

XÁC ĐỊNH HẠN HÁN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG QUA CHỈ SỐ MỨC ĐỘ KHÔ HẠN NHIỆT ĐỘ - THỰC VẬT

VŨ THỊ THU LAN - Ban Ứng dụng và Triển khai Công nghệ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

ĐỖ MINH PHƯƠNG, LÊ NHỊ THỦY - Trung tâm Viễn thám và GIS, Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp

LẠI TIẾN VINH - Ban Quản lý Trung ương các dự án Thủy lợi

Hạn hán được biết đến là một hiện tượng tự nhiên trong hệ thống khí hậu mang tính thiên tai và trong bối cảnh biến đổi khí hậu, hạn hán xuất hiện với tần suất cao. Theo Luật Phòng chống thiên tai 2013, để giảm thiểu thiệt hại do các thiên tai gây ra, cần phải có một hệ thống giải pháp đồng bộ từ phòng ngừa, ứng phó đến khắc phục, trong đó chú trọng công tác phòng ngừa, vì vậy rất cần có một hệ thống giám sát, dự báo hạn hán. Đối với vùng Đồng bằng sông Hồng (ĐBSH), trong những năm gần đây thường xuyên xuất hiện hiện tượng thiếu nước, đặc biệt trong vụ đông xuân, do đó hệ thống giám sát tình trạng khô hạn bằng ứng dụng tư liệu viễn thám là hết sức cần thiết, nhằm đưa ra những biện pháp sử dụng nguồn nước hợp lý, có hiệu quả, giảm thiểu tác động của hạn hán đến phát triển kinh tế - xã hội trong vùng. Bài báo đề cập tới việc xây dựng chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật (TDVI) từ ảnh MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers) được đánh giá độ chính xác thông qua các chỉ số khô hạn khí tượng (K). Kết quả cho thấy, phương pháp xác định chỉ số TDVI từ ảnh MODIS là phù hợp và có thể sử dụng trong công tác giám sát, dự báo hạn hán ở vùng ĐBSH.

Từ khóa: hạn hán, chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật TDVI, chỉ số khô hạn K, giám sát hạn hán.

Đặt vấn đề

Vùng ĐBSH có diện tích 14.784 km², dân số 19,6 triệu người, là vùng cung ứng nông sản thứ hai của đất nước do có nguồn tài nguyên đất và nước dồi dào. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, do biến đổi khí hậu và tốc độ gia tăng nhanh chóng của phát triển kinh tế, đô thị hóa nên hiện tượng thiếu nước xuất hiện thường xuyên, gây tổn thất lớn cho sự phát triển kinh tế, mất ổn định xã hội và ô nhiễm môi trường. Mặc dù tác động của hạn hán đến nền kinh tế rất lớn nhưng đến nay dạng thiên tai này vẫn chưa có hệ thống phòng chống [2]. Để phòng tránh được các tác động bất lợi của hạn hán rất cần một hệ thống cảnh báo sớm, hệ thống giám sát, phương pháp đánh giá tình để bị tổn thương nhằm đưa ra các giải pháp sử dụng nước hợp lý, giảm nhẹ thiệt hại do hạn hán gây ra, hay nói cách khác là có sự chuẩn bị đối với hạn hán. Trong bài báo này, các tác giả đề cập đến hệ thống giám sát hạn hán thông qua đánh giá các chỉ số hạn.

Để xác định tình trạng hạn hán vào mùa khô, các nhà khoa học đã đưa ra nhiều phương pháp phân tích, đánh giá, trong đó sử dụng nhiều chỉ số khác nhau như tỷ chuẩn lượng mưa (PN) [21], tháp phân vị (DI) [7], chỉ số chuẩn hoá lượng mưa (SPI) [5], chỉ số khắc nghiệt của hạn (PDSI) [15], chỉ số ẩm cây trồng (CMI) [14], chỉ số phục hồi hạn (RDI) [19], chỉ số mặt nước (SWSI) [18]. Với sự tích hợp của công nghệ viễn thám, phương pháp phân tích không gian trong hệ thống thông tin địa lý (GIS), và địa thống kê (Geostatistics), một số chỉ số khác như nước bề mặt (LSWI) [6], chỉ số hạn Keetch Byram (KBDI) [10], chỉ số khô hạn - nhiệt độ (TDVI) [17], các chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) [16], trạng thái thực vật (VCI) [11], chỉ số thực vật tăng cường (EVI) [4]... được ứng dụng khá phổ biến trên thế giới. Trên thực tế, do hạn hán thường xảy ra trên diện rộng và tác động của hạn hán đến phát triển kinh tế - xã hội ở vùng vùng địa lý - kinh tế rất khác nhau, nên việc đánh giá hạn thường gặp nhiều khó khăn do thiếu số

