

تحلیل فضایی خشکسالی حوضه سیرجان با استفاده از سنجش از دور

محسن پورخسروانی^{۱*}، علی مهربانی^۲، سید حجت موسوی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

چکیده

خشکسالی خطری جهانی است که می‌تواند منجر به آسیب‌های شدید اقتصادی، کشاورزی و اجتماعی شود. به همین علت، پایش صحیح خشکسالی تأثیر زیادی بر کنترل و کاهش خسارات ناشی از این پدیده خواهد داشت. سنجنده مودیس (MODIS) به علت داشتن قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا، قابلیت بسیاری در پایش خشکسالی داشته و محصولات آن به‌طور گسترده‌ای در نظارت پویای خشکسالی در مقیاس وسیع و طولانی‌مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در همین راستا این پژوهش سعی دارد خشکسالی حوضه سیرجان را با استفاده از شاخص‌های ترکیبی NDVI و LST سنجنده مودیس ارزیابی کند. بدین منظور شاخص VHI از ترکیب شاخص‌های VCI و TCI بر اساس سری‌های زمانی ۱۸ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۰) در خردادماه محاسبه شد. در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص VHI در چهار طبقه شدید، متوسط، ملایم و بدون خشکسالی تولید شد. ارزیابی سری‌های زمانی حاصل از شاخص‌های VCI و TCI نشان داد که ارتباط معنی‌داری میان تغییرات NDVI و LST وجود دارد. نتایج پژوهش نشان داد که بیشترین شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ اتفاق افتاده است. به طوری که در سال ۲۰۰۷، ۲۶/۹ درصد و در سال ۲۰۱۷، ۲۳/۳ درصد از کل حوضه سیرجان در پهنه با خشکسالی شدید قرار گرفته است. همچنین سال ۲۰۰۹ حداقل خشکسالی را تجربه کرده است. به طوری که در این سال ۲۵/۷۵ درصد از مساحت منطقه در پهنه بدون خشکسالی و تنها ۰/۰۲ درصد از منطقه در پهنه با خشکسالی شدید قرار داشته است. به طور کلی در طول بازه زمانی مورد مطالعه، بیشترین درصد مساحت طبقات خشکسالی به ترتیب مربوط به طبقه متوسط (۵۱/۵۷ درصد)، ملایم (۳۱/۱۵ درصد)، شدید (۹/۱۱ درصد) و بدون خشکسالی (۸/۱۷ درصد) بوده است. نتایج حاکی از آن است که در حوضه سیرجان، پهنه با شدت خشکسالی بسیار شدید در بازه زمانی مورد مطالعه وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، خشکسالی، سنجش از دور، حوضه سیرجان.

۱. استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان نویسنده مسئول؛ pourkhosravani@uk.ac.ir

۲. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳. استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

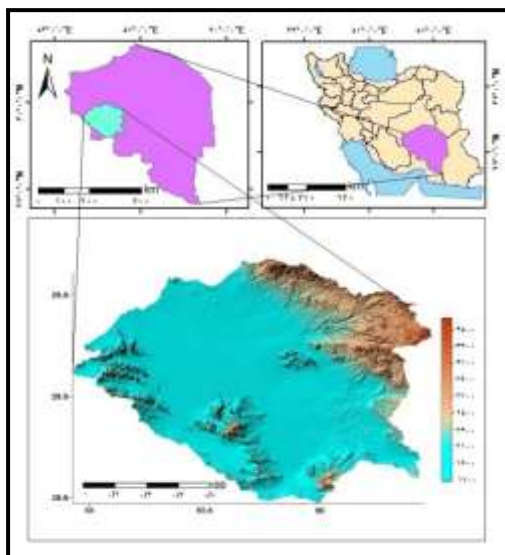
مقدمه

خشکسالی یکی از مخاطرات جهانی است که می‌تواند منجر به آسیب‌های شدید اقتصادی، کشاورزی و اجتماعی شود (شاو^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). هرچند خشکسالی در مناطق با اقلیم آب‌وهوایی مختلف رخ می‌دهد، آثار این پدیده آرام و خزننده در مناطق خشک و نیمه‌خشک که از بارندگی سالانه کمتری برخوردارند، بیشتر است (دماوندی و همکاران، ۲۰۱۶). خشکسالی در اثر تغییر الگوهای آب‌وهوایی ناشی از کاهش نزولات جوی، کمتر از حد معمول به وجود می‌آید؛ و چون گیاهان و جانوران و انسان‌ها در هر محل با میانگین بارش دریافتی محل سازگاری یافته‌اند، هرگاه مقدار بارش از حد متوسط کمتر شود، اختلالی در حیات آن‌ها پدید خواهد آمد. به طوری که هرچه مقدار کاهش نسبت به میانگین بیشتر باشد، اختلال بیشتری ایجاد خواهد شد (حجازی‌زاده و جاویدزاده، ۲۰۱۰). به‌طور کلی خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار بارش سالانه کمتر از میانگین بلندمدت بارش منطقه باشد. به عبارت دیگر زمانی که در یک دوره پیوسته و پایدار مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه به حد قابل توجهی کاهش یابد، خشکسالی اتفاق افتاده است (ویاس^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). وقوع خشکسالی در یک منطقه اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی جبران‌ناپذیری را بر جای می‌گذارد که در نگاه اول ممکن است مورد توجه قرار نگیرد (تالاکسن^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). این مخاطره که به سه شکل اقلیمی، هیدرولوژیک و کشاورزی دیده می‌شود، از جمله مهم‌ترین بلایای طبیعی است که هر ساله خسارت‌های فراوانی را در مناطق مختلف موجب شده و می‌تواند به قحطی تبدیل شود. بر همین اساس و با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. پالمر^۴ محقق آمریکایی را می‌توان جزء اولین محققانی دانست که در سال ۱۹۴۶ به‌طور علمی، با استفاده از روش‌های آماری به بررسی ویژگی‌های مختلف این پدیده در

