



Lorestan University

Online ISSN: 2717-2325

Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas

journal homepage: <http://www.gsma.lu.ac.ir>

Research Paper

Evaluation of vegetation drought in Kermanshah province using infrared images

Samad Khosravi Yeganeh^a, Mostafa Karampour^{b*}, Behrouz Nasiri^b

^a PhD student in hydrology and meteorology, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

^b Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 16 September 2022;

Accepted: 1 December 2022

Available online: 21 January 2023

Keywords:

Drought,
SPI,
remote sensing,
Kermanshah province

ABSTRACT

Today, in the field of studying and explaining the integrated system based on the use of satellites, various satellites have been used to monitor and predict the environmental conditions of the earth in the long and short term and the economic activities related to the weather. These systems are based on remote sensing or satellite observations from the earth, biophysical theory of plant response to climate conditions, a set of satellite data processing algorithms, interpretation, product development, validation, calibration and applications. New satellite observations are mainly represented by advanced infrared images, which are very efficient. In this regard, the use of remote sensing methods is known as one of the most efficient methods to monitor the effects of rainfall on vegetation. In order to reveal the effect of precipitation on vegetation, the monthly average (SPI) of precipitation data of 13 synoptic meteorological stations was used. Then, using infrared images as a weekly average of 2013-2021 (April 1st to the end of July), the status of vegetation was examined. The correlation level (SPI) with NDVI, TCI, VCI and VHI indexes is 0.0025, 0.0027, 0.069, 0.050 respectively. (VCI) index has a higher correlation with (SPI), which can be suitable as a combined method of remote sensing and weather station information (SPI) to investigate vegetation conditions in Kermanshah province. Vegetation has faced different degrees of drought every year. The most severe vegetation drought in 2015 occurred in the central, southern and northeastern parts of the province. In 2013, a less severe drought occurred and in 2016, 2018, 2019 and 2020, the vegetation was in more favorable conditions.

1. Introduction

Drought is part of the characteristics of the climate system that occurs every year without any warning and regardless of the difference in economic and political geographical boundaries (Kogan, 2001: 6). The limiting factor in agricultural production is accessible water, desertification and the loss of pastures and natural vegetation (Jupp et al, 1998: 11). Drought as a phenomenon can be considered a part of the climate of any region of Earth. This phenomenon started slowly and has a hidden nature. When the duration of its occurrence

becomes long, the damages caused by it are also in different sectors such as agriculture, social, economic; life, environmental, etc. appear gradually. The damages and effects caused by this phenomenon are much larger and more comprehensive compared to other natural hazards such as floods and earthquakes. In order to manage drought, obtaining information from the time period before the occurrence, when it occurs and after it is very important. In the past decades, many studies have been conducted to investigate and monitor drought and use different methods, especially statistical methods, to its review has

*Corresponding Author.

Email Addresses: samadkhosravi@yahoo.com (S. Khosravi Yeganeh), karampour.m@lu.ac.ir (M. Karampour), nasiri.b@lu.ac.ir (B.Nasiri).

To cite this article:

Khosravi Yeganeh, S, Karampour, M, Nasiri, B, (2023), Evaluation of vegetation drought in Kermanshah province using infrared images. Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas, 3 (12), 19-39



Doi:10.52547/gsma.3.4.19

been used; but many of these studies lacked the necessary accuracy and each of these methods has its own problems. For drought analysis, it is very necessary to have an index to accurately determine wet and dry periods. Vegetation indices have been proposed by many scientists as one of the most important parameters for agricultural land mapping, rainfall assessment, weather effects estimation, biomass calculation, crop yield and pasture processing, drought conditions and determination of plant power. (Dabrowska-Z et al, 2002: 12). The most effective indicators are the normalized index of vegetation cover difference (Jensen, 1996). NDVI was proposed as a health index of vegetation density (Tucker, 1979:8).

2. Methodology

to conduct this study, infrared images were obtained from earth data.nasa.gov. Since NDVI and BT measure the environmental climate and weather components in the vegetation health signal, in order to estimate the drought caused by water and air, following the principles (three environmental laws: Leibig's minimum law, Sheffield's tolerance law and the principle of carrying capacity) were removed from these indicators (automatically by the meter). In general, these rules require the derivation and adjustment, for each land pixel and time unit, of multi-year environmental constraints that the data source or habitat can support, within which the impact of climate on vegetation health is estimated (Huey, 2006). Kogan, 1995: 14: 23; Alreich and Holdren, 1971: 8; Shelford, 1931: 8; Lam, 2017: 23:) these limits for NDVI and BT to specify multi-year minimum (MIN) and maximum (MAX) sources. Environmental or climatology was adjusted. NDVImax of multi-year data indicates very healthy vegetation, which is numerically estimated to be 100. NDVimin multi-year data indicating very unhealthy vegetation is estimated at zero. BT scale lower temperatures indicate healthy vegetation (with a value of 100) and high

temperatures indicate unhealthy vegetation (with a value of zero). Vegetation health is an index to evaluate the health of vegetation on a scale of very healthy to completely unhealthy and with a number of intermediate conditions such as normal, slightly above or below normal and stress. As a result, NDVI-based vegetation condition index (VCI), BT-based temperature condition index (TCI) and VCI-TCI combined vegetation health (VHI).

3. Results

Correct understanding and obtaining information about the state of vegetation such as normal conditions or drought occurring in any place is very important. In this study, in addition to investigating the vegetation conditions, its relationship with the rainfall received in the study area was also analyzed. The use of satellite images is a suitable tool for investigating the vegetation status of dry ecosystems, including Kermanshah province. The use of the remote sensing method provides a good ability to investigate the vegetation and the possibility of multi-time access and with a relatively small cost, the possibility of continuous monitoring of the vegetation of the earth's surface and the possibility of their real comparison. This research has studied and evaluated the effect of rainfall on vegetation changes in Kermanshah province. In this article, infrared images that are averaged weekly in the statistical period of 2013-2021 have been used to calculate (NDVI), (VCI) (TCI), (VHI) indices in Kermanshah province. In diagnosing the climatic condition of the region during the statistical period of 2013-2021, it was analyzed using the SPI index, which was analyzed as a monthly average. The correlation level (SPI) with NDVI, TCI, VCI and VHI indexes is 0.0025, 0.0027, 0.069, 0.050 respectively. In 2013, from the 23rd week (June 10th) to the 26th week (July 1st) in the state of NDVI index, it has been dry. In 2015, from week 21 (May 27th) to week 26 (July 1st), the NDVI index was dry. In other words, the status of NDVI index has decreased

in the years when vegetation drought occurred. This index has reached its highest level in the 20th week of every year. The most temporal changes of the NDVI index are on a weekly basis, so that the amount of this index has changed compared to the previous and the following week. (VCI) index has a higher correlation with (SPI), which can be suitable as a combined method of remote sensing and weather station information (SPI) to investigate vegetation conditions and received precipitation in Kermanshah province.

4. Discussion

The time course of calculating the rainfall status of the study area was during the statistical period of 1996 to 2021, but in this article, this index is stated for a 9-year period of 2013-2021. Using the standard monthly SPI index, compared to the seasonal scale, the annual index faces more droughts. Also, in this region, droughts are more severe than droughts. The results show that the best index based on satellite images to monitor vegetation drought in the study area is the VCI vegetation status index. Although the VCI index was created in order to remove the regional effects of climate and cover from NDVI, its correlation with the SPI index depends on the location and type of cover and the climate of the region where the drought occurred. Finally, it can be stated that the studies conducted using different indicators according to the place of implementation and environmental conditions show different results, and as a result, it is possible to make a general comparison between the indicators in terms of the accuracy of the data and as a result of the drought investigation. Does not exist. In addition, most of these studies have been conducted in areas

with normal and high rainfall. Considering the special weather conditions of Iran and the climatic conditions of dry areas, it is not possible to use the same methods and indicators to study drought and expect completely similar results. Therefore, the relationship of each of the satellite indicators with drought in each of the regions should be studied separately, and for each region, depending on the specific climatic conditions and vegetation, an appropriate index should be used to monitor drought.

5. Conclusion

The most severe vegetation drought in 2015 occurred in the central, southern and northeastern parts. In 2013, there was a less severe drought and in 2016, 2018, 2019 and 2020, the vegetation was in a more favorable condition. It was found that due to the extreme fluctuations of precipitation based on meteorological statistics, the presence of annual drought is not necessarily a proof of the existence of seasonal drought, or on the contrary, the occurrence of seasonal drought cannot necessarily justify drought in the whole year. Therefore, SPI is calculated for each month of the year. SPI values showed that the months of July, August and September are negative in Kermanshah province. The results show that the best indicator is based on satellite images to monitor vegetation drought in the study area (VCI). (VCI) has the highest coordination and concordance of SPI in the studied area. If we ignore the calculation of correlation coefficient (SPI) with NDVI, VCI, TCI, VHI indices, (VCI) indicates the drought condition of vegetation in the studied area more than NDVI, VCI, VHI.



دانشگاه لرستان

شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۲۳۲۵

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی

<http://www.gsma.lu.ac.ir>



مقاله پژوهشی

ارزیابی خشکسالی پوشش گیاهی استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر مادون قرمز

صمد خسروی یگانه^۱، مصطفی کرم پور^{۲*}، بهروز نصیری^۲

^۱ دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

^{۲*} دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

۱۴۰۱/۰۶/۲۵

پذیرش نهایی:

۱۴۰۱/۰۹/۱۰

تاریخ انتشار:

۱۴۰۱/۱۱/۰۱

چکیده

امروزه در زمینه مطالعه و توضیحات سیستم یکپارچه مبتنی بر کاربرد ماهواره‌ها برای نظارت و پیش بینی شرایط محیطی زمین در بلندمدت و کوتاه‌مدت و فعالیت‌های اقتصادی وابسته به آب و هوا ماهواره‌های مختلفی به کار گرفته شده‌اند. این سیستم‌ها بر اساس روش سنجنش از دور یا مشاهدات ماهواره‌ای از زمین، نظریه بیوفیزیکی پاسخ گیاهان به شرایط اقلیمی، مجموعه‌ای از الگوریتم‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای، تفسیر، توسعه محصول، اعتبارسنجی، کالیبراسیون و کاربردها را شامل می‌شود. مشاهدات جدید ماهواره‌ای عمدتاً توسط تصاویر پیشرفته مادون قرمز که بسیار کارآمد هستند، نشان داده می‌شوند. در این رابطه، استفاده از روش‌های سنجنش از دور، جهت پایش و بررسی اثرات بارش دریافتی بر پوشش گیاهی، به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها شناخته شده است. به منظور آشکار سازی تأثیر بارش بر پوشش گیاهی، جهت محاسبه میانگین ماهانه (SPI) داده‌های بارش ۱۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مورد استفاده قرار گرفت. سپس با استفاده از تصاویر مادون قرمز به صورت میانگین هفتگی ۲۰۲۱-۲۰۱۳ (اول آوریل تا پایان ژوئیه)، به بررسی وضعیت پوشش گیاهی پرداخته شد. میزان همبستگی (SPI) با شاخص‌های NDVI، VCI، TCI و VHI به ترتیب ۰/۰۶۹، ۰/۰۲۷، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۵ می‌باشد. شاخص (VCI) همبستگی بیشتری با (SPI) دارد که می‌تواند به عنوان یک روش ترکیبی از سنجنش از دور و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (SPI) برای بررسی شرایط پوشش گیاهی در استان کرمانشاه مناسب باشد. پوشش گیاهی همه ساله با درجات مختلفی از خشکسالی رو به رو بوده است. شدیدترین خشکسالی پوشش گیاهی در ۲۰۱۵ در قسمت‌های مرکزی، جنوبی و شمال شرقی استان رخ داده است. در ۲۰۱۳ خشکسالی با شدت کمتری نیز رخ داده و در ۲۰۱۶، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ پوشش گیاهی در شرایط مطلوب‌تری قرار داشته است.

