NGHIÊN CỨU SỰ PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐẤT KHU VỰC THÀNH PHỐ THÁI NGUYÊN TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG SỐ LIỆU VỆ TINH LANDSAT-8 KÊNH HỒNG NGOẠI NHIỆT (TIRS)

Hoàng Anh Huy
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Nhiệt độ bề mặt đất (LST) là thông số quan trọng trong nghiên cứu khí tượng thủy văn, đặc biệt trong bối cảnh trái đất đang chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu toàn cầu. Do đó, nghiên cứu sự phân bố không gian nhiệt độ bề mặt đất có ý nghĩa quan trọng. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu sự phân bố LST khu vực thành phố Thái Nguyên từ ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 8 chụp vào 10h02' ngày 10/12/2016. Ảnh vệ tinh được chuyển từ giá trị số nguyên sang giá trị bức xạ phổ trên đỉnh khí quyển, trên cơ sở xác định nhiệt độ độ sáng và độ phát xạ bề mặt tiến hành ước tính LST. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) nhiệt độ thấp (17,7 - 20°C) có diện tích 13,39 km^2 (chiếm 7,73% tổng diện tích) phân bố khu vực đồi núi cao và hồ Núi Cốc; (ii) nhiệt độ trung bình (20 - 25°C) chiếm diện tích 152,38 km^2 (chiếm 91,51%), phân bố tại các khu vực ven đô; (iii) 7,44 km^2 diện tích có nhiệt độ cao (25 - 31°C) (chiếm 4,29% tổng diện tích) tập trung ở khu vực đô thị. Từ kết quả nghiên cứu có thể kết luận: ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 8 TIRS giúp nghiên cứu sự phân bố không gian LST một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Từ khóa: nhiệt độ bề mặt đất, ảnh hồng ngoại nhiệt, LANDSAT 8 TIRS.

1. Đặt vấn đề

Nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature - LST) là một trong những thông số vật lý đóng vai trò quan trọng trong việc trao đổi nước và năng lượng giữa bề mặt trái đất và tầng khí quyển, đồng thời cũng đóng một vai trò quan trọng nhiều lĩnh vực nghiên cứu khoa học như khí tượng thủy văn, sinh thái và biến đổi khí hậu toàn cầu...[7,18]. LST thường được xác định bằng phương pháp truyền thống như thông qua đo đạc tại các trạm khí tượng, sau đó tiến hành nội suy cho toàn bộ khu vực dựa trên toàn bộ kết quả thu nhận tại điểm quan trắc. Đây là phương pháp có độ chính xác cao và cho phép quan trắc một cách liên tục, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là không thể tiến hành đo đạc trên một vùng có diện tích rộng lớn. Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ viễn thám, với ưu điểm vượt trội là thu nhận thông tin trên bề mặt trái đất trên một diện tích rộng lớn, viễn thám nhiệt đang là một phương pháp hiệu quả để xác định LST [1,3,4,5,6,10,11,13,17]. Một số nghiên cứu điển hình thực hiện để ước tính LST từ các tư liệu ảnh vệ tinh khác nhau như ảnh hồng ngoại nhiệt có độ phân giải thấp như MODIS (băng tần 31 và 32) và NOAA/AHVRR [1,4,17] và ảnh hồng ngoại nhiệt có độ phân giải cao ASTERLANDSAT TM, ETM+ và TIRS [3,5,6,10,11,13,17]. Các thuật toán thường được sử dụng để ước tính LST từ tư liệu ảnh hồng ngoại nhiệt như: thuật toán cửa sổ đơn (Single-Window - SW), thuật toán kênh đơn (single-channel - SC) [5,6,13], thuật toán chia cửa sổ (split-window - SW) sử dụng hai băng tần thu nhận ở dải hồng ngoại nhiệt [14]. Trong nghiên cứu này, phương pháp kênh đơn và ảnh hồng ngoại nhiệt độ phân giải cao LANDSAT 8 TIRS được lựa chọn để tiến hành thực nghiệm nghiên

cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt đất khu vực thành phố Thái Nguyên.

