



Drought Effects on Vegetation Changes in Kashkan Basin of Lorestan Using ETM + and OLI Landsat Data

Alireza Sepahvand*¹, Morteza Ghobadi², Mostafa Karampour³, Bahram Mir Derikvand⁴

1. Corresponding author; Assistant Prof., Department of Range and Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran E-mail: sepahvand.a@lu.ac.ir

2. Assistant Prof., Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

3. Assistant Prof., Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

4. Graduated M.Sc. Watershed Management, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 04.09.2021

Revised: 07.23.2021

Accepted: 09.07.2021

Keywords:

Lorestan Province,
Kashkan Basin,
Vegetation,
Drought,
TCI Index,
VCI Index,
VHI Index.

Abstract

Background and objectives: Vegetation is one of the most important elements of an ecosystem, which is directly related to the moisture conditions of the land. Estimation of plant drought indices such as VCI, TCI, VHI is an effective tool to assess the effects of drought by calculating NDVI. In this regard, several studies have been conducted that explain how to calculate and use these indicators. The purpose of this study was to investigate the effect of drought on vegetation in Kashkan basin of Lorestan using Landsat satellite images and rainfall data.

Methodology: Rainfall data of Kashkan basin stations during the statistical period of 1999 to 2019 were collected from the Meteorological Organization. Landsat Satellite images for the years of 1999 and 2019 from ETM and OLI sensors (L Needs 7 and 8) were obtained from the USGS database. Finally, using the SPI index, dry and wet years were distinguished during the statistical period and were selected as representatives of dry and wet years in 1999 and 2019. Vegetation indices were calculated (NDVI, TCI, VCI and VHI) using the ENVI 5/3 software. Because the area is located at different satellite passes 165 and 166, the Seamless Mosaic operator in ENVI 5.3 software was used to mosaic the images. Data with L1T level corrections (including systematic radiometric correction, geometric correction using ground control points, and topographic displacement error correction) were obtained from the USGS database. A 1: 25000 topographic map of the study area was used to control the geometric correction of satellite images. Atmospheric corrections of the images were performed by applying flash algorithm in the software and the images were prepared to extract the research indicators.

Results: Ready data was used to classify the map of NDVI, VCI, TCI and VHI indices in 1999 and 2019. Based on the obtained results, in 1999, the amount of poor vegetation was the highest with an area of 4869.7 square kilometers, equivalent to 52.49 percent of the area. The highest vegetation belonged to the good vegetation class with an area of 3311.44 square kilometers, equivalent to 69 Percentage of the area. The results of the VCI index show that the vegetation situation was good in 1999 and 4749.1 square kilometers of the area have experienced drought-free conditions. In addition, 4034.9, 111.3 and 83.5 square kilometers of the region had mild drought, severe drought and very severe drought, respectively. In 2019, according to the VCI index, 7531.8 square kilometers of the basin, i.e., 81.2% of the area, have vegetation-free conditions in terms of vegetation.

According to the TCI results in 1999, limited parts of the western and southwestern parts of the basin with an area of 742.1 and 278.3 square kilometers had severe and very severe drought conditions, respectively. In 2019, in terms of heat, in 3005 square kilometers of the area in the northern, central and southeastern parts of the basin, no drought conditions were observed. According to the VHI results, in 1999, about 102 and 1159 square kilometers of the area had severe and moderate drought conditions, respectively, and no severe drought occurred in the area. In 2019, there was no severe drought. In general, the situation has been very good for vegetation

Conclusion: The results showed that drought significantly reduced the density of vegetation in basin, and the existing vegetation was affected by drought stress. According to the VHI index, which indicates the health status of plant coverings affected by drought, two VCI and TCI index. In 1999, the eastern and western regions and the southwest had moderate to severe droughts, and most of regions had a mild drought. In 2019, due to the health of vegetation, in most areas, vegetation was under drought-free conditions and did not suffer from drought stress, but some parts also suffered from mild drought.

Cite this article: Sepahvand, A., M. Ghobadi, M. Karampour, B. Mir Derikvand, 2022. Drought Effects on Vegetation Changes in Kashkan Basin of Lorestan Using ETM + and OLI Landsat Data. *Journal of Rangeland*, 16(1): 124-139.



© The Author(s).
Publisher: Iranian Society for Range Management

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.2.4

ارزیابی تاثیر وقوع خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی حوضه کشکان لرستان با استفاده از داده های چندزمانه ETM⁺ و OLI لندست

علیرضا سپهوند^۱، مرتضی قبادی^۲، مصطفی کرم پور^۲، بهرام میردربکوند^۴

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایان نامه: sepahvand.a@lu.ac.ir
۲. استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۳. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۴. دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع مقاله: مقاله کامل - پژوهشی | سابقه و هدف: پوشش گیاهی یکی از مهم ترین معیارهای موثر بر حیات اکولوژیکی محیط زیست است که با شرایط رطوبتی حوزه های آبخیز ارتباط مستقیمی دارد. برآورد شاخص های خشکسالی گیاهی از قبیل VCI، TCI، VHI، تکنیک مناسبی برای ارزیابی اثرات وقوع خشکسالی بر حیات اکولوژیکی محیط زیست است که این شاخص ها از طریق محاسبه NDVI به دست می آیند. در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته که نحوه محاسبه و بکار گیری این شاخص ها را بیان می کنند. با توجه به نتایج حاصل از مطالعات متعدد در ارتباط با ضرورت به کارگیری شاخص های خشکسالی گیاهی و اقلیمی، لذا هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر وقوع خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی حوضه کشکان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست است. |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰ | مواد و روش ها: در این تحقیق از شاخص های VCI، TCI، NDVI، VHI و مستخرج از اطلاعات سنجنده های ETM ⁺ و OLI (لندست ۷ و ۸) و اطلاعات بارندگی ایستگاه های هواشناسی محدوده استفاده شد. برای استخراج شاخص های پوشش گیاهی از تصاویر سنجنده های لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر در دو بازه زمانی ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ تهیه گردید. با استفاده از شاخص اقلیمی SPI، سال های خشک و تر در دوره آماری مورد نظر تفکیک شدند. بر این اساس سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ به ترتیب به عنوان نماینده های سال های خشک و تر انتخاب شدند و در محیط نرم افزار ENVI به محاسبه شاخص های گیاهی پرداخته شد. داده های مربوط به تصاویر ماهواره ای از تصاویر چند زمانه لندست برای سال های ۱۹۹۹/۲/۱۷ و ۲۰۱۹/۲/۱۵ با سنجنده های ETM ⁺ و OLI (لندست ۷ و ۸) از پایگاه اطلاعاتی USGS اخذ شد. با توجه به اینکه منطقه در گذرهای مختلف ۱۶۵ و ۱۶۶ قرار گرفته، از عملگر Seamless Mosaic در نرم افزار ENVI 5.3 برای موزائیک کردن تصاویر استفاده شد. داده ها با سطح تصحیح LIT (شامل تصحیح رادیومتریک در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و همچنین، تصحیح خطا جابه جایی ناشی از توپوگرافی) از پایگاه اطلاعاتی USGS دریافت شد. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مطالعه برای کنترل تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای استفاده شد. در ادامه تصحیحات اتمسفری تصاویر با اعمال الگوریتم فلش (FLASH) در نرم افزار انجام گرفت و تصاویر برای استخراج شاخص های تحقیق آماده شدند. |
| تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۱ | نتایج: پس از تهیه داده ها، نقشه طبقه بندی شده مقدار شاخص های VCI، NDVI، TCI و VHI در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ تعیین گردید. براساس نتایج به دست آمده، در سال ۱۹۹۹، میزان پوشش گیاهی ضعیف |
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶ | |
| واژه های کلیدی: استان لرستان، حوضه کشکان، پوشش گیاهی، خشکسالی، شاخص TCI، شاخص VCI، شاخص VHI | |

