



بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تحلیل خشکسالی کشاورزی با استفاده از تکنیک سنجش از دور در حوزه آبخیز کرخه

مهشید کریمی^{۱*}، کاکا شاهی^۲، طیب رضی^۳، میرحسن میریعقوبزاده^۴

۱. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳. استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵

چکیده

خشکسالی، یکی از بلاهای طبیعی است که ممکن است در هر اقلیمی رخ دهد. در دهه‌های اخیر، کشور ایران به طور پیاپی تحت تأثیر خشکسالی‌های شدید و گسترده قرار داشته و آثار زیانباری بر بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی، محیط زیست و منابع آب کشور تحمیل کرده است. امروزه برای شناسایی و تحلیل خشکسالی‌های کشاورزی از شاخص‌های پوشش گیاهی که به کمک فن‌آوری سنجش از دور بدست می‌آیند، استفاده می‌شود. بر این اساس، هدف از این پژوهش، بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، EVI و VCI در شناسایی و تحلیل خشکسالی کشاورزی در حوزه آبخیز کرخه است. برای محاسبه این نمایه‌ها، تصاویر سنجنده مودیس (ماهواره Terra، محصول MOD13A2) طی مدت ۱۷ سال در دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۰۰ استفاده شد. دقت نمایه‌های یاد شده با شاخص ZSI محاسبه شده در ۱۱ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی واقع در حوضه کرخه برای دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تغییرات NDVI، EVI و VCI، در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در طول دوره آماری تقریباً یکسان است. به‌طوریکه کمترین مقدار پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۹ و در ایستگاه دهنو، بیشترین مقدار پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۰ و در ایستگاه هلبیلان-سیمره مشاهده شد. اما بررسی ZSI نشان داد از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ اکثر ایستگاه‌ها با خشکسالی مواجه بوده‌اند. به‌طوریکه در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ تمامی ایستگاه‌ها با خشکسالی شدید مواجه و شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۸۷ رخ داده و ایستگاه نظرآباد، خشک‌ترین ایستگاه در این سال بوده است. سپس به منظور صحت‌سنجی نتایج شاخص‌های گیاهی با شاخص ZSI مورد ارزیابی قرار گرفت. رابطه همبستگی پیرسون بین میانگین شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، EVI و VCI با میانگین ZSI به ترتیب برابر با ۰/۷۰۶، ۰/۷۲۵ و ۰/۷۶۵ است که هر سه شاخص پوشش گیاهی با شاخص ZSI در سطح یک درصد معنی دار هستند. همانطور که مشاهده شد با توجه به نتایج، شاخص ZSI تا حدودی نتایج NDVI، EVI و VCI را تأیید می‌کند. اما نتایج این پژوهش، نشان داد که همزمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و کشاورزی در تمام سال‌ها وجود ندارد، بنابراین علاوه بر بارش دیگر متغیرهای اقلیمی نیز باید در نظر گرفته شوند.

کلید واژه‌ها: خشکسالی، NDVI، EVI و VCI، حوزه آبخیز کرخه

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. شماره تلفن: ۰۹۱۸۸۳۳۷۸۳۸

۱- مقدمه

خشکسالی، یکی از مهمترین بلایای طبیعی است که اغلب تأثیرات نامطلوب وسیعی بر شرایط اجتماعی و اقتصادی مردم مناطق در معرض خشکسالی می‌گذارد (میراحسنی و همکاران، ۱۳۹۶). تعداد فراوانی این پدیده از نظر درجه شدت، طول مدت، مجموع فضای تحت پوشش، تلفات جانی، خسارات اقتصادی، و اثرات اجتماعی دراز مدت در جامعه، بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است (خداقلی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که برخلاف سایر بلایا، این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر بلایای طبیعی ظاهر شود. بنابراین چون تعیین دقیق زمان شروع آن کار مشکلی است، آن را همچنین یک پدیده خزنده می‌دانند (پرویز، ۱۳۹۰). از نقطه نظر عوامل موثر در ایجاد خشکسالی، این پدیده را می‌توان به چهار دسته خشکسالی هواشناسی (بر اساس میزان بارش)، هیدرولوژیکی (بر اساس جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی)، خشکسالی کشاورزی (بر اساس میزان رطوبت خاک) و خشکسالی اقتصادی-اجتماعی در طبقه‌بندی کرد (ویلپهیت و گلانتز^۱، ۱۹۸۵). دهه‌های گذشته، آنالیز خشکسالی به صورت کیفی صورت می‌گرفت و کمتر به آنالیز کمی توجه می‌شد (کارل و ربسم^۲، ۱۹۸۴). امروزه از شاخص‌های مختلفی برای بررسی کمی پدیده خشکسالی و همچنین ارزیابی آن در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف، استفاده یک نقاط هر می‌شود (مساعدی و همکاران، ۱۳۸۷) که خود را دارند (مک‌کی و همکاران^۳، ۱۹۹۵؛ ضعف و قوت سینل^۴ و همکاران، ۱۹۹۸؛ وو^۵ و همکاران، ۲۰۰۱؛ راسینتیارتی^۶ و همکاران، ۲۰۱۰؛ شاکیا و یاماگوچی^۷، شاخص‌های خشکسالی انحراف متغیرهای^۸ ۲۰۱۰). اقلیمی از شرایط نرمال را در فواصل زمانی (ماه، فصل و سال) بررسی می‌کنند (پائولو^۹ و همکاران، ۲۰۱۲) شاخص‌های خشکسالی بسیاری طی دهه‌های گذشته از

طرف محققان، ایجاد و پیشنهاد شده است و محققان با بکارگیری این شاخص‌ها، طول مدت خشکسالی، شدت و گستره آن را بررسی نمودند (میشرا و سینگ^۹، از مشهورترین شاخص‌ها می‌توان به شاخص^{۱۰} ۲۰۱۰). (گیبس و DI پالمر^۵ ۱۹۶۵)، شاخص دهک‌ها (ZSI^۷ ماهر^۷، ۱۹۶۷) و شاخص بارش استاندارد (مک‌کی^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۵) اشاره نمود. اکثر شاخص‌هایی که در این زمینه استفاده می‌شوند، بر مبنای معیارهای اقلیمی است و متغیرهایی مانند بارش، دما و رطوبت خاک را بررسی می‌کنند (نیازی و آمار از استفاده دلیل به نمایه‌ها همکاران، ۱۳۹۵). این نقطه‌ای محاسبه، به صورت هواشناسی ایستگاه‌های در می‌شوند و با توجه به تراکم کم ایستگاه‌ها به‌ویژه محدودیت‌هایی خشکسالی با بررسی خشک، در مناطق مواجه هستند (ابراهیمی خوسفی و همکاران، ۱۳۸۹). با مهیا شدن داده‌های ماهواره‌ای و اخیر، دهه چهارم در استفاده گسترده از آن‌ها، امکان بررسی خشکسالی با استفاده از این فناوری بوجود آمده که در نهایت مدل‌سازی برای مؤثرتر و دقیق‌تری می‌توان نتایج مزایای خشکسالی به‌دست آورد (همیم^{۱۱}، ۲۰۰۲). از هواشناسی روش‌های به نسبت دور از سنجش استفاده جمع‌آوری بالاتر، زمانی تفکیک می‌توان به قدرت پایین‌تر هزینه داده‌های مکانی در مقیاس گسترده و کرد (ویلپهیت^{۱۲}، ۲۰۰۰؛ پرویز و همکاران، اشاره به تصاویر پردازش در ۱۳۹۰). بنابراین بالا بردن دقت را آن‌ها کیفیت شاخص‌ها، می‌تواند منظور استخراج

1. Willhite & Glantz
2. Karl and Rebsame
3. McKee and Doesken
4. Szinell
5. Wu
6. Roswintarti
7. Shakya and amaguchi
8. Paulo
9. Mishra and Sing
10. McKee
11. Heim
12. Willhite

(۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی و ارزیابی خشکسالی با استفاده از تصاویر NOAA و شاخص VCI در هند پرداختند. در این پژوهش، مقادیر شاخص VCI در سال ۲۰۰۲ بعنوان سال خشک و سال ۲۰۰۳ بعنوان سال مرطوب با شاخص‌های هواشناسی SPI و شاخص ناهنجاری بارش^۸ (RAI) مقایسه شد. نتایج نشان داد بین مقادیر شاخص VCI با SPI و RAI همبستگی بالایی وجود دارد. آیولیا^۹ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی، به بررسی خشکسالی با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص گیاهی بارز شده^{۱۱} (EVI) طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۵ پرداختند. نتایج نشان داد این شاخص به خوبی می‌تواند پاسخ پوشش گیاهی به پدیده خشکسالی را نشان دهد. همچنین مقادیر این شاخص با شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده^{۱۱} (SPEI) مقایسه شده است، نتایج نشان داد که همبستگی خوبی بین هر دو شاخص وجود دارد. وینلر^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۷) نیز با استفاده از شاخص‌های SPI و VCI طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۶ به بررسی خشکسالی هواشناسی و کشاورزی در آفریقا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ در قسمت‌های شرقی آفریقا و در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ در قسمت‌های جنوبی آفریقا رخ داده است. همچنین نتایج نشان داد که بین شاخص VCI و SPI در مقیاس سه ماهه همبستگی بالایی وجود دارد.