واژگان کلیدی:

خشکسالی،

SPI،

سنجنش از دور،

استان کرمانشاه.

۱. مقدمه

عاملی تهدیدکننده و محدودیت‌زا در تولیدات کشاورزی، آب قابل دسترس، بیابان‌زدایی و از رفتن مراتع و پوشش گیاهی طبیعی می‌باشد (Jupp, 1999: 1). خشکسالی را به عنوان یک پدیده، می‌توان بخشی از اقلیم هر منطقه از سطح کره زمین، محسوب کرد. این پدیده به کندی شروع شده و دارای ماهیتی

خشکسالی جزئی از ویژگی‌های سیستم آب و هواست که بدون هیچ اختطار و بدون توجه به تفاوت مرزهای جغرافیایی اقتصادی و سیاسی هر ساله رخ می‌دهد (Kogan, 2001: 6). خشکسالی در اغلب مناطق جهان از جمله در مناطق خشک و نیمه خشک

* نویسنده مسئول

پست الکترونیک نویسندگان: samadkhosravi@yahoo.com (ص، خسروی یگانه)؛ karampoor.m@lu.ac.ir (م، کرم‌پور)؛ nasiri.b@lu.ac.ir (ب، نصیری).

نحوه استنادی به مقاله: خسروی یگانه، صمد؛ کرم‌پور، مصطفی؛ نصیری، بهروز (۱۴۰۱). ارزیابی خشکسالی پوشش گیاهی استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر مادون قرمز. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، سال سوم، شماره ۴ (۱۲). صص ۱۸-۱.

doi Doi:10.52547/gsma.3.4.19

کاهش تدریجی پوشش گیاهی مناطق، پدیده مخرب خشکسالی را به موقع هشداردهی نمود. در زمینه برخورداری از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDVI، مطالعات مختلفی در سراسر جهان انجام شده است:

(Su et al, 2003: 77)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای AVHRR, NOAA ارتباط رطوبت خاک با این داده‌ها را ارزیابی نمودند. همچنین از شاخص رطوبت خاک برای پیش‌شدت خشکسالی در دشت شمال چین استفاده نمودند. در مطالعه ایشان، مقایسه بین شاخص رطوبت خاک و اندازه‌گیری‌های واقعی رطوبت خاک، اعتبار و توانایی این تئوری را نشان داد. (Sharma, 2006: 111)، در مطالعه خود، خشکسالی را در کشور هند در استان کاراناکای با دو روش ارزیابی بررسی نمود. وی در این مطالعه از داده‌های بارش، طی دوره آماری مربوط به سال‌های ۱۹۷۰-۲۰۰۳ برای محاسبه شاخص بارش استاندارد و از تصاویر ماهواره‌ای NDVI, AVHRR, NOAA جهت محاسبه شاخص شرایط گیاهی استفاده نموده است. در نهایت دو روش را با هم مقایسه نموده و به این نتیجه رسید که دقت شاخص NDVI بیشتر است. (Vicente-Serrano, 2006: 12)، در مطالعه خود با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NDVI, AVHRR, NOAA و شاخص‌های خشکسالی، تولید محصولات گندم و جو را در یکی از مناطق خشک اروپا (دره ابرو در اسپانیا) پیش‌بینی کرد. این پیش‌بینی برای ماه‌های فوریه و ماه‌های قبل از برداشت، انجام شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که این پیش‌بینی‌ها، می‌تواند برای مدیریت تولید محصول مفید واقع شود.

کشور ایران از جمله استان کرمانشاه با توجه به قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک و کمبود منابع آبی بیشتر با این پدیده اقلیمی و تبعات آن روبرو است، لذا لزوم تحقیق و مطالعه بیشتر در این زمینه در مناطق مختلف کشور ایران به منظور شناسایی تغییرات زمانی و مکانی این پدیده اقلیمی و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب جهت مقابله و مدیریت آن بسیار

پنهانی است. در مواقعی که مدت زمان وقوع آن طولانی می‌شود، خسارت‌های ناشی از آن نیز در بخش‌های مختلف نظیر: کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و... به تدریج ظاهر می‌شود. خسارات و آثار ناشی از این پدیده در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی مانند سیل، زمین لرزه بسیار زیاد و فراگیرتر می‌باشد.

به منظور مدیریت خشکسالی، کسب اطلاعات از دوره زمانی قبل از وقوع، هنگام وقوع و پس از آن اهمیت زیادی دارد. در دهه‌های گذشته مطالعات بسیاری برای بررسی و پیش‌خشکسالی صورت گرفته و از روش‌های مختلفی خصوصاً روش‌های آماری، جهت بررسی آن استفاده شده است؛ اما بسیاری از این مطالعات دقت لازم را نداشته و هر کدام از این روش‌ها مشکلات خاص خود را دارند.

برای تحلیل خشکسالی وجود یک شاخص جهت تعیین دقیق دوره‌های تر و خشک بسیار ضروری است. شاخص‌های پوشش گیاهی توسط بسیاری از دانشمندان به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها برای نقشه‌برداری زمین‌های کشاورزی، بررسی بارش، تخمین اثرات آب و هوایی، محاسبه میزان بیوماس، بازدهی محصول و فرآوری چراگاه، شرایط خشکسالی و تعیین مقدار توان گیاهان مطرح شده است (Dabrowska et al, 2002: 12). مؤثرترین شاخص‌ها، شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی می‌باشد (Jensen, 1996: 13). NDVI به عنوان شاخص سلامت تراکم پوشش گیاهی مطرح گردید (Tucker, 1979: 19).

شاخص NDVI برگرفته از داده‌های AVHRR، به طور گسترده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی، برآورد محصولات کشاورزی و تشخیص خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Benedetti et al, 1993: 11).

آثار پدیده خشکسالی بر روی پوشش گیاهی به صورت تدریجی ظاهر می‌شود. بنابراین اگر با الگوریتمی بر میزان پوشش گیاهی از روی تصاویر ماهواره‌ای نظارت و پایش شود، می‌توان با

داخل آن تأثیر آب و هوا بر سلامت پوشش گیاهی تخمین زده می‌شود (Ehrlich & Kogan, 1995: 14; Hui, 2006: 23; Holdren, 1971: 8; Shelford, 1931: 8; LOM, 2017: 3).

این محدودیت‌ها برای NDVI و BT برای مشخص کردن حداقل چند ساله (MIN) و حداکثر (MAX) منابع محیطی یا اقلیم‌شناسی تنظیم شدند. NDVImax از داده‌های چند ساله نشان دهنده پوشش گیاهی بسیار سالم است که از نظر عددی ۱۰۰ تخمین زده می‌شود. NDVimin داده‌های چند ساله نشان‌دهنده پوشش گیاهی بسیار ناسالم است که در حد صفر تخمین زده شده است. مقیاس BT دماهای پایین‌تر، پوشش گیاهی سالم را مشخص می‌کند (با مقادیر ۱۰۰) و دماهای بالا پوشش گیاهی ناسالم را مشخص می‌کند (با مقدار صفر). سلامت پوشش گیاهی شاخصی است، برای ارزیابی سلامت پوشش گیاهی در مقیاس بسیار سالم تا کامل در روش پژوهش، روش‌شناسی انجام کار تحقیق باید ارائه شود.

ناسالم و با تعدادی از شرایط میانی مانند عادی، کمی بالاتر یا پایین‌تر از نرمال و استرس. در نتیجه، شاخص وضعیت گیاهی مبتنی بر (VCI) NDVI، دمای مبتنی بر BT شاخص وضعیت (TCI) و (VCI-TCI) ترکیبی از سلامت گیاهی (VHI) به صورت رابطه ۱ تا ۴:

از آنجایی که NDVI، NDVImax و (BT) NDVimin، BTmax و (BTmin) هفتگی بدون نویز هستند. NDVI و BT و حداکثرین سه شاخص برای ارزیابی سلامت پوشش گیاهی مبتنی بر رطوبت از VCI تنظیم شدند.

سلامت پوشش گیاهی مبتنی بر حرارت از TCI و سهم ترکیبی آن‌ها (رطوبت حرارتی) از VHI. هر سه مقدار شاخص از صفر، استرس شدید، به ۱۰۰ (بسیار سالم) تغییر می‌کند (Kogan, 1995: 13). طبق یک اصل ساده ایجاد شده: اگر پوشش گیاهی بسیار سبز و قوی است، شرایط عددی مشتق شده از تصاویر ماهواره به شکل از شاخص‌های (رطوبت، حرارتی و ترکیبی)

ضروری می‌باشد، اما متأسفانه با توجه به اهمیت موضوع کمتر به این مهم پرداخته شده است و اکثر مطالعات صورت گرفته در این زمینه یا بر اساس داده‌های محدود زمینی و یا مختص مناطقی خاص و زمانی محدود بوده است، در نتیجه لزوم گسترش روش‌های نوین و استفاده از تکنیک جدید سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای جدید جهت ارزیابی زمانی و مکانی خشکسالی، وجود دارد، نواقص موجود در داده‌های عناصر جوی و پراکنندگی نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی، دلایلی می‌باشند که لزوم توجه به روش‌های نوین با قابلیت داده‌پردازی و مدل‌سازی بالا و بازخوانی داده‌های نقاط مختلف را نشان می‌دهند، به طوری که در سال‌های اخیر در مدیریت و ساماندهی مناسب اثرات خشکسالی علاوه بر شاخص‌ها و روش‌های آماری، داده‌های سنجنده‌های ماهواره‌ای یک نقش مهم روزافزونی در پایش خشکسالی مرتبط با شرایط محیطی ایفا می‌کنند. می‌توان گفت که آنچه باعث تفاوت این پژوهش با سایر پژوهش‌های حاضر شده است، این است که استفاده از تصاویر مادون قرمز و به صورت هفتگی بودن برای نخستین بار می‌باشد. پس از بررسی انجام شده مشخص شد که تاکنون پژوهشی در زمینه پوشش گیاهی با استفاده از این نوع تصاویر انجام نشده و این پژوهش به نوعی پیشگام در این زمینه شده است.

۲. روش تحقیق

برای انجام این مطالعه تصاویر مادون قرمز از سایت earth data.nasa.gov اخذ گردید. از آنجایی که NDVI و BT مؤلفه‌های آب و هوا و اقلیم محیط را در سیگنال سلامت پوشش گیاهی اندازه‌گیری می‌کنند، به منظور برآورد خشکسالی ناشی از آب و هوا، با رعایت اصول (سه قوانین زیست‌محیطی: قانون حداقل لایبیک، قانون تحمل شفیلد و اصل ظرفیت حمل) از این شاخص‌ها (به طور خودکار توسط سنجنده) حذف شدند.

به طور کلی، این قوانین مستلزم اشتقاق و تنظیم هستند برای هر پیکسل خشکی و واحد زمان، محدودیت‌های چند ساله محیطی که منابع اطلاعاتی یا زیستگاه می‌تواند پشتیبانی کند و در

رابطه (۱) $((NDVI = (NIR - VIS) , (NIR + VIS))$

رابطه (۲) $VCI = 100 \times (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$

رابطه (۳) $TCI = 100 \times (BT_{max} - BT) / (BT_{max} - BT_{min})$

رابطه (۴) $VHI = a \times VCI + (1 - a) \times TCI$

مختلف سلامت پوشش گیاهی مانند، برای سطح استرس: سبک، متوسط، شدید، افراطی، استثنایی و برای سطوح سالم: عادی، متوسط، سالم و غیره می‌باشد. اصول ارزیابی در هر مرحله از توسعه پوشش گیاهی و برای هر مرحله اعمال می‌شود (Saleous, 2005: 13). در جدول (۲) طبقه‌بندی خشکسالی هر یک از شاخص‌های مورد استفاده با مقادیر آن آورده شده است.

