

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، تابستان ۱۳۹۱  
صص. ۱۴۰-۱۲۵

## پهنه‌بندی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی توسط سنجش از دور در دشت یزد - اردکان

سمانه پورمحمدی\* - کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد<sup>۱</sup>  
محمدحسن رحیمیان - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد  
منصور کلانتر - دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد  
سودابه پورمحمدی - کارشناس ارشد بیماری‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۵/۲۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۴/۱۲

### چکیده

در پژوهش پیش رو شاخصی به نام نمایه‌ی تأثیر خشکسالی (IDI) معرفی شده است که بیانگر تأثیرات درازمدت شرایط اقلیمی منطقه‌ی مطالعاتی، بر وضعیت پوشش گیاهی مراتع آن منطقه است. نمایه‌ی تأثیر خشکسالی با تلفیق عواملی چون بارندگی و دما (به‌عنوان مهم‌ترین عناصر اقلیمی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی منطقه‌ی مطالعاتی) و شاخص پوشش گیاهی SAVI با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محاسبه می‌شود. از مزایای نمایه‌ی مذکور این است که در GIS قابل محاسبه بوده و خروجی آن به‌صورت نقشه است و بنابراین می‌تواند پهنه‌بندی آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی منطقه‌ی مطالعاتی را انجام دهد. در این پژوهش نمایه‌ی IDI با تلفیق داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی دشت یزد - اردکان برای تهیه‌ی نقشه‌های بارندگی و دمای دشت (آمار هشت ایستگاه از بدو تأسیس تا کنون) و یک سری زمانی از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده‌ی مادیس برای تهیه‌ی نقشه‌ی SAVI مراتع (مشتمل بر ۳۰ تصویر از ماه‌های دارای حداکثر پوشش گیاهی، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی) محاسبه و سپس پهنه‌بندی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مناطق شمالی دشت، دارای بیشترین مقدار IDI نسبت به مناطق دیگر هستند. بیشتر بودن مقدار عددی این نمایه در این مناطق، نشان‌دهنده‌ی تأثیر پذیری بیشتر پوشش گیاهی مناطق مذکور از پدیده‌ی خشکسالی‌ها و شرایط حاد محیطی است. طبقه‌بندی IDI به کلاس‌های شدید، متوسط و ضعیف، نشان می‌دهد که بیشترین مساحت مراتع دشت یزد - اردکان به شدت تأثیر متوسط اختصاص یافته (حدود ۵۰٪) که این نواحی کمابیش در تمامی نقاط دشت پراکنده شده‌اند. همچنین تأثیر خشکسالی بر ۳۹ درصد از مساحت مراتع منطقه‌ی مطالعاتی کم و بر ۱۱ درصد باقیمانده شدید بوده است.

کلیدواژه‌ها: مادیس، پوشش گیاهی، اقلیم، مرتع، نمایه‌ی تأثیر خشکسالی (IDI).

## مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای است که در کشور ما از اهمیت فراوانی برخوردار است و در سال‌های گذشته تأثیرات زیادی بر کشاورزی، منابع طبیعی، منابع آب، شهرنشینی و غیره گذاشته است. از این رو، مطالعه و بررسی آثار آن بر بخش‌های مختلف، از جمله منابع طبیعی، اهمیت فراوانی خواهد داشت. یکی از مقبول‌ترین روش‌های مطالعه‌ی خشکسالی، استفاده از شاخص‌های خشکسالی است. شاخص‌های RDI<sup>۱</sup> (سکریس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴: ۵۱) و SPI<sup>۳</sup> (مک‌کی<sup>۴</sup>، ۱۹۹۵: ۲۳) از جمله‌ی آنهاست، به‌گونه‌ای که شاخص RDI در تبریز محاسبه و نتیجه‌ی آن نشان داد که این شاخص با افزایش دما هم‌خوانی زیادی دارد (خوش‌نفس، ۱۳۸۶: ۵). در پژوهش دیگری شاخص‌های RDI و SPI برای بررسی خشکسالی در مناطق یزد و زابل برآورد شد (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۷). این شاخص‌ها در رابطه با تأثیر خشکسالی بر پدیده‌های متعدّد همچون وضعیت منابع آب، گرمایش زمین، تبخیر و تعرق، عملکرد محصول، پوشش گیاهی مراتع و مانند آن، به‌کار گرفته شده‌اند که نشان‌دهنده‌ی جامعیت کاربرد آنهاست. در زمینه‌ی مطالعه‌ی آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع، نمی‌توان از نقش داده‌های بارزشی همچون، تصاویر ماهواره‌ای<sup>۵</sup> و شاخص‌های گیاهی<sup>۶</sup> به‌دست آمده از آنها به‌راحتی چشم‌پوشی کرد. این تصاویر به‌دلیل ارزان بودن، قابل تکرار بودن، به‌روز بودن و نشان‌دادن سطح وسیعی از منطقه‌ی مطالعاتی در یک تصویر واحد، قابلیت‌های فراوانی در زمینه‌ی پایش آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع دارند که نیازمند شناسایی هستند. از نکات بااهمیت در زمینه‌ی مطالعه‌ی پوشش گیاهی به‌وسیله‌ی تصاویر ماهواره‌ای، انتخاب شاخص مناسب از بین انبوهی از شاخص‌های متعدّد برای مطالعه پوشش گیاهی (به‌ویژه در مناطق خشک) است. برای نمونه، خواجه‌الدین شاخص معروف NDVI<sup>۷</sup> را برای تعیین تاج پوشش گیاهان مرتعی پیشنهاد می‌کند (خواجه‌الدین، ۱۹۹۶: ۶۳). پژوهش پورمحمدی و رحیمیان نیز، اهمیت این شاخص را در بررسی پوشش گیاهی نشان می‌دهد (پورمحمدی و رحیمیان، ۱۳۸۸: ۱۲۵). نتیجه‌ی پژوهش دیگری در مراتع خشک خراسان جنوبی نشان داده که افزون‌بر NDVI، شاخص SAVI<sup>۸</sup> نیز همبستگی زیادی با تاج پوشش گیاهی دارد (بهبهانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۹). در پژوهشی دیگر که در مراتع خشک و نیمه‌خشک شمال‌شرقی ایران انجام گرفت، علاوه‌بر NDVI، از شاخص‌هایی به نام‌های NDII<sup>۶</sup> و NDII<sup>۷</sup> برای بررسی خشکسالی مراتع استفاده شد (رحیمزاده و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۶). ارزانی و همکاران نیز استفاده از شاخص‌های SAVI، PVI<sup>۹</sup> و MSAVI<sup>۱۰</sup> را در برآورد تاج پوشش گیاهی مراتع ایران پیشنهاد کرده‌اند (ارزانی و همکاران، ۱۳۸۸، ۱۴). درحالی‌که فرزادمهر و همکاران از شاخص‌هایی به نام ARVI، GEMI و TSAVI در برآورد میزان پوشش گیاهان مرتعی استفاده کرده‌اند (فرزادمهر و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۱). تعدّد چنین مطالعاتی، نشان از