افزایش دهد و موجب کارایی بیشتر در مدل‌های پیش‌بینی خشکسالی شود (ری^۱، ۲۰۱۰). پژوهش‌های گوناگونی در داخل و خارج ایران کارایی شاخص‌های خشکسالی ماهواره‌ای را اثبات نمودند. جلیلی و همکاران (۱۳۸۷) در استان تهران، جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۸۸) در دشت سراب در استان آذربایجان شرقی، شمسی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) در منطقه کاشان، باعقیده و همکاران (۱۳۹۰)، رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، زمانیان و همکاران (۱۳۹۱) در استان اصفهان، ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) در استان کرمانشاه، میرموسوی و کریمی (۱۳۹۲) در استان کردستان، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۴) در استان آذربایجان شرقی، سرابی و همکاران (۱۳۹۴) در مراتع شمالی استان گلستان، دستورانی و همکاران (۱۳۹۴) در استان خراسان رضوی، فاضل دهکردی و همکاران (۱۳۹۴) در مراتع استان یزد، و صفری راد و همکاران (۱۳۹۴) در استان اصفهان، و مظفری و نارنگی فرد (۱۳۹۴) در حوضه سد ملاصدرا در استان فارس در تحقیقات خود، به بررسی خشکسالی هواشناسی و کشاورزی پرداختند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که شاخص‌های ماهواره‌ای می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص SPI باشد که تنها به کمک متغیر اقلیمی بارش محاسبه می‌شود.

گانش^۲ (۲۰۰۷) در پژوهشی، با استفاده از شاخص وضعیت پوشش گیاهی^۳ (VCI) به بررسی خشکسالی در ایالت تگزاس پرداخت. همبستگی بین شاخص VCI با شاخص‌های هواشناسی پالم^۴ (PDSI) و SPI در مقیاس‌های ۳، ۶ و ۹ ماهه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین مقادیر شاخص VCI و SPI در مقیاس ۶ ماهه همبستگی بالایی وجود دارد. فانک و بود^۵ (۲۰۰۹) در پژوهشی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌های مودیس و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی^۶ (NDVI)، خشکسالی کشاورزی را در زیمبابوه بررسی کردند. نتایج نشان داد این شاخص برای پایش دقیق خشکسالی مناسب است. داتا^۷ و همکاران

1. Rhee
2. Ganesh
3. Vegetation Condition Index (VCI)
4. Palmer Drought Severity Index (PDSI)
5. Funk and Budd,
6. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
7. Dutta
8. Rainfall Anomaly Index (RAI)
9. Aulia
10. Enhanced Vegetation Index (EVI)
11. Standardized Precipitation Evapotranspiration index (SPEI)
12. Winkler

اقتصادی و اجتماعی در بخش بزرگی از کشور که به آب این حوضه وابسته‌اند، شود. بنابراین تحقیق پیش‌رو سعی دارد تا با استفاده از شاخص‌های NDVI، EVI و VCI به بررسی و ارزیابی خشکسالی کشاورزی در حوزه آبخیز کرخه بپردازد. لذا نتایج این تحقیق می‌تواند توانایی این نمایه‌ها را برای شناسایی خشکسالی‌های کشاورزی و امکان استفاده از آن‌ها را برای پایش خشکسالی در منطقه را مشخص کند.

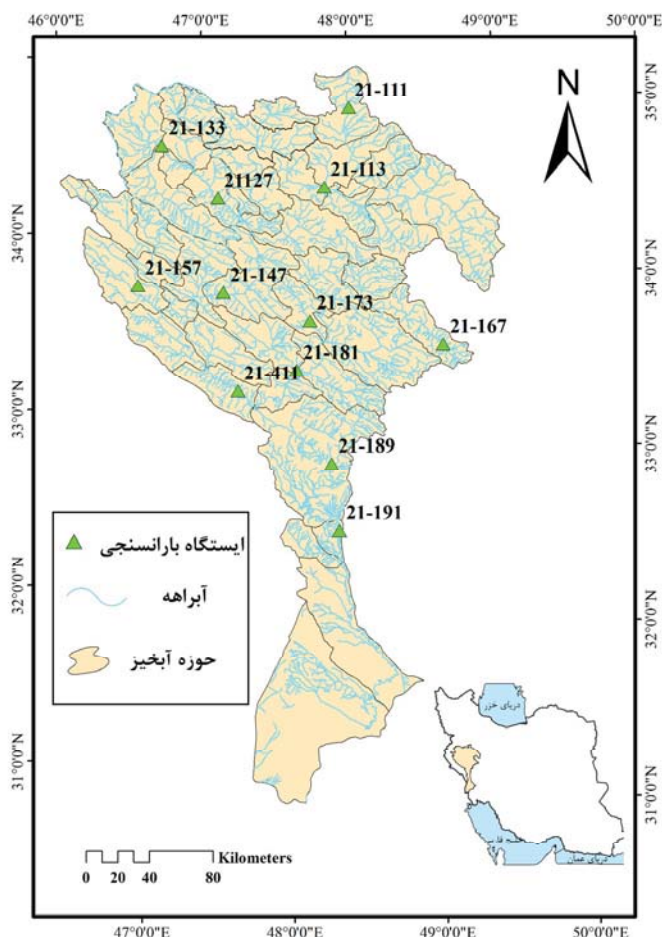
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رودخانه کرخه در غرب کشور و در مناطق میانی و جنوب‌غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد و این حوضه از چهار زیرحوضه اصلی و ۲۸ واحد هیدرولوژیکی تشکیل شده است. این حوضه، از شمال به حوضه رودخانه سیروان، قزل اوزن و قره چای، از مغرب به حوضه رودخانه‌های مرزی ایران و عراق، از مشرق به حوضه رودخانه دز و از جنوب به قسمتی از مرز غربی کشور محدود می‌شود. این حوضه از نظر مختصات جغرافیایی بین $36^{\circ} 06'$ تا $49^{\circ} 10'$ طول شرقی و $30^{\circ} 58'$ تا $35^{\circ} 04'$ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه برابر 5278 کیلومتر مربع است. میانگین بارندگی در حوضه کرخه از حدود 150 میلی‌متر در سال در مناطق جنوبی تا فراتر از 1000 میلی‌متر در سال در ارتفاعات شمالی و مناطق شرقی کرخه تغییر می‌نماید (وزارت نیرو جاماب، 1393). میانگین سالانه دمای هوا در حوضه مطالعاتی، از کمتر از پنج درجه در بخشی از مناطق کوهستانی تا بالغ بر 25 درجه در بخش جنوبی متغیر است. از شهرهای مهم داخل این حوضه می‌توان ملایر، نهاوند، تویسرکان، کنگاور، سنقر، کامیاران، کرمانشاه، کردکوی و خرم‌آباد و سوسنگرد را نام برد (سازمان مدیریت منابع آب ایران، 1397). شکل (۱) موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز کرخه را نشان می‌دهد.

خشکسالی یک مشکل مهم برای اکثر کشورهای خشک محسوب می‌شود که ایران نیز یکی از این کشورها است (اربابی سبزواری، 1389). کشور ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک واقع شده که حدود 65 درصد از کشور دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. میانگین بارندگی آن در حدود 250 میلی‌متر بوده که تقریباً یک سوم میانگین بارندگی خشکی‌های جهان است. (اربابی سبزواری، 1389 ؛ مهدوی، 1389 ؛ دهکردی و همکاران، 1395). براساس مطالعات طرح جامع آب کشور، ریزش‌های جوی منشأ اصلی منابع آب ایران را تشکیل می‌دهد. از این میزان، حدود 71 درصد آن به صورت تبخیر از دسترس خارج شده و تنها بخشی از آن برای مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و شرب برداشت می‌شود. کاهش بارش از یک طرف و پراکنش مکانی نامناسب آن از طرف دیگر موجب شده تا قسمت‌های بسیاری از ایران در ناحیه آب و هوای خشک قرار گیرد. علاوه بر این، خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در سال‌های اخیر موجب شده تا امروزه تأمین آب در کشور به عنوان یکی از مهمترین چالش‌ها مطرح باشد. حوضه آبخیز کرخه نیز از جمله نقاطی است که تحت تأثیر مشکل خشکسالی قرار گرفته است (قاسمی و همکاران، 1387 ؛ اسلامیان و همکاران، 1391 ؛ بایزیدی، 2011 ؛ بایزیدی و همکاران، 2012). این حوضه که یکی از چهار حوضه کلان کشور محسوب می‌شود در غرب کشور و در مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. با توجه به اینکه حوضه کرخه در چندین استان از جمله استان‌های همدان، کرمانشاه، کردستان، ایلام، مرکزی، لرستان و خوزستان قرار گرفته است و رودخانه کرخه پس از رودخانه‌های کارون و دز سومین رودخانه بزرگ ایران از نظر آبدهی محسوب می‌شود و از این جهت نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز بخش وسیعی از کشور دارد، به همین دلیل خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در این حوضه می‌تواند موجب بروز چالش‌های زیادی در بخش اقتصادی و در نهایت بروز بحران‌های محیطی،

بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تحلیل خشکسالی کشاورزی ...