بسیار سالم تنظیم شده است (۱۰۰) اگر پوشش گیاهی بسیار کمتر سبز، شدید یا حتی پژمرده نباشد، وضعیت پوشش گیاهی به صورت بسیار ناسالم یا بسیار تحت استرس (صفر) طبقه‌بندی می‌شود. بین این دو شرایط شدید (بسیار تنش‌های سالم و شدید)، سلامت پوشش گیاهی به طور مستمر برآورد می‌شود. سطوح

جدول ۱. طبقه‌بندی درجات خشکسالی VCI, TCI, VHI

VCI, TCI, VHI مقدار	۱۰ <	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۶۰-۴۰	۶۰ >
شرایط خشکسالی	بسیار شدید	شدید	متوسط	ملازم	نرمال	غیر خشکسالی

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۲. طبقه‌بندی وضعیت‌های خشکسالی شاخص NDVI

مقدار NDVI	کمتر از صفر	۰/۲-۰	۰/۴-۰/۲	۰/۴-۰/۶	بیشتر از ۰/۶
خشکسالی	خشکی شدید	خشکی	نرمال	ترسالی	غیر خشکسالی

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۳. طبقه‌بندی شرایط خشکسالی SP

مقدار SPI	۲ ≥	۱/۵ تا ۱/۹۹	۰/۱ تا ۰/۴۹	۰/۹۹- تا ۰/۹۹	۰/۱ تا ۰/۴۹-	۱/۵ تا ۱/۹۹-	۲ ≤ -
شرایط خشکسالی	ترسالی بسیار شدید	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

معیار بارندگی در آن مقیاس زمانی محاسبه می‌گردد. این شاخص از طریق (رابطه ۵) قابل محاسبه می‌باشد.

رابطه ۵ $SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x}$

که در آن X_i میانگین بارندگی در هر ماه \bar{X} میانگین بارش در دوره مورد نظر و S_x انحراف معیار مقدار بارش می‌باشد. پس از محاسبه مقدار SPI در هر بازه زمانی، وضعیت رطوبتی به کلاس‌های مختلف که در جدول ۳ ارائه شده‌اند، تقسیم می‌شود. برای محاسبه شاخص SPI از آمار ماهانه بارش ایستگاه‌های

در جدول (۲) مقادیر منفی NDVI بیانگر شرایط پوشش گیاهی زیر نرمال است که وضعیت خشکسالی را معرفی می‌کند (Berhan, 2011: 13).

شاخص استاندارد شده بارش (SPI) Standardized Precipitation Index

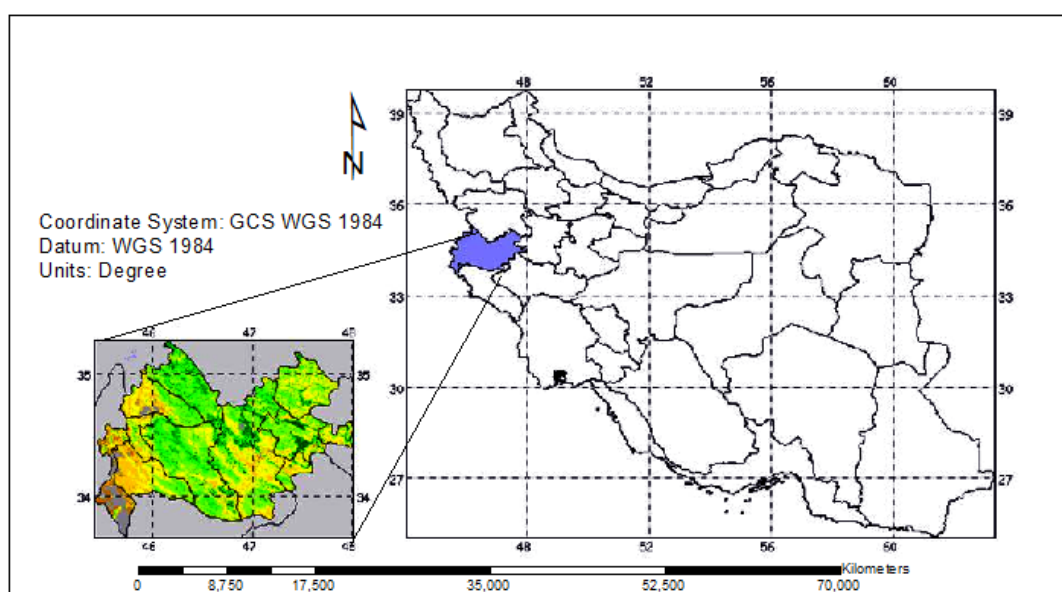
شاخص بارندگی استاندارد شده، توسط (Mckee, 1993: 28) و همکارانش در دانشگاه ایالت کلرادو، در سال ۱۹۹۳ تدوین شد. این شاخص، بر اساس اختلاف میان مقدار بارندگی در هر ماه و میانگین بارندگی در دوره زمانی مشخص تقسیم بر انحراف

دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی و از عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی واقع شده است. استان کرمانشاه که ۵،۱ درصد مساحت کشور را در بر می گیرد و از استان‌های غربی به شمار می آید که با کشور عراق مرز مشترک دارند. این استان از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود می شود. نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

سینوپتیک اسلام آباد غرب، پاوه، جوانرود، روانسر، سرپل ذهاب، سنقر، کرمانشاه، صحنه، قصر شیرین، کنگاور، گیلانغرب، ماهیدشت و هرسین استفاده شده است. در جدول (۲) مقادیر منفی NDVI بیانگر شرایط پوشش گیاهی زیر نرمال است که وضعیت خشکسالی را معرفی می کند (Berhan, 2011: 13).

۱.۲. محدوده مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۶۴۰ کیلومتر مربع، هفدهمین استان ایران از نظر وسعت به شمار می رود. این استان در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی تا ۴۸ درجه و ۱



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ شرایط پوشش گیاهی در وضعیت مساعدی بوده و به نوعی ترسالی حاکم بوده است. براساس طبقه بندی درجات خشکسالی یا ترسالی در شرایط پوشش گیاهی جدول (۱) می توان گفت که اکثر سال هایی شرایط پوشش گیاهی در وضعیت خشکسالی قرار می گیرد از هفته ۲۰ میلادی قابل پیش بینی می باشد، به طوری که هر یک از مقادیر شاخص ها کاهش یافته و در کلاس خشکسالی خفیف، سپس شدید قرار می گیرد.

به عبارت دیگر در سال هایی که به نوعی دچار خشکسالی در شاخص های پوشش گیاهی رخ داده است، در ماه آوریل مقادیر شاخص ها از ماه آوریل و می روند نزولی

۳. یافته های تحقیق

در این پژوهش پس از محاسبه شاخص ها و پارامترها در دوره مورد مطالعه، مقدار عددی هر یک از شاخص ها در جدول (۴) آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود، تمامی شاخص های مربوط به شرایط پوشش گیاهی به صورت میانگین هفتگی محاسبه شده است. زیرا هرچه بازه زمانی بررسی شرایط پوشش گیاهی کوتاه تر باشد، بهتر می توان به سایر جزئیات پی برد و تحلیل های دقیق تری انجام داد.

براساس مقادیر محاسبه شده جدول (۴) می توان گفت که در سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ خشکسالی در شرایط پوشش گیاهی استان کرمانشاه به وقوع پیوسته و در سال های

شاخص NDVI در سال‌هایی که خشکسالی پوشش گیاهی رخ داده است مقادیر آن کاهش داشته‌اند. این شاخص در هفته ۲۰ هر سال به بیشترین میزان خود رسیده است. بیشترین تغییرات زمانی شاخص NDVI به صورت هفتگی می‌باشد به-طوری که میزان این شاخص نسبت به هفته قبل و بعد دچار تغییر شده است.

داشته و سپس در ژوئن و ژولای شاخص‌ها به سمت خشکسالی شدید میل پیدا می‌کنند. در سال ۲۰۱۳ از هفته ۲۳ (دهم ژوئن) تا هفته ۲۶ (اول ژولای) در وضعیت شاخص NDVI خشکی به وقوع پیوسته است. در سال ۲۰۱۵ از هفته ۲۱ (بیست و هفتم می) تا هفته ۲۶ (اول ژولای) شاخص NDVI دچار خشکی شده است. به عبارت دیگر وضعیت

