

Investigation of the Effect of Drought on Vegetation Using Remote Sensing Techniques (Case Study of Dorodzan Dam Catchment)

Mohammad Ebrahim Afifi ^{1*}

1-Assistant Professor of Climatology, Islamic Azad University of Larestan, Fars, Iran.

Received: 31 March 2021

Accepted: 2 August 2021

Extended Abstract

Introduction

Drought is one of the characteristics of the climate system that occurs every year without any warning and regardless of geographical boundaries and with economic and political differences (Niazi et al., 1396: 83). Drought is a threat in most parts of the world, including arid and semi-arid regions, and increases restrictions on agricultural production, accessible water, desertification, and the loss of natural pastures and vegetation. Iran is a vast country that has a different climate due to its special location and topographic feature (Alijani et al., 2007: 161). The average annual rainfall is about 251 mm (Eskandari et al., 2020: 116). This is less than 25% of the average annual rainfall on the planet and about 33.33 average annual rainfall on the land surface, so most of Iran is located in the arid climate of the world (Nabizadeh et al., 2018: 133). Therefore, the need for further research and study in this field in different regions of Iran in order to identify temporal and spatial changes of this climate phenomenon and provide appropriate management solutions to deal with and manage it is very necessary, but unfortunately due to the importance of less important issue Most studies in this field have been based either on limited terrestrial data or on specific time and limited areas. As a result, there is a need to develop new methods and use new remote sensing techniques and satellite imagery to assess the time and place of drought (Firoozi et al., 2019: 171).

Methodology

MODIS images were used to monitor vegetation changes in the catchment area of Dorodzan Dam. The reason for using these images is long-term coverage and the possibility of accessing these images so that vegetation changes can be well followed. In this research, the drought situation in recent decades is first investigated and determined using the statistics of stations in access and near or near the catchment area of Dorodzan Dam. The method of identifying droughts is using SPI method. This method is one of the most widely used techniques for estimating drought. After identifying the dry years, the vegetation surface in different years is obtained using MODIS satellite images and their extent is compared. A series of indicators were used to assess the drought situation in the region. Examples of indices used in the analysis of rainfall data in this study are the Chinese ZSI and CZI indices and the normal percentage index is the standardized precipitation index. In the tables, the intensity of drought is determined based on the results of the indices. (Roozgar et al., 2012: 6). Then, the best of these indicators is determined.

Results and discussion

* Corresponding Author (Email: afifi.ebrahim6353@gmail.com)

The output chart of the drought index was prepared based on periods of 1 and 3 months for Dorodzan station and two other stations to check the accuracy and performance of work. The dry area is estimated in October 2001 according to the chart. Also, in 2004, 2010 and 2013, the months (1 and 10) have been estimated according to the one-month index of the arid region. Paying attention to the value of the standard precipitation index tables shows the value close to zero as close to normal and normal situation in each region, and the higher the number of negative numbers, the higher the drought intensity is estimated. Based on the standard precipitation index (SPI), the drought threshold can be determined for each time period. Therefore, based on this index, in addition to calculating the severity of drought, we can also determine its duration. The standardized precipitation index is based on the probability of precipitation for each time period and is very important for early warning and drought monitoring. According to the results obtained from indicators and graphs during the statistical period in general and in all three stations in 2001, 2003, 2005, 2007 and 2013, the dry period has been estimated that the results show The basin typically has moderate to severe droughts, and satellite imagery was obtained to calculate the NDVI index during these years for three months (October, August, September, and January). Correlation test between meteorological and vegetation indices was taken during the statistical period for dry and wet years. According to the results, the NDVI index value for each station for the short period of one month has shown the highest response and shows a high correlation value at the level of 95%. According to the statistical results, the vegetation index has the highest correlation with Dorodzan station in relation to drought and climate changes and in 2001 to 2014 for both dry periods in the years (2001, 2003, 2005, 2007 and 2013) and for The wet year in 2009 and 2014 was above 0.8 and this was due to the high correlation and high impact of rainfall in dry and wet periods on vegetation in the region.

Conclusion

A closer look at the Dorodzan station in 2001, 2003, and 2005 in the dry season according to the table of impact values was very high and the correlation value was above 0.9. Also, in the wet season of 2009, the index value is higher than in 2014, when the wet season occurred, and the high value in this year also shows that the wet season also had a positive effect on vegetation in the region. But previously it was said that two other stations were used for accuracy. Shiraz station was closer to Eghlid. It is equal to 0.925 and in 2014 for the wet period shows the value of 0.981. However, Eghlid station, which is further away from Shiraz station than the basin, has a one-month standard rainfall index and in 2009 and 2014 for the wet season of the region shows a value above 0.9, which is due to the strong effect of average rainfall. It occurs monthly during the growing and maintenance period of the region's vegetation, and in 2007 shows a high correlation with the rest for the dry period. The practical conclusion of this study is: Drought causes damage to agricultural and agricultural sectors, so it is better to prevent the expansion of orchards in areas with low rainfall and lake shores. Use satellite imagery Use other sensors to increase the accuracy of the changes.

Keywords: NDVI, SPIT, MODIS, Dorodzan

بررسی اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه آبریز سد درودزن)

محمد ابراهیم عفیفی^۱ - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان، فارس، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۱

چکیده

خشکسالی، دوره کم آبی است که طی آن یک منطقه با کمبود در ذخیره و منابع آبی مواجه است. یکی از روش های مطالعه خشکسالی و اثرات مخرب آن، پایش و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص های هواشناسی و تکنیک های سنجش از راه دور می باشد. خشکسالی جزئی از ویژگی های سیستم آب و هواست که بدون هیچ اخطار و بدون توجه به مرزهای جغرافیایی و با تفاوت های اقتصادی و سیاسی هر سال رخ می دهد. هدف این تحقیق، پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن است. شدت های خشکسالی با استفاده از شاخص های خشکسالی SPI سالانه توسط داده های بارندگی ایستگاه های هواشناسی تعیین شد. در این تحقیق شاخص خشکسالی SPI در دوره های کوتاه مدت یک و سه ماهه و دوره سالانه برای سه ایستگاه شیراز، اقلید و درودزن بررسی شد. پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی بین بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر MODIS مطالعه شد. این تصاویر ماهواره ای در فریم h22v6 کشور ایران قرار دارد و در مرحله بعد بر اساس تصاویر گرفته شده از MODIS در ماه های اکتبر، اگوست و سپتامبر شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی NDVI محاسبه شد و سپس همبستگی بین شاخص های هواشناسی و پوشش گیاهی در طی دوره آماری برای سال های خشک و تر گرفته شد. نتیجه اینکه شاخص NDVI به تغییرات خشکسالی و اقلیمی بیشترین همبستگی را با ایستگاه درودزن داشته است.

واژگان کلیدی: NDVI، SPI، MODIS، درودزن

مقدمه

خشکسالی جزئی از ویژگی های سیستم آب و هواست که بدون هیچ اخطار و بدون توجه به مرزهای جغرافیایی و با تفاوت های اقتصادی و سیاسی هر سال رخ می دهد (نیازی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۳). خشکسالی در اغلب مناطق جهان از جمله در مناطق خشک و نیمه خشک عاملی تهدید کننده است و محدودیت را در تولیدات کشاورزی، آب قابل دسترس، بیابان زایی و از بین رفتن مراتع و پوشش گیاهی طبیعی افزایش می دهد. ایران کشور پهناوری است که به علت موقعیت خاص و ویژگی های توپوگرافیکی از آب و هوای متفاوتی برخوردار است (علیچانی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۶۱). میزان بارندگی متوسط سالانه آن حدود ۲۵۱ میلی متر می باشد (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۱۶). این میزان کمتر از ۲۵٪ متوسط بارندگی در سطح کره زمین و در حدود ۳۳،۳۳ متوسط بارندگی سالانه در سطح خشکی های زمین می باشد، به همین دلیل قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان قرار می گیرد (نبی زاده و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۳). نوسانات شدید بارندگی در مقیاس های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیات است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه، جریان های سطحی و سفره آب های زیر زمینی و مصارف انسانی می شود (نوری و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۵۸). در نتیجه، وقوع خشکسالی در کشور امری اجتناب ناپذیر محسوب می شود. از طرفی کشور ایران 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 (اسماعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۷: ۹). 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 ضروری می باشد، 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 داده های محدود زمینی و یا مختص مناطقی خاص و زمانی محدود بوده است (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۱). در نتیجه، لزوم گسترش روش های نوین و استفاده از تکنیک جدید سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای جهت ارزیابی زمانی و مکانی خشکسالی، احساس می شود. Kogan در ایالات متحده در دهه ۲۰۱۹ با استفاده از شاخص NDVI خشکسالی های روی داده را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که این شاخص از طریق نشان دادن تغییرات در پوشش گیاهی می تواند به خوبی خشکسالی ها را نشان دهد (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۴). Kogan و Unganai (۲۰۱۹)، از شاخص NDVI برای بررسی پوشش گیاهی، برآورد مقدار محصولات کشاورزی و شناسایی خشکسالی در جنوب آفریقا استفاده نمودند. Singh و همکاران (۲۰۱۵) از داده های سنجنده AVHRR برگرفته از ماهواره NOAA برای طبقه بندی و پیش پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در هند استفاده کردند. Saura و Miguel با استفاده از داده های ماهواره IRS- WiFS به تهیه نقشه برای پوشش جنگلی پرداختند، و به این نتیجه رسیدند که می توان از این داده ها برای تیپ بندی پوشش گیاهی استفاده کرد. Wylie و همکاران (۲۰۱۸) در شمال آمریکا برای یک علفزار همبستگی بین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان مانند بیوماس و شاخص سطح برگ را با شاخص NDVI بررسی کردند. Wylie و همکاران (۲۰۱۸) در شمال چین با استفاده از تصاویر نوآ تغییرات پوشش گیاهی را بررسی کردند، نتیجه نشان داد که در مناطق علف زار همبستگی بسیار بالایی بین تغییرات پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد. روزگار و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS و شاخص NDVI در سال های ۲۰۱۵-۲۰۱۹ فصل های رشد گیاهی را در شمال غربی آمریکا بررسی کردند. تغییرات NDVI در طول این دوره کاهش معنی داری را در سلامت پوشش گیاهی نشان داد (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۱). Hosseini et al. 2011، رابطه