آمریکا پرداخته است (فرج‌زاده، ۲۰۰۵). همچنین گیبس و ماهر^۵ (۱۹۶۷) در پژوهشی با عنوان «تعیین دوره‌های خشک استرالیا با استفاده از شاخص دهک و مرتب کردن داده‌های بارندگی ماهانه» گام‌های مهمی در زمینه مطالعات خشکسالی برداشته‌اند. در همین باره، زانگ^۶ و همکاران (۲۰۰۹) روند فصلی دوره‌های تر و خشک را در حوضه رودخانه پارل در چین بر اساس شاخص SPI و با استفاده از آزمون من-کنندال بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که این حوضه در فصول پرباران گرایش به خشکی و در فصل زمستان گرایش به ترسالی دارد. همچنین یان-جان^۷ و همکاران (۲۰۱۲) ضمن آنالیز خشکسالی حوضه رودخانه هوآهی^۸ با استفاده از شاخص SPI نتیجه گرفتند که از شروع قرن ۲۱ با کاهش فراوانی خشکسالی‌ها در این حوضه، شدت آن‌ها افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر، بجت^۹ و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش موران و با استفاده از داده‌های میانگین دمای ماهانه ۱۶۴ ایستگاه سینوپتیک، روند تغییرات دما در کشور صربستان را ارزیابی کردند. همچنین وخشوری و همکاران (۲۰۱۷) ضمن مطالعه برای تعیین مناسب‌ترین شاخص برای خشکسالی‌های مناطق بارشی ایران بیان کردند که شاخص DI با دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی اسپیرمن، مناسب‌ترین شاخص برای کل پهنه جغرافیایی ایران است. منتصری و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی شمال غرب کشور بر اساس شاخص‌های SPI و RAI» نتیجه گرفتند که علاوه بر حساسیت روش من-کنندال به ضرایب خود همبستگی معنی‌دار با تأخیرهای مختلف در تعیین روند دوره‌های خشکسالی و ترسالی، بیانگر وجود روند منفی (نزولی) در اکثر ایستگاه‌ها و وجود روند منفی معنی‌دار (در سطح احتمال ۹۵ درصد) در ایستگاه‌های غرب منطقه مورد مطالعه است. در پژوهشی دیگر، صلاحی و فریدپور (۲۰۱۶) ضمن تحلیل فضایی خشکسالی اقلیمی شمال غرب ایران با

5. Gibbs and Maher
6. Zhang
7. Yan-jun
8. Huaihe
9. Bajat

1. Shaw
2. Vyas
3. Tallaksen
4. Palmer



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure (1): Location of the studied area

پژوهش حاضر از نوع کاربردی می‌باشد که با استفاده از محصولات $NDVI^3$ سنجنده مودیس ماهواره Terra با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر و قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روز و همچنین محصول LST این سنجنده با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر و قدرت تفکیک زمانی ۸ روز مربوط به ماه ژوئن سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ صورت گرفته است. بدین منظور، پیش‌پردازش‌هایی مانند تصحیح پراکنش مولکولی، جذب ازن و گردوغبار و اصلاح نادیر و زوایای تابش خورشیدی از طریق مدل $BRDF^4$ بر روی محصول $NDVI$ صورت گرفت. همچنین تصحیحاتی مانند ژئورفرنس کردن کالیبراسیون تابش، حذف اثر ابر، درجه حرارت اتمسفری و بخارآب بر روی محصول LST توسط NASA صورت گرفته است.

– شاخص گیاهی تفاضل بهنجار ($NDVI$)

این شاخص را نخستین بار تاکر^۵ در سال ۱۹۷۹ به‌عنوان شاخص سلامت و تراکم پوشش گیاهی مطرح کرد. شاخص $NDVI$ به‌عنوان معروف‌ترین شاخص پوشش گیاهی، از طریق سنجش تغییرات جذب تابش کلروفیل گیاهی، برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی استفاده می‌شود

استفاده از آماره خودهمبستگی فضایی بیان کردند که قسمت غرب و شمال غرب منطقه دارای الگوی خشکسالی ملایم و جنوب شرق منطقه دارای الگوی خشکسالی بسیار شدید است.

به‌طور کلی با توجه به تنوع، پیچیدگی و آثار مختلف خشکسالی، از شاخص‌های مختلفی برای آنالیز آن استفاده می‌گردد. بر همین اساس بیشتر شاخص‌های مورد استفاده در پایش خشکسالی، متغیرهای اقلیمی نظیر، دما، بارش و رطوبت خاک هستند. امروزه با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌توان این پدیده را پایش و مدل‌سازی دقیق‌تر و موثرتری از آن ارائه کرد (هیم^۱، ۲۰۰۲). به عبارت دیگر، روش‌های سنجش از دور با قابلیت برداشت داده در سطحی وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه کمتر، از کارایی بسیار بالاتری نسبت به روش‌های هواشناسی در پایش خشکسالی‌ها برخوردارند (ویل‌هایت^۲، ۲۰۰۰). هرچند خشکسالی پدیده‌ای است که در مناطق مختلف اقلیمی اتفاق می‌افتد، آثار آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک زیان‌بارتر خواهد بود. بر همین اساس با توجه به موقعیت حوضه سیرجان و قرارگیری آن در منطقه خشک ایران مرکزی، در این پژوهش سعی شده است که روند خشکسالی در این حوضه با استفاده از تکنیک سنجش از دور پایش شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبخیز سیرجان است. این حوضه از نظر جغرافیایی در محدوده‌ای به طول ۵۴ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض ۲۸ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۶۲۸۹ کیلومتر مربع و حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۱۶۶۵ و ۳۷۶۰ متر از سطح دریا آزاد است. این حوضه شامل شهرستان سیرجان و قسمت‌های محدودی از شهرستان‌های شهربابک و بافت می‌باشد.

