

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT TRÊN CƠ SỞ KẾT HỢP ẢNH VỆ TINH LANDSAT 8 VÀ SENTINEL 2

TRINH LÊ HÙNG⁽¹⁾, VŨ VĂN TÀI⁽¹⁾, ĐÀO NGỌC LONG⁽²⁾, ĐẶNG NHƯ DUẤN⁽²⁾

⁽¹⁾Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội

⁽²⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Dữ liệu ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt như Landsat, Aster, MODIS... có thể sử dụng trong chiết tách thông tin nhiệt độ bề mặt. Tuy nhiên, do độ phân giải không gian ở các kênh hồng ngoại nhiệt thấp, nhiệt độ bề mặt xác định từ các kênh này thường khó áp dụng hiệu quả cho các nghiên cứu ở quy mô nhỏ. Bài báo này trình bày kết quả kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 nhằm nâng cao độ phân giải nhiệt độ bề mặt. Trong nghiên cứu cũng xây dựng chương trình tính nhiệt độ bề mặt bằng ngôn ngữ lập trình **Matlab**. Chương trình có giao diện đơn giản, tốc độ tính toán nhanh chóng và kết quả đảm bảo độ chính xác khi so sánh với các phần mềm xử lý ảnh thương mại hiện nay.

1. Mở đầu

Nhiệt độ bề mặt là một thông số đầu vào vô cùng quan trọng của các mô hình khí hậu trong nghiên cứu hạn hán, độ ẩm đất cũng như quan trắc hiện tượng đảo nhiệt đô thị. Nhiệt độ có thể được chiết tách từ các kênh hồng ngoại nhiệt trên các ảnh vệ tinh như Landsat, Aster, MODIS... Với những ưu điểm nổi bật so với phương pháp quan trắc truyền thống, cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam sử dụng ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt trong đánh giá diễn biến nhiệt độ bề mặt ở các đô thị lớn [1, 2, 4-7, 11], giám sát cháy rừng, cháy mỏ than, phân vùng độ ẩm đất [13-15]. Nhiều nghiên cứu cũng đã chứng minh mối quan hệ chặt chẽ giữa nhiệt độ và lớp phủ, trong đó nhiệt độ bề mặt đạt cao tại các khu vực đặc trưng bởi các mặt không thấm, trong khi ở các khu vực có thực vật phủ dày nhiệt độ bề mặt thấp hơn rất nhiều [1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 18].

Thông thường, nhiệt độ bề mặt thường được xác định bằng các công cụ trong các phần mềm xử lý ảnh thương mại như Band Math (ENVI), Modeler (ERDAS Imagine)... Mặc dù vậy, các phần mềm này đều không cung cấp các công cụ

chuyên biệt cho việc tính toán nhiệt độ bề mặt, các bước xác định nhiệt độ bề mặt phải thực hiện một cách riêng rẽ dẫn đến tốn kém thời gian cũng như phức tạp trong xử lý. Một số nghiên cứu cũng đã bước đầu xây dựng các công cụ tính toán nhiệt độ bề mặt, tuy nhiên các công cụ này chủ yếu áp dụng đối với ảnh vệ tinh Landsat [3]. Trong khi đó, do độ phân giải các kênh hồng ngoại nhiệt khá thấp, việc ứng dụng kết quả tính toán nhiệt độ bề mặt đối với các khu vực có diện tích nhỏ gặp rất nhiều hạn chế. Điều này có thể khắc phục khi kết hợp các kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat với **kết quả xác định độ phát xạ bề mặt** từ các kênh đỏ và cận hồng ngoại ảnh vệ tinh độ phân giải cao chụp cùng hoặc gần thời điểm. Phương án kết hợp ảnh vệ tinh đa độ phân giải giúp nâng cao mức độ chi tiết kết quả xác định nhiệt độ bề mặt, từ đó nâng cao hiệu quả khi áp dụng cho các khu vực nghiên cứu có diện tích nhỏ.

