



## تحلیل خشک سالی کشاورزی با استفاده از شاخص های سنجش از دور (مطالعه موردی:

شهرستان مریوان)

کریم سلیمانی<sup>۱</sup>، شادمان درویشی<sup>۲</sup>، فاطمه شکریان<sup>۳\*</sup>

۱. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم محیطی، مؤسسه آموزش عالی هراز، آمل

۳. استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

### مشخصات مقاله

### چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۹ بهمن ۱۳۹۷

پذیرش: ۱۱ تیر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۰ مرداد ۱۳۹۸

واژه های کلیدی:

شاخص خشکی پوشش گیاهی

شاخص سلامت پوشش گیاهی

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی

تصاویر لندست

مریوان

پیامد خشک سالی می تواند به صورت کاهش منابع آب، پوشش گیاهی و تغییرات در تولیدات کشاورزی نمایان شود. برای مطالعه و پایش خشک سالی نیاز به کمی سازی اثرات آن با استفاده از شاخص های خشک سالی است. هدف این مطالعه تحلیل خشک سالی کشاورزی شهرستان مریوان با استفاده از تصاویر لندست از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ است. بعد از پیش پردازش تصاویر، شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) استخراج گردیدند. بررسی شاخص ها نشان داد که خشک سالی کشاورزی در شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) در هیچ سالی وجود نداشته و مقادیر ارزش پیکسل ها در این شاخص نزدیک به ۱۰۰ بوده که نشان دهنده وضعیت نرمال و بهینه است به طوری که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ وضعیت نرمال و از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ وضعیت بهینه در منطقه غالب بوده است. همچنین نتایج شاخص سلامت پوشش گیاهی نشان دهنده وضعیت بدون خشکی در منطقه است. بر اساس این شاخص، خشک سالی کشاورزی در طبقات خیلی شدید، شدید و متوسط در دوره مورد مطالعه وجود نداشته و بیشترین مساحت نواحی خشکی ملایم در بخش های شرق و جنوب شرق در سال های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴ به ترتیب ۳۸/۲۳، ۳۸/۲۴، ۱۲/۲۹ و ۳۵/۷۴ کیلومتر مربع بوده است. به طور کلی با توجه به تأکید اصلی این مطالعه بر مبنای شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI)، از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ (به استثنای سال ۱۳۹۱) نتایج نشان دهنده عدم وجود خشک سالی کشاورزی در شهرستان مریوان است. با توجه مزایای تصاویر ماهواره ای همچون سطح پوشش وسیع تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه کمتر، استفاده از دانش سنجش از دور برای مطالعه خشک سالی پیشنهاد می شود.

\* Shokriani.f@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

## مقدمه

پوشش گیاهی (NDVI) و دما سطح زمین (LST) درک بهتری از وقوع خشک‌سالی از طریق ارتباط بینابینی‌شان با الگوهای خشک‌سالی سطحی را فراهم می‌نماید. کیوزرا و همکاران (۳۳) با استفاده از روش آنالیز بردار به بررسی و نظارت بر بارزسازی پوشش گیاهی و جنگل‌زدایی با استفاده از تصاویر لندست در واشنگتن پرداختند. در این مطالعه از شاخص‌های روشنایی و سرسبزی استفاده شد که نتایج حاصله نشان‌دهنده بارزسازی پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۶-۱۹۹۶ بوده است. داس و همکاران (۲۷) به تحلیل شدت خشک‌سالی کشاورزی با استفاده از تصاویر مادیس در پورولیا (Purulia) پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که در سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ به ترتیب نزدیک به ۲۷/۴ و ۳۷/۸ درصد کل ناحیه زیر پوشش نواحی خشک بوده است همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که تصاویر MODIS می‌تواند در تحلیل خشک‌سالی کشاورزی بسیار کارآمد باشد. باعقیده و همکاران (۲) به بررسی شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) در تحلیل خشک‌سالی استان اصفهان پرداختند. داده‌های به‌کاررفته در این مطالعه، تصاویر ماهواره‌ی NOAA و داده‌های بارش بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در بین دوره‌های زمانی شاخص استاندارد بارش (SPI)، دوره‌ی زمانی سه‌ماهه، همبستگی بالایی داشته و همچنین نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی خشک‌سالی‌ها باشد. پرویز و همکاران (۳) به بررسی عملکرد شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص وضعیت دمایی (TCI) در پایش خشک‌سالی در حوزه آبریز سفیدرود با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص وضعیت دمایی (TCI) نسبت به شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) در تعیین شرایط خشک‌سالی مؤثرتر است. شایان و همکاران (۱۱) به تحلیل خشک‌سالی رودخانه مرزی الوند با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور پرداختند. نتایج پژوهش از روند منفی تغییرات و کاهش پوشش گیاهی در رودخانه حکایت می‌کند و

