

## بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی متأثر از خشکسالی در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: استان هرمزگان)

حامد اسکندری دامنه<sup>۱</sup>، غلامرضا زهتابیان<sup>۲</sup>، حسن خسروی<sup>۳\*</sup>، حسین آذر نیوند<sup>۴</sup>، علی اکبر براتی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۹

### چکیده

در این پژوهش به ارزیابی روند خشکسالی هواشناسی، تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد شده، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و بررسی رابطه آن‌ها با یکدیگر با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون در استان هرمزگان پرداخته شده است. بر اساس شاخص‌های خشکسالی SPI و SPEI بیشترین مقادیر شاخص‌های خشکسالی به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۳، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ می‌باشد. بررسی روند تغییرات شاخص NDVI و بارندگی سالیانه نشان داد که روند این شاخص‌ها در طول بازه زمانی (۱۳۷۹-۱۳۹۵) در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بوده و افزایشی می‌باشد. روند تغییرات پارامتر دما و شاخص‌های خشکسالی SPEI و SPI طی این بازه زمانی کاهش یافته است. همچنین پیک شاخص پوشش گیاهی مطابق با بیشترین بارندگی رخ داده در این بازه زمانی در سال ۱۳۸۴ بوده است که بیانگر متأثر بودن پوشش گیاهی از نوسانات بارندگی می‌باشد. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه بین شاخص‌های خشکسالی هواشناسی، تبخیر و تعرق پتانسیل شده، شاخص پوشش گیاهی NDVI، پارامتر بارش و دما نشان داد که بیشترین میزان همبستگی بین شاخص SPI و بارش (۰/۹۹) و کمترین میزان همبستگی بین دو شاخص دما و خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل (۰/۴۸-) وجود دارد.

**کلیدواژه‌ها:** استان هرمزگان، NDVI، SPI، SPEI، ضریب همبستگی پیرسون، مناطق خشک و نیمه خشک.

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ hakhosravi@ut.ac.ir

۴. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۵. استادیار دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران

این مقاله مستخرج از رساله دکتری رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران است.

## مقدمه

کریمی، ۲۰۱۳). در همین راستا به تعدادی از مطالعات در زیر اشاره شده است:

زارع خورمیزی و همکاران (۲۰۱۷) به پایش خشکسالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور در استان یزد پرداختند؛ نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در سال آبی ۱۹۹۹-۲۰۰۰ و ۲۰۰۷-۲۰۰۸ این استان در وضعیت خشکسالی بسیار شدید قرار داشته است؛ همچنین نتایج حاصل از ارزیابی شاخص خشکسالی با شاخص پوشش گیاهی نشان داد که جنگل‌های نیمه‌انبوه، مناطق بیشه‌زار، درختچه‌زار و مراتع بیشترین و جنگل‌های دست‌کاشت و مناطق زراعی و باغی کمترین تأثیرپذیری را نسبت به خشکسالی دارند. فتاح‌نیا و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی پیش‌بینی احتمال تکرار دوره‌های خشکسالی و اثر آن بر پوشش گیاهی در استان گلستان پرداختند؛ نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که تراکم و مساحت پوشش گیاهی در این منطقه تحت تأثیر خشکسالی است؛ به طوری که با افزایش خشکسالی از تراکم و مساحت پوشش گیاهی کاسته می‌شود. فیروزی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی رابطه آماری بین متغیرهای اقلیمی، هیدرولوژیکی و پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان پرداختند؛ نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که همبستگی پوشش گیاهی با دبی رودخانه هیرمند در دشت سیستان نسبت به پارامترهای دما و بارش بیشتر است. موخرجی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به پایش و ارزیابی خشکسالی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای در منطقه چتیسگر در هند پرداختند؛ نتایج حاصل از بررسی شاخص خشکسالی هواشناسی و شاخص‌های پوشش گیاهی و سلامت گیاهی نشان داد که همبستگی ضعیفی بین شاخص پوشش گیاهی و خشکسالی وجود دارد اما این همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و سلامت گیاهی قوی بوده است. لی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثر خشکسالی بر روی رشد و تولید گیاهان با استفاده از شاخص SPEI<sup>۸</sup> و شاخص NDVI<sup>۹</sup> و EVI<sup>۱۰</sup> بیان

خشکسالی وضعیت اقلیمی پراهمیتی است که قسمت‌های زیادی از جهان را تحت تأثیر قرار داده؛ در واقع این پدیده، پیچیده‌ترین مخاطره جوی است (استال<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در مواقعی که مدت‌زمان وقوع آن طولانی است، خسارت ناشی از آن زیاد است و در بخش‌های مختلفی نظیر کشاورزی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی دیده می‌شود (رفیعی ساردو و همکاران، ۲۰۱۸؛ سواری و اسکندری دامنه، ۲۰۱۹). این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توجه به حساسیت این مناطق و بارش‌های کم و غیریکنواخت نمود بیشتری پیدا می‌کند (خسروی و همکاران، ۲۰۱۸؛ دستورانی و همکاران، ۲۰۱۵). در این اکوسیستم‌ها این عامل می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیمی را بر روی جوامع مختلف به خصوص جوامع گیاهی ایجاد کند؛ به طوری که آثار آن بر روی این جوامع به صورت تدریجی ظاهر می‌شود و کاهش کمیت و کیفیت پوشش گیاهی را سبب می‌گردد (شن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ کونگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ بای<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ اسکندری دامنه و همکاران، ۲۰۱۹؛ علی و همکاران، ۲۰۱۹). مشاهده این کاهش با استفاده از علم سنجش از راه دور قابل تشخیص است (خسروی و همکاران، ۲۰۱۷). به طوری که این علم در سال‌های اخیر، با افزایش نقاط نمونه‌برداری، سطح پوشش وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه کمتر به طور منظم و با دقت تفکیک مکانی بالاتر نقش مهمی در مدیریت و پایش خشکسالی، پوشش گیاهی و اثرات متقابل آن‌ها ایفا کرده است (اسکندری دامنه و همکاران، ۲۰۱۶؛ چوی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ سلمان بیاتی و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین می‌توان اذعان کرد که با کمک فناوری‌های سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان میزان خشکسالی و پوشش گیاهی را پایش نمود و با توجه به کاهش تدریجی پوشش گیاهی، پدیده مخرب خشکسالی را هشدار داد و از آسیب‌های ناشی از آن جلوگیری کرد (یغمایی و همکاران، ۲۰۱۷؛ میرموسوی و

6. Mukherjee

7. Li

8. Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

9. Normalized difference vegetation index

10. Enhanced vegetation index

1. Stahl

2. Shen

3. Cong

4. Bai

5. Choi

و شمال شرقی با استان کرمان، غرب و شمال غربی با استان‌های فارس و بوشهر از شرق با سیستان و بلوچستان همسایه بوده و جنوب آن را آب‌های گرم خلیج فارس و دریای عمان در نواری به طول تقریبی ۹۰۰ کیلومتر در بر گرفته است. این استان با وسعتی حدود ۶۹۷۰۰ کیلومتر مربع دارای متوسط دمای هوای سالانه ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد با میانگین رطوبت نسبی ۶۸٪ است. میانگین نزولات سالیانه در آن کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر با پراکندگی زمانی و مکانی هماهنگ و غالباً به صورت رگبارهای شدید به همراه سیلاب‌های مخرب و زودگذر است. با توجه به مشخصات اقلیمی و استقرار استان هرمزگان در منطقه فوق حاره‌ای، گرمی هوا مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. استان هرمزگان از مناطق گرم و خشک ایران است و اقلیم آن تحت‌تأثیر آب و هوای نیمه‌بیابانی و بیابانی قرار دارد. هوای نوار ساحلی در تابستان‌ها بسیار گرم و مرطوب است و گاهی نیز دمای آن از ۵۲ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند. از ویژگی‌های آب‌وهوایی این استان، فصل طولانی گرم و یک فصل کوتاه خنک است. فصل گرم همراه با هوای شرجی ۹ ماه به درازا می‌کشد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های موجود در این استان را نشان می‌دهد.