Bài báo này trình bày kết quả xây dựng chương trình xác định nhiệt độ bề mặt bằng cách kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2. Chương trình có ưu điểm đơn giản trong sử dụng, tốc độ tính toán nhanh và đảm bảo độ

Ngày nhận bài: 05/11/2018, ngày chuyển phản biện: 09/11/2018, ngày chấp nhận phản biện: 15/11/2018, ngày chấp nhận đăng: 18/11/2018

chính xác khi so sánh với các phần mềm xử lý ảnh thương mại hiện nay.

2. Cơ sở khoa học

Để xác định nhiệt độ bề mặt, kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat 8 được sử dụng để tính nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) theo công thức sau [12]:

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

Trong đó K_1 và K_2 là các hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file metadata ảnh Landsat [12].

L_λ - giá trị bức xạ điện từ xác định theo công thức [12]:

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

M_L , A_L - hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file siêu dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8.

Ở bước tiếp theo, kênh đỏ (kênh 4) và kênh cận hồng ngoại (kênh 8) ảnh vệ tinh Sentinel 2 được sử dụng để tính độ phát xạ bề mặt theo công thức [16]:

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \quad (3)$$

Ở đây ε_v , ε_s là độ phát xạ bề mặt của thực vật và đất trống.

P_v - tỉ lệ thực vật trong một pixel ảnh. P_v có thể được xác định theo công thức sau:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg.} - NDVI_{soil}} \right)^2 \quad (4)$$

Trong đó, $NDVI_{veg.}$, $NDVI_{soil}$ - giá trị chỉ số NDVI đối với thực vật và đất thuần nhất [1, 2, 4-7]. P_v nhận giá trị bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với đất phủ kín thực vật.

Cuối cùng, nhiệt độ bề mặt (land surface temperature) được xác định theo công thức [1, 2, 4-7, 11]:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda \cdot T_B}{\rho} \cdot \ln \varepsilon} \quad (5)$$

Trong đó: T_B - nhiệt độ bức xạ; λ - giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt; ε - độ phát xạ bề mặt; ρ - hằng số ($= 1,438 \cdot 10^{-2}$ m.K).

3. Xây dựng chương trình tính nhiệt độ bề mặt

3.1. Lựa chọn ngôn ngữ

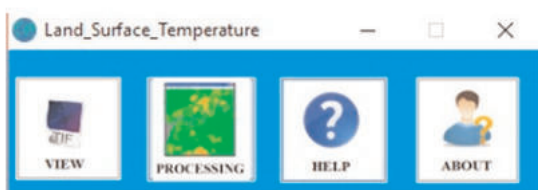
Ngôn ngữ sử dụng để xây dựng chương trình tính toán nhiệt độ bề mặt trên cơ sở kết hợp ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 là Matlab. Matlab là một môi trường tính toán số và lập trình, được thiết kế bởi công ty MathWorks, cho phép tính toán số với ma trận, vẽ đồ thị hàm số hay biểu đồ thông tin, thực hiện thuật toán, tạo các giao diện người dùng và liên kết với những chương trình máy tính viết trên nhiều ngôn ngữ lập trình khác. Matlab giúp đơn giản hóa việc giải quyết các bài toán tính toán kỹ thuật so với các ngôn ngữ lập trình truyền thống như C, C++ và Fortran. Ngôn ngữ này tỏ ra đặc biệt hiệu quả khi làm việc với các dữ liệu dạng ma trận, do vậy rất phù hợp khi xử lý ảnh viễn thám.

3.2. Xây dựng chương trình

Chương trình tính nhiệt độ bề mặt xây dựng bằng ngôn ngữ Matlab và hoạt động trên môi trường Window. Giao diện chương trình xác định nhiệt độ bề mặt được trình bày trên hình 1. Chương trình bao gồm 2 công cụ chính: View (hiển thị ảnh), Processing (Xử lý ảnh). Công cụ View cho phép hiển thị ảnh viễn thám ở định dạng TIFF, trong khi đó công cụ Processing cho phép thực hiện các bước tính toán như chuyển đổi giá trị số nguyên (digital number) của kênh hồng ngoại nhiệt ảnh Landsat sang giá trị thực của bức xạ điện từ (spectral radiance), xác định nhiệt độ độ chói (brightness temperature), xác định chỉ số thực vật NDVI, độ phát xạ bề mặt (emissivity) và tính nhiệt độ bề mặt (hình 2). Các bước thực hiện được tóm tắt trong công cụ Help như hình 3. (Xem hình 1, 2, 3)