DROUGHT MONITORING IN THE RED RIVER DELTA USING TEMPERATURE VEGETATION DRYNESS INDEX

Summary

Drought is known as a natural phenomenon in the climate system with the natural disasters, and in the climate change background, drought appears with a high frequency. According to the Disaster Prevention Law enacted in 2013, to minimize the damage caused by natural disasters, there should be one synchronized solution system in prevention, response, overcoming which focuses on prevention. Therefore, we need to have a system of monitoring and forecasting drought. For the Red River Delta area, in recent years, the dehydrated phenomenon appears frequently, especially during the winter - spring season. Therefore, the monitoring system of drought status by applying the remote sensing materials is very necessary to suggest measures to use water resources effectively and reasonably and minimize the impact of drought on social-economic development of the area. This article presents about building a temperature vegetation dryness index (TDVI) from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers (MODIS) with the accuracy assessed through the drought index (K). The results have shown that the method of determining TDVI from MODIS is suitable and can be used in monitoring, forecasting drought in the Red River Delta area.

Keywords: drought, TDVI drought index, K drought index, drought monitoring.

liệu, thiếu phương pháp tính toán phù hợp... nhất là ở những nước đang phát triển lại càng hạn chế trong việc đầu tư cho hệ thống quan trắc bề mặt. Ngược lại, các số liệu vũ vệ tinh với độ phân giải không gian và thời gian cao có thể được sử dụng để nhận biết sự xuất hiện của hạn hán, thời gian tồn tại và cường độ của nó. Việc ứng dụng tư liệu viễn thám để xây dựng một số mô hình giám sát và dự báo hạn hán dựa trên tính chất vật lý của quá trình bốc thoát hơi và tính chất sinh học của thực vật: chỉ số thực vật có tương quan thuận với độ ẩm đất và tương quan nghịch với nhiệt độ bề mặt đã được nhiều nước trên thế giới sử dụng [3].

Với sự phát triển của công nghệ không gian trong

những năm gần đây, một loạt đầu thu thế hệ mới như MODIS, MERIS... đặt trên các vệ tinh có thể quan trắc mặt đất với phạm vi lớn, độ phân giải cao, cung cấp một khối lượng lớn thông tin bề mặt trái đất, cho phép đánh giá và giám sát hạn hán. Trong nghiên cứu này sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh MODIS với tần suất chụp hàng ngày, số lượng kênh phổ phong phú (36 kênh), bao gồm cả các kênh hồng ngoại nhiệt và siêu cao tần. Trong điều kiện những tháng đầu năm, thời tiết nhiều mây ở miền Bắc Việt Nam, nguồn ảnh chụp hàng ngày sẽ cho phép tổ hợp được ảnh 8 ngày, hạn chế ảnh hưởng của mây. Bên cạnh đó, đối với một vùng rộng lớn khoảng 1,5 triệu hecta như ĐBSH, tư liệu vệ tinh độ phân giải thấp MODIS rất phù hợp cho việc theo dõi thường xuyên các đổi lương như sản xuất nông nghiệp, hạn hán hay nhiệt độ. Đây là nguồn tư liệu vệ tinh đã được ứng dụng rộng rãi trong nước và quốc tế trong theo dõi mùa màng, giám sát sâu bệnh, theo dõi hạn hán, ước tính năng suất, sản lượng cây trồng... Vì vậy, ở đây chúng tôi thử nghiệm xây dựng công thức hạn hán cho vùng ĐBSH phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh đã được hiệu chỉnh bởi các chỉ số hạn khí tượng.

Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Cơ sở tài liệu

Số liệu khí tượng của 13 trạm quan trắc vùng ĐBSH từ năm 2000-2012 gồm các yếu tố: R: lượng mưa (mm), T: nhiệt độ không khí (°C) và U: độ ẩm tương đối (%) .