نوسانات بارندگی و تغییرات پوشش گیاهی را در دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ در بخشی از مراتع استان یزد مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از اطلاعات بارندگی ماهیانه ایستگاه های هواشناسی و تصاویر ماهواره NOAA استفاده شد (دهکردی، ۱۳۹۵: ۱۸۳). به بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر MSS و ETM در حوضه سد ایلام پرداختند. در این مطالعه روش های مختلفی برای بررسی تغییرات استفاده شد. در نهایت مشخص گردید که روش تفاضل باند قرمز بیش ترین دقت را داشته است (شفیعی و حسینی ۱۳۹۲: ۴۶). به بررسی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای در سیستان پرداختند. در این پژوهش روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه در دوره ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ بررسی شده است. نتایج نشان داد که سطح پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۵ معادل ۱۰۱۲۴۷ هکتار بوده است اما در سال ۲۰۱۷ به ۲۶۴۷۵ هکتار کاهش یافته است (هادیان و همکاران ۱۳۹۳: ۷۲). به پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده های بارش و تصاویر NOVA در استان کرمانشاه پرداختند (متکان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴۹). آن ها رابطه بارش با پوشش گیاهی را بین سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ بررسی کردند. در این مطالعه مشخص شد که رابطه بین پوشش گیاهی و بارش به نوع پوشش گیاهی و فصل بستگی دارد (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۴). آن ها به تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهرستان بهبهان پرداختند. در این پژوهش جهت نمایش تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی شهرستان بهبهان از اطلاعات باندهای ماهواره لندست سنجنده های ETM+ و OLI در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹ استفاده و مقدار شاخص NDVI برای دو سال محاسبه گردید (لشکری و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۵۶). همچنین، بیشترین کاهش مساحت در اراضی با پوشش درختچه ای دیده شد که از ۳۴۰۶۱/۴ هکتار به ۲۷۴۳۴/۴۳ هکتار رسیده است.

سؤال اصلی تحقیق عبارت است از: آیا با استفاده از تصاویر مادیس می توان تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی را مطالعه کرد؟

هدف تحقیق مطالعه خشکسالی هواشناسی حوزه آبخیز سد درودزن به صورت سالیانه و فصلی با توجه به آمار بارندگی ۲۵ ساله ایستگاه سد درودزن مورد بررسی قرار گرفت. سپس فراوانی و شدت خشکسالی بر اساس شش شاخص آستانه، ۶۰ درصد، درصدی از نرمال، استاندارد بارش، انحراف از میانگین، کلاسه بندی دامنه بارش و دهک ها در مقیاس فصلی و سالیانه مطالعه شد. با توجه به کاهش میزان نزولات جوی، مشخص شد که خشکسالی در برخی موارد به صورت سالیانه و در برخی نیز به صورت فصلی رخ داده است. با توجه به نتایج حاصل از شش شاخص برآورد خشکسالی، می توان گفت که روش SD و PC در پایش بینی خشکسالی از دقت بالاتری نسبت به شاخص های دیگر برخوردارند. بررسی ها نشان می دهد که در سال های مورد بررسی در حوزه سد درودزن، خشکسالی با شدت های متفاوت رخ داده است (عقیفی، ۱۳۹۶).

روش پژوهش

برای پایش تغییرات پوشش گیاهی در حوضه آبریز سد درودزن از تصاویر MODIS استفاده شد. دلیل استفاده از این تصاویر پوشش زمانی طولانی مدت و امکان دسترسی به این تصاویر می باشد به نحوی که می توان تغییرات پوشش گیاهی را به خوبی دنبال کرد. در این تحقیق ابتدا با استفاده از آمار ایستگاه های در دسترس و مجاور یا نزدیک به حوضه آبریز سد درودزن وضعیت خشکسالی در دهه های اخیر بررسی و مشخص می شود. روش شناسایی خشکسالی ها با استفاده از روش SPI می باشد. این روش از جمله تکنیک های پر کاربرد برای برآورد خشکسالی است. پس از شناسایی سال های

خشک با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS سطح پوشش گیاهی در سال‌های مختلف به دست آمده و وسعت آن‌ها مقایسه می‌شود.

محدوده مورد مطالعه

مطالعه حاضر در سطح حوزه آبریز سد درودزن در استان فارس انجام شده است. سد درودزن از مهمترین سدهای این استان است. این سد خاکی بر روی رودخانه کر احداث شده و در سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری رسیده است. این سد نیاز آبی ۱۱۲۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی و نیز نیازهای شهری و صنعتی شیراز و مرودشت را فراهم می‌کند (خرزاعی و همکاران، ۱۳۹۸:۱۶۵). سطح حوزه آبریز سد درودزن حدود ۴۳۱۱ کیلومترمربع و دارای تغییرات ارتفاع از حداقل ۱۱۴۶ متر تا حداکثر ۳۷۴۹ متر و ارتفاع متوسط آن حدود ۲۱۶۷ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی حوزه ۵۸۷ میلی‌متر در سال است. در محل سد درودزن میزان متوسط دمای سالانه ۱۶ درجه سانتیگراد، میزان متوسط تبخیر از تشتک ۲۵۴۶ میلی‌متر در سال و تبخیر از سطح آزاد آب دریاچه سد درودزن ۱۷۵۰ میلی‌متر در سال است. محدوده مورد مطالعه در نقشه ۱ نشان داده شده است (سالنامه آماری استان فارس، ۱۳۸۶:۲۷).



شکل شماره ۱. موقعیت حوزه مورد مطالعه در استان فارس

بحث و یافته‌ها

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

برای بررسی وضعیت خشکسالی در منطقه از یک سری شاخص‌ها استفاده شد. از نمونه شاخص‌هایی که در تحلیل داده‌های بارندگی در این پژوهش استفاده می‌شود، شاخص^۱ ZSI و شاخص^۲ CZI چینی و شاخص درصد نرمال^۳ شاخص بارش استاندارد^۴ شده است که در جداول، شدت خشکسالی براساس نتایج شاخص‌ها تعیین می‌شود (روزگار و همکاران، ۱۳۹۱:۶). سپس از بین این شاخص‌ها بهترین شاخص مشخص می‌گردد.

1 . Z-Score index

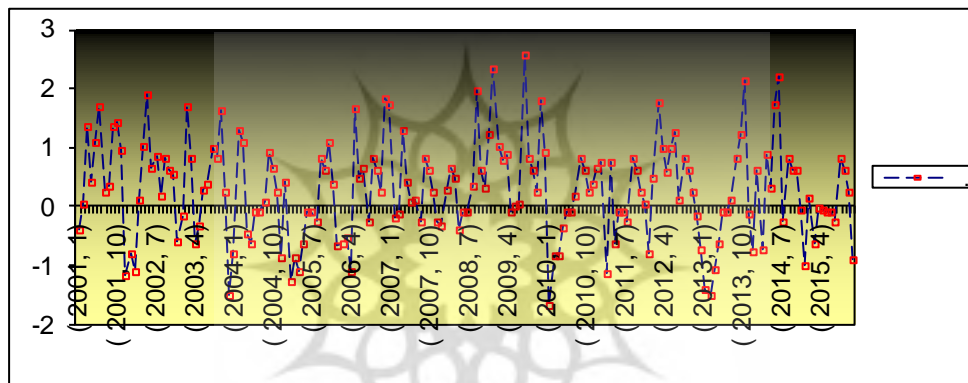
2 . China Z index

3 . Percent of Normal

4 . Standardized Percipitation Index

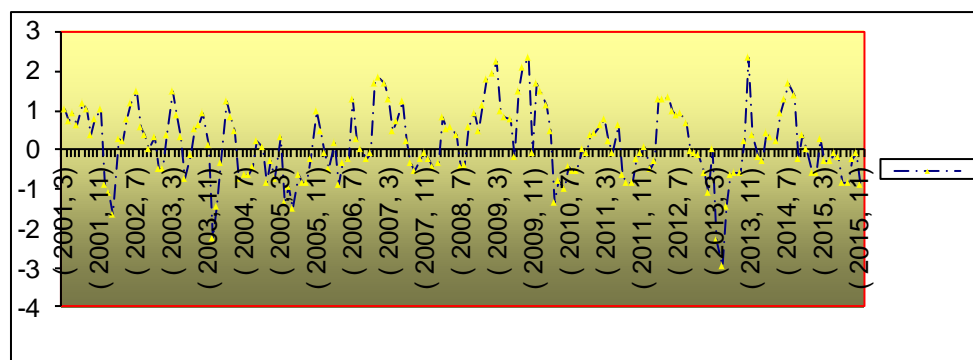
شاخص بارش استاندارد (SPI)

بر اساس این شاخص می‌توان آستانه خشکسالی را برای هر دوره زمانی تعیین کرد. بنابراین، براساس این شاخص علاوه بر محاسبه شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می‌توانیم تعیین نماییم. شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی می‌باشد و به منظور هشدار اولیه و پایش خشکسالی اهمیت زیادی دارد (میراحسنی، ۱۳۹۶: ۴۱). نتایج حاصل از خشکسالی در طی دوره آماری مشترک در جدول‌های مربوطه در زیر بیان شده‌اند. نمودار خروجی ۱ از شاخص خشکسالی بر اساس دوره‌های ۱ و ۳ ماهه برای ایستگاه درودزن و دو ایستگاه دیگر برای بررسی صحت و انجام کار تهیه شد. با توجه به نمودار در سال‌های ۲۰۰۱ در ماه اکتبر منطقه خشک برآورد شده است. همچنین، در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۳ و ماه‌های (۱ و ۱۰) با توجه به شاخص یک ماهه منطقه خشک برآورد شده است. با دقت به مقدار جداول شاخص بارش استاندارد مقدار نزدیک صفر را به عنوان نزدیک نرمال و وضعیت عادی در هر منطقه ای نشان می‌دهد و هرچه مقدار اعداد منفی بیشتر باشد شدت خشکی نیز بیشتر برآورد می‌گردد.