3. Normalized Difference Vegetation Index
4. Bidirectional Reflectance Distribution Function
5. Tucker

1. Heim
2. Willhite

(تنکابایل^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). در سال‌های اخیر این شاخص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای سنجش میزان خشکسالی در مناطق مختلف به کار رفته است. رابطه این شاخص که نسبت اختلاف طیف مادون قرمز نزدیک و طیف قرمز به مجموع آن‌هاست به‌صورت زیر است:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

در این رابطه، NIR انعکاس بانده ۱ (۶۷۰-۶۲۰ نانومتر) و Red انعکاس بانده ۲ (۸۴۱-۸۷۶ نانومتر) سنجنده مودیس است. مقدار این شاخص بین +۱ و -۱ متغیر است (لی^۲ و همکاران، ۲۰۰۴).

- شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

از آنجایی شاخص NDVI به‌تنهایی قادر به آنالیز خشکسالی نیست، در دهه ۱۹۹۰ میلادی، استفاده از شاخص‌های ترکیبی با رویکرد به‌کارگیری سری‌های زمانی NDVI و LST مطرح شد. بر این اساس با توجه به اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی و درجه‌حرارت سطح زمین، شاخص‌های VCI^۳ و TCI^۴ مبتنی بر سری‌های زمانی NDVI و LST ایجاد شدند که رابطه آن‌ها بدین شرح است (وان^۵ و همکاران، ۲۰۰۴):

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن، NDVI_{min}، NDVI_{max} و NDVI_i به‌ترتیب NDVI که میانگین حداقل طولانی‌مدت، میانگین حداکثر طولانی‌مدت و میانگین هر پیکسل در ماه مورد نظر است. گفتنی است که شاخص VCI بر اساس ارتباط میان مقدار واقعی NDVI و مقادیر NDVI در بهترین (NDVI_{max}) و بدترین (NDVI_{min}) شرایط رطوبتی فصل رشد گیاه، ایجاد شده است. شرایط پوشش گیاهی سطح زمین توسط شاخص VCI برحسب درصد بیان می‌شود. اگر مقدار این شاخص بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، نشان‌دهنده وضعیت مطلوب یا وضعیت بالای نرمال است؛ درحالی‌که اگر این شاخص به صفر نزدیک شود، نشان‌دهنده وجود یک خشکسالی شدید در

آن ماه است (تنکابایل و همکاران، ۲۰۰۴)

- شاخص وضعیت دما (TCI)

این شاخص که اساس آن بر دمای درخشندگی است، برای بررسی عملکرد پوشش گیاهی نسبت به دما ارائه شده است؛ بدین معنی که هنگامی که دما به بالاترین مقدار خود می‌رسد، خشکسالی نیز به نهایت خود خواهد رسید. این شاخص میزان انحراف دمای ماه مورد نظر را از مقدار بیشینه در طول زمان بیان می‌کند. شاخص TCI به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$TCI = \frac{LST_{max} - LST_i}{LST_{max} - LST_{min}} \times 100 \quad (3)$$

در این رابطه، LST_{max}، LST_{min} و LST_i به‌ترتیب میانگین حداقل دمای طولانی‌مدت، میانگین حداکثر دمای طولانی‌مدت و دمای سطح زمین در ماه مورد نظر است (کوغان^۶، ۲۰۰۱). باید توجه داشت که شاخص TCI بر اساس ارتباط میان درجه‌حرارت واقعی سطح زمین و درجه‌حرارت شرایط پتانسیل (LST_{min}) و تنش گیاهی (LST_{max}) ایجاد شده است.

- شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI^۷)

شاخص VHI نیز ترکیبی از شاخص‌های VCI و TCI است که هدف آن دخالت دادن شرایط رطوبت پوشش گیاهی و درجه‌حرارت سطح زمین در یک شاخص مجموع است (دماوندی و همکاران، ۱۳۹۵).

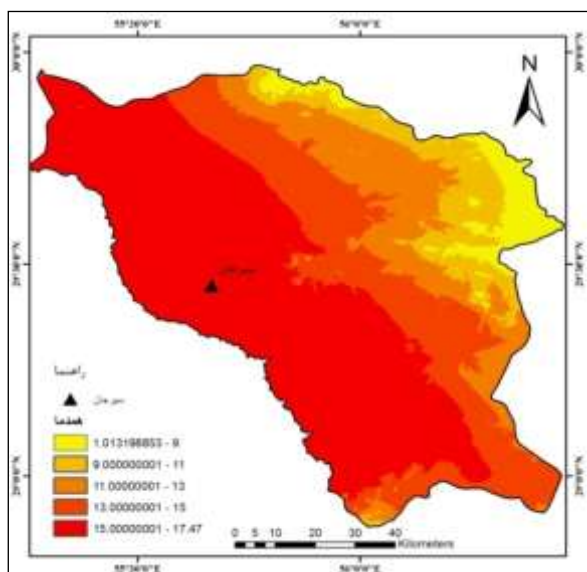
$$VHI = (0.5 \times VCI)(0.5 \times TCI) \quad (4)$$

نتایج

اقلیم، شناخت وضعیت آب‌وهوایی و چگونگی بروز پارامترهای هواشناسی نظیر دما و بارندگی، در یک منطقه و عوامل تعیین‌کننده آنها در بلندمدت است (بختیاری، ۲۰۰۳). در این پژوهش اقلیم منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش دمارتون تعیین شده است. این روش بر اساس مقدار بارش سالانه (میلی‌متر) و متوسط دمای سالانه بر مبنای ضریب خشکی برآورد می‌شود. شکل (۲) پهنه‌بندی اقلیمی حوضه سیرجان را بر اساس روش دمارتون نشان می‌دهد.