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کرخه و پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی

۲-۲- روش تحقیق

(همگنی من- ویتنی، ران تست و رگرسیون) از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ به عنوان دوره‌ی آماری مشترک برای تمامی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. در نهایت مقادیر شاخص ZSI محاسبه و همچنین به منظور استخراج و محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، EVI و VCI، محصول MOD13A2 از تصاویر سنجنده MODIS با تفکیک مکانی ۱ کیلومتر و تفکیک زمانی ۱۶ روزه برای ماه اردیبهشت سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ از سایت USGS دریافت شد. شاخص‌های پوشش گیاهی محاسبه شد و در نهایت طبقه‌بندی نقشه‌ها صورت گرفت. جدول (۱) و (۲) به ترتیب مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه، واقع در حوزه کرخه و خصوصیات محصول MOD13A2 را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای بررسی کارایی نمایه‌های NDVI، EVI و VCI از نمایه خشکسالی ZSI به عنوان داده مشاهده‌ای زمینی استفاده شد. ابتدا داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های باران‌سنجی واقع در حوزه آبخیز کرخه از سازمان مدیریت منابع آب ایران (تماب، ۱۳۹۷) دریافت شد. پس از بررسی منطقه مورد مطالعه و خصوصیات هیدرولوژیکی آن، ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی منطقه تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت. با بررسی‌های صورت گرفته، تعداد ۱۱ ایستگاه واقع در شاخه‌های اصلی رودخانه کرخه انتخاب شدند. پس از حذف داده‌های پرت و کنترل کیفی و اصلاح و بازسازی داده‌ها، با انجام آزمون‌های آماری

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبخیز کرخه

سال تأسیس	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه	کد
۱۳۴۶	باران‌سنجی	۵۰°۳۴'	۴۸°۰۴'	آغاجان‌بلاغی	۲۱-۱۱۱
۱۳۴۵	باران‌سنجی	۲۴°۳۴'	۳۳°۴۷'	آران	۲۱-۱۱۳
۱۳۴۹	باران‌سنجی	۲۱°۳۴'	۲۶°۴۷'	پل‌چهر	۲۱-۱۲۷
۱۳۴۵	تبخیرسنجی	۳۳°۳۴'	۴۷°۴۶'	دوآب مرک	۲۱-۱۳۳
۱۳۴۵	باران‌سنجی	۴۴°۳۳'	۳۹°۴۶'	هلیلان- سیمره	۲۱-۱۴۷
۱۳۶۰	تبخیرسنجی	۴۴°۳۳'	۳۹°۴۶'	دارتوت	۲۱-۱۵۷
۱۳۴۸	تبخیرسنجی	۳۱°۳۳'	۴۷°۴۸'	دهنو	۲۱-۱۶۷
۱۳۴۶	باران‌سنجی	۴۸°۳۲'	۴۷°۴۸'	دوآب ویسیان	۲۱-۱۷۳
۱۳۴۸	باران‌سنجی	۴۸°۳۲'	۰۵°۴۸'	پل زال	۲۱-۱۸۹
۱۳۳۵	تبخیرسنجی	۲۵°۳۲'	۰۹°۴۸'	پای پل	۲۱-۱۹۱
۱۳۵۶	باران‌سنجی	۱۰°۳۳'	۲۵°۴۷'	نظراآباد	۲۱-۴۱۱

منبع: سازمان مدیریت منابع آب ایران (۱۳۹۷)

جدول ۲. خصوصیات محصول MOD13A2

کاربرد	قدرت تفکیک زمانی	قدرت تفکیک مکانی	نوع محصول	نوع سنجنده	ماهواره
NDVI	۱۶ روزه	۱ km	MOD 13A ₂	MODIS	Terra
EVI	۱۶ روزه	۱ km	MOD 13A ₂	MODIS	Terra
VCI	۱۶ روزه	۱ km	MOD 13A ₂	MODIS	Terra

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) -

این نمایه، برای اولین بار توسط تاگر (۱۹۷۹) به عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح شد. در این شاخص، مقدار عددی هر پیکسل بین +۱ و -۱ متغیر است. مقدار این شاخص برای مناطق دارای پوشش گیاهی تنک (۰/۱) تا متراکم (۰/۸) تغییر می‌کند (تنکابایل^۲ و همکاران، ۲۰۰۲؛ رضایی‌بنفشه و همکاران، ۱۳۹۴). مقدار این شاخص، طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

1. Jain
2. Thenkabail

شاخص معیار ZSI -

شاخص ZSI، از شاخص‌های اصلی تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در یک منطقه است. بارندگی، به عنوان عامل اصلی در تعیین این شاخص محسوب می‌شود. ابتدا، سری زمانی داده‌های بارندگی به صورت صعودی مرتب شده و سپس میانگین و انحراف معیار سری زمانی داده‌ها تعیین می‌شود (جاین^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ صالح‌نیا و همکاران، ۲۰۱۷؛ شفیعی و رایینی، ۱۳۹۵) و شاخص Z از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$ZSI = \frac{(p_i - \bar{p})}{SD} \quad (1)$$

p_i : بارندگی سال هیدرولوژی i ام، \bar{p} : میانگین بارندگی در طول آماری، SD: انحراف معیار سری بارندگی است.

جدول (۲)، طبقه بندی وضعیت خشکسالی بر اساس VCI و ZSI را نشان می‌دهد.
رابطه (۴)

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

که $NDVI_{Max}$ و $NDVI_{Min}$ ، به ترتیب میانگین حداکثر بلندمدت و میانگین حداقل بلندمدت، $NDVI_i$: مقدار NDVI در گام زمانی i برای هر پیکسل است.

جدول ۲. طبقه بندی وضعیت خشکسالی بر اساس VCI و ZSI

وضعیت خشکسالی	ZSI	VCI
خشکسالی بسیار شدید	$ZSI < -2$	$VCI < 10$
خشکسالی شدید	$-2 < ZSI < -1.5$	$10 < VCI < 20$
خشکسالی متوسط	$-1.5 < ZSI < -1$	$20 < VCI < 35$
بدون خشکسالی	$ZSI \geq -1$	$VCI \geq 35$

منبع: وینلر و همکاران (۲۰۱۷)

۳- نتایج

با توجه اینکه دوره غالب رشد پوشش سبز گیاهی در منطقه، از ابتدای اسفندماه تا پایان مردادماه و اوج پوشش گیاهی مربوط به اواخر اردیبهشت ماه است، تصاویر ماه می از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ جهت محاسبه شاخص‌های NDVI، EVI و VCI انتخاب شدند. بعد از محاسبه شاخص‌های مذکور برای کل دوره آماری، به دلیل تغییرات نامحسوس پوشش گیاهی در سال‌های مختلف، از بین سال‌های آماری مورد مطالعه تنها سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۴، ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۶ که بیشترین تغییرات را نشان دادند، در قسمت نتایج، مورد بررسی و تفسیر قرار گرفت. بعد از محاسبه NDVI و EVI، تغییرات پوشش گیاهی در چهار کلاس پوشش گیاهی متراکم، نیمه متراکم و فاقد پوشش گیاهی دسته‌بندی و مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نقشه طبقات پوشش گیاهی بر اساس NDVI و EVI نشان داد در طی دوره آماری مورد مطالعه، در کلاس‌های مختلف پوشش گیاهی تغییرات زیادی رخ داده است. در سال ۱۳۸۰، کلاس پوشش گیاهی متراکم

رابطه (۲)

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED})$$

در رابطه (۲) ρ_{NIR} ، انعکاس نور در باندهای مادون قرمز و ρ_{RED} انعکاس نور در باند قرمز است.

شاخص گیاهی بارز شده (EVI)

شاخص گیاهی بارز شده، به منظور بهبود NDVI توسعه یافته است. این شاخص، علاوه بر باندهای مادون قرمز و قرمز، با بکارگیری باند آبی، موجب کاهش اثر اتمسفر شامل پراکنش ذرات معلق و تصحیح سیگنال خاک پس زمینه می‌شود. این شاخص از رابطه (۳) به دست می‌آید (هیوت و همکاران، ۱۹۹۷). جدول (۱) طبقه بندی وضعیت خشکسالی بر اساس NDVI و EVI را نشان می‌دهد.

رابطه (۳)

$$EVI = G \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(L + \rho_{NIR} + C_1 \rho_{RED} - C_2 \rho_{Blue})}$$

در رابطه بالا $G=2.5$ ، $L=1$ ، $C_1=6$ ، $C_2=6$ است.

جدول ۱. طبقه بندی وضعیت خشکسالی بر اساس NDVI و EVI

وضعیت خشکسالی	NDVI و EVI
فاقد پوشش گیاهی	$NDVI < 0$ و $EVI < 0.05$
پوشش گیاهی تنک	$0.05 < NDVI < 0.1$ و $EVI < 0.1$
پوشش گیاهی نیمه متراکم	$0.1 < NDVI < 0.16$ و $EVI < 0.16$
پوشش گیاهی متراکم	$NDVI < 0.16$ و $EVI \leq 1$

منبع: حمزه و همکاران (۱۳۹۶)

شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

این شاخص، به وسیله دامنه‌ای از مقادیر NDVI بلندمدت برآورد شده و نرمال می‌شود. دامنه این شاخص، از ۰ تا ۱۰۰ متغیر است. مقادیر کم، شرایط تنش گیاهی، مقادیر میانه شرایط متوسط و مقادیر بالا شرایط بهینه را نشان می‌دهد (دماوندی و همکاران، ۱۳۹۵). این شاخص، طبق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

