

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT KHU MỎ THAN NHẪM PHÁT HIỆN CHÁY NGẦM TỪ DỮ LIỆU VIỄN THĂM NHIỆT

TS. TRỊNH LÊ HÙNG
 Học viện Kỹ thuật Quân sự

Cho đến nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng dữ liệu viễn thám nhiệt giám sát hiện tượng cháy ngầm [1÷3]. Trong các nghiên cứu này thường sử dụng ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 5 TM (Cracknell and Mansor, 1992; Deng and et al., 2001; Zang and et al., 1997) hoặc LANDSAT 7 ETM+(Chen and et al., 2007; Mishra and et al., 2012) xác định nhiệt độ bề mặt nhằm phát hiện các vùng xảy ra cháy ngầm.

Hiện nay trên thế giới có nhiều phần mềm xử lý ảnh viễn thám như ERDAS Imagine, ENVI, PCI,... Tuy nhiên giá thành các phần mềm này khá đắt và chỉ hỗ trợ một số hàm tính toán đơn giản. Vì vậy, để tính nhiệt độ bề mặt từ các phần mềm này gặp rất nhiều khó khăn. Trong nghiên cứu này, để xác định nhiệt độ bề mặt, tác giả đã xây dựng chương trình LST (Land surface temperature) viết bằng ngôn ngữ C++. Chương trình LST đọc ảnh viễn thám ở định dạng cơ bản TIF và có các công cụ hiệu chỉnh bức xạ, tính chỉ số thực vật NDVI, tính độ phát xạ và nhiệt độ bề mặt,... Bên cạnh đó, chương trình LST còn cho phép gán màu sắc cho các vùng ảnh có giá trị độ xám xác định, điều này giúp làm nổi bật những vùng nhiệt độ cao và thấp trên ảnh.

1. Cơ sở lý thuyết

1.1. Hiệu chỉnh bức xạ

Để tính nhiệt độ bề mặt cần chuyển đổi giá trị số nguyên của ảnh sang giá trị thực của bức xạ ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$). Phương pháp hiệu chỉnh bức xạ đối với các thể hệ ảnh LANDSAT là khác nhau. Với ảnh LANDSAT ETM, ETM+, hiệu chỉnh bức xạ được thực hiện như sau:

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

Trong đó: L_{λ} - Giá trị bức xạ phổ; L_{max} , L_{min} - Giá trị bức xạ phổ ứng với DN_{max} và DN_{min} ở kênh phổ

(giá trị này được lấy từ dữ liệu ảnh LANDSAT); DN_{max} - Giá trị số lớn nhất, DN_{min} - Giá trị số nhỏ nhất [4]. Do được lưu trữ ở cấu trúc 8bit, giá trị DN_{max} và DN_{min} đối với ảnh nhiệt LANDSAT TM, ETM+ lần lượt là 255 và 1.

Bảng 1. Giá trị L_{max} , L_{min} đối với ảnh nhiệt LANDSAT TM, ETM+

Band	Satellite/Sensor	L_{max}	L_{min}
6.1	LANDSAT7/ETM+High gain	12.65	3.2
6.2	LANDSAT7/ETM+Low gain	17.04	0.0
6	LANDSAT TM, ETM+	15.503	1.238

Với ảnh LANDSAT 8, hiệu chỉnh bức xạ được thực hiện như sau [5]:

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

Trong đó: L_{λ} - Giá trị bức xạ phổ; M_L - Hệ số đối với từng kênh ảnh cụ thể (giá trị RADIANCE_MULT_BAND_x trong dữ liệu ảnh LANDSAT 8, trong đó x là kênh ảnh); A_L - Hệ số đối với từng kênh ảnh cụ thể (giá trị RADIANCE_ADD_BAND_x trong dữ liệu ảnh LANDSAT 8, trong đó x là kênh ảnh); Q_{cal} - Giá trị số của kênh ảnh.

Bảng 2. Giá trị M_L , A_L đối với ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT 8

Kênh	Satellite/Sensor	M_L	A_L
10	LANDSAT 8	$3.3420 \cdot 10^{-4}$	$3.3420 \cdot 10^{-4}$
11	LANDSAT 8	0.10000	0.10000

Hiệu chỉnh bức xạ đối với ảnh ASTER được thực hiện như sau:

$$L_{rad,j} = (DN_j - 1)UCC_j \quad (3)$$

Trong đó: $L_{rad,j}$ - Giá trị bức xạ phổ ảnh ASTER; DN_j - Giá trị số của ảnh; UCC - Hệ số đơn vị - Unit Conversion Coefficient ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$).