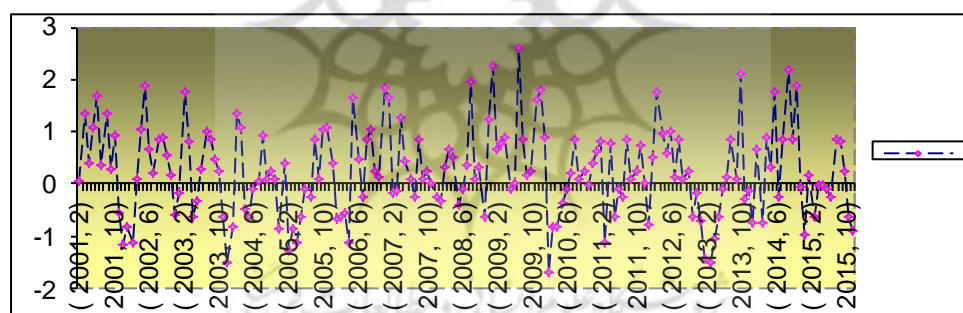
شکل شماره ۲. شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه حوزه آبخیز درودزن

همچنین، (شکل ۳) تغییرات خشکسالی با توجه به شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه را نمایش می‌دهد. به عبارتی این نمودار بر اساس میانگین متحرک ۳ ماهه برای ایستگاه مورد نظر تهیه شده است. با دقت روی نمودار مشخص می‌شود که تعداد نوسانات نمودار کمتر از شاخص ۱ ماهه است. به عبارتی شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه تغییرات بارش و خشکی را به صورت ریزتر نمایش می‌دهد. با توجه به نتایج نمودار و در شاخص سه ماهه وضعیت متفاوت تر است، یعنی در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۳ و برای ماه‌های ۳ و ۱۱ خشکی برآورد شده است و در بقیه حالات و ماه‌های دیگر میانگین سه ماهه بارش بیشتر از صفر بوده و حوزه دارای وضعیت نرمال و یا نزدیک نرمال می‌باشد. بر این اساس برای بررسی تغییرات پوشش نیز از شاخص سه ماهه استفاده شده است.



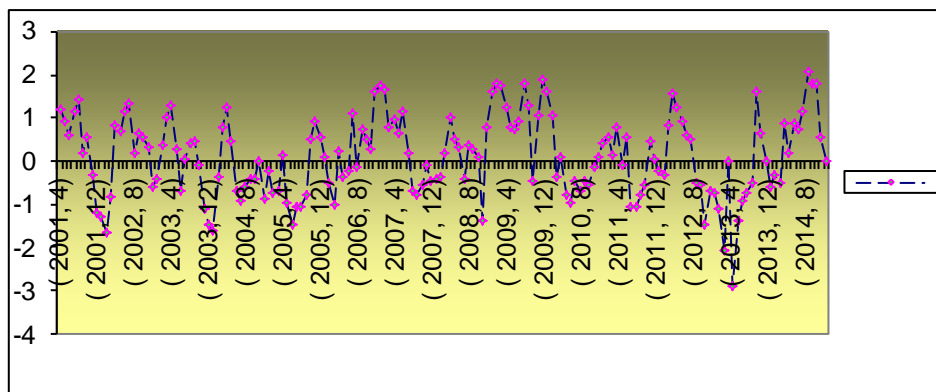
شکل شماره ۳. شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه حوزه آبخیز درودزن

نتایج شاخص بارش استاندارد ۱ و ۳ ماهه برای دو ایستگاه دیگر نیز در شکل‌ها نشان داده شده‌اند. با مقایسه نتیجه خروجی ایستگاه شیراز با ایستگاه سد درودزن می‌توان فهمید که سال‌هایی با دوره خشک در هر دو ایستگاه تقریباً مشابه بوده و سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و در نهایت سال ۲۰۱۳ خشکی در ماه ۲ و ۱۰ شدت بیشتر را دارا می‌باشد. در بقیه سال‌ها و ماه‌های سال در منطقه وضعیت بیشتر نزدیک نرمال یا به سمت ترسالی بیشتر سوق دارد به عبارتی به دلیل حساس بودن شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه به کوچکترین تغییرات وضعیت خشکی یا ترسالی حوزه را به خوبی نمایش می‌دهد.



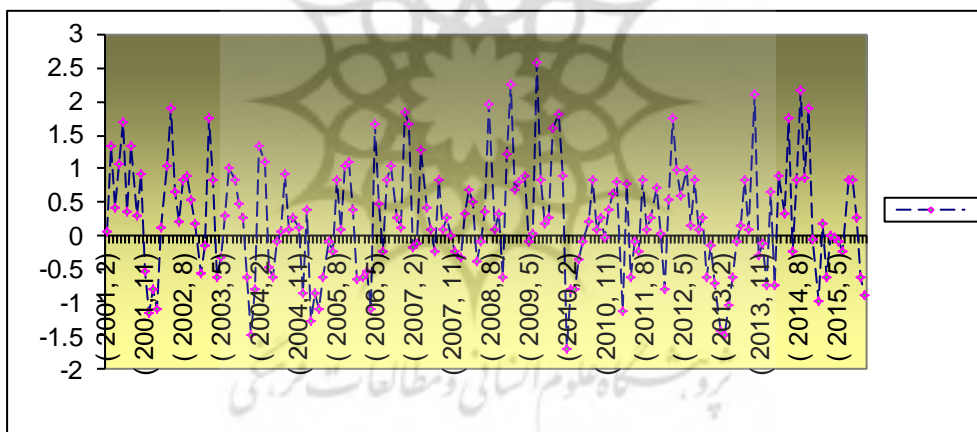
شکل شماره ۴. شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه ایستگاه شیراز

در (شکل ۵) تغییرات شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه ایستگاه شیراز نشان داده شده است. در این نمودار در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ در ماه‌های ۴ و ۱۲ منطقه دارای وضعیت خشک بوده ولی در بقیه ماه‌ها ترسالی یا به عبارتی نزدیک نرمال می‌باشد.



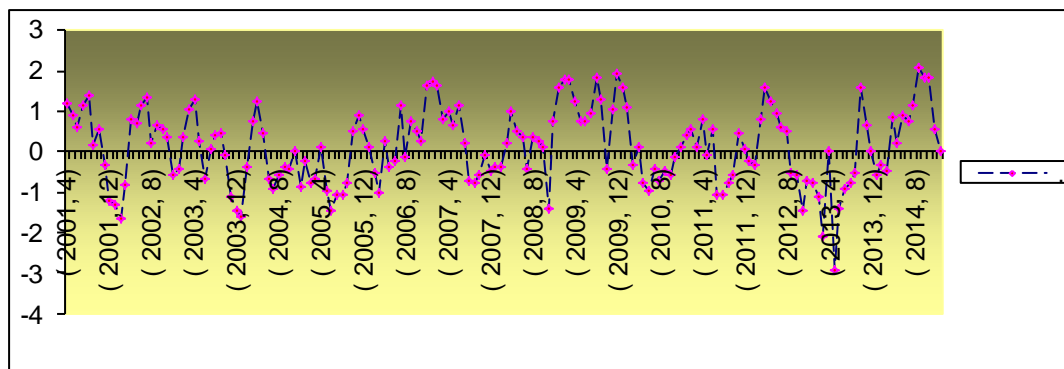
شکل شماره ۵. شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه ایستگاه شیراز

در ادامه با مقایسه نتیجه خروجی ایستگاه اقلید با ایستگاه سد درودزن بر اساس شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه می‌توان فهمید که سال‌هایی با دوره خشک در هر دو ایستگاه تقریباً مشابه بوده و سال‌های ۲۰۰۱، ۱۱ ماهه ۲۰۰۴، ۲ و ۱۱، سال ۲۰۰۶، ۵ ماهه، سال ۲۰۱۰، ۲ و ۱۱ و در نهایت سال ۲۰۱۳ خشکی در ۲ ماه شدت بیشتر را دارا دارد. در بقیه سال‌ها و ماه‌های سال در منطقه وضعیت بیشتر نزدیک نرمال یا به سمت ترسالی بیشتر سوق دارد.