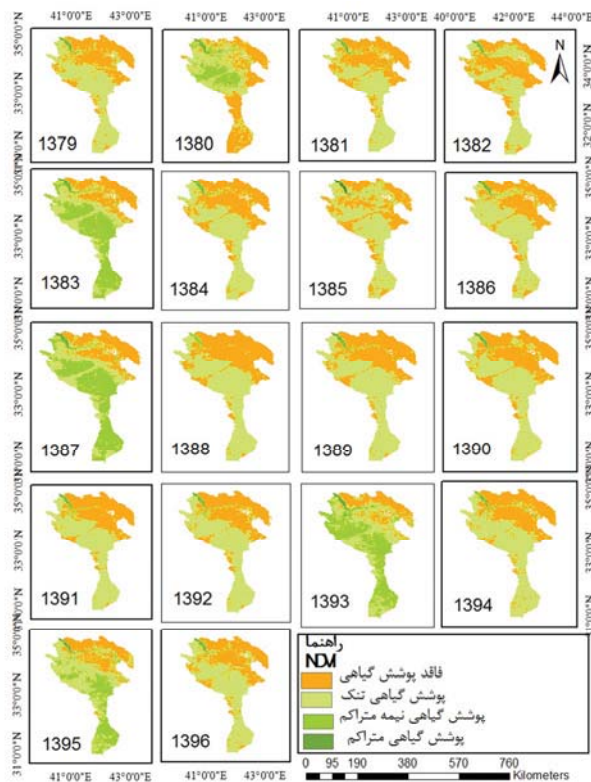
۳۳/۳۰٪ و ۲۳/۱۹٪) مواجه بوده است و از مساحت کلاس بدون خشکسالی (۲۲/۴٪) نیز کاسته شده است. در سال ۱۳۸۸، خشکسالی شدت گرفته است، به طوری که از مساحت سه کلاس خشکسالی شدید، متوسط و بدون خشکسالی کاسته و کلاس خشکسالی خیلی شدید افزایش یافته است. در سال ۱۳۹۲، از شدت خشکسالی، کاسته (مساحت کلاس خشکسالی خیلی شدید ۲۶/۵۴٪) و به مساحت کلاس‌های خشکسالی شدید و متوسط (۲۳/۳۴٪ و ۳۰/۰۲٪) افزوده شده است. در نهایت در سال ۱۳۹۶، مساحت سه کلاس خشکسالی شدید، متوسط و بدون خشکسالی، افزایش یافته (۳۶/۳۴، ۲۷/۳۰٪ و ۲۵/۶۲٪) و کلاس خشکسالی خیلی شدید (۱۱/۴۶٪) کاهش پیدا کرده است (شکل ۲، ۳ و ۴ و جدول ۳، ۴ و ۵).

در ادامه، به منظور ارزیابی نتایج این پژوهش، شاخص ZSI با استفاده از داده‌های بارش ۱۱ ایستگاه هواشناسی، واقع در حوضه کرخه، در طول دوره آماری مورد مطالعه محاسبه شد. مقادیر NDVI، EVI و VCI در این ایستگاه‌ها، از روی تصاویر استخراج شد. براساس نتایج ZSI، از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ ایستگاه‌های پل چهر، دوآب‌مرگ، دارتوت و دهنو شرایط نزدیک به نرمال را نشان دادند. در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ ایستگاه‌های آغاجان‌بلاغی و آران، در سال ۱۳۸۱ ایستگاه‌های هلیلان-سیمره، پای پل، پل زال و نظرآباد و در سال ۱۳۸۴ ایستگاه دوآب و یسیان با خشکسالی و در سال ۱۳۸۰ ایستگاه پل زال، در سال ۱۳۸۲ ایستگاه آران و در سال ۱۳۸۵، ایستگاه‌های دهنو و نظرآباد با ترسالی مواجه بوده‌اند. در اکثر ایستگاه‌ها خشکسالی‌های شدید در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ رخ داده است. از سال ۱۳۸۹ تا انتهای دوره، اکثر ایستگاه‌ها با شرایط نسبتاً نرمال مواجه بوده‌اند (شکل ۵). براساس NDVI، EVI و VCI در طی دوره آماری در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، میزان پوشش گیاهی با توجه به عدد شاخص، با تغییراتی همراه بوده است.

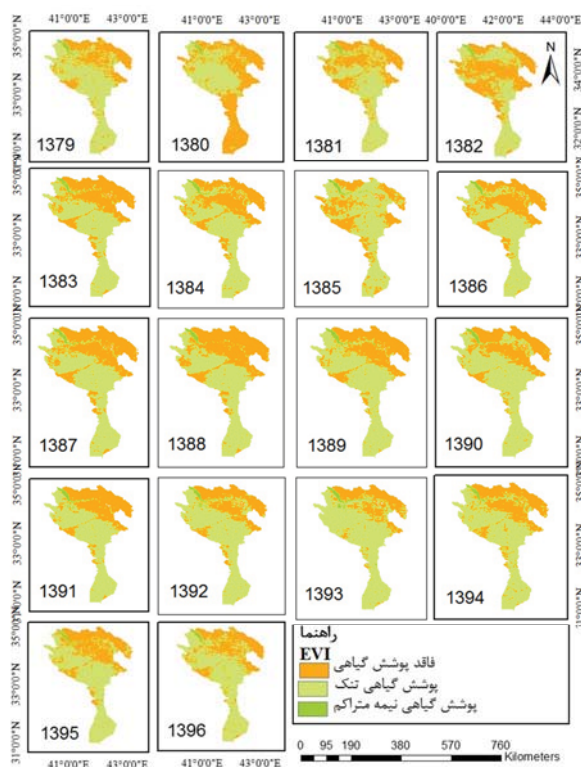
براساس NDVI و EVI به ترتیب ۱/۱٪ و ۰٪، کلاس پوشش گیاهی نیمه متراکم ۱۷/۱٪ و ۱٪ و مساحت کلاس پوشش گیاهی تنک ۴۰٪ و ۳۹/۴٪ از مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۸۴، براساس هر دو شاخص، سطح کلاس پوشش گیاهی متراکم (به ترتیب ۰/۷۹٪ و ۰٪) و سطح کلاس پوشش گیاهی نیمه متراکم (به ترتیب برابر با ۷۱٪ و ۰/۹۰٪) تا حدی کاهش یافته و به مساحت کلاس پوشش گیاهی تنک به مقدار قابل توجهی (به ترتیب برابر با ۵۲/۸٪ و ۵۵/۹٪) براساس هر دو شاخص اضافه شده است. در سال ۱۳۸۸، نقشه حاصله از هر دو شاخص، فاقد کلاس پوشش گیاهی متراکم بود و کلاس پوشش گیاهی نیمه متراکم به ترتیب برای هر دو شاخص برابر با ۰/۹٪ و ۱٪ و کلاس پوشش گیاهی تنک ۵۴/۵٪ و ۵۴٪ از مساحت کل حوضه را در بر گرفته است. در سال ۱۳۹۲، سطح کلاس پوشش گیاهی متراکم براساس هر دو شاخص (به ترتیب ۰/۷٪ و ۰٪)، مساحت کلاس پوشش گیاهی نیمه متراکم (به ترتیب ۰/۹٪ و ۱/۲٪) و مساحت کلاس پوشش گیاهی تنک (به ترتیب ۵۶/۲٪ و ۶۳/۴٪) نسبت به سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. در نهایت در سال ۱۳۹۶ کلاس‌های پوشش گیاهی نسبت به سال ۱۳۹۲ تغییر چندانی نداشته است، به ترتیب براساس هر دو شاخص کلاسه پوشش گیاهی متراکم برابر با ۰/۷۴٪ و ۰٪ و کلاس پوشش گیاهی نیمه متراکم ۰/۷۶٪ و ۱٪ و کلاسه پوشش گیاهی تنک ۵۵/۷٪ و ۶۰/۵٪ از مساحت کل حوضه را به خود اختصاص دادند.

بعد از اعمال VCI جهت ارزیابی، نقشه‌ها به طبقات خشکسالی خیلی شدید، خشکسالی شدید، متوسط و بدون خشکسالی تقسیم شدند. در سال ۱۳۸۰، کلاسه خشکسالی خیلی شدید، شدید، متوسط و بدون خشکسالی به ترتیب ۵/۹۷٪، ۱۳/۳۵٪، ۱۱/۴۹٪ و ۶۹/۲۰٪ از مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۸۴، خشکسالی شدت یافته و هر سه کلاس خشکسالی با افزایش (۲۴٪،

بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تحلیل خشکسالی کشاورزی ...

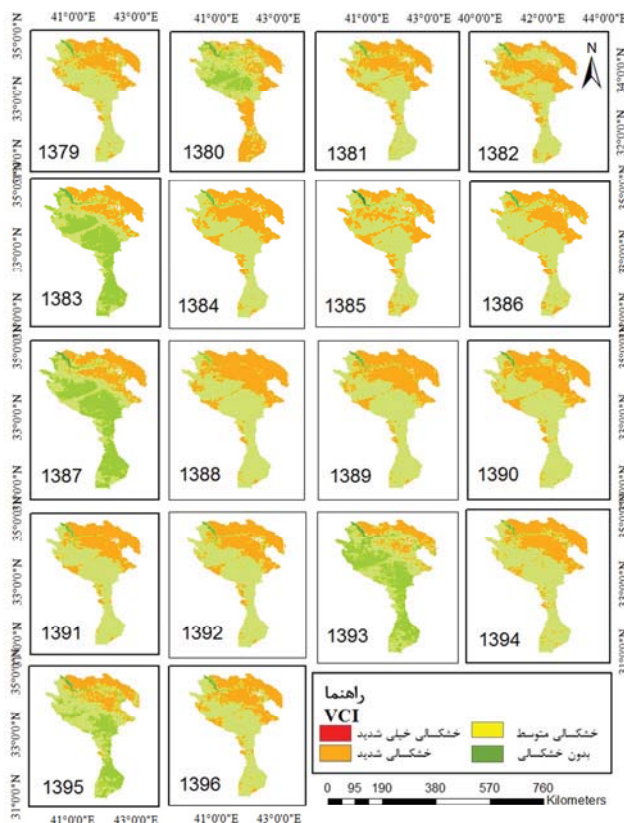


شکل ۲. طبقات پوشش گیاهی براساس شاخص NDVI در دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۶