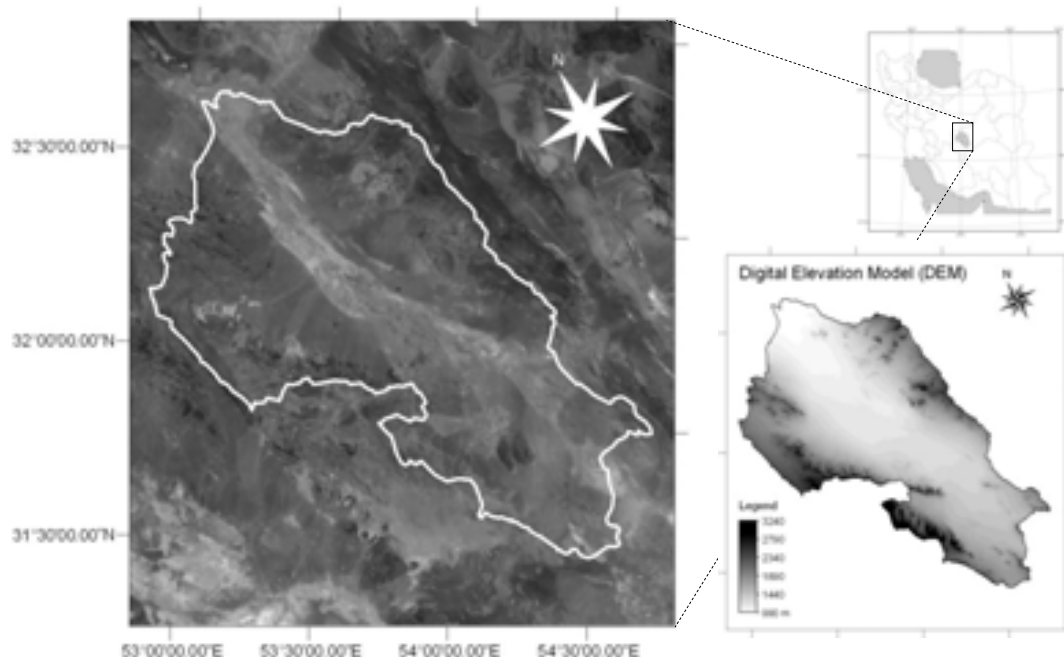
1. Reconnaissance Drought Index
2. Tsakiris
3. Standardized Precipitation Index
4. McKee
5. Satellite images
6. Vegetation indices
7. Normalized Difference Vegetation Index
8. Soil Adjusted Vegetation Index
9. Perpendicular Vegetation Index
10. Modified Soil Adjusted Vegetation Index

قابلیت‌های انکارکردنی تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های مختلف گیاهی در مطالعه پوشش گیاهی دارد که باید در بررسی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع نیز، مورد استفاده قرار گیرد. از مهم‌ترین مزایای به‌کارگیری این تصاویر در مطالعات خشکسالی، کمک به تهیه نقشه و پهنه‌بندی آن در سطوح وسیع است که می‌تواند این‌گونه مطالعات را از به‌کارگیری شاخص‌هایی همچون RDI و SPI - که نقطه‌ای عمل کرده و نیاز به عملیات درون‌یابی دارند تا به نقشه تبدیل شوند - متمایز کند. افزون بر اینکه به کمک تصاویر ماهواره‌ای، امکان تلفیق عوامل اقلیمی (به‌عنوان مؤلفه اصلی در مطالعات خشکسالی) با عوارض مختلف زمینی (همچون پوشش گیاهی مراتع) نیز به‌وجود می‌آید. پژوهش پیش رو نیز با هدف مطالعه‌ی خشکسالی‌های یک دهه‌ی گذشته‌ی دشت یزد - اردکان در استان یزد و تأثیر آن بر پوشش گیاهی مراتع این منطقه انجام شده است. این پژوهش به معرفی شاخصی به نام نمایه‌ی تأثیر خشکسالی می‌پردازد که با تلفیق عناصر اقلیمی (بارندگی و دما) و شاخص‌های سنجش از دوری معتبر (SAVI) ایجاد شده و امکان پهنه‌بندی درجه‌ی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع را نیز فراهم می‌کند.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه‌ی مطالعاتی

منطقه‌ی مطالعاتی در این پژوهش دشت یزد - اردکان در استان یزد است که در بین طول جغرافیایی  $33^{\circ} 19' 53''$  تا  $28^{\circ} 00' 55''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $31^{\circ} 12' 31''$  تا  $32^{\circ} 39' 27''$  شمالی قرار گرفته و مساحت آن ۱ میلیون و ۱۶۳ هزار هکتار است (شکل شماره ۱). حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه نسبت به سطح دریا ۳۲۴۰ و ۹۹۰ متر است.



شکل ۱. نقشه‌ی موقعیت قرارگیری منطقه‌ی مطالعاتی روی نقشه‌ی کشور به‌همراه تصویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاعات آن

## روش تحقیق

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از منطقه‌ی مطالعاتی، نخستین گام این پژوهش است. این اطلاعات شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و داده‌های اقلیمی هستند که توضیحات هر یک از آنها در ادامه آورده شده است. تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش، مربوط به سنجنده‌ی مادیس<sup>۱</sup> از ماهواره‌ی ترا<sup>۲</sup> است که ویژگی‌های آنها در جدول شماره ۱ آمده است. سنجنده‌ی مادیس، از سال ۲۰۰۰ میلادی تا کنون به صورت روزانه در حال اخذ تصویر و ارسال آنها به گیرنده‌های زمینی است. برای منطقه‌ی مطالعاتی، تصاویر مذکور در اکثر روزهای سال موجود بوده و می‌توان این تصاویر را از وبگاه سازمان فضایی آمریکا با پسوند HDF دریافت کرد.<sup>۳</sup>

در این پژوهش ابتدا ۳۰ تصویر مختلف مربوط به ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی دریافت شده است (۳ تصویر در هر سال). دلیل دریافت تصاویر در این ماه‌ها، وجود پوشش گیاهی با بیشینه‌ی کلیماکس دشت یزد - اردکان در این مواقع است. بر اساس شواهد موجود در این منطقه‌ی خشک و کویری با پشت‌سر گذاردن فصل بهار و اتمام بارندگی‌های سالانه، بسیاری از پوشش‌های گیاهی مرتعی که بیشتر گیاهان یک‌ساله هستند، خشک شده و از بین می‌روند.

جدول ۱. خصوصیات باندهای سنجنده‌ی مادیس\*

نوع باند	انعکاسی			تابشی
شماره‌ی باند	۱ و ۲**	۳ تا ۷	۸ تا ۱۹ و ۲۶	۲۰ تا ۲۵ و ۲۷ تا ۳۶
تفکیک مکانی (متر)	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
* این سنجنده هر روز یکبار اقدام به تصویربرداری می‌کند، پهنای نوارهای تصویربرداری این سنجنده ۲۳۳۰ کیلومتر است و در قالب ۳۶ باند مختلف اقدام به اخذ تصویر می‌کند. ** باندهای شماره‌ی ۱ و ۲ این سنجنده، محدوده‌های طیفی قرمز (R) و نزدیک مادون قرمز (NIR) را شامل می‌شوند.				

تصحیح هندسی این تصاویر به کمک نرم‌افزار MRTswath و به کارگیری اطلاعات موجود در فایل زمین مرجع هر تصویر<sup>۴</sup> انجام گرفت. همچنین به کمک اطلاعات موجود در فایل ویژه‌ی هر تصویر<sup>۵</sup>، تصحیحات طیفی برای تبدیل اعداد اعداد ثبت شده توسط ماهواره<sup>۶</sup> به مقدار حقیقی بازتابش، انجام شد (مختاری، ۲۰۰۵).

پس از تهیه و پردازش اولیه، تمام تصاویر (انجام تصحیحات طیفی و اتمسفری مورد نیاز) در نرم‌افزار الویس<sup>۷</sup>، به محاسبه‌ی شاخص‌های گیاهی NDVI، SAVI، PVI و غیره اقدام شد. در محاسبه‌ی تمامی شاخص‌های بیان شده،

1. MODIS

2. Terra

۳. برای دریافت تصاویر سنجنده‌ی مادیس به وبگاه سازمان فضایی آمریکا (ناسا) به آدرس [www.gsfc.nasa.gov](http://www.gsfc.nasa.gov) مراجعه شود.