بیشترین مقدار با مساحت ۴۸۶۹/۷ کیلومتر مربع معادل ۵۲/۴۹ درصد مساحت منطقه و در سال ۲۰۱۹، بیشترین پوشش گیاهی متعلق به طبقه پوشش گیاهی خوب با مساحت ۳۳۱۱/۴ کیلومتر مربع معادل ۳۵/۶۹ درصد مساحت منطقه را در بر گرفته است. نتایج شاخص VCI نشان می‌دهند که وضعیت پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۹ مناسب بوده است و ۴۷۴۹/۱ کیلومترمربع از مساحت منطقه، شرایط بدون خشکسالی را تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، به ترتیب ۴۰۳۴/۹، ۱۱۱/۳ و ۸۳/۵ کیلومترمربع از مساحت منطقه دارای شرایط خشکسالی ملایم، خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید بوده‌اند. در سال ۲۰۱۹ بر اساس شاخص VCI، ۷۵۳۱/۸ کیلومترمربع حوضه یعنی ۸۱/۲ درصد مساحت منطقه، از نظر وضعیت پوشش گیاهی دارای شرایط بدون خشکسالی می‌باشند. مطابق نتایج TCI در سال ۱۹۹۹، بخش‌های محدودی از مناطق غربی و جنوب غربی حوضه با مساحت ۷۴۲/۱ و ۲۷۸/۳ کیلومترمربع به ترتیب دارای شرایط خشکسالی شدید و بسیار شدید بودند، در سال ۲۰۱۹ از نظر حرارتی، در ۳۰۰۵ کیلومترمربع از سطح منطقه در بخش‌های شمال، مرکز و جنوب شرقی حوضه، شرایط بدون خشکسالی حاکم بوده است. بر اساس نتایج VHI، در سال ۱۹۹۹، حدود ۱۰۲ و ۱۱۵۹ کیلومتر مربع از مساحت منطقه به ترتیب دارای شرایط خشکسالی شدید و متوسط بوده‌اند و در منطقه خشکسالی بسیار شدید رخ نداده است. در سال ۲۰۱۹ خشکسالی بسیار شدید رخ نداده است و در کل وضعیت بسیار مناسبی برای پوشش گیاهی حاکم بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که بر اثر خشکسالی، میزان تراکم پوشش گیاهی حوضه کاهش معنی‌داری داشته و مقدار پوشش گیاهی با افت شدید مواجه می‌باشد و از مقادیر ۰/۳ در زمان ترسالی به میزان ۰/۰۹ در زمان خشکسالی تنزل دارند. بر اساس شاخص VHI، که بیانگر وضعیت سلامت پوشش‌های گیاهی تحت تاثیر خشکسالی است و برآوردی از دو شاخص VCI و TCI می‌باشد در سال ۱۹۹۹ مناطق شرق، غرب و جنوب غرب خشکسالی متوسط تا شدید را داشته‌اند و دیگر مناطق حوضه دارای خشکسالی ملایم بوده‌اند. همچنین در سال ۲۰۱۹ از نظر سلامت پوشش گیاهی، در بیشتر مناطق حوضه، پوشش گیاهی تحت شرایط بدون خشکسالی بوده و دچار استرس خشکی نبوده‌اند. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، VCI، TCI، VHI و شاخص SPI توانایی بالایی در تعیین مناطق و پوشش‌های گیاهی حساس و آسیب‌پذیر در دوره‌های خشکسالی دارد.

استناد: سپهوند، ع. م. قبادی، م. کرم‌پور، ب. میردریکوند، ۱۴۰۱. ارزیابی تاثیر وقوع خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی حوضه کشکان لرستان با استفاده از داده های چندزمانه ETM⁺ و OLI لندست. مرتع، ۱۶(۱): ۱۲۴-۱۳۹.



DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.2.4

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران © نویسندگان

مقدمه

خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی در بسیاری از بخش‌های زمین است (۱). این پدیده منجر به خسارات اقتصادی، آسیب دیدن منابع اکولوژیکی، کاهش غذا و ایجاد قحطی برای میلیون‌ها نفر شده است (۲ و ۳). در سال‌های اخیر خشکسالی‌هایی با مقیاس وسیع در همه‌ی قاره‌ها مشاهده شده است. این پدیده روی محصولات کشاورزی و منابع طبیعی کشورهای مانند چین، یونان، مغولستان، برزیل و دیگر کشورها اثر گذاشته است (۴). در طول سال‌های ۱۹۶۷ تا ۱۹۹۹، خشکسالی‌ها روی زندگی ۵۰ درصد از ۲/۸ میلیون مردمی که تحت تاثیر همه‌ی انواع سوانح طبیعی قرار گرفته بودند، اثر گذاشت (۲). برای این پدیده طبیعی تعاریف مختلفی وجود دارد. ولی هیچ یک جامع و مورد قبول در سطح جهان نیستند. بررسی خشکسالی از دیدگاه‌های مختلف عبارتست از خشکسالی بر مبنای داده‌های هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژی و اقتصادی-اجتماعی (۵). تصاویر ماهواره‌ای ابزار موفقی برای آشکارسازی و نظارت بر خشکسالی هستند. بیش از یک دهه است که در زمینه استفاده از فناوری سنجش از دور برای مشخص کردن و نظارت بر خشکسالی در مقیاس محلی، ملی و جهانی کار شده است (۶). این فعالیت نتایج رضایت بخشی داشته است. برای نظارت بر خشکسالی مناطق وسیع که مکرراً خشکسالی در آن اتفاق می‌افتد، روش منظمی وجود ندارد. شاخص‌های خشکسالی اقلیمی با استفاده از اطلاعات اقلیمی مانند بارش محاسبه می‌شوند (۷). این اطلاعات که از ایستگاه‌های هواشناسی پراکنده در نقاط مختلف بدست می‌آیند، برای آشکار کردن و نظارت به روز خشکسالی کافی نیستند. بنابراین به کار بردن فناوری دیگری که برای نظارت بر خشکسالی با هزینه و زمان کمتری عمل کند، ضروری است. برآورد شاخص‌های خشکسالی گیاهی از قبیل VCI، TCI، VHI تکنیک مناسبی برای ارزیابی اثرات وقوع خشکسالی بر حیات اکولوژیکی محیط زیست است که این شاخص‌ها از طریق محاسبه NDVI بدست می‌آیند. داده‌های مربوط به خصوصیات بیوفیزیکی پوشش گیاهی می‌تواند با استفاده از محدوده قرمز نور مرئی و محدوده مادون قرمز نزدیک طیف الکترومغناطیس، اطلاعات مفیدی در رابطه با خشکسالی

به‌دست آورد (۸). در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته که نحوه محاسبه و بکار گیری این شاخص‌ها را بیان می‌کنند. لوین و همکاران (۱۹۹۴) با بازنگری مطالعات انجام شده در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی خاک و الگوهای پوشش گیاهی در بخش جنوبی کشور آمریکا با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index = NDVI) و سنجنده‌ی AVHRR، نشان دادند که، همبستگی قوی بین شاخص NDVI و ویژگی‌های خاک مانند درصد اشباع بازی، ظرفیت نگهداری آب در داخل خاک وجود دارد (۹). گورگل و فریا (۲۰۰۳)، به مطالعه تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با تغییرات اقلیمی در برزیل پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که، تغییرات پوشش گیاهی در واکنش به تغییرات اقلیمی بسته به نوع پوشش گیاهی منطقه متفاوت است و زمان بارندگی تاثیرات متفاوتی را بر پوشش گیاهی منطقه دارد (۱۰). سو و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA/AVHRR ارتباط رطوبت خاک با این داده‌ها را ارزیابی نمودند، همچنین از شاخص رطوبت خاک برای پایش شدت خشکسالی در شمال چین استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که با استفاده از شاخص رطوبت خاک می‌توان شدت خشکسالی (Drought Severity Index = DSI) را تعیین نمود و برای پایش خشکسالی از آن استفاده کرد. تنکابیل و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ی خود، با استفاده از داده‌های سنجش از دور، خشکسالی را در جنوب غرب آسیا پایش کردند. آن‌ها در منطقه مورد بررسی خود، شامل افغانستان، پاکستان و قسمت‌های غربی هندوستان، از دو شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص شرایط گیاهی (Vegetation Condition Index = VCI) استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌های استفاده شده حساس به شرایط خشکسالی می‌باشند و از این نتایج می‌توان برای طراحی یک سیستم خشکسالی منطقه‌ای استفاده نمود که نقشی مفیدی در آمادگی با خشکسالی داشته باشد (۱۲). دوتا و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ی خود، خشکسالی کشاورزی را در منطقه راجستان هند با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) و شاخص شرایط گیاهی (VCI) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA/AVHRR ارزیابی