2. Tư liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tư liệu sử dụng

Thành phố Thái Nguyên là tỉnh lị tỉnh Thái Nguyên, có tọa độ 21°29 - 21°37 vĩ độ bắc và từ 105°43 - 105°55 kinh độ đông. Thành phố Thái Nguyên có tổng diện tích tự nhiên 173 km^2 ha, dân số 363.000 người; có 32 đơn vị hành chính cấp xã trực thuộc, phía Bắc giáp huyện Đồng Hỷ và huyện Phú Lương, phía Đông giáp thành phố Sông Công, phía Tây giáp huyện Đại Từ, phía Nam giáp thị xã Phổ Yên và huyện Phú Bình.

Tư liệu ảnh vệ tinh LANDSAT 8 TIRS khu vực thành phố Thái Nguyên sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ website của Cục Điều tra Địa chất Hoa kỳ (USGS) (Hình 1) [14]. Ảnh được thu nhận vào hồi 10h02' ngày 10/12/2016. Chất lượng các kênh ảnh của bộ cảm OLI và TIRS đều đạt 9/9, tỷ lệ mây che phủ tại khu vực Thái Nguyên tương đối thấp (< 10%). Ảnh vệ tinh LANDSAT 8 có độ phân giải không gian đối với kênh phản xạ và kênh nhiệt lần lượt là 30 m, 100 m và được chuẩn định với hệ quy chiếu WGS 1984 UTM, Zone 48 North ở mức L1T. Ảnh được hiệu chỉnh hình học bằng 330 điểm khống chế mặt đất (GCPs) lấy từ cơ sở dữ liệu toàn cầu (GLS2000) và dữ liệu DEM thu thập từ dữ liệu vệ tinh SRTM. Sai số trung phương trọng số đơn vị hiệu chỉnh hình học trung bình, theo hướng dọc và hướng ngang là 6.443 m, 4.377 m, 4.728 m.

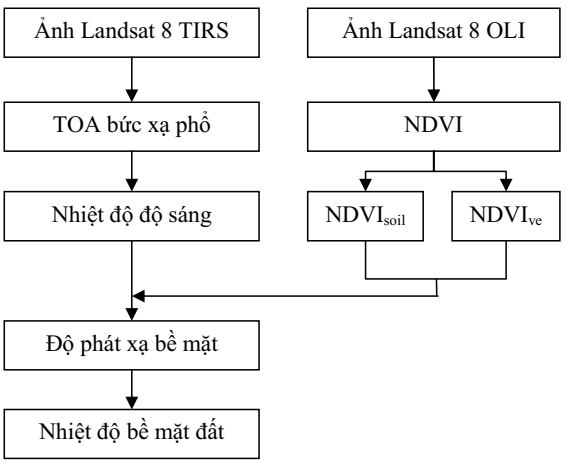
Bảng 1. Bảng mô tả đặc điểm các kênh ảnh của vệ tinh LANDSAT-8

Kênh ảnh	Khoảng phổ	Độ phân giải (m)
Kênh 1 - Coastal aerosol	0,433 – 0,453 µm	30
Kênh 2 - Lam	0,45 – 0,515 µm	30
Kênh 3 - Lục	0,53 – 0,59 µm	30
Kênh 4 - Đỏ	0,64 – 0,67 µm	30
Kênh 5 - Cận hồng ngoại	0,85 – 0,88 µm	30
Kênh 6 - Hồng ngoại sóng ngắn	1,57 – 1,65 µm	30
Kênh 7 - Hồng ngoại sóng ngắn	2,11 – 2,29 µm	30
Kênh 8 - Toàn sắc	0,500 – 0,680 µm	15
Kênh 9 - Cirrus	1,36 – 1,38 µm	30
Kênh 10 - Hồng ngoại nhiệt	10,3- 11,3 µm	100
Kênh 11 - Hồng ngoại nhiệt	11,5- 12,5 µm	100

Hình 1. Tổ hợp màu thật ảnh LANDSAT 8 OLI khu vực thành phố Thái Nguyên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình xác định nhiệt độ bề mặt từ tư liệu ảnh vệ tinh LANDSAT 8 được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Quy trình xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8 TIRS

2.2.1. Chuyển đổi giá trị số của ảnh sang giá trị bức xạ phổ trên đỉnh khí quyển

Trong quá trình hiệu chỉnh bức xạ, việc đầu tiên là cần chuyển giá trị số sang giá trị bức xạ phổ sử dụng các thông số hiệu chuẩn cảm biến trong quá trình thu nhận ảnh từ vệ tinh. Việc chuyển đổi sang giá trị bức xạ phổ thu nhận được tại vệ tinh (at-sensor spectral radiance), chính là giá trị bức xạ phổ tại đỉnh khí quyển, đối với ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI được thông qua công thức (1) [8]:

$$L_\lambda = M_L . Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Trong đó: M_L, A_L lần lượt là hệ số chuyển đổi (các giá trị này được lấy trong file metadata); Q_{cal} là giá trị số (DN values) của ảnh.