4. Geolocation file

5. Header file

6. Scaled Integer

7. ILWIS

ترکیب یا نسبت‌هایی از باندهای قرمز<sup>۱</sup> و مادون قرمز نزدیک<sup>۲</sup> ماهواره (یعنی باندهای شماره‌ی ۱ و ۲ سنجنده‌ی مادیس) استفاده شد. هر یک از شاخص‌های گیاهی گفته‌شده، به‌صورت تصاویر جداگانه‌ای برای کل منطقه‌ی مطالعاتی تولید شدند. برای مطالعه‌ی پوشش گیاهی مراتع دشت یزد - اردکان، به جداسازی مناطق دارای پوشش گیاهی طبیعی (مناطق مرتعی) از فضاهای سبز شهری و باغ‌ها اقدام شد. برای این کار از نقشه‌ی پوشش اراضی (مربوط به سال ۲۰۰۶ میلادی) استفاده شد. برای شناسایی و تفکیک دقیق‌تر مراتع، از تصویر ترکیب رنگی<sup>۳</sup> باندهای ۷، ۴ و ۲ تصویر ماهواره‌ی لندست (سنجنده‌ی ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۶ میلادی) نیز، در کنار نقشه‌ی پوشش اراضی استفاده شد. پس از جداسازی پوشش مراتع از پوشش‌های دیگر به کمک هیستوگرام<sup>۴</sup> تصاویر هر یک از شاخص‌های پوشش گیاهی، امکان مقایسه‌ی عددی شاخص‌های هر ماه با ماه‌های دیگر سال فراهم شد. این مقایسه، امکان انتخاب یکی از ماه‌ها به‌عنوان ماه معرف<sup>۵</sup> در هر سال را فراهم کرد. علت دریافت سه تصویر در هر سال و سپس انتخاب یکی از آنها به‌عنوان معرف، دستیابی به حداکثر پوشش گیاهی ممکن در مراتع منطقه‌ی مطالعاتی بوده است. با این اقدام، تعداد تصاویر مورد بررسی از ۳۰ به ۱۰ تصویر کاهش یافت (یک تصویر در هر سال) و بنابراین تصاویر مربوط به ماه‌های دیگر در ادامه‌ی تجزیه و تحلیل‌ها حذف شدند. سپس به شناسایی عناصر اقلیمی مؤثر بر پوشش گیاهی مراتع در منطقه‌ی مطالعاتی اقدام شد. به‌طور معمول متغیرهای مختلفی از جمله دما، بارش، سرعت باد، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و ابرناکی، به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم روی رشد و نمو گیاهان نقش دارند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸: ۲). در این پژوهش نیز عناصر بارش، دما، رطوبت نسبی و سرعت باد از هشت ایستگاه موجود در دشت یزد - اردکان استخراج شد. سپس ارتباط آماری بین این عناصر و شاخص‌های گیاهی محاسبه شده در مرحله‌ی پیش، بررسی و ماتریس همبستگی آنها تشکیل شد. به‌کمک این ماتریس، از بین شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده شده در پژوهش، یکی از آنها به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص انتخاب شد. این شاخص بیشترین همبستگی را با یک یا چند عنصر اقلیمی داراست.

نظر به اینکه هدف از انجام این پژوهش، تهیه‌ی نقشه‌ی تأثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع دشت یزد - اردکان است، بنابراین نقشه‌ی مورد نظر تلفیقی از ویژگی‌های اقلیمی و پوشش گیاهی مراتع آن دشت خواهد بود. از نظر اقلیمی، منطقه‌ی مطالعاتی به‌عنوان یک منطقه‌ی گرم و خشک طبقه‌بندی می‌شود، بنابراین مهم‌ترین عناصر اقلیمی تأثیرگذار در این منطقه، دما (T) و بارندگی (P) خواهند بود. این مسأله به‌کمک ضرایب ارائه شده در ماتریس همبستگی (جدول شماره‌ی ۲) نیز قابل درک است. این ماتریس همچنین نشان می‌دهد که ارتباط بین پوشش گیاهی و دما، به‌صورت معکوس (منفی) و ارتباط بین پوشش گیاهی و بارش، به‌صورت مستقیم (مثبت) است. بنابراین منطقی است که نمایان شدن آثار منفی خشکسالی، به‌عنوان پدیده‌ای تأثیرگذار بر پوشش گیاهی، ارتباط مستقیم با دما و ارتباط عکس با بارندگی خواهد داشت. به‌گفته‌ی دیگر با افزایش دما و کاهش بارندگی، باید انتظار تشدید آثار خشکسالی بر پوشش

1. Red (R)
2. Near Infra Red (NIR)
3. Color Composite
4. Histogram
5. Representative month

گیاهی منطقه را داشت. با این استدلال به تعریف نمایه‌ای با عنوان نمایه‌ی تأثیر خشکسالی<sup>۱</sup> (IDI) اقدام شد که بتواند نسبت و رابطه‌ی منطقی بین عوامل بیان شده را نشان دهد:

$$IDI = f\left(\frac{T}{P.VI}\right) \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

منظور از VI در این رابطه، مناسب‌ترین شاخصی است که بتواند حداکثر پوشش گیاهی مراتع در منطقه‌ی مطالعاتی را نشان دهد. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، این شاخص از طریق مقایسه‌ی آماری بین چند شاخص مختلف - که به‌وسیله‌ی تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده‌اند - انتخاب شد. برای یکسان‌سازی ابعاد<sup>۲</sup> هر یک از متغیرهای به‌کار رفته در این رابطه، مقادیر بارش، دما و شاخص پوشش گیاهی سالانه بر میانگین کل خود تقسیم شدند و از این طریق متغیرهای بدون بُعد بارندگی ( $P^*$ )، دما ( $T^*$ ) و پوشش گیاهی ( $VI^*$ ) تولید شدند. بنابراین رابطه شماره‌ی ۱ به‌صورت زیر تغییر شکل پیدا کرد:

$$IDI = f\left(\frac{T^*}{P^*.VI^*}\right) \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

در این رابطه، نمایه‌ی IDI بدون واحد بوده و مقادیر عددی بزرگتر آن به‌منزله‌ی حادث‌تر بودن شرایط محیطی و آسیب‌پذیری پوشش گیاهی آن مناطق در برابر این شرایط است. به‌گفته‌ی دیگر، هر منطقه از دشت یزد - اردکان که دارای پوشش گیاهی کمتر، بارش کمتر و دمای بیشتر باشد، شدت تأثیرات خشکسالی بر آن مناطق شدیدتر بوده و در نتیجه، مقدار عددی IDI آن منطقه نیز بزرگتر خواهد شد. از جمله مزایای استفاده از این نمایه، قابلیت تولید نقشه و پهنه‌بندی شدت تغییرات آن در سطح دشت است که در پژوهش حاضر بر آن تأکید ویژه‌ای شده است. نظر به اینکه اجزای به‌کار رفته در این نمایه، همگی به‌صورت نقشه و در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی قابل ترسیم خواهند بود، بنابراین به تهیه نقشه‌های بارندگی و دمای سالانه نیز اقدام شد. این نقشه‌ها به‌کمک برقراری ارتباط رگرسیونی بین دما و بارش با ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های هواشناسی (تعیین گرادیان دما - ارتفاع و گرادیان بارش - ارتفاع) و سپس اعمال معادله‌ی مربوطه بر مدل رقومی ارتفاعات<sup>۳</sup> انجام گرفت. با ایجاد نقشه‌های بارندگی ( $P^*$ )، دما ( $T^*$ ) و پوشش گیاهی ( $VI^*$ ) و تلفیق آنها توسط رابطه‌ی شماره‌ی ۲، نقشه‌ی IDI برای مراتع منطقه‌ی مطالعاتی تهیه شد.