جدول ۴. میانگین هفتگی شاخص‌های NDVI، TCI، VCI، VHI و در استان کرمانشاه

سال	هفته	NDVI	TCI	VCI	VHI	سال	هفته	NDVI	TCI	VCI	VHI
۲۰۱۳	۱۳	۰/۲۴	۶۷/۴	۲۲/۳۱	۴۴/۸۵	۲۰۱۵	۱۳	۰/۲۶۱	۷۶/۵۷	۳۱/۵	۵۴/۰۳
۲۰۱۳	۱۴	۰/۲۴۹	۶۴/۴۸	۲۸/۸۴	۴۶/۶۶	۲۰۱۵	۱۴	۰/۲۷	۷۴/۲۹	۳۶/۷۳	۵۵/۵۱
۲۰۱۳	۱۵	۰/۱۵۲	۶۱/۲۶	۳۵/۴۹	۴۸/۳۷	۲۰۱۵	۱۵	۰/۲۷۵	۷۲/۱۱	۳۶/۰۹	۵۴/۱
۲۰۱۳	۱۶	۰/۲۵۲	۵۶/۳۴	۴۴/۷۴	۵۰/۵۴	۲۰۱۵	۱۶	۰/۲۷۵	۶۸/۲۹	۳۲/۱۴	۵۰/۲۲
۲۰۱۳	۱۷	۰/۲۴۸	۵۰/۲۵	۵۱/۱۸	۵۰/۷۲	۲۰۱۵	۱۷	۰/۲۶۸	۶۱/۶۴	۲۸/۵۵	۴۵/۱
۲۰۱۳	۱۸	۰/۲۴۳	۴۳/۶۴	۵۷/۴۲	۵۰/۵۳	۲۰۱۵	۱۸	۰/۲۵۶	۵۲/۱۷	۲۶/۰۶	۳۹/۱۱
۲۰۱۳	۱۹	۰/۲۳۵	۳۷/۵۵	۶۳/۳۳	۵۰/۴۴	۲۰۱۵	۱۹	۰/۲۴۱	۴۱/۶۸	۲۳/۹۳	۳۲/۸
۲۰۱۳	۲۰	۰/۲۲۷	۳۳/۱	۶۵/۷۳	۴۹/۴۱	۲۰۱۵	۲۰	۰/۲۲۶	۳۲/۶۷	۲۳/۲۵	۲۸/۰۱
۲۰۱۴	۲۱	۰/۲۱۸	۳۱/۱۵	۶۳/۲۵	۴۷/۲	۲۰۱۵	۲۱	۰/۲۱	۲۵/۸	۲۱/۶	۲۳/۷
۲۰۱۳	۲۲	۰/۲۰۸	۳۰/۷۸	۵۹/۳۷۹	۴۵/۰۸	۲۰۱۵	۲۲	۰/۱۹۵	۲۲/۰۱	۱۴/۲۱	۲۱/۵۷
۲۰۱۳	۲۳	۰/۱۹۶	۳۱/۰۵	۵۳/۱۵	۴۲/۱	۲۰۱۵	۲۳	۰/۱۸۳	۲۰/۵۰	۲۲/۴۵	۲۱/۵۷
۲۰۱۳	۲۴	۰/۱۸۳	۲۹/۹۳	۴۷/۴۳	۳۸/۶۸	۲۰۱۵	۲۴	۰/۱۷	۱۹/۴۹	۲۳/۵	۲۱/۴۹
۲۰۱۳	۲۵	۰/۱۷۱	۲۹/۳۷	۴۱/۴۱	۳۵/۳۹	۲۰۱۵	۲۵	۰/۱۵۹	۱۸/۱۵	۲۷/۰۲	۲۲/۵۹
۲۰۱۳	۲۶	۰/۱۶۳	۳۱/۲۵	۳۴/۸۷	۳۳/۰۱	۲۰۱۵	۲۶	۰/۱۴۹	۱۸/۳۵	۳۱/۷۴	۲۵/۰۴
۲۰۱۴	۱۳	۰/۲۳۸	۶۷/۲۴	۳۰/۹۵	۴۹/۰۹	۲۰۱۶	۱۳	۰/۱۶۵	۷۹/۹۵	۴۸/۲	۶۴/۰۷
۲۰۱۴	۱۴	۰/۲۴۹	۶۵/۸	۳۳/۸۲	۴۹/۸۱	۲۰۱۶	۱۴	۰/۲۷۹	۷۹/۸۴	۵۶/۷۱	۶۸/۲۸
۲۰۱۴	۱۵	۰/۲۵۹	۶۴/۷۵	۳۴/۵۵	۴۹/۶۵	۲۰۱۶	۱۵	۰/۲۸۹	۵۹/۸۰	۶۲/۵	۷۱/۵۵
۲۰۱۴	۱۶	۰/۲۶۲	۶۲/۹۹	۳۴/۱۲	۴۸/۵۵	۲۰۱۶	۱۶	۰/۲۶۹	۸۰/۶۷	۶۶/۶۵	۷۳/۶۶
۲۰۱۴	۱۷	۰/۲۶۴	۶۰/۰۱	۳۴/۲۵	۴۷/۱۴	۲۰۱۶	۱۷	۰/۲۶۸	۷۸/۹۴	۷۰/۲۳	۷۴/۵۹
۲۰۱۴	۱۸	۰/۲۶	۵۵/۳	۳۶/۰۹	۴۵/۷	۲۰۱۶	۱۸	۰/۲۹۴	۷۶/۳۴	۷۴/۳۶	۷۵/۳۵
۲۰۱۴	۱۹	۰/۲۵۴	۵۰/۵۹	۳۹/۲۳	۴۴/۹۱	۲۰۱۶	۱۹	۰/۲۸۹	۷۳/۸۹	۷۶/۸۸	۷۵/۳۹
۲۰۱۴	۲۰	۰/۲۴۳	۴۴/۹۶	۴۵/۱۲	۴۵/۰۴	۲۰۱۶	۲۰	۰/۲۸۳	۷۲/۱۷	۷۵/۸۴	۷۴
۲۰۱۴	۲۱	۰/۲۲۹	۳۹/۶۵	۴۷/۲۵	۴۳/۴۵	۲۰۱۶	۲۱	۰/۲۷۱	۷۰/۰۲	۷۲/۳۲	۷۱/۲
۲۰۱۴	۲۲	۰/۲۱۵	۳۷/۱۵	۴۸/۰۸	۴۲/۶۳	۲۰۱۶	۲۲	۰/۲۵۵	۶۷/۹۴	۷۲/۶	۷۰/۲۷
۲۰۱۴	۲۳	۰/۲	۳۴/۹۲	۴۸/۰۴	۴۱/۴۸	۲۰۱۶	۲۳	۰/۲۳۴	۶۳/۰۲	۷۳/۶۹	۶۸/۳۶
۲۰۱۴	۲۴	۰/۱۸۷	۳۳/۹۵	۴۶/۹۴	۴۰/۴۵	۲۰۱۶	۲۴	۰/۲۱۴	۵۸/۳۳	۷۳/۶۳	۶۵/۹۵
۲۰۱۴	۲۵	۰/۱۷۴	۳۲/۸۷	۴۵/۶۳	۳۹/۲۵	۲۰۱۶	۲۵	۰/۱۹۵	۵۳/۶۴	۷۲/۳۶	۶۳
۲۰۱۴	۲۶	۰/۱۶۳	۳۲/۷۳	۴۳/۵۱	۳۸/۱۲	۲۰۱۶	۲۶	۰/۱۸۱	۵۱/۱۶	۶۸/۷۵	۵۹/۹۵

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

ادامه جدول ۴. میانگین هفتگی شاخص‌های VHI و TCI/ VCI، NDVI در استان کرمانشاه

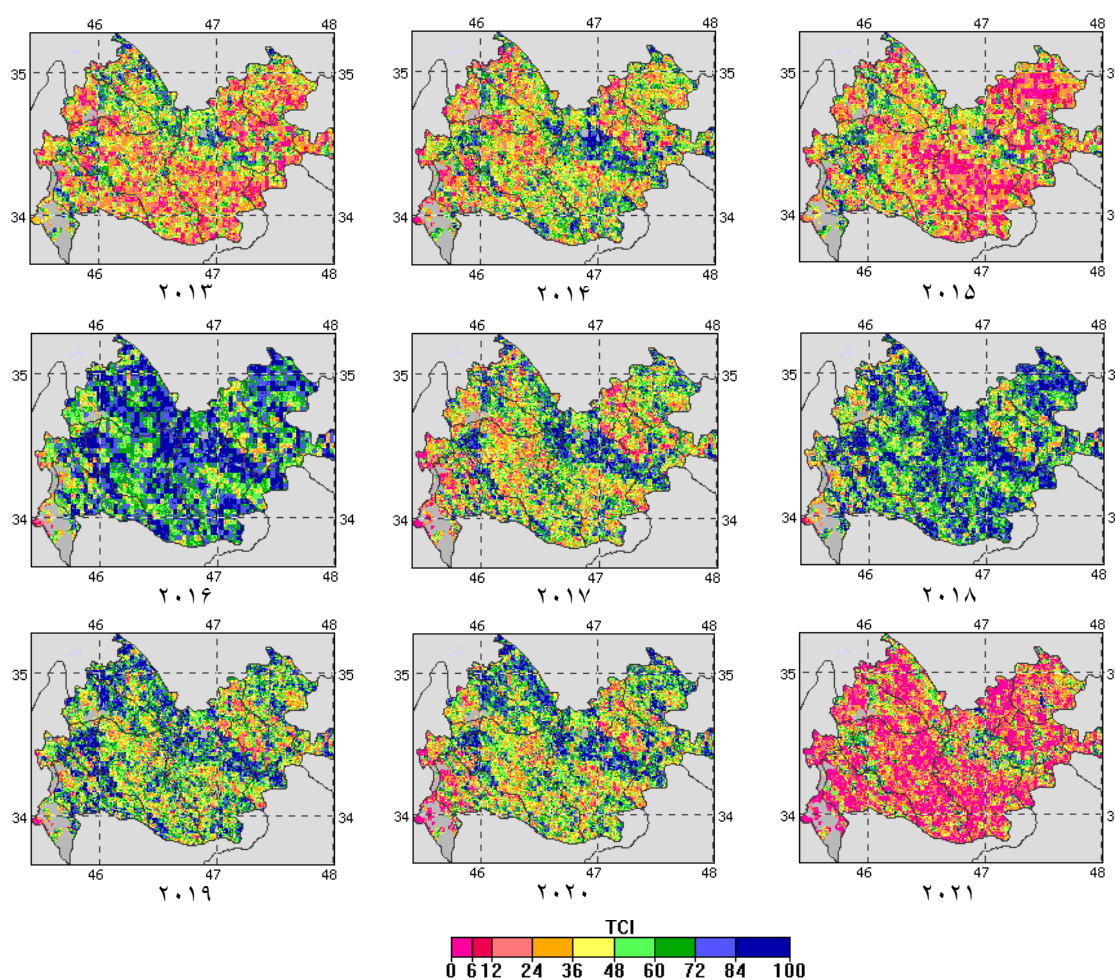
سال	هفته	NDVI	TCI	VCI	VHI	سال	هفته	NDVI	TCI	VCI	VHI
۲۰۱۷	۱۳	۰/۱۷۶	۳۸/۱	۵۴/۶۷	۴۶/۳۸	۲۰۱۹	۱۳	۰/۲۵	۷۳/۰۱	۶۶/۸۶	۹۴/۶۴
۲۰۱۷	۱۴	۰/۱۹۳	۳۹/۳۵	۵۸/۸۸	۴۹/۱۲	۲۰۱۹	۱۴	۰/۲۶۷	۷۴/۵۶	۷۲/۷۱	۷۳/۶۳
۲۰۱۷	۱۵	۰/۲۱۱	۶۳/۴۱	۵۸/۶	۵۰/۱۱	۲۰۱۹	۱۵	۰/۲۸۳	۷۷/۸۱	۷۶/۷۹	۷۷/۳
۲۰۱۷	۱۶	۰/۲۲۸	۹۲/۴۴	۵۷/۶۴	۵۱/۲۸	۲۰۱۹	۱۶	۰/۲۹۲	۷۹/۵۴	۷۸/۲۳	۷۸/۸۸
۲۰۱۷	۱۷	۰/۲۴۲	۴۷/۵۵	۵۵/۰۹	۵۱/۳۳	۲۰۱۹	۱۷	۰/۲۹۸	۸۰/۲۵	۷۵/۶۱	۷۷/۹۴
۲۰۱۷	۱۸	۰/۲۵	۴۹/۱۴	۵۳/۸۴	۵۱/۴۹	۲۰۱۹	۱۸	۰/۲۹۸	۷۹/۶	۷۲/۵۶	۷۶/۰۸
۲۰۱۷	۱۹	۰/۲۵۷	۱۲/۵۲	۴۸/۸۲	۵۰/۹۷	۲۰۱۹	۱۹	۰/۲۹۴	۷۸/۴۱	۶۹/۷۴	۷۸/۰۷
۲۰۱۷	۲۰	۰/۲۵۸	۵۶/۵۴	۴۵/۶۹	۵۰/۱۳	۲۰۱۹	۲۰	۰/۲۸۶	۷۷۵/۶۸	۶۸/۹۵	۷۲/۳۲
۲۰۱۷	۲۱	۰/۲۵۲	۳۲/۵۵	۴۷/۷۴	۵۱/۵۳	۲۰۱۹	۲۱	۰/۲۷۲	۷۲/۶۸	۶۵/۸۸	۶۹/۲۸
۲۰۱۷	۲۲	۰/۲۴۲	۹/۵۶	۴۷/۵۲	۵۲/۲۱	۲۰۱۹	۲۲	۰/۲۵۶	۷۰/۷۴	۶۱/۱۶	۶۵/۹۵
۲۰۱۷	۲۳	۰/۲۲۹	۳۶/۵۷	۴۵/۲۶	۵۱/۳۱	۲۰۱۹	۲۳	۰/۲۳۷	۶۷/۳۱	۵۸/۲۲	۶۲/۷۷
۲۰۱۷	۲۴	۰/۲۱۱	۲۱/۵۴	۴۷/۵۷	۵۰/۸۹	۲۰۱۹	۲۴	۰/۲۱۸	۶۳/۹۶	۵۶/۹۸	۶۰/۴۷
۲۰۱۷	۲۵	۰/۱۹۵	۳۹/۵۲	۴۹/۱۹	۵۰/۷۹	۲۰۱۹	۲۵	۰/۲۰۳	۶۲/۲۳	۵۶/۲۱	۵۹/۲۲
۲۰۱۷	۲۶	۰/۱۸۳	۳۵/۵۱	۴۸/۴۵	۴۹/۹	۲۰۱۹	۲۶	۰/۱۹	۶۱/۳۷	۵۵/۹۴	۵۸/۶۶
۲۰۱۸	۱۳	۰/۲۴	۵۹/۶۶	۲۹/۹۷	۴۸/۲۸	۲۰۲۰	۱۳	۰/۲۵۱	۷۲/۷۹	۵۲/۸۸	۶۲/۸۳
۲۰۱۸	۱۴	۰/۲۵۴	۲۱/۶۶	۳۹/۹۱	۵۳/۰۶	۲۰۲۰	۱۴	۰/۲۶۸	۷۴/۰۶	۵۷/۲۶	۶۵/۶۶
۲۰۱۸	۱۵	۰/۲۶۳	۹۸/۶۶	۴۸/۵۷	۵۷/۷۸	۲۰۲۰	۱۵	۰/۲۷۹	۷۵/۰۱	۶۰/۶	۶۷/۸۱
۲۰۱۸	۱۶	۰/۲۶۹	۹۹/۶۵	۶۰/۶۵	۶۳/۳۳	۲۰۲۰	۱۶	۰/۲۸۶	۷۵/۲	۶۲/۲۵	۶۸/۷۲
۲۰۱۸	۱۷	۰/۲۷۲	۵۱/۶۴	۷۰/۱۱	۶۷/۳۲	۲۰۲۰	۱۷	۰/۲۸۹	۷۴/۳۱	۶۱/۳۴	۶۷/۸۳
۲۰۱۸	۱۸	۰/۲۷۳	۶۳	۷۶/۵۱	۶۹/۷۶	۲۰۲۰	۱۸	۰/۲۸۷	۷۲/۰۷	۵۹/۴۴	۶۵/۷۵
۲۰۱۸	۱۹	۰/۲۷۲	۳۸/۶۲	۸۱/۸۲	۷۲/۱	۲۰۲۰	۱۹	۰/۲۸۳	۶۹/۶۳	۵۵/۳۹	۶۲/۵۱
۲۰۱۸	۲۰	۰/۲۶۹	۶۳/۶۲	۸۳/۰۹	۷۲/۸۶	۲۰۲۰	۲۰	۰/۲۷۵	۶۶/۸۲	۵۰/۳۲	۵۸/۵۷
۲۰۱۸	۲۱	۰/۲۶۲	۲۷/۶۳	۸۰/۸	۷۲/۰۴	۲۰۲۰	۲۱	۰/۲۶۲	۶۳/۵۸	۴۵/۹	۵۴/۷۴
۲۰۱۸	۲۲	۰/۲۵۱	۳۳/۶۴	۷۹/۲	۷۱/۷۷	۲۰۲۰	۲۲	۰/۲۴۶	۶۱/۱۷	۴۴/۳۴	۵۲/۷۵
۲۰۱۸	۲۳	۰/۲۳۵	۲۱/۶۳	۷۶/۹۶	۷۰/۰۹	۲۰۲۰	۲۳	۰/۲۲۹	۵۹/۱۲	۴۶/۲۲	۵۲/۷۶
۲۰۱۸	۲۴	۰/۲۱۸	۷۹/۶۰	۷۲/۶۳	۶۶/۷۱	۲۰۲۰	۲۴	۰/۲۱۲	۵۶/۷۲	۴۷/۷۵	۵۲/۲۳
۲۰۱۸	۲۵	۰/۲۰۱	۰۷/۵۸	۶۸/۱۴	۶۳/۱۱	۲۰۲۰	۲۵	۰/۱۹۷	۵۵/۴۵	۴۸/۵۳	۵۱/۹۹
۲۰۱۸	۲۶	۰/۱۸۶	۲۷/۵۵	۶۶/۰۸	۶۰/۶۸	۲۰۲۰	۲۶	۰/۱۸۶	۵۶/۱۹	۵۰/۱۶	۵۳/۱۷
۲۰۲۱	۱۳	۰/۲۴۲	۶۸۵۹	۲۲/۶۲	۴۵/۶۱	۲۰۲۱	۲۰	۰/۲۳۳	۳۷/۸	۱۷/۵۷	۲۷/۶۸
۲۰۲۱	۱۴	۰/۲۵۳	۹۴/۶۶	۲۳/۱۱	۴۵/۰۳	۲۰۲۱	۲۱	۰/۲۲۱	۳۳/۸۲	۱۶/۱۹	۲۵
۲۰۲۱	۱۵	۰/۲۶	۲۳/۶۵	۲۲/۳۷	۴۳/۸	۲۰۲۱	۲۲	۰/۲۰۹	۳۲/۹	۱۵/۲۲	۲۴/۰۶
۲۰۲۱	۱۶	۰/۲۶۱	۶۳/۶۱	۲۰/۰۹	۴۰/۸۶	۲۰۲۱	۲۳	۰/۱۹۷	۳۲/۷۹	۱۵/۲۶	۲۴/۰۲
۲۰۲۱	۱۷	۰/۲۵۹	۶۶/۵۶	۱۷/۴۶	۳۷/۰۶	۲۰۲۱	۲۴	۰/۱۸۶	۳۳/۴۹	۱۵/۷۵	۲۴/۶۳
۲۰۲۱	۱۸	۰/۲۵۲	۰۹/۵۰	۱۷/۲۹	۳۳/۶۹	۲۰۲۱	۲۵	۰/۱۷۶	۳۵/۳۱	۱۷/۶۲	۲۶/۴۷
۲۰۲۱	۱۹	۰/۲۴۴	۳۶/۴۳	۱۷/۲۳	۳۰/۲۹	۲۰۲۱	۲۶	۰/۱۷	۳۹/۹۴	۲۲/۲۳	۳۱/۰۸