می‌باشد و همچنین نتایج تحقیق آن‌ها مشخص کرد که نمایه‌ی SPI اگر چه نمایه‌ی مناسبی برای بررسی خشکسالی هواشناسی است، ولی نسبت به بارش همبستگی ضعیف‌تری با NDVI دارد (۲۰). میرموسوی و کریمی (۲۰۱۳) به مطالعه‌ی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی استان کردستان با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS پرداختند و نشان دادند که بین میانگین شاخص‌های NDVI و SPI همبستگی بالایی (۰/۷۷+) در سطح معناداری ۰/۰۱ وجود دارد (۲۱). صفری و همکاران (۲۰۱۷) در در پژوهشی نشان دادند که رابطه‌ی مستقیمی بین نمایه‌ی NDVI و میزان بارندگی وجود دارد و تغییرات بارشی در دوره‌های ترسالی و خشکسالی به ویژه در مناطقی که از حساسیت آب و هوایی برخوردار هستند، ارتباط و تأثیر مستقیمی بر میزان کمیت و کیفیت پوشش گیاهی دارد (۲۲). بحرینی و همکاران (۲۰۱۸) به کمک آنالیز تصاویر سنجنده MODIS و با استفاده از شاخص‌های NDVI، SAVI، EVI، SPI، تأثیر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی در منطقه خشک بردخون واقع در جنوب غرب ایران را بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که، همبستگی قوی بین SPI (Standardized Precipitation Index) و شاخص پوشش گیاهی برای شناسایی خشکسالی وجود دارد (۲۳). با توجه به نتایج حاصل از مطالعات متعدد در ارتباط با ضرورت بکارگیری شاخص‌های خشکسالی گیاهی و اقلیمی، لذا در این پژوهش سعی شد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های خشکسالی گیاهی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی حوضه کشکان لرستان بررسی شود.

منطقه مورد مطالعه

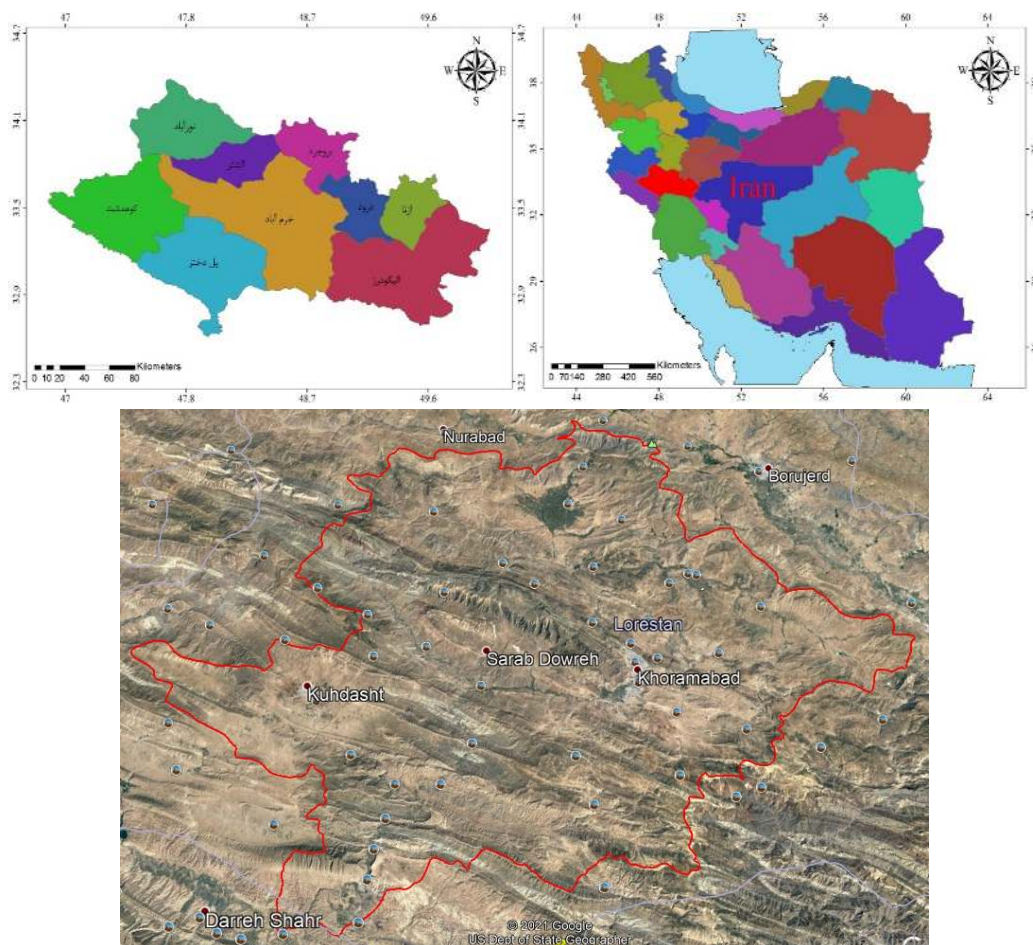
حوزه آبخیز کشکان با مساحت ۹۲۷۵/۶۶ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران در استان لرستان واقع شده و گستره جغرافیایی آن بین مختصات ۱۲° ۴۷' ۵۹" طول شرقی و ۸° ۳۳' ۳۳" تا ۲° ۳۴' ۳۴" عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). در این حوضه هفت شاخه آبراهه اصلی همیشگی و چندین شاخه فصلی، شبکه هیدرولوژیکی آن را تشکیل داده‌اند. این حوضه بخش مهمی از سرشاخه‌های پرآب رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد. به جز نوار شمالی حوضه که بیشتر گستره آن را اراضی زراعی تشکیل می‌دهند، سایر نواحی منطقه را غالباً پوشش‌های جنگلی و مرتعی فراگرفته

کردند. در نهایت دو روش را با هم مقایسه نموده و به این نتیجه رسید که دقت شاخص VCI بیشتر است (۱۳). جیائو و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از شاخص NDVI برگرفته از تجزیه الگوی جهانی (Vegetation Index based on the Universal Pattern Decomposition = VIUPD)، خشکسالی کشاورزی را در ایالات متحده آمریکا با استفاده از تصاویر MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) بررسی کردند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که این شاخص می‌تواند در محدوده‌ی زمانی و طیفی متفاوت از خشکسالی منطقه‌ای، قاره‌ای و جهانی مورد استفاده قرار گیرد (۱۴). ابوذر و همکاران (۲۰۱۹) از شاخص NDVI به‌دست آمده از ماهواره SPOT برای بررسی وسعت، شدت و تداوم خشکسالی در منطقه خوشاب پاکستان استفاده نمودند. در این تحقیق شدت خشکسالی بر اساس شرایط خشکسالی بر روی پوشش گیاهی تعیین گردید. نتایج نشان داد که به‌ترتیب ۴۱/۳، ۲۸/۳۶ و ۳۰/۲۱ درصد منطقه در زون‌های بدون خشکسالی، خشکسالی جزئی و خشکسالی متوسط قرار گرفتند. (۱۵). ونگ و همکاران (۲۰۱۹)، با به کارگیری شاخص‌های خشکسالی SDI (Synthesized Drought Index)، VCI، TCI (Temperature Condition Index) و با ادغام داده‌های سنجنده MODIS و TRMM، به پایش خشکسالی در چین از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱ پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه شاخص TCI نسبت به دیگر شاخص‌ها از کارایی بهتری برای پایش خشکسالی برخوردار است (۱۶). در ایران به دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی، وجود پیچیدگی پیکربندی ناهمواری‌ها و قرارگیری در معرض هجوم توده‌های هوا، از نظر پوشش گیاهی شرایط ویژه‌ای دارد. پوشش گیاهی تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد، به طوری که با تغییر هر یک از این عوامل، پوشش گیاهی نیز تغییر خواهد کرد (۱۷). به عبارت دیگر، شرایط کلی پوشش گیاهی تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است و عوامل دیگری مانند دما، بارش و حتی نوع خاک در رویش گیاه در هر مکان نقش دارند (۱۸ و ۱۹). فاتحی‌مرج و باقری‌نیا (۲۰۱۱) در پژوهشی با بکارگیری شاخص NDVI نشان دادند که پوشش گیاهی در غرب ایران به شدت تحت تأثیر بارندگی

ارزیابی تاثیر وقوع خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی... / سیه‌وند و همکاران

داشتن رویشگاه مناسبی از درختان جنگلی با غالبیت بلوط ایرانی قرار دارد. مهمترین عنصر تشکیل تیپ مراتع در حوزه، گونه‌های مختلف جنس گون است. مراتع حوزه در منطقه آب و هوایی ایران و تورانی و بطور عمده زیرمنطقه جنگل های خشک و منطقه نیمه استپی قرار دارند.