Bảng 1: các số liệu khí tượng được đưa vào tính toán (2000-2012)

| STT | Trạm | Tọa độ trạm | | Các yếu tố quan trắc | | |
|-----|-----------|-------------|-----------|----------------------|---|---|
| | | X | Y | R | T | U |
| 1 | Lạng | 105 850000 | 21 016667 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | Hà Đông | 105 766667 | 20 966667 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | Sơn Tây | 105 500000 | 21 133333 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | Phù Lãng | 106 633333 | 20 800000 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | Hùng Yên | 106 050000 | 20 666667 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | Hải Dương | 106 300000 | 20 950000 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | Vĩnh Yên | 105 600000 | 21 300000 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | Nam Định | 106 166667 | 20 433333 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9 | Văn Lý | 106 300000 | 20 116667 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 10 | Thái Bình | 106 350000 | 20 450000 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 11 | Phủ Lý | 105 900749 | 20 560607 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 12 | Nho Quan | 105 733333 | 20 316667 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 13 | Ninh Bình | 105 983333 | 20 266667 | ✓ | ✓ | ✓ |

Với độ phủ lớn, toàn bộ khu vực ĐBSH chỉ cần 2 cảnh ảnh MODIS để phủ kín toàn bộ khu vực. Đó là các cảnh ảnh H26V06 và H27V00 (hình 1).

không gian [Ts, NDVI]). Để lượng hoá quan hệ giữa chỉ số thực vật chuẩn và nhiệt độ bề mặt Ts, Sandholt [17] đã đề xuất sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật (TDVI) xác định theo công thức (4).

$$TDVI = \frac{T_s - T_{smin}}{a + b \times NDVI - T_{smin}} \quad (4)$$

Trong đó: T_{smin} là nhiệt độ bề mặt cực tiểu trong tam giác xác định "rìa ướt"; T_s là nhiệt độ quan sát tại pixel ảnh cần tính; NDVI là chỉ số thực vật chuẩn; T_{smax} là nhiệt độ bề mặt cực đại quan sát được cho mỗi khoảng giá trị của NDVI. Miền giá trị của chỉ số khô hạn biến thiên từ 0 đến 1, trong đó chỉ số khô hạn đạt 0 khi độ ẩm bão hoà và 1 khi hiện tượng hạn hán đạt mức độ cực đại.

Bảng 4: phân cấp tình trạng khô hạn

| TVDI | 0 - 0.2 | 0.21 - 0.4 | 0.41 - 0.6 | 0.61 - 0.9 | 0.91 - 1 |
|------------|---------|------------|-------------|------------|----------|
| Tình trạng | rất ướt | ướt | binh thường | khô | rất khô |

Theo thang đánh giá của Han et al.(2010) [9]

Việc xử lý và phân tích các chỉ số của ảnh vệ tinh MODIS được thực hiện bằng phần mềm ENVI.

Kết quả và thảo luận

Xác định chỉ số khô hạn khí hậu

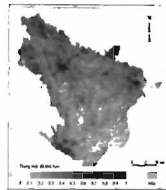
Số liệu quan trắc từ năm 2000-2012 của các trạm khí tượng cho thấy, vùng ĐBSH có khí hậu khá ẩm ướt với chỉ số khô hạn trung bình nhiều năm đạt không cao, đều ở dưới ngưỡng không hạn ($K_{năm} < 1$). Với sự phân mùa sâu sắc nên các tháng mùa khô có trị số khô hạn rất cao, với chỉ số khô hạn các tháng mùa khô đạt tới mức hạn nặng và cao nhất $K_{tháng}$ có thể đạt tới trên 9. Với mục tiêu đánh giá mức độ xác thực của phương pháp sử dụng ảnh viễn thám xác định chỉ số khô hạn thực vật, chúng tôi tính chỉ số K trong thời kỳ tháng 2 hàng năm (bảng 5).