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

نقشه‌های پوشش گیاهی حاصل از تصاویر مادون قرمز ۲۰۲۱ برای منطقه مورد مطالعه تهیه شدند (شکل‌های ۴، ۳، ۲، ۵). در ابتدا نکته‌ای که باید به آن اشاره شود این است که اخذ شده از سنجنده (Suomi NPP) برای ۹ سال از ۲۰۱۳ تا

باشد. تصاویر مادون قرمز به صورت میانگین هفتگی در هفته ۲۶ در دوره مورد مطالعه (۲۰۲۱-۲۰۱۳) برای نشان دادن شرایط نرمال و خشکسالی پوشش گیاهی انتخاب شده‌اند که می‌توانند به خوبی تغییرات پوشش گیاهی را در کوتاه‌ترین زمان نشان دهند. می‌توان گفت در تمامی سال‌های مورد بررسی (Temperature Condition index (TCI) در سطح استان کرمانشاه شرایط یکنواختی نداشته و با توجه به شکل (۲) مشاهده می‌شود که پوشش گیاهی در ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ دچار خشکسالی شده و در ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ پوشش گیاهی در وضعیت نرمالی قرار داشته است.

محاسبه عددی هریک از شاخص‌های پوشش گیاهی به صورت پهنه‌ای بوده اما شاخص استاندارد بارش یا استفاده از داده‌های ایستگاهی (به صورت نقطه‌ای) محاسبه شده است. در این تصاویر به روشنی پویایی وضعیت پوشش گیاهی در سال‌های مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این تصاویر به‌طور کلی می‌توان گفت که وضعیت نرمال و غیر نرمال پوشش گیاهی در طول بازه زمانی، در سراسر محدوده مورد مطالعه از وضعیت کاملاً متفاوتی برخوردار بوده است، به عبارت دیگر در نقاط مختلف استان کرمانشاه وضعیت پوشش گیاهی متفاوت بوده اما این تفاوت چشمگیر نمی‌باشد.



شکل ۲. میانگین هفتگی Temperature Condition index (TCI) استان کرمانشاه (هفته ۲۶) اول جولای (۲۰۱۳-۲۰۲۱)،

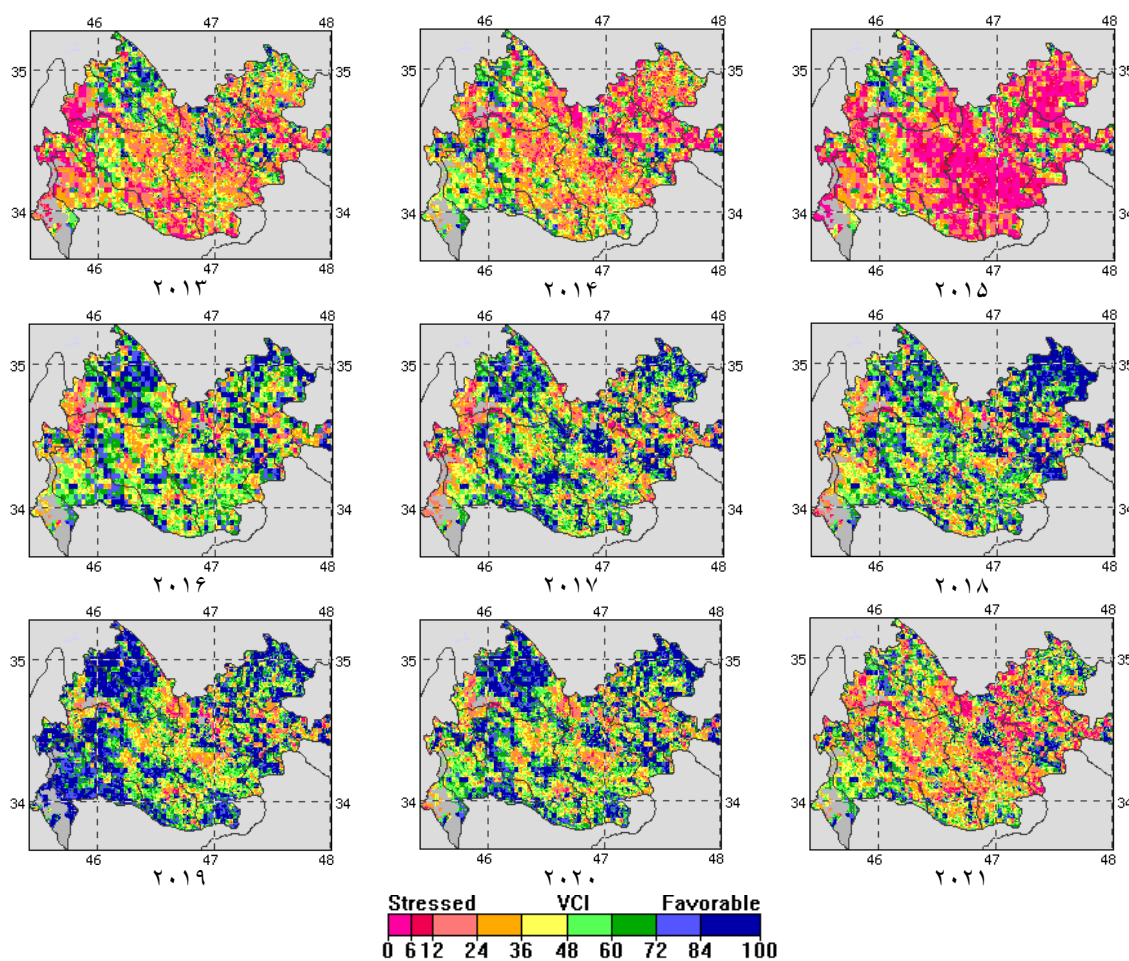
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

پیروی نمی‌کند، که دلیل آن نیز می‌تواند به تراکم بارندگی در سال‌های مختلف و یا نوع مدیریت زراعی و باغی اعم از

براساس جدول (۲)، Vegetation Condition index (VCI) در همه سال‌ها از یک الگوی منظم و یکسان

شرایط VCI مجدداً با میزان بارندگی در این سال‌ها به نسبت کل دوره مورد مطالعه همخوانی دارد و با استفاده از شاخص غالب شرایط متمایل به ترسالی را برای این سال‌ها نشان می‌دهد. لازم به ذکر می‌باشد که به دلیل حجم زیاد اشکال تولید شده هریک از شاخص‌های پوشش گیاهی، فقط ارائه نقشه شاخص‌ها در هفته ۲۶ (هفته پایانی ژوئن هر سال) امکان‌پذیر بود.