است. ترکیب و سیمای این پوشش‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه نسبت به ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی، مقدار باران، فشردگی کوه‌ها، جهت ناهمواری‌ها و طول فصل سرد و گرم، مختلف و متفاوت است. در بعضی دامنه‌ها پوشش‌های گیاهی تنک و پراکنده و در برخی دیگر پوشش‌های گیاهی انبوه و نیمه انبوه دیده می‌شود. در خصوص منابع جنگلی، حوزه در محدوده زاگرس میانی، با



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی حوضه کشکان روی نقشه استان لرستان و ایران

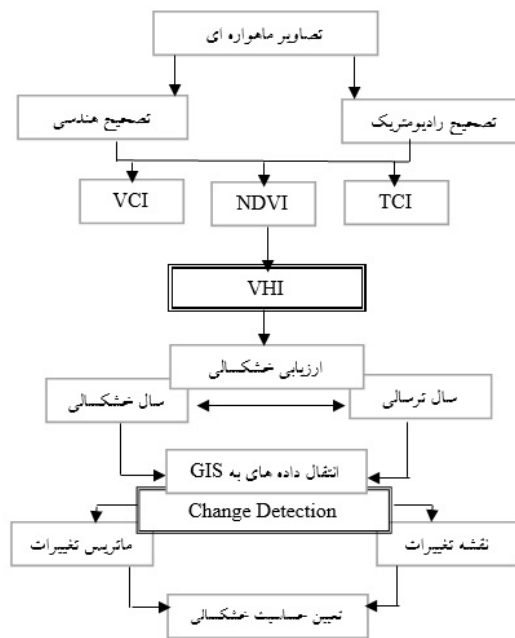
دوره آماری محاسبه شد. در ادامه داده‌ها به‌منظور تفکیک سال‌های خشک و تر براساس شاخص استاندارد SPI بررسی گردید. برای رسیدن به نتایج دقیق و تحلیل روند خشکسالی و وضعیت میزان پوشش گیاهی نیز از تصاویر ماهواره ای لندست استفاده شد و شاخص‌های NDVI، VCI، TCI و VHVI با استفاده از نرم‌افزار ENVI محاسبه گردید. داده‌های

روش تحقیق

داده‌های مربوط به بارش در دوره مطالعاتی ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی استان لرستان اخذ گردید. ابتدا برای بررسی ویژگی‌ها و میزان بارش، داده‌های بارش دریافتی از ایستگاه‌های هواشناسی وارد محیط نرم‌افزار Excel شد. سپس از داده‌های مربوط به بارش، میانگین ماهانه برای

کنترل زمینی و همچنین، تصحیح خطا جابه جایی ناشی از توپوگرافی) از پایگاه اطلاعاتی USGS دریافت شد. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مطالعه برای کنترل تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای استفاده شد. در ادامه تصحیحات اتمسفری تصاویر با اعمال الگوریتم فلش (FLASH) در نرم افزار انجام گرفت و تصاویر برای استخراج شاخص های تحقیق آماده گردیدند. در ادامه شاخص ها و نحوه استفاده از آن ها در تحقیق در زیر آمده است.

مربوط به تصاویر ماهواره ای از تصاویر چندزمانه لندست برای سال های ۱۹۹۹/۲/۱۷ و ۲۰۱۹/۲/۱۵ با سنجنده های ETM+ و OLI (لندست ۷ و ۸) از پایگاه اطلاعاتی USGS اخذ شد. با توجه به اینکه منطقه در گذرهای مختلف ۱۶۵ و ۱۶۶ قرار گرفته، از عملگر Seamless Mosaic در نرم افزار ENVI 5.3 برای موزائیک کردن تصاویر استفاده شد. داده ها با سطح تصحیح ها LIT (شامل تصحیح رادیومتریک در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط



شکل ۲: نمودار فرایند انجام تحقیق

کلی این شاخص برای پوشش گیاهی پراکنده محدوده (۰/۲-۰/۵)، پوشش گیاهی معمولی و نیمه متراکم (۰/۲-۰/۴)، پوشش گیاهی بسیار متراکم و غنی (۰/۴-۰/۸)، آب و برف و یخ دارای مقادیر منفی، خاک دارای ۰/۵ و مقادیر این شاخص در منطقه پوشیده از ابر تقریباً برابر با صفر است (۲۵).

شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI): شاخص VCI، تغییر و تحول بارش را بهتر از NDVI به ویژه در نواحی غیرهمگن نشان می دهد. VCI نه تنها توصیف پوشش زمین و تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی را نشان می دهد، بلکه همچنین اثر آب و هوا روی پوشش گیاهی را تعیین می کند

شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI): از معروفترین، ساده ترین و کاربردی ترین شاخص های گیاهی شناخته شده می باشد که برای اولین بار توسط راتوس (۱۹۷۳) ارائه گردید (۲۵). شاخص NDVI با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود (۲۶).

رابطه (۱)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

که در آن NIR تشعشع ثبت شده در باند مادون قرمز نزدیک و Red تشعشع ثبت شده در باند قرمز می باشد و دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و -۱ می باشد (۲۷). مقدار

a مقدار کمی سهم شاخص‌های VCI و TCI را در شاخص سلامت پوشش گیاهی تعیین می‌کند. در صورتی که این سهم برای یک منطقه خاص، شناخته شده نباشد، این ضریب برای هر دو شاخص یکسان و برابر ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. برای این شاخص، مقادیر کمتر از ۱۰ درصد خشکسالی فوق‌العاده شدید، مقادیر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خشکسالی شدید و مقادیر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد خشکسالی ملایم را نشان می‌دهند. در جاهایی که شاخص بین ۳۰ تا ۴۰ است، خشکسالی خفیف و مقادیر بالای ۴۰ درصد فاقد خشکسالی هستند (۸).

شاخص بارش استاندارد (SPI): این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط مک‌کی و همکارانش ارائه شد. این شاخص ساده و قابل استفاده برای تمام شرایط منابع آبی است و بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید (۳۲) و (۳۳).

رابطه (۵)

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma}$$

در این رابطه P_i مقدار بارندگی در زمان i ، \bar{P} متوسط بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه و σ انحراف استاندارد بارندگی در دوره زمانی مورد نظر است. این شاخص برای مقادیر بزرگتر از ۱ تر سالی با شدت‌های مختلف را نشان می‌دهد و برای مقادیر کمتر از ۱- خشکسالی با شدت‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقادیر بین ۱ و ۱- نزدیک به نرمال هستند.

نتایج

پس از تهیه داده‌ها و مشخصه‌های مورد نیاز، نقشه طبقه‌بندی شده مقدار شاخص‌های NDVI، VCI، TCI و VHI در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ تعیین گردید. با توجه به اینکه شاخص NDVI بین مقادیر ۱- تا ۱+ نوسان دارد و نوسان دامنه معمول گیاهان بین ۰/۲ و ۰/۸ می‌باشد (۳). محاسبات آماری شاخص NDVI به صورت جدول ۱ محاسبه شد. نتایج ارزیابی حاصل از مقایسه نقشه مدلسازی و واقعیت زمینی برای سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ به ترتیب بیانگر میزان ضریب کاپا ۰/۸۸ و ۰/۸۶ بود.

(۱۳ و ۲۸). VCI با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۳).

رابطه (۲)

$$VCI = \frac{100 * NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

در این رابطه $NDVI_{min}$ و $NDVI_{max}$ به ترتیب مقادیر NDVI حداقل و حداکثر برای هر ماه می‌باشند. مقادیر بالای VCI مربوط به شرایط بدون خشکسالی یا پوشش گیاهی بدون بحران است. مقادیر نزدیک به صفر شرایط شدید خشکسالی را نشان می‌دهند. در جاهایی که VCI کمتر از ۳۵ درصد است، خشکسالی وجود دارد. مقادیر نزدیک به ۵۰ درصد و بیشتر از آن شرایط حرارتی نرمال، نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد.