تعریف خشک‌سالی‌ها توسط سازمان هواشناسی جهانی نشان می‌دهد که خشک‌سالی‌ها بر اساس بارندگی، ترکیب بارندگی با دما و رطوبت، رطوبت خاک و پارامتر محصول، شاخص‌های اقلیمی و برآورد تبخیر و تعرق طبقه‌بندی می‌شوند (۲۶). کشاورزی در ایران همواره تحت تأثیر مقدار و توزیع نامناسب بارش بوده است و تغییر اقلیم با ایجاد ناهنجاری‌های دما و بارش، شرایط کشت در کشور را با مشکلاتی روبه‌رو کرده است (۳۶). در سال‌های اخیر به علت نبود شرایط رطوبتی مناسب در خاک و کاهش بارندگی در فصل بهار، مقدار تولید و کیفیت محصولات دچار تهدیدات جدی شده است که ازجمله این تهدیدات، تهدید امنیت غذایی انسان و به طبع آن مشکلات اجتماعی و اقتصادی است (۲، ۴، ۱۸ و ۱۹). تحلیل بیلان انرژی و رطوبتی اکوسیستم‌ها، به‌ویژه توجه به پدیده خشک‌سالی ضرورتی است که در مدیریت و اقتصاد کشاورزی جلوه می‌یابد (۱۷، ۲۰ و ۳۳). بنابراین پایش و بررسی این پدیده لازم و ضروری است. از چهار دهه اخیر، تکنیک سنجش‌ازدور ابزار پایش خشک‌سالی را به‌صورت وسیع و گسترده فراهم آورده است (۱۸، ۲۹ و ۳۵). اولین کاربرد این داده‌ها در ارزیابی‌های زیستی وضعیت پوشش گیاهی در شمال سنگال طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۳ بود (۳۶). متعاقب آن، محققان دیگر این کار را در سراسر ساحل غربی آفریقا و جاهای دیگر گسترش داده و نتایج مشابه‌ای گزارش کردند (۳۰ و ۳۱). کوگان (۳۲) پایش خشک‌سالی‌های دهه ۱۹۸۰ در آمریکا را با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از ماهواره‌های NOAA و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) انجام داد. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) توانایی خوبی برای تعقیب اثر خشک‌سالی، بررسی زمان شروع، شدت، مدت و اثر آن روی پوشش گیاهی را در مناطق بزرگ دارد. لئو و همکاران (۳۴) در تحقیقی به بررسی ارتباط میان مجموع بارندگی ماهانه و شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) ماهانه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب شاخص نرمال‌شده تفاضل

شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) دارای قابلیت لازم برای پایش خشک‌سالی می‌باشند. به‌طورکلی مطالعات انجام‌شده در ایران در زمینه خشک‌سالی عمدتاً به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص نرمال شده تقاضل پوشش گیاهی (NDVI) انجام شده است (۸). با توجه به اهمیت بررسی خشک‌سالی کشاورزی در ارتباط با بازدهی محصولات کشاورزی هدف از این مطالعه تحلیل خشک‌سالی کشاورزی شهرستان مریوان در مقیاس زمانی ۱۷ ساله (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶) با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای است.