Với từng kênh ảnh khác nhau, giá trị UCC khác nhau. Giá trị UCC của các kênh ảnh Aster được thể hiện trong Bảng 3 [6].

Bảng 3. Giá trị UCC của các kênh phổ ảnh ASTER

Kênh	Giá trị UCC ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)			
	High Gain	Normal Gain	Low Gain 1	Low Gain 2
1	0.676	1.688	2.25	N/A
2	0.708	1.415	1.89	
3N	0.423	0.862	1.15	
3B	0.423	0.862	1.15	
4	0.1087	0.2174	0.290	0.290
5	0.0348	0.0696	0.0925	0.409
6	0.0313	0.0625	0.0830	0.390
7	0.0299	0.0597	0.0795	0.332
8	0.0209	0.0417	0.0556	0.245
9	0.0159	0.0318	0.0424	0.265
10	N/A	0.006822	N/A	N/A
11		0.006780		
12		0.006590		
13		0.005693		
14		0.005252		

1.2. Tính giá trị nhiệt độ bức xạ (brightness temperature)

Sau khi hiệu chỉnh bức xạ, ảnh hồng ngoại nhiệt sẽ được sử dụng để tính nhiệt độ bức xạ (brightness temperature). Việc xác định nhiệt độ từ giá trị bức xạ của ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT được thực hiện như sau:

$$T_B = \frac{K_2}{\ln(1 + \frac{K_1}{L_\lambda})} \tag{4}$$

Trong đó: K_1, K_2 - Hằng số đối với ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT (Bảng 3).

Bảng 3. Giá trị K_1, K_2 đối với ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT

Kênh	Satellite	K_1 ($mB\tau_{cm}^{-2} \tau p^{-1} mkm^{-1}$)	K_2 (K)
6	LANDSAT 5	607.66	1260.56
6	LANDSAT 7	666.09	1282.71
10	LANDSAT 8	774.89	1321.08
11	LANDSAT 8	480.89	1201.14
10	ASTER	3040.136402	1735.337945
11	ASTER	2482.375199	1666.398761
12	ASTER	1935.060183	1585.420044
13	ASTER	866.468575	1350.069147
14	ASTER	641.326517	1271.221643

1.3. Tính giá trị nhiệt độ bề mặt (land surface temperature)

Nhiệt độ có liên quan mật thiết đến độ phát xạ của bề mặt (ϵ). Độ phát xạ được hiểu là tỉ số năng lượng phát xạ từ bề mặt tự nhiên và năng lượng phát xạ từ vật đen ở cùng bước sóng và nhiệt độ. Phương pháp hiệu chỉnh nhiệt độ dựa vào độ phát xạ bề mặt được thực hiện như sau:

$$LST = \frac{T_B}{1 + (\frac{\lambda \cdot T_B}{\rho}) * \ln \epsilon} \tag{5}$$

Trong đó: λ - Giá trị bước sóng trung tâm; $\rho = (h \cdot c / \sigma)$; σ - Hằng số Stefan-Boltzmann $\sigma = 1.38 \cdot 10^{-23} (J/K)$; h - Hằng số Plank ($6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot sec$); c - Vận tốc ánh sáng ($2.998 \cdot 10^8 m/s$).

Để tính độ phát xạ của bề mặt trong bài báo sử dụng chỉ số thực vật chuẩn hóa NDVI (Normalized difference vegetation index). Chỉ số thực vật NDVI là tỉ số giữa hiệu số giá trị phản xạ phổ ở kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ trên tổng của chúng.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \tag{6}$$

Đối với ảnh LANDSAT TM, ETM+, các kênh sóng này tương ứng với kênh 4 và kênh 3. Trong trường hợp ảnh LANDSAT 8 các kênh sóng này tương ứng là kênh 5 và kênh 4, trong khi đối với ảnh ASTER là kênh 3 và kênh 2. Chỉ số NDVI nhận giá trị trong khoảng -1 đến 1, trong đó thực vật có giá trị nằm trong khoảng 0.2÷1.0. Trong trường hợp $NDVI > 0.5$, khu vực được xem là phủ kín bởi thực vật (sóng điện từ không tới được lớp đất) [7]. Đối với đất trống không có thực vật bao phủ, $NDVI < 0.2$. Đối với nước và đất ẩm, NDVI nhận giá trị âm.

