



ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

مسعود عشقی زاده^۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۲۴

چکیده

در این تحقیق عملکرد عملیات بیابان‌زدایی با گونه‌های تاغ، اشنان، قره‌داغ، آتریپلکس و گیاهان یک‌ساله در یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شمال شرق کشور در شهرستان گناباد برای شدت‌های مختلف خشکسالی تعیین شده با شاخص RDI در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و پردازش تبدیل داده‌ها، شاخص‌های گیاهی NDVI، TDVI، SAVI و EVI در هر یک از محدوده‌های تحت عملیات برای ماه‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار ENVI 5.3 محاسبه شد. سپس مقادیر این شاخص‌ها در وضعیت‌های مختلف شدت خشکسالی، مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. براساس نتایج حاصل در تمامی شاخص‌ها، محدوده پوشش اشنان در وضعیت خشکسالی خیلی خشک و با بیشترین مقادیر ۰/۳۴۱ در شاخص EVI از وضعیت بهتری نسبت به سایر محدوده‌ها برخوردار بود. اما در شدت‌های خشکسالی متوسط و ملایم، محدوده تاغ با بیشترین مقدار ۰/۴۵۶ در شاخص TDVI از وضعیت بهتری برخوردار بود. در اسفند شاخص SAVI، در فروردین شاخص TDVI و در اردیبهشت دو شاخص TDVI و EVI توانایی بهتری برای تشخیص پوشش گیاهی داشتند. بین سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و خشکی ملایم، آزمون کروסקال - والیس نشان داد در اسفند شاخص TDVI در سطح ۵ درصد و شاخص SAVI در سطح یک درصد و در فروردین شاخص‌های NDVI و SAVI در سطح یک درصد و شاخص EVI در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار بوده‌اند. در اردیبهشت آزمون من - ویتنی نشان داد فقط شاخص SAVI در سطح یک درصد بین دو وضعیت خشکی متوسط و ملایم دارای تفاوت معنی‌دار بوده است. بر این اساس تمامی شاخص‌ها تغییرات پوشش گیاهی را در اثر شدت خشکسالی نشان دادند اما تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌های پوشش گیاهی به دلیل مقاومت این گونه‌ها به خشکسالی نشان داده نشد بلکه تفاوت بین وضعیت‌های شدت خشکسالی معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: بیابان، بیابان‌زدایی، فرسایش بادی، منابع طبیعی

۱- مقدمه

طیفی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای قابل انجام است

(Mirmousavi and Karimi, 2011).

امروزه ملاحظه تغییرات در کاهش پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنجش از دور به دلیل وجود تصاویر ماهواره‌ای منظم و با دقت بالای تفکیک مکانی و رادیومتریک امکان‌پذیر است (Khosravi et al., 2017; Karabulut, 2003). بر این اساس شاخص‌های بر پایه مادون قرمز نزدیک (NIR) به عنوان ابزار قابل قبول در مطالعات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور به شمار می‌روند (احمدی و همکاران، ۲۰۱۹). در ارتباط با بررسی تأثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی مطالعات فراوانی صورت گرفته است. Peters و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی ارتباط شاخص گیاهی NDVI و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در آمریکای شمالی نشان دادند بهترین حالت برای استفاده از این شاخص بازه زمانی فصلی است. Zhao و همکاران (۲۰۱۸) اثر خشکسالی را بر روی پوشش گیاهی در حوضه آبخیز رودخانه یانگتزه^۳ چین مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای این منظور شاخص‌های NDVI، SPEI^۴، SPI^۵ و LAI^۶ را بین سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۱۵ مورد ارزیابی و مقایسه قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها همبستگی معنی‌داری را بین این شاخص‌های گیاهی و خشکسالی نشان داد. زرگران و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های بارش شبکه‌ای و تصاویر ماهواره MODIS را در سه کاربری جنگل، مرتع و اراضی کشاورزی در طی فصل رشد در استان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها برای این منظور از شاخص خشکسالی مؤثر (EDI)^۷، شاخص بارش مؤثر استاندارد شده (SEPI)^۷ و شاخص گیاهی NDVI برای ارزیابی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی استفاده نمودند.

بهترین و مؤثرترین روش کنترل فرسایش بادی، افزایش پوشش گیاهی به منظور پوشاندن سطح زمین است زیرا پوشش گیاهی با ایجاد ناهمواری سبب افزایش زبری سطح شده که سبب افزایش اصطکاک و در نتیجه کاهش سرعت باد و ظرفیت حمل رسوبات توسط باد می‌شود و این رسوبات در سطح زمین و در مجاورت پوشش گیاهی رسوب می‌نمایند (رفاهی، ۲۰۱۲). بنابراین یکی از مهم‌ترین اهداف استقرار پوشش گیاهی در مناطق بیابانی کنترل و کاهش فرسایش بادی است به طوری که اولین طرح استقرار پوشش گیاهی در سال ۱۳۳۸ در منطقه الباجی اهواز برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای اجرا شده است و امروزه طی عملیات بیابان‌زدایی در سایر مناطق بیابانی و خشک اجرا می‌شود (اختصاصی، ۲۰۱۰؛ اکبریان و بی‌نیاز، ۲۰۱۱). شناخت عکس‌العمل گیاهان نسبت به تغییرات محیطی نقش مهمی در موفقیت عملیات بیولوژیکی مراتع دارد (یعقوبی و همکاران، ۲۰۱۷). در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر رشد گیاهان، خشکی است (دلشادی و همکاران، ۲۰۱۷). خشکسالی به صورت تنش خشکی بر گیاهان وارد می‌شود و شرایط تداوم آن سبب بروز بی‌نظمی در پراکنش زمانی و مکانی پوشش گیاهی می‌شود (Assal et al., 2016). بنابراین با توجه به شرایط مناطق بیابانی به‌ویژه شرایط اقلیمی خشک، انتخاب گونه‌های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط خشکی امری ضروری است. گونه‌های گیاهی مختلف با داشتن ویژگی‌های گیاه‌شناسی مختلف، دارای عملکرد یکسانی نسبت به شرایط خشکسالی نبوده و عکس‌العمل متفاوتی نسبت به تغییر شرایط محیطی دارند. لذا مهم‌ترین عامل موفقیت در استقرار پوشش گیاهی در مناطق بیابانی، انتخاب گیاهان مناسب برای این منظور است (جعفری و همکاران، ۲۰۰۴). بررسی پوشش گیاهی به‌ویژه در مناطق بیابانی بر روی گونه‌های گیاهی موجود در این مناطق از طریق تصاویر ماهواره‌ای قابلیت پایش آن‌ها را در طول دوره‌های خشکسالی امکان‌پذیر می‌سازد. مطالعه تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی از طریق بررسی تغییرات

1- Normalized Difference Vegetation Index

2- Standardized Precipitation Index

3- Yangtze

4- Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

5- Leaf Area Index

6- Effective Drought Index

7- Standardized Effective Precipitation Index

زمانی و مکانی خشکسالی با شاخص‌های دمایی و پوشش گیاهی در شهرستان مرودشت را با استفاده از ماهواره MODIS طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور شاخص وضعیت دمای سطح زمین (LST^۴)، شاخص گیاهی NDVI و شاخص SPI به‌کار گرفته شد. نتایج پژوهش آن‌ها ارتباط پوشش گیاهی با خشکسالی از طریق شاخص‌های گیاهی را نشان داد. با این وجود نشان داد شاخص SPI همبستگی بیشتری با شاخص LST دارد.

علی‌رغم تحقیقات پیش‌گفته، درمورد تأثیرپذیری گونه‌های گیاهی به‌کار گرفته شده از خشکسالی‌ها در مناطق بیابانی مطالعات اندکی صورت گرفته است. براساس تحقیقات صورت‌گرفته، خشکسالی تأثیرات معنی‌داری بر روی پوشش گیاهی داشته و از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش تراکم و تاج پوشش گیاهی است (Jentsch et al., 2011). از طرف دیگر مقاومت و عکس‌العمل گیاهان در برابر خشکسالی با توجه به خصوصیات گیاه‌شناسی هر گونه متفاوت است. بنابراین میزان مقاومت و سازگاری گونه‌های بیابانی در مناطق خشک نسبت به دوره‌های خشکی متفاوت خواهد بود. با تعیین گونه‌های مقاوم و سازگارتر با شرایط خشکسالی امکان استقرار پوشش گیاهی در این مناطق در طرح‌های مختلف بیابان‌زدایی برای کنترل و کاهش فرسایش بادی و ریزگردها بیشتر امکان‌پذیر خواهد بود. لذا هدف اصلی از این پژوهش، تعیین تأثیرپذیری و مقاومت برخی از گونه‌های مقاوم به خشکی در برابر وقوع خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص‌های گیاهی حاصل از تصاویر ماهواره لندست است. علاوه بر این تعیین بهترین شاخص‌های گیاهی نشان‌دهنده گیاهان مقاوم در شرایط خشکسالی است. برای این منظور محدوده‌های دارای گونه‌های تاغ (Haloxylon aphyllum)، اشنان (Haloxylon persicum)، قره‌داغ (Nitraria schoberi)، آتریپلکس (Atriplex canescens) و گیاهان یک‌ساله در شدت‌های مختلف خشکسالی وقوع یافته در یک دوره زمانی ۲۰ ساله به‌صورت یک مطالعه

نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد روند تغییرات شاخص NDVI با شاخص SEPI همخوانی داشته و تقریباً یکسان است اما با شاخص EDI این همخوانی دیده نشد. افشاری‌نیا و پناهی (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر دوره‌های خشکسالی بر شوری خاک توسط شاخص بارش استاندارد شده و شاخص شوری خاک (SI^۱) با استفاده از سنجنده ETM+ ماهواره لندست طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ در دشت کاشان پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها همبستگی معنی‌داری را در سطح یک درصد بین خشکسالی و شوری خاک با استفاده از روش اسپیرمن نشان داد. Dutra و همکاران (۲۰۲۱) تجزیه و تحلیل زمانی از پوشش خشکسالی را در مقیاس حوضه آبخیز به‌منظور مقایسه دو شاخص NDVI و EVI با استفاده از داده‌های حاصل از ماهواره MODIS در شرق برزیل انجام دادند. برای مقایسه فصلی این دو شاخص از آزمون آماری کاکس-استورات^۲ و همبستگی خطی پیرسون استفاده شد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد شاخص NDVI کارایی بیشتری از شاخص EVI برای نشان دادن تغییرات مکانی و به‌ویژه تغییرات فصلی خشکسالی دارد. فرزانه و همکاران (۲۰۲۱) به‌منظور افزایش دقت برآورد میزان خشکسالی در مقیاس‌های وسیع، از تلفیق تصاویر ماهواره GRACE و MODIS و اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی استفاده نمودند. آن‌ها برای این منظور با معرفی شاخص MDI نشان دادند این شاخص می‌تواند به‌خوبی همانند شاخص پالمر روند خشکسالی را نشان دهد. باقری و همکاران (۲۰۲۲) اثر خشکسالی بر پویایی پوشش گیاهی را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در سطح ایران مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور آن‌ها همبستگی و تغییرات شاخص EVI^۳ را با شاخص SEPI محاسبه نمودند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی در مناطق خشک و بیابانی کمتر از مناطق مرطوب است. مردانی و همکاران (۲۰۲۲) ارتباط تغییرات