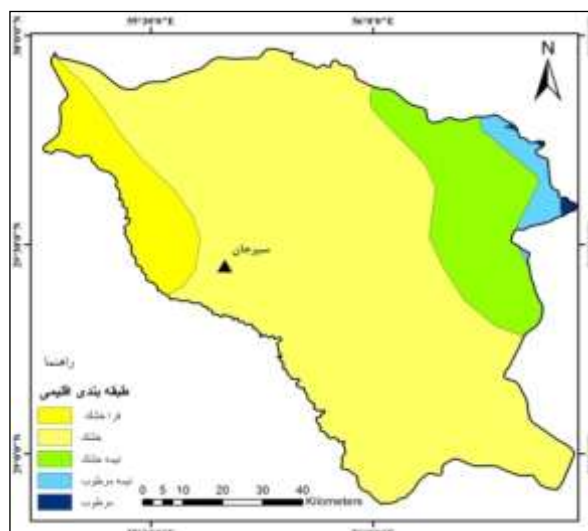
1. Thenkabail
2. Li
3. Vegetation Condition Index
4. Temperature Condition Index
5. Wan

6. Kogan
7. Vegetation Health Index



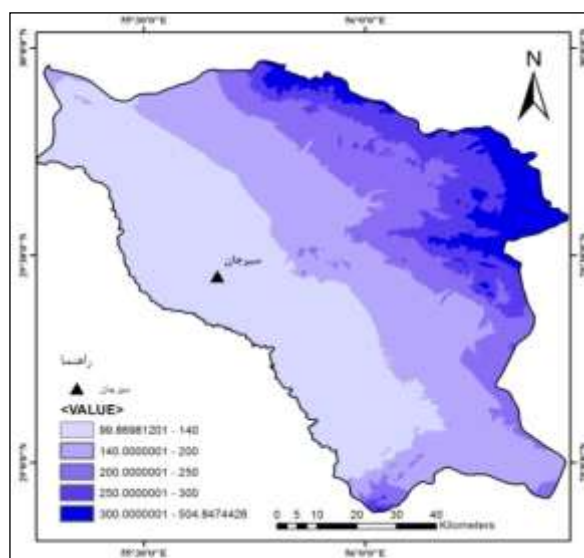
شکل (۴): نقشه هم‌دمای حوضه سیرجان
Figure (4): Isotherm map of Sirjan basin

پس از تنظیم NDVI و LST مربوط به ماه ژوئن، فایل دسته^۱ مربوط به این ماه مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ ساخته و تصاویر حداقل و حداکثر آن‌ها تولید شد. سپس بر اساس رابطه هریک از شاخص‌های VCI و TCI تعداد ۱۸ تصویر برای هریک از این شاخص‌ها تهیه شد. سپس شاخص VHI که حاصل جمع شاخص‌های VCI و TCI است، به همین تعداد تهیه شد. سرانجام تصاویر حاصل از VHI به چهار طبقه، خشکسالی شدید (۱۰-۲۰)، متوسط (۲۰-۳۰)، ملایم (۳۰-۴۰) و بدون خشکسالی (>۴۰) طبقه‌بندی شد. شکل (۵) نقشه طبقات خشکسالی و شکل (۶) نمودار مساحت طبقات خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند. طبق یافته‌های تحقیق، سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ دارای بیشترین میزان خشکسالی و سال ۲۰۰۹ دارای حداقل میزان خشکسالی در منطقه مورد مطالعه بوده‌اند. به‌طور کلی، خشکسالی‌ها در حوضه سیرجان روند منظمی ندارند؛ مثلاً در حالی که سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ خشکسالی تقریباً شدیدی را تجربه کرده‌اند، سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ از نظر خشکسالی وضعیت نرمالی داشته‌اند. سپس از سال ۲۰۱۴ روند خشکسالی در منطقه افزایشی شده و در سال ۲۰۱۷ به اوج خود رسیده است؛ هرچند در این بین هم شدت خشکسالی سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۱۴ کمتر بوده است.

