

## ارزیابی خشکسالی و تأثیرات آن بر پوشش گیاهی در مناطق جنوبی ایران

رحمان زندی\*؛ علیرضا انتظاری<sup>۱</sup>، محمد باعقیده<sup>۲</sup>، مریم خسرویان<sup>۲</sup>

۱- گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
۲- گروه ژئومورفولوژی و آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

(علمی - پژوهشی)

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۵/۱۰ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

### چکیده

تحلیل خشکسالی و پارامترهای متأثر بر آن با استفاده از اطلاعات سنجش از دور توانمندی بالایی برای بهبود دانش علمی در مورد خصوصیات خشکسالی و تأثیرات این پدیده بر روی پوشش گیاهی دارد. تحقیق پیش رو با هدف بررسی ارتباط میان شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص SPI در نواحی جنوبی کشور ایران می‌باشد. بدین منظور ابتدا شاخص SPI در منطقه مورد مطالعه شامل (استان‌های خوزستان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان) مورد محاسبه قرار گرفت، سپس نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از مکانیزم پهنه‌بندی کریجینگ تهیه گردید. در مرحله بعد شاخص SPI در منطقه مورد مطالعه مورد محاسبه قرار گرفت، سپس نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از مکانیزم پهنه‌بندی کریجینگ تهیه گردید. در نهایت به منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های تصاویر ماهواره‌ای با شاخص SPI از ضرایب همبستگی استفاده گردید. پوشش گیاهی طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ به میزان قابل توجهی کاهش یافته و به اراضی بایر و یا پوشش گیاهی ضعیف تبدیل شده است. پوشش گیاهی از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. در نهایت بین شاخص‌های مذکور همبستگی گرفته شد. نتایج حاصل از همبستگی بیانگر روند کاهشی می‌باشد و بیانگر کاهش میزان پوشش گیاهی با افزایش میزان خشکسالی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش گیاهی، جنوب ایران، خشکسالی، همبستگی.

## مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شرایط پوشش گیاهی می‌باشد. توزیع فضایی پوشش گیاهی ارتباط زیادی با شرایط اقلیمی دارد (Saugier, 1996). به عبارت دیگر، یک اثر پس‌خورندی روی آب و هوا از طریق زبری، تبخیر یا آلبدو دارد (Rasool, 1993)، اما این اثر پس‌خورند به آسانی قابل شناسایی نیست (Courel et al, 1984; Charney et al, 1977). بارش و دما به‌طور مستقیم روی توازن آب تأثیر می‌گذارد، و به نوبه خود عامل تغییرات در رژیم رطوبتی خاک و رشد گیاه می‌باشد. یک از ویژگی‌های عمده فلات داخلی ایران تلق آن به کمربند خشک دو قاره‌ای اروپا و آسیا (اوراسیا) است. این ویژگی به همواره وضع ناهمواری‌ها و اقلیم، به‌طور بارزی، در به وجود آمدن خصوصیات بیابانی و وقوع خشکسالی تأثیر گذاشته است. خشکسالی به معنای اقلیمی آن یعنی مقدار انحراف بارش یک سال در یک محل نسبت به میانگین بلندمدت بارش همان محل (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷). از طرف دیگر، ایران در نیمکره شمالی بین عرض‌های ۲۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ۴۴ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی و در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته است. متوسط بارندگی کشور ۲۵۲ میلی‌متر است و ۱۷۹ میلی‌متر آن، مستقیماً، به دلیل پتانسیل بالای تبخیر در کشور (۲۰۰۰-۱۵۰۰ میلی‌متر) تبخیر می‌شود (Agriculture and Natural Resources Research Center Yazd, 1999). خشکسالی به عنوان یک مخاطره طبیعی شناخته می‌شود و توجه زیست محیط شناسان، بوم‌شناسان، آب شناسان، هوا شناسان، زمین شناسان و دانشمندان کشاورزی را جلب کرده‌اند. یک مخاطره طبیعی، تهدیدی از یک رویداد طبیعی در حال وقوع است تأثیر منفی بر مردم یا محیط خواهد داشت و خشکسالی نوعی

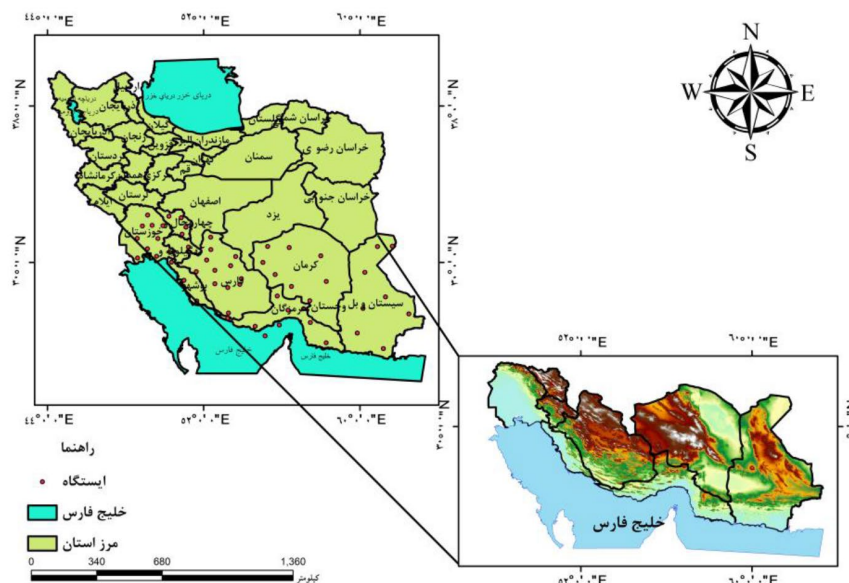
از بلایای طبیعی است که با افزایش تقاضای آب، شرایط آن بدتر می‌شود (Misha and Sing, 2010). خشکسالی یک وضعیت اقلیمی پراهمیت است که قسمت‌های زیادی از جهان را تحت تأثیر قرار داده است و در واقع پیچیده‌ترین مخاطره جوی است (Salimi, 2014). در مواقعی که مدت زمان وقوع آن طولانی است، خسارت‌های ناشی از آن زیاد و در بخش‌های مختلفی نظیر کشاورزی، زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و ... دیده می‌شود. در مناطق و بارش‌های کم و غیریکنواخت اثرات خشکسالی بیش از پیش تشدید شده و به‌خصوص روی منابع آبی و کشاورزی و پوشش گیاهی نمود بیشتری می‌یابد (Shiravi, 2016). آگاهی از شدت، طول مدت و مکان تحت پوشش پدیده خشکسالی باعث شدت کمتر آسیب‌های ناشی از آن می‌شود (میرموسوی و کریمی، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه از جمله روش‌های مرسوم بررسی پدیده خشکسالی، استفاده از شاخص‌های هواشناسی است که با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های محاسبه می‌شوند و با توجه به اینکه این ایستگاه‌ها در کشور ایران پراکنده‌گی مناسب نداشته یا اینکه با کمبود داده مواجه‌اند، و همچنین به‌منظور غلبه بر مشکلات و محدودیت‌های بازدیدهای صحرایی برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی در سال‌های متمادی (Shamsipour et al, 2011)، در مقابل این روش‌ها فناوری سنجش از دور قادر به جمع‌آوری از نواحی وسیع به وسیله سنجنده‌های مختلف است (Salimi, 2014). آثار پدیده خشکسالی روی پوشش گیاهی، به‌صورت تدریجی ظاهر می‌شود. بنابراین اگر با الگوریتمی بر میزان پوشش گیاهی از روی تصاویر ماهواره‌ای نظارت و پایش شود، می‌توان با کاهش تدریجی پوشش گیاهی مناطق، پدیده مخرب خشکسالی را به موقع هشداردهی کرد (موسوی و کریمی، ۱۳۹۲). پوشش گیاهی همواره