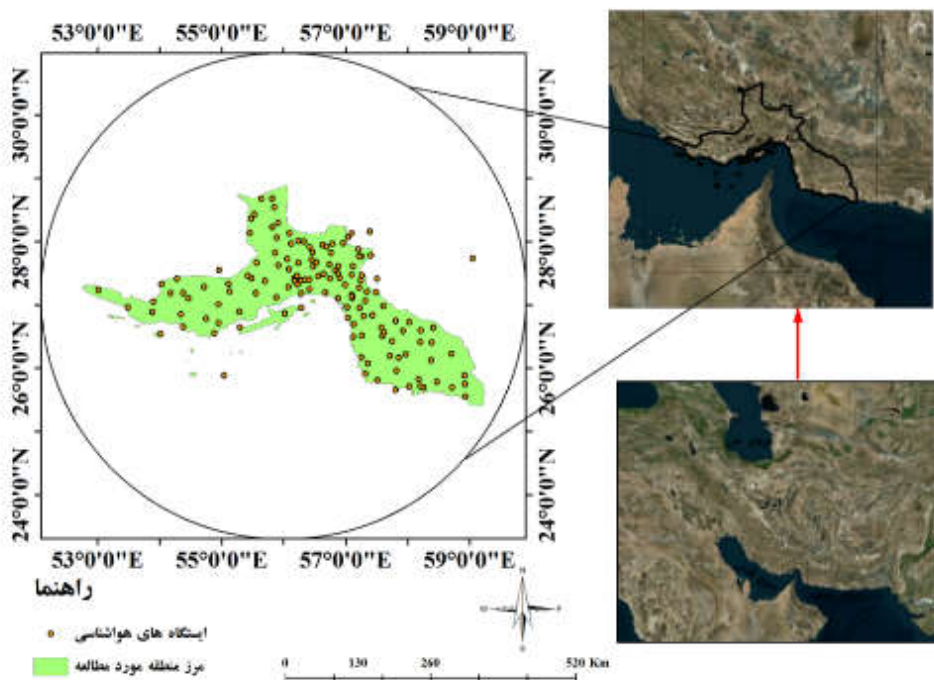
کردند که پوشش گیاهی بسیار به نوسانات اقلیمی مانند خشکسالی حساس بوده تا جایی که خشکسالی در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۵ باعث کاهش تولید و مقدار پوشش گیاهی در شمال شرق چین شده است.

مطالعه و پایش تأثیر خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی یک منطقه با استفاده از سنجش از راه دور می‌تواند ما را در مدیریت بهتر اکوسیستم‌ها به ویژه در اکوسیستم‌های حساس و شکننده مناطق خشک و نیمه‌خشک آگاه سازد. بنابراین با توجه به اهمیت و ضرورت این موضوع در این تحقیق، به بررسی و پایش شاخص‌های خشکسالی (SPEI و SPI) و پوشش گیاهی (NDVI) در استان هرمزگان و همچنین به بررسی اثرات متقابل این شاخص‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ در این منطقه پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مطالعاتی

استان هرمزگان در حد فاصل بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. هرمزگان از جهت شمال



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

## روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به تفکیک شامل داده‌های بارش و دما ایستگاه‌های هواشناسی و تصاویر سنجنده مودیس است که در ادامه، به تفصیل به شرح روش کار و پایگاه داده‌ها پرداخته شده است.

## شاخص خشکسالی SPI

به منظور بررسی خشکسالی، از داده‌های بارندگی ماهانه ۱۶۴ ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه که دارای آمار طولانی مدت بودند استفاده شد. آنگاه شرط بررسی همگنی داده‌ها برای تمامی ایستگاه‌ها اعمال شد. سپس بازسازی نواقص آماری برای داده‌ها صورت گرفت و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار MATLAB مقادیر شاخص SPI سالانه محاسبه شد. سپس با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ، اقدام به تهیه نقشه خشکسالی SPI گردید. به دلیل موجود بودن تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵، نقشه خشکسالی نیز برای این بازه تهیه شد. مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) با توجه به شباهت روش SPI با مقادیر توزیع نرمال استاندارد آن را به کلاس‌های ذیل تقسیم کردند (جدول ۱).

## شاخص خشکسالی SPEI

شاخص بارش-تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد (SPEI) توسط (ویسنت-سراتو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰) به عنوان یک شاخص اقلیمی معرفی شد. این شاخص مبتنی بر محاسبه ترازمندی آب اقلیمی است و برای محاسبه به داده‌های ماهانه بارندگی و دمای هوا نیاز دارد (اقتدارنژاد و همکاران، ۲۰۱۷؛ قربانی و همکاران، ۲۰۱۸). معادله ترازمندی آب اقلیمی به صورت معادله (۱) تعریف شده است

$$D_i = P_i - PET_i \quad (1)$$

که P و PET به ترتیب بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل، اختلاف آن‌ها و I شماره ماه مورد نظر است. پس از محاسبه مقادیر D، از رهیافتی همانند شاخص بارش استاندارد برای محاسبه SPEI استفاده می‌شود. برای این منظور، مجموع مقادیر سری D در پنجره‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شود.

اگر x سری تجمعی D در پنجره زمانی معین باشد، در مرحله بعد، یک توضیح احتمالی مناسب برای سری x برآزش می‌یابد. طبق بررسی‌های محققان (ویسنت-سراتو، ۲۰۱۰) توزیع لوگ لوجستیک سه پارامتری کارایی مناسبی در مدل‌سازی سری x دارد. فرم تابع چگالی احتمال توزیع مذکور به صورت معادله (۲) بیان شده است.

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} \left[1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^\beta\right]^{-2} \quad (2)$$

که در آن،  $\alpha, \beta, \gamma$  به ترتیب پارامترهای مقیاس، شکل و مبدأ و x سری تجمعی مقادیر D در پنجره زمانی معین است. طبقه‌بندی SPEI همانند SPI است و برای طبقه‌بندی مقادیر آن می‌توان از آستانه‌های مندرج در جدول (۱) استفاده کرد (حسینی‌پژوه و همکاران، ۲۰۱۸؛ عراقی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۸).

جدول (۱): طبقه‌بندی خشکسالی هواشناسی به روش شاخص SPI (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳؛ چوبین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) و خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل شده به روش شاخص SPEI (ویسنت-سراتو و همکاران، ۲۰۱۰)

Table (1): Classification of meteorological Drought conditions using SPI Index (McKee and et al., 1993; Choubin et al, 2014) and potential evapotranspiration drought conditions using SPEI index method (Vicente-Serrano and et al., 2010)

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| ترسالی بسیار شدید  | > ۲           |
| ترسالی شدید        | ۱/۵ تا ۱/۹۹   |
| ترسالی متوسط       | ۱ تا ۱/۴۹     |
| نزدیک به نرمال     | -۰/۹۹ تا ۰/۹۹ |
| خشکسالی متوسط      | -۱ تا -۱/۴۹   |
| خشکسالی شدید       | -۱/۵ تا -۱/۹۹ |
| خشکسالی بسیار شدید | < -۲          |

## آزمون ناپارامتری من-کندال

این آزمون را ابتدا من<sup>۳</sup> (۱۹۴۵) ارائه داد و سپس کندال<sup>۴</sup> (۱۹۷۰) تکامل کرد. آزمون من-کندال برای پاسخ به این سؤال که آیا مقادیر مرکزی یا میانه یک سری زمانی به مرور تغییر می‌کنند یا نه، به کار می‌رود. آماره آزمون من-کندال از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

2. Choubin  
3. Mann  
4. Kendall

1. Vicente-Serrano

به جز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد، حساسیت کمتری دارد. شاخص NDVI از رابطه زیر محاسبه می شود (یوان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (۷)$$

که در آن، NIR بازتاب در باند فرسرخ نزدیک و RED انعکاس در باند سرخ است (تسا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). مقدار این شاخص در محدوده -۱ و +۱ می باشد. هرچه پوشش گیاهی متراکم تر باشد این شاخص به سمت +۱ و هرچه پوشش گیاهی کم تراکم تر باشد به سمت -۱ میل می کند، به طوری که این شاخص برای مناطق دارای پوشش گیاهی از ۰/۱ (تنک) تا ۰/۸ (متراکم) است (تنکابیل<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). پژوهش های قبلی نشان داده است که شاخص NDVI معمولاً به عنوان شاخص پوشش گیاهی، برای آنالیز وضعیت رشد پوشش گیاهی مورد استفاده می گیرد (خسروی و همکاران، ۲۰۱۷؛ پاندی و ساحو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲).