شکل شماره ۶. شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه ایستگاه اقلید

(شکل ۶) تغییرات خشکسالی با توجه به شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه برای ایستگاه اقلید را نمایش می‌دهد. به عبارتی این نمودار بر اساس میانگین متحرک ۳ ماهه برای ایستگاه مورد نظر تهیه شده است. با دقت روی نمودار مشخص می‌شود که تعداد نوسانات نمودار کمتر از شاخص ۱ ماهه است. عبارتی شاخص بارش استاندارد ۱ ماهه تغییرات بارش و خشکی را به صورت ریزتر نمایش می‌دهد. با توجه به نتایج نمودار و در شاخص سه ماهه وضعیت متفاوت تر است، یعنی در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ برای برای ماه‌های ۳ و ۱۱ خشکی برآورد شده است و در بقیه حالات و ماه‌های دیگر میانگین سه ماهه بارش بیشتر از صفر بوده و حوزه دارای وضعیت نرمال و یا نزدیک نرمال می‌باشد. بر این اساس، برای بررسی تغییرات پوشش نیز از شاخص سه ماهه استفاده شده است. همچنین، برای بررسی مقدار خروجی کمی شاخص بارش استاندارد (SPI) جداول هریک از ایستگاه‌ها در زیر نشان داده شده است. در (جدول ۶) ایستگاه اصلی حوزه آبخیز درودزن برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ حالت شدید خشکی برآورد شده است.



شکل شماره ۷. شاخص بارش استاندارد ۳ ماهه ایستگاه اقلید

اما برای سال‌های دیگر شرایط فرق می‌کند. برای ارزیابی خشکی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) و شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) بهتر است از شاخص با دوره زمانی کوتاه مثل ۱ یا سه ماهه استفاده کرد چون نوسانات بیشتری را نشان می‌دهند و به کوچکترین تغییرات بارش واکنش نشان داده‌اند.

جدول شماره ۱. مقدار کمی خشکی سالانه ایستگاه درودزن

سال	مقدار شاخص SPI	طبقه بندی خشکسالی
2001	0.56	نزدیک نرمال
2002	-0.01	نزدیک نرمال
2003	0.47	نزدیک نرمال
2004	0.5	نزدیک نرمال
2005	0.07	نزدیک نرمال
2006	-0.12	نزدیک نرمال
2007	0.55	نزدیک نرمال
2008	0.38	نزدیک نرمال
2009	2.11	خیلی مرطوب
2010	0.12	نزدیک نرمال
2011	-0.14	نزدیک نرمال
2012	0.1	نزدیک نرمال
2013	-2.11	خیلی خشک
2014	-0.25	نزدیک نرمال
2015	-2.18	خیلی خشک

جدول شماره ۲. مقدار کمی خشکی سالانه ایستگاه اقلید

سال	مقدار شاخص SPI	طبقه بندی خشکسالی
2001	-0.34	نزدیک نرمال
2002	-0.35	نزدیک نرمال
2003	0.02	نزدیک نرمال
2004	-0.02	نزدیک نرمال
2005	-0.62	نزدیک نرمال
2006	0.27	نزدیک نرمال
2007	0.81	نزدیک نرمال
2008	0.53	نزدیک نرمال
2009	2.53	خیلی مرطوب
2010	-0.62	نزدیک نرمال
2011	0.18	نزدیک نرمال
2012	0.64	نزدیک نرمال
2013	-1.93	خیلی خشک
2014	0.38	نزدیک نرمال
2015	-1.5	خیلی خشک

جدول شماره ۳. مقدار کمی خشکی سالانه ایستگاه شیراز

سال	مقدار شاخص SPI	طبقه بندی خشکسالی
2001	0.15	نزدیک نرمال
2002	-0.41	نزدیک نرمال
2003	0.15	نزدیک نرمال
2004	-0.03	نزدیک نرمال
2005	-0.88	نزدیک نرمال
2006	0.23	نزدیک نرمال
2007	0.84	نزدیک نرمال
2008	0.67	نزدیک نرمال
2009	2.48	خیلی مرطوب
2010	-0.62	نزدیک نرمال
2011	0.08	نزدیک نرمال
2012	0.8	نزدیک نرمال
2013	-1.91	خیلی خشک
2014	-0.16	نزدیک نرمال
2015	-1.41	نسبتا مرطوب

از دو ایستگاه اقلید و شیراز برای بررسی دقیق تر استفاده شد. در این ایستگاه‌ها به دلیل موقعیت، وضعیت با منطقه فرق می‌کند. بنابراین، برای ارزیابی خشکی از نتایج ایستگاه درودزن استفاده شد و سال‌های خشک شامل ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و در نهایت ۲۰۱۳ می‌باشد. در این سال‌ها برای سه ماه اکتبر، دسامبر و اگوست تصویر ماهواره‌ای تهیه شد که بررسی و نتایج در بخش شاخص NDVI بهتر تشریح خواهد شد.

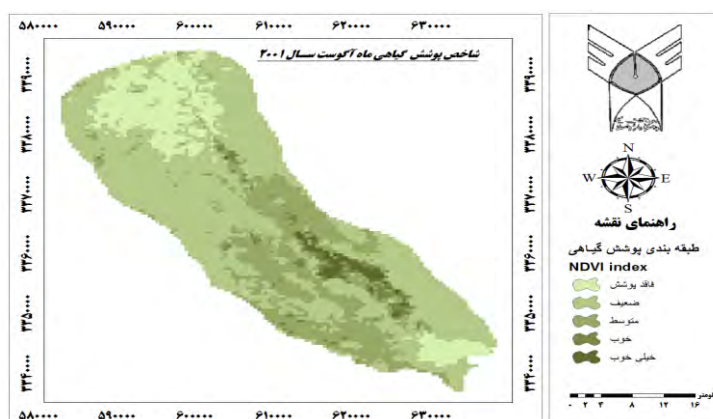
تعداد دوره‌های خشک اتفاق افتاده در ایستگاه‌های سینوپتیک حوزه آبخیز درودزن و دو ایستگاه معرف (اقلید و شیراز) در جدول ذکر شده‌اند. نتایج جدول نیز نشان می‌دهد بر اساس نتایج شاخص استاندارد شده سه ماهه در ایستگاه درودزن ۵ دوره خشکی در طی سال آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ نشان داده شده است، اما در ایستگاه‌های ۵ دوره نزدیک نرمال برای ایستگاه اقلید و دو دوره خشک نیز مشاهده شده است. ولی برای ایستگاه شیراز ۵ دوره نزدیک نرمال و به عبارتی خشکی ضعیف و یک دوره خیلی خشک برآورد شده است.

جدول شماره ۴. وضعیت دوره‌های خشک در سه ایستگاه معرف

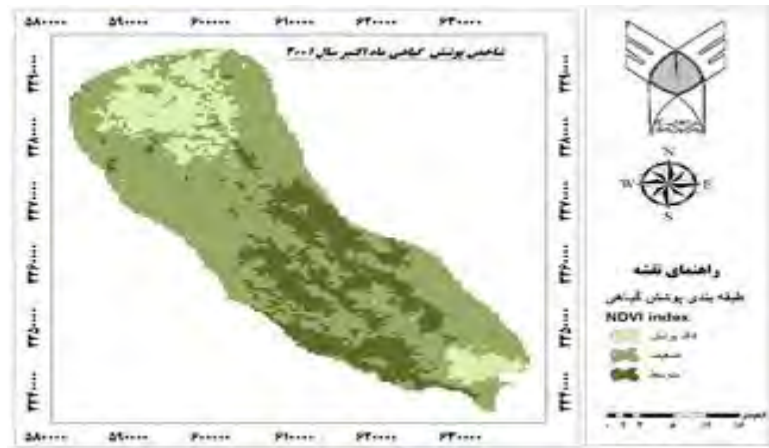
ایستگاه	تعداد دوره خشک
درودزن	۶
اقلید	۶
شیراز	۷

شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI)

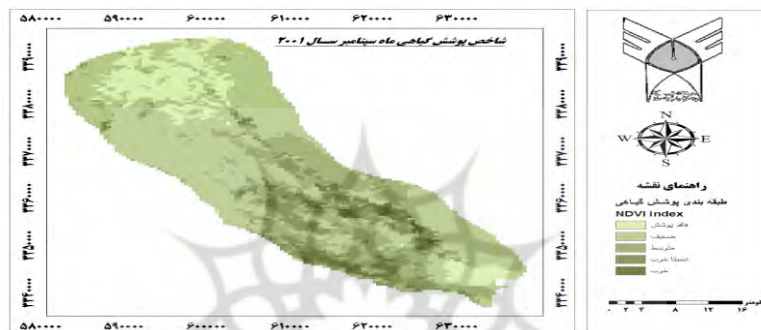
NDVI یکی از رایج‌ترین شاخص‌ها برای بررسی پوشش گیاهی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل شده از شاخص‌ها و نمودار در طی دوره آماری به طور کلی و در هر سه ایستگاه‌ها در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ دوره خشکی برآورد شده است که نتایج نشان داد حوزه به طور معمول دارای خشکسالی‌های متوسط تا شدید بوده و بر این اساس تصاویر ماهواره‌ای برای محاسبه شاخص NDVI در این سال‌ها و برای سه ماه (اکتبر، آگوست و سپتامبر و برای ماه ژانویه) تهیه شدند و نتایج حاصل از محاسبه این شاخص در جدول بیان شده است. برای بررسی دقیق‌تر میزان تغییرات پوشش گیاهی در حوزه و نتایج ناشی از شاخص NDVI بر اساس نقشه‌های تهیه شده در محیط Arc Map برای سال‌هایی که شاخص‌های خشکسالی هواشناسی آن را خشک معرفی کردند مشخص شدند، با این حال در همه سال‌ها مقدار عددی شاخص NDVI دارای مقداری متوسط از ۰/۳ تا ۰/۸ می‌باشد. سد درودزن با توجه به کوهستانی بودن و بیشتر بودن مقدار میزان بارندگی تا حدودی رشد گیاهان مناسب می‌باشد. میزان بارندگی در مقایسه با ایستگاه‌های مجاور بیشتر بوده و دوره‌های خشکی که توسط شاخص‌های خشکسالی مشخص شده‌اند در رده‌های متوسط تا شدید بوده است.