نتایج نشان داد که شاخص مذکور برای پایش خشکسالی کشاورزی مناسبتر است. میرموسوی و کریمی (۱۳۹۲) اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی در استان کردستان با استفاده از سنجنده MODIS را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بین میانگین شاخص SPI و NDVI همبستگی بالای ۷۷ درصد در سطح معناداری یک درصد وجود دارد. ابراهیمزاده و همکاران (۱۳۹۲) امکان سنجی تشخیص تغییرات پوشش گیاهی مبتنی بر شاخصهای زمینی و ماهواره‌ای در استان کرمانشاه را با استفاده از شاخصهای گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای و شاخص SPI بررسی کردند. نتیجه حکایت از آن داشت بیشترین همبستگی بین شاخص NDVI و کمترین همبستگی بین شاخص VCI و شاخص SPI وجود دارد. هدف از این پژوهش بررسی میزان تغییرات پوشش گیاهی در جنوب ایران (استانهای خوزستان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان) در طی بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ و ارتباط آن با شاخص خشکسالی در سالهای مورد مطالعه می‌باشد.

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، مناطق جنوبی ایران شامل: استانهای خوزستان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان می‌باشد.

تحت تأثیر عوامل اقلیمی نظیر بارندگی، تبخیر و تعرق و رطوبت می‌باشد. بنابراین، خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد (Ichii et al, 2009; Karabulut, 2003). شاخصهای خشکسالی از روشهای کارآمد و پرکاربرد برای تحلیل انواع خشکسالی محسوب می‌شوند. شاخصهای خشکسالی معادلات ریاضی هستند که خشکسالی را از یک یا چند متغیر از قبیل بارندگی و تبخیر و تعرق به‌صورت یک مقدار عددی گزارش می‌دهند (Zargar et al, 2011). مطالعات متعددی در زمینه ارتباط پوشش گیاهی و خشکسالی انجام شده، در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. عظیم و همکاران (Azim et al, 2011) در مطالعه‌ای تحت عنوان پاسخ دمای سطح زمین به پویایی کاربری و پوشش زمین به این نتیجه رسیدند که تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین و کاربری و پوشش زمین، یک همبستگی منفی معنی‌دار بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نشان می‌دهد. ژائوپینگ و همکاران (Zhaoping et al, 2011)، توزیع فضایی و پوشش گیاهی در حوضه رودخانه‌های یانگ تسه و زرد را بررسی کرده و در این زمینه، روابط همبستگی بین درجه حرارت هوا، بارش، درجه حرارت سطح زمین و NDVI، را تجزیه و تحلیل کردند. در این مطالعه درجه حرارت سطح زمین بیشترین تأثیر را در تغییر NDVI داشته است. فانک و بود (Funk Budd, 2009)، خشکسالی کشاورزی را با استفاده از شاخص NDVI از سنجنده MODIS در زیمباوه بررسی کرده‌اند و



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از تصویر ماهواره MODIS به عنوان تصویر با توان تفکیک زمینی پایین و توان تفکیک زمانی بالا استفاده شده است. تصاویر باندهای ۳۱ و ۳۲ این سنجنده هر دو روز یک بار و با سلول‌هایی به ابعاد  $1000 * 1000$  مترمربع که حدود ۱۰۰ هکتار را پوشش می‌دهند به صورت رایگان از طریق شبکه جهانی اینترنت در اختیار است. برای تأمین تصاویر با تفکیک زمینی بالا از سنجنده Landsat ETM+ استفاده شده است. تصاویر این سنجنده هر ۱۶ روز یک بار از هر نقطه تصویر تهیه می‌کنند که ابعاد سلول‌های آن  $60 * 60$  مترمربع می‌باشد. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه شامل ۴ زون می‌باشد، لذا ۴ تصویر در تاریخ‌های مورد نظر اخذ و موازی یک گردید. خطای اتمسفری همان‌طور که گفته شده در اثر جذب و پراکنش ذرات اتمسفر پیش می‌آید. خطاهای اتمسفری باعث محو جزئیات تصویر می‌شوند و بدین وسیله از قدرت سنجنده نیز می‌کاهند. بیشترین اثر اتمسفری مربوط به پراکنش است که وابستگی زیادی به طول موج دارد. بنابراین

اثر اتمسفر در باندهای مختلف یک سنجنده با هم یکسان نیست. هرچه طول موج بیشتر شود اثر پراکنش اتمسفری نیز کمتر خواهد شد زاویه یک سنجنده نیز عامل دیگری است که به مقدار خطای اتمسفری مؤثر است. خطای اتمسفری در تصاویری که با زاویه بزرگ گرفته شده‌اند یا دارای عرض برداشت بزرگی هستند معمولاً به‌طور ناهمگن ظاهر می‌شود و در کنارهای تصویر، خطاهای اتمسفری بیشتر از وسط تصویر می‌باشد و این به علت مسیر طولانی‌تری است که امواج الکترومغناطیس برای پیکسل‌های کناری باید در اتمسفر طی کنند. تصحیح اتمسفری در مواردی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیاء از اثرات اتمسفری کمتر باشد نیز لازم می‌شود روش‌های تصحیح اتمسفری را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود که عبارتند از روش مدل کردن و تصحیح کلی. در روش مدل نمودن پارامترهای اتمسفری مؤثر به انرژی الکترومغناطیس نظیر دما، میزان رطوبت، فشار اتمسفری و غیره را اندازه‌گیری کرده و اثر آنها بر روی انرژی ارسالی از سطح اشیاء به سمت سنجنده