کشت دیم و آبی در استان کرمانشاه هم باشد. در ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۲۱ دارای شرایط خشکسالی مستخرج از داده‌های زمینی، همخوانی نسبتاً خوب SPI متوسط و خفیف اشد و بیانگر کارآیی این شاخص در تخمین خشکسالی کشاورزی متأثر از کمبود بارش در این سال‌ها می‌باشد. همچنین بر گویایی شرایط مساعد گیاهی و به عبارتی ترسالی می‌باشد، که بر اساس نتایج ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۲۱ نیز با مقادیر بالای



شکل ۳. میانگین هفتگی Vegetation Condition index (VCI) استان کرمانشاه (هفته ۲۶) اول جولای (۲۰۱۳-۲۰۲۱)،

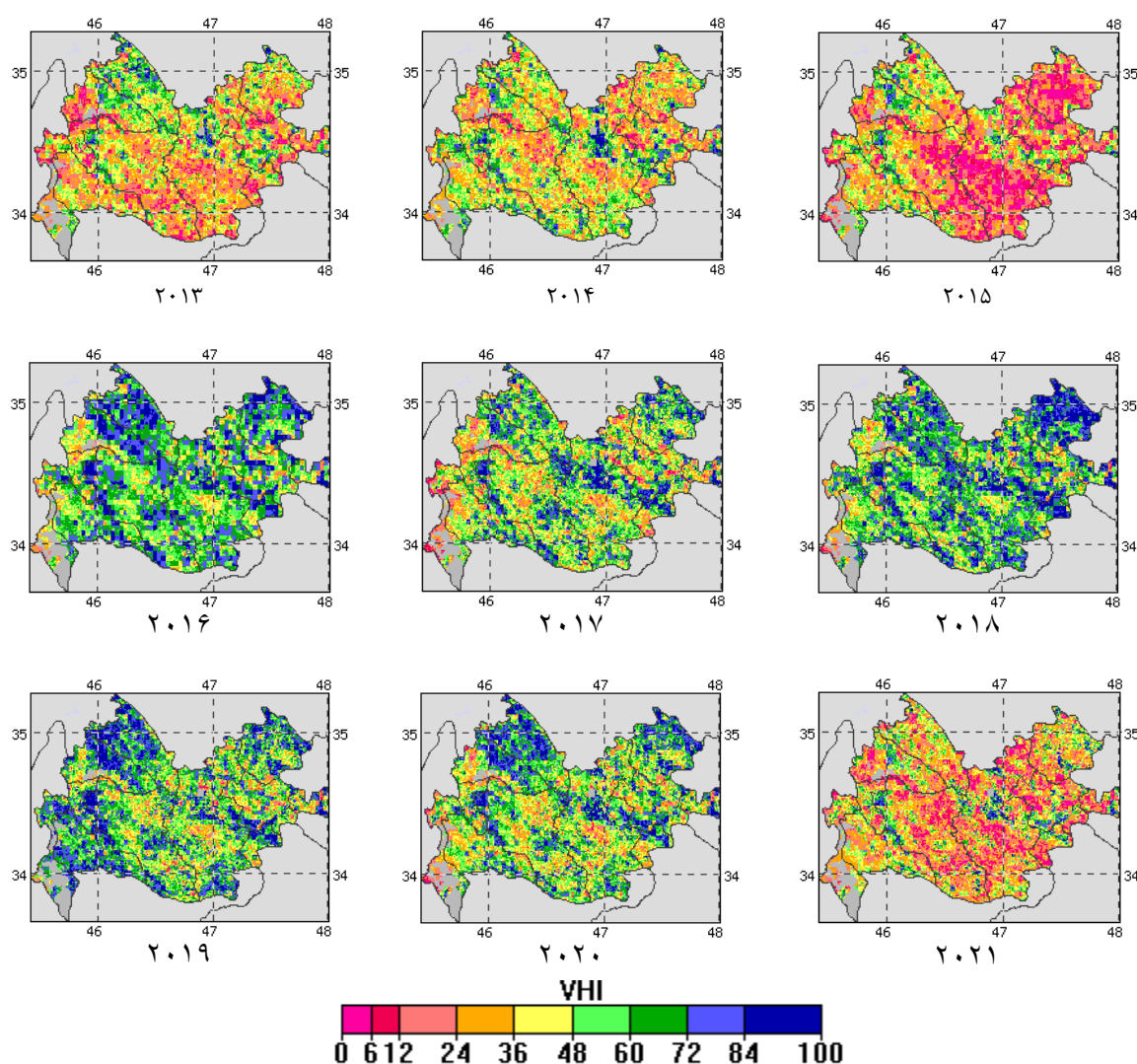
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

ترسالی یا خشکسالی). در سال ۲۰۲۱ که خشک‌ترین وضعیت این شاخص می‌باشد از هفته ۱۳ (میلادی) اول آوریل تا اواخر ژوئن روند نزولی داشته (جدول ۴) و به نوعی قابل پیش‌بینی می‌باشد. به عبارت دیگر در سالی که خشکسالی یا ترسالی در این شاخص رخ داده از اول آوریل

بر اساس شکل (۳) می‌توان ملاحظه نمود که شرایط شاخص Vegetation Condition index (VCI) در استان کرمانشاه در تمامی سطح استان از شرایط کاملاً متفاوتی برخوردار بوده به طوری وضعیت این شاخص در استان از نظر تغییرات منطقه‌ای، زیاد محسوس نبوده است (در وضعیت

شرایط یکسانی نداشته و روند مقادیر نزولی یا صعودی بوده می‌باشد.

است. مرطوب‌ترین سال‌ها از نظر این شاخص ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸



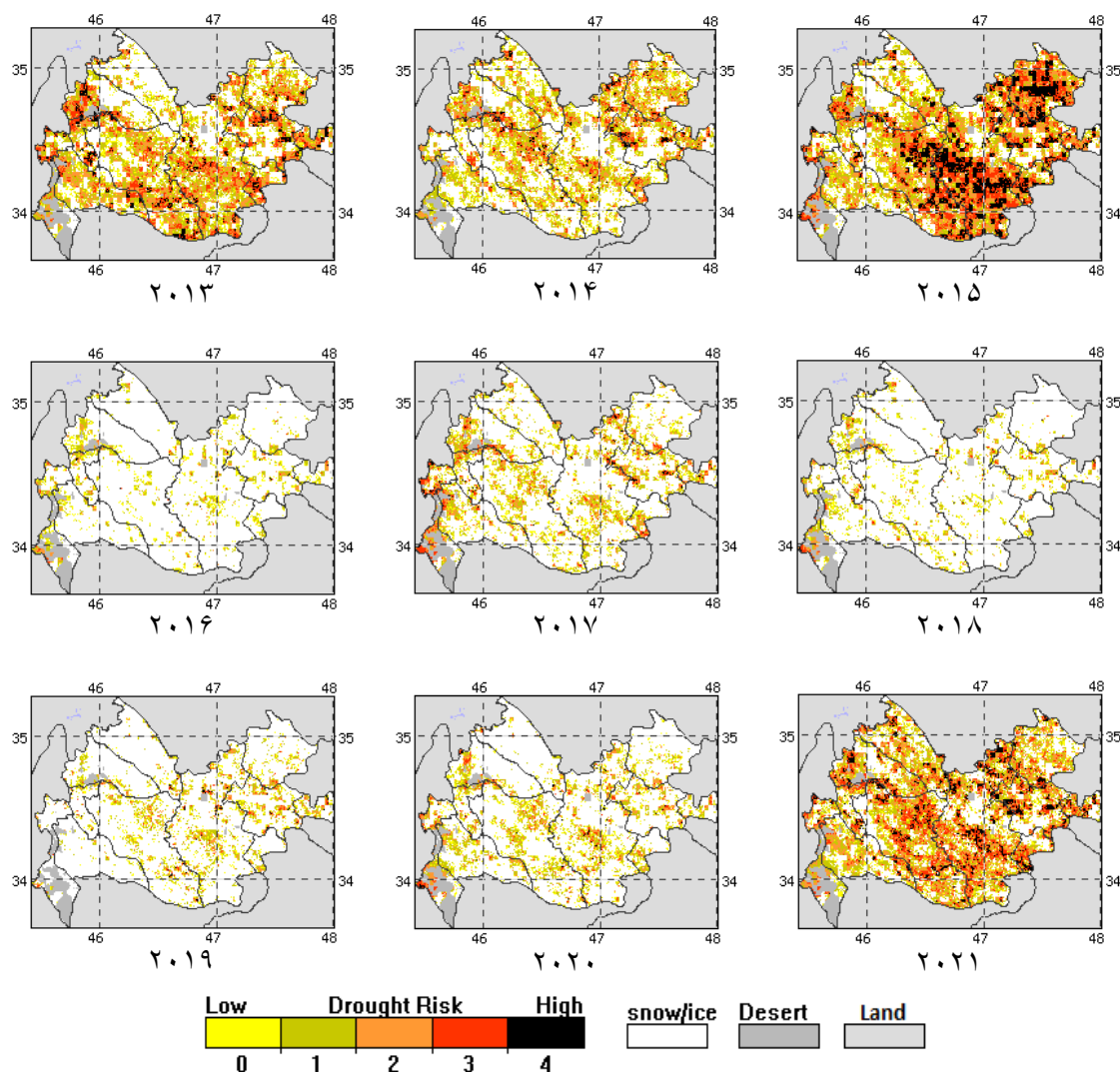
شکل ۴. میانگین هفتگی Vegetation Health index (VHI) استان کرمانشاه (هفته ۲۶) اول جولای (۲۰۱۳-۲۰۲۱)، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

در سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ این شاخص در وضعیت مطلوب‌تری قرار داشته است.

بر اساس شکل (۵) ملاحظه می‌شود که در منطقه مورد مطالعه ریسک خشکسالی از شرایط کاملاً متفاوتی برخوردار بوده به طوری که وضعیت این شاخص در استان از نظر تغییرات منطقه‌ای، زیاد محسوس بوده است. می‌توان گفت که در تمامی سال‌های مورد مطالعه حتی به میزان یک یا چند هفته خشکسالی با درجات مختلفی پوشش گیاهی استان کرمانشاه را تحت تأثیر قرار داده است. در سال ۲۰۱۵ که

با توجه به شکل (۴) ملاحظه می‌شود که در منطقه مورد مطالعه شرایط کاملاً متفاوتی برخوردار بوده به طوری وضعیت این شاخص در استان از نظر تغییرات منطقه‌ای، زیاد محسوس نبوده است (در وضعیت ترسالی یا خشکسالی). در سال ۲۰۱۵ که خشک‌ترین وضعیت این شاخص می‌باشد از هفته ۱۱ (میلادی) اول آوریل تا اواخر ژوئن روند نزولی داشته و به نوعی قابل پیش‌بینی می‌باشد (جدول ۴) و در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ وضعیت این شاخص در خشکسالی قرار گرفته است.

خشک‌ترین وضعیت این شاخص در قسمت‌های مرکزی، جنوبی و شمال شرقی استان کرمانشاه می‌باشد و در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ وضعیت این شاخص در خشکسالی قرار گرفته است. در سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ این شاخص در وضعیت مطلوب‌تری قرار داشته است.



