

## ỨNG DỤNG VIỄN THÁM ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ HẠN HÁN KHU VỰC HUYỆN BẮC BÌNH, TỈNH BÌNH THUẬN

TRINH LÊ HÙNG\*, ĐÀO KHÁNH HOÀI\*

### TÓM TẮT

Công nghệ viễn thám với những ưu điểm nổi bật so với các phương pháp nghiên cứu truyền thống đã được ứng dụng hiệu quả trong nghiên cứu, giám sát và ứng phó với hiện tượng hạn hán. Bài báo trình bày kết quả đánh giá nguy cơ hạn hán khu vực huyện Bắc Bình (tỉnh Bình Thuận) từ tư liệu ảnh vệ tinh đa phổ LANDSAT sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật (TVDI). Kết quả nhận được có thể sử dụng trong thành lập bản đồ nguy cơ khô hạn và giảm thiểu thiệt hại do hạn hán gây ra.

**Từ khóa:** hạn hán, viễn thám, nhiệt độ bề mặt, độ ẩm đất, chỉ số khác biệt thực vật, ảnh đa phổ LANDSAT.

### ABSTRACT

#### *Drought risk evaluation using remote sensing: a case study in Bac Binh district, Binh Thuan province*

Compared to traditional methods, remote sensing technology with advantages has been used effectively in studying, monitoring and reacting to drought. This article presents results of drought risk evaluation from LANDSAT multispectral images in BAC BINH district (BINH THUAN province) using temperature vegetation dryness index (TVDI). The results obtained in this study can be used to create the drought risk map and to minimize the damage caused by drought.

**Keywords:** drought, remote sensing, land surface temperature, soil moisture, normalized difference vegetation index, LANDSAT multispectral image.

### 1. Mở đầu

Hạn hán là một hiện tượng tự nhiên gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sống và hoạt động sản xuất của người dân. Hạn hán được đánh giá là thiên tai gây thiệt hại nặng nề đứng thứ ba sau lũ, bão và có xu hướng xảy ra gay gắt, khó kiểm soát hơn do tác động của biến đổi khí hậu. Ở Việt Nam, hạn hán xảy ra ở hầu khắp cả nước với mức độ và thời gian khác nhau, trong đó đặc biệt nghiêm trọng là khu vực miền Trung và Tây nguyên, gây ra những thiệt hại to lớn đối với kinh tế – xã hội, đặc biệt là nguồn nước và trong sản xuất nông nghiệp.

Hạn hán thường xảy ra trên diện rộng, do vậy việc quan trắc và nghiên cứu bằng các phương pháp truyền thống gặp rất nhiều khó khăn, và trên thực tế không thể đặt các trạm quan trắc với mật độ dày đặc do chi phí lớn. Dữ liệu viễn thám cung cấp thông tin

---

\* TS, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội; Email: tringlehung125@gmail.com

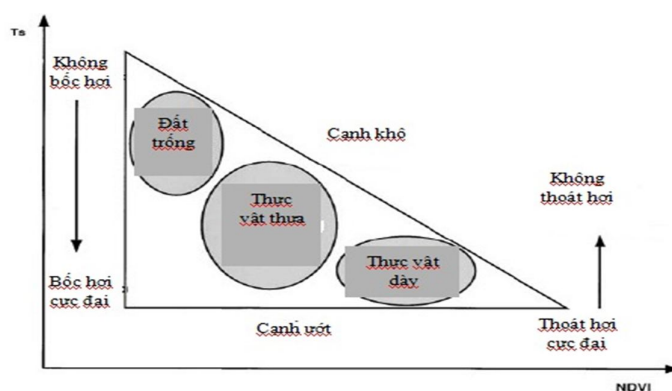
về bề mặt Trái Đất ở các kênh phổ khác nhau và độ phủ trùm rộng đã được sử dụng hiệu quả trong quan trắc và giám sát hạn hán. Đã có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới sử dụng tư liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt trong xác định nhiệt độ và độ ẩm đất nhằm đánh giá mức độ khô hạn của bề mặt [6, 9, 11, 14]. Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã sử dụng ảnh nhiệt MODIS, NOAA/AVHRR trong xác định độ ẩm đất dựa trên mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và các loại hình lớp phủ [4]. Tuy nhiên, độ phân giải không gian của ảnh MODIS, NOAA/AVHRR là rất thấp và không thích hợp cho các nghiên cứu chi tiết. Bài báo này trình bày kết quả đánh giá nguy cơ hạn hán khu vực huyện Bắc Bình (Bình Thuận) sử dụng tư liệu ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT. Ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT với độ phân giải không gian trung bình (60 – 120m) cung cấp thông tin rõ ràng hơn về sự thay đổi độ ẩm bề mặt so với ảnh MODIS, NOAA/AVHRR, do vậy có thể được sử dụng hiệu quả trong nghiên cứu và giám sát hiện tượng hạn hán.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy, nhiệt độ bề mặt và lớp phủ thực vật là những yếu tố quan trọng cung cấp thông tin về độ ẩm tại bề mặt đất [9, 12, 13, 14]. Nhiệt độ có thể tăng lên rất nhanh trong trường hợp bề mặt khô hạn hoặc cây trồng bị thiếu nước [12, 13]. Để đánh giá mức độ khô hạn bề mặt, trong nghiên cứu này sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật (temperature vegetation dryness index – TVDI), được Saldholt I. đưa ra năm 2002 trên cơ sở lượng hóa mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và lớp phủ [13]. Chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật TVDI được xác định theo công thức sau:

$$TVDI = \frac{T_s - T_{smin}}{T_{smax} - T_{smin}} \quad (1)$$

trong đó:  $T_s$  – nhiệt độ bề mặt,  $T_{smin}$ ,  $T_{smax}$  tương ứng là nhiệt độ bề mặt cực tiểu và cực đại trong tam giác không gian nhiệt độ/NDVI.  $T_{smin}$ ,  $T_{smax}$  được xác định bằng phương pháp hồi quy tuyến tính các giá trị nhiệt độ cực đại tại các khoảng giá trị NDVI. Giá trị chỉ số TVDI càng cao tương ứng với nguy cơ khô hạn càng tăng. Tại cạnh khô, chỉ số TVDI có giá trị bằng 1, trong khi đó tại cạnh ướt giá trị của TVDI là 0 [13] (hình 1).

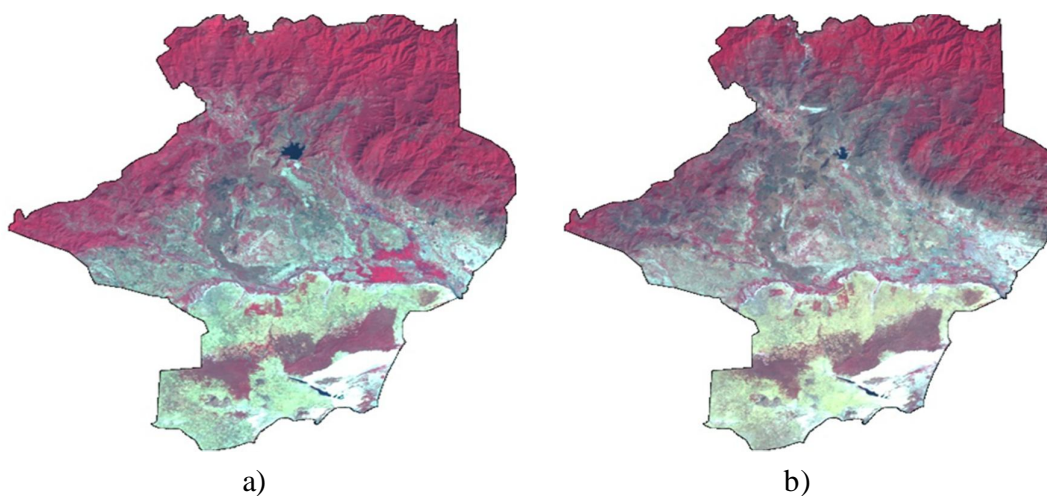


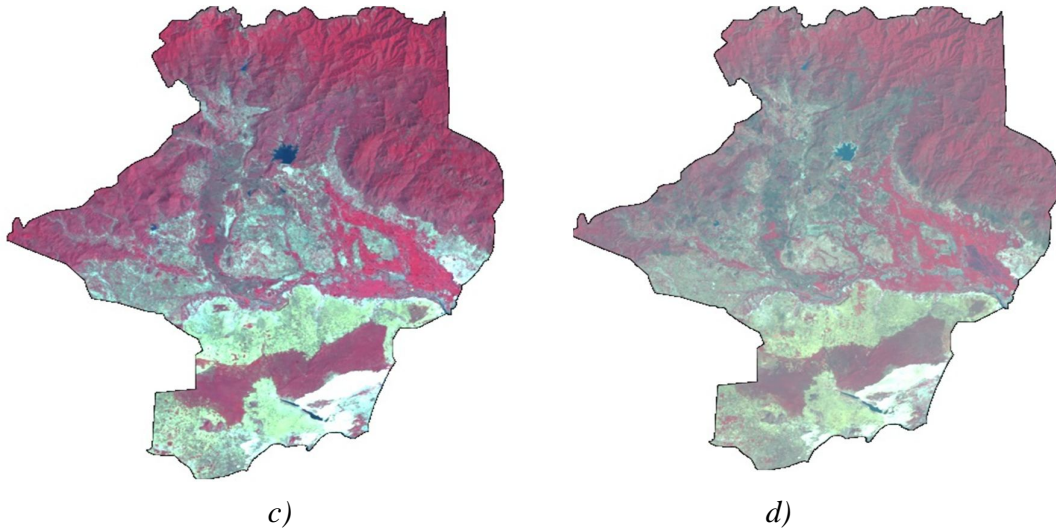
Hình 1. Tam giác không gian “nhiệt độ/NDVI”