و آلودگی‌های جوی از قبیل دود و مه و قبار می‌باشند اگر روی پیکسلی که محتوی پوشش گیاهی متراکم است لکه ابری داشته باشد افت زیادی در مقدار NDVI آن به وجود خواهد آمد و اطلاعات مربوط به آن پیکسل از دست خواهد رفت بنابراین استفاده از یک تصویر NDVI در یک زمان نمی‌تواند به‌طور کامل مشخص‌کننده پوشش گیاهی منطقه باشد. برای رفع این مشکل معمولاً برای یک دوره زمانی مشخص مقادیر NDVI منطقه محاسبه شده و در نهایت برای هر پیکسل بیشترین مقدار موجود در مقادیر NDVI این دوره زمانی انتخاب می‌شود. که تصحیحات رادیومتریک و هندسی با استفاده از نرم‌افزار ENVI بر روی تصاویر انجام شد. برای محاسبه شاخص خشکسالی SPI از اطلاعات بارندگی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده می‌شود که لازم است برای هر ایستگاه به صورت متنی تهیه شود آنگاه داده‌های بارش با استفاده از تابع گاما برازش یافته و استاندارد می‌شوند که این عملیات توسط نرم‌افزار SPI-SL-6 انجام شده است. شاخص بارش استاندارد (SPI)، اساس شاخص بارندگی استاندارد شده برای محاسبه احتمالات وقوع بارندگی برای تمام مقیاس‌های زمانی می‌باشد، ولی بیشتر در مقیاس زمانی ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده می‌شود و یکی از شاخص‌های مهم جهانی برای خشکسالی می‌باشد (رابطه ۲).

رابطه ۲)

$$Z = \frac{pi - \bar{X}}{S}$$

که در آن  $Z$  شاخص استاندارد شده بارش،  $X_i$  بارندگی در سال مورد نظر،  $\bar{X}$  میانگین بارندگی طولانی مدت و  $S$  انحراف معیار بارندگی می‌باشد. طبقه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در جدول ۱ بیان شده است (برهانی و همکاران، ۱۳۸۵).

را مدل می‌کنند. در تصحیح کلی معمولاً به یک روش سعی در تصحیح نسبی و کاهش اثر اتمسفری روی تصویر دارند. در این روش‌ها معمولاً به پارامترهای زیادی نیاز نیست و تصحیح اتمسفری به‌طور تقریبی به تصویر اعمال می‌شود مقدار پراکنش اتمسفری با توجه به افزایش طول موج، کاهش می‌یابد و بنابراین مقدار شیفت هیستوگرام در باندهای با طول موج بلندتر، کمتر از باندهائی است که در طول موج‌های کوتاه‌تر قرار گرفته‌اند. اثر اتمسفری معمولاً به صورت خطای جمع شونده ظاهر می‌گردد که در نتیجه باعث روشنی بیش از حد تصویر و کاهش وضوح تصویر می‌شود که به آن خطای Haze می‌گویند. شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI، این شاخص از معروف‌ترین و ساده‌ترین شاخص‌های گیاهی مورد استفاده است که بر حسب دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک به صورت زیر تعریف می‌شود (رابطه ۱):

رابطه ۱)

$$NDVI = \frac{NER - RED}{(NER + RED)}$$

از لحاظ عملکرد NDVI رفتاری مشابه RVI دارد. البته این شاخص چنانچه از نام آن پیداست دارای مقادیر نرمال در دامنه بین -۱ و +۱ است که بررسی و نمایش مقادیر را به راحتی امکان‌پذیر می‌سازد. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف می‌باشند مثلاً مقادیر NDVI بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی می‌باشد. آب و یخ دارای مقادیر NDVI منفی می‌باشند و خاک‌ها دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ و ابرها نیز معمولاً دارای مقادیر نزدیک صفر هستند (کویری، ۱۳۸۰). یکی از عمده‌ترین خطاهائی که بر روی مقادیر NDVI به دست آمده برای یک منطقه اثر می‌گذارند، اثر ابرها

جدول ۱: طبقه‌بندی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص SPI

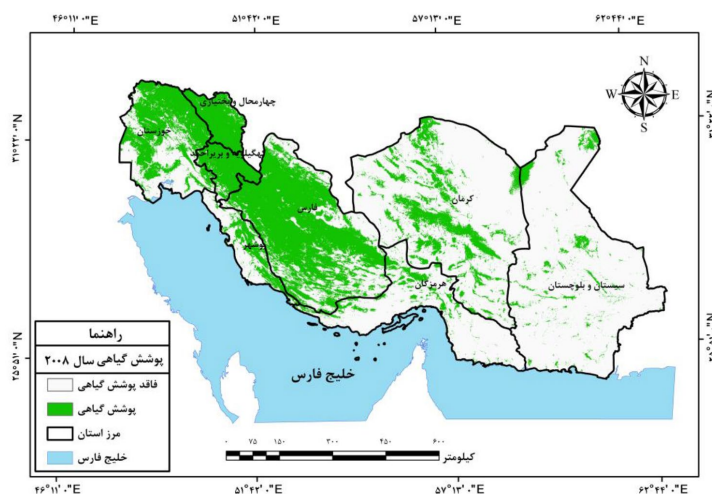
شاخص SPI	وضعیت
+۲ و بیشتر	ترسالی بسیار شدید
۱/۹۹ تا ۱/۵	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
-۰/۹۹ تا -۰/۴۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

گیاهی نقشه‌های خروجی به سه کلاس (پوشش گیاهی غنی، پوشش گیاهی ضعیف و فاقد پوشش گیاهی) طبقه‌بندی شدند. شاخص پوشش گیاهی NDVI یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی است که کارایی مفید آن در بسیاری از مطالعات توسط محققان مختلف گزارش شده است. ارزش عددی این شاخص بین اعداد +۱ و ۱) در نوسان است و ثابت شده که هر چه به عدد +۱ نزدیک شود بر میزان پوشش گیاهی افزوده می‌گردد. شکل ۲ و ۳، نقشه‌های پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. با بررسی میزان عددی شاخص NDVI در نرم‌افزار و با توجه به شکل ۲ و ۳، مساحت پوشش گیاهی برای هر سال محاسبه و اعداد حاصله با هم مقایسه شد (جدول ۲).