3.3. Thử nghiệm

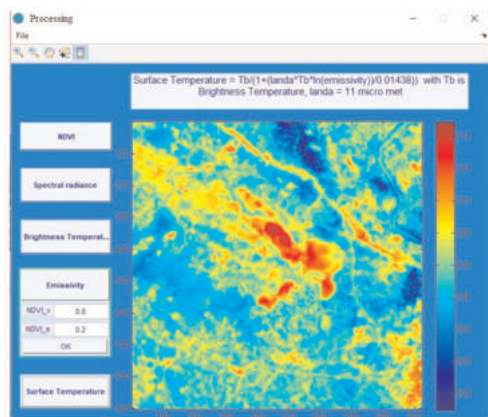
Khu vực thử nghiệm được chọn là mỏ than Khánh Hòa, thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái



Hình 1. Giao diện chương trình tính nhiệt độ bề mặt

Nguyên. Đây là nơi xảy ra cháy ngầm ở mỏ than và bãi thải từ năm 2008 và cho đến nay vẫn chưa xử lý dứt điểm được. Do diện tích của mỏ than không lớn, việc sử dụng ảnh vệ tinh Landsat trong xác định và giám sát nhiệt độ bề mặt ở khu vực này gặp khá nhiều khó khăn. Việc nâng cao độ phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt lên 10m khi kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 sẽ giúp nâng cao hiệu quả trong giám sát và phát hiện sớm cháy ngầm. Dữ liệu viễn thám sử dụng trong thử nghiệm này là ảnh Landsat 8 chụp ngày 07/06/2018 và ảnh Sentinel 2A chụp ngày 08/06/2018 (hình 4). Kênh 10 ảnh Landsat 8 được sử dụng để tính nhiệt độ độ chói theo công thức (1), trong khi kênh 4 (đỏ) và 8 (cận hồng ngoại) ảnh Sentinel 2 được sử dụng để tính chỉ số NDVI sau khi chuyển đổi từ giá trị số nguyên về phản xạ phổ bề mặt [8].

Để tính độ phát xạ bề mặt, chương trình xây dựng trong nghiên cứu này cho phép nhập giá trị chỉ số NDVI đối với thực vật và đất trồng thuần nhất, sau đó tính độ phát xạ cho thực vật và đất trên cơ sở phương pháp do Van de Griend (1993) [17] đề xuất, từ đó xác định độ phát xạ bề mặt cho toàn khu vực theo phương pháp Valor,



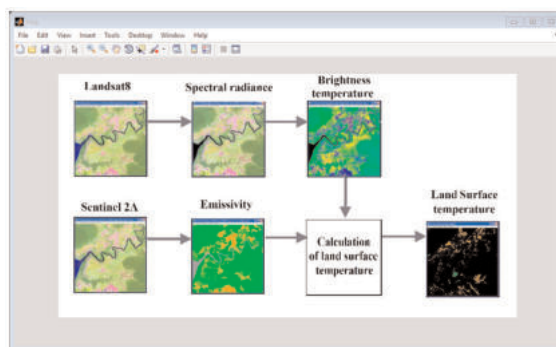
Hình 2: Giao diện cửa sổ tính nhiệt độ bề mặt

Caseless (1996) [16]. Để so sánh, đánh giá, trong nghiên cứu tiến hành xác định nhiệt độ bề mặt bằng cả hai phương án: chỉ sử dụng ảnh Landsat 8 và sử dụng kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2. Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt bằng hai phương án trên được trình bày trên hình 5.