شکل شماره ۸. مقدار شاخص NDVI برای ماه‌های اکتبر سال ۲۰۰۱



شکل شماره ۹. مقدار شاخص NDVI برای ماه آگوست سال ۲۰۰۱



شکل شماره ۱۰. مقدار شاخص NDVI برای ماه سپتامبر سال ۲۰۰۱

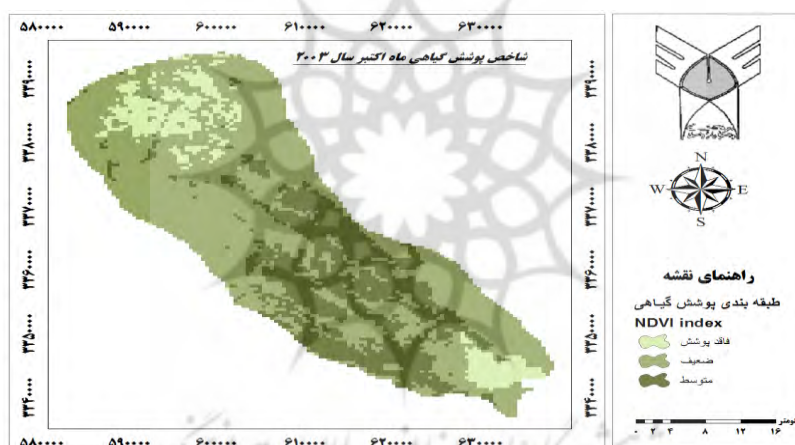
با توجه به شکل، مقدار پوشش با توجه به شرایط منطقه و وضعیت برآوردی شاخص SPI تا متوسط می‌باشد. یعنی بیشترین مقدار ارزش استخراجی از ۰/۴۲ بوده و نهایت در طبقه متوسط قرار دارد یعنی خشکی تأثیر گذار بوده است و مقدار پوشش در این ماه کم شده است برای بررسی دقیق تر در این مورد همبستگی بین شاخص خشکسالی ۱ و ۳ ماهه و مقدار سالانه شاخص تهیه شد و در جدول ارائه شده است. در نمودارهای شاخص SPI نیز ماههایی که خشکی در آنها شدید و بالاتر از نرمال بوده مشخص شده است. (شکل ۹) مقدار پوشش گیاهی مانند ماه آگوست را نشان می‌دهد. پوشش تقریباً مناسب بوده ولی اگر به صورت دقیق ارزیابی شود پوشش منطقه در سطح عالی قرار نداشته و خشکی دوره‌ای، روی وضعیت پوشش تأثیر گذاشته است.

در (جدول ۵) درصد پوشش گیاهی حاصل از نتیجه شاخص NDVI برای سال‌های خشک قابل مشاهده است. با توجه به این جدول و درصد پوشش گیاهی نقشه‌های تولید شده برای نمایش دادن تغییرات به خوبی قابل تفسیر خواهند بود. با توجه به نتایج جدول ماه اکتبر در همه سال‌های خشک کمترین مقدار پوشش را به خود اختصاص داده است و بیشترین مقدار پوشش برای ماه آگوست می‌باشد.

جدول شماره ۵. مقدار شاخص NDVI برای سال‌های خشک

سال ۲۰۰۱	سال ۲۰۰۳	سال ۲۰۰۵	سال ۲۰۰۷	سال ۲۰۱۳
۸۰	۸۱/۲	۷۶/۴	۸۰/۹	۸۰/۷
۶۸/۷	۶۶	۶۷/۶	۶۹/۹	۶۹/۱
۷۴/۶	۷۸/۲	۷۶/۲	۷۶/۲	۷۶/۱

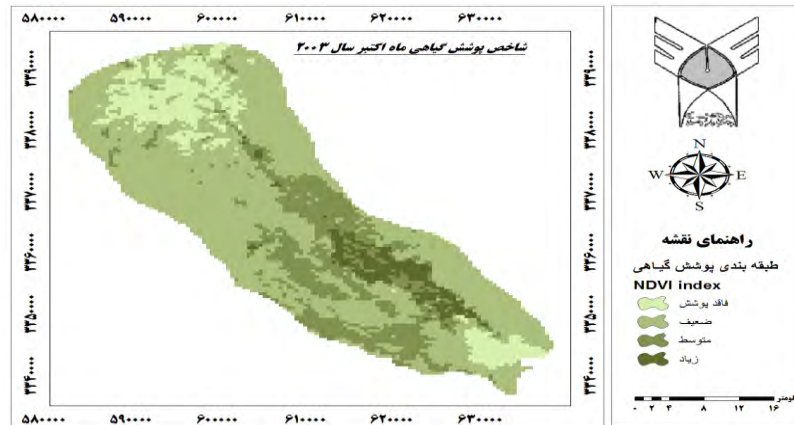
در (شکل ۸) نیز نقشه مربوط به ماه اکتبر در دو طبقه کم و متوسط قرار گرفته است. این نشان دهنده تأثیر وضعیت خشکی بر روی پوشش در منطقه می‌باشد. پوشش گیاهی در هر منطقه‌ای تحت تأثیر پارامترهای زیادی قرار می‌گیرد ولی عوامل اقلیمی مثل بارش و کمبود رطوبت باعث از بین رفتن و تنک شدن مقدار پوشش می‌شود. با بررسی بروی نقشه ۶ مشخص می‌شود ماه آگوست در وضعیت بهتری نسبت به دو ماه دیگر قرار گرفته است. یعنی مقدار پوشش در این ماه تا ارزش پیکسلی شاخص ۰/۷ نیز رسیده است که با مراجعه به (جدول ۱۲) مقدار درصد پوشش گیاهی در طی سال ۲۰۰۳ گویای بهتر این وضعیت می‌باشد. برای ماه سپتامبر در نقشه ۷ نیز پوشش در ۴ طبقه و در سطح خوب قرار دارد. به طور معمول مقدار درصد پوشش در این ماه و سال ۲۰۰۳ برابر است با ۷۸/۲ درصد.



شکل شماره ۱۱. مقدار شاخص NDVI برای ماه اکتبر ۲۰۰۳

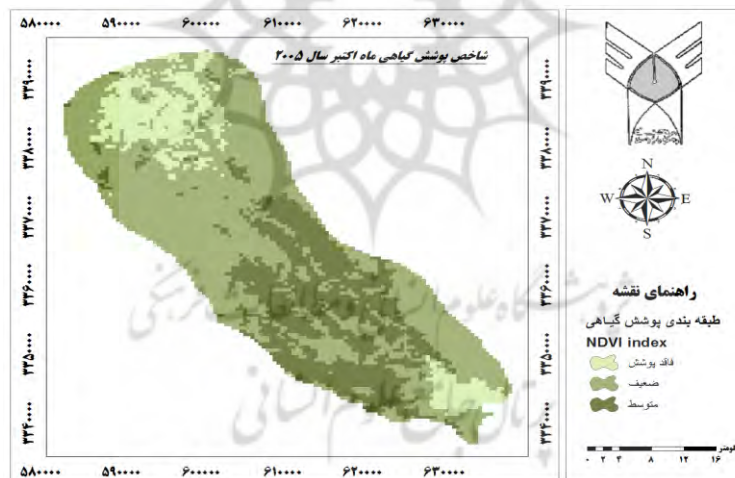


شکل شماره ۱۲. مقدار شاخص NDVI برای ماه آگوست ۲۰۰۳

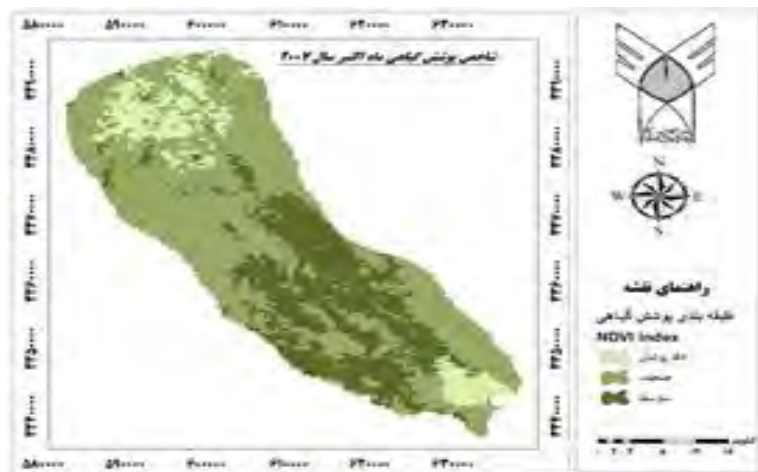


شکل شماره ۱۳. مقدار شاخص NDVI برای ماه سپتامبر سال ۲۰۰۳

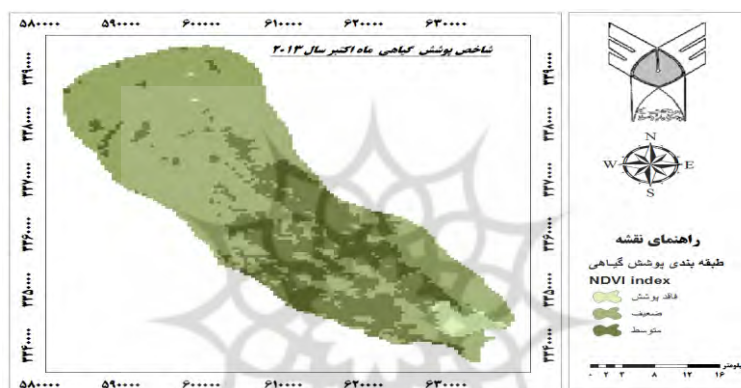
هر یک از سال‌ها حالت خاصی برای پراکندگی بارش در حوزه سد دوردزن داشته‌اند. بنابراین، مقدار درصد پوشش در ماه اکتبر هر سه سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ دارای طبقه ضعیف تا متوسط می‌باشد و (شکل ۱۲) نیز مقدار عددی هر یک را به ترتیب برابر با ۶۷/۶، ۶۹/۹ و ۶۹/۱ درصد نشان می‌دهد. نقشه ماه اکتبر در هر سه سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ در شکل‌های زیر نشان داده شده است. این مقدار نزدیک نشان‌دهنده وضعیت برابر پوشش گیاهی و تغییرات در سال‌های خشک - بوده است و نزدیکی تا حدودی نشان‌دهنده تأثیر تنها یک عامل بروی کاهش مقدار پوشش می‌باشد.