ارقام مثبت شاخص بارش استاندارد معرف بهتری نسبت به میانگین بارش می‌باشد در حالی که مقادیر منفی این شاخص معرف پایین‌تری نسبت به میانگین بارش می‌باشند. چون شاخص بارش استاندارد شده رقومی شده است یعنی به صورت عدد درآمده بنابراین می‌تواند به روش یکسانی معرف اقلیم‌های خشک و مرطوب باشد همچنین می‌توان دوره‌های مرطوب را نیز از طریق این شاخص نشان داد.

### بحث و نتایج

جهت بررسی تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ نقشه‌های پوشش



شکل ۲: نقشه پوشش گیاهی سال ۲۰۰۸

پژوهش‌های دانش زمین

مناطق فاقد پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۸، ۱۱۸۴۴۹/۱ هکتار بوده که در سال ۲۰۱۷ به ۱۱۹۳۴۲/۳۶ هکتار رسیده است. نتایج نشان دهنده افزایش مناطق فاقد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه بوده است. میزان پوشش گیاهی در طبقه‌بندی ضعیف در سال ۲۰۰۸، ۳۸۰۲/۶۶ هکتار بوده اما در سال ۲۰۱۷ به ۶۴/۴۳ هکتار کاهش یافته است. همچنین در طبقه پوشش گیاهی غنی مساحت پوشش از ۵۳۰/۴۹ به ۷۴/۹۴ هکتار کاهش یافته است. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش کلی و چشمگیر پوشش گیاهی در همه طبقات است.

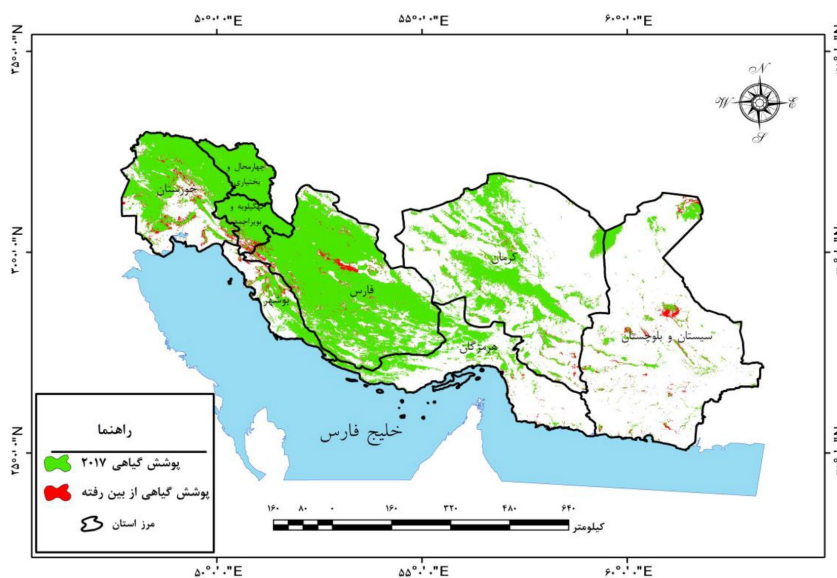
پوشش گیاهی غنی به میزان ۴۵۵/۵۵ هکتار کاهش یافته که این میزان بسیار چشمگیر می‌باشد. در واقع پوشش گیاهی غنی کاهش یافته و به پوشش گیاهی ضعیف و یا فاقد پوشش گیاهی تبدیل شده است. پوشش گیاهی ضعیف نیز براساس جدول ۳، در سال‌های مورد مطالعه ۳/۴۹ هکتار افزایش یافته است.

جدول ۲: مساحت طبقات پوشش گیاهی

پوشش گیاهی	مساحت به هکتار		مساحت به درصد	
	۲۰۰۸	۲۰۱۷	۲۰۰۸	۲۰۱۷
فاقد پوشش گیاهی	۱۱۸۴۴۹/۱	۱۱۹۳۴۲/۳۶	۶۷/۹۱	۶۴/۴۳
پوشش گیاهی ضعیف	۳۸۰۲/۶۶	۳۴۳۶/۱۰	۳۲/۰۷	۳۵/۵۶
پوشش گیاهی غنی	۵۳۰/۴۹	۷۴/۹۴	۰/۰۲	۰/۰۱

در ادامه این پژوهش میزان پوشش گیاهی تخریب شده در همه طبقات محاسبه شد (شکل ۳ و جدول ۳). مناطق فاقد پوشش گیاهی به میزان ۸۹۳/۲۶ افزایش یافته است. این افزایش بیشتر در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان مشاهده می‌شود. هر چه از سمت غرب به سمت شرق کشور پیش برویم این میزان تغییرات چشمگیرتر می‌شود و این مسأله در سایر طبقات هم صدق می‌کند.

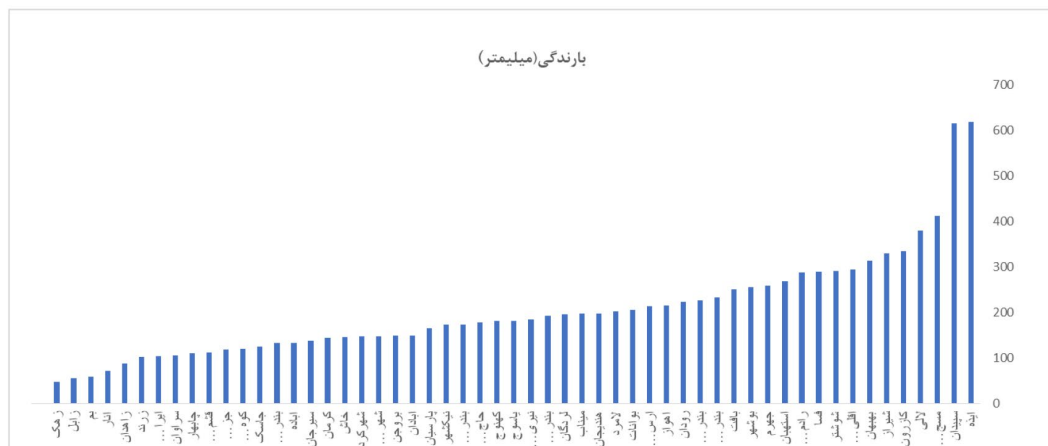
شکل ۳: پوشش گیاهی از بین رفته



شکل ۳: پوشش گیاهی از بین رفته

جدول ۳: مساحت طبقات پوشش گیاهی تخریب شده

پوشش گیاهی تخریب شده		پوشش گیاهی
مساحت به درصد	مساحت به هکتار	
+۳/۴۶	+۸۹۳/۲۶	فاقد پوشش گیاهی
+۳/۴۹	۳۶۶/۵۶	پوشش گیاهی ضعیف
-۰/۰۱	۴۵۵/۵۵	پوشش گیاهی غنی