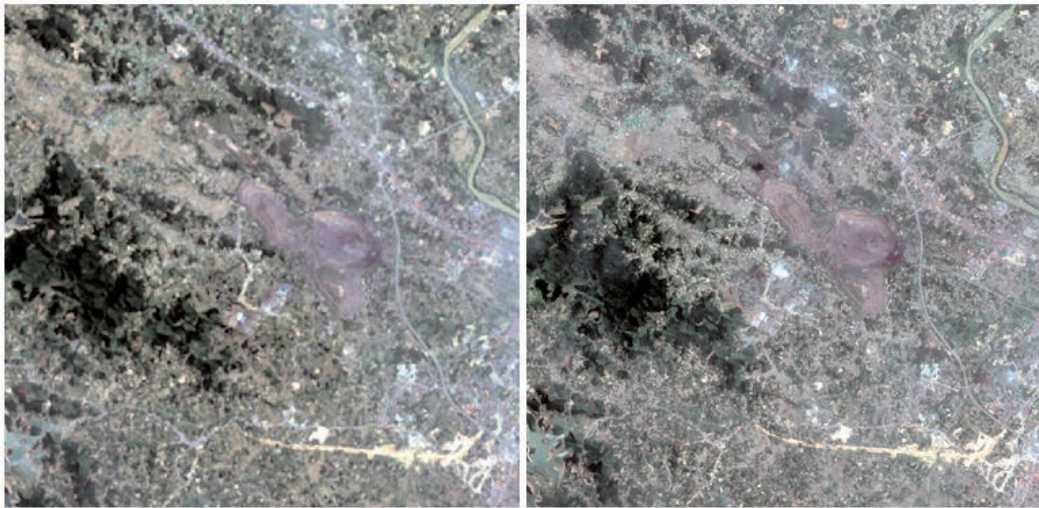
Kết quả so sánh giá trị nhiệt độ bề mặt xác định bằng 2 phương pháp trên sử dụng các thông số thống kê bao gồm max, min, mean, median, mode và độ lệch chuẩn (standard deviation) được trình bày trên bảng 1. Có thể nhận thấy, độ chênh lệch của các thông số thống kê này đối với nhiệt độ bề mặt xác định bằng cả 2 phương pháp là không đáng kể, trong khi độ phân giải không gian của nhiệt độ bề mặt đã được nâng cao từ 30 m lên 10 m. Kết quả này cũng hoàn toàn trùng khớp với giá trị nhiệt độ bề mặt xác định bằng công cụ Modeler trên phần mềm ERDAS Imagine 2014 [3], trong đó thời gian tính toán bằng phần mềm ERDAS Imagine 2014 là 3,5 giây, trong khi sử dụng chương trình đề xuất trong nghiên cứu là 2,1 giây. Điều này cũng chứng tỏ sự tin cậy của phương pháp kết hợp dữ liệu ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 chụp cùng hoặc gần thời điểm nhằm xác định nhiệt độ bề mặt. (Xem hình 4, 5, bảng 1)

4. Kết luận

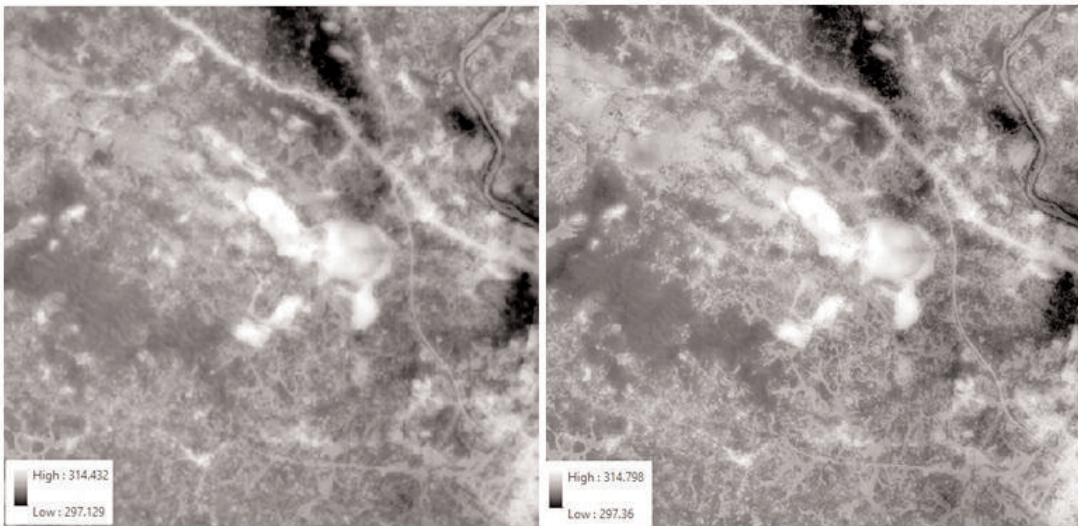
Chương trình phần mềm xây dựng trong nghiên cứu có thể sử dụng nhằm chiết tách thông tin nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu viễn thám với tốc độ tính toán nhanh và đơn giản trong xử lý.