شکل ۳. طبقات پوشش گیاهی براساس شاخص EVI در دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۶

سنجش از دور و GIS ایران
سال یازدهم = شماره چهارم = زمستان ۱۳۹۸



شکل ۴. طبقات پوشش گیاهی براساس شاخص VCI در دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۶

جدول ۳. مساحت طبقات پوشش گیاهی براساس NDVI در حوضه آبخیز کرخه

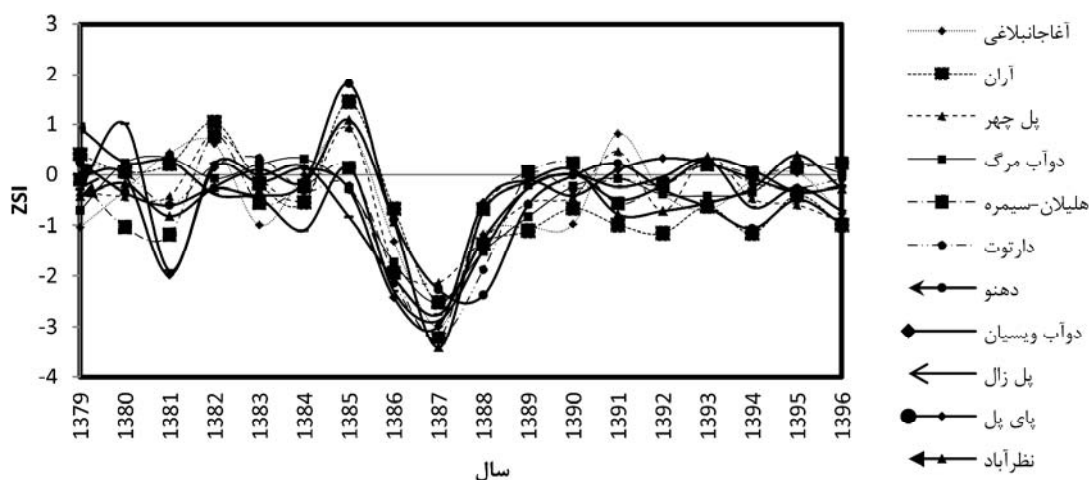
سال	طبقه	پوشش گیاهی متراکم (%)	پوشش گیاهی نیمه متراکم (%)	پوشش گیاهی تنک (%)	فاقد پوشش گیاهی (%)
۲۰۰۱		۱/۱	۱۷/۱	۴۰	۴۱/۹
۲۰۰۵		۰/۷۹	۰/۷۱	۵۲/۸	۴۶
۲۰۰۹		-	۰/۹	۵۴/۵	۴۴/۶
۲۰۱۳		۰/۷	۰/۹	۵۶/۲	۴۲/۲
۲۰۱۷		۰/۷۴	۰/۷۶	۵۵/۷	۴۲/۸

جدول ۴. مساحت طبقات پوشش گیاهی براساس EVI در حوضه آبخیز کرخه

سال	طبقه	پوشش گیاهی متراکم (%)	پوشش گیاهی نیمه متراکم (%)	پوشش گیاهی تنک (%)	فاقد پوشش گیاهی (%)
۲۰۰۱		-	۱	۳۹/۴	۵۹/۶
۲۰۰۵		-	۰/۹	۵۵/۹	۴۲/۹
۲۰۰۹		-	۱	۵۴	۴۵
۲۰۱۳		-	۱/۲	۶۳/۴	۳۵/۴
۲۰۱۷		-	۱	۶۰/۵	۳۸/۵

جدول ۵. مساحت طبقات خشکسالی براساس VCI در حوضه آبخیز کرخه

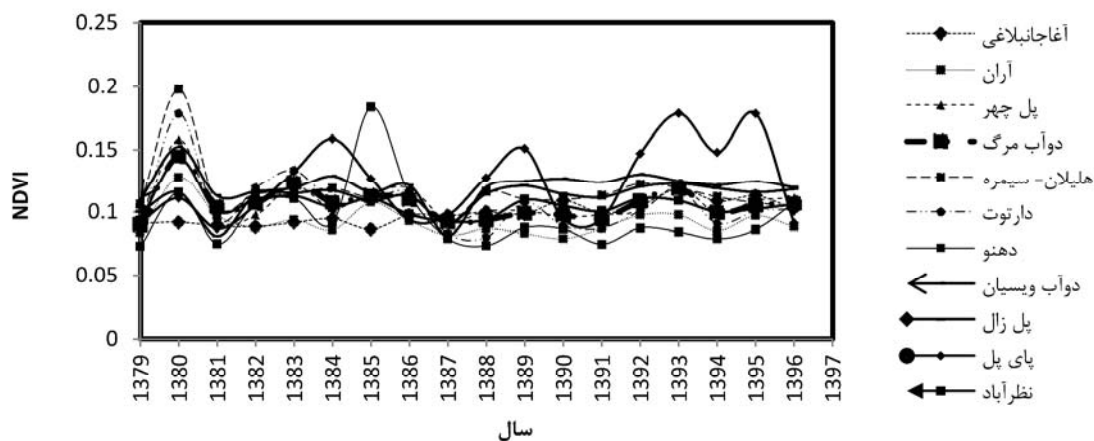
بدون خشکسالی (%)	خشکسالی متوسط (%)	خشکسالی شدید (%)	خشکسالی خیلی شدید (%)	طبقه سال
۶۹/۲۰	۱۱/۴۹	۱۳/۳۲	۵/۹۷	۲۰۰۱
۲۲/۴	۲۳/۱۹	۳۰/۳۳	۲۴	۲۰۰۵
۲۱/۰۱	۱۹/۴۶	۲۷/۴۷	۳۲/۰۶	۲۰۰۹
۲۰/۱	۲۳/۳۴	۳۰/۰۲	۲۶/۵۴	۲۰۱۳
۲۵/۶۲	۲۷/۳۰	۳۶/۳۴	۱۱/۴۶	۲۰۱۷



شکل ۵. مقادیر ZSI محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۶)

تاحدی با افزایش پوشش گیاهی مواجه بوده‌اند. در نهایت، در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۷، ۱۳۹۱، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ مقدار شاخص، کاهش یافته است که نشان‌دهنده کاهش پوشش گیاهی و وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۶، ۷ و ۸).

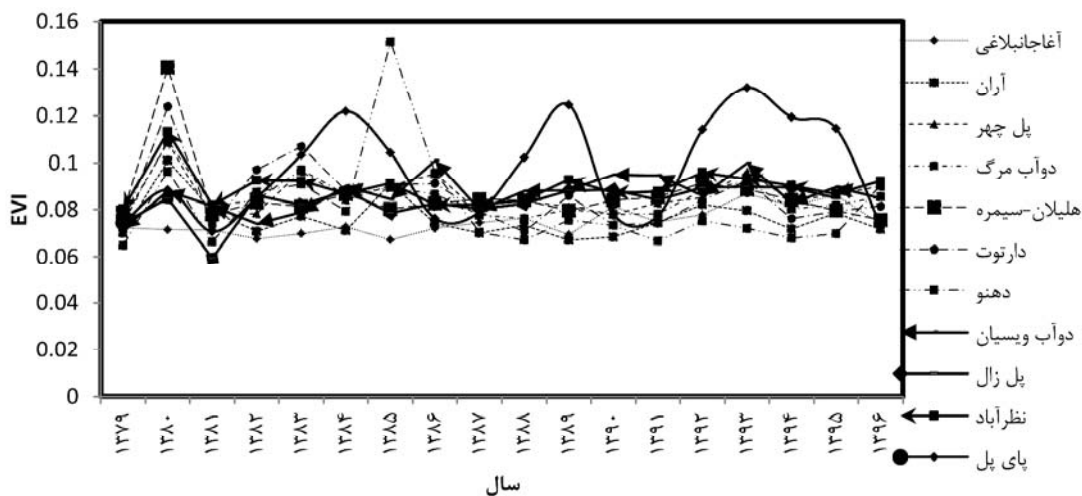
در سال ۱۳۸۰، در بیشتر ایستگاه‌ها میزان پوشش گیاهی افزایش قابل توجهی داشته است. در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۶، ۱۳۸۵، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ اکثر ایستگاه‌ها نسبت به سال‌های قبل و بعد، در طول بازه زمانی مورد مطالعه



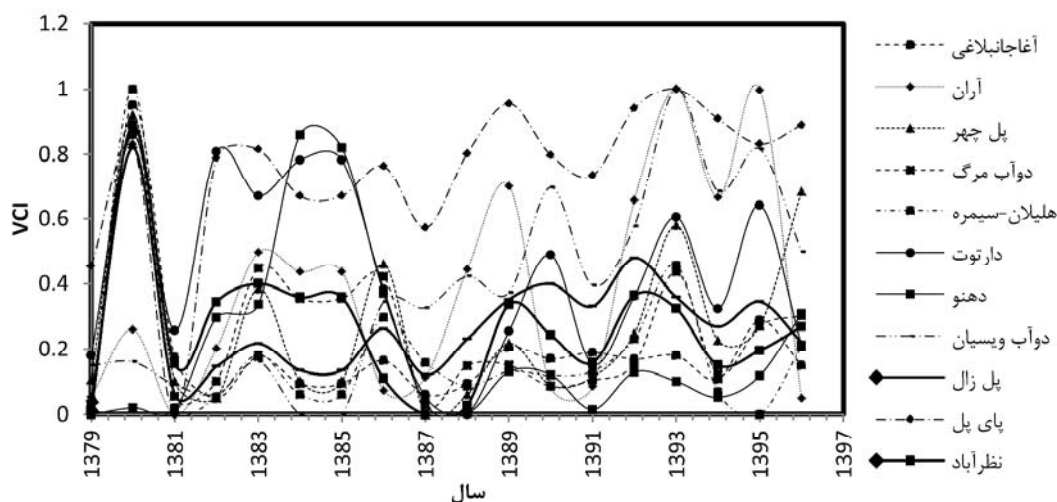
شکل ۶. مقادیر NDVI محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۶)