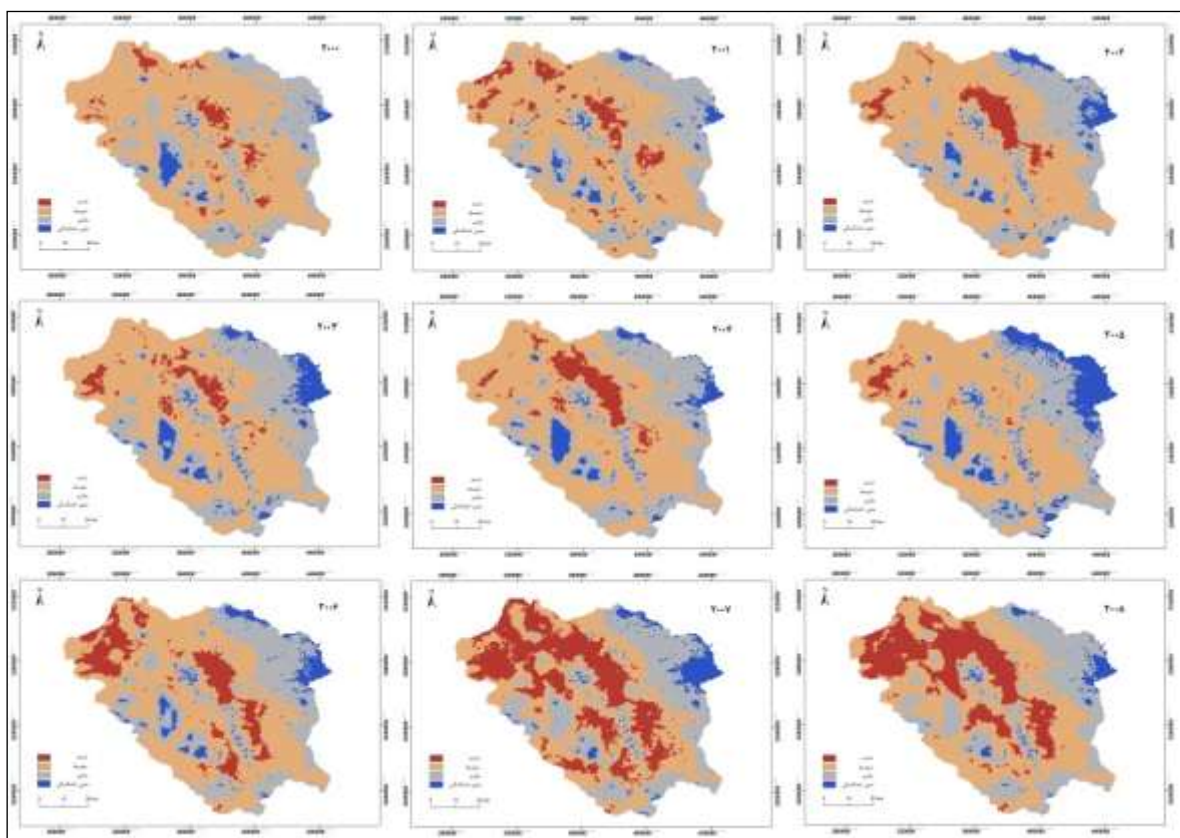


شکل (۲): پهنه‌بندی اقلیمی منطقه مورد مطالعه
Figure (2): Climatic zoning of the studied area

با توجه به توپوگرافی متفاوت حوضه سیرجان، وضعیت اقلیمی این حوضه در بخش‌های مختلف آن متفاوت است؛ به‌طوری که میانگین بارش بلندمدت این حوضه از ۵۰۴ میلی‌متر در بخش‌های شمالی و شمال شرق حوضه تا ۹۹ میلی‌متر در بخش‌های جنوبی آن متفاوت است. همچنین میانگین بلندمدت دمای حوضه سیرجان نیز از متوسط یک درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات شمال و شمال شرق حوضه تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد در بخش‌های جنوبی آن متفاوت است. اشکال (۳) و (۴) نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حوضه سیرجان را نشان می‌دهند.

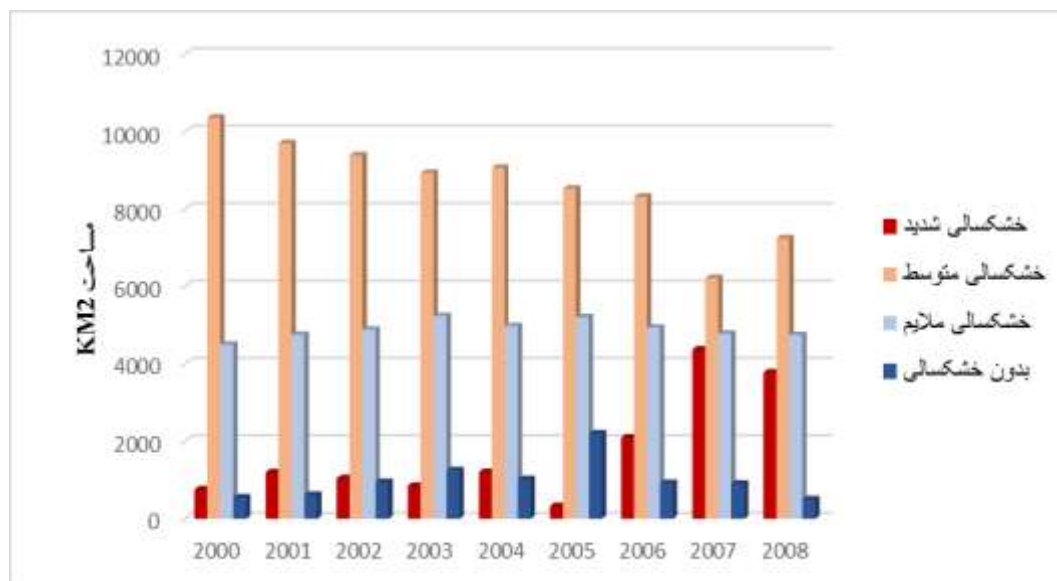


شکل (۳): نقشه هم‌بارش حوضه سیرجان
Figure (3): Iso-precipitation map of Sirjan basin