ارزیابی نمایه‌ی IDI، به‌کمک مقایسه‌ی آن با شاخص‌های متداول و شناخته‌شده‌ی موجود در زمینه‌ی پایش و پهنه‌بندی خشکسالی انجام گرفت. بدین منظور از شاخص خشکسالی SPI (مک‌کی<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۵: ۷) بهره‌گیری شد. دلیل انتخاب این شاخص، گستردگی استفاده، اعتبار و اهمیت زیاد آن در مطالعات خشکسالی است. این شاخص به‌کمک رابطه‌ی شماره‌ی ۳ محاسبه می‌شود:

1. Index of Drought Impact (IDI)  
2. Dimension  
3. Digital Elevation Model (DEM)  
4. McKee

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \quad \text{(رابطه‌ی ۳)}$$

که در این رابطه،  $P$  متوسط بارندگی سالانه در ایستگاه مورد نظر و  $\bar{P}$  میانگین درازمدت بارش در آن ایستگاه است. افزایش مقادیر عددی این شاخص، نشان‌دهنده‌ی بروز ترسالی و کاهش آن، نشان‌دهنده‌ی بروز خشکسالی در یک منطقه است. با توجه به آنچه پیش از این در مورد IDI گفته شده است، انتظار می‌رود که دو شاخص SPI و IDI عکس یکدیگر عمل کنند و افزایش یکی با کاهش دیگری همراه باشد. با مشخص شدن اعتبار و صحت عملکرد IDI، به پهنه‌بندی این نمایه در منطقه‌ی مطالعاتی اقدام شد. این کار با تقسیم مقادیر عددی IDI به سه محدوده‌ی کم، متوسط و شدید انجام گرفت. پوشش‌های گیاهی مرتعی در مناطقی که در محدوده‌ی "کم" قرار می‌گیرند، کمترین تأثیرپذیری و پوشش‌هایی که در محدوده‌ی "شدید" قرار می‌گیرند، بیشترین تأثیرپذیری را از بروز پدیده‌ی خشکسالی در منطقه‌ی مطالعاتی خواهند داشت.

## یافته‌های تحقیق

### بهترین شاخص نشان‌دهنده‌ی پوشش گیاهی در منطقه‌ی مطالعاتی

در جدول شماره‌ی ۲، مقادیر مربوط به ضریب تعیین ( $R^2$ )، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و خطای میانگین مطلق (MAE) مربوط به دو شاخص SAVI و MSAVI در هر یک از سال‌های مطالعاتی و عناصر اقلیمی بارش، دما و رطوبت نسبی در سال‌های متناظر مشاهده می‌شود. این اعداد حاصل تلاقی مقادیر حداکثر سالانه‌ی SAVI و MSAVI با مقادیر سالانه‌ی عناصر اقلیمی مذکور در سال‌های متناظر است. مقادیر ضریب تعیین بالا و آماره‌های خطای پایین در این جدول، نشان‌دهنده‌ی وجود همبستگی بسیار مناسب بین عناصر اقلیمی بارش، دما و رطوبت نسبی با این دو شاخص است. جدول شماره‌ی ۳ نیز، ماتریس همبستگی بین شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد که همان ضرایب همبستگی ( $R$ ) بین هر یک از آنها است.

جدول ۲. ضریب تعیین ( $R^2$ )، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و خطای میانگین مطلق (MAE) مربوط به دو شاخص SAVI و MSAVI و عناصر اقلیمی بارش، دما و رطوبت نسبی

شاخص پوشش گیاهی	$R^2$	RMSE	MAE
SAVI	٪۸۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳
MSAVI	٪۸۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵

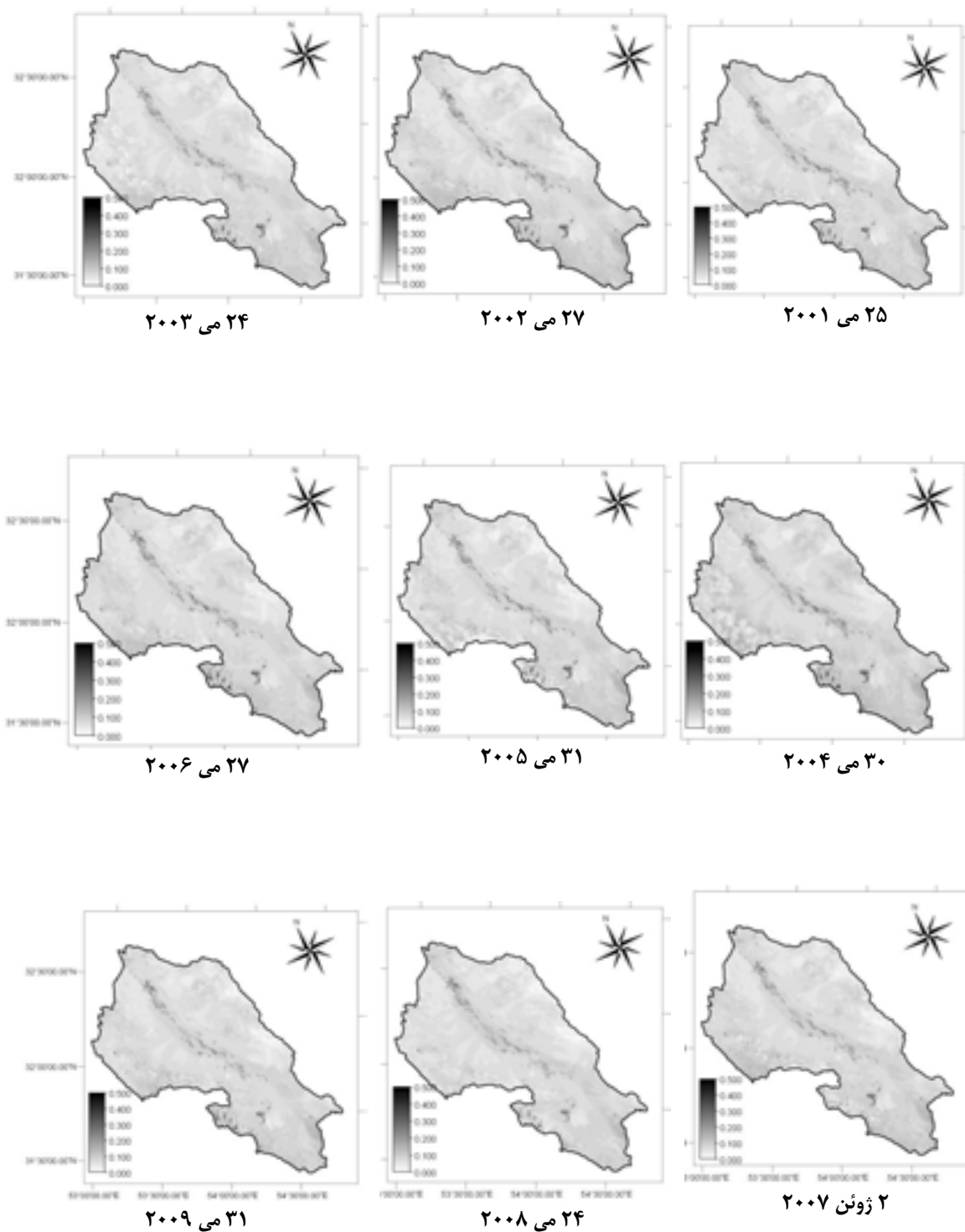
هر چند هر دوی این شاخص‌ها دارای خطای کم و همبستگی زیاد هستند، اما شاخص SAVI با خطای کمتر و همبستگی بیشتر، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص پوشش گیاهی برای بررسی خشکسالی دشت یزد - اردکان انتخاب شد. در ماتریس همبستگی (جدول شماره‌ی ۳)، ضریب همبستگی ( $R$ ) این شاخص با بارندگی در سطح اطمینان ۱ درصد معنادار عنوان شده است. شکل شماره‌ی ۲، نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی SAVI (به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص بررسی پوشش گیاهی) در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ را نشان می‌دهد.