1- Salinity Index

2- Cox-Stuart

3- Enhanced Vegetation Index

4- Land Surface Temperature

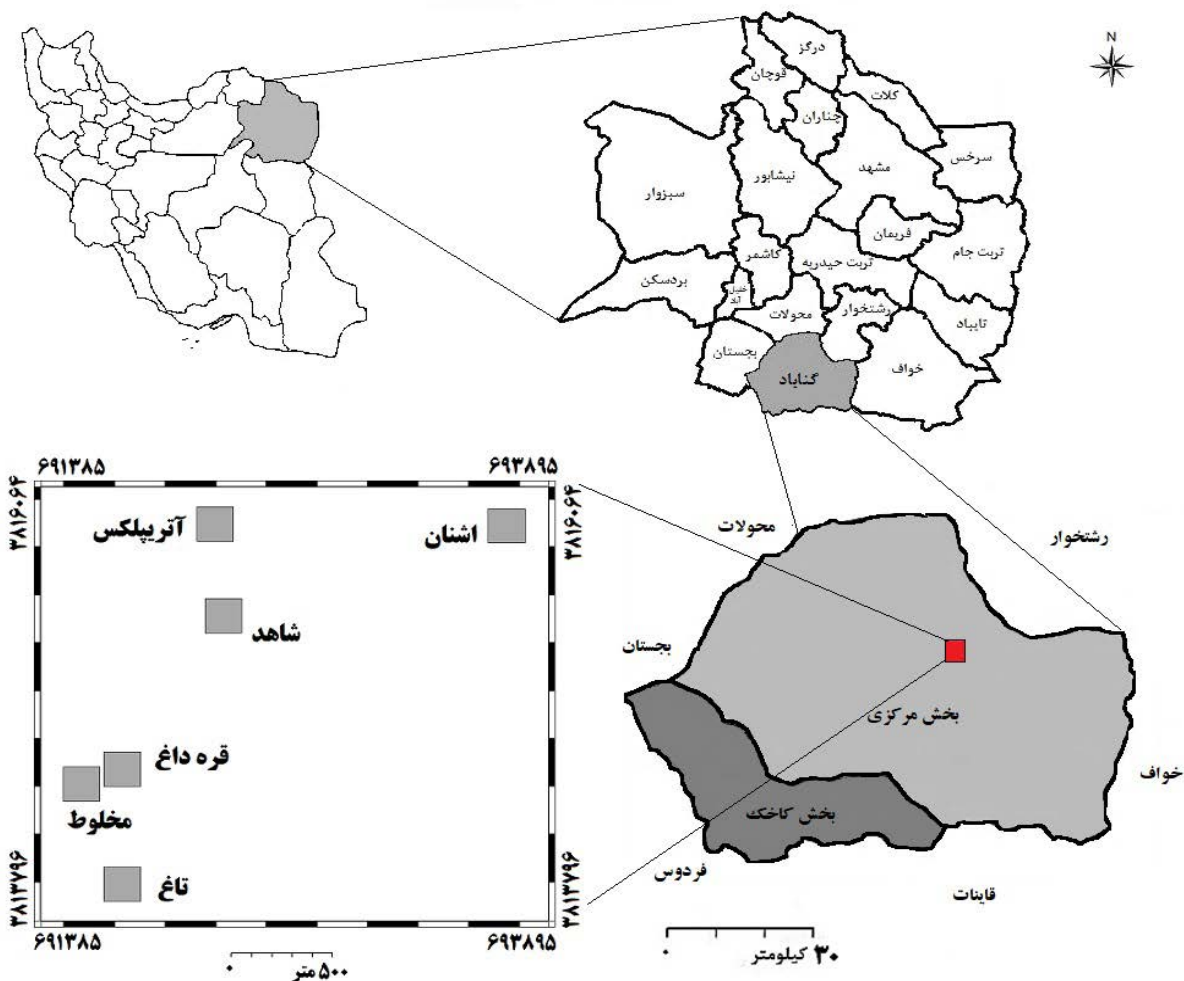
موردی در یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شمال شرق کشور در شهرستان گناباد مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

به‌شمار می‌رود، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه در جنوب استان خراسان رضوی و در شهرستان گناباد بین طول‌های $28^{\circ} 05' 59''$ الی $29^{\circ} 08' 59''$ شرقی و عرض‌های $04^{\circ} 27' 34''$ الی $04^{\circ} 24' 29''$ شمالی قرار داشت. این منطقه در یک محدوده ۲۰۰۰ هکتاری و به فاصله ۳۰ کیلومتر در شمال شرق شهر گناباد واقع است (نگاره ۱). ارتفاع متوسط منطقه ۸۶۰ متر از سطح آب‌های آزاد بوده و با بارش متوسط سالانه ۱۵۷ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه $16/9$ درجه سانتی‌گراد دارای اقلیم خشک است. بافت غالب خاک در منطقه از نوع لوم رس ماسه‌ای است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۲۰۰۳).

به‌منظور انتخاب و تعیین منطقه مورد مطالعه، ابتدا براساس مستندات اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گناباد، طرح‌های بیابان‌زدایی اجرا شده در سطح شهرستان گناباد مورد شناسایی قرار گرفت و در مناطق اجرا شده، نوع گونه‌های کاشت شده و سطح زیر کشت توسط هر یک از این گونه‌ها تعیین گردید. بر این اساس منطقه نوده پشنگ که از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شهرستان گناباد نیز



نگاره ۱: موقعیت منطقه و محدوده‌های مورد مطالعه

۲-۲- روش کار

در ابتدا با استفاده از آمار مجموع بارش ماهانه و متوسط دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک گناباد طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۲۱ شاخص شناسایی خشکسالی (RDI^۱) در مقیاس زمانی ماهانه و در نرم‌افزار DrinC^۲ محاسبه شد. این نرم‌افزار توسط مرکز ارزیابی خطرات محیطی، برنامه‌ریزی پیش‌گیرانه دانشگاه ملی آتن به‌منظور محاسبه شاخص‌های خشکسالی در مدیریت منابع آب توسعه داده شده است (Tigkas et al., 2015). در مرحله بعد، با توجه به شروع دوره رشد گیاهی و پراکنش زمانی بارش‌ها در منطقه مورد مطالعه و همچنین اجرای عملیات بیولوژیکی طرح کنترل فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، وضعیت شدت خشکسالی برای ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰ تعیین شد. شاخص RDI به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی و طبقه‌بندی خشکسالی توسط سازمان جهانی هواشناسی (WMO^۳) توصیه شده است. در این شاخص دو عامل بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل برای تشخیص وضعیت خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مورد نظر استفاده می‌شود (Tigkas et al., 2017; Tsakiris and Vangelis, 2005). برای محاسبه شاخص RDI عامل بارش تجمعی (P) براساس داده‌های مجموع بارش ماهانه در نظر گرفته می‌شود. عامل تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) می‌تواند براساس داده‌های موجود تبخیر و تعرق ماهانه و یا براساس مدل‌های برآورد تبخیر و تعرق مانند ترنت وایت^۴ یا بلانی-کریدل^۵ و براساس داده‌های متوسط دمای ماهانه مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص برای ارزیابی خشکسالی تحت سه شکل شاخص شامل میزان اولیه RDI (α_k)، RDI نرمال شده (RDI_n) و RDI استاندارد شده (RDI_{st}) مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص میزان اولیه RDI طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\alpha_k = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}$$

رابطه (۱)

در رابطه فوق، P و PET به ترتیب مقادیر بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل در زامین ماه از سال i هستند. مقدار i از ۱ تا N (تعداد سال‌هایی که داده‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرند) متغیر است.

شاخص RDI نرمال شده از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$RDI_n(k) = \frac{\alpha_k}{\bar{\alpha}_k} - 1$$

رابطه (۲)

در رابطه فوق، $\bar{\alpha}_k$ میانگین بلندمدت مقادیر α_k است. مقادیر RDI استاندارد شده براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شوند.

$$RDI_{st}(k) = \frac{y_k - \bar{y}_k}{\sigma_{y_k}}$$

رابطه (۳)

در معادله فوق، y_k لگاریتم طبیعی α_k و \bar{y}_k میانگین بلندمدت و σ_{y_k} انحراف معیار مقادیر y_k هستند. تعیین وضعیت خشکسالی براساس طبقات شدت خشکسالی مطابق با مقادیر RDI استاندارد شده طبق جدول ۱ انجام می‌شود (Shokoohi, 2011; Tsakiris et al., 2007).

جدول ۱: طبقه‌بندی شدت خشکسالی براساس مقادیر RDI استاندارد شده

مقادیر RDI _{st}	طبقه‌بندی
بیشتر از ۲	بسیار مرطوب
۱/۵۰ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱/۰۰ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
۰/۰۰ تا ۰/۹۹	نرمال
-۰/۹۹ تا -۰/۰۰	خشکی ملایم
-۱/۴۹ تا -۱/۰۰	خشکی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵۰	خیلی خشک
کمتر از -۲	بسیار خشک

در مرحله بعد شاخص‌های گیاهی پرکاربرد در مطالعات پوشش گیاهی شامل SAVI، TDVI، NDVI و EVI انتخاب شدند (Dutra et al., 2021) احمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ فیروزی و

1- Reconnaissance Drought Index

2- Drought Indices Calculator

3- World Meteorological Organization

4- Thornthwaite

5- Blaney - Criddle

جدول ۲: محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد مطالعه

منبع	نحوه محاسبه	شاخص گیاهی
Rouse و همکاران (۱۹۷۴)	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	NDVI
Bannari و همکاران (۲۰۰۲)	$TDVI = 1.5 \times [(NIR - RED) / \sqrt{NIR^2 + RED + 0.5}]$	TDVI
Huete (۱۹۸۸)؛ Karnieli و همکاران (۲۰۰۱)	$SAVI = (1 + L) (NIR - RED) / (NIR + RED + L)$ L=0.25 تراکم بالای پوشش L=0.5 تراکم متوسط پوشش L=0.25 تراکم کم پوشش	SAVI
Huete و همکاران (۲۰۰۲)	$EVI = 2.5 \times [(NIR - RED) / NIR + 6RED - 7.5BLUE + 1]$	EVI

شورپسند از خانواده علف‌شورها به تعداد ۲۵۰ اصله در هکتار قرار گرفت. برای تعیین محدوده‌های هر نوع پوشش مطالعه شده، ابتدا با استفاده از پیمایش مکانی و سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) یک مساحت ۱ هکتاری برای هر یک از محدوده‌های دارای تاغ، اشنان، قره‌داغ، آتریپلکس، یک‌ساله‌ها و مخلوطی از تاغ، اشنان، قره‌داغ و آتریپلکس تعیین شد.