### بررسی اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی

برای بررسی اثرات خشکسالی هواشناسی و تبخیر و تعرق پتانسیل شده بر پوشش گیاهی، میانگین شاخص NDVI خشکسالی برای هر سال محاسبه و سپس به بررسی شدت های مختلف خشکسالی بر روی پوشش گیاهی پرداخته شد. همچنین همبستگی بین پوشش گیاهی و خشکسالی از طریق ضریب همبستگی پیرسون مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق شاخص های خشکسالی SPI و SPEI به عنوان متغیر مستقل و شاخص خشکسالی NDVI به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

### نتایج

#### نتایج روند تغییرات شاخص های خشکسالی، بارش،

#### دما و پوشش گیاهی

روند تغییرات بارندگی سالیانه، دما، شاخص NDVI، شاخص SPEI و SPI در شکل (۲) نشان داده شده است. بر

$$U_{t,T} = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (۳)$$

آماره آزمون من-کندال،  $X_i$  و  $X_j$  داده های متوالی،  $n$  طول سری زمانی و  $\text{sgn}(X_i - X_j)$  تابع علامت بوده که از رابطه (۴) تعیین می شود:

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (۴)$$

میانگین  $E(S)$  و واریانس آماره به ترتیب زیر به دست می آید:

$$E(S) = 0 \quad (۵)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^n tp(p-1)(2p+5)}{18}$$

تعداد دنباله ها برای  $p$  مقدار و  $p$  تعداد مقادیر دنباله ها است. جزء دوم در فرمول فوق، یک تعدیل برای دنباله یا داده های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون  $Z$  از رابطه زیر به دست می آید.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s > 1 \\ 0, & \text{if } s > 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s > 1 \end{cases} \quad (۶)$$

مقدار مثبت  $Z$  روند افزایش و مقدار منفی  $Z$  روند کاهش سری زمانی را نشان می دهد. همچنین برای آزمودن روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی داری  $P$ ، اگر مقدار  $Z$  بزرگ تر از  $Z_{1-p/2}$  باشد، فرض صفر رد می شود ( $Z_{1-p/2}$  از جدول توزیع تجمعی نرمال استاندارد به دست می آید). برای این کار، سطح معنی دار  $p=0.01$  یا  $p=0.05$  به کار می رود (خسروی و همکاران، ۲۰۱۷).

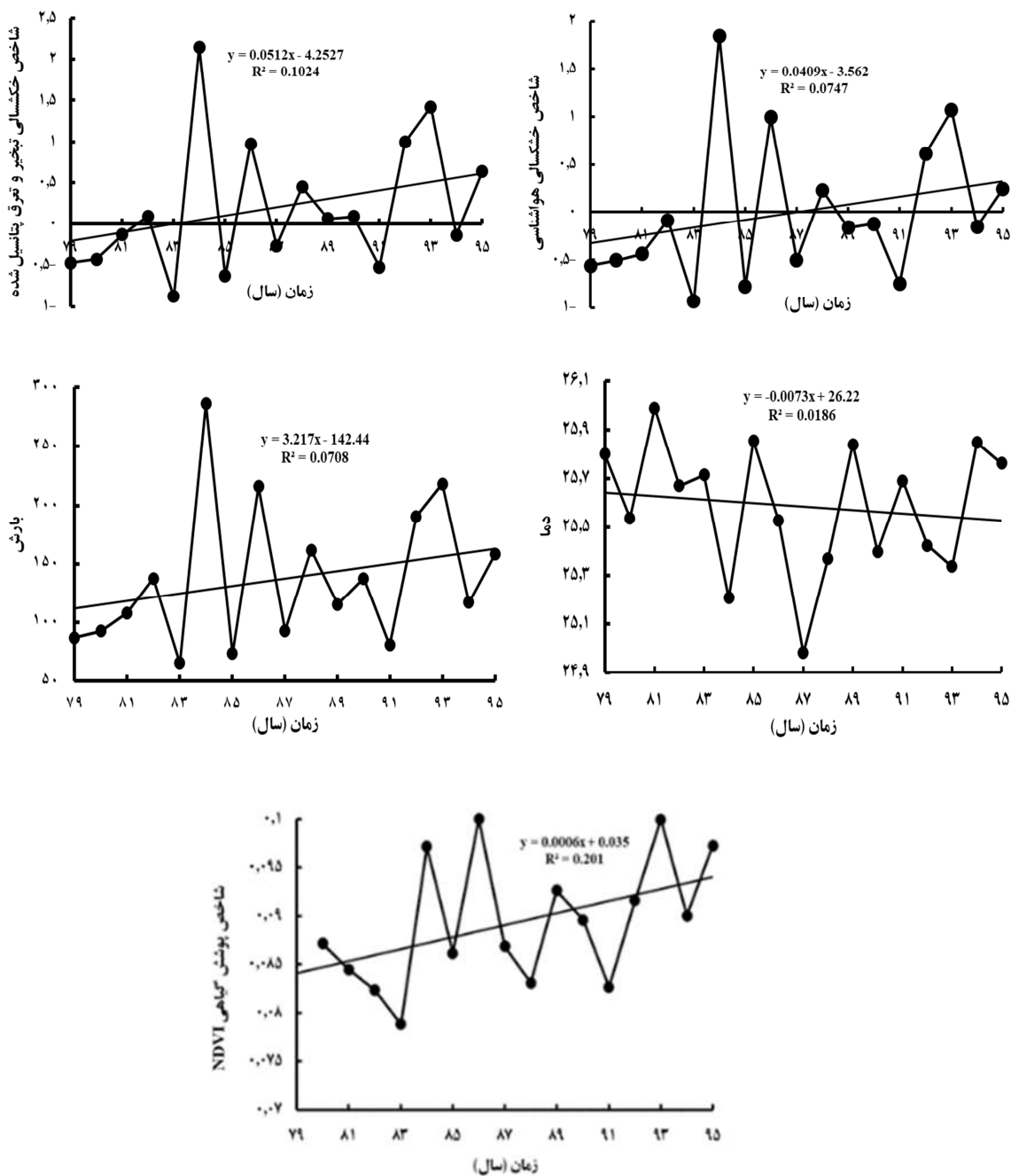
### شاخص NDVI

برای بررسی پوشش گیاهی در این پژوهش، از شاخص NDVI که از تصاویر ماهواره تراسنجنده مودیس (MOD13A2) به دست می آید، استفاده شد. سنجنده MOD13A2، شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی با قدرت تفکیک مکانی (رزولیشن) ۱ کیلومتر در بازه زمانی ماهانه تولید می کند. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوی و زمینه خاک،

1. Yuan
2. Testa
3. Liu
4. Thenkabail
5. Pandey & Sahu

می‌باشد. همچنین پیک شاخص پوشش گیاهی مطابق با بیشترین بارندگی رخ داده در این بازه زمانی بوده است؛ به عبارتی سال ۱۳۸۴ بیشترین میزان بارندگی در این منطقه رخ داده است. میزان شاخص پوشش گیاهی در این سال بیشترین افزایش را نشان داد که بیانگر متأثر بودن پوشش گیاهی از نوسانات بارندگی منطقه است.

طبق این شکل طی دوره ۱۷ ساله تنها پارامتر دما در این بازه زمانی کاهشی می‌باشد در صورتی که هریک از پارامترهای خشکسالی هواشناسی، تبخیر و تعرق پتانسیل شده، پوشش گیاهی و بارش در طول این دوره، روند افزایشی دارند. همچنین در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ این منطقه نسبت به دیگر بازه‌های زمانی خشکسالی شدیدتری را تجربه کرده است؛ به گونه‌ای که روند بارندگی سالیانه گویای این واقعیت



شکل (۲): نمودار آزمون روند من-کندال شاخص‌های اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی NDVI  
 Figure (2): Mann-Kendall Trend Test of Climate Indicators and NDVI Vegetation Index

### بررسی روند تغییرات خشکسالی هواشناسی

در این پژوهش با استفاده از شاخص SPI وضعیت خشکسالی هواشناسی در ایستگاه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۳۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت، اما به دلیل حجم زیاد داده‌ها و همچنین تطابق داشتن با بازه زمانی شاخص پوشش گیاهی NDVI، بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ برای تمامی ایستگاه‌ها ترسیم شده است (شکل ۳). همچنین نقشه پهنه‌بندی این شاخص خشکسالی در مقیاس سالانه در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ نیز پس از به دست آوردن شاخص خشکسالی SPI برای تمام ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ترسیم شد (شکل ۴).