Dựa trên chỉ số thực vật NDVI, độ phát xạ bề mặt được tính bằng phương pháp do Valor E., Caselles V. (1996) đưa ra do những ưu điểm so với các phương pháp khác [7]. Trong phương pháp này, độ phát xạ của một pixel được tính bằng tổng độ phát xạ của các thành phần chứa trong đó:

$$\epsilon = \epsilon_v P_v + \epsilon_s (1 - P_v) \tag{7}$$

Tại đây: ϵ_v, ϵ_s - Độ phát xạ đặc trưng cho đất và thực vật thuần nhất; P_v - Tỉ lệ thực vật trong một pixel. P_v có giá trị bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với khu vực được phủ kín bởi thực vật.

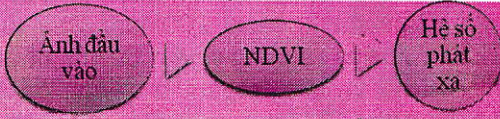
$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \tag{8}$$

Theo nhiều nghiên cứu trên thế giới, độ phát xạ ϵ được lấy bằng 0.95 trong trường hợp $NDVI < 0.2$ và 0.99 nếu $NDVI > 0.5$. Trong trường hợp $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$, ϵ xác định theo công thức 7 [7].

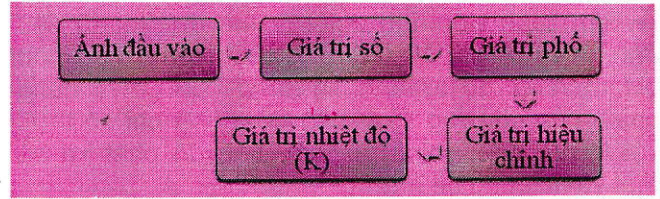
2. Kết quả thực nghiệm

Quy trình xử lý dữ liệu được thực hiện qua 2 bước như sau:

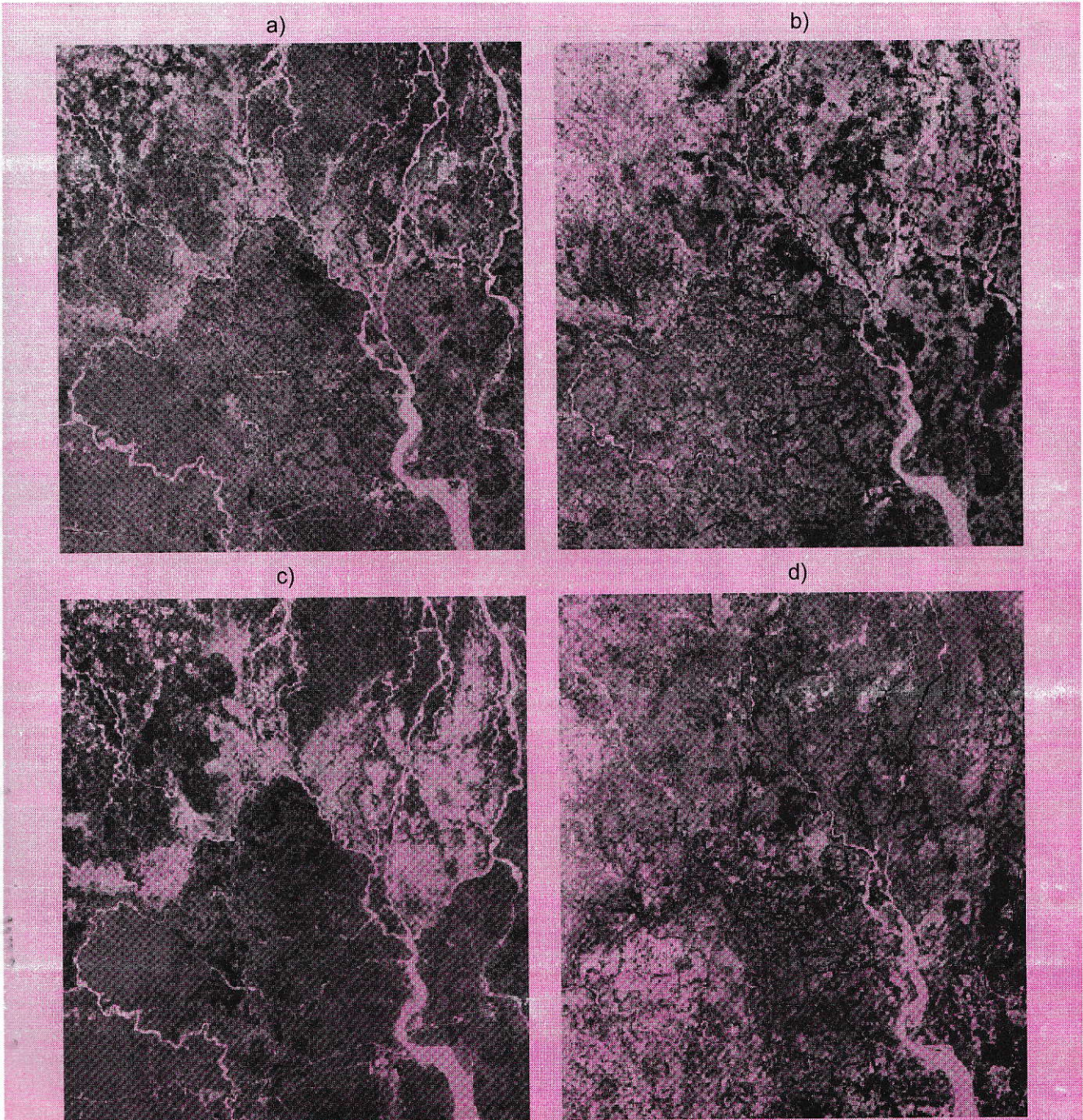
Bước 1- Tính hệ số phát xạ



Bước 2 - Tính giá trị nhiệt độ bề mặt



Chương trình có giao diện đơn giản, hiển thị ảnh đơn kênh vào có thư mục lưu trữ nhiều kênh ảnh cùng lúc.