در مرحله نهایی مقادیر این شاخص‌های گیاهی برای وضعیت‌های شدت خشکسالی در هر محدوده و ماه، مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

برای استفاده از آزمون‌های پارامتری بر روی داده‌ها، لازم است داده‌ها نرمال باشند. برای این منظور ابتدا پس از ورود داده‌ها به محیط SPSS، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف^۱ انجام شد. در این آزمون اگر Sig کمتر از ۰/۰۵ باشد، داده‌ها غیرنرمال می‌باشند و اگر Sig بیشتر از ۰/۰۵ باشد، داده‌ها نرمال هستند. در صورت نرمال نبودن داده‌ها باید از آزمون‌های ناپارامتری برای انجام مقایسات آماری استفاده شود.

با توجه به نرمال نبودن داده‌ها و عدم امکان نرمال‌سازی داده‌ها، تفاوت آماری بین محدوده‌ها با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال-والیس^۲ برای مقایسه چند گروه و آزمون من-ویتنی^۳ برای مقایسه بین دو گروه داده‌ها استفاده

مکاران، ۲۰۱۹؛ Khosravi et al., 2017). این شاخص‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره لندست دانلود شده از سایت USGS (U.S. Geological Survey, 2022) در نرم‌افزار ENVI 5.3 برای هر یک از ماه‌های اسفند (مارس)، فروردین (آوریل) و اردیبهشت (می) در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۱ محاسبه شد (جدول ۲). برای این منظور قبل از محاسبه این شاخص‌ها، تصاویر دانلود شده از نظر خطای هندسی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و خطی جاده‌ها و تقاطع‌ها به‌عنوان نقاط کنترل زمینی مورد بررسی و تطابق هندسی قرار گرفت و با مقدار خطای کمتر از ۰/۵ پیکسل تأیید شد. سپس تصحیحات رادیومتریک و جوئی با استفاده از عملگرهای مربوط به تصحیح رادیومتریک و جدول تصحیح اتمسفریک با استفاده از جعبه‌ابزار نرم‌افزار ENVI 5.3 بر روی تصاویر انجام شد (Abdolzadeh et al., 2020). در نهایت با تعیین محدوده‌های در نظر گرفته شده برای هر گونه گیاهی در طرح بیابان‌زدایی اجرا شده در منطقه مورد مطالعه، مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل هر یک از شاخص‌های گیاهی انتخاب شده در هر محدوده پوشش گیاهی استخراج شد. صحت مقادیر برداشت شده از طریق برداشت مختصات نقاط نمونه از نقشه‌های محاسبه شده برای هر یک از شاخص‌ها و کنترل زمینی نقاط مورد بررسی و تأیید قرار گرفت.

محدوده‌های مورد مطالعه در زمستان ۱۳۸۲ تحت کاشت گونه‌های تاغ، اشنان، قره‌داغ، آتریپلکس و یک‌ساله‌های

1- Kolmogorov-Smirnov

2- Kruskal-Wallis Test

3- Mann-Whitney

در محدوده‌های مورد مطالعه برای هر یک از ماه‌های اسفند (مارس)، فروردین (آوریل) و اردیبهشت (می) در سال‌های دارای وضعیت خشکسالی محاسبه شد. نگاره ۳ نمونه مقادیر محاسبه شده این شاخص‌ها را در ماه اسفند سال ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. نتایج حاصل از محاسبه مقادیر این شاخص‌ها در ماه‌های مورد مطالعه به صورت نگاره (۳) است.

شد. در این دو آزمون فرض صفر برابر بودن میانگین گروه‌ها است و در صورتی مورد تأیید است که مقدار Sig بیشتر از ۰/۰۵ باشد. در صورتی که مقدار Sig کمتر از ۰/۰۵ باشد تفاوت بین گروه‌ها معنی‌دار بوده و فرض صفر رد می‌شود که نشان‌دهنده نابرابر بودن میانگین‌ها در حداقل یک گروه است.

۳- نتایج و بحث

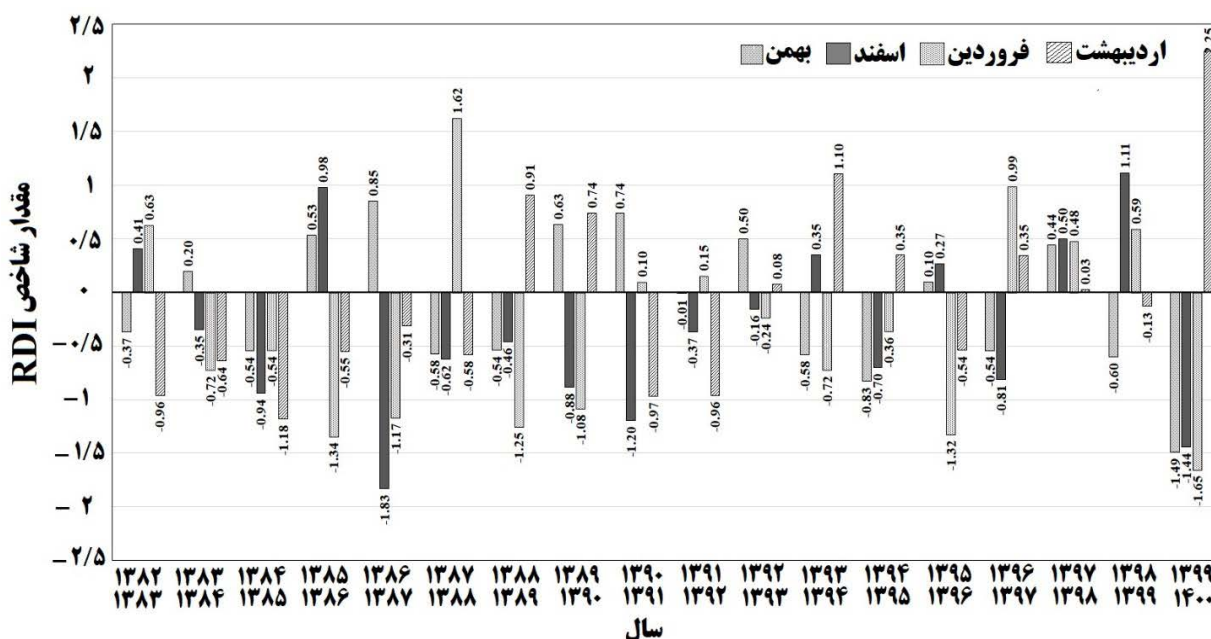
اسفند:

در ماه اسفند در وضعیت خیلی خشک، محدوده تحت پوشش اشنان در تمامی مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل و برای هر چهار شاخص مطالعه شده از مقادیر بیشتری نسبت به سایر محدوده‌ها برخوردار بود. در این ماه در وضعیت خشکی متوسط نیز در مقادیر حداکثر و متوسط محدوده پوشش اشنان و در مقادیر حداقل محدوده تحت پوشش قره‌داغ در هر چهار شاخص از وضعیت بهتری برخوردار بودند (جدول ۳).

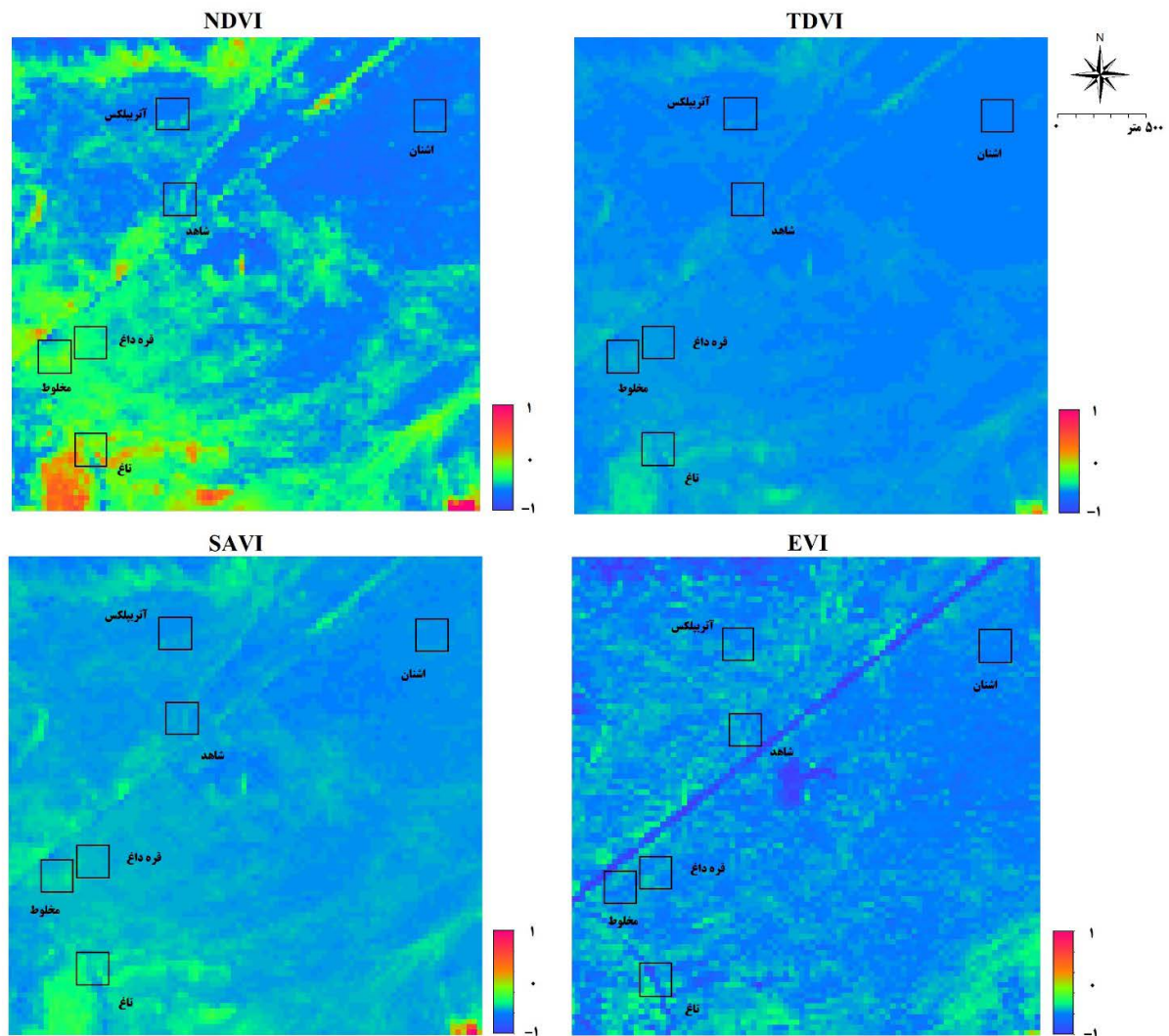
نتایج بررسی وضعیت شدت خشکسالی با استفاده از شاخص RDI نشان داد در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰ که گونه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه کاشت شده، اسفند ۱۳۸۶ بالاترین شدت خشکسالی را با وضعیت خیلی خشک داشته است. همچنین اردیبهشت ۱۴۰۰ مرطوب‌ترین وضعیت را در این دوره زمانی داشته است. در این دوره بیش از ۶۶ درصد سال‌ها اسفندماه با وضعیت خشکسالی داشته‌اند. نگاره ۲ مقادیر شاخص RDI استاندارد شده را در بازه زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

براساس بررسی مقادیر شاخص‌های گیاهی در وضعیت خیلی خشک، محدوده‌های تحت پوشش گیاهی در این

مقادیر شاخص‌های گیاهی NDVI، TDVI، SAVI و EVI



نگاره ۲: مقدار شاخص RDI ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۰



نگاره ۳. مقادیر شاخص‌های گیاهی NDVI، TDVI، SAVI و EVI در محدوده‌های مورد مطالعه در ماه اسفند سال ۱۳۹۹

آتریپیلکس و تاغ از وضعیت بهتر پوشش برخوردار بودند. براساس نتایج حاصل شدت خشکسالی ماه بهمن سبب منفی شدن مقادیر تمامی شاخص‌ها در ماه اسفند در محدوده‌های مورد مطالعه به جز محدوده گونه‌های یکساله شده است. شاخص SAVI در شرایط خشکسالی بهمن وضعیت پوشش گیاهی را در ماه اسفند از سایر شاخص‌ها بهتر نشان داد. جدول ۳ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه اسفند را در محدوده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. مقادیر شاخص NDVI در این ماه تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌های پوشش نشان نداد. مقادیر حداکثر این

ماه به وضعیت خشکی ماه قبل (بهمن) نیز وابسته بودند. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۰ که مقدار شاخص RDI در ماه بهمن ۰/۷۴ (وضعیت نرمال) بود، وضعیت پوششی به مراتب بهتر از سال ۱۳۹۹ که مقدار شاخص RDI این ماه ۱/۴۹- (خشکی متوسط) بوده است.