Hình 3: Sơ đồ các bước xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2



Hình 4: Ảnh vệ tinh Landsat 8 ngày 07/6/2018 khu vực mỏ than Khánh Hòa, tỉnh Thái Nguyên



Hình 5: Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực mỏ than Khánh Hòa từ ảnh vệ tinh Landsat 8

Bảng 1: So sánh giá trị *một số thông số thống kê* kết quả xác nhiệt độ bề mặt từ ảnh Landsat 8 và phương án kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2

Thông số thống kê	Nhiệt độ bề mặt	
	Chỉ sử dụng ảnh Landsat 8	Kết hợp ảnh Landsat 8 và Sentinel 2
Max	314,43	314,80
Min	297,13	297,36
Mean	305,477	305,886
Median	305,31	305,74
Mode	304,90	305,13
Độ lệch chuẩn	2,026	2,166

Từ kết quả đạt được trong nghiên cứu có thể khẳng định, phương án kết hợp ảnh viễn thám đa độ phân giải Landsat 8 và Sentinel 2 cho phép nâng cao độ phân giải khi xác định nhiệt độ bề mặt lên đến 10 m mà vẫn cho kết quả với độ chính xác cao. Do vệ tinh Landsat 8 và Sentinel 2 có tần suất chụp gần thời điểm với nhau khá lớn, lại được cung cấp hoàn toàn miễn phí, đây là phương án khả thi và thích hợp phục vụ nâng cao hiệu quả ứng dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt. Điều này có ý nghĩa quan trọng khi nghiên cứu phân bố cũng như giám sát diễn biến nhiệt độ bề mặt tại các khu vực có diện tích không lớn như các mỏ than, các đô thị nhỏ, phát hiện cháy rừng...○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Đặng Như Duẩn, Đào Ngọc Long, Trịnh Lê Hùng (2017). *Nghiên cứu sự thay đổi nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa giai đoạn 2000 – 2017 từ tư liệu ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat*, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 6, trang 26 – 32.
- [2]. Trịnh Lê Hùng (2014). *Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh vệ tinh đa phổ LANDSAT*. Tạp chí Các khoa học về Trái đất, Tập 36, số 01, trang 82 – 89.
- [3]. Trịnh Lê Hùng, Vũ Danh Tuyên, Vương Trọng Kha (2017). *Xây dựng quy trình bán tự động chiết tách thông tin nhiệt độ bề mặt từ ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt sử dụng phần mềm ERDAS Imagine*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, tập 58, số 4, trang 27 – 33.
- [4]. Bùi Quang Thành (2015). *Urban heat island analysis in Ha Noi: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface*, Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2015, trang 674 – 677.
- [5]. Nguyễn Đức Thuận, Phạm Văn Vân (2016). *Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt 12 quận nội thành, thành phố Hà Nội giai đoạn 2005 – 2015*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, tập 14, số 8, trang 1219 – 1230.
- [6]. Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung (2009). *Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị*. Tạp chí Các khoa học về Trái đất, Tập 31(2), tr. 168 – 177.
- [7]. Boori M.S., Vozenilek V., Balter H., Choudhary K. (2015). *Land surface temperature with land cover classes in Aster and Landsat data*, Journal of Remote Sensing & GIS 4:138. doi:10.4172/2169-0049.1000138.
- [8]. Chavez P.S. (1996). *Image-based atmospheric corrections—revisited and improved*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 62(9), 1025-1036.
- [9]. Cueto G., Ostos J., Toudert D., Martinez T. (2007). *Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use*, Atmosfera 20(2), pp. 111 – 131.
- [10]. Guha S., Govil H., Dey A., Gill N. (2018). *Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy*, European Journal of Remote Sensing, Vol. 51(1).
- [11]. Kumar S., Bhaskar P., Padmakumari K. (2012). *Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image*. International journal of Engineering Science and Technology, Vol. 4, No. 2, pp. 771 – 778.
- [12]. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, Available in <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>, 07 September 2018.
- [13]. Mishra R, Roy P., Pandey J., Khalkho A., Singh V. (2014). *Study of coal fire dynamics of Jharia coalfield using satellite data*, International Journal of Geomatic and Geoscience, Vol.4(3), 477–484.
- [14]. Pal S., Ziaul S. (2017). *Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 20(1), 125 – 145.
- [15]. Trinh L.H., Zabloskii V. (2017). *The application of Landsat multitemporal thermal infrared data to identify coal fire in the Khanh Hoa coal mine, Thai Nguyen province, Vietnam*, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics,