روند تغییرات خشکسالی هواشناسی در کلاس‌های مختلف، در شکل‌های (۳) و (۴) آورده شده است. با توجه به نتایج شکل (۳)، روند تغییرات خشکسالی از سال ۱۳۷۹-۱۳۸۲ در کل منطقه در کلاس نزدیک به نرمال بوده است. اما بین سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۴ کلاس‌های خشکسالی متفاوت‌تر بود؛ به طوری که در سال ۱۳۸۳ به ترتیب ۶۸/۲۷، ۲۹/۷۸ و ۱/۹٪ از منطقه در کلاس‌های ترسالی شدید، نزدیک به نرمال و خشکسالی متوسط قرار دارد، مقدار این کلاس‌ها در سال ۱۳۸۴ تغییر پیدا کرده است؛ به طوری که در این سال به ترتیب ۳۹/۶۹، ۲۹/۰۸، ۲۱/۴۳ و ۹/۷۸٪ منطقه به ترتیب در کلاس ترسالی بسیار شدید، ترسالی شدید، ترسالی متوسط و نزدیک به نرمال قرار گرفته است. در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ کلاس نزدیک به نرمال بر منطقه غالب می‌باشد در صورتی که در سال ۱۳۸۷، ۸۴/۷۸٪ منطقه در کلاس ترسالی متوسط قرار دارد. در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ کلاس نزدیک به نرمال به ترتیب ۹۴/۷۲، ۹۷/۶۲ و ۹۴/۵۰٪ منطقه را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۱، کلاس ترسالی متوسط، ۷۵/۴۰٪ منطقه را در بر گرفته است. در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ کلاس نزدیک به نرمال نسبت به دیگر کلاس‌های مربوط به خشکسالی در این منطقه غالب است.

### بررسی روند تغییرات خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل شده

(SPEI)

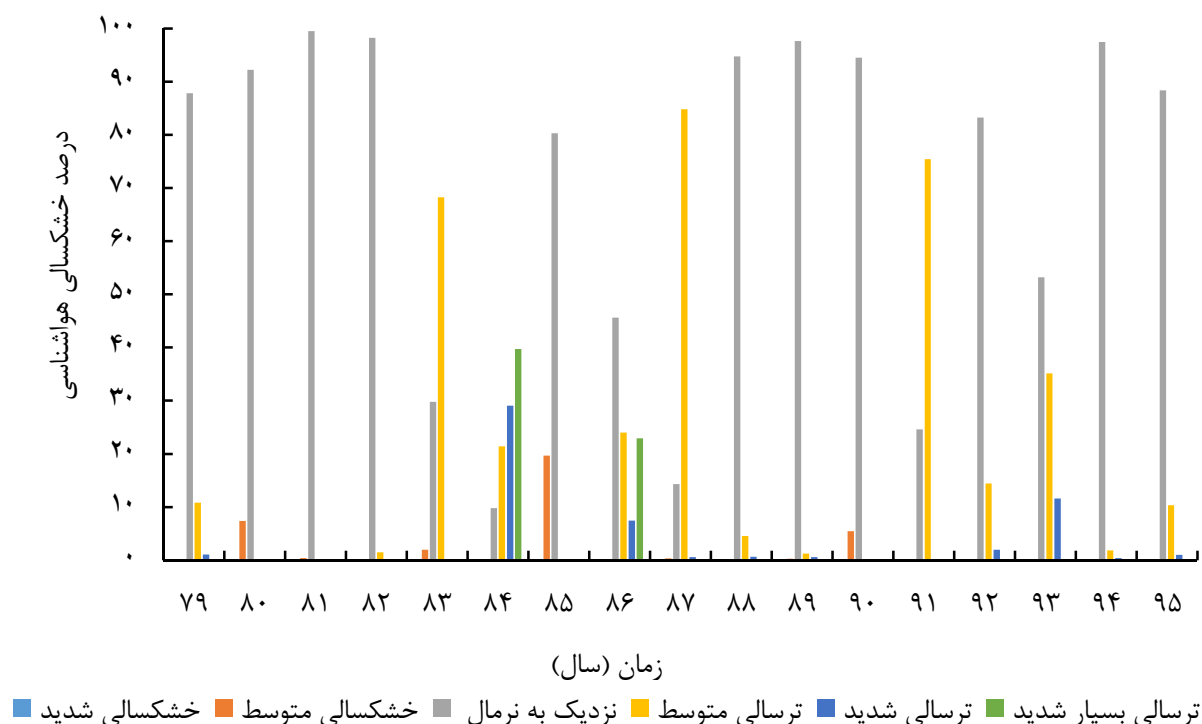
روند تغییرات خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل شده در

شکل‌های (۵) و (۷) آورده شده است. با توجه به نتایج، روند تغییرات خشکسالی از سال ۱۳۷۹-۱۳۸۴ در کل منطقه در کلاس نزدیک به نرمال بوده است. و مقدار این کلاس در این سال‌ها به ترتیب برابر با ۹۲/۱۰، ۹۹/۳۹، ۹۹/۹۹، ۹۵/۲۹، ۷۶/۸۸ و ۵۵/۹۱٪ می‌باشد، در سال ۱۳۸۵ مقدار این کلاس تغییر پیدا کرده است؛ به طوری که مقدار آن در این سال ۵/۸۳٪ و ۹۴/۱۶٪ متعلق به کلاس خشکسالی متوسط است. در سال ۱۳۸۶ کلاس‌های مربوط به انواع خشکسالی دچار تغییراتی شده‌اند؛ به طوری که ۴۴/۲۰٪ را کلاس خشکسالی نزدیک به نرمال، ۲۸/۹۶٪ کلاس ترسالی متوسط، ۱۹/۴۸٪ ترسالی شدید و ۷/۳۳٪ کلاس ترسالی بسیار شدید بر منطقه مورد مطالعه حاکم است. در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۰ کلاس خشکسالی نزدیک به نرمال به ترتیب برابر است با ۹۳/۴۴، ۹۷/۸۰ و ۹۹/۶۱٪، در سال ۱۳۹۱ قسمت اعظم منطقه را خشکسالی متوسط فرا گرفته است؛ مقدار این کلاس در این سال برابر با ۶۲/۹۱٪ است. کلاس مربوط به ترسالی متوسط در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب برابر با ۴۶/۹۲، ۴۵/۱۳ و ۵۰/۹۳٪ و در سال ۱۳۹۵ مقدار کلاس خشکسالی نزدیک به نرمال ۹۹/۹۷٪ از منطقه مورد مطالعه است.

### بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی

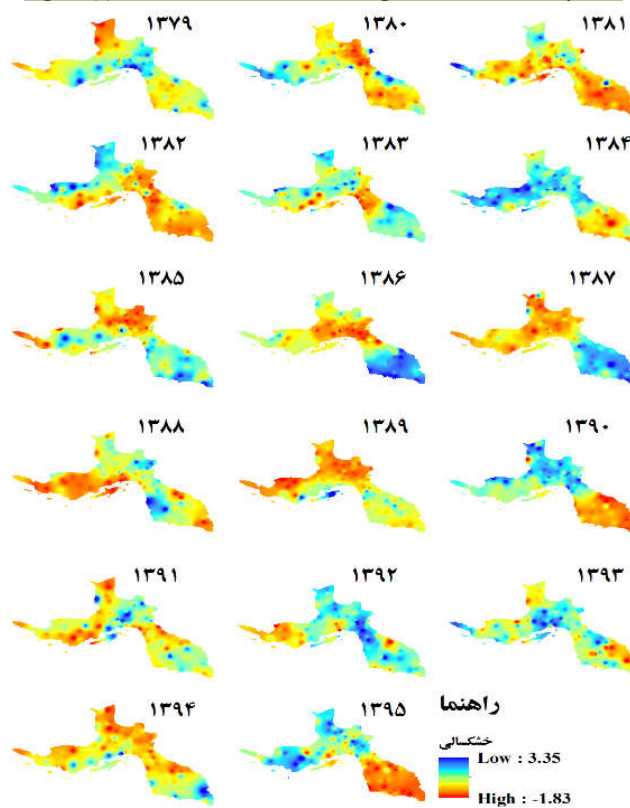
تغییرات پوشش گیاهی در شکل‌های (۶) و (۸) نشان داده شده است. با توجه به نتایج، روند تغییرات پوشش گیاهی در کلاس‌های مختلف در استان هرمزگان بسیار متنوع بوده است. به طوری که کلاس ۰/۱-۰٪ در این بازه زمانی روند کاهشی داشته و از ۷۸/۹۸٪ از کل منطقه در سال ۱۳۷۹ به ۵۸/۶۵٪ در سال ۱۳۹۵ رسیده است، این روند کاهشی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، معنی‌دار نبوده است. کلاس‌های ۰/۱-۰/۲ و ۰/۲-۰/۳ روند افزایشی را نشان داده‌اند، به طوری که به ترتیب این کلاس‌ها از ۲۰/۲۴ و ۰/۷۰٪ در سال ۱۳۷۹ به ۳۹/۳۵ و ۱/۸۳٪ در سال ۱۳۹۵ رسیده‌اند. روند تغییرات افزایشی این کلاس‌ها در این بازه زمانی ۱۶ ساله در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، معنی‌دار بوده است. کلاس ۰/۳-۰/۴ و کلاس بزرگ‌تر از ۰/۴ نیز در بازه زمانی ذکر شده روند افزایشی داشته است، به نحوی که کلاس ۰/۳-۰/۴ از ۰/۰۵٪ در سال ۱۳۷۹ به ۰/۲۶٪ در سال

۱۳۹۵ رسیده است. همچنین این روند افزایشی در سطح معنی داری ۰/۰۵، معنی دار نیست.



شکل (۳): نمودار کلاس‌های شاخص خشکسالی SPI در ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه

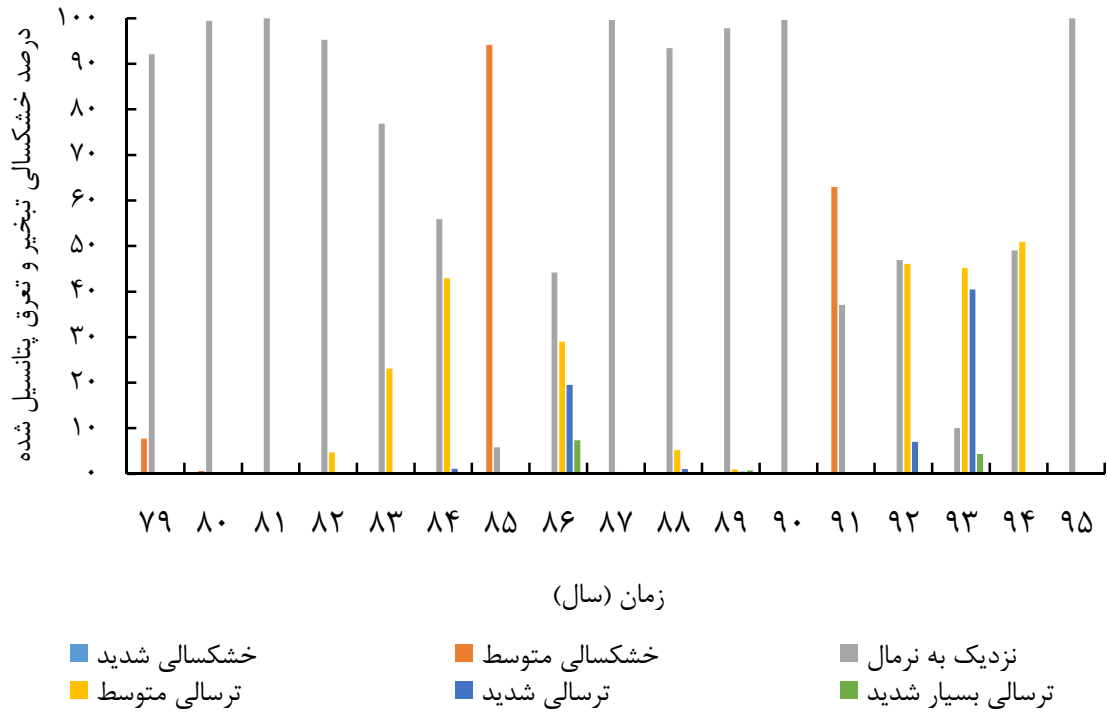
Figure (3): Evaluation classes SPI drought index in the study area



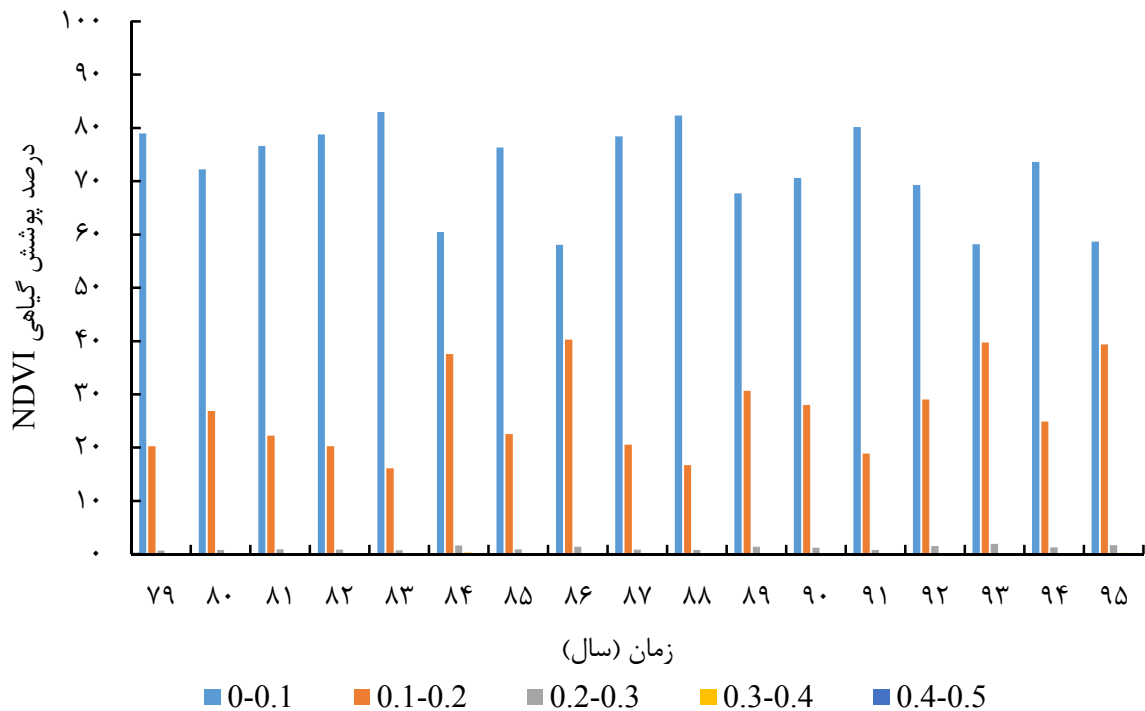
شکل (۴): پهنه‌بندی شاخص خشکسالی SPI در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹

Figure (4): Zoning of the SPI Drought Index for the period 2000-2016

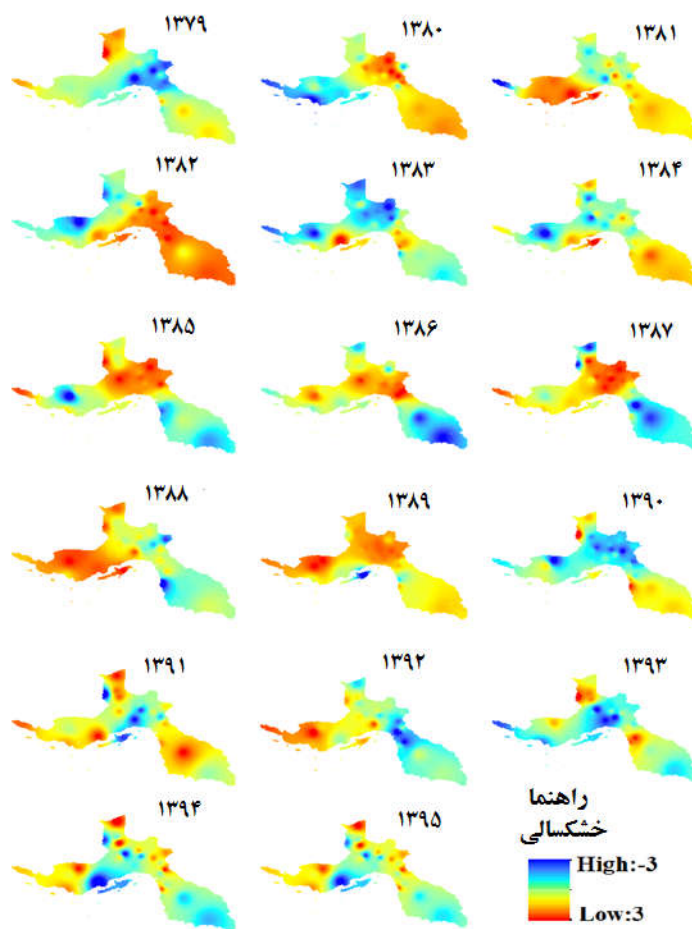




شکل (۵): نمودار کلاس‌های شاخص خشکسالی SPEI در ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه  
 Figure (5): Study of SPEI drought index classes in the study area

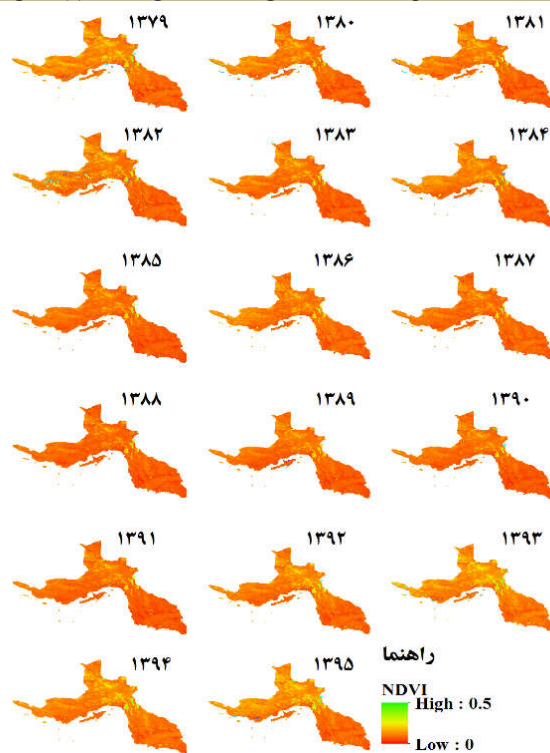


شکل (۶): نمودار روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI  
 Figure (6): Investigation of trends of NDVI vegetation index changes



شکل (۷): پهنه‌بندی شاخص خشکسالی SPEI در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵

Figure (3): Zoning SPEI drought index in the period 2000-2016



شکل (۸): پهنه‌بندی شاخص پوشش گیاهی NDVI در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵

Figure (4): Zoning of NDVI vegetation index in the period 2000-2016

همچنین برای بررسی رابطه شاخص خشکسالی و شاخص پوشش گیاهی، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، بین شاخص‌های خشکسالی هواشناسی، تبخیر و تعرق پتانسیل شده، شاخص پوشش گیاهی NDVI، دما و بارش در جدول (۲) نشان داده شده است. مطابق با این نتایج، بیشترین میزان همبستگی بین شاخص‌های SPI و بارش می‌باشد که مقدار آن برابر است با ۰/۹۹۶ و کمترین میزان همبستگی بین دو شاخص دما و خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد که مقدار آن برابر با ۰/۴۸۹- است.

جدول (۲): ماتریس همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی NDVI

Table (2): Correlation Matrix between Climate Parameters and NDVI

| شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی | دما    | بارش  | خشکسالی هواشناسی | خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل شده |
|---------------------------------|--------|-------|------------------|----------------------------------|
| ۰/۷۹۲                           | -۰/۴۸۹ | ۰/۹۸۹ | ۰/۹۸۹            | ۱                                |
| ۰/۷۹۷                           | -۰/۴۸۱ | ۰/۹۹۶ | ۱                | خشکسالی هواشناسی                 |
| ۰/۷۶۶                           | -۰/۴۸۸ | ۱     | بارش             | دما                              |
| -۰/۲۹۲                          | ۱      |       |                  | شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی  |

سطح معنی داری ۹۵٪

بیشترین مقادیر این شاخص خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۳، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ بوده است. اسکندری دامنه و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی و تحلیل خشکسالی هواشناسی در استان تهران بیان کردند که کلاس مربوط به ترسالی با گذشت زمان کاسته شده و بر کلاس‌های مربوط خشکسالی افزوده شده است. نصراللهی و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی خطر خشکسالی هواشناسی در استان سمنان به این نتیجه رسیدند که در همه ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه با گذشت زمان افزایش خشکسالی رخ داده است. همچنین مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که کاهش بارندگی باعث افزایش خشکسالی در همه مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود.

نتایج بررسی شاخص خشکسالی SPEI نشان داد که بیشترین مقادیر این شاخص خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ بوده است. همچنین شاخص پوشش گیاهی NDVI در سال‌های مختلف تغییراتی داشته است؛ به طوری که بیشترین میزان این شاخص به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۹۳ و ۱۳۸۴ می‌باشد. بررسی

## بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی یکی از عوامل طبیعی است که ناشی از کمبود بارش و افزایش درجه حرارت بوده و با توجه به ماهیت پیچیده آن، پیش‌بینی زمان شروع و خاتمه‌اش برخلاف سایر حوادث طبیعی دشوار است و می‌تواند طیف گسترده‌ای از اثرات را بر محیط‌زیست و انسان اعمال کند و خسارات فراوانی بر جای بگذارد؛ از جمله اثراتی که این پدیده می‌تواند بر جای بگذارد، می‌توان به افزایش گرد و غبار، کاهش بهره‌برداری از زمین، افزایش آتش‌سوزی مراتع، تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، کاهش منابع آب و تولیدات کشاورزی و همچنین پوشش‌های طبیعی اشاره کرد. پایش مداوم خشکسالی اکوسیستم‌های مختلف به‌خصوص اکوسیستم‌های بیابانی به دلیل حساسیت این مناطق به تغییرات اقلیمی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو در این تحقیق به بررسی خشکسالی هواشناسی و تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد شده و رابطه آن با پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و ایستگاه‌های هواشناسی پرداخته شد. نتایج بررسی شاخص خشکسالی SPI نشان داد که

اطمینان ۵٪، در منطقه مورد مطالعه بوده است؛ به طوری که مقدار این همبستگی ۰/۷۹۲ گزارش شد، نتایج حاصل از بررسی همبستگی شاخص خشکسالی تبخیر و تعرق پتانسیل با مقادیر شاخص NDVI نشان داد که مقدار این همبستگی ۰/۷۹۷ می باشد؛ چنان که با افزایش میزان بارندگی بر میزان شاخص NDVI افزوده می شود. زهانو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که بین SPEI و بارندگی و پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک به خصوص در اراضی کشاورزی و مناطق جنگلی همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. در نهایت، بر اساس مطالعه حاضر می توان اذعان کرد که پوشش گیاهی به خوبی می تواند روند تغییرات اقلیمی را در بازه زمانی طولانی مدت نشان دهد. همچنین شاخص NDVI حاصل از تصاویر سنجنده مودیس توانایی تجزیه تحلیل پوشش گیاهی را افزایش می دهد. بنابراین پیشنهاد می شود مدیران و سیاستمداران می توانند با بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی حاصل از تصاویر سنجنده مودیس سیاستها و برنامه ریزی های لازم برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی اتخاذ کنند. همچنین با توجه به پیکسل سایز ۱ کیلومتر تصاویر مودیس استفاده شده در این مطالعه برای بررسی دقیق تر شاخص پوشش گیاهی می توان از تصاویر سنجنده هایی با پیکسل سایز کمتر مانند لندست که دقت مکانی بررسی پوشش گیاهی را بالا می برد، استفاده کرد و در نهایت پیشنهاد می شود برای بررسی دقیق تر اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی، به بررسی اثرات آن در کاربری های مختلف منطقه مورد مطالعه پرداخته شود.

