دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌وسوم، شماره‌ی ۸۲
تابستان۱۴۰۲، صفحات۱۹۸-۱۷۹

DOI:10.52547/GeoSpa.23.2.179

اسماعیل عباسی [۱]
* هانا اعتمادی [۲]

پایش خشک‌سالی استان بوشهر بر اساس شاخص‌های SPI و VCI با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۲/۰۱

چکیده

خشک‌سالی نوعی پدیده خزنده و اقلیمی برگشت‌پذیر در اقلیم‌های مختلف است که در اثر کمبود بارندگی طی یک دوره زمانی بروز می‌کند. هدف از انجام این تحقیق پایش خشک‌سالی استان بوشهر بر اساس شاخص بارش استانداردشده (SPI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس است. در این راستا، با بهره‌گیری از ٥٤ تصویر سری زمانی شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) محصولات ماهواره مودیس از فصل‌های رشد (ژانویه، فوریه و مارس) بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ شاخص وضعیت پوشش گیاهی VCI که یک شاخص نرمال شده جهت ارزیابی خشک‌سالی است، محاسبه گردید. در ادامه شاخص بارش استاندار SPI مربوط به ٥ ایستگاه سینوپتیک (برازجان، بوشهر، دیلم، دیر و جم) در طی یک دوره آماری ۱۸ ساله، محاسبه شد و با توجه به جدول طبقه‌بندی SPI ، به طبقات خشک‌سالی بسیار شدید، خشک‌سالی شدید، خشک‌سالی متوسط، تقریباً نرمال، ترسالی متوسط، خیلی مرطوب و ترسالی بسیار شدید تقسیم‌بندی گردید. سپس ضریب همبستگی این دو شاخص محاسبه شد و مشخص شد دو شاخص دارای ضریب همبستگی معناداری هستند. نتایج پایش خشک‌سالی نشان داد که طی این دوره ۱۸ ساله در برخی از سال‌ها شاخص VCI خشک‌سالی شدید (۲۰۰۹) را نشان می‌دهد که در همان سال نیز بارش به میزان کمتری رخ‌داده است، و در سال ۲۰۱٤ ترسالی بسیار شدیدی را نشان می‌دهد که بارش قابل‌توجهی رخ‌داده است. همچنین نتایج حاصل از همبستگی این دو شاخص نشان داد که ضریب همبستگی SPI شش‌ماهه نسبت به سه‌ماهه، دارای همبستگی بیشتری با میانگین شاخص VCI

۱- گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس،دانشگاه خلیج فارس،ایران.
۲- گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس،ایران (نویسنده مسئول) . h.etemadi@pgu.ac.ir

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دارد. به‌طورکلی مشخص گردید می‌توان در نبود شاخص‌های هواشناسی از شاخص ماهواره‌ای برای پایش خشک‌سالی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: خشک‌سالی، پوشش گیاهی، شاخص SPI و VCI ، سنجنده مادیس، استان بوشهر.

مقدمه

بلایای طبیعی نظیر سیل، رعدوبرق، خشک‌سالی و غیره بخش‌های مختلفی از محیط‌زیست ما را متأثر می‌سازد. این بلایا همواره بر زندگی انسان‌ها تأثیر منفی داشته و در بیشتر موارد آسیب‌های جبران‌ناپذیری را در پی‌دارند. در میان این پدیده‌ها خشک‌سالی یکی از مهم‌ترین و شاید تأثیرگذارترین آن‌ها باشد، چراکه گستردگی آن در برخی از موارد مرز قاره‌ها را نیز درنوردیده است(Kogan, 1998:622). همین‌طور در میان این بلایای طبیعی، خشک‌سالی می‌تواند برای مدت‌زمان طولانی، یک منطقه وسیع را تحت تأثیر قرار دهد (Hao et al.,2018: 109; Song and Park, 2020:1). درواقع خشک‌سالی یک وضعیت پراهمیت است که قسمت‌های زیادی از جهان را تحت تأثیر قرار داده است و پیچیده‌ترین مخاطره‌جوی است (Espinosa et al., 2019:2). خشک‌سالی الگوی اقلیمی غالب مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تنوع بسیار زیاد در زمان و مکان وقوع خشک‌سالی، کار تشخیص دقیق رخداد آن را بر اساس مشاهدات مکانی سخت و پیچیده می‌کند (Lin et al., 2011: 140). خشک‌سالی اغلب در اثر کمبود بارش رخ می‌دهد، اما در مواردی خاص ممکن است ناشی از ناهنجاری متغیرهای دیگری مثل دما و تبخیر و تعرق باشد (Cook et al., 2014: 2; Livneh and Hoerling, 2016: 1; Luo et al., 2017:3184). هیچ تعریف منحصربه‌فردی از خشک‌سالی وجود ندارد، زیرا بین خشک‌سالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اجتماعی – اقتصادی تفاوت وجود دارد و وابسته به مؤلفه‌های هیدرولوژیکی تأثیرگذار و یا تأثیرپذیر است (Spinoni, 2019: 2). افزایش تبخیر و تکرار بیشتر دوره‌های خشک همراه با افزایش دما نشان می‌دهد که شرایط خشک‌سالی می‌تواند در بسیاری از مناطق جهان حادتر شود (Naumann et al., 2018:3286). از مهم‌ترین پیامدهای خشک‌سالی شامل کاهش منابع آب، کاهش تولیدات کشاورزی، فرسایش خاک، افزایش میزان رواناب سطحی و تسریع در بیابان‌زایی مناطق است (Wu et al., 2020: 1; He et al., 2020: 509). بر این اساس، ارزیابی اثرات خشک‌سالی بر روی پوشش گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. خشک‌سالی نه‌تنها بر تولیدات کشاورزی و منابع آب بلکه بر پوشش گیاهی طبیعی یک منطقه نیز تأثیر گذاشته و گسترش نواحی بیابانی را تسریع می‌کند. امروزه تشخیص تأثیر خشک‌سالی بر پوشش گیاهی ازنظر زمانی و مکانی با کمک سنجش‌ازدور و با تعریف شاخص‌های مختلف امکان‌پذیر شده است (Ebrahimzadeh et al.,2013: 38). خشک‌سالی مخاطره‌آمیزترین پدیده طبیعی است. اگرچه امکان جلوگیری از وقوع آن وجود ندارد، اما می‌توان با انجام اقداماتی اثرات منفی آن را کم نمود (Roshun et al., 2019:132). درک اینکه بارندگی تأثیرهای مختلفی بر منابع آب مانند آب زیرزمینی، ذخایر آب سطحی و برف دارد، منجر به تدوین و ارائه‌ی شاخص SPI گردید. این شاخص به‌منظور پایش خشک‌سالی اقلیمی ایالت کلرادوی آمریکا توسط(1995) Mckee et al ابداع گردید. شاخص بارش استاندارد SPI از پردازش توزیع گاما بر مقادیر بارندگی سالانه با مجموع بارندگی در هر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بازه‌ی زمانی دلخواه به دست می‌آید. طبق این روش دوره‌ی خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که مقدار SPI مثبت گردد(Raziei et al., 2007: 28). مطالعات زیادی در این حوزه در داخل و خارج از کشور انجام‌شده است که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌گردد.Ebrahimi Khusfi et al (2010) از تصاویر سنجنده لند ست ۷ مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ و۱۳۸۷ و آمار بارندگی ۲۳ ساله به‌منظور بررسی خشک‌سالی در مناطق خشک مرکزی ایران استفاده کردند. بررسی روند پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی مورداستفاده نشان داد که در مناطق خشک، شاخص SPI روند تغییرات پوشش گیاهی را به‌خوبی آشکار می‌سازد.Behbahani et al (2010) با استفاده از شاخص پوشش گیاهی تصاویر استر در تعیین میزان تاج پوشش مراتع خشک خراسان جنوبی پرداختند. نتیجه نشان داد که شاخص‌های NDVI و SPI با میزان همبستگی ۰.٦ و میزان اشتباه خطای ۵.۵ بیش‌ترین همبستگی را با تاج پوشش گیاهی داشتند. Jahanbakhsh et al (2010) نیز به ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره‌ی خشک‌سالی و ترسالی پرداختند. که در این مطالعه از تصاویر سنجنده‌ی لند ست ۷ و ماهواره‌ی اسپات و شاخص‌های NDVI، SPI و شاخص VHI استفاده شد. Rahimzadeh, (2014) قابلیت داده‌های سنجنده‌ی AVHRR را در برآورد خشک‌سالی با دو شاخص NDVI و VCI موردبررسی قرارداد. نتایج نشانگر وجود همبستگی بالا بین شاخص VCI و مقادیر بارندگی در ایستگاه‌های بود. همچنین Rahimzadeh (2015) از شاخص‌های VCI و NDVI با داده‌های هفت‌روزه سنجنده AVHRR برای بررسی خشک‌سالی در شمال غرب ایران بهره گرفتند. علی‌رغم اینکه انتظار می‌رفت شاخص VCI خشک‌سالی را بهتر نشان دهد، از همبستگی پایین‌تر با میزان بارش برخوردار بوده و NDVI به‌عنوان شاخص بهتر در این تحقیق معرفی‌شده است. پایش خشک‌سالی با شاخص NDVI و با استفاده از داده‌های ماهواره نوا از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵ در استان اصفهان، نشان داد که همبستگی بالایی بین شاخص NDVI و SPI وجود دارد، که این امر نشان‌دهنده امکان استفاده از شاخص NDVI در پایش خشک‌سالی در استان اصفهان می‌باشد (Khajeh, 2017:74). Cheng-lin & Jian-jun (2008) با استفاده از شاخص NDVI برگرفته از سنجنده مادیس، خشک‌سالی را در چین میانی بررسی کردند. نتایج نشان داد که این شاخص می‌تواند در محدوده‌های زمانی و طیفی متفاوت از خشک‌سالی منطقه‌ای، قاره‌ای و جهانی مورداستفاده قرار گیرد. Funk & Budde (2009) خشک‌سالی را با استفاده از شاخص NDVI با استفاده از تصاویر مادیس در زیمبابوه بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که این شاخص برای پایش دقیق خشک‌سالی کشاورزی، مناسب است.Khadr (2016) در تجزیه‌وتحلیل زمانی و مکانی تغییرات خشک‌سالی در حوضه رودخانه نیل با استفاده از شاخصSPI در ۱۱ ایستگاه هواشناسی در طی یک دوره ٤٨ ساله دریافتند که خشک‌سالی منطقه را تحت تأثیر قرار داده و چند خشک‌سالی شامل خشک‌سالی خفیف، متوسط و شدید در طول فصل باران مشاهده‌شده است.