شکل ۴: متوسط بارندگی جنوب کشور طی دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۱۷

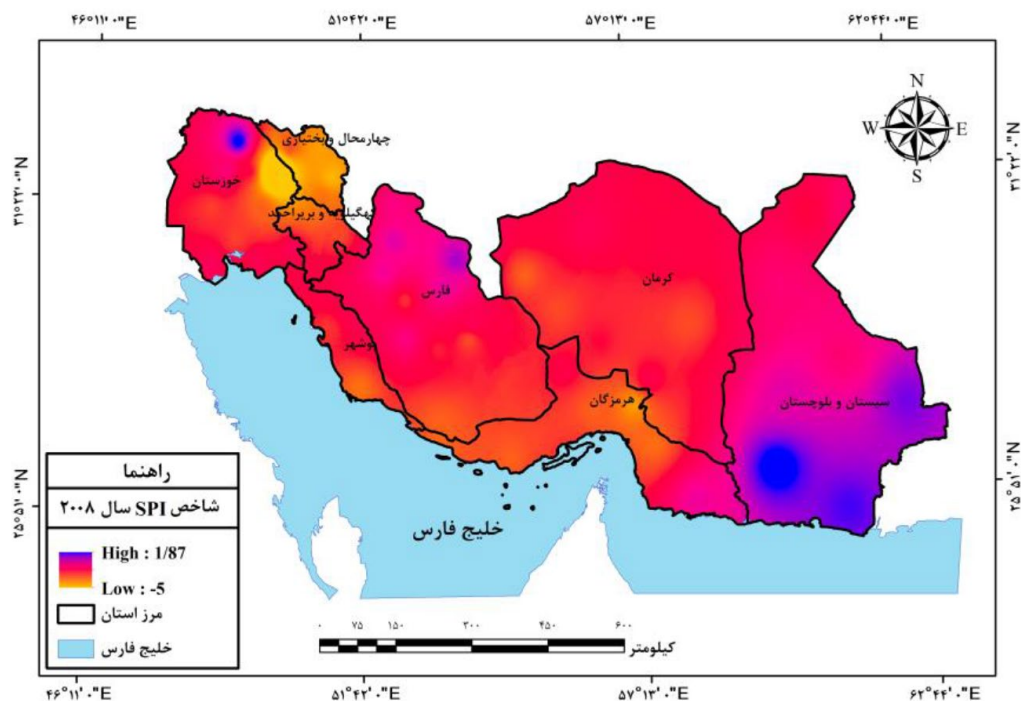
خوزستان و شمال کهگیلویه و بویراحمد همچنین بخش شمالی هرمزگان خشکسالی شدیدتری را نسبت به سایر مناطق پشت سر گذاشته است. همچنین نواحی شرقی سیستان و بلوچستان شرایط نرمالتری را نسبت به سایر مناطق سپری کرده است. سال ۲۰۱۰ در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۰۸-۲۰۱۷) خشکترین سال بوده و استانهای سیستان و بلوچستان، فارس، کرمان، بوشهر و هرمزگان شرایط یکسان و تحت خشکسالی شدید را سپری کرده است. تنها مناطق محدودی در بخشهای شمال چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد رو به ترسالی رفته است. شرایط خشکسالی در سال ۲۰۱۱ رو به بهبود رفته و براساس شاخص SPI وضعیت نزدیک به نرمال داشته و حتی شرایط نزدیک به ترسالی به وفور در نواحی شرقی استان سیستان و بلوچستان، و همچنین نواحی پراکنده‌ای از فارس، هرمزگان و

به‌طور کلی متوسط بارش مناطق جنوبی کشور ۲۱۶/۰۳ میلیمتر می‌باشد که بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین میزان بارش مربوط به استان هرمزگان با ۳۲۶/۰۲ و بعد از آن به ترتیب خوزستان و فارس به میزان ۳۰۵/۵۱ و ۲۸۶/۵ میلیمتر و کمترین بارش مربوط به استانهای کرمان و سیستان و بلوچستان به ترتیب با میزان ۱۳۶/۵۱ و ۱۰۳/۴۵ میلیمتر می‌باشد (شکل ۴). در سال ۲۰۰۸ جنوب ایران شرایط خشکسالی متوسط را سپری کرده است. خشکسالی در محدوده استانهای خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد نمود بیشتری داشته است. در نقاطی از استان هرمزگان شرایط خشکسالی نرمال‌تر و رو به ترسالی بوده است. سال ۲۰۰۹ شرایط در کل منطقه مورد مطالعه نرمال‌تر شده و براساس شاخص SPI نزدیک به نرمال می‌باشد. استانهای چهارمحال و بختیاری، مناطق شرقی