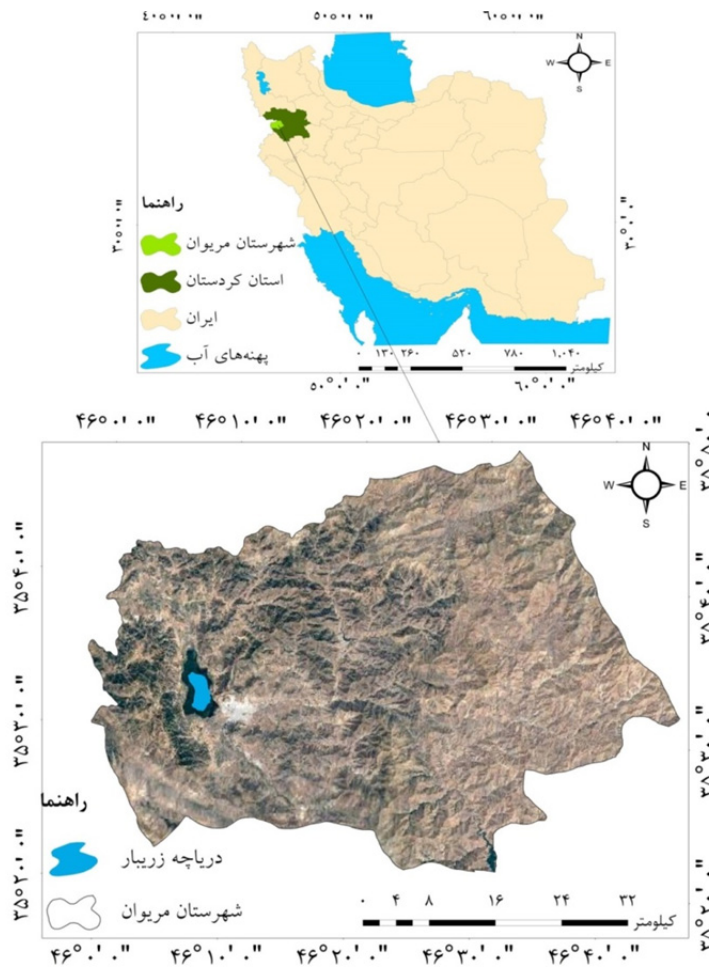
### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان مریوان از لحاظ جغرافیایی در  $31^{\circ} 35'$  عرض شمالی و  $10^{\circ} 46'$  طول شرقی در غرب استان کردستان قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت این شهرستان ۲۳۲۶ کیلومتر مربع و جمعیت این منطقه نیز طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۹۵۲۶۳ نفر است که سومین شهرستان استان کردستان از این لحاظ به شمار می‌رود. در سالیان اخیر روند بارشی در شهرستان مریوان یک روند کاهشی بوده و کمبود بارش نسبت به میانگین بلندمدت موجب بروز خشک‌سالی‌های شدید، متوسط و ملایم شده است (۶). لذا بررسی این پدیده با توجه با اثرات منفی آن بر زندگی و اقتصاد ساکنان یک ناحیه لازم و ضروری است.

حدود ۱۸۰۱۸۹ هکتار پوشش گیاهی از بین رفته است و فرسایش آبی حاصل از خشک‌سالی، به تخریب مراتع در پایاب رودخانه منجر شده است. همچنین نتایج همبستگی بین میانگین خشک‌سالی و شاخص نرمال شده تقاضل پوشش گیاهی (NDVI)، کارایی و قابلیت مطلوب این شاخص را در تحلیل و تفسیر خشک‌سالی در مناطق نیمه‌خشک با پوشش مرتعی تأیید می‌نماید.