برای تحلیل خشک‌سالی وجود یک شاخص جهت تعیین دقیق دوره‌های تر و خشک بسیار ضروری است. با توجه به اینکه اثرات پدیده خشک‌سالی بر روی پوشش گیاهی به‌صورت تدریجی ظاهر می‌شود. بنابراین اگر با الگوریتمی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بر میزان پوشش گیاهی از طریق تصاویر ماهواره‌ای نظارت و پایش شود می‌توان با تشخیص روند کاهش تدریجی پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی، پدیده مخرب خشک‌سالی را به‌موقع هشدار دهی کرد (Mirmusavi & Karimi, 2011: 75). شاخص‌های پوشش گیاهی توسط بسیاری از دانشمندان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها برای نقشه‌برداری زمین‌های کشاورزی، بررسی بارش، تخمین اثرات آب و هوایی شرایط خشک‌سالی و تعیین مقدار توان گیاهان مطرح‌شده است (Dabrowska et al., 2002: 2).

روش‌های مرسوم بررسی پدیده‌ی خشک‌سالی، استفاده از شاخص‌های هواشناسی است که با استفاده از داده‌های ایستگاه‌ها محاسبه می‌شوند. درحالی‌که این ایستگاه‌ها در کشور ایران پراکندگی مناسبی نداشته یا اینکه با کمبود داده مواجه‌اند. در مقابل این روش‌ها، فناوری سنجش‌ازدور قادر به جمع‌آوری تصاویر از نواحی وسیع به‌وسیله‌ی سنجنده های مختلف است (Salimi Fard et al., 2018). هدف از انجام این پژوهش استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور با بهره-گیری از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مادیس جهت پایش خشک‌سالی و مقایسه دقت آن با داده‌های ایستگاهی بارش (شاخص SPI) در استان ساحلی و استراتژیک بوشهر است.

موادو روش‌ها

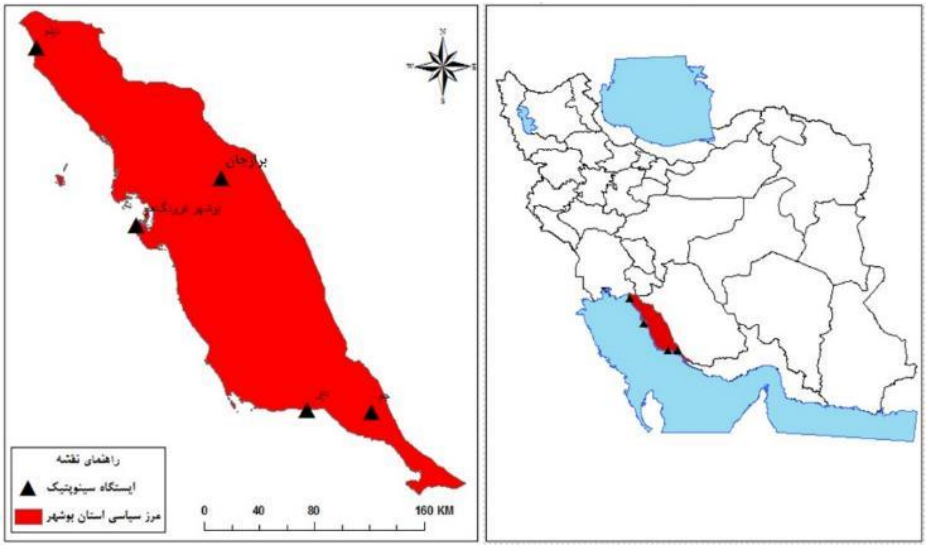
استان بوشهر بین ۲۷ درجه و ١٤ دقیقه تا ۳۰ درجه و ١٦ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ٦ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در حاشیه شمالی خلیج‌فارس، به شکل نوار باریکی از بندر دیلم تا نای بند گسترش‌یافته است (شکل۱). با توجه به موقعیت جغرافیایی و گسترش استان بوشهر در طول و عرض جغرافیایی باید گفت که تنوع طبیعی از خصوصیات بارز این استان می‌باشد. و درمجموع بیش از ٦۰۰ کیلومتر مرز مشترک با پهنه آبی خلیج‌فارس دارد.

شاخص‌های پوشش گیاهی به‌طور گسترده به‌عنوان معیارهایی برای تجزیه‌وتحلیل تغییرات و پایش خشک‌سالی مورداستفاده قرار می‌گیرند. NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است که از طریق نسبت گیری باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک به دست می‌آید (Singh et al., 2003:7). جهت محاسبه شاخص NDVI از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$NDVI = \frac{nir - red}{nir + red}$$

بازتابش باند قرمز شامل باندهای ۱ و ۳ و باند مادون‌قرمز نزدیک در باند شماره ٤ سنجنده مادیس می‌باشد. ارزش عددی این شاخص بین اعداد ۱+ و ۱- در نوسان است و ثابت‌شده که هر چه به عدد ۱+ نزدیک شود بر میزان پوشش گیاهی افزوده می‌گردد. به دلیل آنکه شاخص NDVI به‌تنهایی قابلیت نمایش خصوصیات خشک‌سالی را دارا نیست، استفاده از شاخص‌های ترکیبی VCI با رویکرد به‌کارگیری سری‌های زمانی NDVI مطرح گردید(Quiring and Ganseh, 2010: 334).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: نقشه منطقه موردمطالعه

Figure 1: Map of the study area

جهت محاسبه شاخص VCI از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100$$

جدول ۱- طبقه‌بندی دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی بر اساس شاخص VCI

Table 1- Classification of drought and wet periods based on VCI index

توصیف رخداد خشک‌سالی	میزان VCI
خشک‌سالی شدید	0 – 0.2
خشک‌سالی متوسط	0.2 – 0.4
بدون خشک‌سالی	۰.٤<

جدول (۱)، طبقه‌بندی دوره‌های خشک‌سالی را بر اساس شاخص VCI نشان می‌دهد. تصاویر ماهواره‌ای مادیس برای ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ (دوره آماری ۱۸ ساله) از سایت USGS دانلود شد و همه مراحل پردازش تصاویر و جدا کردن شاخص‌ها توسط نرم‌افزار ENVI و تهیه نقشه‌های شاخص‌ها و پهنه‌بندی‌ها در نرم‌افزار Arc Map انجام شد. این ماه‌های منتخب (ژانویه، فوریه و مارس) دارای بیش‌ترین مقدار پوشش گیاهی و رشد در استان‌های خشک و نیمه‌خشک است. شاخص استانداردشده بارش SPI که توسط مک‌کی از دانشگاه ایالات کلورادو تدوین‌شده، برای هر مقیاس زمانی قابل‌مقایسه است. و به‌عنوان یکی از شاخص‌های اساسی در مطالعه‌ی ارزیابی خشک‌سالی مورداستفاده قرار می‌گیرد. محاسبه این شاخص نیازمند داشتن میانگین و انحراف معیار درازمدت مقادیر بارندگی در دوره‌های موردمطالعه است (Mckee et al., 1995). جهت محاسبه شاخص SPI از رابطه زیر استفاده می‌شود:

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

$$SPI_{j.k} = \frac{p_{j,k-\bar{P}j}}{\partial P_j}$$

جدول۲- طبقه‌بندی دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی بر اساس شاخص SPI