شاخص شرایط دما (TCI): این شاخص پاسخ پوشش گیاهی به دما را نشان می‌دهد. شاخص TCI با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۲۹).

رابطه (۳)

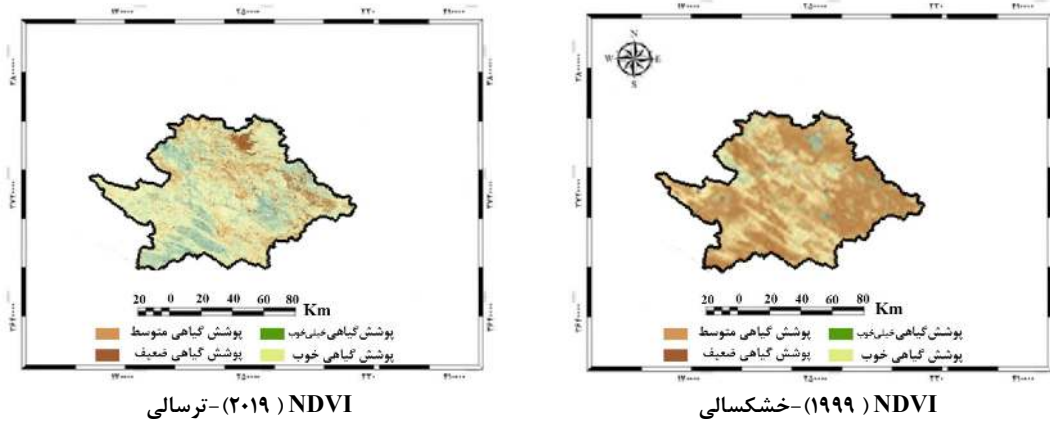
$$TCI = \frac{100 * BT_{max} - BT_i}{BT_{max} - BT_{min}}$$

در رابطه بالا، BT_i دمای درخشندگی ماه مورد نظر در پیکسل مربوطه، BT_{max} و BT_{min} به ترتیب دمای درخشندگی حداکثر و حداقل برای هر پیکسل در مقیاس زمانی مورد نظر است. وجود مقادیر کوچک TCI برای زمان‌های متوالی، به توسعه خشکسالی اشاره دارد. در جاهایی که TCI کمتر از ۳۵ درصد است، خشکسالی وجود دارد. مقادیر نزدیک به ۵۰ درصد و بیشتر از آن شرایط حرارتی نرمال یا نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد (۳۰).

شاخص سلامتی گیاه (Vegetation Health Index = VHI): شاخص VCI و TCI به ترتیب شرایط دمایی و رطوبتی پوشش گیاهی را نشان می‌دهند. شاخص TCI مکملی مناسب برای VCI به منظور آشکارسازی خشکسالی است. هنگامی که این دو شاخص با یکدیگر استفاده شوند، ابزار قابل اعتمادی برای پایش خشکسالی و ارزیابی میزان محصول فراهم می‌شود. این شاخص که به عنوان VHI شناخته شده است و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۳۱).

رابطه (۴)

$$VHI = a * VCI + (1-a) * TCI$$



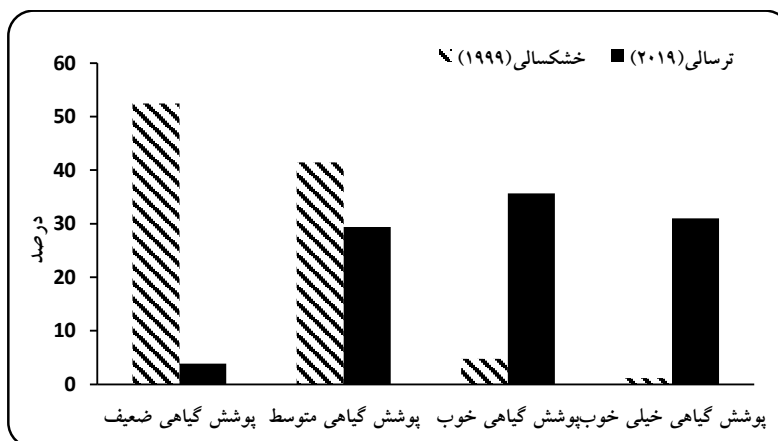
شکل ۳: نقشه پهنه بندی وضعیت شاخص NDVI در حوضه کشکان در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

۲۰۱۹، پوشش گیاهی در اکثر مناطق حوضه وجود دارد که پوشش گیاهی بخش های جنوب و شرق منطقه مورد مطالعه دارای تراکم بیشتری است که بیشترین تراکم پوشش گیاهی در بخش های جنوبی حوضه متمرکز بوده و در بقیه قسمت ها به صورت پراکنده واقع شده است. در بخش شمالی حوضه بر خلاف سال ۱۹۹۹ پوشش گیاهی طبیعی به دلیل اینکه بارش های خوبی حکمفرما بوده است، غالب می باشند. براساس نتایج به دست آمده، در سال ۱۹۹۹، میزان پوشش گیاهی ضعیف بیشترین مقدار با مساحت ۴۸۶۹/۷ کیلومتر مربع معادل ۵۲/۴۹ درصد مساحت منطقه و در سال ۲۰۱۹، بیشترین پوشش گیاهی متعلق به طبقه پوشش گیاهی خوب با مساحت ۳۳۱۱/۴ کیلومتر مربع معادل ۳۵/۶۹ درصد مساحت منطقه را در بر گرفته است. شکل ۴ درصد پوشش گیاهی را در طبقات مختلف بر اساس NDVI را نشان می دهد.

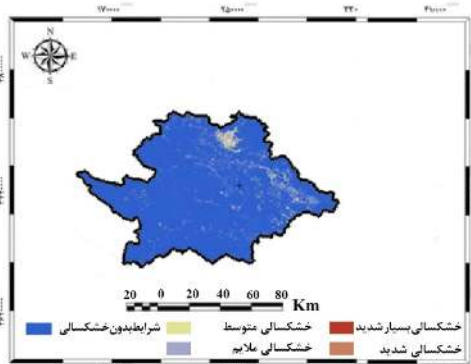
جدول ۱: فاکتورهای مرتبط با NDVI در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

| NDVI | میانگین | انحراف معیار | واریانس | حداقل | حداکثر | مد |
|------|---------|--------------|---------|-------|--------|-------|
| ۱۹۹۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۳ | -۰/۰۶ | ۰/۳۴ | ۰ |
| ۲۰۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۱۶ | ۰/۰۲ | -۰/۱۸ | ۰/۶۱ | -۰/۰۹ |

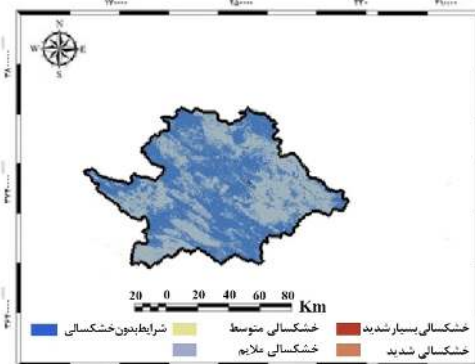
با توجه به شکل (۳) در سال ۱۹۹۹ بیشتر تراکم پوشش گیاهی در حوضه، در بخش شمال و مرکز قرار دارد. در قسمت غرب و جنوب میزان شاخص NDVI بین ۰/۴- تا صفر نوسان دارد، در حالی که در بخش شمال و مرکزی حوضه، شاخص NDVI و مقدار تراکم پوشش های گیاهی بیشتر است که در شرایط خشکسالی کماکان وضعیت تراکم پوشش گیاهی خوبی را دارند. در بخش های جنوبی و غربی پوشش گیاهی مساحت کمتری را دارا هستند و براساس مشاهدات، مقدار پوشش گیاهی در این بخش ها با افت شدید مواجه می باشد و از مقادیر ۰/۳ در زمان ترسالی به میزان ۰/۰۹ در زمان خشکسالی تنزل دارند. در سال