محمدی و همکاران (۱۹) در تحقیقی به بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در ارتباط با خشک‌سالی پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که بین تغییرات کاربری اراضی با پوشش زمین ارتباط وجود دارد و بر اساس یافته‌های پیش‌بینی‌شده برای سال ۱۴۱۰ کشاورزی دیم به میزان ۶/۹۵ درصد افزایش و اراضی مرتعی ۶/۶۶ درصد کاهش خواهند یافت و اگر راهبرد استفاده از زمین با مدیریت فعلی ثابت باقی بماند تخریب اراضی در منطقه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. نبی زاده بلخکانلو و همکاران (۲۲) در مطالعه‌ای به ارزیابی وضعیت دمایی پوشش گیاهی (VTCI) برای پایش خشک‌سالی در حوضه آبریز سیمینه رود دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر MODIS پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با یکپارچه‌سازی داده‌های ماهواره‌ای مادیس با داده‌های هواشناسی مقدار آستانه شاخص وضعیت دمایی پوشش گیاهی (VTCI) برای تنش خشکی از سالی به سال دیگر متفاوت است که بسته به شرایط داده دارد. سلطانی و همکاران (۱۰) در تحقیقی به پایش خشک‌سالی کشاورزی شهرستان کرمانشاه با استفاده از تصاویر لندست پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد تصاویر لندست و شاخص‌های ساخته‌شده مانند شاخص وضعیت گیاه (VCI)،



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان مریوان

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از تصاویر لندست مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ در ردیف ۳۵ و گذر ۱۶۸ استفاده شده است. این تصاویر به دلیل قدرت تفکیک مکانی مناسب و ارائه باندهایی با طول‌موج‌های مختلف ابزار مناسبی در زمینه پایش

خشک‌سالی هستند (۱۱). لازم به ذکر است که کلیه تصاویر برای ماه می (اردیبهشت) است و با توجه به اینکه داده‌های سال ۱۳۹۱ در دسترس نبوده لذا خشک‌سالی آن محاسبه نشده است. در جدول ۱ مشخصات تصاویر مورد استفاده ذکر شده است.

جدول ۱. مشخصات تاریخ اخذ تصاویر

تاریخ تصاویر	سنجنده	تاریخ تصاویر	سنجنده	تاریخ تصاویر	سنجنده
۱۳۹۲/۰۲/۲۳	TIRS/OLI	۱۳۸۵/۰۲/۲۳	ETM <sup>+</sup>	۱۳۷۹/۰۲/۲۲	ETM <sup>+</sup>
۱۳۹۳/۰۲/۲۳	TIRS/OLI	۱۳۸۶/۰۲/۲۴	ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۰/۰۲/۲۳	ETM <sup>+</sup>
۱۳۹۴/۰۲/۲۱	TIRS/OLI	۱۳۸۷/۰۲/۲۱	ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۱/۰۲/۲۰	ETM <sup>+</sup>
۱۳۹۵/۰۲/۲۱	TIRS/OLI	۱۳۸۸/۰۲/۲۰	ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۲/۰۲/۲۱	ETM <sup>+</sup>
۱۳۹۶/۰۲/۲۲	TIRS/OLI	۱۳۸۹/۰۲/۲۲	ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۳/۰۲/۱۹	ETM <sup>+</sup>
-	-	۱۳۹۰/۰۲/۲۰	ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۴/۰۲/۲۳	ETM <sup>+</sup>

است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین از الگوریتم پنجره مجزا استفاده شد و دمای سطح زمین بر اساس رابطه‌ها ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ محاسبه می‌شود و در رابطه ۴، NDVI شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای است، RED، باند قرمز در تصویر و NIR، باند مادون قرمز نزدیک است (۱۲).

#### تبدیل عدد راقومی (Digital Number) به تابش طیفی

رادینانس تابش طیفی بر اساس رابطه ۵ محاسبه شد (۲۴). در این رابطه، DN عدد راقومی هر پیکسل،  $L_{MIN}$  و  $L_{MAX}$  پیوستگی کالیبراسیون (Calibration Constants)،  $QCAL_{MAX}$  و  $QCAL_{MIN}$  بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد راقومی است که برای باند ۶ سنجنده  $ETM^+$  به ترتیب برابر ۲۵۵ و ۱، همچنین برای باندهای ۱۰ سنجنده TIRS/OLI به ترتیب برابر است با ۶۵۵۳۵ و ۱ است که کلیه این مقادیر از فایل اطلاعات تصاویر استخراج شدند (۷ و ۲۴).