جدول ۳. ماتریس ضرایب همبستگی (R) بین شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی دشت بروجرد در کان\*

	P	T	H	WS	DVI	fPAR	IPVI	MSAVI	MSAVI2	NDVI	PVI	RVI	SAVI	WDVI
P	1	-0.079	0.219	-0.141	0.540	0.497	0.400	0.631*	-0.105	0.185	0.482	0.192	0.908**	0.294
T		1	-0.897**	-0.008	-0.678*	-0.409	-0.068	-0.696*	0.323	-0.092	-0.303	-0.102	-0.294	-0.595
H			1	0.213	0.609	0.550	-0.163	0.664*	-0.221	0.264	0.500	0.286	0.424	0.407
WS				1	-0.191	0.090	-0.254	-0.185	-0.090	0.282	0.158	0.319	0.101	-0.070
DVI					1	0.215	0.409	0.975**	-0.723*	-0.335	0.011	-0.315	0.720*	0.830**
fPAR						1	-0.258	0.421	0.421	0.737*	0.895**	0.745*	0.491	0.052
IPVI							1	0.334	-0.419	-0.331	-0.250	-0.342	0.398	0.476
MSAVI								1	-0.569	-0.149	0.208	-0.129	0.787**	0.773**
MSAVI2									1	0.747*	0.575	0.720*	-0.368	-0.757*
NDVI										1	0.911**	0.998**	0.127	-0.414
PVI											1	0.912**	0.417	-0.180
RVI												1	0.152	-0.400
SAVI													1	0.536
WDVI														1

\* در ماتریس مذکور P بارش، T دما، H رطوبت نسبی، WS سرعت باد و سایر مؤلفه‌ها شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی هستند که توسط تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی مادیس منطقه شده‌اند. علامت یک ستاره در کنار اعداد این ماتریس متفاوتی ضرایب در سطح اطمینان ۱ درصد و دو ستاره متفاوتی ضرایب در سطح اطمینان ۱ درصد را نشان می‌دهد.

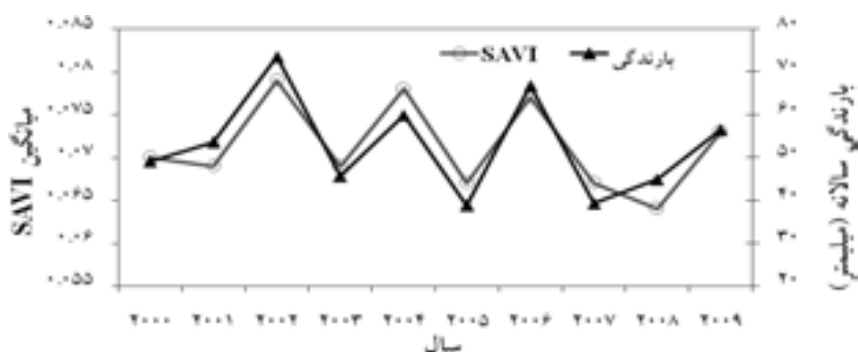




شکل ۲. نقشه‌های پوشش گیاهی (SAVI) دشت یزد - اردکان در تاریخ‌های مختلف

برای تفسیر عددی نقشه‌های SAVI (شکل شماره ۲)، از هیستوگرام آنها استفاده و مقادیر میانگین SAVI این نقشه‌ها، به یک سری زمانی ده‌ساله تبدیل شد. شکل شماره ۳، تغییرات میانگین شاخص SAVI در مراتع دشت یزد -

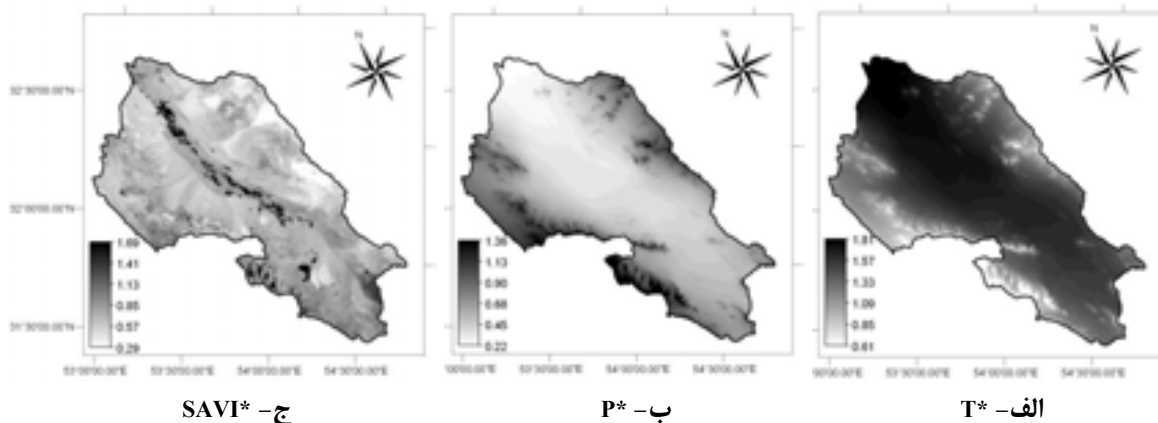
اردکان را طی ۱۰ سال پیاپی (۲۰۰۹ - ۲۰۰۰ میلادی) نشان می‌دهد. روی این نمودار مقادیر بارندگی سالانه نیز نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این نمودار مشخص است، هم‌خوانی به نسبت مناسبی بین شاخص SAVI و بارش در دشت یزد - اردکان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ وجود دارد، به‌گونه‌ای که نوسان‌های بارش و تغییرات پوشش گیاهی در اکثر سال‌ها همسو بوده و هرگاه بارش کم شده است، پوشش گیاهی نیز در آن سال کاهش یافته است. ضریب تعیین ( $R^2$ ) این دو متغیر ۰/۸۲ است.



شکل ۳. رابطه بین بارش و شاخص پوشش گیاهی SAVI در مراتع دشت یزد - اردکان

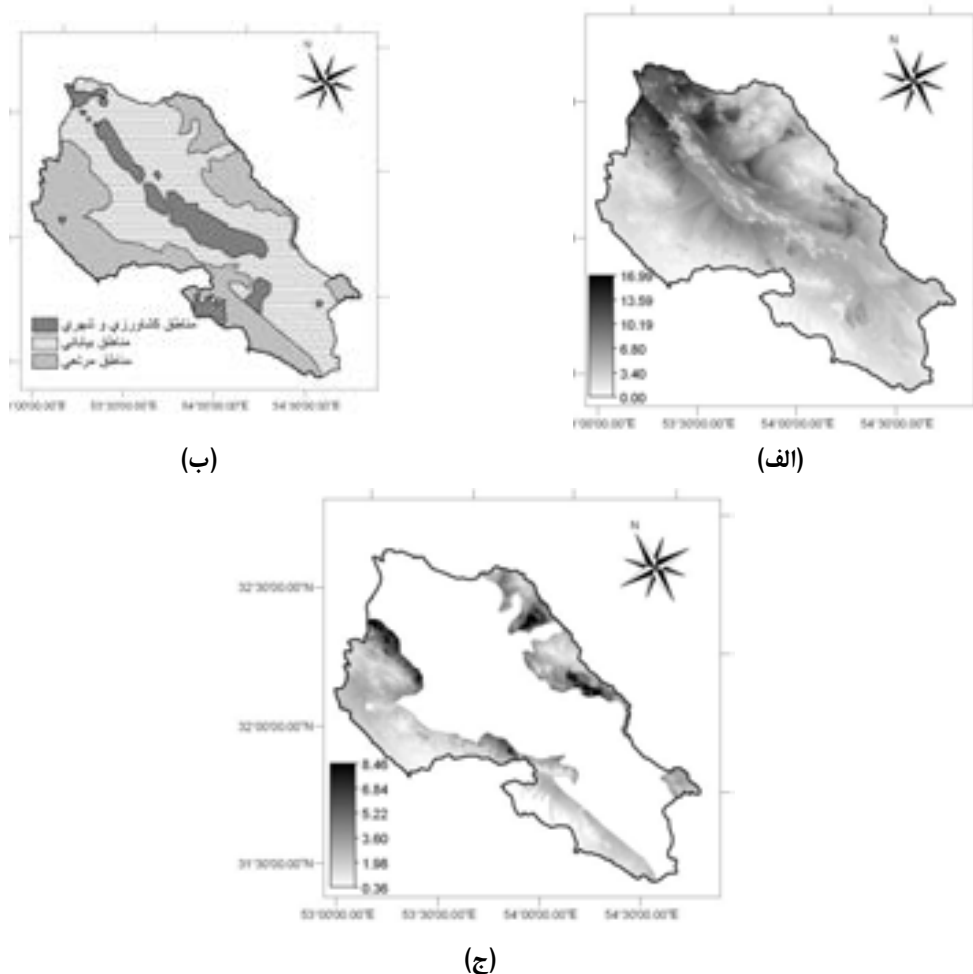
### پهنه‌بندی تأثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی به کمک نمایه‌ی IDI