شکل ۴: وضعیت NDVI در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

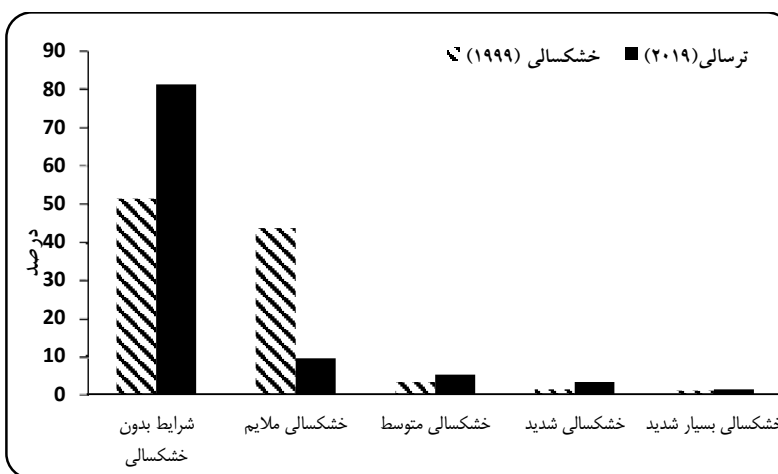


(۲۰۱۹) VCI



(۱۹۹۹) VCI

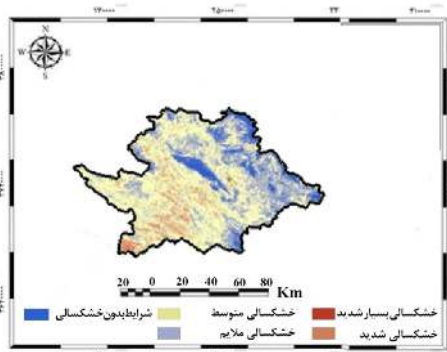
شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص VCI در حوضه کشکان در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹



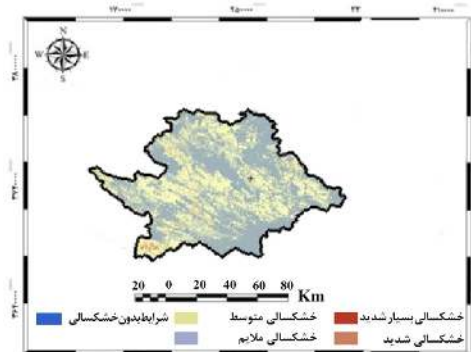
شکل ۶: وضعیت شاخص VCI در حوضه کشکان در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

شاخص TCI وضعیت پوشش گیاهی را از نظر حرارتی بررسی می‌کند. شکل‌های ۷ و ۸ نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص TCI و درصد مساحت این شاخص با شرایط مختلف خشکسالی را در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ نشان می‌دهند. مطابق نتایج در سال ۱۹۹۹، بخش‌های محدودی از مناطق غربی و جنوب غربی حوضه با مساحت ۷۴۲/۱ و ۲۷۸/۳ کیلومترمربع به‌ترتیب دارای شرایط خشکسالی شدید و بسیار شدید بودند و علاوه بر این ۳۰۸۸/۸ کیلومترمربع از مساحت منطقه دارای شرایط خشکسالی متوسط و به‌صورت پراکنده در سطح حوضه رخ داده است. همچنین ۴۷۳۰/۶ و ۴۳۶ کیلومترمربع معادل ۵۵/۷ درصد از منطقه به‌ترتیب دارای خشکسالی ملایم و بدون خشکسالی بوده‌اند. با توجه به این که این سال دارای خشکسالی بوده است، تاثیر خشکسالی در حوضه تقریباً زیاد می‌باشد. مطابق نتایج شکل‌های (۷ و ۸)، در سال ۲۰۱۹ از نظر حرارتی، در ۳۰۰۵ کیلومترمربع از سطح منطقه در بخش‌های شمال، مرکز و جنوب شرقی حوضه، شرایط بدون خشکسالی حاکم بوده است و ۱۷۴۳ کیلومترمربع از مساحت منطقه در بخش‌های جنوب غربی به‌ویژه در بخش‌های مانند پلدختر و کوه‌دشت، خشکسالی شدید و بسیار شدید مشاهده شده است. نتایج ارزیابی حاصل از مقایسه نقشه مدل‌سازی و واقعیت زمینی برای سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ به‌ترتیب بیانگر میزان ضریب کاپا ۰/۹۱ و ۰/۸۷ بود.

شاخص VCI تغییرات بارش را بهتر از شاخص NDVI نشان می‌دهد و به‌منظور نشان دادن شرایط و وضعیت پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس شکل‌های (۵ و ۶) نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص VCI و درصد مساحت این شاخص با شرایط مختلف خشکسالی را در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ نشان می‌دهند. نتایج این شکل‌های نشان می‌دهند که وضعیت پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۹ مناسب بوده است و ۴۷۴۹/۱ کیلومترمربع از مساحت منطقه، شرایط بدون خشکسالی را تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، به‌ترتیب ۴۰۳۴/۹، ۱۱۱/۳ و ۸۳/۵ کیلومترمربع از مساحت منطقه دارای شرایط خشکسالی ملایم، خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید بوده‌اند. در سال ۲۰۱۹ بر اساس شاخص VCI، ۷۵۳۱/۸ کیلومترمربع حوضه یعنی ۸۱/۲ درصد مساحت منطقه، از نظر وضعیت پوشش گیاهی دارای شرایط بدون خشکسالی می‌باشند. علاوه بر این، به‌ترتیب ۸۶۲/۶، ۴۷۳/۱، ۲۹۶/۸ و ۱۱۱/۳ کیلومترمربع از مساحت منطقه دارای شرایط خشکسالی ملایم، خشکسالی متوسط، خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید بوده‌اند. نتایج ارزیابی حاصل از مقایسه نقشه مدل‌سازی و واقعیت زمینی برای سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ به‌ترتیب بیانگر میزان ضریب کاپا ۰/۹۲ و ۰/۸۴ بود.

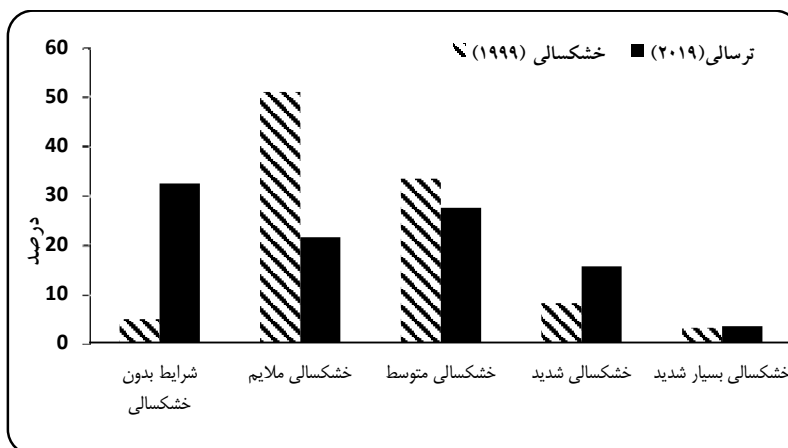


TCI (۲۰۱۹)



TCI (۱۹۹۹)

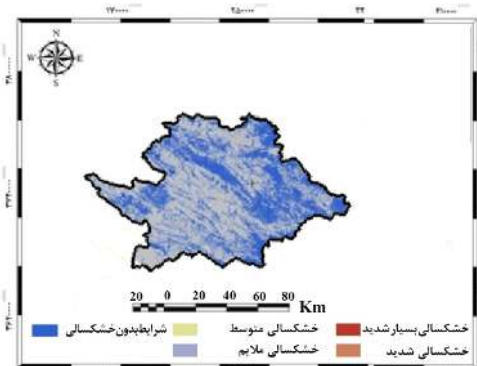
شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص TCI در حوضه کشکان در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹



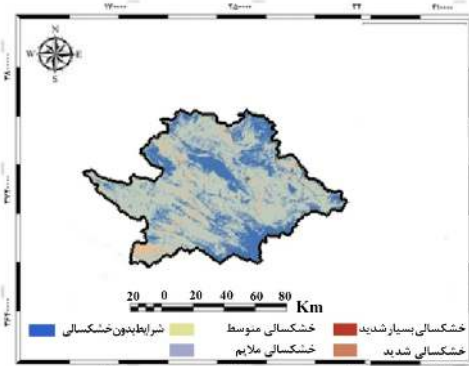
شکل ۸: وضعیت شاخص TCI در حوضه کشکان در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

شکل‌های (۹ و ۱۰) نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص VHI و درصد مساحت این شاخص با شرایط مختلف خشکسالی را در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ نشان می‌دهند. بر اساس نتایج این شکل‌ها، در سال ۱۹۹۹، حدود ۱۰۲ و ۱۱۵۹ کیلومتر مربع از مساحت منطقه به ترتیب دارای شرایط خشکسالی شدید و متوسط بوده‌اند و در منطقه خشکسالی بسیار شدید رخ نداده است. همچنین به ترتیب ۴۸۱۴/۱ و ۳۲۰۰/۱ کیلومتر مربع دارای خشکسالی ملایم و بدون خشکسالی بوده است که این بخش معادل ۸۶/۴ درصد از منطقه را در بر گرفته است. از نظر سلامت پوشش گیاهی ارائه شده در شکل‌های ۹ و ۱۰، در سال ۲۰۱۹، حدود ۵۰۱۸ و ۳۹۹۷/۸ کیلومتر مربع به ترتیب معادل به ترتیب بیانگر میزان ضریب کاپا ۰/۸۹ و ۰/۸۶ بود.