[۵]

$$L\lambda = \frac{(L_{MAX}-L_{MIN})}{(QCAL_{MAX}-QCAL_{MIN})} \times (DN - QCAL_{MIN}) + L_{MIN}$$

#### تبدیل رادینانس طیفی به دمای جسم سیاه

باندهای حرارتی تصاویر لندست با استفاده از رابطه پلانک (رابطه ۶) از تابش طیفی به دمای جسم سیاه ( $T_B$ ) که در آن توان تشعشعی یک (حداکثر توان تشعشعی) فرض می‌شود، تبدیل شدند (۹، ۱۷، ۲۵ و ۳۶).

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad [۶]$$

$T_B$ ، دمای مؤثر در ماهواره برحسب کلونین (K)،  $K_1$ ، ثابت کالیبراسیون اول،  $K_2$ ، ثابت کالیبراسیون دوم،  $L\lambda$ ، رادینانس طیفی پیکسل مورد نظر ( $W m^{-2} ster^{-1} \mu m^{-1}$ ). مقادیر  $K_1$  و  $K_2$  برای سنجنده‌های  $ETM^+$  و TIRS/OLI در جدول ۲ نشان داده شده است (۲۴). همچنین این مقادیر برای باند ۶ سنجنده  $ETM^+$  و برای باند ۱۰ سنجنده TIRS/OLI از فایل اطلاعات تصاویر استخراج شده‌اند.

#### پیش‌پردازش تصاویر

در این مطالعه تصاویر با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه در محیط ArcGIS<sup>®</sup> 10.4 با مشخص کردن شش نقطه زمین مرجع شدند (۱۴). به منظور انجام تصحیحات رادیومتریک ابتدا تصاویر به رادینانس (Radiance) تبدیل شده و در ادامه تصحیحات اتمسفری تصاویر با اعمال الگوریتم فلش (FLASH) در نرم‌افزار ENVI<sup>®</sup> 5.1 انجام گرفت و تصاویر برای استخراج شاخص‌های طیفی آماده گردیدند. همچنین در این مطالعه از تصاویر یک زمانه با آسمانی صاف و بدون ابر استفاده شده است (۱۳).

#### شاخص سلامت پوشش گیاهی (Vegetation Health Index)

این شاخص بر اساس رابطه ۱ از ترکیب شاخص وضعیت پوشش گیاهی (Vegetation Condition Index) و شاخص وضعیت دمایی (Temperature Condition Index) محاسبه می‌شود. شاخص وضعیت پوشش گیاهی بر اساس رابطه ۲ و شاخص وضعیت دمایی بر اساس رابطه ۳ محاسبه گردید (۱۵، ۱۶ و ۳۰).

$$VHI = 0.5 \times VCI + 0.5 \times TCI \quad [۱]$$

$$VCI = \frac{(NDVI - NDVI_{MIN})}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \times 100 \quad [۲]$$

$$TCI = \frac{LST_{MAX} - LST_a}{LST_{MAX} - LST_{MIN}} \times 100 \quad [۳]$$

در این رابطه‌ها؛ NDVI شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی،  $NDVI_{MAX}$  و  $NDVI_{MIN}$  به ترتیب مقادیر حداکثر و حداقل شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی منطقه هستند. شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی بر اساس رابطه ۴ تعیین گردید (۹ و ۳۵).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [۴]$$

در رابطه ۳،  $LST$  دمای سطح زمین،  $LST_{min}$ ،  $LST_{max}$  به ترتیب حداقل و حداکثر مقادیر دمای سطح زمین در منطقه

جدول ۲. مقادیر  $K_1$  و  $K_2$  در سنجنده‌های  $TM^+$ ،  $ETM^+$  و  $TIRS/OLI$

سنجنده	$K_1$	$K_2$
$ETM^+$	۶۶۶/۰۹	۱۲۸۲/۷۱
$TIRS/OLI$	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹

### دمای سطح زمین (Land surface temperature)

بعد از به دست آوردن مقادیر توان تشعشعی، دمای سطح زمین (LST) از رابطه ۷ محاسبه می‌شود (۲۵).

$$LST = \frac{T_B}{1 + (L\lambda \times T_B \times P) \times \ln \epsilon} \quad [7]$$

در این رابطه؛  $L\lambda$  طول موج رادیانس ساطع شده،  $T_B$  دمای روشنایی و  $\epsilon$  توان تشعشعی است و مقادیر  $p$  بر اساس رابطه ۸ محاسبه گردید.