Table 2- Classification of drought and wet periods based on SPI index

طبقات خشکسالی	SPI
ترسالی بسیار شدید	۲ و بیشتر
خیلی مرطوب	۱.۵ تا ۱.۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱.۴۹
تقریباً نرمال	۰.۹۹- تا ۰.۹۹
خشک‌سالی متوسط	۱- تا ۱.۴۹-
خشک‌سالی شدید	۱.۵- تا ۱.۹۹-
خشک‌سالی بسیار شدید	۲- و کمتر

جدول(۲)، طبقه‌بندی دوره‌های خشک‌سالی را بر اساس شاخص SPI نشان می‌دهد. مقادیر شاخص SPI با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه برای دوره آماری موردمطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۰) برای پنج ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان شامل بوشهر، برازجان، دیر، دیلم و جم محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. سعی شد ایستگاه‌ها به نحوی انتخاب شود که ازنظر موقعیت مکانی نماینده مناسبی برای کل استان بوشهر باشند. جهت محاسبه ضریب همبستگی بین شاخص خشک‌سالی هواشناسی SPI و شاخص وضعیت پوشش گیاهی VCI به‌دست‌آمده از داده‌های سنجش‌ازدور و روش همبستگی پیرسون که یک متغیر فاصله‌ای است استفاده شد. همبستگی وجود یا عدم وجود رابطه بین دو متغیر را نشان داده و در صورت وجود، شدت آن را تعیین می‌کند. به‌عبارت‌دیگر رابطه بین دو متغیر می‌تواند مثبت یا منفی باشد. ضریب همبستگی پیرسون r بین ۱+ و ۱- متفاوت است مقادیر نزدیک به ۱+ یا ۱- نشان می‌دهد که وابستگی این دو متغیر بیشتر است

بحث

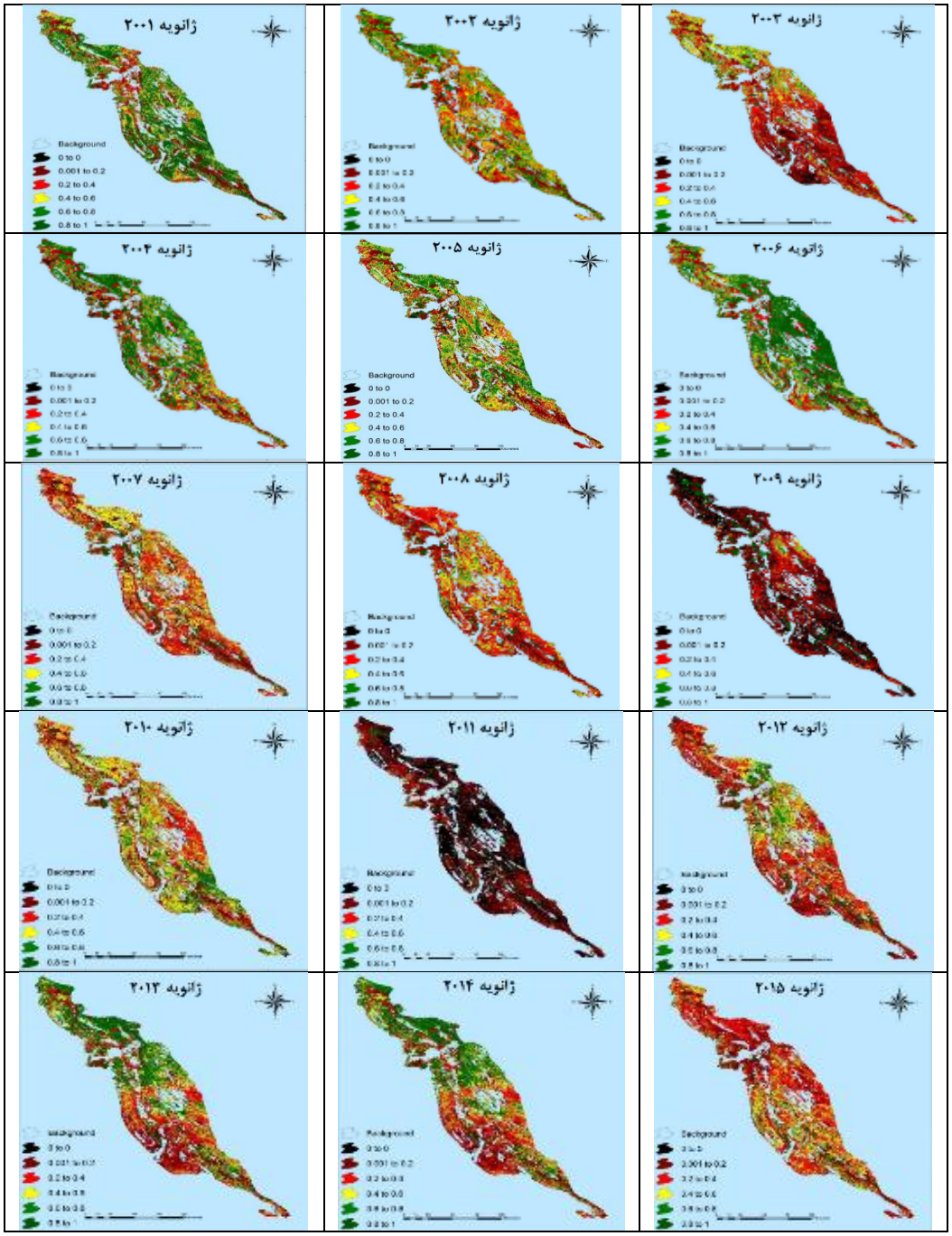
شکل‌های(۲ تا ٤) مقادیر شاخص VCI در طبقات مختلف به ترتیب برای ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس در طول کل دوره آماری (۲۰۱۸ -۲۰۰۱) را نشان می‌دهد (اشکال ۲، ۳ و ٤). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تصاویر طبقه‌بندی‌شده (شکل‌های ۲ تا٤) بیش‌ترین میزان خشک‌سالی مشاهده‌شده در کل دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۱۸ در مارس سال ۲۰۰۹ بوده است بطوریکه مساحت کلاس ۱و۲ به‌عنوان خشک‌سالی شدید به میزان ۹٦/۹۲ درصد (جدول ۵) از مساحت کل استان را فراگرفته است؛ و مساحت کلاس ۳ به‌عنوان خشک‌سالی متوسط ۲/۱۹ درصد از مساحت کل استان را اشغال کرده است. در ژانویه سال ۲۰۰۳ کلاس‌های ۱و۲ به‌عنوان خشک‌سالی شدید ٤۳/٦۷ درصد ، سال ۲۰۰۹ به میزان ۷۷/۸درصد، سال ۲۰۱۷ به میزان ۷٦/۰۸ درصد و سال ۲۰۱۸ به مقدار ٤۲/۹۹ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده‌اند(جدول ۳). در فوریه سال ۲۰۰۸ کلاس ۱و۲ به میزان ۵۰/۲۳،

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سال‌های ۲۰۱۱ به میزان ٤٠/٩٣ درصد و ۲۰۱۲ به میزان ۳۹/۰۳ درصد از مساحت کل استان بوشهر را فراگرفته است(جدول ٤). در سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۵-۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ ماه فوریه و مارس کلاس ۱و۲ به‌عنوان خشک‌سالی شدید بیش‌ترین مساحت را نسبت به کلاس‌های دیگر را اشغال کرده‌اند(جداول ٤ و ٥). بیش‌ترین میزان ترسالی مربوط به ژانویه سال۲۰۰٦ و فوریه و مارس ۲۰۱٤ می‌باشد که در بین این سه سال مارس ۲۰۱٤ مساحت ۹٥/٤۱ درصد از کل مساحت استان را به کلاس‌های ٤، ٥ و٦ خود اختصاص داده که به‌عنوان مرطوب‌ترین سال در دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۱۸ می‌باشد (جدول ٥). تمامی کلاس‌ها به همراه درصد مساحت آن‌ها را می‌توان در جداول شماره (۳ تا ٥) تا مشاهده کرد. با توجه به جدول شماره (۳) که میزان درصد مساحت شاخص وضعیت پوشش گیاهی در ژانویه سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۸ را نشان می‌دهد، می‌توان مشاهده کرد که بیش‌ترین درصد مساحت خشک‌سالی در کل دوره آماری در ماه ژانویه برای سال ۲۰۰۹ به ثبت رسیده که کلاس‌های ۱ و۲ به‌عنوان کلاس‌های خشک‌سالی شدید به ترتیب ۳٤/۷٦ و ٤۳/۰٤ درصد از مساحت کل استان بوشهر را به خود اختصاص داده است. در سال ۲۰۰٦ کلاس‌های ٤، ٥ و٦ که به‌عنوان کلاس‌های بدون خشک‌سالی می‌باشند، جمعاً به میزان ۷۲.۳۸ درصد از کل منطقه موردمطالعه را فراگرفته‌اند. در جدول (٤) که مربوط به درصد مساحت وضعیت پوشش گیاهی در ماه فوریه می‌باشد، در سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۹-۲۰۱۱-۲۰۱۲-۲۰۱۳-۲۰۱۳-۲۰۱۷و ۲۰۱۸ درصد کلاس‌های ۱، ۲ و۳ که به‌عنوان کلاس‌های خشک‌سالی شناخته می‌شوند، نسبت به کلاس‌های دیگر در سال‌های دوره آماری به میزان قابل‌توجهی بیش‌تر بوده که نشان از خشک‌سالی در این سال‌ها را دارد.