### 3. Nội dung nghiên cứu và kết quả thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm được lựa chọn trong nghiên cứu là huyện Bắc Bình (Bình Thuận). Bắc Bình là một trong hai huyện của tỉnh Bình Thuận có nguy cơ suy thoái đất và hoang mạc hóa hàng đầu ở khu vực duyên hải Nam Trung Bộ, trong đó nguyên nhân chính là do hạn hán gây ra. Với đặc điểm khí hậu và địa hình tự nhiên đã làm cho Bắc Bình khô nóng quanh năm, hình thành nên chế độ khí hậu bán khô hạn và trở thành một trong những vùng khô hạn nhất cả nước. Theo số liệu thống kê tại trạm Bầu Tráng, trong giai đoạn 1960 – 2010, lượng mưa trung bình hàng năm ở Bắc Bình từ 700 – 1000 mm, trong đó tập trung chủ yếu vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 10), trong khi vào mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau), lượng mưa rất ít [3, 5]. Cùng với Tuy Phong, Bắc Bình là một trong 2 huyện được dự báo có cấp độ khô hạn nghiêm trọng nhất ở Bình Thuận (cấp 4 theo chỉ số MI – Meteorology index) [5]. Trong những năm gần đây, do những biến động khó lường của khí hậu cũng như những tác động tiêu cực từ hoạt động của con người đã làm cho tình trạng hạn hán ở các tỉnh Nam Trung Bộ, Tây Nguyên nói chung và Bình Thuận nói riêng diễn ra ngày càng nghiêm trọng. Hạn hán diễn ra thường xuyên hơn, không những vào mùa khô và ngay cả trong mùa mưa, ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động sản xuất cũng như đời sống sinh hoạt của người dân. Do vậy, ứng dụng tư liệu viễn thám phục vụ công tác giám sát và ứng phó với hạn hán là một vấn đề có ý nghĩa thực tiễn.

Tư liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu là ảnh vệ tinh quang học Landsat chụp vào 05 – 01 – 2002, 13 – 01 – 2005, 12 – 02 – 2010 (ảnh Landsat 7 ETM+) và 15 – 02 – 2014 (ảnh Landsat 8 OLI) (hình 1). Ảnh được chụp vào mùa khô, là thời gian cao điểm của hạn hán ở khu vực miền Trung, Tây Nguyên. Với độ phân giải không gian trung bình (30 m ở các kênh đa phổ, 60 – 120m ở kênh hồng ngoại nhiệt, 15m ở kênh toàn sắc), đặc biệt được cung cấp hoàn toàn miễn phí với chu kỳ cập nhật 16 ngày, ảnh Landsat là nguồn tư liệu quý giá phục vụ nghiên cứu tài nguyên thiên nhiên và giám sát môi trường. [17]





**Hình 2.** Ảnh Landsat khu vực Bắc Bình (Bình Thuận) ngày 05 – 01 – 2002 (a), 13 – 01 – 2005 (b), 12 – 02 – 2010 (c) và 15 – 02 – 2014 (d) ở tổ hợp màu RGB = NIR:RED:GREEN

Để tính nhiệt độ bề mặt, giá trị số nguyên của ảnh Landsat được chuyển đổi về giá trị thực của bức xạ điện từ ( $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ ). Đối với tư liệu ảnh Landsat 7 ETM+, việc chuyển đổi này được thực hiện theo công thức sau [10]:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{DN_{max} - DN_{min}} (DN - DN_{min}) + L_{min} \quad (2)$$

trong đó,  $L_{\lambda}$  - giá trị bức xạ phổ (spectral radiance);  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  - giá trị bức xạ phổ ứng với  $DN_{max}$  và  $DN_{min}$  ở kênh hồng ngoại nhiệt, được cung cấp trong file metadata dữ liệu ảnh LANDSAT;  $DN_{max}$ ,  $DN_{min}$  - giá trị số lớn nhất (=255) và nhỏ nhất (=1). [10]

Với ảnh LANDSAT 8 OLI, giá trị bức xạ được xác định như sau [10]:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (3)$$

Trong đó,  $M_L$ ,  $A_L$  - hệ số chuyển đổi, được cung cấp trong file metadata ảnh LANDSAT 8;  $Q_{cal}$  - giá trị số của kênh ảnh. [10]

Giá trị bức xạ phổ được tính ở bước trên được dùng để tính nhiệt độ độ sáng (brightness temperature) theo công thức [10]:

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

Trong đó, các hệ số  $K_1, K_2$  được cung cấp trong file metadata ảnh LANDSAT (bảng 1) [10].

**Bảng 1.** Giá trị  $K_1$ ,  $K_2$  đối với dữ liệu ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT

Kênh	Vệ tinh	$K_1$ ( $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ )	$K_2$ (K)
10	LANDSAT 8	774,89	1321,08
11	LANDSAT 8	480,89	1201,14
6	LANDSAT 7	666,09	1282,71

Nhiệt độ độ sáng sẽ được hiệu chỉnh trên cơ sở độ phát xạ bề mặt để xác định nhiệt độ bề mặt (land surface temperature) theo công thức sau [1, 2, 9-11]:

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

trong đó,  $\lambda$  - giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt;

$$\rho = \frac{h \cdot c}{\sigma}, \quad \sigma - \text{hằng số Stefan - Boltzmann } (1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K})$$

$h$  - hằng số Plank ( $6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot \text{sec}$ )

$c$  - vận tốc ánh sáng ( $2,998 * 10^8 \text{ m/s}$ )

$\varepsilon$  - độ phát xạ bề mặt (surface emissivity).