$$P = h \times c / \sigma (1 \cdot 438 \times 10^2 m \cdot k) \quad [8]$$

در این رابطه؛  $h$  ضریب ثابت پلانک ( $J \cdot S^{-1} \cdot 10^{-34}$ )،  $\sigma$  ضریب ثابت استفان بولتزمن ( $J/K \cdot 10^{-23} \times 1/38$ ) و  $c$ ، سرعت نور ( $m/s \cdot 10^8 \times 2/998$ ) است. تبدیل درجه کلوین به درجه سلسیوس بر اساس رابطه ۹ انجام گرفت (۲۴).

$$TC = LST - 273 \cdot 15 \quad [9]$$

### شاخص خشک‌سالی پوشش گیاهی (Vegetation Drought Index)

این شاخص بر اساس تغییرات درازمدت شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (Water Supplying Vegetation Index) به دست می‌آید. معمولاً از این روش برای بررسی خشک‌سالی استفاده می‌شود. همانند شاخص تأمین آب پوشش گیاهی، این شاخص بر کم بودن آب گیاهان تأکید می‌کند و بر اساس رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود (۱، ۱۷ و ۲۱).

$$VDI = \frac{(WSVI - WSVI_{MIN})}{(WSVI_{MAX} - WSVI_{MIN})} \times 100 \quad [10]$$

در این رابطه؛ WSVI شاخص تأمین آب پوشش گیاهی در هر پیکسل است،  $WSVI_{min}$  و  $WSVI_{max}$  حداقل و حداکثر مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی در تصویر موردبررسی است. در این شاخص اگر مقادیر آن بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد باشد نشان‌دهنده شرایط مطلوب یا شرایط بالای نرمال است درحالی‌که اگر این مقادیر به صفر نزدیک شود نشان‌دهنده یک خشک‌سالی شدید در آن ماه است (۱۷ و ۲۱). برای استخراج شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI)، لازم است ابتدا شاخص تأمین آب پوشش گیاهی محاسبه شود، این شاخص بر اساس رابطه ۱۱ به دست می‌آید. در این روش فرض اساسی بر این است که رشد گیاه به آب قابل‌دسترس گیاه بستگی دارد و همچنین، تبخیر نیز بر این آب تأثیر مستقیم دارد و در دماهای بالا این روش نتایج مناسبی را ارائه می‌کند. در این شاخص در زمان‌های خشک‌سالی پوشش گیاهی کم شده و در نتیجه دمای سطح زمین بالا رفته و شاخص تأمین آب پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. این شاخص منعکس‌کننده خشک‌سالی در منطقه است (۱).

$$WSVI = \frac{NDVI}{T_B} \quad [11]$$

در این رابطه؛  $T_B$  دمای روشنایی استخراج شده از باندهای حرارتی و NDVI شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی است (۱ و ۲۱).

### نتایج

هدف ما در ارزیابی پیکسل‌های تصاویر لندست و محاسبه کسر پوشش گیاهی در شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)، جداسازی مناطق دارای پوشش گیاهی

گرفته‌شده، تصاویر به دوطبقه پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی تقسیم شدند (شکل‌های ۲ و ۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۲، ۱۳۸۴، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۳ مقدار پوشش گیاهی منطقه کم و سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ وضعیت پوشش گیاهی شهرستان مریوان مطلوب بوده است (جدول ۳).

از مناطق غیر پوشش گیاهی است. ساده‌ترین راه برای این کار استفاده از حد آستانه است؛ بدین‌صورت مناطقی که شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) آن‌ها بالاتر از ۰/۲ است، به‌عنوان مناطق دارای پوشش گیاهی فرض شد. مقادیر آستانه با توجه به شرایط منطقه، اطلاعات جانبی، علم و تجربه تعیین و اعمال می‌شود (۱۲ و ۱۴). بر اساس آستانه در نظر

جدول ۳. مساحت طبقات شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) (برحسب کیلومتر مربع)