شکل شماره ۱۴. تغییرات پوشش گیاهی ماه اکتبر در سال ۲۰۰۵

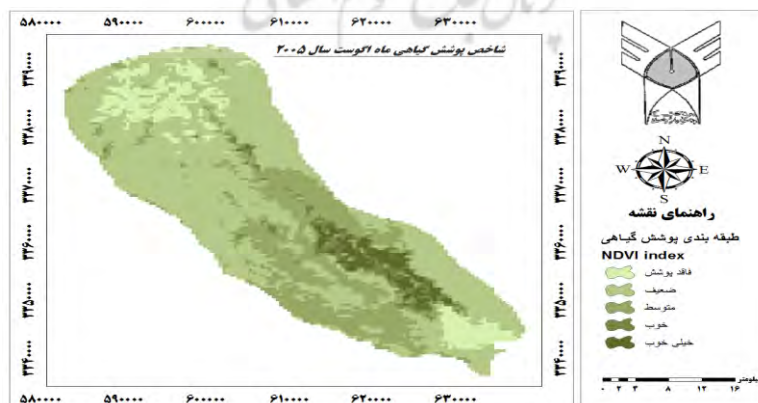


شکل شماره ۱۵. تغییرات پوشش گیاهی ماه اکتبر در سال ۲۰۰۷

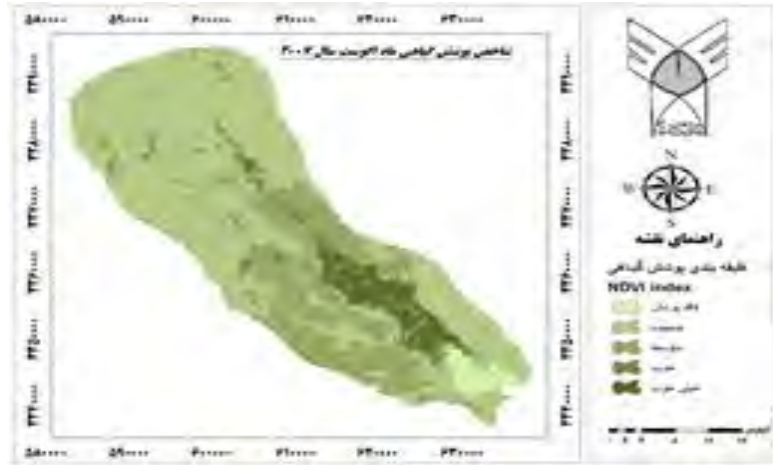


شکل شماره ۱۶. تغییرات پوشش گیاهی ماه اکتبر در سال ۲۰۱۳

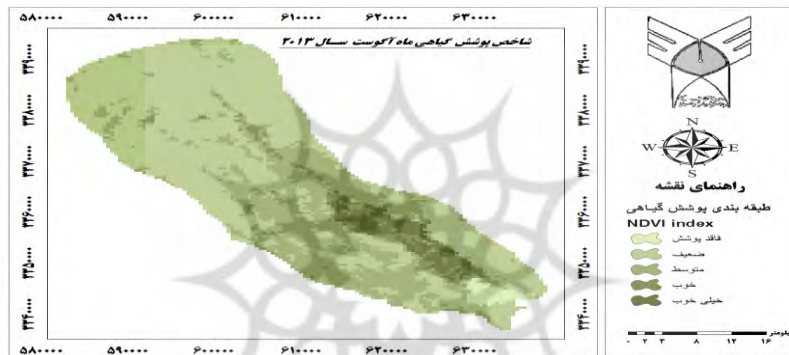
برای نقشه‌های آگوست ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ هر سه سال در چهار طبقه ضعیف تا خیلی خوب پوشش داشته اند. که مقدار درصد پوشش در این سه سال و در ماه آگوست با توجه به جدول ۱۲ به ترتیب برابر با ۷۶/۴، ۸۰/۹ و ۸۰/۷ درصد می باشد. همچنین، یکی دیگر از ماه‌های استفاده شده، ماه سپتامبر برای سه سال باقی مانده می باشد.



شکل شماره ۱۷. تغییرات پوشش گیاهی ماه آگوست سال ۲۰۰۵

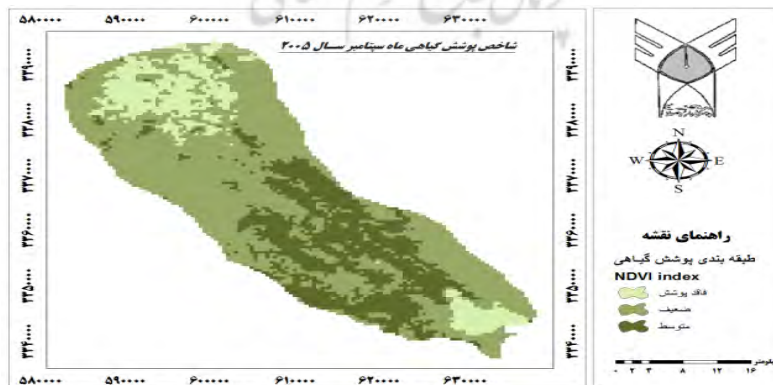


شکل شماره ۱۸. تغییرات پوشش گیاهی ماه آگوست سال ۲۰۰۷

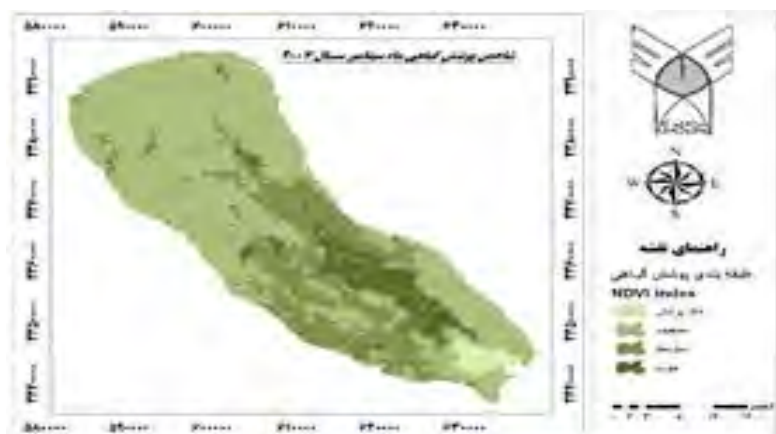


شکل شماره ۱۹. تغییرات پوشش گیاهی ماه آگوست در سال ۲۰۱۳

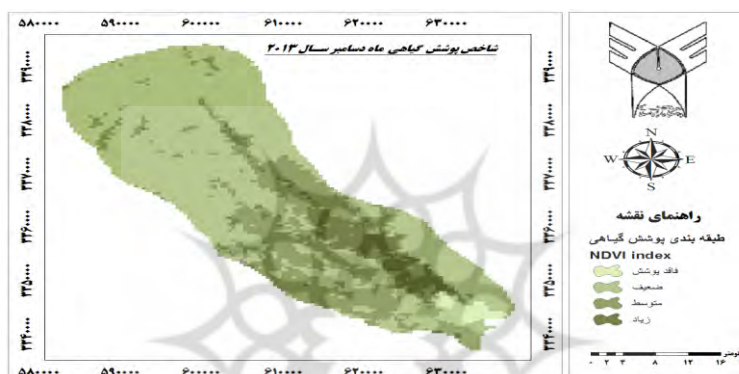
در ماه سپتامبر نیز تغییرات پوشش محسوس است که با مراجعه به جدول ۱۳ مقدار درصد پوشش گیاهی در هر سه سال (۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳) به ترتیب برابر با $۷۶/۲$ ، $۷۶/۲$ و $۷۶/۱$ که مقدار تغییرات در هر سه سال بسیار نزدیک بهم می باشد. نقشه ماه سپتامبر در هر سه سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ در نقشه های ۱۴ تا ۱۶ نشان داده شده است.



