *Int. J. Remote Sens* 141119-1131.

[16]. Voogt JA, Oke TR (2003) Thermal remote sensing of urban areas. *Remote Sensing of Environment*(86): 370-384.

[17]. Xian G, Crane M (2005) Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*(97): 203-215.

[18]. Xiao Rong-bo, Quyang Zhi-yun, Zheng Hua, LiWei-feng SE, Wang Xiao-ke (2007) Spatial pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*(19): 250-256.

[19]. Xinyang Yu CL: Urban percent impervious surface and its relationship with land surface temperature in Yantai City, China 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE35) (2014).

[20]. Xu H (2010) Analysis of Impervious Surface and its Impact on Urban Heat Environment using the Normalized Difference Impervious Surface Index (NDISI). *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 76(5): 557-565.

[21]. Yuan F, & Bauer, M. E. (2007) Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. 106(3):

## Summary

### Heat island: The relationship between land surface temperature and impervious surface with the case study in Hanoi

*Pham Minh Hai, Institute of Geodesy and Cartography*

*Nguyen Vinh Khang, Office of the Ministry of Natural Resources and Environment*

The increasing amounts of impervious surface areas is a result of rapid urbanization in big cities. There have been some studies on the impacts of urbanization on ecosystems, particularly when the impervious index exceeds the threshold for maintaining a sustainable ecosystem. This paper examines the relationship between Urban heat island - UHI and the percentage of impervious surface area (% ISA – Impervious surface area) with the pilot area carried out in Hanoi, Vietnam. In this study, the land surface temperature is calculated from the Landsat TM. Research has provided a flowchart of steps from pre-treatment, radiation conversion and temperature measurement. The %ISA results are qualitatively assessed by structural/spatial visual comparisons to the land use structure/pattern of the pilot area. Land surface temperature (LST) and impervious surface area (ISA) were chosen to examine the correlation with the predicted urban heat island. The results indicate that there is a significant correlation between LST and ISA%, in which the change in LST has been explained based on ISA, especially for high density areas of Hanoi.○