در وضعیت خشکی ملایم در مقادیر متوسط شاخص‌های مورد مطالعه، محدوده‌های تحت پوشش کاشت مخلوط، تاغ و قره‌داغ از وضعیت پوششی بهتری برخوردار بوده‌اند. در مقادیر حداکثر شاخص‌ها، محدوده‌های مخلوط، تاغ و اشنان و در مقادیر حداقل شاخص‌ها، محدوده‌های مخلوط،

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)

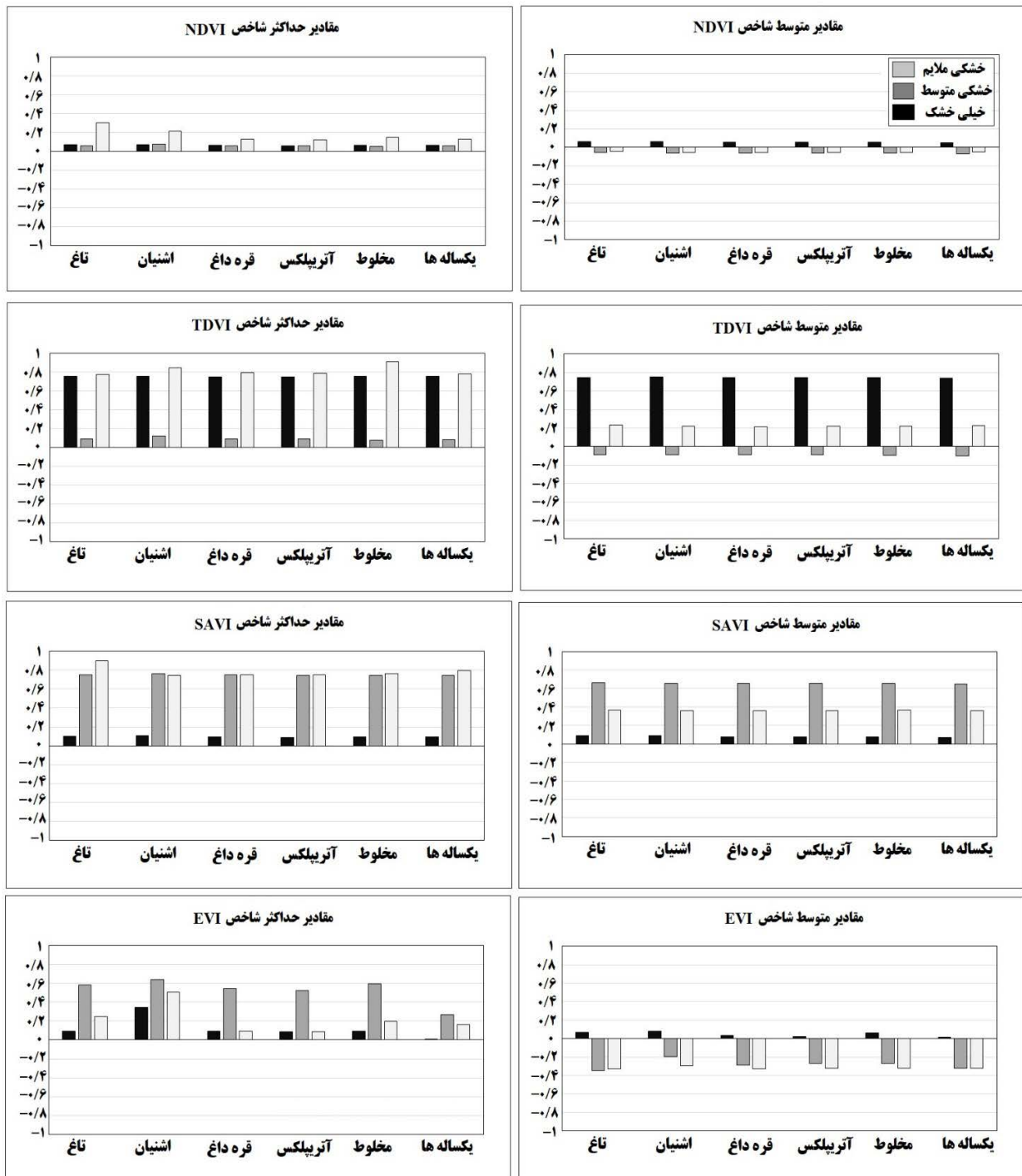
ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با ... / ۱۰۱

جدول ۳: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه اسفند در محدوده‌های مورد مطالعه

شاخص گیاهی								محدوده	وضعیت
EVI		SAVI		TDVI		NDVI			
متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر		
۰/۰۶۹	۰/۰۹۰	۰/۰۸۸	۰/۱۰۳	۰/۷۴۸	۰/۷۵۴	۰/۰۵۹	۰/۰۶۹	تاغ	خیلی خشک
۰/۰۷۸	۰/۳۴۱	۰/۰۹۳	۰/۱۰۶	۰/۷۴۹	۰/۷۵۵	۰/۰۶۲	۰/۰۷۰	اشنان	
۰/۰۳۲	۰/۰۹۳	۰/۰۸۰	۰/۰۹۲	۰/۷۴۴	۰/۷۴۹	۰/۰۵۳	۰/۰۶۲	قره‌داغ	
۰/۰۲۱	۰/۰۸۸	۰/۰۷۸	۰/۰۸۹	۰/۷۴۲	۰/۷۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۶۰	آتریپلکس	
۰/۰۶۴	۰/۰۹۵	۰/۰۷۹	۰/۰۹۴	۰/۷۴۴	۰/۷۵۰	۰/۰۵۳	۰/۰۶۲	مخلوط	
۰/۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۷۲	۰/۰۹۳	۰/۷۴۰	۰/۷۵۰	۰/۰۴۸	۰/۰۶۲	یک‌ساله‌ها	
-۰/۳۴۴	۰/۵۸۱	۰/۶۵۹	۰/۷۴۹	-۰/۰۸۹	۰/۰۹۱	-۰/۰۵۹	۰/۰۶۱	تاغ	خشکی متوسط
-۰/۱۹۵	۰/۶۳۸	۰/۶۵۷	۰/۷۶۱	-۰/۰۹۱	۰/۱۱۹	-۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	اشنان	
-۰/۲۸۶	۰/۵۴۱	۰/۶۵۶	۰/۷۴۸	-۰/۰۹۲	۰/۰۸۹	-۰/۰۶۲	۰/۰۵۹	قره‌داغ	
-۰/۲۷۱	۰/۵۲۶	۰/۶۵۷	۰/۷۴۷	-۰/۰۹۲	۰/۰۸۷	-۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	آتریپلکس	
-۰/۲۶۸	۰/۵۹۶	۰/۶۵۴	۰/۷۴۳	-۰/۰۹۶	۰/۰۷۹	-۰/۰۶۴	۰/۰۵۳	مخلوط	
-۰/۳۲۱	۰/۲۶۵	۰/۶۵۱	۰/۷۴۵	-۰/۱۰۱	۰/۰۸۴	-۰/۰۶۷	۰/۰۵۶	یک‌ساله‌ها	
-۰/۳۲۷	۰/۲۴۵	۰/۳۶۵	۰/۸۹۷	۰/۲۳۱	۰/۷۷۴	-۰/۰۴۷	۰/۳۰۴	تاغ	ملایم
-۰/۲۹۶	۰/۵۰۶	۰/۳۵۶	۰/۷۴۵	۰/۲۱۷	۰/۸۴۳	-۰/۰۵۷	۰/۲۱۰	اشنان	
-۰/۳۲۸	۰/۰۹۵	۰/۳۵۸	۰/۷۵۲	۰/۲۱۳	۰/۷۹۳	-۰/۰۵۸	۰/۱۲۸	قره‌داغ	
-۰/۳۲۰	۰/۰۸۸	۰/۳۵۹	۰/۷۵۲	۰/۲۱۸	۰/۷۸۷	-۰/۰۵۷	۰/۱۲۰	آتریپلکس	
-۰/۳۱۹	۰/۱۹۵	۰/۳۶۳	۰/۷۶۲	۰/۲۱۷	۰/۹۰۴	-۰/۰۵۵	۰/۱۴۶	مخلوط	
-۰/۳۲۲	۰/۱۶۴	۰/۳۵۸	۰/۷۹۴	۰/۲۲۶	۰/۷۸۰	-۰/۰۵۳	۰/۱۳۱	یک‌ساله‌ها	

شاخص در هر سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و ملایم، پوشش گیاهی را در تمامی محدوده‌های مورد مطالعه نشان داد. تنها در وضعیت خشکی ملایم محدوده تحت پوشش تاغ از وضعیت بهتری برخوردار بود. در مقادیر متوسط این شاخص تنها در وضعیت خیلی خشک در تمامی محدوده‌ها وضعیت پوششی را نشان داد. در این ماه مقادیر شاخص TDVI تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌های پوشش نشان نداد. بیشترین مقدار این شاخص در شرایط خشکی ملایم و در محدوده تحت کاشت مخلوط دیده شد. این شاخص در مقادیر متوسط در تمامی محدوده‌ها، پوشش گیاهی را نشان نداد. در این ماه مقادیر شاخص SAVI تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌های پوشش نشان نداد اما به‌خوبی وجود پوشش گیاهی در محدوده‌ها را نشان داد. در شرایط خشکی ملایم محدوده تاغ از وضعیت بهتری نسبت به سایر محدوده‌ها برخوردار بود. در این ماه مقادیر شاخص EVI وجود پوشش گیاهی در محدوده‌ها را نشان داد اما تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌ها را نشان نداد.