همان‌گونه که پیش از این گفته شد، برای محاسبه‌ی IDI، به نقشه‌های بدون بُعد بارش، دما و شاخص پوشش گیاهی SAVI (به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص بررسی پوشش گیاهی در منطقه‌ی مطالعاتی) نیاز است. شکل شماره ۴، نشان‌دهنده‌ی نقشه‌های مذکور است که از مقادیر بارش، دما و SAVI سالانه و تقسیم آنها بر میانگین ده‌ساله هر یک به‌دست آمده است. با تلفیق این نقشه‌ها، نمایه‌ی تأثیر خشکسالی دشت یزد - اردکان محاسبه شد (شکل ۵ - الف).



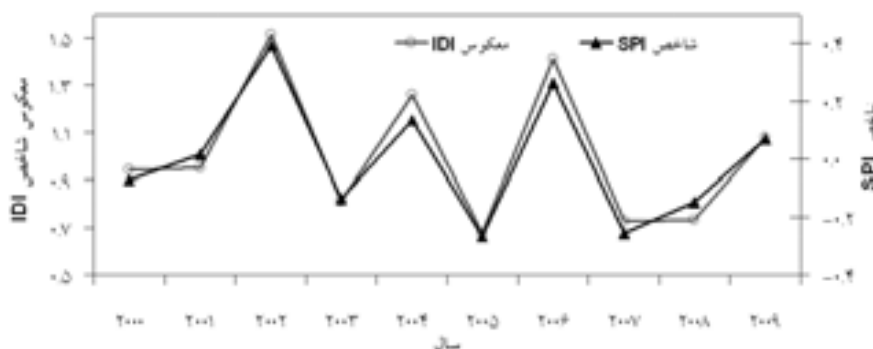
شکل ۴. نقشه‌های بدون بُعد دما ( $T^*$ )، بارندگی ( $P^*$ ) و پوشش گیاهی ( $VI^*$ ) مربوط به دشت یزد - اردکان

همان‌گونه که پیش از این نیز عنوان شد، بیشتر بودن مقدار عددی نمایه‌ی مذکور، نشان‌دهنده‌ی شدیدتر بودن خشکسالی در هر ناحیه از منطقه‌ی مطالعاتی است. با توجه به شکل ۵-الف به نظر می‌رسد که شدت خشکسالی در خط‌القدر و همچنین قسمت خروجی حوزه، یعنی شمال غرب بیشتر است. در واقع خشکسالی در قسمت‌هایی از دشت که کاربری اراضی آنها زمین‌های بایر و بیابانی است، بازتاب بیشتری یافته است. عدم پوشش گیاهی مناسب و همچنین دمای زیاد و بارش کم را می‌توان از دلایل افزایش تأثیرات خشکسالی در این مناطق دانست. مراتع و پوشش‌های گیاهی مناطق مرتفع که از بارش و دمای مناسبی بهره‌مند بوده‌اند، کمترین تأثیر را از خشکسالی گرفته‌اند. در ارتباط با فضای سبز شهری و باغ‌ها که در خط‌القدر دشت یزد - اردکان و در مرکز دشت واقع شده‌اند، نمی‌توان قضاوت چندانی کرد؛ چراکه افزون بر عوامل اقلیمی، مدیریت انسان نیز در آنها دخیل بوده و بنابراین، افزایش یا کاهش پوشش‌های آنها را نمی‌توان به عوامل اقلیمی نسبت داد. همین مسأله یکی از دلایل حذف پوشش‌های شهری و کشاورزی از نقشه‌ی IDI است. شکل ۵-ج نقشه‌ی نمایه‌ی تأثیر خشکسالی در مراتع دشت یزد - اردکان را نشان می‌دهد.



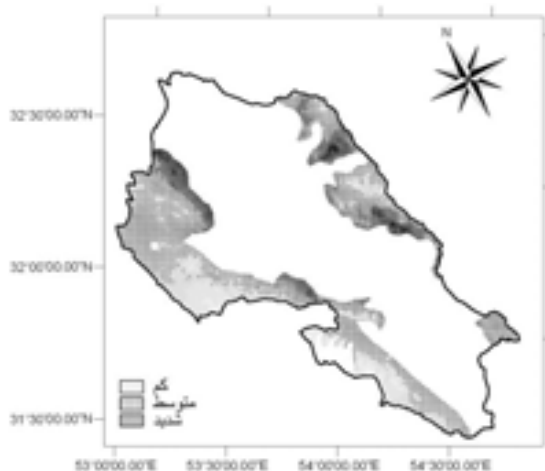
شکل ۵. الف) نقشه‌ی نمایه‌ی تأثیر خشکسالی، (ب) نقشه پوشش اراضی و (ج) نقشه‌ی نمایه‌ی تأثیر خشکسالی در مراتع منطقه‌ی مطالعاتی

برای ارزیابی نمایه‌ی مذکور، مقایسه‌ای بین مقادیر IDI سالانه و شاخص بارندگی استاندارد سالانه (SPI) انجام گرفت. همان‌گونه که پیش از این هم اشاره شده است، این دو شاخص در ماهیت خود رابطه‌ی عکسی با یکدیگر دارند و بنابراین در نمودار مربوطه نیز، از معکوس شاخص IDI برای نمایش بهتر میزان تطابق آن با شاخص SPI استفاده شده است (شکل شماره‌ی ۶).

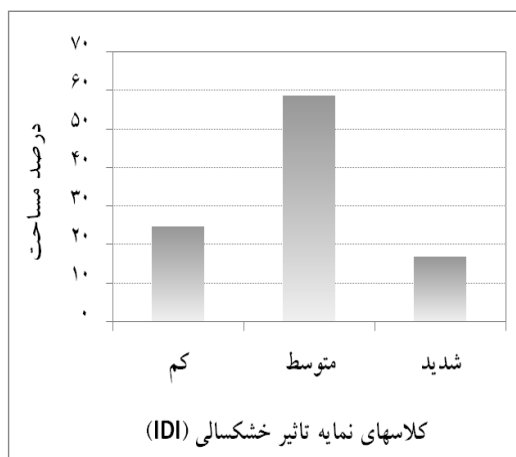


شکل ۶. ارزیابی IDI (نمایه‌ی تأثیر خشکسالی) به کمک SPI (شاخص بارندگی استاندارد)

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هماهنگی بسیار مناسبی بین روند تغییرات این دو شاخص وجود دارد. ضریب تعیین ( $R^2$ ) بین این دو شاخص ۰/۹۷ است. اگرچه یکی از دلایل این همبستگی به استفاده از یک متغیر مشترک (بارندگی) در تعیین هر دوی آنها برمی‌گردد، اما نباید کفایت IDI را نادیده گرفت؛ چراکه این همبستگی معنادار آماری، در حالی که وجود آمده است که در شاخص IDI، علاوه بر بارندگی، از یک شاخص پوشش گیاهی (با ماهیت سنجش از دور) و دما نیز بهره‌گیری شده است. مهم‌ترین مزیت شاخص IDI نیز به دخالت دادن شاخص پوشش گیاهی، به‌عنوان یکی از اجزای بررسی آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع است که می‌تواند آن را نسبت به SPI ممتاز کرد. با مشخص شدن میزان کارایی IDI در منطقه‌ی مطالعاتی، برای شناسایی بهتر مناطق تحت تأثیر خشکسالی و جداسازی شدت آثار خشکسالی در سطح مراتع، به طبقه‌بندی نقشه‌ی مذکور اقدام شد. اعداد مربوط به این نقشه به سه کلاس کم، متوسط و شدید تفکیک شدند که در شکل ۷-الف مشاهده می‌شود.