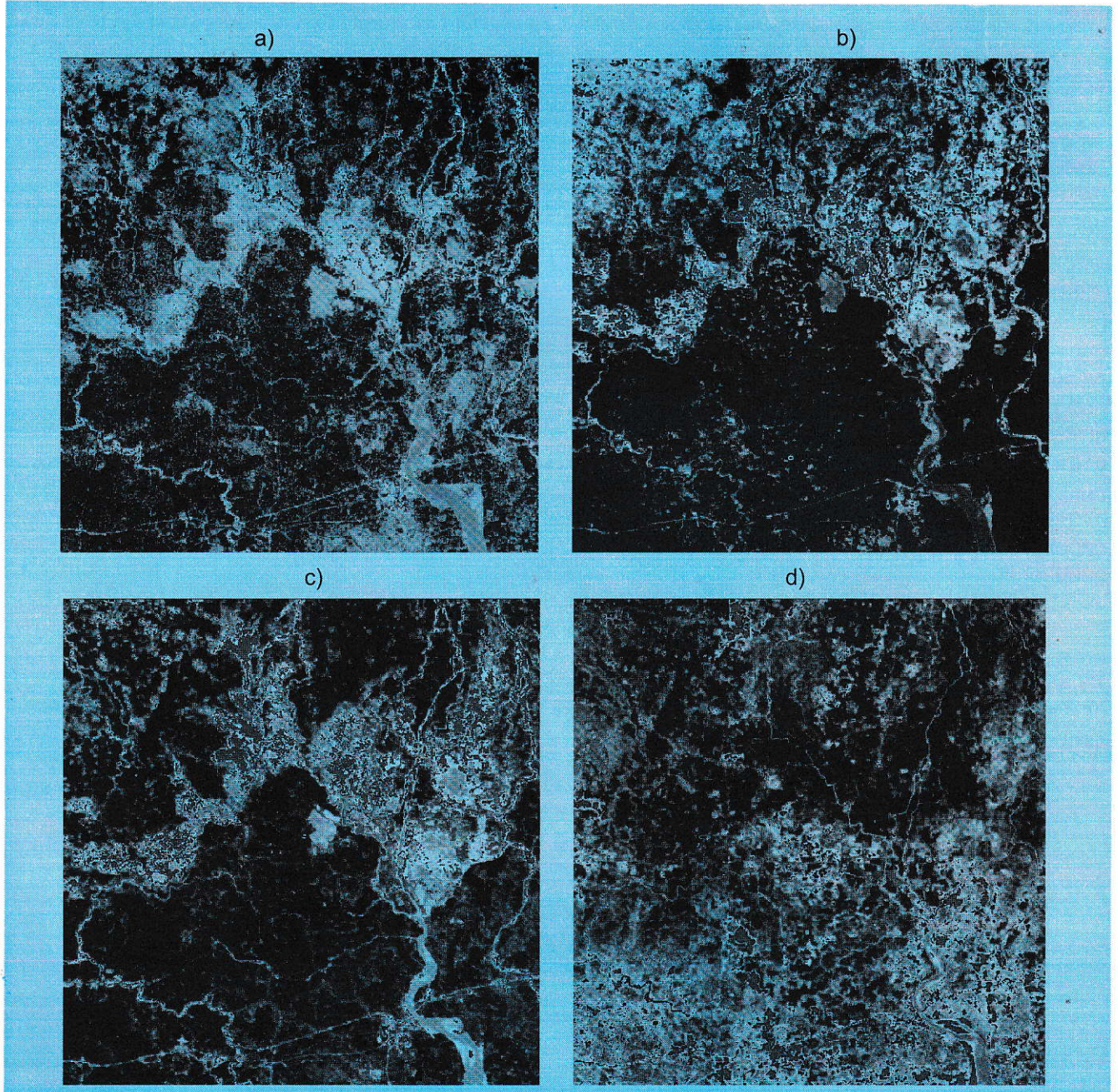


H.3. Ảnh LANDSAT ở tổ hợp màu 432 năm 2001 (a), 2006 (b), 2009 (c) và 2013 (d)

Bên cạnh việc tính nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu ảnh nhiệt LANDSAT, chương trình còn hỗ trợ tính giá trị nhiệt độ từ ảnh nhiệt ASTER. Chức năng chính của chương trình bao gồm tính chỉ số thực vật NDVI, hiệu chỉnh bức xạ, tính độ phát xạ bề mặt và nhiệt độ bề mặt.

Chương trình đọc ảnh ở định dạng cơ bản TIFF. Dữ liệu đầu vào bao gồm ảnh LANDSAT ở các kênh đỏ (kênh 3), cận hồng ngoại (kênh 4) và hồng ngoại nhiệt (kênh 6) đối với ảnh LANDSAT, kênh 2, kênh 3 và kênh 14 đối với ảnh ASTER.

Do các vụ cháy ngầm được ghi nhận ở Việt Nam có quy mô nhỏ, rất khó phát hiện trên ảnh hồng ngoại nhiệt độ phân giải trung bình (60÷120 m), trong bài báo thực nghiệm tính nhiệt độ bề mặt khu vực vỉa than Jahria ở Tây Bắc Ấn Độ, cách thành phố Calcutta khoảng 200 km. Đây là một trong 5 khu vực xảy ra cháy ngầm dữ dội nhất trên thế giới. Những vụ cháy ngầm ở Jahria đã được ghi nhận từ năm 1911 và cho đến nay vẫn diễn biến rất phức tạp. Số điểm xảy ra cháy ngầm lên đến gần 70 vị trí với diện tích khoảng 700 km².



H.4. Kết quả xác định các vùng có khả năng cháy ngầm khu vực nghiên cứu các năm 2001 (a), 2006 (b), 2009 (c) và 2013 (d)

Một số bài báo đã nghiên cứu hiện tượng cháy ngầm ở Jharia bằng dữ liệu ảnh viễn thám, tuy nhiên kết quả chỉ dừng lại ở việc xác định nhiệt độ bức xạ (brightness temperature) mà chưa quan tâm đến ảnh hưởng của lớp phủ cũng như chưa sử dụng ảnh nhiệt đa thời gian trong đánh giá diễn biến cháy ngầm. Trong bài báo này sử dụng ảnh LANDSAT đa thời gian, chụp vào 26/10/2001 (ETM+), 17/11/2006 (ETM+), 24/10/2009 (ETM+) và 26/04/2013 (LANDSAT 8) để xác định những khu vực bất thường về nhiệt, từ đó phát hiện các vùng có khả năng xảy ra cháy ngầm (H.3). Để làm nổi bật sự tương phản những vị trí xảy ra cháy ngầm và khu vực xung quanh, trong bài báo thể hiện những vùng có nhiệt độ bề mặt cao bất thường bằng màu đỏ (H.4).