در بین این سال‌های خشک‌سالی، سال ۲۰۰۹، کلاس‌های خشک‌سالی شدید و متوسط به ترتیب ٦۲/۲۲ - ۲۷/۹۳و٥/۳۲ درصد که جمعاً به میزان ۹٥/٤۷درصد از کل منطقه استان بوشهر را اشغال کرده است. در سال ۲۰۱٤ میزان کلاس‌های بدون خشک‌سالی جمعاً ۷۷/۹۱ درصد از کل استان بوده که به‌عنوان سال با بیش‌ترین میزان ترسالی به‌حساب می‌آید. با توجه به نقشه‌های ماه مارس در سال ۲۰۰۹ کل سطح استان دچار خشک‌سالی بوده که با توجه به جدول(٥) کلاس‌های ۲،۱و۳ به میزان ۹۹/۱۱ درصد از کل استان بوشهر بوده که نشان از خشک‌سالی شدید در سرتاسر استان را دارد. همچنین در مارس سال‌های ۲۰۱٥ و۲۰۱٦ نیز بیش از ۹۰ درصد از کل استان دچار خشک‌سالی بوده است. سال ۲۰۱٤ با میزان ۹٥.٤۱ درصد برای کلاس‌های بدون خشک‌سالی در صدر سال‌های تر دوره آماری این مطالعه می‌باشد.

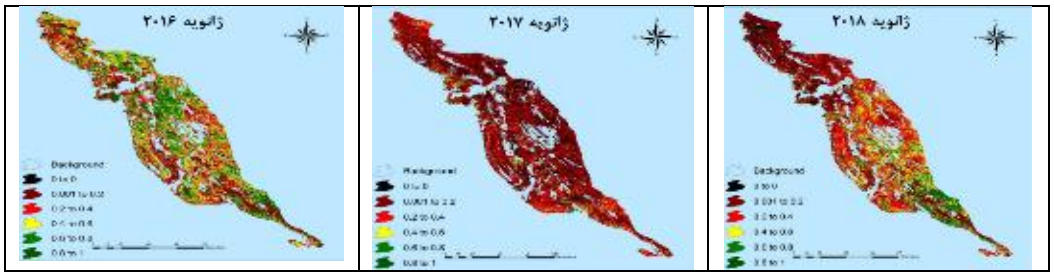
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲: شاخص VCI استان بوشهر (ژانویه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

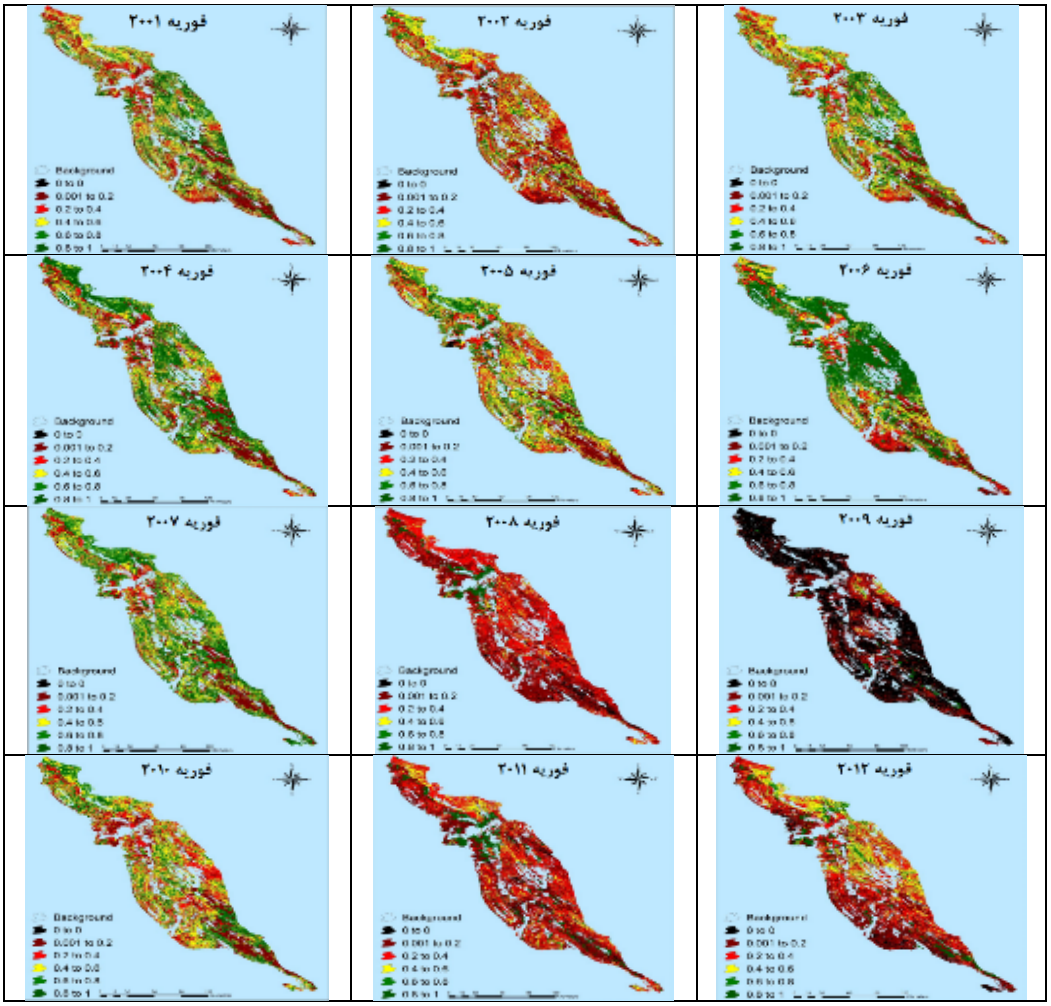
Figure 2: VCI Index of Bushehr province (January 2001 to 2018)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



ادامه شکل ۲: شاخص VCI استان بوشهر (ژانویه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

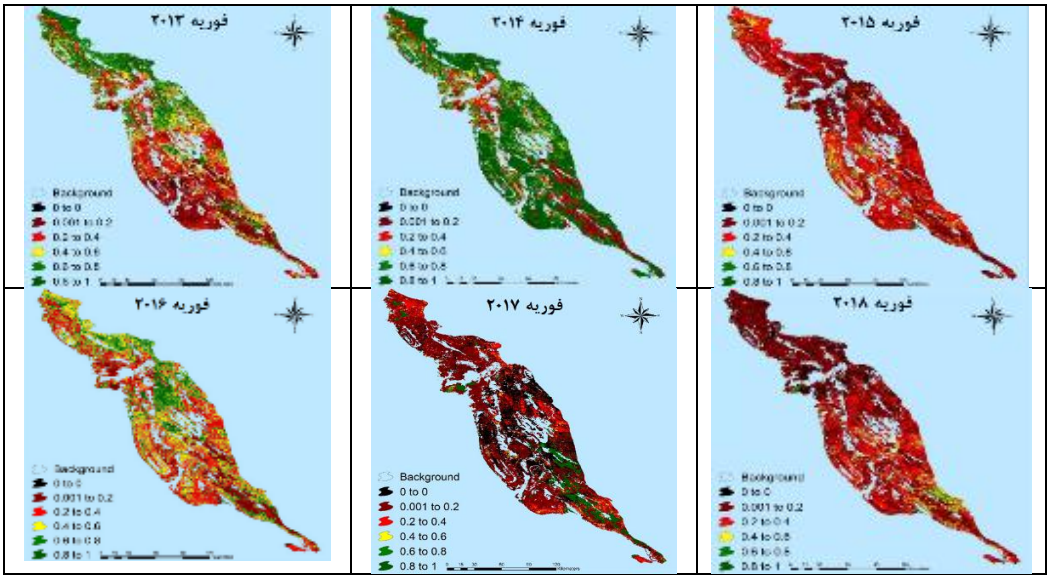
continue of figure 2: VCI Index of Bushehr province (January 2001 to 2018)



شکل ۳: شاخص VCI استان بوشهر (فوریه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