Bảng 5. Chỉ số K tại các trạm khí tượng vùng ĐBSH thời kỳ tháng 2

| Trạm | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lạng | 1.8 | 1.5 | 5.9 | 1.8 | 1.9 | 1.4 | 1.9 | 3.0 | 5.4 | 8.1 | 9.5 | 3.1 | 3.0 |
| Mỹ Đồng | 3.0 | 1.6 | 3.2 | 1.4 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 2.4 | 2.8 | 4.0 | 7.9 | 5.9 | 2.7 |
| Sơn Tây | 1.5 | 1.2 | 3.1 | 0.7 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | 1.4 | 2.6 | 17.4 | 16.0 | 2.3 | 3.0 |
| Phù Lãng | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 1.2 | 1.1 | 3.3 | 1.1 | 3.3 | 2.3 | 1.4 | 0.6 |
| Hàng Yên | 1.7 | 1.5 | 2.8 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 1.8 | 1.9 | 4.2 | 6.6 | 5.7 | 2.6 | 2.7 |
| Hải Dương | 1.2 | 5.3 | 2.6 | 2.5 | 1.4 | 1.1 | 2.0 | 1.9 | 3.4 | 5.5 | 8.4 | 5.0 | 2.3 |
| Vinh Yên | 1.4 | 2.0 | 1.6 | 1.5 | 2.3 | 1.3 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 5.0 | 25.3 | 4.6 | 4.3 |
| Đầm Đính | 2.3 | 1.7 | 1.8 | 2.2 | 1.0 | 1.4 | 0.6 | 1.1 | 2.7 | 15.0 | 7.0 | 3.6 | 1.2 |
| Vân Từ | 4.4 | 1.3 | 1.5 | 2.6 | 0.6 | 2.0 | 1.1 | 3.7 | 3.0 | 8.8 | 4.9 | 5.7 | 0.7 |
| Thái Bình | 3.7 | 1.3 | 1.6 | 2.5 | 0.6 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 3.3 | 24.9 | 2.9 | 4.9 | 1.3 |
| Phước Thọ | 2.3 | 2.0 | 1.0 | 1.4 | 0.9 | 0.8 | 1.2 | 0.6 | 4.3 | 5.3 | 6.7 | 1.5 | 1.2 |
| Mộc Quan | 2.9 | 5.0 | 2.6 | 3.2 | 1.2 | 1.1 | 1.5 | 1.4 | 4.6 | 6.5 | 3.8 | 2.9 | 1.6 |
| Vinh Bình | 1.0 | 1.1 | 3.0 | 2.7 | 1.1 | 1.5 | 1.7 | 0.6 | 4.3 | 8.6 | 6.8 | 3.5 | 1.9 |
| Tổng vùng | 1.94 | 2.17 | 3.64 | 1.87 | 1.28 | 1.22 | 1.54 | 1.91 | 3.31 | 9.99 | 8.82 | 3.64 | 2.18 |

Kết quả tính toán cho thấy, chỉ số K trung bình toàn ĐBSH trong tháng 2 là 3,3. Trong 13 năm đều xuất hiện hạn nhưng chủ yếu đạt mức hạn nhẹ với chỉ số K dao động từ 1-2 (6 năm) và hạn trung bình, chỉ số K từ 2-4 (5 năm). Hạn nặng xuất hiện năm 2009, 2010 với chỉ số K đạt tới 8-10.

Kết quả ứng dụng dữ liệu ảnh MODIS trong theo dõi biến động chỉ số TVDI vùng ĐBSH



Hình 3: phân bố chỉ số TVDI vùng ĐBSH (2000-2012)

Phân tích trên chuỗi ảnh MODIS từ năm 2000 đến 2012 xác định được chỉ số TVDI trung bình của toàn vùng ĐBSH và riêng cho từng tỉnh (trình bày ở bảng 6 và thể hiện ở hình 3). Như vậy có thể thấy rằng, chỉ số TVDI trên toàn vùng ĐBSH và các tỉnh có sự biến thiên qua nhiều năm nhưng vẫn nằm trong mức bình thường. Chỉ số TVDI cao nhất xuất hiện trong năm 2000 và được xếp vào năm khô. Tuy nhiên, do chất lượng ảnh năm 2000 kém (tỷ lệ mây rất cao) nên sai số của việc tính chỉ số cao. Còn các năm 2003, 2010 và 2011, chỉ số TVDI ở mức cao hơn các năm còn lại, nhưng vẫn ở dưới ngưỡng 0,6 - mức bình thường