شکل‌های (۹ و ۱۰) نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص VHI و درصد مساحت این شاخص با شرایط مختلف خشکسالی را در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹ نشان می‌دهند. بر اساس نتایج این شکل‌ها، در سال ۱۹۹۹، حدود ۱۰۲ و ۱۱۵۹ کیلومتر مربع از مساحت منطقه به ترتیب دارای شرایط خشکسالی شدید و متوسط بوده‌اند و در منطقه خشکسالی بسیار شدید رخ نداده است. همچنین به ترتیب ۴۸۱۴/۱ و ۳۲۰۰/۱ کیلومتر مربع دارای خشکسالی ملایم و بدون خشکسالی بوده است که این بخش معادل ۸۶/۴ درصد از منطقه را در بر گرفته است. از نظر سلامت پوشش گیاهی ارائه شده در شکل‌های ۹ و ۱۰، در سال ۲۰۱۹، حدود ۵۰۱۸ و ۳۹۹۷/۸ کیلومتر مربع به ترتیب معادل

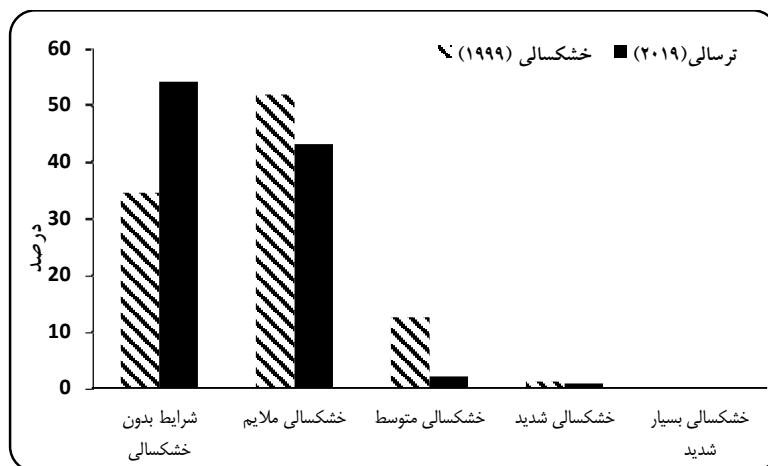


VHI (۲۰۱۴)



VHI (۱۹۹۹)

شکل ۹: نقشه پهنه‌بندی وضعیت شاخص VHI در حوضه کشکان در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹



شکل ۱۰: وضعیت شاخص VHI در حوضه کشکان در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۹

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های پایش خشکسالی و تأثیر این پدیده بر روی پوشش مناطق مختلف استفاده از شاخص‌های خشکسالی و همچنین تعیین شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. بر این اساس در این تحقیق با استفاده از شاخص خشکسالی SPI، سال‌های تر و خشک مشخص و در ادامه شاخص‌های پوشش گیاهی VCI، TCI، NDVI و VHI با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شدند. بر اساس نتایج، سال ۱۹۹۹ نشان داد که بیشترین تراکم پوشش گیاهی، در بخش‌های شمال و شرق به دلیل استفاده از منابع آب زیرزمینی می‌باشد و در نتیجه کمتر تحت تأثیر خشکسالی رخ داده قرار گرفته‌اند. در بخش‌های دیگر حوضه مطابق این شاخص، تراکم پوشش گیاهی در اثر خشکسالی بسیار کاهش یافته است. اما سال ۲۰۱۹ پوشش گیاهی در اکثر مناطق حوضه وجود داشته است که در برخی مناطق تراکم بیشتری و در برخی مناطق دیگر تراکم آن کمتر است. با توجه به شاخص VHI که سلامت پوشش گیاهی تحت تأثیر خشکسالی را نشان می‌دهد و این شاخص بر اساس شاخص‌های TCI و VCI محاسبه می‌شوند. در سال ۱۹۹۹ و بر اساس نقشه‌ی تهیه شده از شاخص VHI اکثر مناطق حوضه تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته‌اند و مناطق غربی، شرقی و جنوب-غربی، دچار خشکسالی متوسط تا خشکسالی شدید بوده‌اند و بقیه‌ی مناطق حوضه دارای خشکسالی ملایم بوده‌اند. این

سال به دلیل اینکه میزان بارندگی آن در فصل بهار بسیار کمتر از میانگین بلند مدت بوده است در نتیجه میزان پوشش گیاهی آن نیز کمتر بوده است. اما در سال ۲۰۱۹ در بیشتر مناطق حوضه، پوشش گیاهی تحت شرایط بدون خشکسالی بوده است و خوشبختانه دچار استرس ناشی از خشکسالی نشده‌اند و با توجه به اینکه در سال ۲۰۱۹ از نظر بارشی شرایط بسیار بهتر از سال ۱۹۹۹ بوده است، وضعیت تراکمی پوشش گیاهی بسیار بهتر است. براساس نتایج بدست آمده و انجام تحلیل‌های آماری و نقشه‌های حاصل از شاخص‌های ماهواره‌ای پوشش‌های گیاهی و مقایسه سال ۱۹۹۹ به عنوان سال خشک و سال ۲۰۱۹ به عنوان سال تر، می‌توان گفت که در سطح حوضه در سال ۱۹۹۹ خشکسالی رخ داده است و این تغییر پوشش گیاهی بیانگر این واقعیت است که مساحت پوشش گیاهی منطقه کاهش قابل توجهی داشته است که بیانگر تأثیر بسیار زیاد خشکسالی بر روی مساحت پوشش گیاهی حوضه می‌باشد. این نتایج با نتایج مختاری و همکاران (۲۰۰۶)، فاتحی‌مرج و باقری‌نیا (۲۰۱۱)، باعقیده و همکاران (۲۰۱۱)، میرموسوی و کریمی (۲۰۱۳)، دستورانی و همکاران (۲۰۱۵)، مظفری و نارنگی فرد (۲۰۱۶)، صفری و همکاران (۲۰۱۷)، زارع خورمیزی و همکاران (۲۰۱۷)، زارع خورمیزی و غفاریان مالمیری (۲۰۱۸) و بحرینی و همکاران (۲۰۱۸) هم‌خوانی داشت، زیرا نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی تحت تأثیر خشکسالی منطقه می‌باشد. به‌طور کلی، نتایج

شاخص‌ها می‌توان برای کاهش خسارات ناشی از وقوع خشکسالی در عرصه‌های طبیعی به‌ویژه مدیریت مراتع و پوشش جنگلی در هنگام وقوع خشکسالی برنامه‌ریزی نمود.