سنجش از دور و GIS ایران

سال یازدهم = شماره چهارم = زمستان ۱۳۹۸



شکل ۷. مقادیر EVI محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۶)



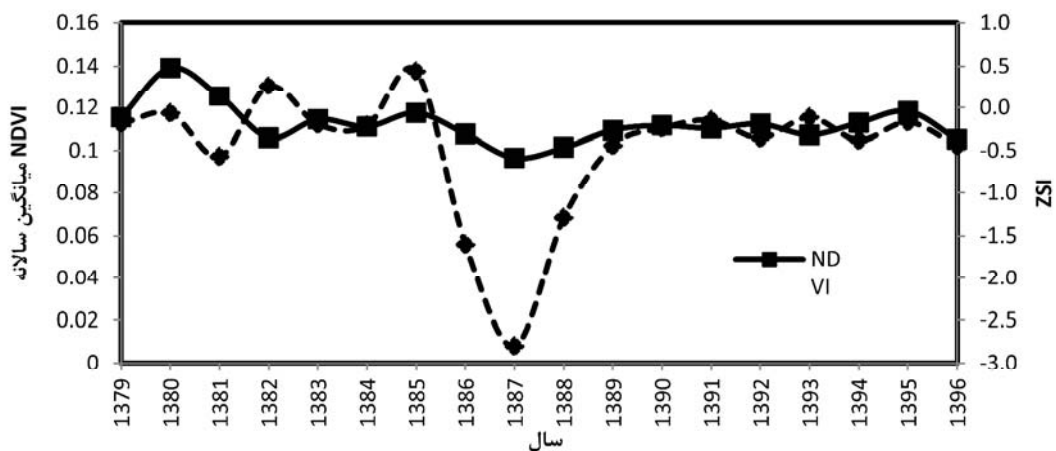
شکل ۸. مقادیر VCI محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۶)

بررسی رابطه‌ی بین شاخص‌های ZSI با NDVI، EVI و VCI

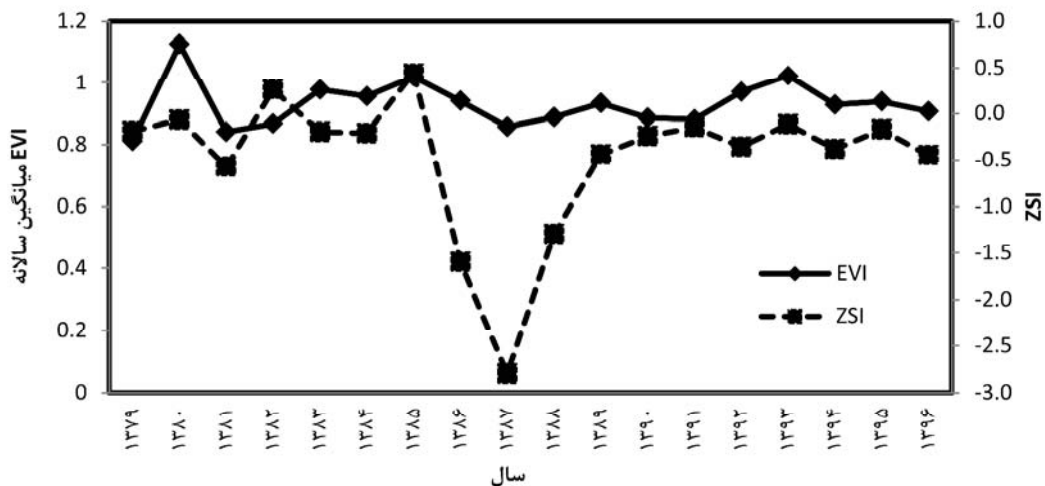
رابطه همبستگی پیرسون، بین میانگی شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، EVI و VCI با میانگین ZSI، به ترتیب برابر با ۰/۷۰۶، ۰/۷۲۵ و ۰/۷۶۵ است که هر سه شاخص پوشش گیاهی با شاخص ZSI در سطح یک درصد، معنی‌دار هستند (جدول ۶).

بررسی میانگین شاخص‌های ZSI با NDVI، EVI و VCI نشان داد تغییرات هر سه شاخص، در اکثر سال‌های آماری تقریباً یکسان است، اما همزمانی خشکسالی هواشناسی و کشاورزی برای تمامی سال‌ها وجود ندارد (شکل ۹، ۱۰ و ۱۱).

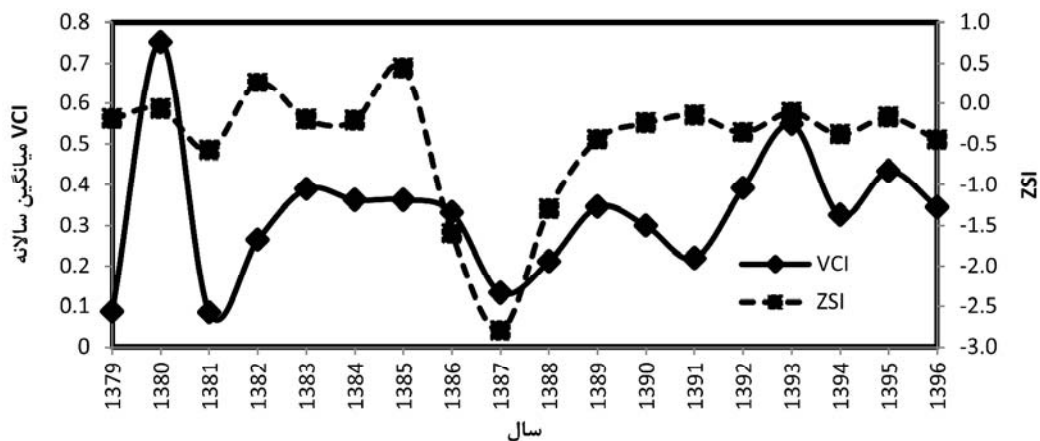
بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تحلیل خشکسالی کشاورزی ...



شکل ۹. تغییرات شاخص NDVI و ZSI در طول دوره آماری



شکل ۱۰. تغییرات شاخص EVI و ZSI در طول دوره آماری



شکل ۱۱. تغییرات شاخص VCI و ZSI در طول دوره آماری

رضایی‌بنفشه و همکاران (۱۳۹۲) و رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. از سال ۱۳۸۹ تا انتهای دوره در اکثر ایستگاه‌ها شرایط نسبتاً نرمال مشاهده شد. بررسی نتایج مذکور نشان داد نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی تا حدودی با نتایج به‌دست آمده از ZSI که به ترتیب نمودی از خشکسالی کشاورزی و هواشناسی هستند، متفاوت است که این یافته با نتایج مؤذن‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) کاملاً مطابقت دارد. با توجه به این موضوع که پوشش گیاهی، همواره متأثر از اقلیم و پارامترهای مؤثر بر آن بوده است (سرابی و همکاران، ۱۳۹۴)، اما میزان ارتباط و فاصله زمانی بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی بسیار پیچیده است که علاوه بر بارش به دما، ارتفاع، توپوگرافی، نوع پوشش گیاهی، نوع بافت خاک و میزان رطوبت ذخیره‌ای در آن منطقه بستگی دارد (مؤذن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). همانطور که نتایج این پژوهش نیز نشان داد همزمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در تمام سال‌ها، وجود ندارد که این یافته با نتایج فاتحی فرج و حیدریان (۱۳۹۲) و صفری‌شاد و همکاران (۱۳۹۴) کاملاً مطابقت دارد. از طرفی در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک، ممکن است چندین سال مقدار بارش در حد نرمال نباشد. ولی احتمال دارد جامعه‌های گیاهی و جانوری آن منطقه با شرایط به وجود آمده، سازگاری پیدا کرده و عواقب ناشی از خشکسالی چندین محسوس نباشد. در صورتی که در مناطق مرطوب حتی بروز فواصل کوتاه بین بارش، ممکن است مسائل جدی ناشی از کم آبی را به‌زودی مهیا کند. به طور کلی نباید انتظار داشت که با افزایش بارندگی، وضعیت پوشش گیاهی هم نرمال شود و یا با کاهش بارندگی، خشکسالی کشاورزی رخ دهد (صفری‌شاد و همکاران، ۱۳۹۴).