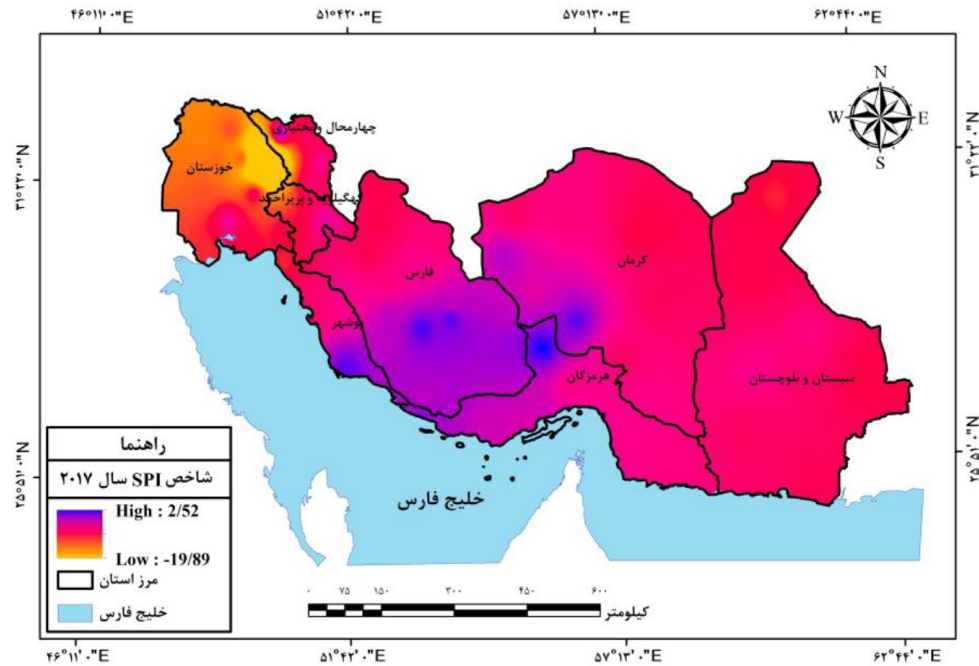


بارندگی زیادی داشته و رو به ترسالی بوده است. سال ۲۰۱۵ منطقه مورد مطالعه شرایط نرمال تری را سپری کرده است. در این سال مناطق شرقی کشور، از جمله استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان بیشتر رو به خشکسالی بوده، اما مناطقی از استان‌های کرمان، شمال سیستان و بلوچستان بارندگی رو به ترسالی بوده است. شرایط خشکسالی در سال ۲۰۱۶ بسیار شدیدتر شده و براساس شاخص SPI خشکسالی شدید را پشت سر گذاشته است. مرز مشترک بین استان‌های خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری تحت شرایط خشکسالی شدید قرار داشته است. سال ۲۰۱۷ شرایط رو به نرمال رفته است و براساس شاخص SPI نزدیک به نرمال (۰/۹۹-) می‌باشد (جدول ۴). مناطق چشمگیری از استان‌های فارس، کرمان، هرمزگان و بوشهر رو به ترسالی بوده است.

کرمان مشاهده شده است. سال ۲۰۱۲ نزدیک به نرمال بوده، اما شرایط کمی نسبت به سال گذشته نرمال تر شده و حتی مناطق وسیع تری نسبت به سال‌های گذشته تحت شرایط نزدیک به ترسالی بوده است. مساحت قابل توجهی از مناطق شرقی خوزستان، و نواحی پراکنده از شمال استان فارس بارش زیادی را تجربه کرده است. در سال ۲۰۱۳ مجدداً شرایط خشکسالی کمی شدیدتر شده اما کماکان در وضعیت نزدیک به نرمال به سر می‌برد. کماکان مرز بین استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری شرایط خشک-تری را نسب به سایر منازق سپری کرده‌اند. سال ۲۰۱۴ نیز در وضعیت نزدیک به نرمال به سر می‌برد اما شدت خشکسالی نسبت به سال گذشته کمتر است (۰/۰۷) به دلیل اینکه مناطقی از استان‌های خوزستان، کرمان، هرمزگان و بوشهر (شکل ۱۱)



شکل ۵: خشکسالی منطقه مورد مطالعه سال ۲۰۰۸



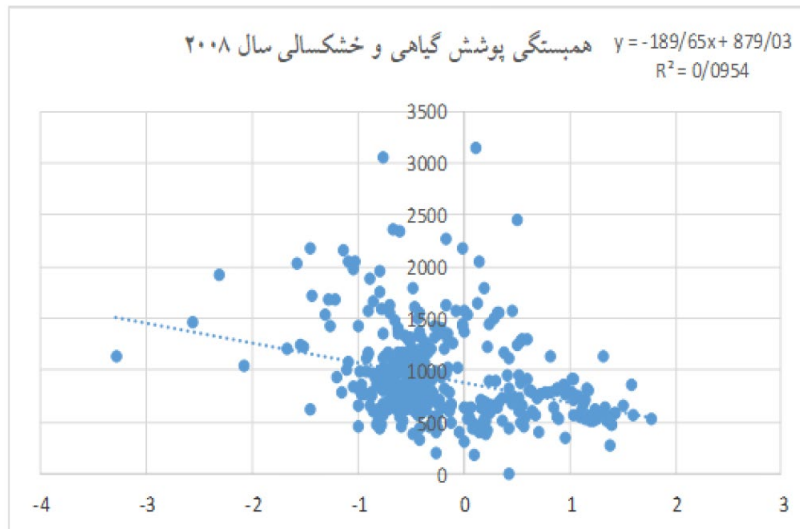
شکل ۶: خشکسالی منطقه مورد مطالعه سال ۲۰۱۷

جدول ۴: فراوانی و درصد شاخص SPI

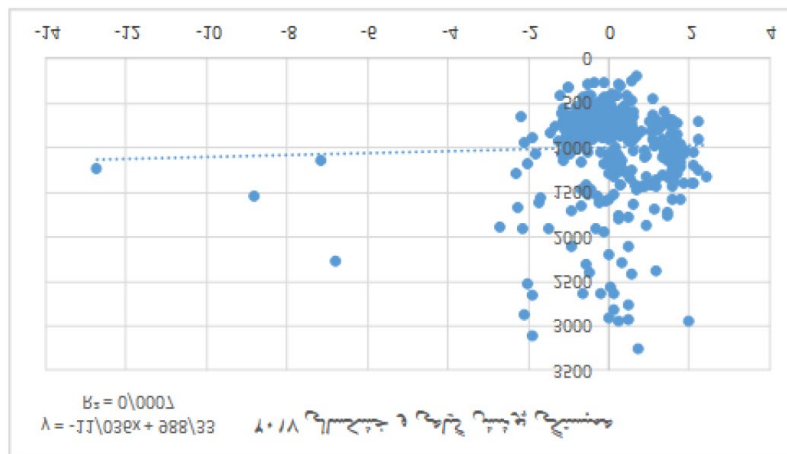
وضعیت	شاخص SPI	سال
خشکسالی متوسط	-۱/۱۹	۲۰۰۸
نزدیک به نرمال	۰/۱۹	۲۰۰۹
خشکسالی شدید	-۱/۵۰	۲۰۱۰
نزدیک به نرمال	-۰/۲۷	۲۰۱۱
نزدیک به نرمال	۰/۰۳	۲۰۱۲
نزدیک به نرمال	-۰/۵۱	۲۰۱۳
نزدیک به نرمال	-۰/۰۷	۲۰۱۴
نزدیک به نرمال	۰/۲۱	۲۰۱۵
خشکسالی متوسط	-۰/۹۹	۲۰۱۶
نزدیک به نرمال	-۰/۱۲	۲۰۱۷

شاخص SPI و NDVI مربوط به سال ۲۰۰۸ و (۰/۰۹) می‌باشد. در سال ۲۰۱۷ همبستگی بین دو شاخص ذکر شده مشاهده نمی‌شود. همبستگی نمایانگر روند کاهشی می‌باشد و بیانگر کاهش میزان پوشش گیاهی با افزایش میزان خشکسالی می‌باشد. در نهایت نتایج حاصل از بررسی ارتباط میان شاخص‌های گیاهی با شاخص اقلیمی SPI حکایت از وجود ارتباط مثبت این شاخص‌ها با یکدیگر است.