روند تغییرات شاخص NDVI نشان داد که روند تغییرات این شاخص در بازه زمانی ۱۷ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۵)، در سطح ۹۵٪ معنی دار و افزایشی است. یوان و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه افزایش NDVI تحت تأثیر بارش بیان کردند که با افزایش بارندگی مقدار NDVI نیز در حال افزایش بوده است و تغییرات این شاخص به شدت به تغییرات بارندگی وابسته است. اسکندری دامنه و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه تخریب در استان اصفهان بیان کردند که مقدار NDVI در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۴ روند افزایشی را نشان داده است و این شاخص به شدت تحت تأثیر بارندگی می باشد؛ به طوری که با افزایش بارندگی مقدار این شاخص افزایش و با کاهش آن، مقدار این شاخص تنزیل پیدا می کند. ونبین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی توزیع مکانی پوشش گیاهی در حوضه قیدم مبتنی بر شاخص NDVI به این نتیجه رسیدند که توزیع مکانی پوشش گیاهی در این حوضه به مقدار بارندگی بستگی دارد؛ به طوری که با افزایش مقدار بارندگی مقدار پوشش گیاهی و سپس مقدار شاخص NDVI افزایش پیدا می کند.

بررسی کلاس بندی شاخص NDVI در سال های مختلف نشان داد که روند افزایشی مشاهده شده بیشتر در کلاس های ۰/۱-۰/۲ و ۰/۳-۰/۲ می باشد که با مطالعه زنگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، که بر روی تأثیر تغییرات اقلیمی بر مقدار شاخص NDVI مناطق خشک و نیمه خشک پرداختند، مطابقت دارد. آن ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که عامل افزایش پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه می تواند ناشی از افزایش کشاورزی و تأمین آب آن از طریق منابع آب سطحی و زیرزمینی باشد که این باعث عدم وجود روند معنی داری در تغییرات NDVI تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی می شود. همچنین نتایج بررسی کلاس ۰/۱-۰ و ۰/۴-۰/۵ شاخص پوشش گیاهی NDVI نشان داد که این دو کلاس روند افزایشی دارند.

نتایج حاصل از بررسی ضریب همبستگی پیرسون نشان دهنده همبستگی بالایی بین شاخص خشکسالی هواشناسی و شاخص پوشش گیاهی NDVI در سطح

1. Wenbin  
2. Zheng

3. Zhao

## منابع

1. Ali, S., Henchiri, M., Yao, F. and Zhang, J. 2019. Analysis of vegetation dynamics, drought in relation with climate over South Asia from 1990 to 2011. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(11): 11470-11481.
2. Araghinejad, S., Ansari, G., Pourgholam, M., Amiji, M., Liaghat, A. and Bazrafshan, J. 2018. The Effect of Climate Fluctuation on Frequency of Dust Storms in Iran, *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 7 (21): 13-32.
3. Bai, Y., Yang, Y. and Jiang, H., 2019. Intercomparison of AVHRR GIMMS3g, Terra MODIS, and SPOT-VGT NDVI Products over the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 11(17), 2030.
4. Choi, I. J., Park, R.S. and Lee, J. 2019. Impacts of a newly-developed aerosol climatology on numerical weather prediction using a global atmospheric forecasting model. *Atmospheric environment*, 197: 77-91.
5. Choubin, B., Khalighi-Sigaroodi, S., Malekian, A., Ahmad, S. and Attarod, P., 2014. Drought forecasting in a semi-arid watershed using climate signals: a neuro-fuzzy modeling approach. *Journal of Mountain Science*, 11(6): 1593-1605.
6. Chu, H., Venevsky, S., Wu, C. and Wang, M. 2019. NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015. *Science of the Total Environment*, 650: 2051-2062.
7. Cong, N., Wang, T., Nan, H., Ma, Y., Wang, X., Myneni, R.B. and Piao, S., 2013. Changes in satellite-derived spring vegetation green-up date and its linkage to climate in China from 1982 to 2010: a multimethod analysis. *Global change biology*, 19(3): 881-891.
8. Dastourani, M., Abbas Ali, V., Adel, S. and komeki Chouki, B., 2015. Investigation of the Effect of Drought on Vegetation Using Modis Sensor in Khorasan Razavi, *Desert Ecosystem Engineering*, 4 (7): 1-8.
9. Eghtedar nezhad, M., bazrafshan, O. and bazrafshan, J., 2017. Spatio-temporal variations of meteorological drought using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index in Iran, *Journal of Agricultural Meteorology*, 5(2): 35-46.
10. Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Khosravi, H. and Gholami, H., 2019. Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of Jaz Murian wetland). *Journal of rangeland*, 13 (3): 461-475.
11. Eskandari Damaneh, H., Jafari, R. and Soltani Koupai, S., 2018. Assessment of land degradation indices obtained from remote sensing data, *journal of Desert Management*, 10 (3): 46-56.
12. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G.R., Khosravi, H., and Azareh, A., 2016a. Investigation and Analysis of Temporal and Spatial Relationship between Meteorological and Hydrological Drought in Tehran Province, *Sepehr Geographical Information Journal*, 24 (96): 113-120.
13. Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H. and Mesbahzadeh, T., 2016b. Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. *Solid Earth*, 7(3): 905-915.
14. Fatah Nia, A., Rajaie, S. & Farzaneh, B. 2017. Forecasting the Probability of Repeating Drought Periods and their Impact on Vegetation in Golestan Province. *Journal of Geography and Planning*, 60 (21): 179-196.
15. Firouzi, F., Tavosi, T. and Mahmoudi, P., 2018. Investigating the statistical relationship between climatic and hydrological variables with Vegetation Dynamics in a dry climate (Case study: Sistan plain in eastern Iran), *Journal of Desert Management*, 6(11): 99-111
16. Ghorbani, K., Valizadeh, I. and Barekhanpour, S., 2018. Investigation of spatiotemporal trend of the bivariate meteorological drought index, SPEI, in Iran, *Journal of Desert Management*, 6(11): 25-38.
17. Hosseini pazhouh, N., ahmadaali, K. and shokoohi, A. 2018. Assessment of standardized precipitation and standardized precipitation-evapotranspiration indices for wet period detection, *Journal of Water and Soil Conservation Research*, 25(6): 207-221.
18. Kendall, M.G., 1970. *Rank Correlation Methods*, 2nd Ed., and New York: Hafner.
19. Khosravi, H., Azareh, A., Damaneh, H.E., Sardooi, E.R. and Damaneh, H.E., 2017. Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4): 93.
20. Khosravi, H., Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Borji, M. and Nakhaee Nejadfard, S., 2018. Drought Trend