2.2.2. Xác định nhiệt độ độ sáng

Nhiệt độ độ sáng (brightness temperature) được xác định theo công thức (2) [13]:

$$T_B = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_\lambda}+1)} \quad (2)$$

Trong đó: T_B là nhiệt độ độ sáng (K); L_λ là giá trị bức xạ phổ trên đỉnh khí quyển [W/(m².sr.µm)]; K_1 là hằng số chuyển đổi [W/(m².sr.µm)]; K_2 là hằng số chuyển đổi [K]. Giá trị K_1, K_2 được lấy từ file metadata của ảnh vệ tinh Landsat.

2.2.3. Xác định độ phát xạ bề mặt

Trong nghiên cứu này, độ phát xạ bề mặt được xác định theo phương pháp do Valor, Caselles (1996) đề xuất dựa trên cơ sở chỉ số thực vật NDVI (Normalized Diference Vegetation Index) theo công thức (3)[16]:

$$\varepsilon = \varepsilon_v . f_v + \varepsilon_s . (1 - f_v) \quad (3)$$

Trong đó: ε là độ phát xạ bề mặt; ε_v là độ phát xạ bề mặt của thực vật; ε_s là độ phát xạ bề mặt của đất trống; f_v là tỉ lệ thực vật thành phần chiếm trong một pixel của ảnh và được xác định theo công thức sau:

$$f = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (4)$$

Ở đây f là tỉ lệ thực vật trong một pixel hỗn hợp, $NDVI_{soil}$ là NDVI của thổ nhưỡng, $NDVI_{veg}$ là NDVI của thực vật, $NDVI_{veg}$ và $NDVI_{soil}$ được xác định từ kết quả nghiên cứu của Sobrino [15]. Nếu NDVI > 0,5 thì pixel đó được coi là hoàn toàn bao phủ bởi thực vật (đối tượng thuần thực vật), độ che phủ thực vật f = 1; nếu NDVI < 0,2 thì pixel đó được coi là hoàn toàn bao phủ bởi thổ nhưỡng (đối tượng thuần thổ nhưỡng), độ che phủ thực vật f = 0; nếu 0,2 < NDVI < 0,5 thì độ che phủ thực vật (FVC) được xác định theo công thức (4); NDVI là chỉ số thực vật và được xác định bởi công thức (5) [12].

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (5)$$

với ρ_{NIR} và ρ_{RED} lần lượt là giá trị phản xạ phổ bề mặt tại kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ.

Để xác định được giá trị phản xạ phổ bề mặt, bước đầu tiên là xác định giá trị phản xạ phổ ở đỉnh khí quyểnđối với hai kênh này thông qua công thức (6), sau đó xác định giá trị phản xạ phổ bề mặt thông qua phương pháp trừ đối tượng tối (Dark Object Subtraction - DOS) 1% do Chavez đề xuất [2]:

$$\rho_\lambda = \frac{\pi d^2 L_\lambda}{E_{0\lambda} \cos\theta_s} \quad (6)$$

trong đó: ρ_λ là giá trị phản xạ phổ ở đỉnh khí quyển của một kênh; d là khoảng cách thiên văn giữa Trái đất và Mặt trời; L_λ là giá trị bức xạ phổ trên đỉnh khí quyển; $E_{0\lambda}$ là giá trị trung bình bức xạ quang phổ mặt trời; θ_s là góc thiên đỉnh (lấy trong file metadata từ vệ tinh LANDSAT).