تحقیق حاضر با هدف بررسی کارایی شاخص‌های پوشش گیاهی و میزان ارتباط میان شاخص‌های پوشش گیاهی با متغیر اقلیمی انجام گرفت. همانطور که مشاهده شد با توجه به نتایج، شاخص ZSI تا حدودی

جدول ۶. نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین شاخص‌های NDVI و ZSI

متغیرها	ضریب همبستگی (r)
NDVI و ZSI	۰/۷۰۶
EVI و ZSI	۰/۷۲۵
VCI و ZSI	۰/۷۶۵

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، وضعیت خشکسالی کشاورزی بر اساس NDVI، EVI و VCI، طی دوره آماری ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶، در حوزه آبخیز کرخه بررسی و تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های پوشش گیاهی نشان داد براساس NDVI، در سال ۱۳۸۴، طبقه پوشش گیاهی متراکم (۰/۷۹٪) طبقه پوشش گیاهی نیمه متراکم (۰/۱۷/۱٪) در سال ۱۳۸۰، پوشش گیاهی تنک (۰/۵۶/۲٪) در سال ۱۳۹۲، براساس EVI طبقه پوشش گیاهی نیمه متراکم (۰/۱/۲٪) در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ و پوشش گیاهی تنک (۰/۶۳/۴٪) در سال ۱۳۹۲ و براساس VCI طبقه خشکسالی خیلی شدید (۰/۳۲/۰۶٪) در سال ۱۳۸۸، طبقات خشکسالی شدید و متوسط (به ترتیب ۰/۳۶/۳۴٪ و ۰/۲۷/۳۰٪) در سال ۱۳۹۶ و طبقه بدون خشکسالی (۰/۶۹/۲۰٪) بیشترین درصد مساحت را به خود اختصاص داده اند. براساس مقادیر NDVI، EVI و VCI در ایستگاه‌های مورد مطالعه، تغییرات NDVI، EVI و VCI در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در طول دوره آماری تقریباً یکسان است. به‌طوریکه کمترین مقدار پوشش گیاهی در استگاه دهنو در سال ۱۳۷۹ و بیشترین مقدار پوشش گیاهی در ایستگاه هلیلان-سیمره و در سال ۱۳۸۰ مشاهده شد. اما بررسی ZSI نشان داد از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵، اکثر ایستگاه‌ها با خشکسالی مواجه بوده‌اند. به‌طوریکه در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ تمامی ایستگاه‌ها با خشکسالی شدید مواجه شده و شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۸۷ رخ داده است. ایستگاه نظرآباد، خشک‌ترین ایستگاه در این سال بوده است که این یافته با نتایج میرموسوی و کریمی (۱۳۹۲)،

منتج از فناوری سنجش از دور در ارزیابی خشکسالی هواشناسی (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز سفیدرود)، مجله جغرافیا و توسعه، سال ۹، شماره ۲۲، صص. ۱۴۷-۱۶۴.

حمزه، س.، فراهانی، ز.، مهدوی، ش.، چترآبگون، ا. و غلام‌نیا، م.، ۱۳۹۶، پایش زمانی و مکانی خشکسالی کشاورزی با استفاده از داده‌های سنجش از دور مورد مطالعه: استان مرکزی ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره سوم، صص. ۷۰-۵۳.

جلیلی، ش.، مرید، س. و ضیائی‌ان فیروزآبادی، پ.، ۱۳۸۷، مقایسه عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در پایش خشکسالی، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، سال ۳۹، شماره ۱، صص. ۱۳۹-۱۴۹.

جهانبخش اصل، س.، ساری صراف، ب.، خورشیددوست، م. و رستم‌زاده، ه.، ۱۳۸۸، ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره خشکسالی و ترسالی، فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال ۷، شماره ۲۳، صص. ۱۱۷-۱۳۲.

خداقلی، م.، ۱۳۹۳، تحلیل روند گذشته و پیش‌بینی آینده خشکسالی در استان اصفهان، نشریه علوم آب و خاک- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، سال ۱۸، شماره ۶۷، صص. ۳۶۷-۳۷۹.

دستورانی، م.، ولی، ا.ا.، سپهر، ا. و کمکی، ب.چ.، ۱۳۹۴، بررسی خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از سنجنده مودیس در خراسان رضوی، نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ۷، صص. ۸-۱.

رضایی بنفشه، م.، رضایی ع. و فریدپور، م.، ۱۳۹۴، تحلیل خشکسالی کشاورزی استان آذربایجان شرقی با تأکید بر سنجش از دور و شاخص

نتایج NDVI، EVI و VCI را تأیید می‌کند. اما نتایج این پژوهش، نشان داد همزمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و کشاورزی در تمام سال‌ها وجود ندارد، بنابراین لازم است علاوه بر بارش، تأثیر متغیرهایی همچون دما، ارتفاع، توپوگرافی، نوع پوشش گیاهی، نوع بافت خاک و میزان رطوبت ذخیره‌ای در آن منطقه نیز برای بیان وضعیت خشکسالی هواشناسی و کشاورزی در مطالعات آتی مورد توجه قرار گیرد.

۵- منابع

ابراهیمی‌خوسفی، م.، درویش زاده، ر.، متکان، ا.ا. و عاشورلو، د.، ۱۳۸۹، بررسی خشکسالی در مناطق خشک مرکزی ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تکیه بر شاخص‌های گیاهی (مطالعه موردی: شیرکوه یزد)، مجله علوم محیطی، سال ۷، شماره چهارم، صص. ۷۲-۵۹.

اربابی سبزواری، ا.، ۱۳۸۹، تحلیل اثر خشکسالی Z نرمال بارندگی در سامانه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه کاشان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۷، صص. ۱۰۵-۱۲۴.

اسلامیان، س.، قاسمی، م. و سلطانی گرد فرامرزی، س.، ۱۳۹۱، محاسبه و ناحیه‌بندی شاخص‌های جریان کم و تعیین دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کرخه)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۶، شماره ۵۹، صص. ۱۴-۱.

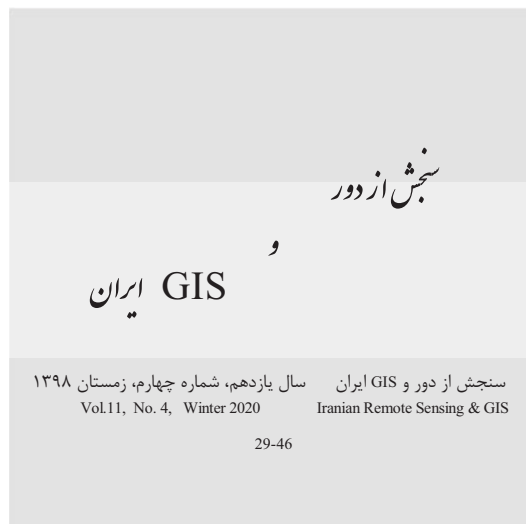
باعقیده، م.، علیخانی، ب. و ضیائی‌ان، پ.، ۱۳۹۰، بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در تحلیل خشکسالی‌های استان اصفهان، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره چهارم، صص. ۱-۱۶.

پرویز، ل.، خلقی، م.، ولیزاده، خ.، عراقی نژاد، ش. و ایران‌نژاد، پ.، ۱۳۹۰، بررسی کارایی شاخص‌های

- وضعیت پوشش گیاهی، نشریه دانش و خاک، سال ۲۵، شماره ۱، صص. ۱۱۳-۱۲۳.
- رضایی مقدم، م.ح.، ولی زاده، ک.خ.، رستم زاده، ه. و رضایی، ا.، ۱۳۹۱، ارزیابی کارایی داده های سنجنده مودیس در برآورد خشکسالی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه)، جغرافیا و پایداری محیط (پژوهشنامه جغرافیایی)، سال دوم، شماره پنجم، صص. ۳۷-۵۲.
- زمانیان، م.ت.، بهیار، م.ب.، کریمی حسینی، ا. و وظیفه دوست، م.، ۱۳۹۱، پایش و تحلیل خشکسالی کشاورزی با استفاده از تولیدات ماهواره ای سنجنده NOAA-AVHRR، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، سال سوم، شماره ۹، صص. ۴۳-۵۴.
- سازمان مدیریت منابع آب ایران (تماب)، ۱۳۹۷.
- سرابی، س.، حشمت پور، ع.، کمکی، چ.ب. و طهماسبی، ا.، ۱۳۹۴، ارزیابی ارتباط میان شاخص های گیاهی سنجنده MODIS و خشکسالی مراتع شمالی استان گلستان، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال ۲۲، شماره ۲، صص. ۳۹۲-۴۰۵.
- شفیعی، م. و رایینی سرجاز، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی اثرات خشکسالی هواشناسی و روند ترسالی در سطح دریاچه پریشان، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال ششم، شماره ۱۲، صص. ۱۲۱-۱۱۸.
- شمسی پور، ا.ا.، علوی پناه، س.ک. و محمدی، ح.، ۱۳۸۹، بررسی کارایی شاخص های گیاهی و حرارتی ماهواره NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه کاشان، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال ۱۷، شماره ۳، صص. ۴۴۵-۴۶۵.
- صفری شاد، م.، حبیب نژاد روشن، م. و ایلدرمی، ع.ر.، ۱۳۹۴، ارزیابی شاخص NDVI در پایش خشکسالی به کمک تکنیک سنجنش از دور (مطالعه موردی: استان اصفهان)، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، سال ۲۵، شماره ۱۰۰، صص. ۳۶-۴۴.
- فاتحی مرج، ا. و حیدریان، س.ا.، ۱۳۹۲، بررسی خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۲۳، شماره ۷، صص. ۱۹-۳۲.
- فاضل دهکردی، ل.، سهرابی، ط. و محمودی کهن، ف.، ۱۳۹۴، پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر مودیس در مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع استان یزد)، نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ۹، صص. ۵۷-۷۰.
- فاضل دهکردی، ل.، آذر نیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، محمودی کهن، ف. و خلیلی سیگارودی، ش.، ۱۳۹۵، پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI (مطالعه موردی: مرتع استان ایلام)، مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، سال ۶۹، شماره ۱، صص. ۱۴۱-۱۵۴.
- قاسمی، م.، اسلامیان، س.س. و سلطانی، س.، ۱۳۸۷، ناحیه بندی و پایش خشکسالی هواشناسی در حوزه آبخیز کرخه با استفاده از شاخص های بارش استاندارد و دهک های بارندگی، پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی، سال ۸، شماره سوم، صص. ۳۵-۲۳.
- مساعدی، ا.، خلیلی زاده، م. و محمدی استادکلایه، ا.، ۱۳۸۷، پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۵، شماره ۲، صص. ۸-۱.
- مظفری، غ.ا. و نارنگی فرد، م.، ۱۳۹۴، تأثیر خشکسالی بر روند پوشش گیاهی حوضه آبخیز سد ملاصدرا و کاربرد فنون سنجنش از دور برای پایش آن، مجله مهندسی منابع آب، سال ۸، شماره ۱۴، صص. ۱-۲۶.
- مهدوی، م.، ۱۳۸۹، هیدرولوژی کاربردی. جلد اول.