Vol.53(9), 1081 – 1087, doi: 10.1134/S0001433817090183.

[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]. Van de Griend A.A., Owen M. (1993). *On the relationship between thermal emissivity*

and the normalized difference vegetation index for natural surface, International journal of remote sensing 14, pp. 1119 – 1131.

[18]. Yuan F., Bauer M. (2007). *Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in LANDSAT imagery*. Remote sensing of Environment 106:375 – 386.○

Summary

DEVELOPMENT OF PROGRAM FOR CALCULATING LAND SURFACE TEMPERATURE BASED ON COMBINATION OF LANDSAT 8 AND SENTINEL 2 IMAGES

Trinh Le Hung, Vu Van Tai - Military Technical Academy

Dao Ngoc Long, Dang Nhu Duan - Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

Thermal infrared remote sensing data such as Landsat, Aster, MODIS... can be used to extract the land surface temperature. However, due to the spatial resolution of thermal infrared band is low, land surface temperature calculated from satellite images, such as Landsat and Aster is used not effectively to small-scales area. This paper presents the results of a study of combining multi-resolution remote sensing data, including Landsat 8 and Sentinel 2A satellite imagery, to enhance the spatial resolution of land surface temperature. In this study, we also have built program for land surface temperature calculation using the Matlab programming language. The program has a simple interface with fast calculation and guarantee accuracy when compared to other image processing programs.○

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN ĐỘ THẤU QUANG.....

(Tiếp theo trang 30)

Summary

Estimating the transparency of the Red river water at the section in Lao Cai city using Sentinel 2A imagery

Nguyen Thien Phuong Thao⁽¹⁾, Nguyen Thi Thu Ha⁽²⁾, Pham Quang Vinh⁽³⁾

⁽¹⁾Faculty of Geography, VNU – University of Science

⁽²⁾Faculty of Geology, VNU – University of Science

⁽³⁾Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology

Estimating the water transparency (SD) is one of the traditional applications of remote sensing for water environmental studies. Monitoring the change of SD in space and time help quantitatively assess the river water environmental state and better understand pollutant sources and transportation by the river. This study aims to develop a model to estimate SD using Sentinel 2A (S2A) satellite image basing on in-situ data of water reflectance and SD measured concurrently at the Red River section in Lao Cai city on four days in both wet and dry seasons. The result showed that SD correlated highly to the spectral ratio corresponding to the ratio of the NIR band (band 5) versus the red band (band 4) of S2A image and can be accurately calculated by an exponential function of this ratio ($R^2 = 0.89$, $RMSE = 0.12$). Resultant maps of SD estimated from S2A images acquired in 2018 show clearly two trends of SD in the river section water in space and time: a) SD of the river water in the wet season is lower than that in the dry season; b) SD of the Red River water is lower than SD of the river tributaries' water, i.e.: Nam Thi River and Ngoi Dum stream. Result and methods presented in this study need be advanced by adding auxiliary data from the whole river system to provide critical information for the river management, particularly transboundary pollution control task.○