2.2.4 Xác định nhiệt độ bề mặt đất

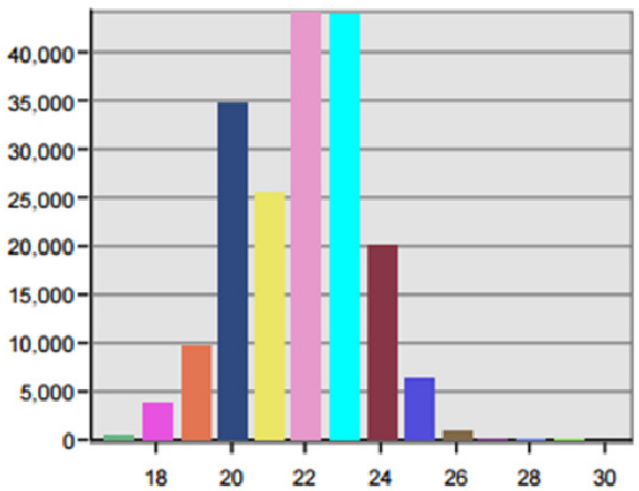
Nhiệt độ bề mặt đất (Land Surface Temperature) được xác định theo công thức sau [13]:

$$T = \frac{T_B}{1+\frac{\lambda.T_B}{\rho}.ln\varepsilon} \quad (7)$$

Ở đây: λ là giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt; $\rho = \frac{h.c}{\sigma}$, σ là hằng số Stefan Boltzmann (5.67.10-8 (Wm-2.K-4)); h là hằng số Plank (6.626.10-34J.sec); c là vận tốc ánh sáng (2.998.108 m/sec).

3. Kết quả và thảo luận

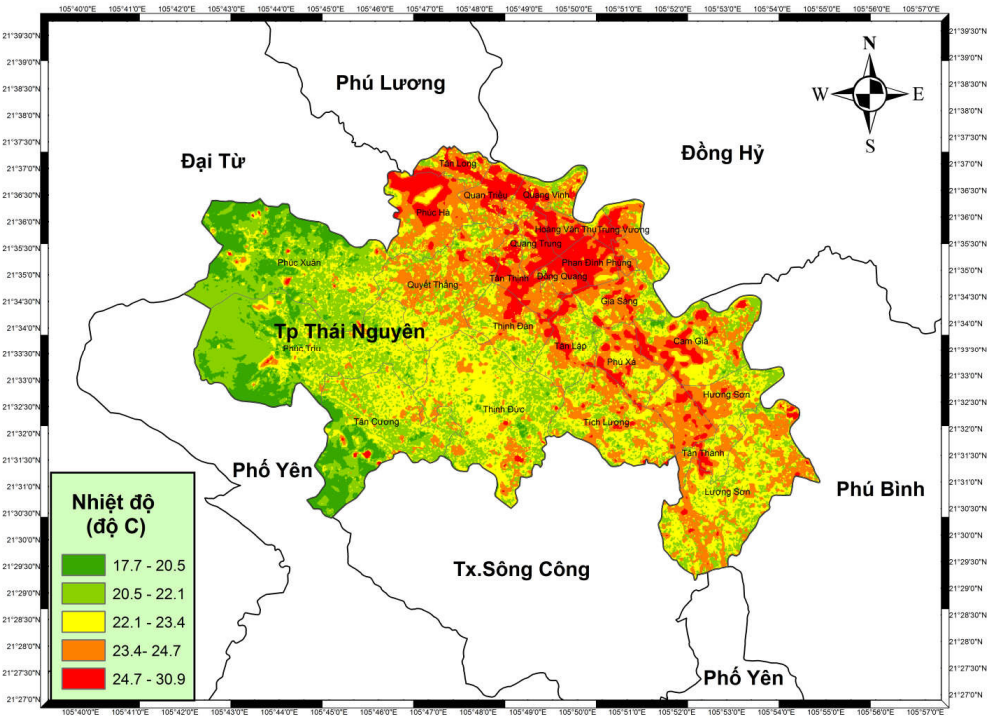
Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt đất khu vực thành phố Thái Nguyên lúc 10h02' ngày 10/12/2016 được thể hiện trong hình 3, 4 và Bảng 2. Biểu đồ tần suất nhiệt độ cho thấy nhiệt độ khu vực thành phố Thái Nguyên phân bố chủ yếu trong khoảng từ 20 - 24, nhiệt độ thấp nhất 17,7, nhiệt độ cao nhất 30,9. Nhiệt độ phân bố không đồng đều, chủ yếu lệch về phía bên trái của biểu đồ nơi có nhiệt độ thấp (diện tích lớn), bên phải của biểu đồ nơi có nhiệt độ cao xuất hiện rất ít (diện tích nhỏ).