- province, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(7): 255-259.
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N.R., Saha, S.K. Siddiqu, A.R. 2015, **Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (ZSI)**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.18: 53-63.
- Funk, C. & Budd, M.E., 2009, **Phonologically-Tuned MODIS NDVI-based production normally estimates for Zimbabwe**, Remote Sensing of Environment, 113 (1): 115-125.
- Ganesh, S., 2007, **Investigation of the utility of the vegetation condition index (VCI) as an indicator of drought (Unpublished doctoral dissertation)**, Texas A&M University, the USA.
- Gibbs, W.J. & Maher, J.V., 1967, **Rainfall deciles as drought indicators**, bureau of meteorology bulletin, commonwealth of Australia: Melbourne, 48: 29. 84.
- Heim, R.R., 2002, **A review of twentieth-century drought indices used in United States**, Bulletin of the American Meteorological Society 84: 1149-1165.
- Huete, A.R., Liu, H., Batchily, Q.K. & Van Leeuwen, W. J. D. A., 1997, **A Comparison of vegetation indices over a Global Set of TM Images for EOSMODIS**, Remote Sens Environ, 59: 440-451.
- Jain, V.K., Pandey, R.P., Jain, M.K. & Byun, H. R., 2015, **Comparison of drought indices for appraisal of drought characteristics in the Ken River Basin**, Weather and Climate Extremes, 8: 1-11.
- Karl, T.R. & Rebsame, W.E., 1984, **The identification of 10 to 20 year temperature and precipitation fluctuations in the contiguous U.S**, Journal of Climate and Applied. Meteorology. 23: 950-966.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J.Y., 1995, **Drought monitoring with multiple time scales**, 9th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society: Dallas. TX. 233-236.
- انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۲ صفحه.
- مؤذن زاده، ر.، ارشد، ص.، قهرمان، ب. و داوری، ک.، ۱۳۹۱، **پایش خشکسالی در کشت‌های غیرآبی با استفاده از تکنیک سنجش از دور**، مدیریت آب و آبیاری، سال ۲، شماره ۲، صص. ۳۹-۵۲.
- میراحسنی، م.س.، ماهینی، ع.ر.س.، سفیانیان، ع.ر.، مدرس، ر.، جعفری، ر. و محمدی، ج.، ۱۳۹۶، **پایش خشکسالی منطقه‌ای حوضه آبخیز زاینده‌رود براساس تغییرات سری زمانی شاخص VCI سنجنده مودیس و شاخص ZSI**، سال ۶، شماره ۲۴، صص. ۱-۲۲.
- میرموسوی، س.ح.، کریمی، ح.، ۱۳۹۲، **مطالعه اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS (مطالعه موردی: استان کردستان)**، جغرافیا و توسعه، سال ۱۱، شماره ۳۱، صص. ۷۶-۵۷.
- نیازی، ی.، طالبی، ا.، مختاری، م.ح.، وظیفه‌دوست، م.، ۱۳۹۵، **ارزیابی یک شاخص خشکسالی ترکیبی جدید مبتنی بر داده‌های سنجش از دوری (RCDI) در محدوده ایران مرکزی**، اکوهیدرولوژی، سال سوم، شماره ۱، صص. ۳۱-۴۳.
- وزارت نیرو. ۱۳۹۳، **طرح جامع آب کشور حوضه آبخیز کرخه**، انتشارات شرکت مهندسی مشاور جاماب.
- Aulia, M.R., Liyantono, Setiawan, Y. & Fatikhunnada, A., 2016, **Drought detection of West Java's paddy field using MODIS EVI satellite images (case study: Rancaekek and Rancaekek Wetan)**, Procedia Environmental Sciences 33: 646 – 653.
- Byzedi, M. 2011, **Analysis of hydrological drought based on daily flow series**, World Academy of Science, Engineering and Technology 50: 491-496.
- Byzedi, M., Siosemardeh, M. Rahimi, A. Mohammadi, K., 2012, **Analysis of hydrological drought on Kurdistan**

- Mishra, A. & K Singh, V.P., 2010, **A review of drought concepts**, Journal of Hydrology. 391(1–2): 202–216.
- Palmer, W.C. 1965, **Meteorological drought**, research paper, US department of commerce, weather Bureau, Washington, DC, 45: 58.
- Paulo, A.A., Rosa, R.D. & Pereira. L.S., 2012, **Climate trends and behaviour of and drought indices based on precipitation evapotranspiration in Portugal**, Nat. Natural Hazards and Earth System Sciences. 22:1421–1411.
- Roswintarti, O., Oarwatiand, S. & Anggraini. N., 2010, **Potential drought monitoring over agriculture area in Java Island**, Indonesia, Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Progress Report of SAFE Prototype Year. 121-135.
- Salehnia, N., Alizadeg, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A. & Hoogenboom, G., 2017, **Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data**, Journal of Arid Land. 9:797-809.
- Shakya, N. & Yamaguchi, Y., 2010, **Vegetation, water and thermal stress index for study of drought in Nepal and central Northeastern India**, International Journal of Remote Sensing. 31: 903–912.
- Szinell, C.S., Bussay, A. & Szentimrey, T., 1998, **Drought tendencies in Hungary**, International Journal of Climatology. 18: 1479–1491.
- Thenkabail, P.S, Gamage M.S.D.N. & Samakhtin, VU., 2002, **Evaluation of narrow band and broadband vegetation indices for determining optimal hyper-spectral wavebands for agricultural crop characterization**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68: 607–621.
- Tucker, C.J. 1979, **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation**, Remote Sensing of Environment. 8(2): 127– 150.
- Wilhite, D.A., 2000, **Drought as a natural hazard**, In: Wilhite, D. A. (Editor), drought: A global assessment, Routledge, London. 1- 18.
- Wilhite, D.A, & Glantz, M.H., 1985, **Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions**, Water International Vol 10, No. 3, pp. 111–120.
- Winkler, K., Gessner, U. & Hochschild, V., 2017, **Identifying Droughts Affecting Agriculture in Africa Based on Remote Sensing Time Series between 2000–2016: Rainfall Anomalies and Vegetation Condition in the Context of ENSO**, Journal of Remote Sensing, 9: 831, 1-27.
- Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A. & Hu, Q., 2001, **An evaluation of the standardized precipitation index, the China-z index and the statistical zscore**, International Journal of Climatology. 21: 745–758.



Analysis of Performance of vegetation indices on agricultural drought using remote sensing technique in Karkheh basin

Karimi, M.^{*1}, Shahedi, K.², Raziei, T.³, Miryaghoubzadeh, M.⁴

1. Ph.D. Student of Watershed Management, Department of Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2. Associate Prof., Department of Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
3. Assistant Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), Tehran, Iran
4. Assistant Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, University of Urmia, Iran

Abstract

Drought is one of the natural disasters that may occur in any climate. In recent decades, Iran has been affected by severe droughts and its harmful effects in various sectors, such as agriculture, environment and water resources of the country. Today, vegetation indices, which are obtained through remote sensing technology, are used to identify and analyze agricultural droughts. Accordingly, the aim of this study was to investigate the effectiveness of NDVI, EVI and VCI vegetation indices in agricultural drought identification and analysis in Karkheh basin. In order to calculate these indices, MODIS sensor Images (Terra satellite, MOD13A2 product) were used during the 2000-2017 statistical period. The accuracy of these profiles was evaluated with the ZSI index calculated at 11 meteorological stations located in Karkheh basin for the statistical period of 2000-2017. The results showed that the changes of NDVI, EVI and VCI in the studied stations were approximately the same during the statistical period. Based on NDVI, EVI and VCI values, the lowest and highest vegetation cover was observed in 2000, dehno station and 2001, helilan-seymareh station, respectively. The ZSI survey showed that most stations Faced with droughts from 2000 to 2008, and the most severe drought occurred in 2008, nazarabad station. Then, in order to validation of the results, the vegetation indices with ZSI index were evaluated. Pearson correlation between mean vegetation indices of NDVI, EVI and VCI with mean ZSI was 0.766, 0.725 and 0.776, respectively, and all vegetation indices with ZSI index are significant at 0.99% confidence level. As seen, according to the results, the ZSI index confirms the results of NDVI, EVI, and VCI. So, according to the results, there is no conformity of meteorological and agricultural droughts in all years, Therefore, in addition to other precipitation, climate variables should also be considered.

Keywords: Drought, NDVI, EVI and VCI, Karkheh basin