در مقادیر متوسط در شرایط خشکی متوسط و ملایم پوشش گیاهی خیلی مشخص نشد و تنها در شرایط خیلی خشک محدوده تاغ، اشنان و مخلوط نسبت به سایر محدوده‌ها دارای پوشش گیاهی مشخص شد. نگاره ۴ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه اسفند در محدوده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



نگاره ۴: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه اسفند در محدوده‌های مورد مطالعه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با ... / ۱۰۳

در این ماه، حداکثر مقادیر شاخص‌ها در محدوده‌های تاغ،

اشنان، قره‌داغ و یک‌ساله‌ها پوشش گیاهی را نشان داد. مقادیر متوسط شاخص‌ها نیز وضعیت پوشش گیاهی محدوده‌های تاغ، قره‌داغ و یک‌ساله‌ها را نشان داد. مقادیر حداقل شاخص‌ها، پوشش گیاهی در محدوده اشنان، یک‌ساله‌ها، آتریپلکس و تاغ را نشان داد (جدول ۴).

براساس نتایج حاصل در سال‌هایی که در ماه‌های بهمن و اسفند براساس شاخص RDI خشکی ملایم و نرمال حاکم

فروردین:

در این ماه در وضعیت خیلی خشک شاخص‌های EVI، SAVI و NDVI در تمامی محدوده‌ها مقادیر منفی را نشان دادند در حالی که شاخص TDVI وجود پوشش گیاهی در محدوده‌های مختلف را نشان داد.

براساس مقادیر حداکثر این شاخص محدوده اشنان و براساس مقادیر متوسط و حداقل محدوده قره‌داغ از وضعیت پوشش بهتری برخوردار بودند. در وضعیت خشکی متوسط

جدول ۴: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه فروردین در محدوده‌های مورد مطالعه

شاخص گیاهی								محدوده	سال
EVI		SAVI		TDVI		NDVI			
متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر		
-۰/۷۸۴	-۰/۷۴۶	-۰/۲۶۷	-۰/۲۶۳	۰/۵۶۷	۰/۵۶۹	-۰/۱۷۹	-۰/۱۷۶	تاغ	خیلی خشک
-۰/۷۶۸	-۰/۷۲۱	-۰/۲۶۹	-۰/۵۲۷	۰/۵۶۷	۰/۵۷۳	-۰/۱۷۹	-۰/۱۷۱	اشنان	
-۰/۷۵۶	-۰/۷۱۴	-۰/۲۶۶	-۰/۲۶۱	۰/۵۶۸	۰/۵۷۰	-۰/۱۷۸	-۰/۱۷۵	قره‌داغ	
-۰/۸۰۷	-۰/۷۷۱	-۰/۲۷۴	-۰/۲۷۱	۰/۵۶۳	۰/۵۶۵	-۰/۱۸۳	-۰/۱۸۱	آتریپلکس	
-۰/۷۷۷	-۰/۷۳۵	-۰/۲۶۸	-۰/۲۶۳	۰/۵۶۷	۰/۵۷۰	-۰/۱۷۹	-۰/۱۷۶	مخلوط	
-۰/۸۰۱	-۰/۷۷۳	-۰/۲۷۳	-۰/۲۷۱	۰/۵۶۴	۰/۵۶۵	-۰/۱۸۲	-۰/۱۸۱	یک‌ساله‌ها	
۰/۰۳۵	۰/۹۶۷	۰/۰۰۴	۰/۸۹۳	۰/۵۸۵	۰/۷۸۵	-۰/۰۰۲	۰/۲۹۷	تاغ	متوسط
۰/۰۲۷	۰/۸۷۱	۰/۰۹۹	۰/۷۷۵	۰/۵۶۵	۰/۸۴۳	-۰/۰۱۹	۰/۲۱۱	اشنان	
-۰/۰۰۶	۰/۸۴۲	۰/۰۹۳	۰/۷۶۱	۰/۵۵۷	۰/۷۷۰	-۰/۰۲۴	۰/۰۹۳	قره‌داغ	
-۰/۰۷۴	۰/۶۰۱	۰/۰۸۸	۰/۷۵۵	۰/۵۵۲	۰/۷۵۳	-۰/۰۲۹	۰/۰۷۰	آتریپلکس	
۰/۰۰۳	۰/۹۰۶	۰/۰۸۶	۰/۷۶۲	۰/۵۵۳	۰/۷۶۲	-۰/۰۲۹	۰/۰۸۱	مخلوط	
۰/۰۵۱	۰/۸۶۴	۰/۱۳۴	۰/۷۶۲	۰/۵۷۳	۰/۸۴۷	۰/۰۰۳	۰/۲۱۷	یک‌ساله‌ها	
-۰/۱۲۹	۰/۹۹۱	-۰/۰۹۱	۰/۱۰۰	۰/۶۵۸	۰/۷۵۳	-۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	تاغ	ملایم
-۰/۱۶۲	۰/۶۰۴	-۰/۱۰۳	۰/۰۸۳	۰/۶۵۲	۰/۷۴۵	-۰/۰۶۸	۰/۰۵۶	اشنان	
-۰/۰۳۷	۰/۹۹۲	-۰/۰۹۲	۰/۱۰۷	۰/۶۵۸	۰/۷۵۶	-۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	قره‌داغ	
۰/۰۲۰	۰/۹۹۲	-۰/۰۹۸	۰/۱۰۵	۰/۶۵۵	۰/۷۵۶	-۰/۰۶۶	۰/۰۷۰	آتریپلکس	
۰/۰۰۶	۰/۹۹۳	-۰/۰۸۷	۰/۱۱۵	۰/۶۵۹	۰/۷۵۹	-۰/۰۵۸	۰/۰۷۷	مخلوط	
-۰/۱۰۴	۰/۷۱۱	-۰/۰۹۷	۰/۱۲۶	۰/۶۵۵	۰/۷۶۵	-۰/۰۶۵	۰/۰۸۴	یک‌ساله‌ها	

در مقادیر حداکثر این شاخص شرایط بالای پوشش گیاهی در وضعیت خشکی متوسط در تمامی محدوده نشان داده شد. اما در وضعیت خیلی خشک پوشش گیاهی را نشان نداد. همین شرایط در مقادیر متوسط شاخص در وضعیت خشکی ملایم نیز دیده شد.

در این ماه مقادیر شاخص EVI نیز تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌های تحت پوشش نشان نداد. در مقادیر حداکثر این شاخص شرایط بالای پوشش گیاهی در وضعیت خشکی متوسط و ملایم به‌ویژه در محدوده‌های تاغ، قره‌داغ و مخلوط نشان داده شد. اما در وضعیت خیلی خشک پوشش گیاهی را نشان نداد. همین شرایط در مقادیر متوسط شاخص در وضعیت خشکی ملایم نیز دیده شد. نگاره ۵ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه فروردین در محدوده‌های تحت پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.

اردیبهشت:

در ماه اردیبهشت و شرایط خشکی متوسط، محدوده تحت اشنان نسبت به سایر محدوده‌ها از وضعیت پوشش بهتری برخوردار بود. در شرایط خشکی ملایم در این ماه، در مقادیر حداکثر شاخص‌های مطالعه شده، محدوده‌های تحت گیاهان یک‌ساله، تاغ، اشنان، قره‌داغ و آتریپلکس از وضعیت بهتری برخوردار بودند. در مقادیر متوسط و حداقل شاخص‌های مطالعه شده، محدوده‌های تحت گیاهان یک‌ساله، مخلوط، اشنان و قره‌داغ از وضعیت بهتری برخوردار بودند.

جدول ۵ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه اردیبهشت را در محدوده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

بوده است، محدوده‌های تحت پوشش تاغ از وضعیت بهتری برخوردار بوده‌اند.

در سال‌هایی که در بهمن ماه شرایط نرمال ولی در اسفند شرایط خیلی خشک حاکم بوده محدوده تحت پوشش قره‌داغ و در شرایط اسفند با خشکی ملایم محدوده تحت پوشش گیاهان یک‌ساله از وضعیت بهتر پوشش برخوردار بوده‌اند. در بین شاخص‌های مطالعه شده شاخص TDVI در تمامی شرایط توانایی نشان دادن وضعیت پوشش گیاهی را داشت و مقادیر بالای صفر را نشان داد.

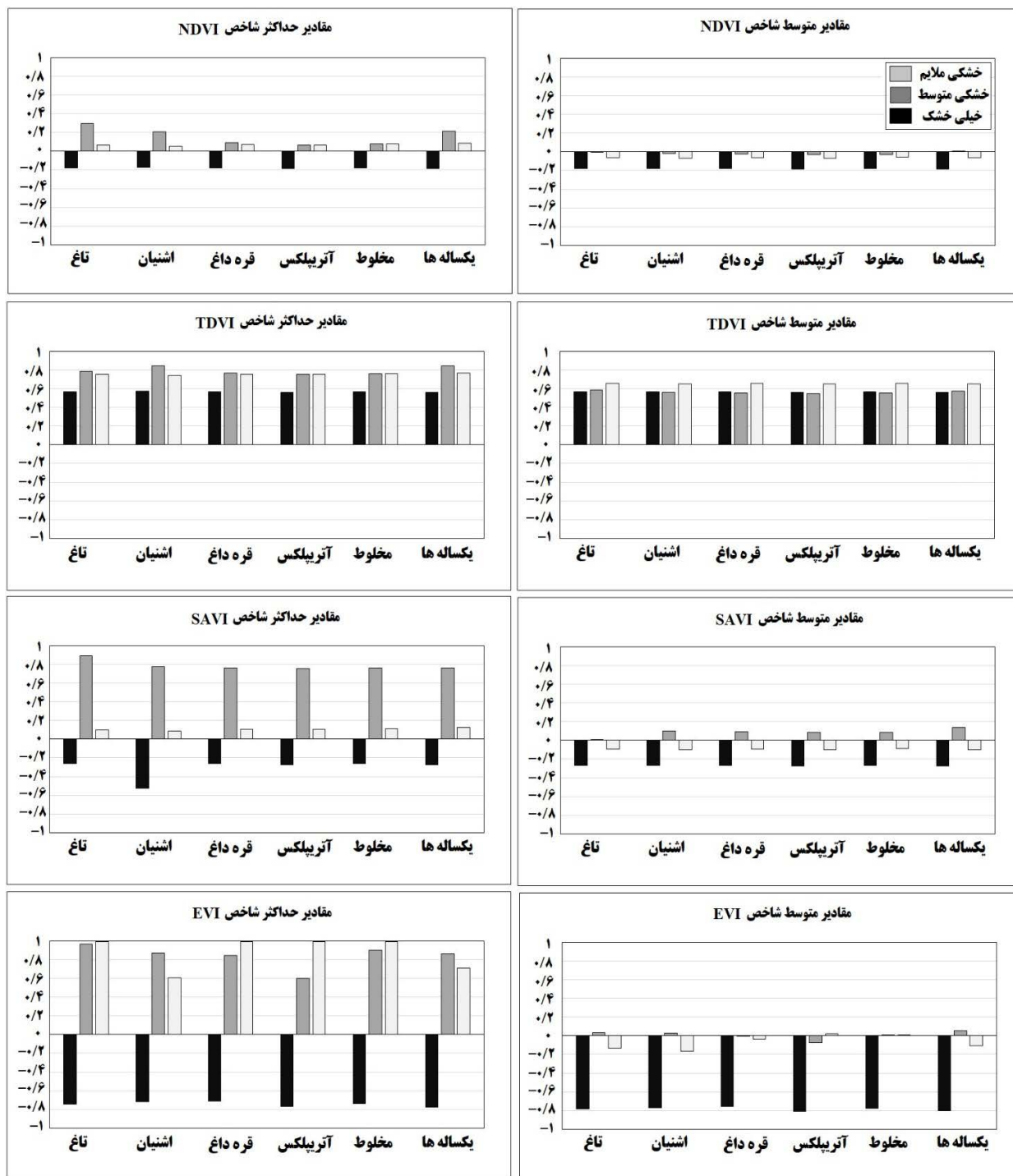
در این ماه در وضعیت خشکی ملایم، مقادیر حداکثر شاخص‌ها، محدوده‌های تاغ، مخلوط و یک‌ساله‌ها را دارای وضعیت بهتر پوشش نشان دادند. در مقادیر متوسط و حداقل نیز محدوده‌های تاغ و مخلوط از وضعیت پوشش بهتری برخوردار بودند. براساس نتایج حاصل، شاخص TDVI در این ماه توانایی بهتری در نشان دادن پوشش گیاهی در محدوده‌ها را داشته است.