- Assessment in Riverheads of Karkheh and Dez Basins based on Streamflow Drought Index (SDI). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 1(2): 45-54.
21. Khosravi, H., Sajedi Hosseini, F., Nasrollahi, M. and Gharechae, H.R., 2017. Trend analysis and detection of precipitation fluctuations in arid and semi-arid regions. *Desert*, 22(1): 77-84.
22. Li, X., Li, Y., Chen, A., GAO, M., Slette, I. J. and Piao, S. 2019. The impact of the 2009/2010 drought on vegetation growth and terrestrial carbon balance in Southwest China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 269: 239-248.
23. Liu, Y., Li, Y., Li, S. and Motesharrei, S., 2015. Spatial and temporal patterns of global NDVI trends: Correlations with climate and human factors. *Remote Sensing*, 7(10): 13233-13250.
24. Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13: 245-259
25. McKee Thomas, B., Doesken Nolan, J. and Kleist, J., 1993. the relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston, MA, USA*, 17(22):179-183
26. MirMousavi, S.H. and Karimi, H., 2013. Study of the Effect of Drought on Vegetation Using Modis Images: Kurdistan Province, *Journal of Agriculture and Development*, (31): 57-79.
27. Mukherjee, T., Mukherjee, S., Mukhopadhyaya, A., Roy, A.K. and Dutta, S., 2014. Drought monitoring of chhattisgarh using different indices based on remote sensing data, *Climate Change and Biodiversity*, 85-101.
28. Nasrollahi, M., Khosravi, H., Moghaddamia, A., Malekian, A. and Shahid, S., 2018. Assessment of drought risk index using drought hazard and vulnerability indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(20): 606.
29. Pandey, A. and Sahu, A., 2002. Generation of curve number using remote sensing and geographic information system, *Water Resources, Map India Conference*.
30. Rafiei-Sardooi, E., Mohseni-Saravi, M., Barkhori, S., Azareh, A., Choubin, B. and Jafari-Shalamzar, M., 2018. Drought modeling: a comparative study between time series and neuro-fuzzy approaches. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(17): 487.
31. Salman Bayati, T., Hosseini, S.Z., Rashtian, A. and Alirezaei, H., 2018. Comparison of accuracy of different vegetation percentage sampling methods in remote sensing studies (Case study: Abbas Abad rangelands of Hamadan), *Journal of Range Research*, (3) 12: 169-179.
32. Savari, M., Eskandari Damaneh, H., 2019. The role of participatory management in empowering local communities in coping with droughts in southern Kerman province. *Journal of Spatial Planning*, 23 (2) :123-171.
33. Shen, M., Tang, Y., Chen, J., Zhu, X. and Zheng, Y., 2011. Influences of temperature and precipitation before the growing season on spring phenology in grasslands of the central and eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12): 1711-1722.
34. Stahl, K., Kohn, I., Blauhut, V., Urquijo, J., De Stefano, L., Acácio, V. and Van Loon, A. F., 2016. Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(3): 801-819.
35. Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. and Mondino, E.B., 2018. MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 64: 132-144.
36. Thenkabail, P.S., Gamage, M.S.D.N. and Samakhtin, V.U., 2002. Evaluation of Narrowband and Broadband Vegetation Indices for Determining Optimal Hyperspectral Wavebands for Agricultural Crop Characterization, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68: 607-621.
37. Vicente - Serrano, S.M., Beguería, S. and López-Moreno. J.I., 2011. Comment on "Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index (PDSI) during 1900-2008" by AiguoDai, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D19): 1-9.
38. WenBin, Z.H.U., AiFeng, L.V. and ShaoFeng, J.I.A., 2011. Spatial distribution of vegetation and the influencing factors in Qaidam Basin based on NDVI. *Journal of Arid Land*, 3(2): 85-93.
39. Yaghmaie, L., Soltani, S., Jafari, R., Bashari, H. and Jahanbazi Gojani, H., 2017. An investigation on impact of drought on

- rangeland and forest vegetation changes in Chaharmahal & Bakhtiari province using MODIS satellite data, Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 15(1):91-108.
40. Yuan, X., Li, L. and Chen, X., 2015. Increased grass NDVI under contrasting trends of precipitation change over North China during 1982–2011. Remote sensing letters, 6(1): 69-77.
41. Zare khormizie, H. and ghafarian malamiri, H.R. 2018. Drought monitoring and its impact on vegetation cover using remote sensing techniques (Case Study: Yazd province, from 1994 to 2014), journal of Desert Management, 5 (10): 68-86
42. Zhao, A., Zhang, A., Cao, S., Liu, X., Liu, J. and Cheng, D., 2018. Responses of vegetation productivity to multi-scale drought in Loess Plateau, China. Catena, 163: 165-171.
43. Zheng, K., Ye, J.S., Jin, B.C., Zhang, F., Wei, J.Z. and Li, F.M., 2019. Effects of agriculture, climate, and policy on NDVI change in a semi-arid river basin of the Chinese Loess Plateau. Arid Land Research and Management, 33(3): 321-338.

## Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province)

Hamed Eskandari Damaneh<sup>1</sup>, Gholamreza Zehtabian<sup>2</sup>, Hassan Khosravi<sup>3\*</sup>, Hossein Azarnivand<sup>4</sup> and Aliakbar Barati<sup>5</sup>

Received: 13/12/2019

Accepted: 18/05/2020

### Extended Abstract

**Introduction:** As a hazardous complex climate condition, drought has affected many parts of the world, and in times when its duration is prolonged, its damage would be tremendous, affecting various sectors such as agriculture, environment, economic, social, etc. Due to the wide range of this phenomenon's effects on all ecosystems, especially in arid and semiarid regions, continuous monitoring of drought is particularly important. Vegetation and its products are among the most significant parameters affected by this destructive phenomenon. Observation of such harmful effects can be done using remote sensing science. In recent years, this science has played a significant role in managing and monitoring drought, vegetation, and their interactions by increasing sampling points, widening the coverage area, improving temporal resolution, lowering costs, and applying regular and higher spatial resolution. Considering the importance and necessity of this issue, this study set out to investigate and monitor drought indices (SPEI, SPI), vegetation index (NDVI), and these indices' interactions from 2000 to 2016 in Hormozgan province, Iran.

**Materials and Methods:** To study meteorological drought and potential evapotranspiration, the required data concerning the monthly rainfall and temperature of 164 rain-gauge stations in the region were collected. Then, the homogeneity test was applied to all stations. Statistical deficiencies were reconstructed for the data, and finally, the annual SPI values were calculated using MATLAB software. Kriging geostatistics was used to map the SPI drought. Due to the availability of satellite images for 2000-2016, a drought map was prepared for this period. The NDVI index obtained from the Modis satellite images (MOD13A2) was also used to study the vegetation. Finally, to investigate the effects of meteorological drought and potential evapotranspiration on vegetation, the average NDVI and drought index was calculated for each year, and the severe effects of drought

1. Ph.D. Student of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

2. Professor, faculty of natural resources, University of Tehran

3. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran; hakhosravi@ut.ac.ir

4. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

5. Assistant Professor, Faculty of Economics and Agricultural Development

on vegetation were examined. Moreover, the correlation between vegetation and drought was studied through the Pearson correlation coefficient.

**Results:** According to the results of the study, the highest values of SPI and SPEI were found in the years 2009, 2014, 2012, and 2011, respectively. NDVI and annual rainfall's changing trend indicated that these indices' mean values were significant at 95 levels over the 17 years, showing an increasing trend. The trend of temperature, SPEI, and SPI changes was decreasing during this time interval. Also, the vegetation index peak was in accordance with the highest rainfall value in this time period. In other words, the highest rainfall occurred in 2005 in this region. The vegetation index showed the highest increase this year, suggesting that vegetation was affected by rainfall fluctuations in the region. Based on the results of the Pearson correlation coefficient between meteorological drought, evapotranspiration potential, NDVI vegetation index, precipitation parameter, and temperature at a 12-month time-scale, the highest correlation was reported between SPI index and precipitation, which was equal to 0.99, and the lowest correlation was found between temperature and SPEI, being 0.48. Moreover, this correlation coefficient analysis showed a high correlation between the meteorological drought index and NDVI vegetation index at 95% level in the study area. This correlation was reported as 0.792. The correlation between SPEI and NDVI was also reported as 0.797, indicating that with an increase in precipitation rate, the NDVI increased.

**Discussion and Conclusion:** It could be concluded that, depending on the prevailing conditions of the area, the extent, time, and type of rainfall affect the amount of vegetation. Therefore, studying and identifying vegetation in each area could lead to the discovery of each region's conditions and the vulnerability status of the area. Any reduction in the effects of drought on these fragile and sensitive ecosystems requires careful planning according to each region's conditions. Planners and relevant authorities should take appropriate measures to improve the irrigation system, reduce evaporation, enhance the crop system, mitigate the damages caused by drought, and get the ecosystem adapted to climate conditions. Moreover, this study used Modis images with a kilometer's pixel size. For a closer look at the vegetation index, satellite images with smaller pixel sizes, such as Landsat ones, could also be used to increase spatial accuracy. Finally, a more detailed study is recommended to investigate the effects of drought on vegetation in different land-uses.

**Keywords:** Hormozgan Province, NDVI, SPI, SPEI, Pearson Correlation Coefficient, Arid and Semi-Arid Lands.