این تحقیق نشان داد که شاخص‌های پوشش گیاهی VHI، TCI، VCI، NDVI و شاخص SPI توانایی بالایی در تعیین مناطق و پوشش‌های گیاهی حساس و آسیب‌پذیر در دوره‌های خشکسالی دارد و همچنین با استفاده از این

References

1. Bento, V.A., C.M. Gouveia, C.C. Dacamara & I.F. Trigo, 2018. A climatological assessment of drought impact on vegetation health index. *Agricultural and forest meteorology*, 259: 286-295.
2. Uttaruk, Y. & T. Laosuan, 2017. Drought detection by application of Remote Sensing technology and vegetation phenology. *Journal of ecological engineering*, 18(6): 115-121.
3. Rimkus, E., E. Stonevičius, J. Kilpys, V. Mačiulytė & D. Valiukas, 2017. Drought identification in the eastern Baltic region using NDVI. *Earth system dynamics*, 8(3): 627-637.
4. Zhou, L., S. Wang, Y. Chi & J. Wang, 2018. Drought Impacts on Vegetation Indices and Productivity of Terrestrial Ecosystems in Southwestern China During 2001-2012. *Chinese geographical science*, 28(5): 784-796.
5. Owrangi, M.A., J. Adamowski, M. Rahnamaei, A. Mohammadzadeh & R.A. Sharifan, 2011. Drought monitoring methodology based on AVHRR images and SPOT vegetation maps. *Journal of water resource and protection*, 3(5): 325-334.
6. Bayati, T., Z. Hosseini, A. Rashtian & H. Alirezaei, 2018. Comparison of accuracy of different vegetation percentage sampling methods in remote sensing studies. *Journal of Rangeland*, 12(2): 169-179.
7. Jain, S.K., R. Keshri, A. Goswami & A. Sarkar, 2010. Application of meteorological and vegetation indices for evaluation of drought impact: a case study for Rajasthan, India. *Natural hazards*, 54(3): 643-656.
8. Quiring, S.M. & S. Ganesh, 2010. Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(3): 330-339.
9. Levine, E.R., R.G. Knox & W.T. Lawrence, 1994. Relationships between soil properties and vegetation at the Northern Experimental Forest, Howland, Maine. *Remote Sensing of Environment*, 47(2): 231-241.
10. Gurgel, H.C. & N.J. Ferreira, 2003. Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. *International Journal of Remote Sensing*, 24(18): 3595-3609.
11. Su, Z., A. Yacob, J. Wen, G. Roerink, Y. He, B. Gao & V.D. Cees, 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, Parts A/B/C*, 28(1-3): 89-101.
12. Thenkabail, P.S. & M.S.D.N. Gamage, 2004. The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia. *International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka*, 85: 26 pp.
13. Dutta, D., A. Kundu, N.R. Patel, S.K. Saha & A.R. Siddiqui, 2015. Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 53-63.
14. Jiao, W., L. Zhang, Q. Chang, D. Fu, Y. Cen & Q. Tong, 2016. Evaluating an enhanced vegetation condition index (VCI) based on VIUPD for drought monitoring in the continental United States. *Remote Sensing*, 8(3): 224-245.
15. Abuzar, M.K., M. Shafiq, S.A. Mahmood, M. Irfan, T. Khalil, N. Khubaib & S. Shaista, 2019. Drought Risk Assessment in the Khushab Region of Pakistan Using Satellite Remote Sensing and Geospatial Methods. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 10(1): 48-56.
16. Wang, K., T. Li & J. Wei, 2019. Exploring drought conditions in the Three River Headwaters Region from 2002 to 2011 using multiple drought indices. *Water*, 11(2): 190-210.
17. Anjam, M., G.A. Heshmati, A. Sepehri, H. Gharmakhar & E. Jafarifutmi, 2014. Study of environmental factors caused by elevation changes on vegetation establishment in Alborz Mountain range. *Journal of Rangeland*, 7(4): 304-315.
18. Kavianpour, A.H., H. Barani, A. Sepehri & A. Bakhand, 2019. Impacts of Climate Change on Activities of Rangeland Users. *Journal of Rangeland*, 2(1): 26-37.
19. Zarei, A., E. Asadi, A. Ebrahimi, M. Jafari & A. Malekian, 2018. Assessment of Changes in Precipitation and Temperature Parameters under Climate Scenarios in Rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Rangeland*, 12(4): 426-434.
20. Fatehi, A. & M. Bagherinia, 2011. Study of Drought Rangeland of West Iran Using MODIS Satellite Images from 2007 to 2010. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 5(16): 13-22.

21. Mirmosavei, S. & H. Kareimeh, 2013. Effect of Drought on Vegetation Cover Using MODIS Sensing Images. *Iranian Journal of Geography and Development*, 11(31): 57-76.
22. Safari, M., M. Habibnejad & A.R. Eldermi, 2017. Evaluation of NDVI Index in drought monitoring using Remote Sensing Technique. *Journal of Geographical Data*, 25(100): 35-44.
23. Bahreini, F., F. Panahi, M. Jafari & A. Malekian, 2018. Identification of Vegetation-Vulnerable Areas to Drought Using Remote Sensing. *Journal of Range & Watershed Management*, 71(2): 341-354.
24. Ghobadi, M. & M. Ahmadipari, 2018. Environmental Planning for Wind Power Plant Site Selection using a Fuzzy PROMETHEE-Based Outranking Method in Geographical Information System. *Environmental Energy and Economic Research*, 2(2): 75-87.
25. West, H., N. Quinn, M. Horswell & P. White, 2018. Performance of Sentinel-2 NDVI for assessing the relationship between vegetation and soil moisture under extreme drought conditions. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, Vol. 20: p. 13192.
26. Karamihalaki, M., S. Stagakis, O. Sykioti, A. Kyparissis & I. Parcharidis, 2016. Monitoring Drought Effects on Mediterranean Conifer Forests Using SPOT-Vegetation NDVI and NDWI Timeseries. In *Living Planet Symposium, Proceedings of the conference held*; 9-13.
27. Gouveia, C.M., R. M. Trigo, S. Beguería & S.M. Vicente-Serrano, 2017. Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region: An assessment using remote sensing data and multi-scale drought indicators. *Global and Planetary Change*, 151: 15-27.
28. Ahmadelipour, A., H. Moradkhani, H. Yan & M. Zarekarizi, 2017. Remote sensing of drought: vegetation, soil moisture, and data assimilation. *Remote sensing of hydrological extremes*. 121-149.
29. Bento, V., I. Trigo, C. Gouveia & C. DaCamara, 2018. Contribution of Land Surface Temperature (TCI) to Vegetation Health Index: A Comparative Study Using Clear Sky and All-Weather Climate Data Records. *Remote Sensing*, 10(9): 1324.
30. Qu, C. & X. Hao, 2018. Agriculture Drought and Food Security Monitoring Over the Horn of Africa (HOA) from Space. 7th International Conference on Agro-geoinformatics (Agro-geoinformatics), IEEE, 1-4.
31. Pei, F., C. Wu, X. Liu, X. Li, K. Yang, Y. Zhou & G. Xia, 2018. Monitoring the vegetation activity in China using vegetation health indices. *Agricultural and forest meteorology*, 248: 215-227.
32. McKee, T.B., N.J. Doesken & J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. 9th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Boston. 233-236.
33. Eskandari Damaneh, H., Gh.R. Zehtabian, H. Khosravi & A. Azareh, 2016. Investigation and Analysis of Temporal and Spatial Relationship between Meteorological and Hydrological Drought in Tehran Province, *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data*, 24(96): 113-120.
34. Mokhtari A., N. Kaveh Zadeh & F. Shanbeh Dastjerdi, 2006. Detection of Drought Effects Change on Isfahan City Green Vegetation Cover by Using Landsat TM and ETM+ Data, *Journal of Research in Agricultural Science*, 2(1): 25-36.
35. Baghideh M., B. Alijani & P. Zeiaecian, 2011. Evaluating the possibility of using the NDVI index to analyze and monitor droughts in Esfahan Province. *Arid Regions Geographic Studies*, 1(4):1-16.
36. Dastorani M., A.A. Vali, A. Sepehr & Ch. Bairam Komaki, 2015. The effect of drought on vegetation using MODIS satellite Khorasan Razavi. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 4(7): 1-8.
37. Mozafari Gh. & M. Narangifard, 2016. The Vegetative Cover Deterioration Due to the Droughts on the Mulla Sadra Watershed and Application of Remote Sensing Techniques in Its Monitoring. *Water Resources Engineering*, 8(26): 1-14.
38. Zare Khormizie H., S.Z. Hosseini, M.H. Mokhtari & H.R. Ghafarian Malamiri, 2017. Analysis of relationship between drought and NDVI variations in different vegetation types. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 7(2): 85-101.
39. Zare Khormizie H. & H.R. Ghafarian Malamiri, 2018. Drought monitoring and its impact on vegetation cover using remote sensing techniques (Case Study: Yazd province, from 1994 to 2014). *Desert Management*, 10: 68-86.