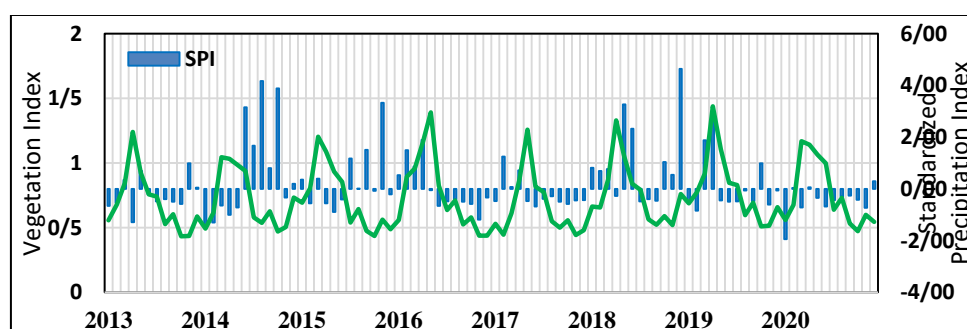
شکل ۵. میانگین هفتگی Drought Risk استان کرمانشاه (هفته ۲۶) اول جولای (۲۰۱۳-۲۰۲۱)، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

دهه سوم سپتامبر شروع و تا دهه سوم ژوئن هر سال ادامه دارد. چنانچه در استان کرمانشاه پوشش گیاهی دچار خشکسالی شود، بهترین پایه زمانی برای پایش و برآورد آن از اول آوریل تا انتهای ژوئن می‌باشد، زیرا اگر پوشش گیاهی در دیگر ماه‌ها دچار خشکسالی شود، بارش در دیگر ماه‌های سال می‌تواند خشکسالی پوشش گیاهی را جبران کند و کمبود بارش تأثیر زیادی بر روی پوشش گیاهی نداشته باشد. بنابراین انتخاب پایه زمانی برای بررسی خشکسالی

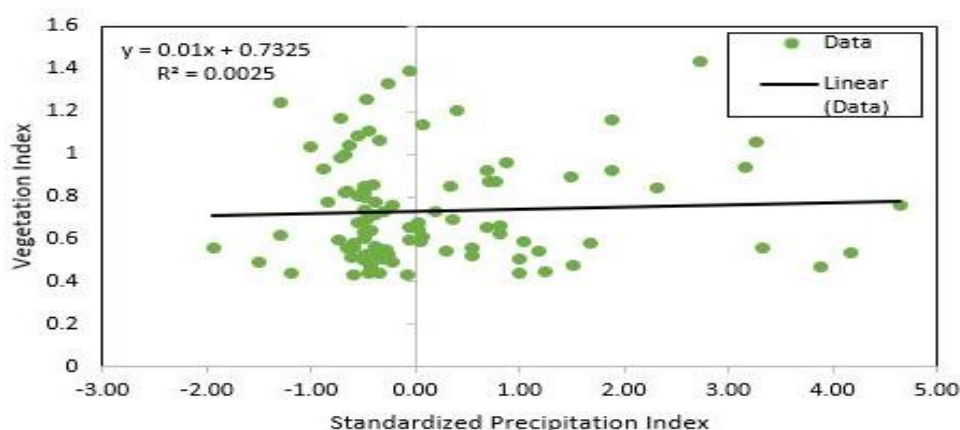
دروءه زمانی محاسبه وضعیت بارش منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱ بوده اما در این نوشتار این شاخص برای یک دوره ۹ ساله ۲۰۱۳-۲۰۲۱ بیان شده است. بر اساس داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک می‌توان گفت که در فصل تابستان (ژولای، آگوست و سپتامبر) در استان کرمانشاه بارشی رخ نمی‌دهد و تنها در فصول پاییز، زمستان و بهار شاهد بارش هستیم. بنابراین سال آبی در استان کرمانشاه به طور تقریبی از

بارندگی مشخص شده است، وابستگی شدید پوشش گیاهی به نوسانات بارندگی ضعیف تر را آشکار می کند (شکل ۶). ظرفیت تاب آوری پوشش گیاهی در برابر شرایط خشکی ناشی از کمبود ریزش های جوی در شرایط آب و هوایی خشک و گرم استان کرمانشاه می باشد. میزان همبستگی شاخص استاندارد بارش (SPI) شاخص های NDVI، TCI، VCI و VHI به ترتیب ۰/۰۵۰، ۰/۰۶۹، ۰/۰۲۷، ۰/۰۲۵ می باشد.

حادث شده بر روی پوشش گیاهی اول ماه آوریل (هفته ۱۳ میلادی) تا انتهای ماه ژوئن (هفته ۲۶) مناسب می باشد. در این نوشتار، برای تشخیص تأثیر بارش بر شرایط پوشش گیاهی، شاخص بارش استاندارد شده (SPI) از اطلاعات بارندگی ماهانه میلادی، مربوط به ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک واقع در استان کرمانشاه محاسبه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در فصل تابستان استان کرمانشاه یک فصل خشک را می گذارند و ماه آگوست خشک ترین ماه سال می باشد. سری زمانی شاخص استاندارد شده پوشش گیاهی و



شکل ۶. نمودار سری زمانی میانگین ماهانه (ژانویه تا دسامبر) شاخص NDVI و SPI در استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

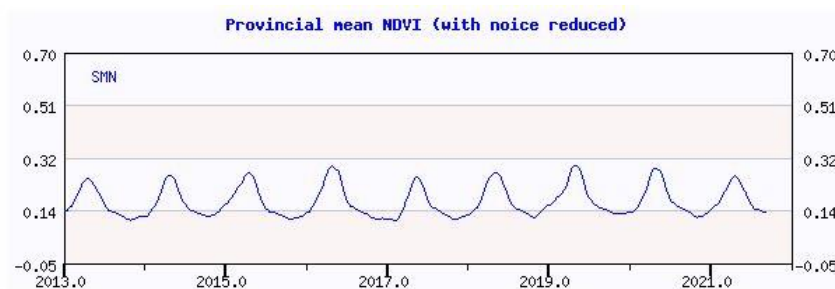


شکل ۷. نمودار همبستگی شاخص NDVI و SPI در استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

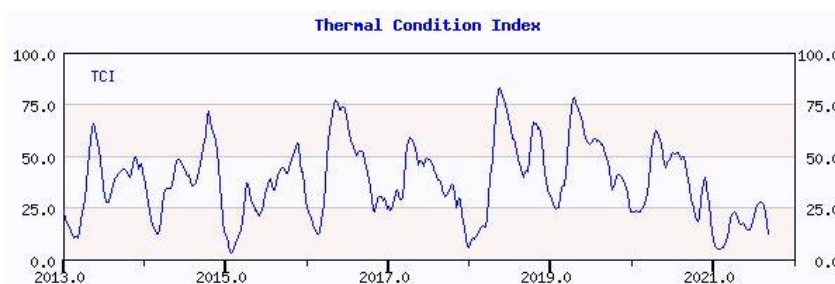
این شاخص نسبت به دیگر شاخص ها روند با ثبات و دارای نوسان کمتری می باشد. براساس شکل (۹) که سری زمانی شاخص Temperature Condition index (TCI) را نشان می دهد، این شاخص دارای افت و خیزی نسبتاً زیادی بوده به طوری که در سال های ۲۰۱۵، ۲۰۱۸، ۲۰۲۱ کمترین میزان را نشان می دهد. در اواسط سال ۲۰۱۸ مقدار این شاخص در بازه ۷۵ قرار داشته است. روند این شاخص نشان می دهد که

با توجه به اشکال ۸ تا ۱۵ روند زمانی هر یک از شاخص های محاسبه شده در این پژوهش براساس میانگین هفتگی در استان کرمانشاه می توان گفت که هر یک از این شاخص ها دارای نوسان ماهانه بوده و نسبت به دیگر ماه های تفاوت دارند. شکل (۸) که سری زمانی شاخص NDVI را نشان می دهد، مقادیر این شاخص در سال های ۲۰۱۴، ۲۰۱۳، ۲۰۲۱ و نسبت به دیگر سال ها روند نزولی داشته است. اما به طور کلی

در هفته های اولیه هر سال روند این شاخص سیر افزایشی داشته و در هفته های پایانی هر سال روند آن سیر نزولی به خود می گیرد.

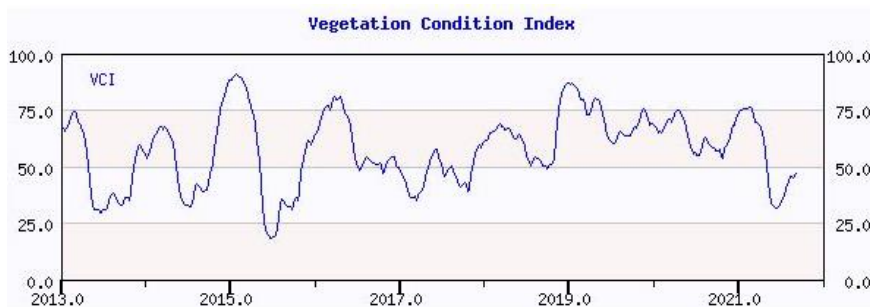


شکل ۸. میانگین هفتگی سری زمانی میانگین هفتگی NDVI استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱



(TCI <40 indicates thermal stress; TCI >60: favorable condition)

شکل ۹. سری زمانی میانگین هفتگی شاخص وضعیت دمایی (TCI) استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱



شکل ۱۰. میانگین هفتگی شاخص وضعیت پوشش گیاهی سری زمانی (VCI) استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

بازه کمتر از ۴۰ را نشان می دهد، مقادیر این بازه در اواسط ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱ روندی کاهشی داشته است و در سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ روند این شاخص صعودی شده است و به بیشترین میزان خود در این بازه رسیده است. روند این بازه در دوره مورد مطالعه دارای نوسان زیاد می باشد. مقادیر این بازه بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نوسان دارد و افت و خیزی زیادی در این بازه نشان نمی دهد. با توجه به شکل (۱۲) که میانگین هفتگی شاخص سلامت پوشش گیاهی در بازه کمتر از ۱۵ را نمایش می دهد، ملاحظه می شود که در اواسط سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵

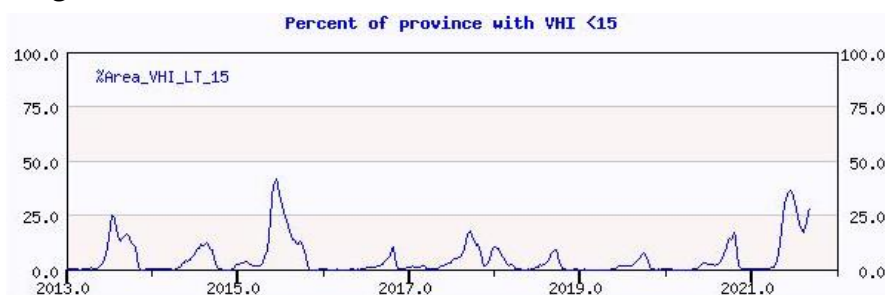
براساس شکل (۱۰) که میانگین هفتگی شاخص Vegetation Condition index (VCI) را نشان می دهد، ملاحظه می شود که سری زمانی میانگین هفتگی شاخص (VCI) در سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ روند سیر صعودی داشته است و به میزان ۷۵ درصد و حتی بالاتر از آن افزایش داشته است. این روند در سال های ۲۰۱۴، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۱ کمترین میزان را داشته است. خشک ترین زمان این شاخص در اواسط ۲۰۱۵ رخ داده است. همان طور که در شکل (۱۱) ملاحظه می شود، میانگین هفتگی شاخص سلامت پوشش گیاهی در

روند این شاخص افزایشی بوده و در سال‌های دیگر این روند تقریباً ثابت و دارای افت و خیز کمتری می‌باشد.



(VHI <40 indicates vegetation stress; VHI >60: favorable condition)

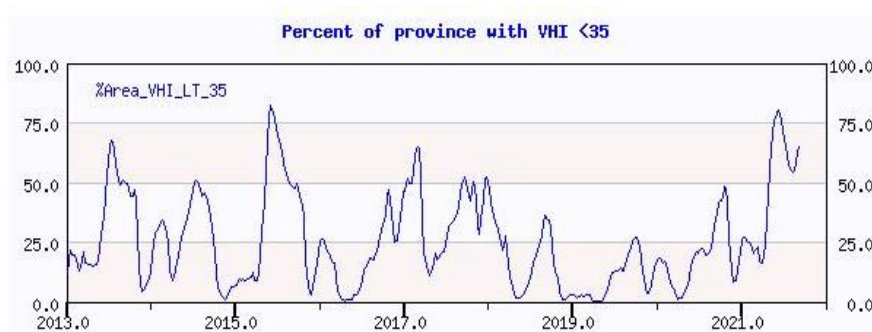
شکل ۱۱. میانگین هفتگی شاخص سلامت گیاهی سری زمانی (VHI) استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱



(VHI <15 indicates drought from severe-to-exceptional intensity)

شکل ۱۲. میانگین هفتگی شاخص سلامت گیاهی <15 (VHI) استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

شکل (۱۳) که سری زمانی میانگین شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) در بازه کمتر از ۳۵ را نمایش می‌دهد، می‌توان ملاحظه کرد که در این بازه، روند در اواسط ۲۰۱۳، اواخر ۲۰۱۵ و در ۲۰۲۱ روند افزایشی داشته است که نشان دهنده شرایط خشکسالی پوشش گیاهی ملایم به شدید می‌باشد. در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ این روند به کمترین مقادیر در این بازه رسیده است و شرایط ترسالی پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.