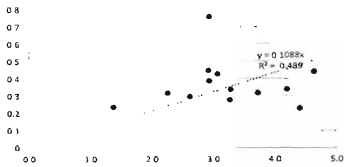
Bảng 6: chỉ số TVDI vùng ĐBSH

| TVDI | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bắc Ninh | 0.41 | 0.17 | 0.35 | 0.30 | 0.16 | 0.24 | 0.34 | 0.40 | 0.26 | 0.33 | 0.45 | 0.45 | 0.30 |
| Hà Nội | 0.71 | 0.37 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.28 | 0.36 | 0.36 | 0.25 | 0.21 | 0.30 | 0.40 | 0.39 |
| Hà Nam | 0.40 | 0.33 | 0.38 | 0.23 | 0.21 | 0.31 | 0.21 | 0.21 | 0.23 | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.37 |
| Nam Định | 0.72 | 0.40 | 0.27 | 0.73 | 0.35 | 0.19 | 0.18 | 0.30 | 0.17 | 0.29 | 0.36 | 0.47 | 0.36 |
| Hải Dương | 0.35 | 0.26 | 0.33 | 0.33 | 0.36 | 0.24 | 0.33 | 0.36 | 0.36 | 0.31 | 0.45 | 0.33 | 0.44 |
| Hàng Yên | 0.27 | 0.36 | 0.31 | 0.32 | 0.25 | 0.30 | 0.34 | 0.25 | 0.26 | 0.40 | 0.40 | 0.36 | 0.38 |
| Thái Bình | 0.79 | 0.27 | 0.25 | 0.46 | 0.35 | 0.16 | 0.23 | 0.31 | 0.20 | 0.30 | 0.37 | 0.40 | 0.41 |
| Hải Phòng | 0.72 | 0.23 | 0.35 | 0.51 | 0.23 | 0.37 | 0.33 | 0.29 | 0.40 | 0.36 | 0.39 | 0.41 | 0.36 |
| Ninh Bình | 0.81 | 0.39 | 0.29 | 0.89 | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.37 | 0.16 | 0.20 | 0.36 | 0.32 | 0.36 |
| Vĩnh Phúc | 0.77 | 0.28 | 0.38 | 0.41 | 0.31 | 0.31 | 0.41 | 0.24 | 0.19 | 0.26 | 0.33 | 0.46 | 0.32 |
| ĐBSH | 0.76 | 0.32 | 0.32 | 0.40 | 0.34 | 0.24 | 0.30 | 0.34 | 0.22 | 0.28 | 0.43 | 0.44 | 0.38 |

Theo kết quả tính toán của các chỉ số khô hạn, chúng tôi xây dựng tương quan (hình 4). Tương quan khá chặt chẽ (với hệ số tương quan đạt 0,7) thể hiện việc xác định chỉ số TVDI từ ảnh MODIS phù hợp với điều kiện thực tế.

Mặc dù có tương quan tỷ lệ thuận với chỉ số K nhưng mức độ khô hạn của thực vật xác định từ ảnh ở mức thấp hơn so với hạn khí tượng. Điều này phản ánh chế độ tưới nước khá tốt của hệ thống thủy lợi vào thời điểm cây lúa bắt đầu đẻ nhánh. Như vậy có thể thấy rằng, khả năng bị hạn của vùng ĐBSH không cao và nếu có xảy ra thì hạn cũng

chỉ mang tính cục bộ và không ở mức độ nghiêm trọng vào vụ xuân.