جدول ۴ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه فروردین را در محدوده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. مقادیر حداکثر شاخص NDVI در فروردین ماه در وضعیت خشکی متوسط و ملایم، پوشش گیاهی را در تمامی محدوده‌های مورد مطالعه نشان داد؛ با این وجود محدوده‌های تحت پوشش تاغ، اشنان و یک‌ساله‌ها از وضعیت بهتری در شرایط خشکی متوسط برخوردار بودند. در مقادیر متوسط این شاخص برای هر سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و ملایم در همه محدوده‌های مورد مطالعه پوشش گیاهی را نشان نداد و تفاوت معنی‌داری نیز بین محدوده‌ها دیده نشد.

در این ماه مقادیر شاخص TDVI در تمامی محدوده‌ها پوشش گیاهی را نشان داد اما تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌ها دیده نشد. بیشترین مقدار این شاخص در شرایط خشکی متوسط و در محدوده گیاهان یک‌ساله دیده شد. در این ماه مقادیر شاخص SAVI تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌های تحت پوشش را نشان نداد.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ()

ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با ... / ۱۰۵



نگاره ۵: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه فروردین در محدوده‌های تحت پوشش گیاهی

جدول ۵: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده در ماه اردیبهشت در محدوده‌های مورد مطالعه

شاخص گیاهی								محدوده	سال
EVI		SAVI		TDVI		NDVI			
متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر		
۰/۷۴۴	۰/۷۴۶	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۴۱	۰/۱۵۸	۰/۰۵۴	۰/۰۵۷	تاغ	متوسط
۰/۷۵۲	۰/۷۶۳	۰/۰۹۶	۰/۱۲۴	۰/۷۱۴	۰/۹۹۲	۰/۰۶۴	۰/۰۸۳	اشنان	
۰/۷۴۴	۰/۷۴۸	۰/۰۸۰	۰/۰۸۹	۰/۱۰۰	۰/۳۷۴	۰/۰۵۳	۰/۰۵۹	قره‌داغ	
۰/۶۴۹	۰/۶۴۸	۰/۰۷۲	۰/۰۷۶	-۰/۰۷۹	۰/۰۲۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	آتریپلکس	
۰/۷۴۸	۰/۷۶۰	۰/۰۹۰	۰/۱۱۶	۰/۱۹۳	۰/۹۲۲	۰/۰۶۰	۰/۰۷۷	مخلوط	
۰/۷۴۶	۰/۷۵۵	۰/۰۸۱	۰/۱۰۴	۰/۱۰۱	۰/۸۰۲	۰/۰۵۴	۰/۰۷۰	یک‌ساله‌ها	
۰/۱۸۰	۰/۹۹۲	۰/۴۰۵	۰/۷۴۳	۰/۰۳۴	۰/۹۸۰	-۰/۰۰۹	۰/۱۰۵	تاغ	ملازم
۰/۲۱۲	۰/۷۸۶	۰/۴۲۵	۰/۷۳۳	۰/۰۵۴	۰/۵۰۰	۰/۰۱۰	۰/۱۱۸	اشنان	
۰/۲۰۲	۰/۸۰۷	۰/۴۱۳	۰/۷۸۰	۰/۰۵۰	۰/۹۲۴	۰/۰۰۱	۰/۱۱۷	قره‌داغ	
۰/۱۴۹	۰/۷۷۲	۰/۴۰۷	۰/۸۲۸	۰/۰۴۸	۰/۵۶۰	-۰/۰۰۷	۰/۱۸۵	آتریپلکس	
۰/۲۱۵	۰/۹۸۲	۰/۴۱۱	۰/۷۶۷	۰/۱۱۲	۰/۹۵۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۸۶	مخلوط	
۰/۱۵۶	۰/۷۷۵	۰/۴۱۲	۰/۷۵۲	۰/۰۹۱	۰/۹۲۲	-۰/۰۰۹	۰/۱۰۱	یک‌ساله‌ها	

خشکی ملازم وضعیت پوشش بهتر از وضعیت خشکی متوسط بود و تفاوت معنی‌داری بین این دو وضعیت در مقادیر این شاخص وجود داشت.

در این ماه مقادیر شاخص EVI وجود پوشش گیاهی را در تمامی محدوده‌ها نشان داد اما تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌های تحت پوشش را نشان نداد. اما در مقادیر متوسط بین دو وضعیت خشکی متوسط و ملازم تفاوت معنی‌دار بود. بیشترین مقدار این شاخص در محدوده مخلوط و تاغ در شرایط خشکی ملازم دیده شد.

نگاره ۶ مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه اردیبهشت در محدوده‌های تحت پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. نتایج آزمون کروسکال-والیس نشان داد تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های مورد مطالعه در هر سه مقدار حداکثر، متوسط و حداقل در هر ماه و کل دوره در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۶).

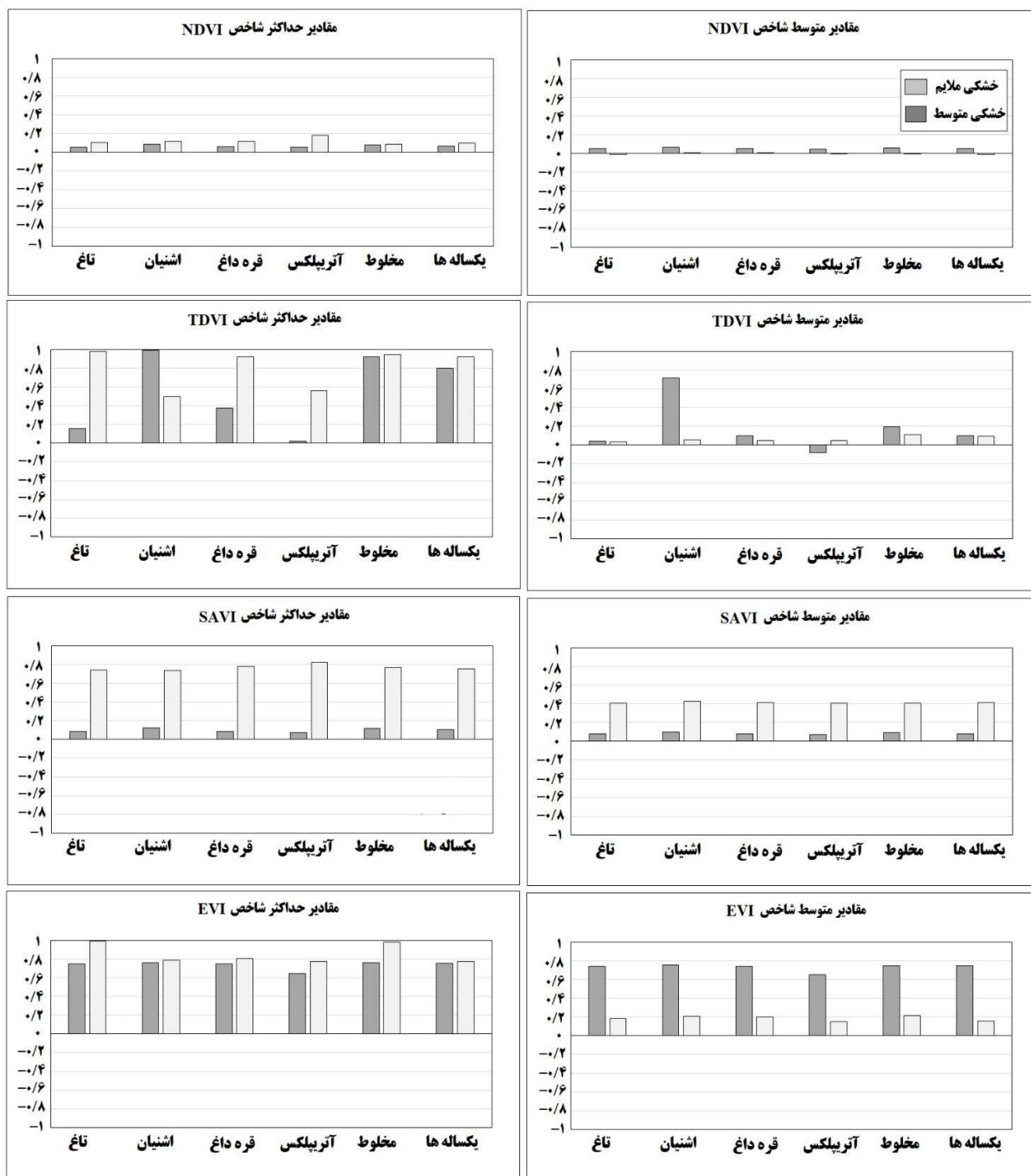
مقادیر حداکثر شاخص NDVI در ماه اردیبهشت در وضعیت خشکی متوسط، پوشش گیاهی را در تمامی محدوده‌های مورد مطالعه نشان داد اما تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌ها دیده نشد. در شرایط خشکی ملازم محدوده آتریپلکس از وضعیت بهتری برخوردار بود.

در این ماه مقادیر شاخص TDVI تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌ها نشان نداد. در مقادیر حداکثر این شاخص بین دو شرایط خشکی متوسط و ملازم در محدوده تاغ، قره‌داغ، اشنان و آتریپلکس تفاوت معنی‌دار بود. این تفاوت در مقادیر متوسط این شاخص تنها در محدوده تحت پوشش اشنان و آتریپلکس دیده شد. در شرایط خشکی متوسط بیشترین مقدار این شاخص مربوط به محدوده اشنان بوده است.