شکل شماره ۲۰. تغییرات پوشش گیاهی ماه سپتامبر در سال ۲۰۰۵



شکل شماره ۲۱. تغییرات پوشش گیاهی ماه سپتامبر در سال ۲۰۰۷



شکل شماره ۲۲. تغییرات پوشش گیاهی ماه سپتامبر در سال ۲۰۱۳

آزمون همبستگی بین شاخص‌های هواشناسی و پوشش گیاهی در طی دوره آماری برای سال‌های خشک و تر گرفته شد. نتایج آزمون در (جدول ۶) نشان داده شده است. با توجه به نتایج مقدار شاخص NDVI برای هر یک از ایستگاه‌ها برای دوره کوتاه مدت یک ماهه بیشترین واکنش را نشان داده است و مقدار همبستگی بالایی را در سطح ۹۵٪ نشان می‌دهد. با دقت به نتایج آماری شاخص پوشش گیاهی نسبت به تغییرات خشکسالی و اقلیمی بیشترین همبستگی را با ایستگاه درودزن داشته و در سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ برای هر دو دوره خشک در سال‌های (۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳) و برای سال ترسال در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ مقدار شاخص بالای ۰/۸ بوده و این از همبستگی بالایی و تأثیر زیاد بارش در دوره های خشک و تر بر روی پوشش گیاهی در منطقه داشته است. بعد از ایستگاه درودزن به دلیل نزدیکی بیشتر ایستگاه شیراز به حوزه آبخیز نقشه شاخص SPI-1 یک ماهه بیشتر از ایستگاه اقلید بوده است. بعد از شاخص SPI با دوره ۱ ماهه شاخص SPI سه ماهه نسبت تغییرات را به خوبی نمایش می‌دهد. اما چون تغییرات پوشش گیاهی به صورت دوره‌های کوتاه مدت می‌باشد بنابراین، دوره طولانی و سالانه (۱۲) ماهه تأثیر کمی در هر سه ایستگاه روی پوشش گیاهی گذاشته است. اما در ایستگاه درودزن مقدار همبستگی بین دو شاخص دوره ۱۲ ماهه به دلیل نزدیک و داخل حوزه قرار گرفتن حوزه ایستگاه نسبت به دو ایستگاه دیگر بیشتر بوده ولی این را نمی‌توان دلیل تأثیر زیاد شاخص SPI سالانه بر روی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه تلقی کرد.

جدول شماره ۶. مقادیر همبستگی بین شاخص‌های ۱ و ۳ ماهه بارش استاندارد با NDVI در حوزه درودزن

ایستگاه شیراز			ایستگاه اقلید			ایستگاه درودزن			شاخص پوشش گیاهی
Spi-1	Spi-3	Spi-year	Spi-1	Spi-3	Spi-year	Spi-1	Spi-3	Spi-yea	
۰/۸۶۸	۰/۴۰۴	۰/۲۴۵	۰/۸۶۸	۰/۱۴۴	۰/۳۱۴	۰/۹۶۸	۰/۲۲۳	۰/۳۰۱	NDVI-2001
۰/۷۲۵	۰/۳۹۸	۰/۱۲۶	۰/۷۷۱	۰/۰۵۴	۰/۱۱۵	۰/۹۳۵	۰/۱۲۵	۰/۲۹۴	NDVI-2003
۰/۴۶۳۵	۰/۳۱۴	۰/۳۲۱	۰/۸۶۰	۰/۰۳۶	۰/۰۵۸	۰/۹۷۶	۰/۴۹۷	۰/۱۱۵	NDVI-2005
۰/۶۸۱	۰/۱۱۹	۰/۱۱۲	۰/۹۸۸	۰/۱۸۷	۰/۳۲۸	۰/۸۲۵	۰/۴۰۲	۰/۲۶۶	NDVI-2007
۰/۷۴۵	۰/۲۰۹	۰/۰۸۹	۰/۹۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۵	۰/۹۲۷	۰/۱۶۴	۰/۲۵۱	NDVI-2009
۰/۹۲۵	۰/۳۶۰	۰/۱۰۲	۰/۸۶۵	۰/۳۱۴	۰/۵۱۴	۰/۷۶۵	۰/۲۱۵	۰/۳۶۱	NDVI-2013
۰/۹۸۱	۰/۲۵۸	۰/۲۷۱	۰/۹۰۱	۰/۶۱۵	۰/۶۴۵	۰/۸۸۲	۰/۳۶۸	۰/۲۶۵	NDVI-2014

نتیجه گیری

بررسی دقیق‌تر در ایستگاه درودزن در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵ در دوره خشک با توجه به جدول مقدار تأثیر خیلی زیاد بوده و مقدار همبستگی بالای ۰/۹ بوده است. همچنین، در دوره ترسالی ۲۰۰۹ مقدار شاخص نسبت به سال ۲۰۱۴ که ترسالی اتفاق افتاده است بیشتر و مقدار بالا در این سال نیز نشان می‌دهد که دوره ترسالی نیز تأثیر مثبت روی پوشش گیاهی در منطقه داشته است. اما قبلاً گفته شد از دو ایستگاه دیگر برای دقت کار استفاده شده است. ایستگاه شیراز نسبت به اقلید در فاصله نزدیک‌تری قرار داشته است که مقدار همبستگی بر اساس دروه یک ماهه شاخص بارش استاندارد در سال ۲۰۱۳ برای دوره خشک دارای مقداری همبستگی بسیار بالایی که برابر است با ۰/۹۲۵ و در سال ۲۰۱۴ برای دوره ترسالی مقدار ۰/۹۸۱ را نشان می‌دهد. اما ایستگاه اقلید که فاصله بیشتری از ایستگاه شیراز نسبت به حوزه داشته شاخص بارش استاندارد یک ماهه به نسبت بیشتر بوده و در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ برای دوره ترسالی منطقه مقدار بالای ۰/۹ را نشان می‌دهد که از تأثیر قوی بارش‌های میانگین ماهانه در دروه رشد و حفظ پوشش گیاهی منطقه ناشی می‌شود و در سال ۲۰۰۷ مقدار بالای همبستگی نسبت به بقیه را برای دوره خشک نشان می‌دهد. نتیجه گیری کاربردی این تحقیق عبارت است از: خشکسالی باعث وارد شدن لطمه به بخش‌های کشاورزی و زراعی می‌شود پس بهتر است از گسترش باغات در مناطق دارای بارش کم و حاشیه دریاچه جلوگیری شود. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از سنجنده‌های دیگر برای افزایش صحت تغییرات استفاده شود.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

- ۱) اسکندری دامنه، حامد؛ زهتابیان، غلامرضا و خسروی، حسن (۱۳۹۹) شبیه سازی و پیش بینی مولفه های اقلیمی دما و بارش در مناطق خشک مطالعه موردی دشت میناب، فصلنامه جغرافیا، علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۸، شماره ۶۶، صص. ۱۱۰-۱۲۷.
- ۲) اسماعیل نژاد، مرتضی؛ اکبرپور، محمد؛ مکانیکی، جواد و فال سلیمان، محمود (۱۳۹۷) ارزیابی پیامدهای اثرات خشکسالی بر امنیت غذایی و معیشت روستایی مطالعه موردی مشاوران روستایی دهستان میغان نهبندان، فصلنامه جغرافیا، علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۶، شماره ۵۷، صص. ۵-۱۸.
- ۳) حجازی زاده، زهرا؛ پودینه، محمدرضا و طولابی نژاد میثم (۱۳۹۹) تحلیل اثر گاز گلخانه ای متان بر نوسانات بارش فصلی ایران، فصلنامه جغرافیا، علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۸، شماره ۶۶، صص ۵-۱۸.
- ۴) خزاعی فیض آباد، الناز؛ پودینه، محمدرضا و حمیدیان پور، محسن (۱۳۹۸) اثر تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه کارواندر، فصلنامه جغرافیا، علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۷، شماره ۶۳، صص. ۱۶۱-۱۷۸.
- ۵) دوستان، رضا (۱۳۹۸) تحلیلی بر تحقیقات خشکسالی در ایران، استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۴، صص. ۹۴-۵۳.
- ۶) روزگار، رسول؛ سلیمان پور، محمد و جوکار، لیلا (۱۳۹۱) بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در حوزه سد درودزن بر اساس شاخص های آماری خشکسالی، اولین همایش ملی بیابان (علوم، فنون و توسعه پایدار)، تهران، صص. ۱۰-۱.
- ۷) سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان فارس (۱۳۸۶) سالنامه آماری.
- ۸) شفیع، حسن و حسینی، محمد (۱۳۹۲) بررسی پوشش گیاهی به کمک داده های ماهواره ای در منطقه سیستان، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی: دوره ۳، شماره ۱۲، صص ۹۱-۱۰۵.
- ۹) عقیقی، محمد ابراهیم و چترآذر، هادی (۱۳۹۶) پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.
- ۱۰) علیجانی، بهلول و رضانی، نبی الله (۱۳۸۶) پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی ها در استان مازندران با استفاده از باکس-جنکینز، پژوهش های جغرافیای انسانی، ویژه نامه ۰، صص ۱۵۵-۱۶۹.
- ۱۱) فاضل دهکردی؛ لیلا، سهرابی؛ طیبیه السادات، فناویزباف؛ محمد حسین و قضاوی، رضا (۱۳۹۵)، پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (MODIS) در مناطق خشک مطالعه موردی مراتع استان اصفهان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۷، شماره ۳، صص. ۱۷۰-۱۹۰.
- ۱۲) فیروزی، فاطمه؛ طاووسی، تقی و محمدی، سبحان (۱۳۹۸) بررسی حساسیت دوشاخش پوشش گیاهی NDVI و EVI به خشکسالی ها و ترسالی ها در مناطق خشک و نیمه خشک مطالعه موردی دشت سیستان ایران، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۸، شماره ۱۱۰، صص. ۱۷۹-۱۶۳.
- ۱۳) لشکری، حسن؛ متکان، علی اکبر؛ آزادی، حمید و محمدی، زینب (۱۳۹۶) تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب حاره ای عربستان در رودبار جنب حاره ای در خشکسالی های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش های دانش زمین، دوره ۸، شماره ۳۰، صص ۱۴۱-۱۶۳.
- ۱۴) متکان، علی اکبر؛ عاشورلو، داوود؛ عقیقی، حسین و گل صفتان، غلامرضا (۱۳۹۷) ریزمقیاس سازی داده رطوبت خاک ESA با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA، فصلنامه جغرافیا، علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۶، شماره ۵۷، صص ۱۴۳-۱۵۷.
- ۱۵) محمدیاری، فریبا؛ پورخجاز، حسن؛ توکلی، مهدی و اقدر، حسن (۱۳۹۳) تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی شهرستان بهبهان، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، شماره ۹۲، صص. ۲۳-۳۴.
- ۱۶) میراحسنی، مرضیه السادات (۱۳۹۶) ارزیابی شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی (VSWI) تصاویر سری زمانی سنجنده مودیس در پایش خشکسالی حوضه آبخیز گاوخونی، مجله بوم شناسی کاربردی، دوره ۶، شماره ۱۴، صص. ۳۱-۴۷.
- ۱۷) میرموسوی، سیدحسین و کریمی، حمیده (۱۳۹۲) مطالعه اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS مطالعه موردی استان کردستان، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۱، شماره ۳۱، صص. ۷۶-۵۷.