Hình 4. tương quan giữa chỉ số K và chỉ số TDVI

Kết luận

Bằng việc ứng dụng các phần mềm viễn thám và GIS, đã xác định được chỉ số khô hạn nhiệt độ - thực vật TVDI từ ảnh MODIS và kết quả bước đầu có độ tin cậy thể hiện ở mối tương quan chặt chẽ với chỉ số khô hạn khi tượng K. Các kết quả này cho thấy triển vọng và tính đúng đắn khi sử dụng chỉ số TDVI trong nghiên cứu và theo dõi độ ẩm bề mặt, qua đó theo dõi và dự báo hạn hán trong nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu. Một trong những ưu điểm nổi bật là việc tính toán TDVI tương đối đơn giản và nhanh chóng, có thể tự động hoá. Với dữ liệu ảnh vệ tinh MODIS là loại tư liệu viễn thám miễn phí và cho phép thu nhận hàng ngày, đây là công cụ rất tốt để giám sát vấn đề hạn hán, giảm thiểu thiệt hại của thiên tai này tới phát triển kinh tế - xã hội của vùng, đặc biệt trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện nay. Mối tương quan giữa chỉ số K và chỉ số TDVI cho thấy ở vùng ĐBSH, các công trình thủy lợi hoạt động tốt, đáp ứng được nhu cầu dùng nước, đặc biệt trong giai đoạn sinh trưởng quan trọng của lúa.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012). Quy định kỹ thuật điều tra thoái hóa đất [ban hành kèm theo Thông tư số 14/2012/TT-BTNMT ngày 28/11/2012 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường].
- [2] Nguyễn Lập Dân (2010). Nghiên cứu cơ sở khoa học quản lý hạn hán và sa mạc hóa để xây dựng hệ thống quản lý, đề xuất các giải pháp chiến lược và tổng thể giảm thiểu tác hại: nghiên cứu điển hình cho ĐBSH và Nam Trung Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài KC.08.23/06-10, lưu trữ tại Bộ KH&CN
- [3] Huỳnh Thị Thu Hương, Trương Chi Quang, Trần Thanh Dân (2012). Ứng dụng ảnh MODIS theo dõi sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất và tình hình khô hạn vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ 2012 24a, trang 49-59, Cần Thơ.
- [4] A Huele, K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. Gao, L.G. Ferreira (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment 83(2002) 195-213
- [5] Akhtari R., Mahdian M.H., Mond S. (2007). Assessment of spatial

of SPI and EDI drought indices in Tehran Province, Iran. Wat Resour Res 3:27-38

[6] Chandrasekar K., Sai M.V.R.S., Roy P.S., Dwevedi R.S. (2010). Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product. Int Jour of Remote Sensing, 31(15), 3987-4005.

[7] Gibbs W.J., Maher J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48 Comm of Aus Melb, p. 37.

[8] Gillies R.R., Carlson T.N., Cui J., Kustas W.P. & Humes K.S. (1997). A verification of the "triangle" method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 15, pp. 3145-3165. (19).

[9] Han Y., Y. Wang, Y. Zhao (2010). Estimating soil moisture conditions of the Greater Chantai Moutain by Land Surface Temperature and NDVI. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 48, n. 6, p 2509-2515.

[10] Keetch John J., Byram, George (1968) A drought index for forest fire control. Res. Paper SE-38 Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 32 pp

[11] Kogan F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Adv Space Res, 15(11), pp. 91-100.

[12] Milan Onderka & Igor Melicherick (2009) Fire-prone areas delineated from a combination of the Nestorov Fire-risk Rating Index with multispectral satellite data. Applied Geomatics, Vol. 2, Issue 1, 17. (22).

[13] Owen T.W., Carlson T.N. & Gillies R.R. (1998). An assessment of satellite remotely sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 9, pp. 1663-1681. (20).

[14] Palmer W.C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions. nationwide The new crop moisture index. Weatherwise 21 156-161.

[15] Palmer W.C. (1965). Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.

[16] Rouse J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering (1973). Monitoring the normal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, 93p (NTIS No E73-106393).

[17] Sandholt I., Rasmussen K & Andersen J. (2002) A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sensing of Environment, Vol 79, pp. 213-224.

[18] Shafer B.A., Dezman L.E. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In Proceedings of the Western Snow Conference, 164-175. Fort Collins, Colorado Colorado State University.

[19] Tsakiris G., Pangalou D. and Vangelis H. (2007). Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). Water Res. Manage., 21(5): 821-833.

[20] Tran H., Ochi S., Nemoto T., Kitsuregawa M and Yasouka Y (2001). MODIS data acquisition, processing and scientific utilization framework at the Institute of Industrial Science, University of Tokyo. Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore, 1, 488-492. (21).

[21] Willeke G., Hosking J.R.M., Wallis J.R., Guttman N.B. (1994) The national drought atlas. Ins for Wat Resour Rep 94, NDS, U.S., Army Corp of Engineers