شکل (۵): نقشه طبقات خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸

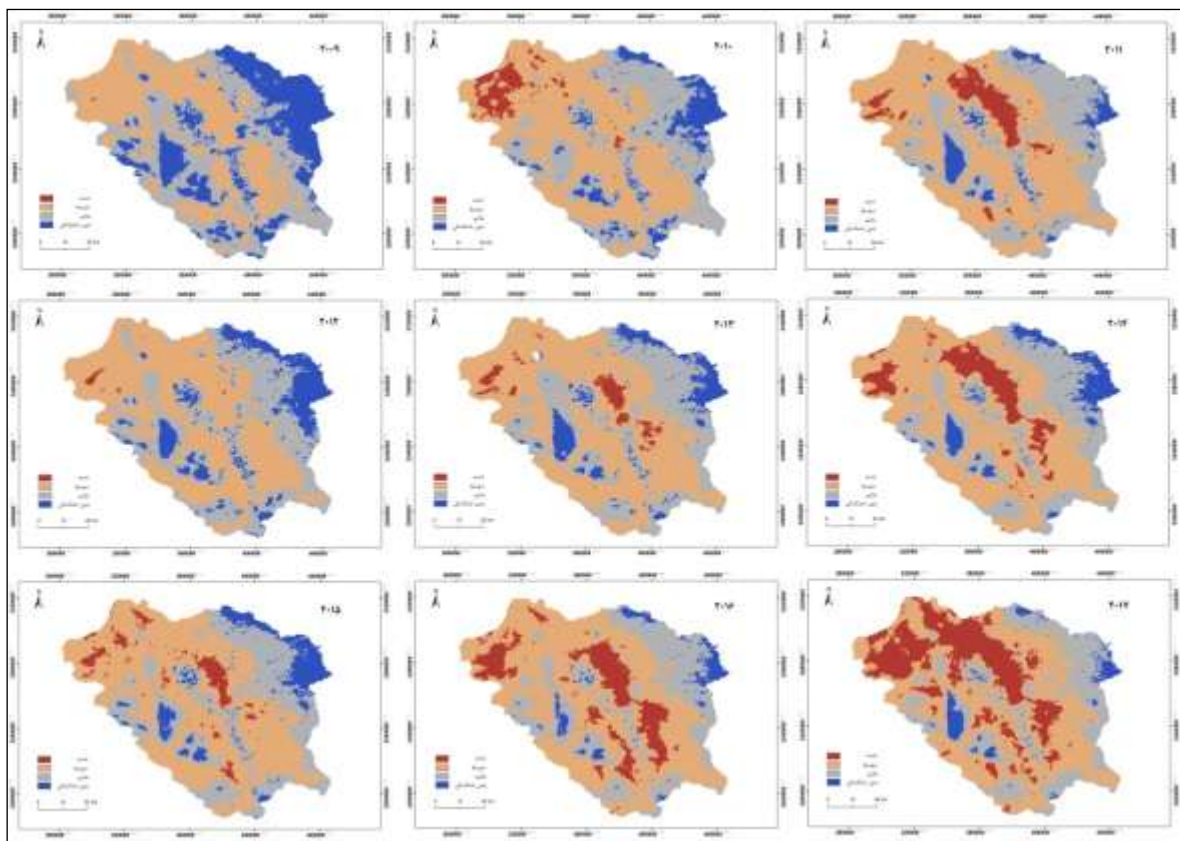
Figure (5): Drought Categories Map for 2000-2008



شکل (۶): نمودار مساحت طبقات خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸

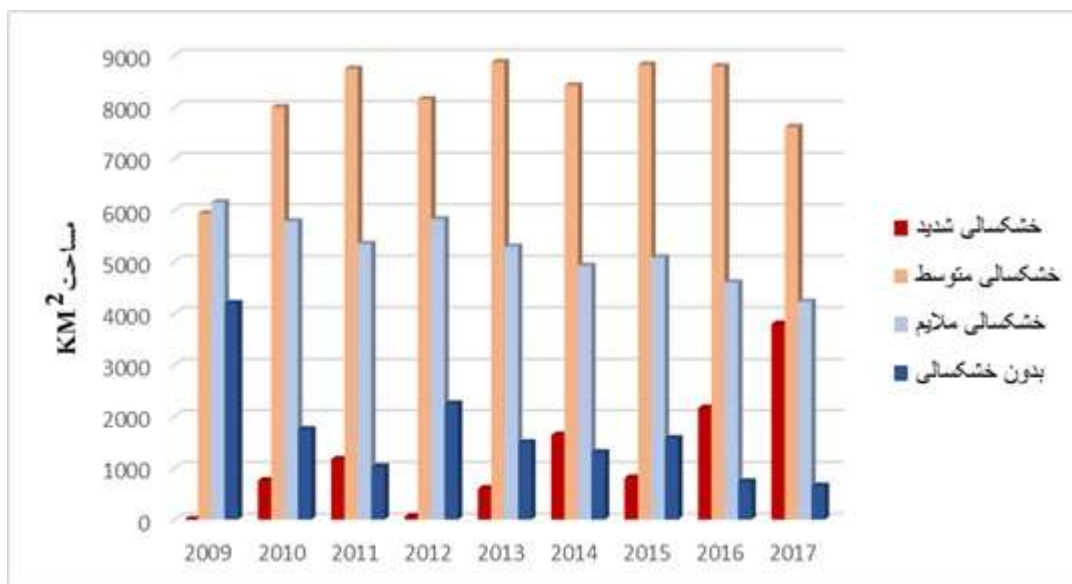
Figure (6): Diagram of drought classes for 2000-2008

همچنین شکل (۷) نقشه پهنه‌بندی طبقات خشکسالی در (۸) نمودار مساحت هر یک از طبقات را در سال‌های مذکور منطقه مورد مطالعه را برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ و شکل نشان می‌دهد.