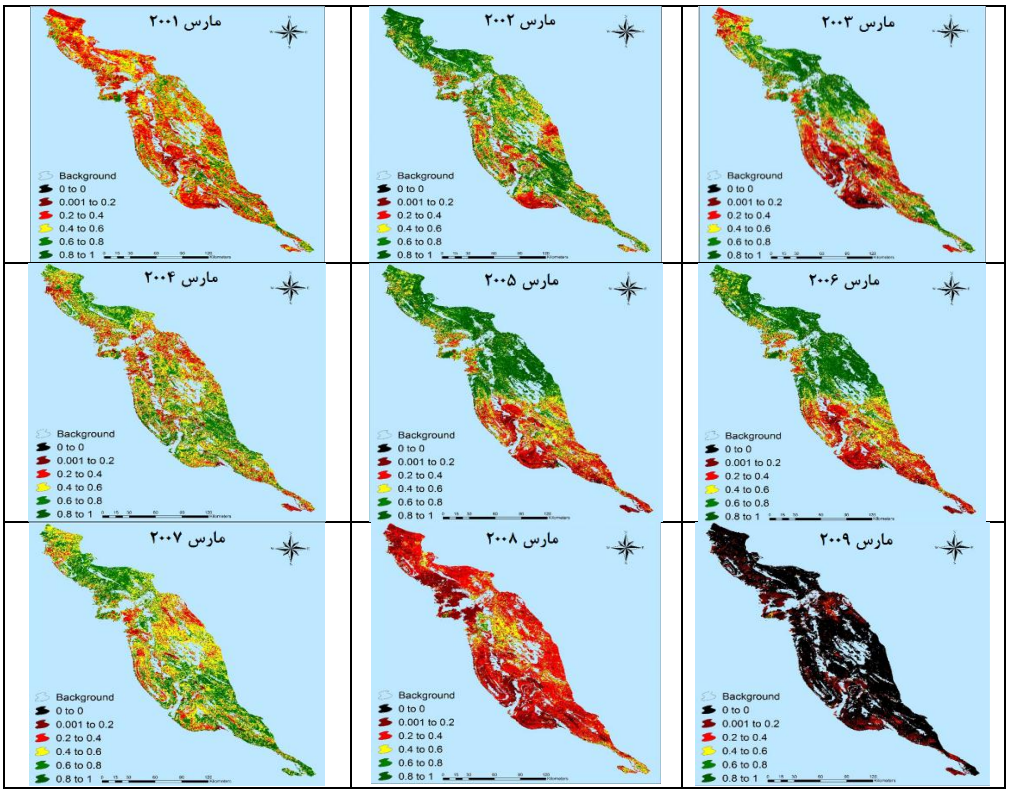
Figure 3: VCI Index of Bushehr Province (February 2001 to 2018)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



ادامه شکل ۳: شاخص VCI استان بوشهر (فوریه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

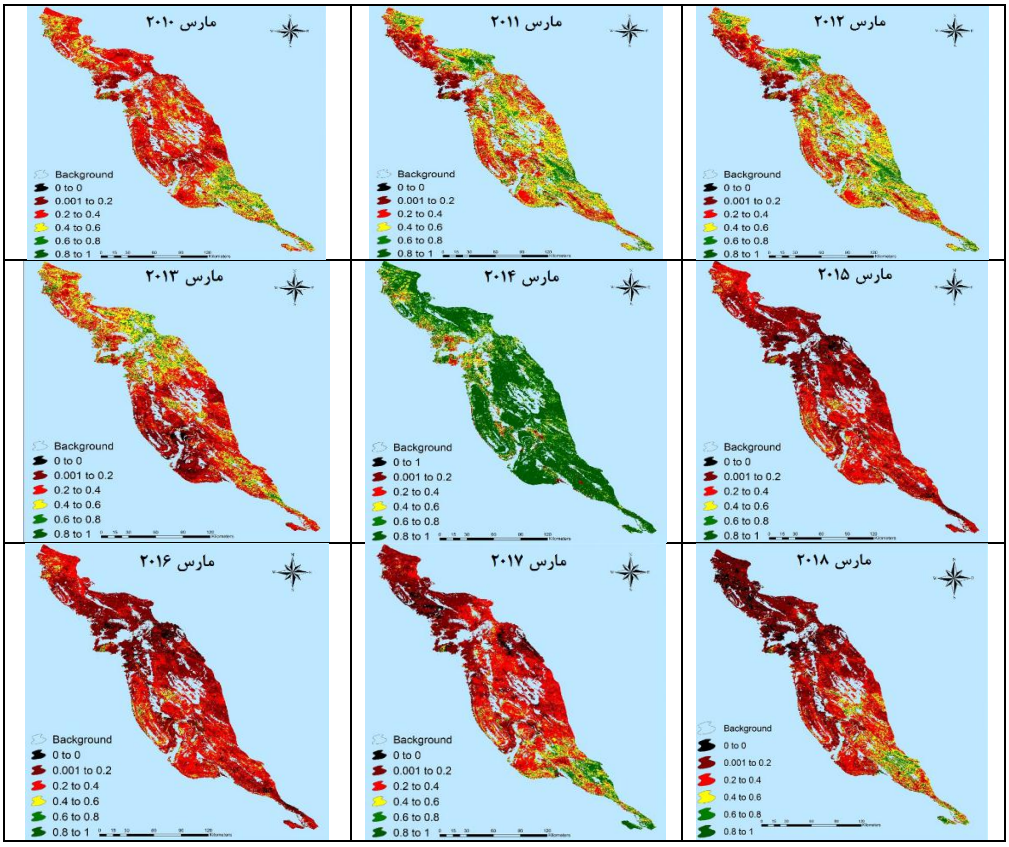
Continue of figure 3: VCI Index of Bushehr Province (February 2001 to 2018)



شکل ٤: شاخص VCI استان بوشهر (مارس ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

Figure 4: VCI Index of Bushehr Province (March 2001 to 2018)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



ادامه شکل ٤: شاخص **VCI** استان بوشهر (مارس ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸)

Continue of figure 4: VCI Index of Bushehr Province (March 2001 to 2018)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- درصد مساحت طبقات شاخص وضعیت پوشش گیاهی در ژانویه سال‌های ۲۰۰۱ تا۲۰۱۸

Table 3- Percentage of area of vegetation status index classes in January 2001 to 2018

	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰٤	۲۰۰۵	۲۰۰٦	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱٤	۲۰۱۵	۲۰۱٦	۲۰۱۷	۲۰۱۸
خشک‌سالی شدید ۰–۰	۰/۲٦	۱/٤٦	۵/۲٦	۲/٦٦	۱/۳۵	۰/٤۲	۰/۹٤	۱/۹۳	۳٤/۷٦	۰/٤۷	٤۹/۳۰	۱/۸۸	۱/۸۲	۱/۸۲	۰/۹۹	۱/۰۹	۱۵/۵۳	۵/۵۲
خشک‌سالی شدید ۰/۲ – ۰/۰۲	۱۷/۰۹	۲۰/۳۸	۳۸/٤۱	۱۸/۷۱	۱۹/۷۵	۱۵/۷٤	۲۰/۷٤	۲۸/۲٤	٤۳/۰٤	۱۹/۷۵	۳۷/٦۸	۲۸/۳۰	۲۲/۱۵	۲۲/۱۵	۳۰/۵٤	۲۰/۵۳	٦۰/۵۵	۳۷/٤۷
خشک‌سالی متوسط ٤/۰ – ۲/۰	۱۲/۰۹	۱۹/۷۰	۲۵/۰۱	۱٤/۰۷	۱۵/۱۱	۱۱/٤٦	۳۵/۲۸	۳٤/۳۹	۱۰/۲۱	۲۳/۱۹	۵/۸٤	۳۱/٤۲	۲۱/۰۵	۲۱/۰۵	۳٦/۰٦	۲۰/۸٤	۱٦/۸۳	۲۵/۵۳
نرمال ٦/۰ – ٤/۰	۱۸/۵۰	۲۵/۵۳	۱۸/٤۵	۱۸/۱۹	۲۸/۰٤	۱٤/۹۰	۲۷/۱۰	۲۳/۲٤	۳/۰۲	۳۱/۷٤	۱/۳۵	۲۱/۰۰	۱۸/۱۳	۱۸/۱۳	۲۱/۲۱	۲٦/۷۸	۳/۷۰	۱۷/۲۵
ترسالی متوسط ۰/٦ – ۰/۸	۲۱/٤۲	۱۹/۲۸	۸/٤٤	۲۱/۲۱	۲۳/۸۷	۲۰/۰٦	۵/۵۸	٦/۲۵	۱/۲۰	۱٤/۹٦	۰/۷۳	۸/۸٦	۱۵/۱۱	۱۵/۱۱	۵/۸۹	۱۸/٤۵	۱/۳۵	۷/٦۱
ترسالی شدید ۰/۸ – ۱	۳۰/٦٤	۱۳/۷۱	٤/٤۳	۲۵/۱۲	۱۱/۸۳	۳۷/٤۲	۱۰/۳۷	۵/۹٤	۷/۷۱	۹/۹۰	۵/۱۱	۸/۵۵	۲۱/۷۳	۲۱/۷۳	۵/۳۲	۱۲/۳۵	۲/۰۳	٦/۵۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ٤- درصد مساحت طبقات شاخص وضعیت پوشش گیاهی در فوریه سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸

Table 4- Percentage of vegetation status index classes in February 2001 to 2018

	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰٤	۲۰۰۵	۲۰۰٦	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱٤	۲۰۱۵	۲۰۱٦	۲۰۱۷	۲۰۱۸
خشک‌سالی شدید ۰–۰	۰/۱٦	۱/۰٤	۰/۱٦	۰/٤۷	۰/٦۸	۰/٦۳	۰/۲۱	٤/۲۷	٦۲/۲۲	۰/۱٦	٤/٦٤	۵/۱۱	۱/۰۹	۰/۱۰	۳/٦۵	۰/٤۲	۲٦/۰۰	۹/۹۵
خشک‌سالی شدید ۰/۲ – ۰/۰۲	۱٦/۲۱	۲٦/۷۳	۱٦/۲۱	۱۷/۲۵	۱۵/٤۲	۱۲/۷۷	۱٤/۹٦	٤۵/۹٦	۲۷/۹۳	۱۸/۳۹	۳۹/۲۹	۳۳/۹۲	۲۷/۱۰	۱۱/۳٦	۵۰/٦۰	۲۰/۰٦	۵۰/٦۰	۵۸/۸۸
خشک‌سالی متوسط ٤/۰ – ۲/۰	۱۹/۷۰	۲۹/۰۸	۱۹/۷۰	۱۳/۵۵	۲۱/۷۳	۱۵/٤۸	۱۱/۵۷	۳۷/۵۲	۵/۳۲	۲۱/۸۹	۳۳/۵٦	۲۸/۹۲	۲۳/۷۱	۱۰/٦۸	۳۵/۷۵	۲۸/٤۰	۱۱/۵۲	۲۲/٤۱
نرمال ٦/۰ – ٤/۰	۲۹/۹۱	۲٦/۸٤	۲۹/۹۱	۲۲/۸۲	۳۲/۳٦	۱٦/۹٤	۲٦/٤۷	۵/۷۸	۱/۷۲	۳۰/٤۳	۱۰/۵۳	۱۹/۵۹	۱۸/۳٤	۹/٤۳	۷/۷۱	۲۸/۲٤	۱/۸۸	٦/۱۵
ترسالی متوسط ۰/۸ – ۰/٦	۲۱/۱٦	۱۱/۲۰	۲۱/۱٦	۲٤/۲۳	۱۸/۳۹	۱۵/۰٦	۲۹/۵۵	۰/٦۸	۰/٦۸	۱۹/۳۹	۱/٤٦	۵/۷۸	۱۵/۸۹	۱۵/٦۹	۱/٤۱	۱۵/۰٦	۰/٤۷	۱/۷۲
ترسالی شدید ۱ – ۰/۸	۱۲/۸۷	۵/۱۱	۱۲/۸۷	۲۱/٦۸	۱۱/٤۱	۳۹/۱۳	۱۷/۲۵	۵/۷۸	۲/۱٤	۹/۷٤	۱۰/۵۸	٦/۷۲	۱۳/۸٦	۵۲/۷۹	۰/۹٤	۷/۸۷	۹/۵٤	۰/۹٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۵: درصد مساحت طبقات شاخص وضعیت پوشش گیاهی در مارس سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸

Table 5: Percentage of area of vegetation status index classes in March 2001 to 2018

	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸
خشک‌سالی شدید ۰-۰	۰/۳۷	۰/۱۶	۲/۰۹	۰/۳۱	۰/۹٤	۰/۹٤	۰/۰۵	۱/۲۰	۸۰/۷۹	۰/۲٦	۰/۷۳	۰/۷۳	۲/۱۹	۰/۰۵	۵/۵۳	۵/۵۳	٤/۲۳	۹/٦٦
خشک‌سالی شدید ۰/۲ - /۰۲	۹/۳۹	۹/۳۹	۱۳/۳۱	٤/۰۷	۸/٤۰	۸/٤۰	۱/٦۷	۳۰/۳۸	۱٦/۱۳	۱٦/۰۲	۱۰/٤٤	۱۰/٤٤	۲۲/۲۹	۰/۹۹	٤۹/۵۸	٤۹/۵۸	۳۸/٤۷	٤۵/۲۵
خشک‌سالی متوسط ٤/۰ – ۲/۰	٤۱/۷۰	۱۵/۱٤	۲٤/۵۳	۲۰/۹۳	۲۰/۸۸	۲۰/۸۸	۱٤/۷۷	۵۱/۱۵	۲/۱۹	۵۲/۱٤	۳۰/٦۹	۳۰/٦۹	٤۰/۱۹	۳/۵۵	۳۸/۱۰	۳۸/۱۰	۳۸/۰۰	۲۷/۹۷
نرمال ٦/۰ – ٤/۰	۳۳/۵۱	۲۹/۳۳	۲۳/۷۰	۳۹/۵٦	۲۲/۲۹	۲۲/۲۹	٤۱/۲۳	۱٤/۸۷	۰/٤۷	۲٤/٤۳	۳۸/۷۸	۳۸/۷۸	۲٦/۷۲	۱۱/۵۳	۵/٤۸	۵/٤۸	۱۱/٤۸	۱۱/۹۵
ترسالی متوسط ۰/۸ – ۰/٦	۱۰/۸٦	۲۹/٦۵	۱۹/٦۲	۲٦/۹۸	۲۰/۸۸	۲۰/۸۸	۳۰/۷٤	۱/۹۸	۰/۱٦	۵/۸۵	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۷/۱۵	۲۲/۷٦	۰/۸۹	۰/۸۹	٤/۷۵	۳/۸۱
ترسالی شدید ۱ – ۰/۸	٤/۱۲	۲۲/۳٤	۱٦/۷۰	۸/۱٤	۲٦/٦۷	۲٦/٦۷	۱۱/٤۸	۰/٤۲	۰/۱٦	۱/۲۰	۳/۵۰	۳/۵۰	۱/٤٦	٦۱/۱۲	۰/٤۲	۰/٤۲	۳/۰۸	۱/۳٦

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتایج حاصل از محاسبه شاخص بارش استاندارد سالانه نشان داد، خشک‌سالی در ایستگاه‌های موردمطالعه استان بوشهر به این صورت می‌باشد که بالاترین خشک‌سالی بسیار شدید در سال ۲۰۱۰ با میزان SPI (۲/۰۷-) در ایستگاه بوشهر و شدیدترین ترسالی در سال۲۰۱۷ با میزان SPI (۲/۳۹) در ایستگاه جم رخ‌داده است. در جدول(٦) تمامی تنش‌های موجود در ایستگاه‌ها در طول دوره ۱۸ ساله (۲۰۰۱-۲۰۱۸) آورده شده است.

جدول٦- سال‌های رخداد خشک‌سالی بر اساس شاخص SPI در تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه در دوره آماری۲۰۰۱-۲۰۱۸

Table 6- Drought years based on SPI index in all stations studied in the statistical period of 2001-2018

میانگین VCI	درجه خشک‌سالی	SPI (شش مامه)	درجه خشک‌سالی	SPI (سه‌ماهه)	سال
۵۳	تقریباً نرمال	۰/٤	ترسالی متوسط	۱/۰٤	۲۰۰۱
۳۵	خشک‌سالی متوسط	-۱/۱۸	تقریباً نرمال	۰/۰۷	۲۰۰۲
۵۳	تقریباً نرمال	۰/٤۷	تقریباً نرمال	۰/۹٦	۲۰۰۳
۷۵	ترسالی متوسط	۱/۱	ترسالی متوسط	۱/۳	۲۰۰٤
۵۲	تقریباً نرمال	۰/٤۲	تقریباً نرمال	۰/۷۷	۲۰۰۵
۸۹	خیلی مرطوب	۱/٦۹	ترسالی متوسط	۱/٤	۲۰۰٦
۷۷	ترسالی متوسط	۱/۱	خیلی مرطوب	۱/۹۳	۲۰۰۷
۲۸	خشک‌سالی متوسط	-۱/٤٦	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/۵۳	۲۰۰۸
۱۱	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/٦٦	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/٦۲	۲۰۰۹
۵۸	تقریباً نرمال	۰/۵۳	تقریباً نرمال	-۰/۵۱	۲۰۱۰
۳۲	خشک‌سالی متوسط	-۱/۱٤	تقریباً نرمال	-۰/۷۸	۲۰۱۱
٤۸	تقریباً نرمال	-۰/۰۹	تقریباً نرمال	۰/۹۵	۲۰۱۲
۷٦	ترسالی متوسط	۱/۱٦	ترسالی متوسط	۱/۰۵	۲۰۱۳
۹۱	خیلی مرطوب	۱/٦۹	خیلی مرطوب	۱/۹۳	۲۰۱٤
۱۸	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/۵	خشک‌سالی متوسط	-۱/۱	۲۰۱۵
۷۷	تقریباً نرمال	۰/۹۱	ترسالی متوسط	۱/۰۷	۲۰۱٦
۱۰	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/۷٦	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/٦۷	۲۰۱۷
۱۸	خشک‌سالی بسیار شدید	-۱/۵۸	ترسالی متوسط	-۱/۱۲	۲۰۱۸

به دلیل داده‌های نقطه‌ای بارش در ایستگاه‌ها و داده‌های VCI پهنه استان بوشهر و همگام نبودن این دو سری داده مقرر گردید داده‌های SPI سه‌ماهه و شش‌ماهه ماه فوریه مربوط به ایستگاه برازجان با داده‌های میانگین VCI ماه فوریه در پهنه دشتستان مورد مقایسه قرار گیرد. دلیل انتخاب برازجان از بین ایستگاه‌ها به دلیل تراکم بالای کشاورزی و نخلستان‌ها در شهرستان دشتستان و کامل بودن داده‌های بارش در دوره زمانی موردمطالعه می‌باشد. نتایج بررسی ضریب

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همبستگی به روش پیرسون نشان داد میانگین همبستگی بین این دو شاخص در سری‌های زمانی ۳ ماهه و ٦ ماهه به ترتیب ۷٦ و ۸۹ درصد می‌باشد (جدول ۷).