- ۱۸) نبی زاده، عادل؛ حجازی زاده، زهرا و ضیائیان، پرویز (۱۳۹۷) ارزیابی وضعیت دمایی پوشش گیاهی VTCI براساس شاخص خشکسالی در حوضه آبریز سیمین رود دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر مودیس، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۸، شماره ۵۰، صص. ۱۳۹-۱۲۹.
- ۱۹) نوری، سمیرا و ثنایی نژاد، سید حسین (۱۳۹۲) بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص های خشکی دما-گیاه (TVDI) و دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI) و تصاویر سنجنده مودیس، مجله آب و خاک، دوره ۲۷، شماره ۴، صص. ۷۶۲-۷۵۳.
- ۲۰) نیازی، یعقوب؛ طالبی، علی؛ مختاری، محمد حسین و وظیفه دوست، مجید (۱۳۹۶) ارزیابی شاخص های خشکسالی گیاهی VDI و دمایی TDI مبتنی بر تصاویر ماهواره ای در محدوده ایران مرکزی، فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم: جلد ۷ شماره ۱، صص ۷۹-۹۴.
- ۲۱) هادیان، فریبا؛ حسینی، زهرا و سیدحسینی، مرجان (۱۳۹۳) پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر ماهواره ای NOAA AVHRR در استان کرمانشاه، نشریه مرتعداری، دوره ۱، ش ۱، صص. ۶۲-۴۲.
- 22) Afifi, M.E & Chatrazar, H. (2017) Monitoring of vegetation changes due to drought in Dorodzan catchment using MODIS images, Master Thesis, Geography and Urban Plannin, Islamic Azad University of Larestan. [Persian].
- 23) Alijani, B. & Ramezani, N. (2007) Prediction of droughts and wetlands in Mazandaran province using Box-Jenkins, Human Geography Research, Special Issue 0. pp. 155-169. [Persian].
- 24) Dehkordi, F., Sohrabi, L., Tayyabeh Sadat, ghanawizbaf; M.H. & Ghazavi, R. (2015) Drought Monitoring Using MODIS Sensor Images (MODIS) in Arid Areas: Case Study of Rangelands in Isfahan Province, Geography and Environmental Planning: Article 11, Vol. 27, No.63, pp. 177-190. [Persian].
- 25) Doustan, R. (2019) An Analysis of Drought Research in Iran, Assistant Professor of Climatology, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards: Year 6, Issue 4, Mashhad, Iran, pp. 53-94. [Persian].
- 26) Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, Gh. & Khosravi, H. (2020) Simulation and Prediction of Climatic Components of Temperature and Rainfall in Arid Areas (Case Study of Minab Plain), Geography Quarterly, International Scientific Research of the Geographical Society of Iran, Vol. 8, No. 66, pp. 110-127. [Persian].
- 27) Firoozi, F., Tavousi, T. & Mohammadi, S. (2019) Sensitivity of NDVI and EVI vegetation indices to droughts and wetlands in arid and semi-arid regions, Case study of Sistan plain of Iran, Sepehr Geographical Information Quarterly, Vol. 28, No. 110, pp. 163-179. [Persian].
- 28) Hadian, F., Hosseini, Z. & Seyed Hassani, M. (2014). Monitoring vegetation changes using rainfall information and NOAA AVHRR satellite images in Kermanshah province, Rangeland Journal: Vol. 1, pp. 46-62. [Persian].
- 29) Hosseini, S.Z., Kappas, M. & Propastin, P. (2011) Estimating Relationship Between Vegetation Dynamic and Precipitation in Central Iran. Toledo, Spain.
- 30) Mottakan, A., Ashourloo, D., Aghighi, H. & Gol Seftan, Gh. (2018) Micro-scale of ESA soil moisture data using NOAA satellite imagery, Geography Quarterly, International Scientific Research of the Geographical Society of Iran, Vol. 16, No. 57, pp. 143-157. [Persian].
- 31) Lashkari, H., Mottakan, A.A., Azadi, H. & Mohammadi, Z. (2017) Synoptic analysis of the role of Saudi subtropical hypertension in subtropical rivers in severe droughts in southern and southwestern Iran, Geosciences Research, Vol. 8, No. 30, pp. 141-163. [Persian].
- 32) Mohammadyari, F., Pourkhabaz, H., Tavakoli, M. & Aghdar, H. (2014) Preparation of vegetation map and monitoring of its changes using remote sensing techniques and GIS (Case study: Behbahan city), Quarterly Journal of Geographical Information, No. 92, pp. 23-34. [Persian].
- 33) Mirahsani, M.S. (2017) Evaluation of Vegetation Water Storage Index (VSWI) Modis Time Series Images in Drought Monitoring of Gavkhoni Watershed, Journal of Applied Ecology: Vol. 6, No. 14, pp. 31- 47. [Persian].
- 34) Mirmousavi, S.H. & Karimi, H. (2013) Study of the effect of drought on vegetation using MODIS sensor images (Case study of Kurdistan province), Geography and Development, Vol. 11, No. 31, pp. 57-76. [Persian].

- 35) Management and Planning Organization of Fars Province, Statistical Yearbook, (2007) [Persian].
- 36) Nabizadeh, A., Hejazizadeh, Z. & Ziaian, P. (2018) Evaluation of VTCI vegetation temperature status based on drought index in Simin Rud catchment of Urmia Lake using MODIS images, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences: Volume 18, Number 50*, pp. 129-139. [Persian].
- 37) Nouri, S. & Sanaeinejad, S.H. (2014) Investigation of Drought Using Temperature-Plant Drought Indicators (TVDI) and Modified Temperature-Plant (MTVDI) and Modis Sensor Images, *Journal of Water and Soil: Vol. 27, No. 4*, pp. 753-762. [Persian].
- 38) Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M. H. & Vazifehdoost, M. (2017) Evaluation of VDI Plant Drought and TDI Temperature Indicators Based on Satellite Imagery in Central Iran, *Dry Canvas Quarterly: Vol. 7 No. 1*, pp. 79-94. [Persian].
- 39) Hejazizadeh, Z. Pudineh, M.R. & Tolabi Nejad, M. (2020) Analysis of the effect of methane greenhouse gas on seasonal precipitation fluctuations in Iran, *Geography Quarterly, International Scientific Research of the Geographical Society of Iran, No.18, No. 66*, pp. 5-18. [Persian].
- 40) Ismail Nejad, M., Akbarpour, M., Mechanici, J. & Fal Soleiman, M. (2018) Assessing the Impacts of Drought on Food Security and Rural Livelihood: A Case Study of Rural Counselors in Meyghan Nehbandan County, *Quarterly Journal of Geography, International Scientific Research of the Geographical Association of Iran, Vol.16, No. 57*, pp. 5-18. [Persian].
- 41) AZKogan, F. N. (2019) Vegetation index for areal analysis of crop conditions. *Proceedings of 18th Conference on Agricultural and Forest Meteorology, AMS, W. Lafayette, Indiana, on 15-18 September 2019 (Indiana, USA)*, pp. 103-106.
- 42) Khazaei Faizabad, E., Pudineh, M.R. & Hamidianpour, M. (2019) Investigating the Effects of Climate Change on Runoff in the Caravan River, *Geography Quarterly, International Scientific Research of the Geographical Society of Iran, Vol. 17, No. 63*, pp. 161-178. [Persian].
- 43) Roozgar, R. Soleimanpour, M. & Jokar, L. (2012) Study of drought situation and its trend in Dorodzan dam area based on drought statistical indicators, *The First National Conference on Desert (Science, Technology and Sustainable Development), Tehran*, pp. 1-10. [Persian].
- 44) Shafiee, H. & Hosseini, M. (2014) Study of vegetation with the help of satellite data in Sistan region, *Journal of Plant Ecophysiology: Third Year*, pp. 105-91. [Persian].
- 45) Singh, R. P., Roy, S. & Kogn, F. (2015). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India, *Int. J. Remote Sens.*, 24, pp. 4393-4402.
- 46) Wylie, B. K., Meyer, D. J., Tieszen, L.L. & Mannel. S. (2018) Satellite mapping of surface biophysical parameters at the biome scale over the North American grasslands: A case study. *Remote Sensing of Environment, Vol. 79, No.2*, pp. 266-278.