شکل (۷): نقشه طبقات خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷

Figure (7): Drought Categories Map for 2008-2017



شکل (۸): نمودار مساحت طبقات خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷

Figure (1): Diagram of drought classes for 2008-2017

بحث و نتیجه‌گیری

شاخص‌های ماهواره‌ای در کنار شاخص‌های هواشناسی زمین مبنای می‌توانند روند خشکسالی را به‌طور مؤثری پایش نمایند. در سال‌های اخیر، محققان تلاش کردند تا فاکتورهای

به‌طور کلی، بارش مهم‌ترین عامل در وقوع خشکسالی است. نتایج مطالعات مختلف در سطح جهان نشان می‌دهد که

که در بازه زمانی مورد مطالعه در حوضه سیرجان، طبقه خشکسالی بسیار شدید وجود نداشته است. از طرفی در این بازه زمانی، سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ دارای بیشترین شدت خشکسالی بوده‌اند. به طوری که در سال ۲۰۰۷ که حداکثر خشکسالی را داشته است، ۴۳۷۷ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه دارای خشکسالی شدید بوده است؛ در حالی که وسعت این پهنه برای سال ۲۰۱۷، ۳۷۹۵ و برای سال ۲۰۰۸، ۳۷۸۲ کیلومترمربع بوده است. بر همین اساس و طبق نتایج، کمترین میزان خشکسالی در منطقه مربوط به سال ۲۰۰۹ است که در آن ۴۱۹۵ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه در پهنه بدون خشکسالی قرار داشته است. در این سال، فقط ۴ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه در پهنه با خشکسالی شدید قرار داشته است. به طور کلی، استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی که با استفاده از شاخص‌های ترکیبی ایجاد شده‌اند، قادر است کمک فراوانی به برنامه‌ریزی اصولی برای پیش، کنترل و جلوگیری از افزایش روند خشکسالی در مناطق مختلف کرده و تأثیر بسزایی در کاهش خسارات ناشی از خشکسالی داشته باشد.

تحت تأثیر در فرایند مطالعه خشکسالی را به طور همزمان در نظر بگیرند. این ایده اساس تشکیل برخی از شاخص‌ها مانند NDVI و LST است. در این شاخص‌ها فاکتورهایی مانند دمای سطح زمین و وضعیت پوشش گیاهی همزمان در پایش ماهواره‌های خشکسالی نقش ایفا می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های ترکیبی در مقایسه با شاخص‌های منفرد، عملکرد بهتری ارائه می‌دهند. پژوهش حاضر تغییرات مکانی پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین ناشی از خشکسالی را در قالب شاخص‌های ترکیبی مبتنی بر سری‌های زمانی TCI، VCI و VHI، در حوضه سیرجان در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ ارزیابی کرده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که اثرات خشکسالی بر دمای سطح زمین و پوشش گیاهی متفاوت بوده و از عوامل متعددی همچون نوع و خصوصیات پوشش گیاهی و شرایط دمایی آن‌ها تبعیت می‌کند. شاخص VHI به علت توانایی در نمایش همزمان اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ترکیبی برای ارزیابی شدت خشکسالی در مناطق مختلف است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص VHI نشان می‌دهد

منابع

1. Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M.; Luković, J. and Tošić, I., 2015. Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1), pp. 289–301.
2. Bakhtiyari, B., 2003. *An Analytical Attitude on Climate Change in the City of Kerman*, Third Regional Conference and First National Conference on Climate Change, Meteorological Organization, Isfahan, Pp. 181–187.
3. Kogan, F. N., 2001. Contribution of remote sensing to drought early warning. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), *National Environmental Satellite Data and Information Services (NESDIS)*, Washington: DC. U.S.A.
4. Damavandi, A, A, Rahimi, M, Yazdani, M, R, Noroozi, A, A., 2016. Field monitoring of agricultural drought through time series NDVI and LST Indicators MODIS Data (case study: Central Province), *Quarterly Journal of Geographic Information*, 25(99), Pp. 115-126.
5. Farajzadeh, M., 2005. *A Drought from Concept to Strategy*, Geographical Organization Publications of the Ministry of Defense and Armed Forces Support, Tehran, Iran. (In Persian)
6. Gibbs, W, Maher, V., 1967. Rainfall deficiency and drought indicators. *Bulletin Bur meteorology Asustralia*, 48, pp: 117-129
7. Heim, R. R., 2002. A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84: 1149-1165.
8. Hejazizadeh, Z. Javizadeh, S., 2010. *Introduction to Drought and its Indices*, Samt Publication, Tehran, Iran. (In Persian).
9. Li, J., J. Lewis, et al., 2004. "Evaluation of land performance in Senegal using multitemporal NDVI and rainfall series". *Journal of Arid*