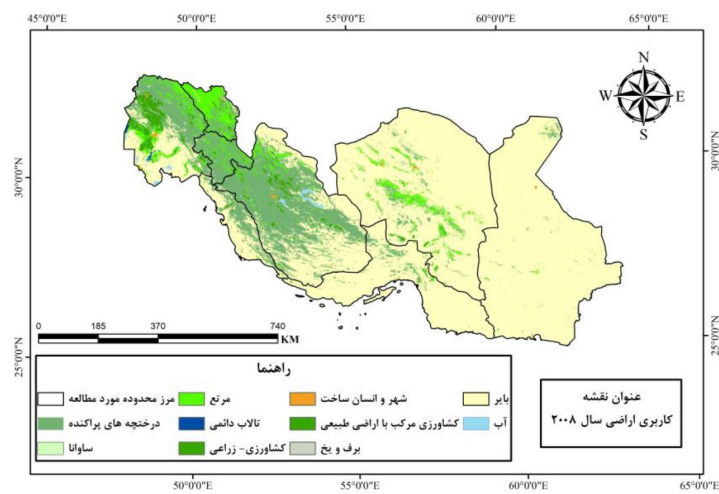
نهایتاً برای بررسی همبستگی بین شاخص SPI و پوشش گیاهی (NDVI)، بین دو شاخص مذکور در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ همبستگی گرفته و تحلیل‌های لازم انجام شد. بررسی انطباق مقادیر عددی شاخص‌های ماهواره‌ای با میانگین‌های متحرک شاخص SPI نشان‌دهنده تشابه در گزارش رخدادهای خشکسالی و ترسالی بوده است. بنابر نتایج به دست آمده بیشترین همبستگی بین



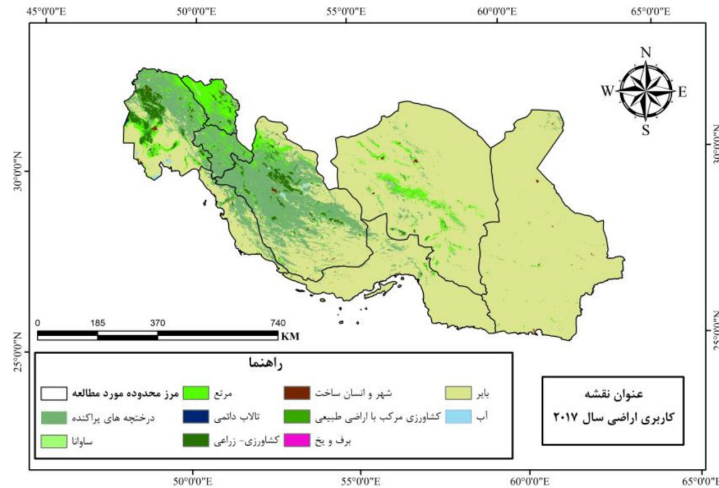
شکل ۷: نمودار همبستگی شاخص خشکسالی و پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۸



شکل ۸: نمودار همبستگی شاخص خشکسالی و پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۷



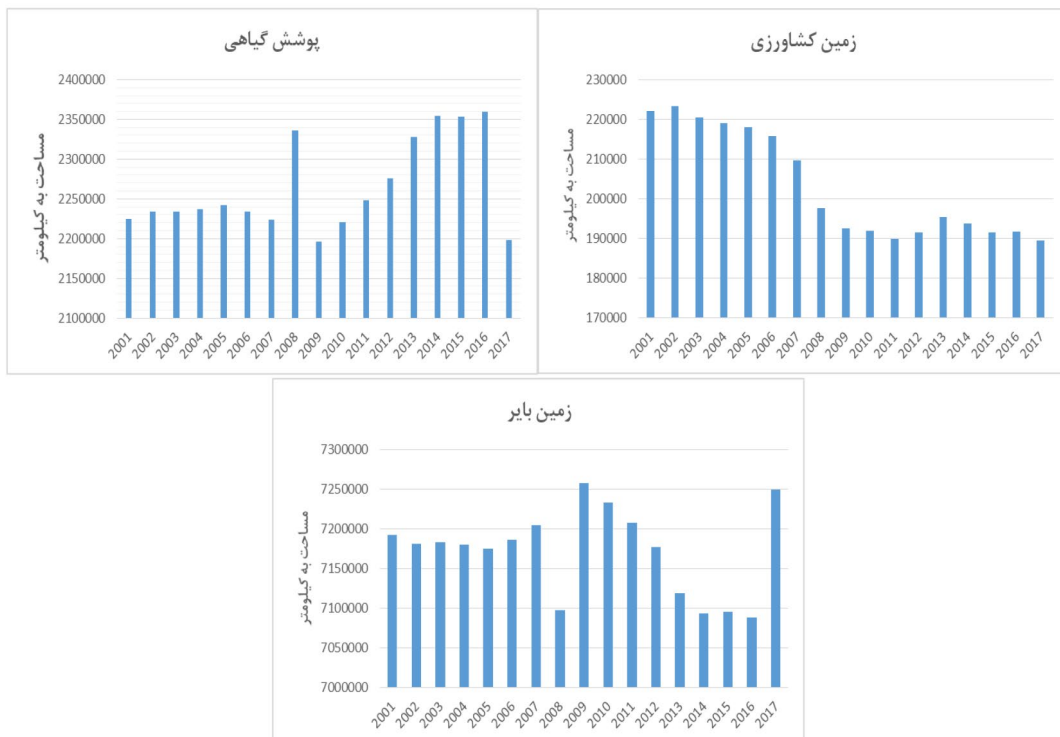
شکل ۹: نقشه تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۰۸



شکل ۱۰: نقشه تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۱۷

اراضی کشاورزی ۸۱۵۵/۶۳ کیلومتر کاهش داشته است. کاربری بایر نیز افزایش چشمگیری داشته و از ۷۰۹۷۳۴۱/۳۷ کیلومتر در سال ۲۰۰۸ به ۲۸۹۶۷۲۴/۶۶ کیلومتر در سال ۲۰۱۷ رسیده است.