Độ phát xạ bề mặt có thể được xác định từ tư liệu viễn thám dựa trên kết quả phân loại các loại hình lớp phủ hoặc chỉ số thực vật NDVI; trong đó, phương pháp dựa trên chỉ số thực vật NDVI có nhiều ưu điểm do có thể xác định độ phát xạ chi tiết đến từng pixel. Để xác định độ phát xạ bề mặt, trong nghiên cứu sử dụng phương pháp do Valor E., Caselles V. đưa ra dựa trên chỉ số thực vật NDVI và có thể áp dụng trên các khu vực không đồng nhất với nhiều kiểu bề mặt thay đổi [15]. Trong phương pháp này, độ phát xạ của một pixel được tính bằng tổng độ phát xạ của các thành phần chứa trong đó [15]:

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \quad (6)$$

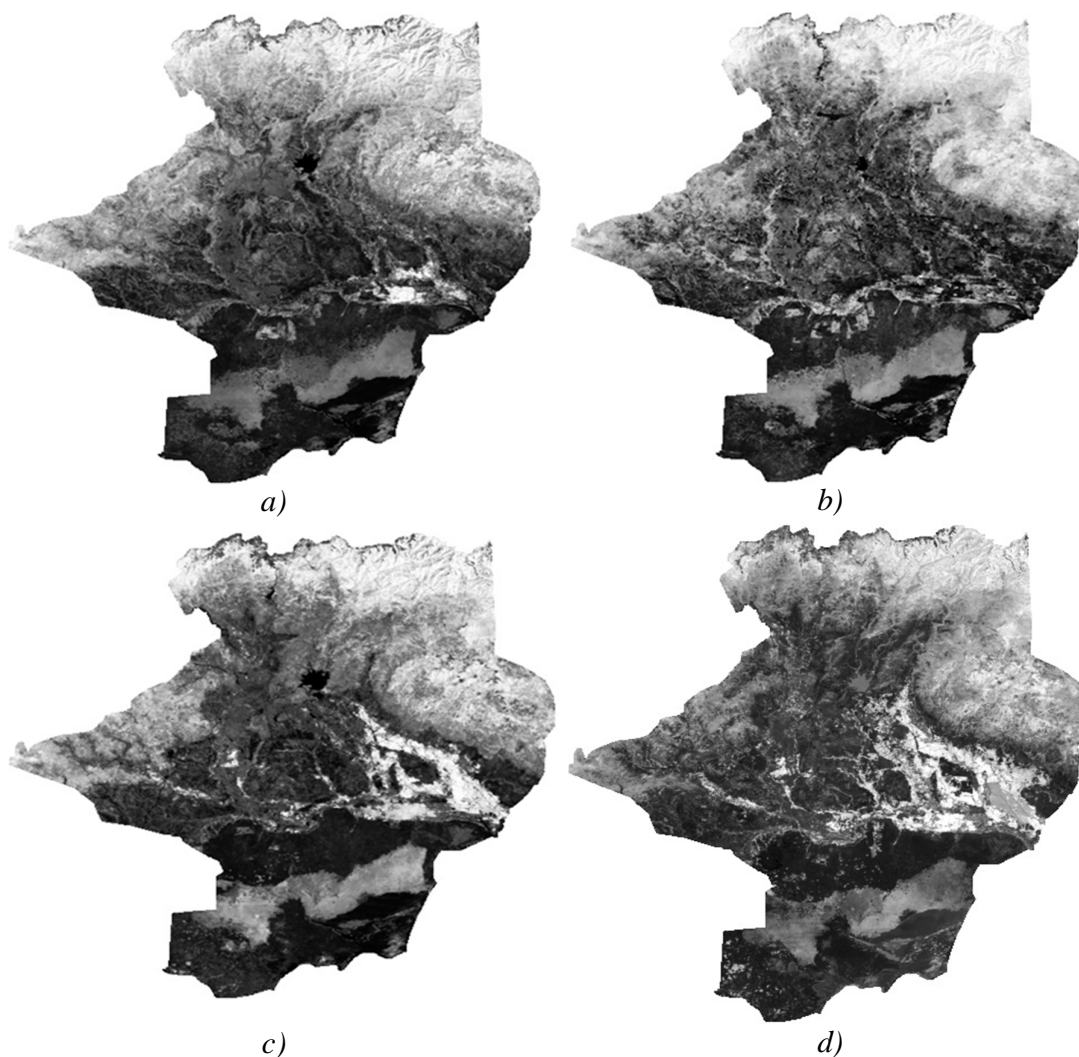
trong đó:  $\varepsilon_v, \varepsilon_s$  là độ phát xạ đặc trưng cho đất và thực vật thuần nhất,  $P_v$  - tỉ lệ thực vật trong một pixel.  $P_v$  có giá trị bằng 0 đối với đất trống và bằng 1 đối với khu vực được phủ kín bởi thực vật [15]. Giá trị  $P_v$  được xác định theo công thức [15]:

$$P_v = \left[ \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right]^2 \quad (7)$$

trong đó, chỉ số thực vật NDVI (normalized difference vegetation index) là tỉ số giữa hiệu số giá trị phản xạ phổ bề mặt ở kênh cận hồng ngoại (NIR) và kênh đỏ (RED) trên tổng của chúng. Chỉ số NDVI đối với ảnh LANDSAT được xác định như sau [2, 4, 9-11]:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (8)$$