جم	بوشهر	دیر	دیلم	برازجان	
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	خشک‌سالی متوسط	تقریباً نرمال	۲۰۰۱
تقریباً نرمال	**ترسالی بسیار شدید**	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۰۲
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	خشک‌سالی متوسط	۲۰۰۳
خیلی مرطوب	**خیلی مرطوب**	**ترسالی بسیار شدید**	**خیلی مرطوب**	تقریباً نرمال	۲۰۰٤
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۰۵
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۰٦
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	**خشک‌سالی متوسط**	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۰۷
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	**خشک‌سالی متوسط**	**خشک‌سالی متوسط**	تقریباً نرمال	۲۰۰۸
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۰۹
خشک‌سالی شدید	**خشک‌سالی بسیار شدید**	تقریباً نرمال	**خشک‌سالی شدید**	**خشک‌سالی متوسط**	۲۰۱۰
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۱۱
خشک‌سالی متوسط	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	**ترسالی بسیار شدید**	۲۰۱۲
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۱۳
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	**ترسالی متوسط**	**خیلی مرطوب**	ترسالی متوسط	۲۰۱٤
تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	تقریباً نرمال	۲۰۱۵
خشک‌سالی متوسط	**خشک‌سالی متوسط**	تقریباً نرمال	**خشک‌سالی متوسط**	**خشک‌سالی متوسط**	۲۰۱٦
ترسالی بسیارشدید	تقریبا نرمال	**ترسالی بسیار شدید**	**خشک‌سالی متوسط**	تقریباً نرمال	۲۰۱۷
تقریباً نرمال	**ترسالی متوسط**	تقریباً نرمال	**ترسالی متوسط**	تقریباً نرمال	۲۰۱۸

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از محاسبه SPI، در طول دوره آماری ۱۸ ساله در ۵ ایستگاه سینوپتیک استان بوشهر می‌توان خشک‌سالی شدید، خشک‌سالی متوسط، نرمال، خیلی مرطوب، ترسالی متوسط و شدید را مشاهده کرد. نتایج مشخص‌شده از شاخص پوشش گیاهی (VCI) نشان از همبستگی بالای این شاخص با شاخص SPI دارد. به‌طور مثال، نتایج حاصل از شاخص SPI، نشان داد که در سال ۲۰۰۹ خشک‌سالی شدید در استان بوشهر رخ‌داده است. محاسبه شاخص VCI در این سال نیز نشان داد که میزان پوشش گیاهی ضعیف به‌طور چشم‌گیری افزایش‌یافته است. درحالی‌که در سال ۲۰۱٤ به‌عنوان سال ترسالی، میزان پوشش گیاهی نیز افزایش‌یافته که به‌خوبی نشان‌دهنده همبستگی معنادار این

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دو شاخص می‌باشد. همین‌طور بیش‌ترین همبستگی بین شاخص SPI شش‌ماهه و VCI مشاهده شد. دقت بالای شاخص VCI نسبت به شاخص SPI به این دلیل می‌باشد که شاخص SPI سالانه از ۵ ایستگاه در استان گرفته‌شده است اما شاخص VCI وضعیت پوشش گیاهی را در پهنه استان بوشهر در ابعاد هر پیکسل برابر ٦.٢٥ هکتار نشان می‌دهد و این مسئله باعث افزایش دقت در تفکیک پدیده‌ی خشک‌سالی و تأثیرات آن بر پوشش گیاهی می‌شود. هدف از تعیین همبستگی بین دو شاخص SPI و VCI، تعیین مقدار تأثیرپذیری پوشش گیاهی متأثر از مقادیر بارش است. بعد از محاسبه همبستگی مشخص گردید بین این دو شاخص همبستگی معنی‌داری وجود دارد به این معنا که با افزایش میزان بارش در بازه ۳ ماه و ٦ ماهه در منطقه میزان پوشش گیاهی نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که ترسالی، روی پوشش گیاهی اثرگذار است. ولی با یک تأخیر زمانی می‌توان این اثر را مشاهده کرد. یعنی اگر در سالی بارش قابل‌توجهی در منطقه نسبت به سال قبل نداشته باشیم پوشش گیاهی می‌تواند از ذخایر آبی استفاده کرده و زمانی می‌توان در پوشش گیاهی تغییری را مشاهده کرد که ذخایر آبی نیز به اتمام برسد و همچنان بارندگی قابل‌توجهی در منطقه وجود نداشته باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Refrences

- Behbahani, N., Fallah, S. S., Farzadmehr, J., Erfanifard, S. Y., &Ramazani, G. M.(2010)." Using vegetation indices of ASTER-L1B imagery to estimate single trees crown cover in arid rangelands, Case study; Tag-Ahmadshahi, southern of Khorassan". ***Journal of Rangeland***, 4(1), 93-103. [In Persian].
- Cheng-lin, L.,& Jian-jun, W. (2008)."Crop drought monitoring using MODIS NDDI over mid-territory of China. In IGARSS 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 3, pp. III-883). IEEE. https://doi.org/10.1109/IGARSS.2008.4779491.
- Cook, B. I., Smerdon, J. E., Seager, R., & Coats, S. (2014)." Global warming and 21 st century drying". ***Climate Dynamics***, 43(9), 2607-2627. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2075-y.
- Dabrowska-Zielinska, K., Kogan, F., Ciolkosz, A., Gruszczynska, M.,& Kowalik, W. (2002)." Modelling of crop growth conditions and crop yield in Poland using AVHRR-based indices". ***International Journal of Remote Sensing***, 23(6), 1109-1123. https://doi.org/10.1080/01431160110070744.
- Ebrahimi Khusfi, M., Darvishzade, R., Matkan, A., &Ashourloo, D. (2010)." Drought assessment in arid regions using vegetation indices - A case study of "Shirkooh of Yazd" in central Iran". ***Environmental Sciences,*** 7(4), 59-72. [In Persian].
- Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J., &Ghorbani, Kh. (2013)." Study of the identification of the variations in plant vegetation using remote sensing and ground-based drought indices (Case study: Kermanshah province)". ***Journal of Agricultural Meteorology***, 1(1), 37-48. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.231348.1112.
- Espinosa, L. A., Portela, M. M.,& Rodrigues, R. (2019)." Spatio-temporal variability of droughts over past 80 years in Madeira Island".***Journal of Hydrology: Regional Studies***, 25, 100-115. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100623.
- Funk, C.,& Budde, M.E. (2009)." Phenologically-tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe". ***Remote Sensing of Environment***, 113(1), 115-125.
- Hao, Z., Singh, V.P., &Xia, Y. (2018)." Seasonal drought prediction: advances, challenges, and future prospects". ***Reviews of Geophysics***, 56(1),108-141. https://doi.org/10.1002/2016RG000549.
- He, X., Pan, M., Wei, Z., Wood, E. F.,&Sheffield, J. (2020)." A global drought and flood catalogue from 1950 to 2016". ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 101(5), 508-535. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0269.1.
- Jahanbakhsh, S., Sari, S. B., Khourshiddoust, A., &Rostamzadeh, H. (2010)." The evaluation of vegetation cover changes in Sarah plain: the application of NDVI and VRI index for dry and wet years". ***Geography***, 23, 118-134. [In Persian].
- Khadr, M. (2016)." Forecasting of meteorological drought using Hidden Markov Model (case study: The upper Blue Nile river basin, Ethiopia)". ***Ain Shams Engineering Journal***, 7(1), 47-56. https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.005.
- Khajeh, F. (2017)." Drought monitoring using normalized vegetation difference index (NDVI) in Isfahan province**".** M.Sc. Thesis, Faculty of Environment: University of Isfahan. [In Persian].
- Kogan, F. N. (1998)." Global drought watch from space". ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 78(4), 621-636. https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2.
- Lin, M. L., Chu, C. M., &Tsai, B.W. (2011). "Drought risk assessment in western innerMongolia". ***International Journal of Environmental Research***, 5(1), 139-148. https://doi.org/10.22059/ijer.2010.299.
- Livneh, B., &Hoerling, M.P. (2016)." The physics of drought in the US central Great Plains". ***Journal of Climate***, 29(18), 6783-6804. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0697.1.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Luo, L., Apps, D., Arcand, S., Xu, H., Pan, M.,& Hoerling, M. (2017)." Contribution of temperature and precipitation anomalies to the California drought during 2012–2015". ***Geophysical Research Letters***, 44(7),3184-3192. https://doi.org/10.1002/2016GL072027.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J.,& kleist, J. (1995)." Drought monitoring with multiple time scales", 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January 1995, Dallas.
- Mirmusavi, S. H. &Karimi, H. (2011)." Effects of drought on vegetation using the MODIS images". ***Journal of Geography and Development***, 31, 57- 76. [In Persian]. https://doi.org/10.22111/gdij.2013.794.
- Naumann, G., Alfieri, L., Wyser, K., Mentaschi, L., Betts, R. A., Carrao, H., &Feyen, L. (2018)."Global changes in drought conditions under different levels of warming". ***Geophysical Research Letters***, 45(7), 3285-3296. https://doi.org/10.1002/2017GL076521.
- Quiring, S. M., &Ganseh, S. (2010). "Evaluating the utility of the vegetation condition index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas". ***Agricultural and Forest Meteorology***, 150, 330–339. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.015.
- Rahimzadeh, P. (2014)." ***Drought management (cognition and solutions)*".** Mashhad: Sokhan Gostar Pub. [In Persian].
- Rahimzadeh, P. (2015). "Investigating the possibility of using NOAA-AVHRR images for drought monitoring**"**, M.Sc. Thesis, Faculty of Environment: University of Tehran. [In Persian].
- Raziei, T., Daneshkar Arasteh, P., Akhtari, R.,& Saghafian, B. (2007)." Investigation of meteorological droughts in the Sistan and Baluchistan Province, using the standardized precipitation index and Markov chain model". ***Iran-Water Resource Research Journal***, 3, 25-35. [In Persian].
- Roshun, S. H., Habibnejadroshan, M.,& Shahedi, K. (2019)." Investigation of the trend of groundwater level changes and drought indicators GRI and SWI in Sari–Neka plain". ***Geographical Space***, 67, 131-146. [In Persian].
- Salimi Fard, M., Sanaei-nejad, S. H., Sepehr, A., &Sabet Dizavandi, L. (2018)." Drought monitoring based on satellite index (SDI) and TRMM data, (Case study: Khorasan Razavi province)". **Nivar**, 42,19-30. [In Persian]. https://doi.org/10.30467/nivar.2018.125918.1085.
- Singh, R. P., Roy, S.,& Kogan, F.N. (2003)." Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India". ***International of Journal of Remote Sensing***, 24, 4393–4402. https://doi.org/10.1080/0143116031000084323.
- Song, Y.,& Park, M. (2020)." Assessment of quantitative standards for mega-drought using data on drought damages". ***Sustainability***, 12(9), 3598. https://doi.org/10.3390/su12093598.
- Spinoni, J., Barbosa, P., De Jager, A., McCormick, N., Naumann, G., Vogt, J. V.,& Mazzeschi, M.(2019)." A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016". ***Journal of Hydrology: Regional Studies***, 22, 593-610. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100593.
- Wu, B., Ma, Z., & Yan, N. (2020)." Agricultural drought mitigating indices derived from the changes in drought characteristics". ***Remote Sensing of Environment***, 244, 111813. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111813.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Bushehr Drought Monitoring Based on SPI and VCI Indicators Using MODIS Sensor Images