Hình 3. Biểu đồ tần suất nhiệt độ bề mặt đất.

Bảng 2. Bảng tổng hợp kết quả xác định nhiệt độ bề mặt đất (LST).

STT	Nhiệt độ(°C)	Diện tích(km^2)	Diện tích tích lũy (km^2)	Tỷ lệ (%)	Tỷ lệ tích lỹ (%)
1	17 – 18	0,72	0,72	0,42	0,42
2	18 – 19	3,71	4,43	2,14	2,56
3	19 – 20	8,96	13,39	5,17	7,73
4	20 – 21	31,51	44,89	18,19	25,92
5	21 – 22	23,16	68,06	13,37	39,29
6	22 – 23	39,95	108,01	23,07	62,36
7	23 – 24	39,63	147,64	22,88	85,24
8	24 – 25	18,12	165,76	10,46	95,71
9	25 – 26	6,11	171,88	3,53	99,24
10	26 – 27	0,97	172,85	0,56	99,80
11	27 – 31	0,35	173,20	0,20	100,00
	Tổng cộng:	**173,20**	**173,20**	**100,00**	**100,00**



Hình 4. Bản đồ phân bố nhiệt độ bề mặt đất (LST) khu vực thành phố Thái Nguyên

Bản đồ phân bố nhiệt độ cho thấy, về tổng thể nhiệt độ thành phố Thái Nguyên tăng dần từ Tây sang Đông, thay đổi từ vùng đồi núi sang khu vực đô thị (Hình 4). Bảng tổng hợp kết quả xác định nhiệt độ cho thấy: nhiệt độ thấp (17 - 20°C) chiếm diện tích 13,39 km^2 (chiếm 7,73% tổng diện tích), chủ yếu phân bố nửa phía Tây của thành phố thuộc các khu vực hồ Núi Cốc, phía Tây và Tây Bắc phường Phúc Xuân, phía Tây phường Phúc Trìu và phía Nam phường Tân Cương. Đây là các khu vực có nhiều đồi núi và thảm thực vật dày đặc làm cho nhiệt độ thấp. Nhiệt độ trung bình (20 - 25°C) có tổng diện tích 152,38 km^2 (chiếm 91,51% tổng diện tích), phân bố tại các khu vực trung gian giữa khu vực đô thị và khu vực đồi núi có thảm thực vật dày đặc thuộc các phường Thịnh Đức, Tích Lương, Lương Sơn, Tân Lập, Phú Xá, Hương Sơn, Quyết Thắng, phía Đông các phường Phúc Trìu, Tân Cương. Nhiệt độ cao (25 -3 1°C) chiếm diện tích 7,44 km^2 (chiếm 4,29% tổng diện tích) và chủ yếu tập trung ở khu vực đô thị nơi có mật độ dân cư đông đúc như các phường Tân Long, Phúc Hà, Quán Triều, Quang Trung, Hoàng Văn Thụ, Tân Thịnh và Đồng Quang.

4. Kết luận

Bài báo giới thiệu phương pháp nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt đất (LST) khu vực thành phố Thái Nguyên từ ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 8 TIRS chụp vào hồi 10h02' ngày 10/12/2016. Quá trình tính toán bắt đầu bằng việc chuyển giá trị số nguyên của ảnh sang giá trị bức xạ phổ trên đỉnh khí quyển, trên cơ sở kết quả xác định nhiệt độ độ sáng độ phát xạ bề mặt, tiến hành xác định nhiệt độ bề mặt đất. Kết quả cho thấy: (i) nhiệt độ thấp (17,7 - 20°C) có diện tích 13,39 km^2 (chiếm 7,73% tổng diện tích) phân bố tại khu vực hồ Núi Cốc, khu vực có đồi núi cao thuộc các khu vực phía Tây của thành phố; (ii) nhiệt độ trung bình (20 - 25°C) chiếm diện tích 152,38 km^2 (chiếm 91,51% tổng diện tích), phân bố tại phía Nam nơi có các khu vực ven đô nằm giữa khu vực đồi núi và đô thị; (iii) 7,44 km^2 diện tích có nhiệt độ cao (25 - 31°C) (chiếm 4,29% tổng diện tích) tập trung ở khu vực đô thị nơi có mật độ dân cư dày đặc. Từ kết quả nghiên cứu có thể kết luận, ứng dụng ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 8 OLI giúp nghiên cứu sự phân bố không gian LST một cách hiệu quả và nhanh chóng.