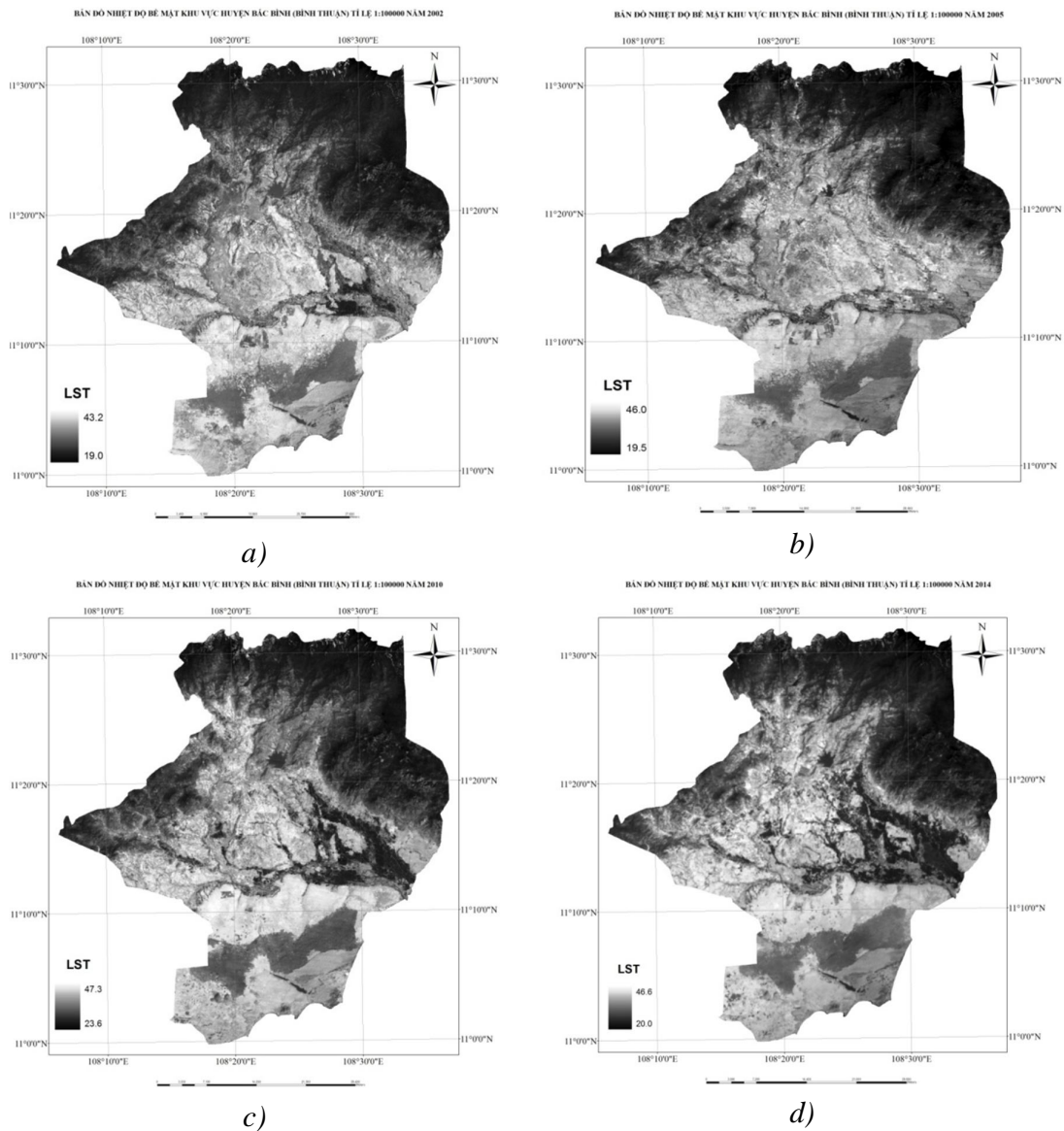
Để xác định độ phát xạ trên cơ sở chỉ số NDVI yêu cầu phải biết trước độ phát xạ của đất và thực vật. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước khi xác định độ phát xạ của đất và thực vật đã lấy số liệu phát xạ có sẵn thông qua kết quả đo đạc thực nghiệm trên các mẫu đại diện [2, 4]. Điều này sẽ dẫn đến sai số do ở mỗi khu vực khác nhau sẽ có các bề mặt với đặc trưng vật lí khác nhau. Để khắc phục vấn đề trên, trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành thử nghiệm với 120 vùng mẫu, trong đó có 60 mẫu đối với vùng chỉ là thực vật và 60 mẫu đối với vùng chỉ là đất trống tại khu vực Bắc Bình (Bình Thuận) trên dữ liệu ảnh chỉ số NDVI chụp vào 05 – 01 – 2002, 13 – 01 – 2005, 12 – 02 – 2010 và 15 – 02 – 2014 (hình 3).