Phân tích kết quả nhận được cho thấy, vào 26/10/2001, diện tích những khu vực có nhiệt độ cao (màu trắng sáng) tương đối nhỏ và phân bố chủ yếu ở phía Bắc khu vực nghiên cứu. Vào 17/11/2006 và 24/10/2009, diện tích các khu vực có nhiệt độ cao bất thường tăng lên rõ rệt, tương ứng với 10438.7 và 14511.0 hecta. Những khu vực xảy ra cháy ngầm này vẫn tập trung ở phía Bắc khu vực nghiên cứu. Đến 26/04/2013, hầu hết những vị trí xảy ra cháy ngầm trước đó đã được xử lý, tuy nhiên, cháy ngầm lại xảy ra dữ dội ở phía Nam (13041.4 hecta).

Bảng 4. Diện tích cháy ngầm trong các năm 2001, 2006, 2009, 2013

Năm	Diện tích cháy ngầm (hecta)	Năm	Diện tích cháy ngầm (hecta)
2001	3460.1	2009	14511.0
2006	10438.7	2013	13041.4

3. Kết luận

Cháy ngầm mỏ than là một hiện tượng hết sức nguy hiểm trong khai thác hầm lò cũng như ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống, sản xuất của người dân và tuổi thọ các công trình xây dựng. Hầu hết các loại than đều có khả năng tự cháy trong các điều kiện môi trường nhất định. Những vụ cháy ngầm thường xảy ra âm ỉ trong thời gian dài và rất khó để ngăn chặn, khắc phục nếu không phát hiện sớm. Dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt LANDSAT, ASTER với độ phân giải không gian trong khoảng 60÷120 m, thời gian chụp lặp lại ngắn có khả năng ứng dụng hiệu quả trong giám sát diễn biến nhiệt độ bề mặt ở các khu vực khai thác mỏ nhằm phát hiện kịp thời các khu vực có nguy cơ xảy ra cháy ngầm.

Chương trình LST do tác giả xây dựng có thể xác định nhiệt độ từ dữ liệu ảnh hồng ngoại nhiệt một cách nhanh chóng và hiệu quả so với các phần mềm xử lý ảnh khác. Kết quả nhận được cho phép thành lập nhanh bản đồ phân bố nhiệt độ bề

mặt cũng như phát hiện các vùng dị thường về nhiệt, từ đó đưa ra cảnh báo về các vị trí xảy ra cháy ngầm nhằm góp phần ngăn chặn và hạn chế thiệt hại do cháy ngầm gây ra.□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chen Y., Li J., Yang B., Zhang S. (2007), "Detection of coal fire location and change based on multi-temporal thermal remote sensed data and field measurements", International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, Issue 15, pp. 3173-3179.
2. Cracknell A.P., Mansor S.B. (1992), "Detection of sub-surface coal fires using LANDSAT thematic mapper data", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 29, pp. 750-753.
3. Deng, W., Wan, Y. Q. and Zhao, R. C. (2001), "Detecting coal fires with a neural network to reduce the effect of solar radiation on LANDSAT Thematic Mapper thermal infrared images", International Journal of Remote Sensing, 22, pp. 933-944.
4. NASA (2011), LANDSAT Science data users Handbook, 186 pp.
5. NASA (2013), LANDSAT 8 Conversions to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature, 2 pp.
6. ERSDAC (1996), Algorithm theoretical basis document for ASTER Level - 1 data processing (ver. 3.0), 128 pp.
7. 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.

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

Coal fire is a dangerous phenomenon which affects seriously on the environment. Land surface temperature is higher in the zones of underground coal fire than in their surroundings areas. It is possible to monitor the coal fire and the heat anomalies using the thermal infrared images. This article presents study on application of LANDSAT and ASTER multi - temporal thermal infrared images to detect coal fire and building program LST for calculating land surface temperature. The results which are obtained in this study can be used to supervise of fire zones, giving warnings and measures to prevent this problem.