در این ماه مقادیر شاخص SAVI تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌های تحت پوشش را نشان نداد. اما در شرایط

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)

ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با ... / ۱۰۷



نگاره ۶: مقادیر حداکثر و متوسط شاخص‌های گیاهی مطالعه شده برای ماه اردیبهشت در محدوده‌های تحت پوشش گیاهی

خشکی متوسط و خشکی ملایم برای مقادیر حداکثر و متوسط شاخص TDVI در سطح ۵ درصد (Sig=0.015) و شاخص SAVI در سطح یک درصد (Sig=0.000) تفاوت معنی دار بوده است. در مقادیر حداقل نیز هر دو شاخص TDVI و SAVI در سطح یک درصد (به ترتیب 0.007, 0.000) دارای تفاوت معنی داری بودند. در فروردین ماه در بین شاخص‌های مورد مطالعه، مقادیر حداکثر شاخص‌های NDVI و SAVI در سطح یک درصد (Sig=0.001) و شاخص EVI در سطح ۵ درصد (Sig=0.034) تفاوت معنی داری را در بین سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و خشکی ملایم نشان داد. در مقادیر متوسط شاخص NDVI در سطح یک درصد (Sig=0.005) و شاخص SAVI در سطح ۵ درصد (Sig=0.012) تفاوت معنی داری را بین سه وضعیت خشکسالی نشان دادند. در مقادیر حداقل شاخص‌های NDVI و SAVI در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی داری بین سه وضعیت خشکسالی بودند (به ترتیب 0.015, 0.016).

جدول ۷ نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل شاخص‌های گیاهی در سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و خشکی ملایم در اسفند و فروردین را نشان می‌دهد. نتایج آزمون من-ویتنی

جدول ۷: نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل شاخص‌های گیاهی در سه وضعیت خیلی خشک، خشکی متوسط و خشکی ملایم ماه‌های اسفند و فروردین

ماه	شاخص گیاهی												
	EVI			SAVI			TDVI			NDVI			
	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	
اسفند	کای اسکور	۲/۷۴۷	۳/۹۸۷	۵/۱۶۸	۱۶/۳۹۷	۱۷/۰۴۸	۱۶/۴۰۹	۹/۹۵۴	۹/۰۰۱	۸/۴۵۸	۴/۳۸۵	۴/۵۰۱	۳/۶۰۵
	درجه آزادی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	P-value	۰/۲۵۳	۰/۱۳۶	۰/۰۷۵	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۷*	۰/۰۱۱**	۰/۰۱۵**	۰/۱۱۲	۰/۱۰۵	۰/۱۶۵
فروردین	کای اسکور	۴/۴۱۳	۵/۹۵۳	۶/۷۳۸	۸/۴۶۰	۸/۸۷۹	۱۶/۴۵۵	۴/۲۰۲	۲/۹۵۵	۲/۶۹۵	۸/۳۰۳	۱۰/۴۳۱	۱۴/۵۲۲
	درجه آزادی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	P-value	۰/۱۱۰	۰/۰۵۱	۰/۰۳۴**	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۰*	۰/۱۲۲	۰/۲۲۸	۰/۲۶۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۱*

* تفاوت معنی داری در سطح ۱ درصد

** تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد

جدول ۶: نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل بین شاخص‌های گیاهی مورد مطالعه در محدوده‌های تحت پوشش گیاهی منطقه مطالعه شده

حداقل	متوسط	حداکثر		
۱۰۶/۵۱۷	۱۰۶/۶۲۵	۱۰۲/۸۶۶	کای اسکور	کل
۳	۳	۳	درجه آزادی	
۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	P-value	
۹۹/۰۲۰	۱۱/۸۰۷	۱۳/۷۱۳	کای اسکور	اسفند
۳	۳	۳	درجه آزادی	
۰/۰۰۰*	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۳*	P-value	
۱۲۰/۵۱۲	۹۷/۴۶۲	۸۸/۵۰۰	کای اسکور	فروردین
۳	۳	۳	درجه آزادی	
۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	P-value	
۷۲/۴۹۴	۶۴/۸۲۷	۵۱/۰۰۷	کای اسکور	اردیبهشت
۳	۳	۳	درجه آزادی	
۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	P-value	

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با ... / ۱۰۹

وجود این مطالعه نشان داد، هر یک از شاخص‌های گیاهی بررسی شده، بین محدوده‌های تحت احیاء با گونه‌های گیاهی مطالعه شده تفاوت معنی‌داری نداشته است. به طوری که تمامی شاخص‌ها تغییرات پوشش گیاهی در اثر شدت خشکسالی را نشان دادند اما تفاوتی بین محدوده‌های پوشش گیاهی در منطقه دیده نشد.

یکی از مهم‌ترین دلایل این نتیجه می‌تواند وجود گونه‌های مقاوم به خشکی در تمامی محدوده‌های مورد مطالعه باشد. حتی در محدوده گیاهان یک‌ساله، نیز پوشش گیاهی غالب از انواع علفشورها (Salsola) از قبیل S. kali L., S. crassa M. B. S. incanescens C. A. Mey, S. jordanicola S. tomentosa و Eig. S. Nitraria Pall., S. turcomanica Litw بوده که به کم آبی و شوری مقاومت بالایی دارند. این امر سبب شد محدوده‌های مختلف تحت عملیات بیولوژیکی کنترل فرسایش بادی با گونه‌های مقاوم بیابانی در منطقه مطالعه تفاوت معنی‌داری را در اثر وقوع خشکسالی‌ها نشان ندهند. مهم‌ترین علت آن را می‌توان مقاومت و سازگاری بالای این گونه‌ها به شرایط خشک بیابان دانست. به دلیل سازگاری و مقاومت گونه‌های بیابانی با شرایط خشکی، حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی در مناطق خشک و بیابانی کمتر از مناطق مرطوب است (باقری و همکاران، ۲۰۲۲).

نشان داد در ماه اردیبهشت در مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل فقط شاخص SAVI در سطح یک درصد بین دو وضعیت خشکی متوسط و ملایم دارای تفاوت معنی‌دار بوده است (Sig=0.000). در مقادیر حداقل شاخص SAVI در سطح یک درصد (Sig=0.008) و شاخص EVI در سطح ۵ درصد (Sig=0.033) تفاوت معنی‌داری را بین دو وضعیت خشکی متوسط و ملایم نشان دادند.

جدول ۸ نتایج آزمون من-ویتنی برای مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل شاخص‌های گیاهی در دو وضعیت خشکی متوسط و خشکی ملایم اردیبهشت ماه را نشان می‌دهد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل توانایی کاربرد شاخص‌های گیاهی از تصاویر ماهواره لندست در پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی‌ها را تأیید نمود. نتایج مطالعات احمدی و همکاران (۲۰۱۹) نیز کاربرد این شاخص‌ها را برای پایش خشکسالی پیشنهاد نموده است. نتایج این تحقیق به خوبی تأثیر وقوع خشکسالی بر عملکرد پوشش گیاهی را در طرح‌های کنترل فرسایش بادی نشان داد. مقادیر تمامی شاخص‌ها در اثر وقوع خشکسالی کاهش را نشان داد و این تفاوت در بین شدت‌های خشکسالی معنی‌دار بود. با این

جدول ۸: نتایج آزمون من-ویتنی برای مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل شاخص‌های گیاهی در دو وضعیت خشکی متوسط و

خشکی ملایم اردیبهشت ماه

شاخص گیاهی												
EVI			SAVI			TDVI			NDVI			
حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	
۷۶/۰	۹۴/۰	۱۱۹/۰	۵۸/۰	۲۶/۰	۲۶/۰	۱۴۸/۵	۱۴۲/۰	۸۴/۵	۸۸/۰	۱۲۹/۵	۱۴۰/۵	Mann-Whitney U
۱۵۶۱/۰	۱۵۷۹/۰	۱۶۰۴/۰	۷۹/۰	۴۷/۰	۴۷/۰	۱۶۹/۵	۱۶۲۷/۰	۱۵۶۹/۵	۱۵۷۳/۰	۱۴۱۴/۵	۱۶۲۵/۵	Wilcoxon W
-۲/۱۲۰	-۱/۶۷۶	-۱/۰۶۰	-۲/۵۶۳	-۳/۳۵۲	-۳/۳۵۱	-۰/۳۳۳	-۰/۴۹۳	-۱/۹۱۰	-۱/۸۲۴	-۰/۸۰۱	-۰/۵۳۰	Z
۰/۰۳۳**	۰/۰۹۷	۰/۳۰۳	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۷۴۶	۰/۶۳۹	۰/۰۵۵	۰/۰۶۹	۰/۴۳۳	۰/۶۰۵	P-value

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد

** تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد

ماه اسفند نسبت به پوشش‌های دیگر بهتر بوده است. اما در شرایطی که اسفندماه نیز دارای وضعیت خیلی خشک یا خشکی متوسط باشد گونه اشنان از وضعیت پوشش بهتری نسبت به سایر گونه‌های گیاهی موجود در این منطقه بیابانی برخوردار بوده است. براساس نتایج حاصل با تداوم و وقوع خشکسالی متوسط به بالا در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، محدوده تحت گونه اشنان وضعیت پوشش بهتری را نسبت به سایر محدوده‌های تحت پوشش نشان داد. با این وجود از منابع بروز خطا در این نتایج باید به این نکته اشاره نمود که یکی از منابع اصلی تأمین آب در گیاهان بیابانی، استفاده از منابع آب زیرزمینی است، لذا گونه‌هایی مانند اشنان با داشتن سیستم ریشه‌ای قوی می‌توانند رشد رویشی و حتی زایشی خود را با وجود خشکسالی و در صورت دسترسی به منابع آب زیرزمینی داشته باشند. بنابراین تغییرات در زمان شروع رشد این گونه‌ها وابسته به مساعد شدن شرایط دمایی بوده و تغییرات در پوشش گیاهی بیشتر تابع تغییرات دمایی است که این خود می‌تواند از منابع بروز خطا در این نتایج باشد.

یکی از محدودیت‌های اصلی پایش خشکسالی با شاخص‌های گیاهی در مناطق بیابانی تراکم و تاج پوشش پایین گونه‌های گیاهی است. این عامل سبب می‌شود، معمولاً مقادیر محاسبه شده شاخص‌ها کمتر از مقدار واقعی در سطح زمین برآورد شود. برای کاهش این خطا باید محدوده‌هایی انتخاب شوند که علاوه بر همگن بودن شرایط فیزیکی و پوشش گیاهی از سطح پوششی کافی برای تشخیص در تصاویر ماهواره‌ای برخوردار باشند. در غیر این صورت باید از تصاویر ماهواره‌ای با دقت سلولی بالاتری استفاده شود. علاوه بر این تأخیر زمانی در بروز تأثیر خشکسالی در بین گونه‌های مختلف متفاوت است. زرگران و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان داشته‌اند که تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با تأخیر زمانی رخ می‌دهد اما تحت تأثیر بارش همان سال قرار دارد. نتایج این تحقیق نیز تأثیر خشکسالی بر عملکرد پوشش گیاهی در ماه اسفند

نتایج پژوهش باقری و همکاران (۲۰۲۲) نیز مؤید این نتیجه بود که شاخص EVI توانایی نشان دادن تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی را دارد ولی این شاخص در مناطق بیابانی از حساسیت و همبستگی کمتری با پوشش گیاهی برخوردار است.