شکل ۷-الف) نقشه‌ی طبقه‌بندی شده‌ی نمایه‌ی تأثیر خشکسالی



شکل ۷-ب) درصد مساحت اختصاص یافته به کلاس‌های مختلف نمایه‌ی IDI در مراتع دشت یزد - اردکان

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، خشکسالی‌های شدید (نمایه‌ی تأثیر بزرگتر) در حواشی مرز بین مرتع و بیابان و نزدیک به مناطق شهری دیده می‌شوند. مراتع این مناطق در ارتفاعات پایینی دشت قرار گرفته و ممکن است، تحت تأثیر کاربری اراضی مجاور خود (بیابان یا محدوده‌های شهری) نیز قرار داشته باشند، اما مراتع و پوشش‌های گیاهی که در ارتفاعات بالاتر دشت قرار گرفته‌اند، کمتر تحت تأثیر پدیده‌ی خشکسالی بوده‌اند. مناسب‌تر بودن وضعیت بارش در مناطق مرتفع و مساعد بودن دما برای رشد و توسعه‌ی پوشش‌های مرتعی در این ارتفاعات، باعث شده تا مراتع این نواحی کمتر تحت تأثیرات منفی مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی حاکم بر منطقه (بارندگی و دما) قرار گیرند و پوشش‌های گیاهی مناسب‌تری را حتی در حادترین ماه‌های سال، داشته باشند. چنین شرایطی در مراتع مجاور سکونتگاه‌ها و مناطق بیابانی کمتر فراهم است. افزون بر اینکه این مناطق، قلمرو چرای دام‌های ساکن در منطقه نیز بوده که خود تهدیدی برای مراتع به‌شمار آمده و آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع این نواحی را بیش از پیش تشدید می‌کنند. برای تعیین درصد مساحت اختصاص یافته به هر یک از کلاس‌های نمایه‌ی تأثیر خشکسالی، از هیستوگرام نقشه‌ی مذکور استفاده و درصد مساحت اختصاص یافته به هر یک از کلاس‌ها تعیین شد. شکل شماره‌ی ۷-ب، نشان‌دهنده‌ی درصد مساحت اختصاص یافته به کلاس‌های مختلف نمایه‌ی تأثیر خشکسالی است. با توجه به این نمودار، بیشترین مساحت مراتع دشت یزد - اردکان (حدود ۵۰٪) به شدت تأثیر متوسط اختصاص یافته است. تأثیر خشکسالی در ۳۹ درصد مساحت از مراتع منطقه‌ی مطالعاتی کم و در ۱۱ درصد باقیمانده شدید بوده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش پیش رو نشان می‌دهد که دما و بارش، از مهم‌ترین عناصر اقلیمی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی منطقه‌ی مطالعاتی است. با همین استدلال به معرفی شاخصی به نام نمایه‌ی تأثیر خشکسالی (IDI) اقدام شد که با تلفیق بارندگی، دما و شاخص پوشش گیاهی SAVI به‌دست آمده و با کمک آن، امکان پهنه‌بندی شدت آثار خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع در منطقه‌ی مطالعاتی وجود دارد. طی سال‌های مورد مطالعه، این نمایه، انطباق مناسبی با شاخص خشکسالی SPI

(یکی از شاخص‌های معتبر و پُر کاربرد در زمینه‌ی خشکسالی) نشان داد که از نقاط قوت آن به‌شمار می‌رود. از نکات حائز اهمیت در مورد نمایه‌ی IDI، این است که خشکسالی را تنها با در نظر گرفتن یک شاخص اقلیمی (مثل بارش در شاخص معروف SPI) بررسی و تحلیل نکرده و عوامل دیگری از جمله، دما و پوشش گیاهی نیز در تعیین شدت و وسعت آثار آن دخالت داده است. با توجه به در دسترس بودن و سهولت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه‌ی نقشه‌ی شاخص SAVI (به‌عنوان یکی از اجزای نمایه‌ی IDI)، امکان پهنه‌بندی سریع و کم‌هزینه تأثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع را بیش از پیش برای کاربران آن فراهم خواهد ساخت. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از روش گفته شده، یعنی تلفیق عناصر اقلیمی و شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای - که ارتباط مجزای هر یک از آنها با خشکسالی بارها به دست پژوهشگران مختلف بررسی و به‌اثبات رسیده است - در پهنه‌بندی آثار خشکسالی‌ها بر پوشش گیاهی مراتع کشور استفاده شود. لازمه‌ی این امر توسعه‌ی روش پیشنهادی در مناطق دیگر کشور با شرایط مختلف آب‌وهوایی و پوشش گیاهی متفاوت و مطالعه‌ی بیشتر روی کارایی نمایه‌ی تأثیر خشکسالی از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی است.

### سپاسگزاری

این مقاله برگرفته شده از یک پروژه‌ی پژوهشی با عنوان "پهنه‌بندی مناطق خطر خیز دشت یزد - اردکان از نظر تأثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی، توسط سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات مکانی" است که با حمایت مالی باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، انجام شده است. نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از واحد مذکور، اعلام می‌دارند.

### منابع

بهبهانی، نیلوفر؛ فلاح‌شمسی، رشید؛ فرزادمهر، جلیل؛ عرفانی‌فرد، یوسف؛ رضانی‌گسک، مهدی، ۱۳۸۹، استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی ASTER-L1B در برآورد سطح تاج پوشش تک‌درختان مراتع مشجر مناطق خشک (مطالعه‌ی موردی: تگ احمدشاهی - خراسان جنوبی)، مجله‌ی علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره ۱، صص. ۴۹-۶۱.

پورمحمدی، سمانه؛ رحیمیان، محمد حسن، ۱۳۸۸، بررسی عوامل اتمسفری مؤثر بر پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS، همایش ملی مرتع‌داری، تهران، ایران.

پورمحمدی، سمانه؛ رحیمیان، محمد حسن، ۱۳۸۸، پهنه‌بندی خشکسالی و تعیین مناطق خطر خیز استان یزد با استفاده از شاخص‌های RDI و SPI، دومین همایش ملی خشکسالی و راه‌های مدیریت آن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ایران.

پورمحمدی، سمانه؛ رحیمیان، محمد حسن، ۱۳۸۸، مطالعه‌ی خشکسالی در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و کوهستانی با استفاده از شاخص SPI (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی منشاد در استان یزد)، همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه گرگان، ایران.