**Hình 3.** Chỉ số thực vật NDVI khu vực Bắc Bình (Bình Thuận) đối với ảnh Landsat ngày 05 – 01 – 2002 (a), 13 – 01 – 2005 (b), 12 – 02 – 2010 (c) và 15 – 02 – 2014 (d)

Kết quả thực nghiệm nhận được cho thấy, giá trị NDVI cho đất trồng và đất phủ kín thực vật đối với ảnh LANDSAT khu vực nghiên cứu tương ứng là 0,127 và 0,515. Sử dụng phương pháp của Van De Griend [16], độ phát xạ đối với đất và thực vật nhận được tương ứng là 0,912 và 0,978 theo công thức:

$$\varepsilon = 1,0094 + 0,047 \ln(NDVI) \quad (9)$$



**Hình 4.** Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Bắc Bình (Bình Thuận) đối với ảnh Landsat ngày 05 – 01 – 2002 (a), 13 – 01 – 2005 (b), 12 – 02 – 2010 (c) và 15 – 02 – 2014 (d)

Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực huyện Bắc Bình (Bình Thuận) được trình bày trên các hình 4(a-d). Phân tích kết quả nhận được cho thấy, những vùng có nhiệt độ bề mặt cao phân bố chủ yếu ở những khu vực không có thực vật che phủ. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa khu vực đất rừng và khu vực không có thực vật là rất lớn, tương ứng với 24,2°C, 26,5°C, 23,7°C, 26,6°C đối với các ảnh ngày 05-01-2002, 13-01-2005, 12-02-2010 và 15-02-2014.

Để tính “cạnh khô”  $T_{smax}$  trong không gian “nhiệt độ/NDVI”, trong nghiên cứu chia chỉ số thực vật NDVI thành 15 khoảng và xác định giá trị nhiệt độ cực đại tại các khoảng này. Cạnh ướt  $T_{smin}$  được lấy bằng giá trị nhiệt độ bề mặt thấp nhất xác định ở bước trên. Từ kết quả hồi quy tuyến tính các giá trị nhiệt độ bề mặt cực đại tại các khoảng giá trị NDVI, “cạnh khô”  $T_{smax}$  trong không gian  $T_s/NDVI$  cho các ảnh năm 2002, 2005, 2010 và 2014 được xác định như sau:

$$T_{s(max)}(2002) = -21,64NDVI + 313,7 (K^{\circ})$$

$$T_{s(max)}(2005) = -24,94NDVI + 314,8 (K^{\circ})$$

$$T_{s(max)}(2010) = -16,39NDVI + 317,2 (K^{\circ})$$

$$T_{s(max)}(2014) = -13,98NDVI + 320,3 (K^{\circ})$$

**Bảng 2.** Phân cấp mức độ khô hạn đối với chỉ số TVDI

STT	Giá trị TVDI	Mức độ khô hạn
1	0 – 0,2	Không khô hạn
2	0,2 – 0,4	Khô hạn nhẹ
3	0,4 – 0,6	Khô hạn trung bình
4	0,6 – 0,8	Khô hạn nặng
5	0,8 – 1,0	Khô hạn rất nặng

Chỉ số TVDI nhận giá trị trong khoảng từ 0 đến 1. Phân cấp mức độ khô hạn bề mặt đối với chỉ số khô hạn nhiệt độ – thực vật TVDI được trình bày trong bảng 2 [1, 13, 14]. Trong đó, giá trị TVDI nhỏ hơn 0,2 tương ứng với các vùng không có nguy cơ hạn hán (bề mặt nước, thực vật tươi tốt, đất nông nghiệp ngập nước). Nếu chỉ số TVDI trong khoảng từ 0,2 đến 0,4 tương ứng với các khu vực ít có nguy cơ khô hạn (khu vực đất rừng); chỉ số TVDI trong khoảng 0,4 – 0,6 tương ứng với các khu vực khô hạn trung bình; trong khoảng 0,6 – 0,8 – khô hạn nặng. Nếu giá trị chỉ số TVDI lớn hơn 0,8 khu vực có mức độ khô hạn rất nặng [9, 13, 14].

Bản đồ phân vùng mức độ khô hạn tương đối khu vực huyện Bắc Bình (Bình Thuận) tỉ lệ 1:100.000 trên cơ sở chỉ số khô hạn nhiệt độ – thực vật TVDI được thể hiện trên hình 5 (a-d). Phân tích kết quả nhận được cho thấy, phần lớn diện tích huyện Bắc Bình có mức độ khô hạn trung bình và cao. Diện tích các khu