با این وجود مطالعه فیروزی و همکاران (۲۰۱۹) آن را مناسب‌تر از شاخص NDVI برای مناطق با پوشش گیاهی کم و تنگ‌تر نشان داده است. نتایج این تحقیق نیز علاوه بر تأیید توانایی این شاخص‌ها بر نشان دادن تأثیر خشکسالی بر عملکرد پوشش گیاهی احیاء شده در طرح‌های بیابان‌زدایی، عملکرد و تعیین شاخص مناسب برای این منظور را تابع ماه مورد مطالعه نشان داد. در ماه اسفند در وضعیت خیلی خشک، محدوده تحت پوشش اشنان در تمامی مقادیر حداکثر، متوسط و حداقل و برای هر چهار شاخص مطالعه شده از مقادیر بیشتری نسبت به سایر محدوده‌ها برخوردار بود. در این ماه در وضعیت خشکی متوسط نیز در مقادیر حداکثر و متوسط محدوده پوشش اشنان و در مقادیر حداقل محدوده تحت پوشش قره‌داغ در هر چهار شاخص از وضعیت بهتری برخوردار بودند. شاخص SAVI در شرایط خشکی بهمن وضعیت پوشش گیاهی را در ماه اسفند از سایر شاخص‌ها بهتر نشان داد. در حالی که در بین شاخص‌های مطالعه شده شاخص TDVI در تمامی شرایط توانایی نشان دادن وضعیت پوشش گیاهی را داشت. مقادیر حداکثر شاخص NDVI در فروردین در وضعیت خشکی متوسط و ملایم، پوشش گیاهی را در تمامی محدوده‌های مورد مطالعه نشان داد.

براساس نتایج این تحقیق، تأثیرپذیری و عملکرد گونه‌های گیاهی در محدوده‌های مورد مطالعه از خشکسالی‌ها بستگی به شدت و تداوم وقوع خشکسالی به‌ویژه در ماه‌های شروع فصل رویش (بهمن و اسفند) دارد. نتایج حاصل از بررسی چهار شاخص SAVI، TDVI، NDVI و EVI نشان داد در شرایطی که بهمن ماه تحت تأثیر خشکسالی باشد، وضعیت پوشش گونه‌های گیاهی یک‌ساله در منطقه مورد مطالعه در

۵- منابع و مأخذ

- 1- Abdolalizadeh, Z., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R., & Moameri, M. (2020). Rangeland canopy cover estimation using Landsat OLI data and vegetation indices in Sabalan rangelands, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(6), 1-13. DOI: 10.1007/s12517-020-5150-1
- 2- Afsharinia, M., & Panahi, F. (2021). Effect of climatic drought on surface soil salinity in Kashan Plain. *Water and Soil Management and Modelling*, 1(2), 36-46. DOI: 10.22098/mmws.2021.8982.1018 (In Persian)
- 3- Ahmadi, S., Azarnivand, H., Khosravi, H., Dehghana, P., & Behrang Manesh, M. (2019). Assessment the effect of drought and land use change on vegetation using Landsat data. *Desert*, 24, 23-31. DOI: 10.22059/jdesert.2019.72432
- 4- Akbarian, M., & Bineaz, M. (2011). Evaluation of plant species used in wind erosion control (Case Study Jask city, Hormozgan province). *Environmental Erosion Researches*, 1(2), 29-42. DOI: <http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1390.1.2.3.3> (In Persian)
- 5- Assal, T. J., Anderson, P. J., & Sibold, J. (2016). Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 365, 137-151. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.01.017
- 6- Bagheri, S., Heydari Alamdarloo, E., Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2022). The effect of meteorological drought on vegetation dynamics in Iran. *Journal of Rangeland*, 15(4), 622-637. DOI: <http://dorl.net/dor/20.1001.1.20080891.1400.15.4.4.5> (In Persian)
- 7- Dutra, D. J., Elmiro, M. A. T., Nero, M. A., Coelho, C. W. G. A., & Temba, P. C. (2021). Temporal analysis of drought coverage in a watershed area using remote sensing spectral indexes. *Sociedade & Natureza*, 33, e59505. DOI: 10.14393/SN-v33-2021-59505
- 8- Ekhtesasi, M. R. (2010). Plants suitable for sand dunes and sand sheets fixation in Iran (Major Psammophytes in Iran). Yazd University Press, 246 p. (In Persian)
- 9- Farzaneh, S., Shahhoseini, R., & Kordpour, I. (2021). Combining satellite-based gravity data and information received from ground stations to provide an efficient

را تحت تأثیر شدت وقوع خشکسالی در بهمن نشان داد. بنابراین در صورت وقوع خشکسالی در بهمن ماه، گونه‌های یک‌ساله با بارش‌های اسفندماه می‌توانند وضعیت پوششی بیشتر و سریع‌تری را در منطقه ایجاد نمایند. به‌ویژه اینکه در این مناطق بسیاری از گونه‌های یک‌ساله از نوع گیاهان کوتاه‌زی^۱ و مقاوم به خشکی و شوری هستند زیرا بین بارش و تراکم پوشش گیاهی رابطه مستقیم وجود دارد (حمیدی و همکاران، ۲۰۱۹).

بنابراین اثر خشکسالی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های بیابان‌زدایی کاملاً مشهود بوده و حتی تغییر در زمان وقوع این پدیده اقلیمی می‌تواند بر توسعه نوع گونه‌های گیاهی موجود در منطقه تأثیرگذار باشد. به‌طوری‌که در شرایط تداوم خشکسالی در ماه اسفند گونه‌های یک‌ساله کوتاه‌زی فرصت رشد نداشته و گونه‌هایی که از ذخیره رطوبتی موجود در اعماق بیشتر خاک می‌توانند استفاده نمایند از فرصت بیشتر برای پوشش سطح زمین برخوردار خواهند بود که در بین گونه‌های موجود در این منطقه، اشنان دارای توانایی بیشتری است. به‌طوری‌که در وضعیت اقلیمی خیلی خشک با توجه به تأثیرپذیری کمتر گونه اشنان نسبت به گونه‌های مطالعه شده، این گونه از مقاومت و توانایی بالایی برای ایجاد پوشش گیاهی در سطح زمین برخوردار است. اما در شدت خشکسالی ملایم و خفیف‌تر سایر گونه‌ها نیز این توانایی را دارند و پوشش بیشتری را در منطقه مورد مطالعه که یک منطقه بیابانی و از کانون‌های مهم فرسایش بادی در شمال شرق کشور است ایجاد می‌نمایند. بنابراین اصل کاشت مخلوط و جلوگیری از تک‌کاشتی در عملیات احیاء بیابان و بیابان‌زدایی باید مورد تأکید و اجرا قرار گیرد.

mmws.2022.11541.1140 (In Persian)

17- Mirmousavi, S.H., & Karimi, H. (2011). Effect of Drought on Vegetation Cover Using MODIS Sensing Images Case: Kurdistan Province. *Journal of Geography and Development*, 11(31), 57-76. DOI: 10.22111/gdij.2013.794 (In Persian)

18- Peters, A., Lei Ji, W., Hayes, M., Svoboda, M., & Hayes, M. (2003). Drought monitoring with NDVI based standardized vegetation index. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 68(1), 71-75.

19- Refahi, H. (2012). *Wind erosion and its control* 6th ed. University of Tehran Press, 320 p. (In Persian)

20- Shokoohi, A. (2011). Comparison of SPI and RDI in drought analysis in local scale with emphasizing on agricultural drought (Case study: Qazvin and Takestan). *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3(4), 111-122. (In Persian)

21- Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2017). An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, 4, 137-148. DOI: 10.1007/s40710-017-0219-x

22- Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2015). DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8(3), 697-709. DOI: 10.1007/s12145-014-0178-y

23- Tsakiris, G., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., & Cancelliere, A. (2007). Drought characterization. In: Iglesias, A., Moneo, M., López-Francos A., (eds.), *Drought Management Guidelines Technical Annex, Options Méditerranéennes, Series B*, No. 58, Zaragoza. Spain, 85-102.

24- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9/10, 3-11.

25- U.S. Geological Survey. 2022. *Earth Resources Observation and Science: U.S. Geological Survey database*, Earth Explorer, <http://earthexplorer.usgs.gov>.

26- Yaghmaei, L., Soltani, S. Jafari, R., Bashari, H., & Jahanbazi, 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*

index for drought monitoring in Iran. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 30(117), 7-17. DOI: 10.22131/sepehr.2021.244447 (In Persian)

10- Firouzi, F., Tavoosi, T., & Mahmoudi, P. (2019). Valuation of sensitivity of NDVI and EVI vegetation indices to droughts and wetlands in arid and semi-arid regions; Case study: Sistan plain of Iran. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 30(117), 110, 163-179. DOI: 10.22131/sepehr.2019.36621 (In Persian)

11- Forests, Range and Watershed Management Organization. (2003). *Soil Report on Desertification Implementation Plan of Amrani-Nodeh Pashang region of Gonabad, Khorasan Razavi General Office of Natural Resources*. (In Persian)

12- Jafari, M., Azarnivand, H., Tavakoli, H., Zehtabian, Gh. R., & Esmailzadeh, H. (2004). Investigation on different vegetation effects on sand dunes stabilization and improvement in Kashan. *Pajouhesh & Sazandegi*, 64, 16-21. (In Persian)

13- Jentsch, A., Kreyling, J., Elmer, M., Gellesch, E., Glaser, B., & Grant, K. (2011). Climate extremes initiate ecosystem regulating functions while maintaining productivity. *Journal of Ecology*, 99, 689-702. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2011.01817.x

14- Karabulut, M. (2003). An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR- NDVI data. *Turk Journal of Botany*, 27, 93-101. DOI: <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol27/iss2/4>

15- Khosravi, H., Heidari Alamdarloo, E., Shekoohizadegan, S., & Zareie, S. (2017). Assessment of the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20, S3-S12. DOI: 10.1016/j.ejrs.2016.11.007

16- Mardani, R., Montaseri, H., Fazeli, M., Khalili, R., & Esmaeili, H. (2022). Spatio-temporal variation of meteorological drought and its relation with temperature and vegetation condition indices using remote sensing and satellite imagery in Marvdasht city. *Water and Soil Management and Modelling*. DOI: 10.22098/

Protection Research, 15(1), 91-108. DOI: 10.22092/ijfrpr.2017.107600.1216 (In Persian)

27- Zargaran, P., Bazrafshan, J., Aghashariatmadari, Z., Hejabi, S., & Kamali, S. (2020). Daily monitoring of drought effects on vegetation cover using ERA-Interim precipitation data and MODIS Images (Case study: Kermanshah Province). Journal of Agricultural Meteorology, 7(2), 3-14. DOI: 10.22125/agmj.2019.140733.1020 (In Persian)

28- Zhao, Z., Zhang, Y., Liu, L., & Hu, Z. 2018. The impact of drought on vegetation conditions within the Damqu River Basin, Yangtze River Source Region, China. Plos one, 13(8): e0202966. DOI: 10.1371/journal.pone.0202966

COPYRIGHTS

©2023 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/)