- Environments* Vol.59: pp.463–480.
10. Montaseri, M, Amirataei, B, Khalili, K., 2016. The analysis of the temporal and spatial changes of drought and wetland periods in northwest of Iran based on SPI and RAI indices, *Water and Soil Journal (Agriculture Sciences and Technology)*, 30(2), Pp. 655-671.
 11. Salahi, B, Faridpoor, M., 2016. Spatial Analysis of Climate Drought in Northwest of Iran using spatial correlation statistics, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazard*, 3(3), Pp. 1-20.
 12. Shaw, N, Zscheischler, J, Hirschi, M, Gudmundsson, L, Seneviratne, S., 2017. A drought event composite analysis using satellite remote-sensing based soil moisture, *Remote Sensing of Environment* 203, Pp. 216–225.
 13. Tallaksen, L. M, Van Lanen, H. A., (Eds.), 2004. "Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater" (Vol. 48). Elsevier, pp. 22.
 14. Thenkabail, P. S., Gamage, M. S. D. N., Smakhtin, V. U., 2004. *the use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia*, Research Report 85, International water management Institute.
 15. Vakhshvari, A, Jafarpoor, Z, Kardovani, P., 2017. Determine the most suitable indicator for drought in rainy regions of Iran, *Regional Planning Quarterly*, 7(28), Pp. 201-2012.
 16. Vyas, S.S., Bhattacharya, B.K., Nigam, R., Guhathakurta, P., Ghosh, K., Chattopadhyay, N., and Gairola, R.M., 2015. A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data. *Inter. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 39, Pp. 28-39.
 17. Wan, Z., Wang, P. and Li, X., 2004. Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA. *Int.J. Remote Sens.*, 25(1): 61-72.
 18. Wilhite, D. A., 2000. Drought as a natural hazard. In: Wilhite, D. A (Editor), *Drought: A Global Assessment*, Routledge, London.
 19. Yan-jun I, Xiao-dong Z., Fan L. and Jing M. 2012. Analysis of Drought Evolvement Characteristics Based on Standardized Precipitation Index in the Huaihe River Basin. *Journal of Procedia Engineering* 28, Pp.437-434.
 20. Zhang Q., Xu C.Y., and Zhang Z. 2009. Observed changes of drought/wetness episodes in the Pearl River basin, China, using the standardized precipitation index and aridity index, *Theoretical and Applied Climatology*, 98, Pp. 89–99.

Drought Spatial Analysis of Sirjan Basin Using Remote Sensing

Mohsen Pourkhosravani^{1*}, Ali Mehrabi² Sayed Hojjat Mousavi³

Received: 14/06/2018

Accepted: 6/10/2018

Extended Abstract

Introduction

Drought is a natural and recurrent phenomenon. It is considered 'a natural disaster' whenever it occurs in an intensive manner in highly populated regions, resulting in significant damage (material and human) and loss (socioeconomic). Although drought occurs in areas with different climatic conditions. But more is happening in arid and semi-arid areas with less annual rainfall. In general, droughts occur when the amount of annual precipitation is lower than the average long-term precipitation of the area. In other words, a drought occurs when the amount of water in the water resources of a region is continuously reduced in a continuous period. Climate,

1. Assistant Professor, Department of Geography Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman Iran; Corresponding author; pourkhosravani@uk.ac.ir

2. Assistant Professor, Department of Geography Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman Iran

3. Assistant Professor, Department of Geography and Ecotourism, Faculty of Natural Resources and Geosciences, University of Kashan, Kashan, Iran

DOI: 10.22052/deej.2018.7.20.25

hydrology and agriculture drought are different types of drought. Drought is one of the most important natural hazards that causes a lot of damage in different areas each year, and it can turn into famine. Due to variety, complexity and various effects of drought, various indicators for its analysis are used. Accordingly, most of the indicators used in drought monitoring are climate variables such as temperature, precipitation and soil moisture. Today, drought can be accurately analyzed and evaluated using remote sensing data. Accordingly, this research tries to evaluate and monitoring the drought of Sirjan basin using remote sensing data.

Materials and methods

This is an applied research, which uses NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) products of MODIS sensor with a resolution of 250 meters and 16-hour time resolution. It also uses the LST product of this sensor with a spatial resolution of one kilometer and a resolution of 8 days. The data are for June 2000 to 2017. After receiving the data in the first step, Correction of molecular dispersion, ozone and dust absorption, radar correction and solar radiation angles were performed on the NDVI product using the BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) model. NASA has made corrections such as georeferencing, radiation calibration, the removal of cloud effects, atmospheric and steam temperatures on NASA's LST product. Then in the next step the VHI (Vegetation Health Index) index was calculated from the combination of VCI (Vegetation Condition Index) and TCI (Temperature Condition Index) indices based on the 18-year time series (2000-2017) in June. Eventually drought zoning maps based on the VHI index were produced in four classes: Severe drought, Moderate drought, Mild drought and without drought.

Result

According to the De Martonne method, a large area of Sirjan basin is located in Arid and hyper arid zone. Average rainfall is different, in northern and northeast parts is about 500 mm and decreases to 99 mm in the central and southern parts of the basin. Also, the mean long-term temperature varies from an average of 1° C to the north and north east of the basin to 18°C in its southern parts. Generally, the research findings have been shown that droughts did not have a regular trend in the Sirjan basin.

Discussion and Conclusion

Basically, rainfall is the most important factor in the occurrence of drought. The results of various studies worldwide show that satellite indicators along with ground-based meteorological indices can monitor the drought trend effectively. The results of the study showed that the effects of drought on surface temperature and vegetation are different. Moreover, that depends on the various factors such as the type and characteristics of the vegetation and their temperature conditions. VHI is one of the most important combination indicators for assessing the severity of drought in different regions. Because, this indicator can simultaneously show the effects of drought on vegetation and land surface temperature. The results showed that 2007, 2008 and 2017 have had the highest drought severity. So, in 2007, with a maximum drought, 4377 Km² of the study area suffered from severe drought. The area under severe drought in 2017 and 2008, was 3795 and 3782 Km², respectively. Accordingly; the lowest level of drought in the region was estimated in 2009, where 4195 Km² of the studied area were located in a without drought zone. In this year, only 4 Km² of the study area was located in a severe drought zone. In general, the use of drought intensity zoning maps that are produced using Combined Indicators helps in drought monitoring and planning to reduce drought losses.

Keywords: Zoning, Drought, Remote Sensing, Sirjan Basin.