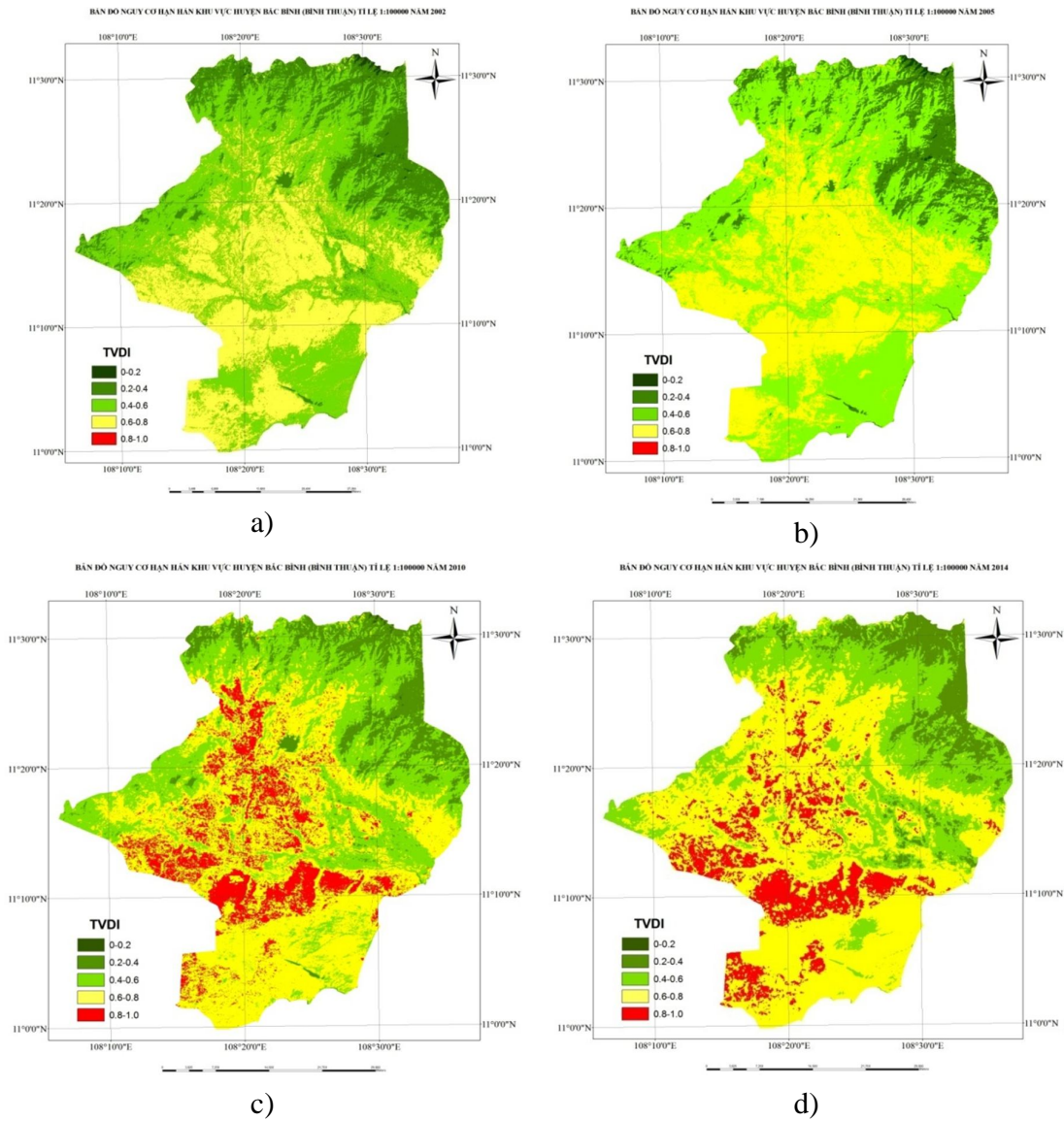


vực dự báo không có nguy cơ khô hạn và khô hạn nhẹ tập trung chủ yếu ở phía Bắc nơi có thảm rừng che phủ. Mặc dù vậy, diện tích các khu vực này trong giai đoạn 2002 – 2014 có xu hướng giảm tương đối rõ rệt cùng với sự suy giảm diện tích rừng, tương ứng trong các năm 2002, 2005, 2010 và 2014 là 17,39%, 12,72%, 11,91% và 10,74% tổng diện tích cả huyện. Trong khi đó, diện tích các khu vực có nguy cơ khô hạn nặng và rất nặng tăng rất mạnh trong các năm 2010 và 2014 nếu so với các năm 2002, 2005 và tập trung chủ yếu ở các khu vực đất sản xuất nông nghiệp, đất cát. Trong các năm 2002 và 2005, diện tích các khu vực có nguy cơ khô hạn rất nặng (tương ứng với giá trị chỉ số TVDI lớn hơn 0,8) chiếm tỉ lệ rất thấp (0,16% và 0,06%). Tuy nhiên, trong các năm 2010 và 2014, diện tích này đã tăng lên một cách nhanh chóng, ước tính chiếm 12,54% và 12,57%. Tổng diện tích các khu vực có nguy cơ khô hạn nặng và rất nặng trong năm 2002, 2005 chiếm 35,67% và 38,96% diện tích toàn huyện so với 55,27% và 68,92% trong các năm 2010, 2014 (bảng 3). Như vậy, nhìn chung, hiện tượng hạn hán ở Bắc Bình (Bình Thuận) có xu hướng diễn ra ngày càng mạnh, ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sống và hoạt động sản xuất của người dân.