Tài liệu tham khảo

[1] Akhoondzadeh.M and Saradjian.M.R. *Comparison of Land Surface Temperature mapping using MODIS and ASTER Images in Semi-Arid Area*. Commission VIII, WGVIII/9.

[2] Chavez, P. S. Jr. (1996). *Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 62(9), 1025-1036.

[3] Coll, C.; Caselles, V.; Valor, E.; Niclòs, R. *Comparison between different sources of atmospheric profiles for land surface temperature retrieval from single channel thermal infrared data*. Remote Sens. Environ. 2012, 117, 199–210.

[4] Jimenez-Munoz, J.C.; Sobrino, J.A. *A single-channel algorithm for land-surface temperature retrieval from ASTER data*. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett. 2010, 7, 176–179.

[5] 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.

[6] 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.

[7] Liang, S.; Li, X.; Wang, J. Advanced Remote Sensing: *Terrestrial Information Extraction and Applications*; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, 2012.

[8] National Aeronautics and Space Administration (NASA), *LANDSAT Science data user's Handbook.*

[9] https://www.usgs.gov/

[10] Qin, Z.; Dall'Olmo, G.; Karnieli, A.; Berliner, *P. Derivation of split window algorithm and its sensitivity analysis for retrieving land surface temperature from NOAA-advanced very high resolution radiometer data*. J. Geophys. Res.: Atmos. 2001, 106, 22655–22670

[11] Qin, Z.; Karnieli, A.; Berliner, *P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region*. Int. J. Remote Sens. 2001, 22, 3719–3746.

[12] Rouse, J.W.; Haas (Jr.), R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In Proc*. ERTS-1 Symposium 3rd, Greenbelt, MD. 10–15 Dec. 1973. Vol. 1. NASA SP-351. NASA: Washington, DC, 1974.

[13] Sobrino, J.A.; Jimenez-Munoz, J.C.; Paolini, L. *Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5.* Remote Sens. Environ. 2004, 90, 434–440.

[14] Sobrino, J.A.; Caselles, V.; Coll, *C. Theoretical split-window algorithms for determining the actual surface temperature*. Il Nuovo Cimento C 1993, 16, 219–236.

[15] Sobrino, J. A., Raissouni, *N. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco*, International Journal of Remote Sensing 2000, 21 (2), 353-366.

[16] Valor E., Caselles V. (1996). *Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas*, Remote sensing of Environment, 57, pp. 167 – 184

[17] Weng, Q.; Fu, P.; Gao, *F. Generating daily land surface temperature at Landsat resolution by fusing Landsat and MODIS data*. Remote Sens. Environ. 2014, 145, 55–67.

[18] Zhang, Z.; *He, G. Generation of Landsat surface temperature product for China*, 2000–2010. Int. J. Remote Sens. 2013, 34, 7369–7375.

A STUDY ON LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) FROM LANDSAT 8 TIRS– A CASE STUDY OF THAI NGUYEN CITY

Hoang Anh Huy
Ha Noi University of Natural Resources and Environtment

Land surface temperature (LST) is an important parameter in the study of hydrometeorology, especially in the context of the influences of global climate change, thus, study on the spatial distribution of LST has important implications. This study introduces the study of LST distribution using Landsat 8 TIRS in Thai Nguyen city collected at 10.02 AM. First step is the conversion of DN values to top of atmosphere spectral radiance, LST estimation is then based on the brightness temperature and surface emissivity retrieval. It was shown that: (i) low temperatures (17,7-20°C) with an area of 13.39 km^2 (accounting for 7,73% of the total area) distributed in mountainous areas and Nui Coc lake; (ii) total area of medium temperatures (20-25°C) was 152,38 km^2 (accounting for 91,51% of total area), distributed in sub-urban areas; (iii) high temperatures (25-31°C) with an area of 7,44 km^2 (accounting 4,29% of the total area) was concentrated in urban areas. It can be concluded that, LANDSAT 8 TIRS can help study the spatial distribution of LST effectively.

Key words: Land Surface Temperature, Thermal Infrared Images, LANDSAT 8 TIRS.