در نهایت به منظور بررسی میزان مساحت پوشش گیاهی از بین رفته، تغییرات کاربری اراضی در دوره (۲۰۱۷-۲۰۰۱) بررسی و نتایج کار ارائه شد. بنابر نتایج به دست آمده پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷، ۱۳۸۴۱۸/۴ کیلومتر و همچنین میزان



شکل ۱۱: نمودارهای روند تغییرات کاربری اراضی طی دوره (۲۰۱۷-۲۰۰۱)

## نتیجه‌گیری

کشور ایران همواره با خشکسالی‌های بزرگ و کوچک مواجه بوده است. موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی کشور ما به گونه‌ای است که شاهد خشکسالی‌هایی گاه با شدت کمتر و گاه با شدت بیشتر بوده‌ایم. به منظور کاهش خسارت حاصل شده از خشکسالی لازم است که خصوصیات خشکسالی شناخته شود. مشخصات خشکسالی کاربردهایی دارد که برنامه‌ریزی‌های پیش‌بینی و احتمالات را بهبود می‌بخشد. خشکسالی می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد. خشکسالی‌های بلندمدت در ایران از رفتار منظم و منطقی برخوردارند چنانکه این رفتار در همگنی فضایی خشکسالی‌ها مشهود است. روند فضایی خشکسالی در ایران شمال غربی- جنوب شرقی است. همچنین روند زمانی خشکسالی‌ها در ایران همسان بوده، و ایستگاه‌های هر ناحیه از روند زمانی خاص خشکسالی در ایران در قالب سینوپیتک و منطقه‌ای عمل می‌کنند. بنابراین ممکن است یک ناحیه در دوره خاصی

ترسالی و همزمان ناحیه دیگر خشکسالی را تجربه کنند. این پژوهش با هدف بررسی میزان ارتباط میان شاخص‌های ماهواره‌ای (پارامتر پوشش گیاهی) با میانگین‌های متحرک شاخص SPI (پارامتر اقلیمی) انجام شد. با توجه به نتایج می‌توان اذعان داشت که پارامترهای پوشش گیاهی همواره متأثر از اقلیم و پارامترهای مؤثر بر آن بوده است. بنابراین قدر مسلم آن که می‌توان در آینده با بررسی کمی و جزئی‌تر پارامترهای پوشش گیاهی (مانند تاج پوشش، تراکم و ...) و اقلیمی (نظیر دما، رطوبت و ...)، در بلندمدت اقدام به ایجاد سیستم‌های پیش‌آگاهی خشکسالی نمود تا از خسارت‌های این پدیده کاست.

در محدوده مورد مطالعه بنابر نتایج مستخرج از پژوهش حاضر، شدت خشکسالی در دوره مورد مطالعه افزایش پیدا کرده است. همچنین براساس نتایج به دست آمده از بررسی تغییرات کاربری، در پی کاهش چشمگیر بارش و افزایش خشکسالی، پوشش گیاهی کاهش و مساحت زمین‌های بایر افزایش پیدا کرده است.

## منابع

- مسعودیان، س.ا. و کاویانی، م.ر.، ۱۳۸۷. اقلیم‌شناسی ایران، دانشگاه اصفهان، ۲۴۵ ص.
- میرموسوی، س.ج. و کریمی، ح.، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر آنزیمی بر روی گیاهان با استفاده از تصاویر MODIS، مطالعه موردی: کرمانشاه، جغرافیا و توسعه، ص ۵۷-۷۶.
- ابراهیم‌زاده، س.و.، بذرافشان، ج. و قربانی، خ.، ۱۳۹۲. امکان سنجی تغییرات گیاهی براساس شاخص‌های زمین و ماهواره (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)، مجله هواشناسی کشاورزی، شماره ۱، ص ۳۷-۴۸.

-Agriculture and Natural Resources Research Center, Yazd., 1999. Hydrology and Water Resources Research, Herat. pub, Omran Kavir, 328 p.

-Azim, S., Bharath, B.D. and Kant, Y., 2011. Relation between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover: A Case Study of New Delhi and its

Surrounding, development design consultant's limited Bangladesh. "Satisfactory" on March, 2013.

-Charney, J.G., Quirk, W.J., Chow, S. and Kornfield, J., 1977. A comparative study of the effects of albedo change on drought in the semiarid regions, J. of Atmospheric Sciences, v. 34, p. 136-152.

- Courel, M.F., Kandel, R.S. and Rasool, S.I., 1984. Surface albedo and the Sahel drought. *Nature*, v. 307, p. 528-531.
- Funk, C. and Budd, M.E., 2009. Phonologically Tuned MODIS NDVI - based production normally estimates for Zimbabwe, *Remote Sensing of Environment*, 113 p.
- Ichii, K., Kawabata, A. and Yamaguchi, Y., 2002. Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982–1990. *International Journal of Remote sensing*, v. 23, p. 38-56.
- Karabulut, M., 2003. An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR- NDVI data. *Turk Journal of Botany*, v. 27, p. 93-114.
- Mirmusavi, S.H. and Karimi, H., 2011. Effects of drought on vegetation using the MODIS images. *Journal of Geography and Development* v. 31, p. 57-76.
- Rasool, S.I., 1993. *Systeme Terre*, (France: Dominos Flammarion), 248 p.
- Salimi, M., 2014. Drought Analysis with synthesized index (SDI) and TRMM data in Khorasan Razavi Province, University of Ferdowsi, 362 p.
- Saugier, B., 1996. *Vegetation ET atmosphere*, (France: Dominos Flammarion), 107 p.
- Shamsipour, A.A., AlaviPanah, S.K. and Mohammadi, H., 2011. Efficiency of vegetation and thermal indices of NOAA-AVHRR satellite in ecological drought analysis of Kashan region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, v. 17, p. 44-65.
- Shiravi, M., 2016. *Fuzzy Modeling of Desertification Susceptibility of Khorasan Razavi Ecoregions Based on Life Cycle Assessment (LCA)*. PhD thesis, Ferdowsi University, 84 p.
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B. and Faisal, K., 2011. A review of drought indices. *NRC Research Press Environment*, v. 19, p. 33-51.
- Zhaoping, Y., Jixi, G., Caiping, Z., Peili, S., Lin, Z., Wenshou, S. and Hua, O., 2011. Spatio-temporal changes of NDVI and its relation with climatic variables in the source regions of the Yangtze and Yellow rivers, *J. Geogr. Sci.*, v. 21(6), p. 979-993.