(VHI <35 indicates drought from moderate-to-exceptional intensity)

شکل ۱۳. میانگین هفتگی شاخص سلامت گیاهی سری زمانی <35 (VHI) استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

با توجه به شکل (۱۴) که میزان شرایط ترسالی شاخص سلامت پوشش گیاهی در بازه بیشتر از ۶۵ را نشان می‌دهد می‌توان گفت در سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ به بیشترین میزان خود رسیده است. به عبارت دیگر در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ این شاخص در شرایط خشکسالی قرار داشته و تقریباً در بازه صفر درصد قرار داشته است. شکل (۱۵) که مقادیر بالاتر از ۸۵ را نشان می‌دهد در سال‌های ۲۰۱۶، اواسط ۲۰۱۸، ۲۰۱۹، به میزان ۲۵ درصد رسیده است و در

روی NDVI به وجود آمده است، همبستگی آن با شاخص SPI به مکان و نوع پوشش و آب و هوای منطقه‌ای که خشکسالی در آن اتفاق افتاده، وابسته است. در نهایت می‌توان بیان کرد که مطالعات صورت گرفته با استفاده از شاخص‌های مختلف با توجه به محل اجرا و شرایط محیطی، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند و در نتیجه امکان مقایسه کلی بین شاخص‌ها از نظر صحت داده‌ها و در نتیجه بررسی خشکسالی وجود ندارد. علاوه بر این، اغلب این مطالعات در مناطق با بارش نرمال و بالا صورت گرفته است. با توجه به شرایط خاص آب و هوایی ایران و شرایط اقلیمی مناطق خشک، نمی‌توان برای مطالعه خشکسالی از روش‌ها و شاخص‌های یکسانی استفاده نموده و نتایج کاملاً مشابهی را انتظار داشت. از این رو باید رابطه هر کدام از شاخص‌های ماهواره‌ای با خشکسالی در هر کدام از مناطق به طور جداگانه مورد مطالعه قرار گیرد و برای هر منطقه بسته به شرایط خاص اقلیمی و پوشش گیاهی اقدام به انتخاب شاخص مناسب جهت پایش خشکسالی استفاده نمود.

سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ در کمترین حد خود قرار دارد. این شاخص تنها در سال ۲۰۱۹ به بالاترین میزان خود صعود کرده است که نشان دهنده شرایط ترسالی پوشش گیاهی این شاخص در استان کرمانشاه بوده است.

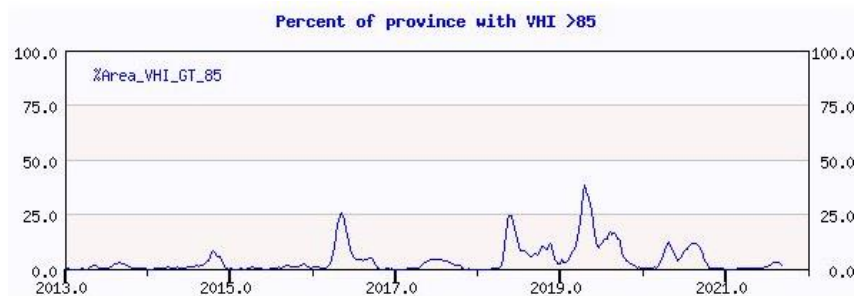
۴. بحث و نتیجه‌گیری

دوره زمانی محاسبه وضعیت بارش منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱ بوده اما در این نوشتار این شاخص برای یک دوره ۹ ساله ۲۰۱۳-۲۰۲۱ بیان شده است. با استفاده از شاخص استاندارد SPI ماهانه، در مقایسه با مقیاس فصلی، شاخص سالانه با تعداد بیشتری خشکسالی مواجه است. همچنین در این منطقه وضعیت ترسالی‌ها از شدت ضرایب بالاتری نسبت به خشکسالی‌ها برخوردارند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بهترین شاخص مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای جهت پایش خشکسالی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه شاخص وضعیت گیاهی VCI می‌باشد. اگرچه شاخص VCI به منظور حذف اثرات منطقه‌ای آب و هوایی و پوشش از



(VHI>65 indicates good vegetation condition)

شکل ۱۴. میانگین هفتگی شاخص سلامت گیاهی (VHI)>65 استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱



(VHI>85 indicates very good vegetation condition)

شکل ۱۵. میانگین هفتگی شاخص سلامت گیاهی (VHI) > 85 استان کرمانشاه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

درک صحیح و کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل شرایط نرمال و یا خشکسالی رخ داده در هر مکانی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مطالعه علاوه برای بررسی شرایط پوشش گیاهی، ارتباط آن را با بارش دریافتی در منطقه مورد مطالعه نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ابزار مناسبی جهت بررسی وضعیت پوشش گیاهی اکوسیستم‌های خشک از جمله استان کرمانشاه می‌باشد.

استفاده از روش سنجش از دور توانایی خوبی در بررسی پوشش گیاهی و امکان دسترسی چند زمانه و با هزینه نسبتاً اندک، امکان پایش مداوم پوشش گیاهی سطح زمین را مسیر و امکان مقایسه واقعی آنها را فراهم می‌آورد. این تحقیق تأثیر بارش بر تغییرات پوشش گیاهی استان کرمانشاه را مورد مطالعه و ارزیابی قرار داده است. در این نوشتار از تصاویر مادون قرمز که به صورت میانگین هفتگی در دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۱۳ برای محاسبه شاخص‌های (NDVI)، (TCI)، (VCI)، (VHI) در محدوده استان کرمانشاه استفاده شده است. در تشخیص وضعیت اقلیمی منطقه طی دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۱۳ با استفاده از شاخص SPI که به صورت میانگین ماهانه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، میزان همبستگی (SPI) با شاخص‌های NDVI، TCI، VCI و VHI به ترتیب ۰،۰۵۰، ۰،۰۶۹، ۰،۰۲۷، ۰،۰۲۵ می‌باشد. در سال ۲۰۱۳ از هفته ۲۳ (دهم ژوئن) تا هفته ۲۶ (اول ژولای) در وضعیت شاخص NDVI خشکی به وقوع پیوسته است. در سال ۲۰۱۵ از هفته ۲۱ (بیست و هفتم می) تا هفته ۲۶ (اول ژولای) شاخص NDVI دچار خشکی شده است. به عبارت دیگر وضعیت شاخص NDVI در سال‌هایی که خشکسالی پوشش گیاهی رخ داده است، مقادیر آن کاهش داشته‌اند. این شاخص در هفته ۲۰ هر سال به بیشترین میزان خود

رسیده است. بیشترین تغییرات زمانی شاخص NDVI به صورت هفتگی می‌باشد به طوری که میزان این شاخص نسبت به هفته قبل و بعد دچار تغییر شده است. شاخص (VCI) همبستگی بیشتری با (SPI) دارد که می‌تواند به عنوان یک روش ترکیبی از سنجش از دور و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (SPI) برای بررسی شرایط پوشش گیاهی و بارش دریافتی در استان کرمانشاه مناسب باشد. در منطقه مورد مطالعه پوشش گیاهی همه‌ساله با درجات مختلفی از خشکسالی رو به رو بوده است. شدیدترین خشکسالی پوشش گیاهی در ۲۰۱۵ در قسمت‌های مرکزی، جنوبی و شمال‌شرقی رخ داده است. در سال ۲۰۱۳ خشکسالی با شدت کمتری نیز رخ داده و در ۲۰۱۶، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ پوشش گیاهی در شرایط مطلوب‌تری قرار داشته است. مشخص گردید در دو مقیاس سالانه و فصلی خشکسالی که به علت نوسان‌های شدید بارش بر اساس آمار هواشناسی، الزاماً وجود خشکسالی سالانه دلیلی بر وجود خشکسالی فصلی نیست و یا برعکس آن وقوع خشکسالی فصلی نمی‌تواند الزاماً خشکسالی در کل سال را توجیه کند. بنابراین SPI برای هر یک از ماه‌های سال محاسبه شده است.

مقادیر SPI نشان داد که ماه‌های ژولای، اگوست و سپتامبر در استان کرمانشاه منفی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که بهترین شاخص مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای جهت پایش خشکسالی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، (VCI) می‌باشد. (VCI) بیشترین هماهنگی و همخوانی SPI در منطقه مورد مطالعه دارد. چنانچه ما از محاسبه ضریب همبستگی (SPI) با شاخص‌های VCI, TCI, VHI, NDVI صرف نظر کنیم، (VCI) بیشتر از VHI, VCI, NDVI نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه دارد.

Data and Information Services (NESDIS),
Washington: DC. U.S.A.

- Kogan, F.N. (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. *Bull Amer Meteor Soc.* VOL. 82(9):1949–1964.
- Kogan, F.N. (1997). Global drought watch from space. *Bull Amer Meteor Soc.* 78(4):621–636.
- Kogan, F.N. (1995). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bull Amer Meteor Soc.* VOL. 76(5):655–667.
- LOM. (2017). Liebig's Law of the Minimum. https://en.wikipedia.org/wiki/Liebig%27s_law_of_the_minimum.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the Eighth Conferences on Applied Climatology, American Meteorological Society*, Boston, 179-184.
- Moulin, S. A., Bondeau, A., & Delecolle, R (1998). Combining regional scale, *International Journal of Remote Sensing*, 19.
- Su ,ZB., Yacob, A., Wen, J., Roerink, G., He YB, Gao BH., Boogaard, H., & van Diepen, C. (2003). Assessing relative soil moisture with remote sensing data: theory, experimental validation, and application to drought monitoring over the North China Plain, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28 (1-3).
- Shelford, VE. (1931). Some concepts of bioecology. *Ecology*. VOL. 12(3):455–467. doi:10.2307,1928991. ISSN 1939-9170.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 8.

تقدیر و سپاسگزاری

بنا به اظهار نویسنده مسئول، پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری صمد خسروی یگانه، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان است، و فاقد حامی مالی می-باشد.

۵. فهرست منابع

- Beenedetti, R., & Rossin, P. (1993). On the use of NDVI profiles as a tool for agricultural statistics: The case study of Wheat estimate and forecast in Emilia, *Remote Sensing of Environment*.
- Berhan, G., Hill S., Tadesse, T., & Atnafu, S. (2011). Using satellite images for drought monitoring: a knowledge discovery approach. *Journal Strategic Innov Sustain*, VOL. 7(1):135.
- Dabrowska-Zielinska, K., Kogan, F., Ciolkosz, A., Gruszynska, M., & Kowalik, W. (2002). Modelling of crop growth conditions and crop yield in Poland using AVHRR-based indices. *International Journal of Remote Sensing*, 23.
- Ehrlich, PR., & Holdren, JP. (1971). Impact of population growth. *Science*. VOL. 171(3977):1212–1217.
- FAO. (2017). How close we are to zero Huhnger.
- Hui ,C. (2006). Carrying capacity, population equilibrium, and environment's maximal load. *Ecol Modell*. VOL. 192(1-2):317–320.
- Jensen, J. R. (1996). Introductory digital image processing: A remote sensing perspective, Upper Saddle River, *New Jersey: Prentice Hall*.
- Kogan, F. N. (2001). Contribution of remote sensing to drought early warning. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), *National Environmental Satellite*

Vicente-Serrano, SM, Cuadrat-Prats, JM., & Romo, A. (2006). Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: application in the Ebro valley (North-East Spain), *International Journal of Remotr Sensing*, 27(3).