- پورمحمدی، سمانه؛ مبین، محمدحسین: ۱۳۸۷، **بررسی روند خشکسالی و پارامترهای اقلیمی مؤثر بر آن با استفاده از شاخص RDI در منطقه‌ی زابل، کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل، ایران.**
- خوش نفس، خدیجه؛ اسماعیل‌پور، مرضیه، ۱۳۸۶، **بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از شاخص RDI و رابطه‌ی آن با تغییر اقلیم در ایستگاه تبریز، کارگاه فنی آثار تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، تهران، ایران.**
- فرزادمهر، جلیل؛ ارزانی، حسین؛ نظری سامانی، علی اکبر، ۱۳۸۴، **بررسی قابلیت‌های تصاویر چندزمانه‌ی ماهواره‌ی لندست در تخمین پوشش گیاهی و تولید (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی خشک ساوه - بخش‌علی نعمتی)، مجله‌ی منابع طبیعی، سال ۳، شماره‌ی ۵۸، صص. ۷۲۹-۷۱۹.**
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998, **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements**, (FAO Irrigation and Drainage Paper), Rome, Italy.
- Behbahani, N., Falah Shamsi, R., Farzadmehr, G., Erfanifard, Y., Ramezani Gasak, M., 2010, **Use of ASTER-L1B Vegetation Indices for Estimation of Tree Canopy in Arid Regions (Case Study: Tag Ahmad Shahi, South Khorasan)**, Journal of Rangeland, No. 1, PP. 49-61.
- Farzadmehr, G., Arzani, H., Nazari Samani, A.A., 2005, **An Investigation of the Capability of Multi-temporal Data of Landsat-7 Satellite in Estimating Vegetation Cover and Production (Case study: Arid Region Saveh- Bakhshali Nemati)**, J. of the Iranian Natural Res., Vol. 3, No. 58, PP. 719-729.
- Huete, A.R., 1988, **A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)**, Remote Sensing of Environment, Vol. 25, PP. 295-309.
- Khoshnafas, KH., Esmailpoor, M., 2007, **Investigation of Drought Trend Using RDI and its Relationships with Climate Change in Tabriz Station**, Technical Workshop of Climate Change Impacts on Water Resource Management, Tehran, Iran.
- Mckee, Jakeman, A. J., Hornberger, G. M., 1993, **How Much Complexity Is Warranted in a Rainfall-Runoff Model?** J. Water Resources Research, Vol. 29, No. 8, PP. 2637-2649.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1995, **Drought Monitoring with Multiple Time Scales**, Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 15-20, 1995, Dallas TX.
- Mokhtari, M.H., 2005, **Agricultural Drought Impact Assessment Using Remote Sensing**, Msc Thesis, ITC, The Netherland.
- Poormohammadi, S, Rahimian, M.H., 2009, **Study of Effective Atmospheric Factors on Rangeland Vegetation Cover Using MODIS Images**, National Rangeland Conference, Tehran, Iran.
- Poormohammadi, S., Mobin, M.H., Rahimian, M.H., 2008, **Determination of Drought Trend and its Effective Climatic Parameters in Zabol Region**, International Conference of Water Crisis, Zabol University, Iran.
- Poormohammadi, S., Rahimian, M.H., 2009, **Drought Study in Dry and Mountainous Watersheds Using SPI Index (Case Study: Manshad Catchment in Yazd Province)**, National Conference of Watershed Science and Engineering, Gorgan University, Iran.

- Poormohammadi, S., Rahimian, M.H., 2009, **Mapping of Drought and Determination of Hazard Regions in Yazd Province Using SPI and RDI Indices**, 2<sup>nd</sup> National Conference on Drought and its Management Methods, Isfahan, Iran.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y.H., 1994a, **Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)**, Remote Sens Environ Vol. 48, PP. 119-126.
- Qi, J., Kerr, Y., Chehbouni, A., 1994b, **External Factor Consideration in Vegetation Index Development**, Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS, 723-730.
- Rahimzadeh Bahgiran, P., Shimizui, Y., Hosoi, F., Omasa, K., 2009, **MODIS Vegetation and Water Indices for Drought Assessment in Semi-arid Ecosystems of Iran**, J. Agric, Meteorol, Vol. 65, No. 4, PP. 394-355.
- Tsakiris, G., 2004, **Meteorological Drought Assessment**, Paper Prepared for the Needs of the European Research Program Medroplan (Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning), Zaragoza, Spain.
- Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H., 2006, **Regional Drought Assessment Baseon the Reconnaissance Drought Index (RDI)**, Water Resource Management, Vol. 21, PP.821-832.



## *Mapping of Drought Impacts on Vegetation Cover in Yazd-Ardakan Plain Using Remote Sensing*

**Poormohammadi S. \***

Member of Young Research Club, Islamic Azad University, Yazd

**Rahimian M.H.**

M.Sc Student of Water Engineering ,Sharekurd University

**Kalantar M.**

Agriculture Dep., Islamic Azad University, Yazd

**Poormohammadi S.**

MSc Student, Shahid Bahonar University, Kerman

Received: 16/08/2011

Accepted: 02/07/2012

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Generally, yearly variability of precipitation make rangelands unsuitable for crop production, and livestock grazing presents a sustainable means of food and fiber production. Droughts which often occur within a long period, may drastically affect plant community composition and may make rangelands more susceptible to diseases, insect pests, weed invasions, and overgrazing. Therefore, continuous monitoring of rangeland status would help decision makers to do necessary interventions and proper reactions against drought spells. In this regard, current ground-based methods seem to be not suitable for rangeland monitoring and regional assessment of drought impacts on its vegetation cover and seasonality. These methods always consume a plenty of time and expense. Conversely, satellite remote sensing (RS) techniques can provide useful information about changes of rangeland status due to changes in climatic attributes of the region. This technique has significant promise for development of more reliable and economically feasible measures of vegetation status over large areas. This technique can be used to monitor vegetation cover status both in time and space. In fact, monitoring of large areas at low cost and time is one of the benefits of remote sensing technique.

#### **Methodology**

The current study intends to assess the impact of climatic conditions on rangeland vegetation

cover in Yazd-Ardakan plain in Central Iran. Total area of Yazd-Ardakan plain is 11630 square kilometers with elevations between 3240 and 990 m above sea level. For the assessment, an indicator namely Index of Drought Impact (IDI) was introduced. This indicator uses a remotely sensed Vegetation Index (VI) as a proxy for vegetation cover and relates the selected VI to a suite of climatic data to define relationships. In this study 36 cloud free images were taken for derivation of ten well-known vegetation indices. These images were acquired from the MODIS sensor of Terra satellite in first decade of new century (2000 to 2009). Additionally, a Landsat ETM<sup>+</sup> image was used for preparation of land use map and also interpretations due to its good spatial resolution (30 m).

Identifying relationships between climatic attributes and rangeland vegetation status was then accomplished. In this stage, records of eight meteorological stations were collected for 2000-2009 time period. Precipitation (P), temperature (T), relative humidity (H), wind speed (W) and standardized precipitation index (SPI) were selected as the main climatic indicators of the region. Correlations between yearly values of these climatic parameters and different vegetation indices were established using R<sup>2</sup> correlation matrix. Through this procedure, fair correlations were investigated and therefore, the best vegetation index was identified. This index was then used for monitoring of drought impact on Yazd-Ardakan rangeland vegetation. Digital Elevation Model (DEM) was also employed as ancillary data for generation of temperature and precipitation maps.

In this study, SAVI was found as the most preferred MODIS-derived vegetation index and therefore combined with precipitation and temperature, as two main climatic parameters of the region to generate the IDI map. Based on the rationale relationship in the IDI, regions with high values of IDI would be more susceptible for degradation of their resources (vegetation cover) as direct impacts of main climatic attributes in the region. In this case study, IDI map has been generated and classified into three different levels (low, medium and high) and then interpreted, visually.

## Results and Discussion

Results show that in the northern areas of the studied region which are also the plain outlet have the maximum IDI values compared with other areas. These areas can be found as more susceptible regions to degradation of their resources (vegetation cover) due to climate inconsistencies and droughts in the recent decade. Lower part of Yazd-Ardakan plain (outlet) is a region with minimum agricultural and pastoral activities due to its degraded soil and water resources, salinization, harsh climatic conditions and poor natural vegetations. In contrast, lower values for "IDI" belong to border areas. These areas are high elevated regions with relatively cold winters and moderate summers. This indicator was also classified into three degradation classes to show the spatial extent of climatic impacts on rangeland vegetation cover. Results show that about 23%, 59% and 18% of this area belongs to low, medium and high IDI values, respectively.

**Conclusion**

Results indicate that the IDI provides an approach to connect the climate conditions with vegetation cover to assess vegetation degradation in such arid environment. This index can be used by researchers; decision makers and stakeholders for doing necessary interventions and for the purpose of sustainable rangeland management. It can also be interpreted and used based on other related aspects such as grazing pattern, distance to water and population centers. Considering results of this case study, the introduced indicator was found suitable for monitoring of drought impact on rangeland vegetation and its classification. Repeatability and relatively low cost and time consumption are the major advantages of the introduced indicator.

**Keywords:** *MODIS, Vegetation Cover, Climate, Rangeland, Index of Drought Impact (IDI).*