Kết quả nhận được trong nghiên cứu cũng cho thấy vai trò quan trọng của lớp phủ thực vật trong giảm nguy cơ hạn hán. Ở những vùng mới được phủ xanh bởi rừng trồng (thuộc các xã Phan Hiệp, Hòa Thắng, Hồng Thái), mức độ khô hạn từ cao năm 2005 đã giảm xuống mức trung bình trong các năm 2010 và 2014 (hình 5).

**Bảng 3.** Phân vùng mức độ khô hạn tương đối khu vực Bắc Bình (Bình Thuận)

Năm	Diện tích (%)				
	Không khô hạn	Khô hạn nhẹ	Khô hạn trung bình	Khô hạn nặng	Khô hạn rất nặng
2002	0,31	17,08	46,94	35,51	0,16
2005	0,33	12,39	48,32	38,90	0,06
2010	0,05	11,86	32,82	42,73	12,54
2014	0,09	10,75	30,24	46,35	12,57



**Hình 5.** Bản đồ phân cấp mức độ khô hạn tỉ lệ 1:100 000 khu vực Bắc Bình (Bình Thuận) năm 2002 (a), 2005 (b), 2010 (c) và 2014 (d)

#### 4. Kết luận

Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người trong những năm gần đây đã làm tăng nguy cơ hạn hán đối với khu vực huyện Bắc Bình (Bình Thuận). Phần lớn diện tích huyện Bắc Bình dự báo có mức độ khô hạn từ trung bình đến khô hạn nặng và rất nặng, trong đó diện tích các khu vực có nguy cơ khô hạn nặng và rất nặng tăng rất nhanh trong các năm 2010, 2014 so với những năm trước. Những

khu vực có nguy cơ khô hạn cao tập trung chủ yếu ở những vùng sản xuất nông nghiệp và các vùng không có thực vật che phủ.

Tư liệu ảnh vệ tinh quang học Landsat với ưu điểm độ phân giải không gian trung bình, được tích hợp các kênh hồng ngoại nhiệt và đặc biệt được cung cấp hoàn toàn miễn phí với chu kỳ cập nhật 16 ngày là nguồn tư liệu phong phú và quý giá trong nghiên cứu và giám sát hiện tượng hạn hán. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể sử dụng trong thành lập bản đồ nguy cơ hạn hán tỉ lệ 1:100.000, góp phần ứng phó và giảm thiểu ảnh hưởng của hạn hán đến môi trường sống và hoạt động sản xuất của người dân.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 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*, 36(1), 82 – 89.
2. Trịnh Lê Hùng (2014), “Ứng dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt LANDSAT nghiên cứu độ ẩm đất trên cơ sở chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật”, *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*, 36(3), 262 – 270.
3. Phan Thị Kim Vân (2006), “Nghiên cứu nguồn nước tại Bắc Bình trên cơ sở phân tích các yếu tố khí tượng”, *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*, 28(4), 422 – 433.
4. 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*, 31(2), tr.168 – 177.
5. Phạm Quang Vinh, Phạm Thị Thanh Hương (2012), “Đánh giá hạn nông nghiệp tỉnh Bình Thuận theo kịch bản biến đổi khí hậu”, *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*, 34(4), 513 – 523.
6. Arnon Karnieli, Nurit Agam, Rachel T. Pinker, Martha Anderson, Marc L. Imhoff, Garik G. Gutman, Natalya Panov, Alexander Goldberg (2009), “Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: merits and limitations”, *Journal of Climate*, 23, 618 – 633.
7. Chavez P.S. (1996), “Image-based atmospheric corrections—revisited and improved”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9): pp.1025-1036.
8. Chavez P.S. (1988), “An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data”, *Remote Sensing of Environment*, 24: pp.459-479.
9. Lu Yuan, Tao Heping, Wu Hua (2007), “Dynamic drought monitoring in Guangxi using revised temperature vegetation dryness index”, *Wuhan University journal of Natural sciences*, 12(4), pp. 663 – 668.
10. National Aeronautics and Space Administration (NASA), *LANDSAT Science data user’s Handbook*, 270 pp.

11. Rulinda C.M., Bijker W., Stein A. (2010), “Image mining for drought monitoring in Eastern Africa using Meteosat SERVIRI data”, *International journal of applied Earth observation and geoinformation*, 12, S63 – S68.
12. Tran H., Yasuoka Y. (2001), “MODIS data acquisition, processing and scientific utilization framework at the Institute of Industrial Science, University of Tokyo”, *In Proceeding of the 22<sup>nd</sup> Asian conference on Remote sensing*, Singapore, 1, 488 – 492.
13. Sandholt I., Rasmussen K., Anderson J. (2002), “A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of the surface moisture status”, *Remote Sensing of Environment*, 79, pp. 213–224.
14. Yuhai Bao, Gang Gama, Bao Gang, Yongmei, Alatengtuya, Yinshan, Husiletu (2013), “Monitoring of drought disaster in Xilin Guole grassland using TVDI model”, *Taylor & Francis group*, London, ISBN 978-1-138-00019-3, pp. 299 – 310.
15. 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.
16. 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.
17. <http://glovis.usgs.gov>

(Ngày Tòa soạn nhận được bài: 05-02-2015; ngày phản biện đánh giá: 20-3-2015;  
ngày chấp nhận đăng: 18-5-2015)