Esmaeil Abbasi - Department of Environment, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Iran.

Hana Etemadi - Department of Environment, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Iran (corresponding author)

Abstract

Drought is a creepy phenomenon, reversible climate and an unavoidable reality in different climates that is caused by a lack of rainfall over a period of time. The purpose of this research, is to monitor in Bushehr province based on SPI and VCI indices using MODIS sensors. In this regard, using 54 time series images of the Normalized Vegetation Difference Index (NDVI) of MODIS satellite products from the growing seasons (January, February and March) between 2001 and 2018, the VCI, Vegetation Status Index, which is a normalized index to assess drought is calculated. Then, the standard SPI precipitation index for 5 synoptic stations (Borazjan, Bushehr, Deylam, Dayyer and Jam) was calculated during an 18-year statistical period, and according to the SPI classification table, very severe drought, severe drought, drought Moderate, almost normal., moderate wet, very wet and very severe wet were divided. Then the correlation coefficient of these two indices was calculated and it was found that the two indices have a significant correlation coefficient. The results of drought monitoring showed that during this 18-year period, in some years, the VCI index of severe drought (2009) shows that less rainfall occurred in the same year, and in 2014 it shows a very severe wet season where significant rainfall has occurred. Also, the results of the correlation between these two indices showed that the six-month SPI correlation coefficient has a higher correlation with the average VCI index than the quarter. In general., it was found that in the absence of meteorological indicators, a satellite index can be used to monitor drought.

Keywords: Drought, vegetation, SPI and VCI index, MODIS sensor, Bushehr province.

Introduction

Various parts of our environment are impacted by natural calamities like floods, lightning, and drought. Among these occurrences, drought stands out as a crucial and highly influential phenomenon, also transcended continental boundaries. Additionally, drought has the capability to affect expansive regions for extended periods. In fact, drought represents a significant situation that has impacted numerous parts of the world and is considered the most intricate atmospheric hazard. Arid and semi-arid regions frequently experience drought as the prevailing climatic pattern. However, the diverse timing and locations of drought events make it challenging to accurately identify their occurrence based solely on spatial observations. While a lack of rainfall is often the cause of drought, abnormalities in other variables such as temperature and evapotranspiration can also contribute. To properly analyze drought, it is essential to possess an indicator that precisely determines wet and dry periods. Since the effects of drought on

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

vegetation manifest gradually, vegetation indices have been proposed by many scientists as crucial parameters for mapping agricultural lands, studying rainfall, estimating the climatic impacts of drought conditions, and determining plant potential. Traditional methods for investigating drought involve utilizing meteorological indicators calculated from station data. However, these stations in Iran are not adequately distributed and frequently encounter data shortages. In contrast, remote sensing technology allows for the collection of images from large areas using various sensors. The objective of this study is to employ remote sensing techniques utilizing satellite images from the MODIS sensor to monitor drought and compare its accuracy against precipitation station data (SPI index) in the strategic and coastal province of Bushehr

Materials & Methods

Bushehr province is situated in the northern region of the Persian Gulf, encompassing a narrow strip that stretches from Deylam port to Nayband. Geographically, it is positioned between 27º 14´ to 30º 16´ North Latitude and 50º 6´ to 52º 58´ East Longitude. The province's extensive latitude and longitude contribute to its notable characteristic of natural diversity. It shares a border of over 600 km with the Persian Gulf. In this research study, the Normalized Vegetation Difference Index (NDVI) time series images from the MODIS satellite products were utilized. Specifically, 54 images from the growing seasons (January, February, and March) spanning from 2001 to 2018 were analyzed. The VCI (Vegetation Condition Index), a normalized index used to evaluate drought, was calculated based on the NDVI data. Additionally, the standard SPI (Standardized Precipitation Index) was computed for five synoptic stations (Borazjan, Bushehr, Deylam, Dayyer, and Jam) over an 18-year statistical period. The SPI classification table was used to categorize the precipitation levels into very severe drought, severe drought, moderate drought, almost normal, moderate wet, very wet, and very severe wet. Subsequently, the correlation coefficient between these two indices was calculated, revealing a significant correlation between them.

Discussion & Results

Based on the findings derived from the classified images, the most significant drought occurrence throughout the statistical period of 2001-2018 was observed in March 2009. This severe drought, categorized as Class 1 and 2, encompassed 96.92% of the province's total area. Additionally, an average drought, identified as Class 3, covered 2.19% of the province's total area. In January 2003, Class 1 and 2 drought accounted for 43.67% of the province's total area. This percentage increased to 77.8% in 2009, 76.08% in 2017, and 42.99% in 2018. In February 2008, Class 1 and 2 drought covered 50.23% of the province's total area, while in 2011 and 2012, these classes occupied 40.93% and 39.03% of the total area, respectively. During the years 2009, 2015, 2017, and 2018, the largest area affected by severe drought (Classes 1 and 2) in February and March compared to other classes. The highest level of precipitation occurred in January 2006 and February and March 2014. Among these three years, March 2014 stood out as the wettest, with 95.41% of the province's total area falling within the 4th, 5th, and 6th wetness grades. This represents the wettest year within the statistical period of 2001-2018. The results of

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

calculating the annual standard rainfall index indicated that the studied stations in Bushehr province experienced varying levels of drought. The most severe drought, with an SPI (-2/07), occurred in 2010 at the Bushehr station, while the most severe wetness, with an SPI (2/39), was observed in 2017 at the Jam Station.

Conclusions

The results of drought monitoring showed that during this 18-year period, in some years, the VCI index of severe drought (2009) shows that less rainfall occurred in the same year, and in 2014 it shows a very severe wet season where significant rainfall has occurred. Also, the results of the correlation between these two indices showed that the six-month SPI correlation coefficient has a higher correlation with the average VCI index than the quarter. In general, it was found that in the absence of meteorological indicators, a satellite index can be used to monitor drought.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]