سال	پوشش گیاهی	بدون پوشش گیاهی	سال	پوشش گیاهی	بدون پوشش گیاهی
۱۳۷۹	۱۴۴۰/۴۳	۸۶۸/۴۵	۱۳۸۸	۱۷۲۸/۰۵	۵۷۳/۳۰
۱۳۸۰	۲۰۱۹/۱۴	۲۸۶/۰۴	۱۳۸۹	۱۷۸۵	۵۲۵/۸۱
۱۳۸۱	۱۴۵۰/۶	۸۵۳/۹۳	۱۳۹۰	۱۶۸۱/۲۵	۶۲۳/۳۳
۱۳۸۲	۲۰۴۷/۶۵	۲۵۱/۲۹	۱۳۹۲	۱۸۳۸/۷۵	۴۶۶/۸۵
۱۳۸۳	۱۴۱۰/۱۹	۸۹۸/۲۱	۱۳۹۳	۲۱۰۱/۲۹	۱۹۳/۹۴
۱۳۸۴	۲۱۱۴/۱۵	۱۹۲/۶۱	۱۳۹۴	۱۶۶۲/۸۷	۶۳۷/۳۵
۱۳۸۵	۱۸۲۹/۸۳	۴۷۵/۳۹	۱۳۹۵	۱۶۷۶/۵۲	۶۲۷/۵۹
۱۳۸۶	۲۰۵۳/۹۹	۲۵۴/۲۱	۱۳۹۶	۱۴۰۶/۶۹	۸۹۲/۷۱
۱۳۸۷	۱۸۲۹/۸۳	۵۲۵/۸۱	-	-	-

پوشش گیاهی (VCI) و شاخص وضعیت دمایی (TCI) در منطقه به دست می‌آید. بر اساس مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه می‌توان این شاخص‌ها را بر اساس شدت خشک‌سالی به ۵ کلاس طبقه‌بندی نمود (۲۷، ۲۸ و ۳۵) (جدول ۴).

همان‌طور که در روش تحقیق بیان شد شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و شاخص وضعیت دمایی (TCI) به ترتیب از مقادیر شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) از ترکیب شاخص وضعیت

جدول ۴. طبقات مختلف شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی

(VHI) براساس شدت خشک‌سالی

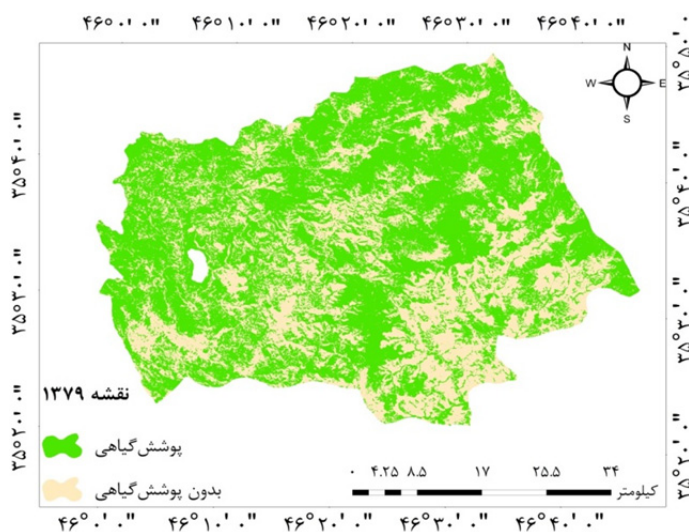
وضعیت خشکی	ارزش‌های پیکسل	وضعیت خشکی	ارزش‌های پیکسل
خشکی خیلی شدید	<۱۰	خشکی ملایم	۳۰-۴۰
خشکی شدید	۱۰-۲۰	بدون خشکی	>۴۰
خشکی متوسط	۲۰-۳۰	-	-

شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) به صفر نزدیک می‌شود، نشان‌گر یک ماه بسیار خشک است. مقادیر ارزشی این شاخص نشان می‌دهد که شهرستان مریوان از نظر خشک‌سالی کشاورزی در وضعیت مطلوبی قرار دارد به‌طوری‌که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ در این منطقه خشک‌سالی کشاورزی رخ نداده است. فقط در

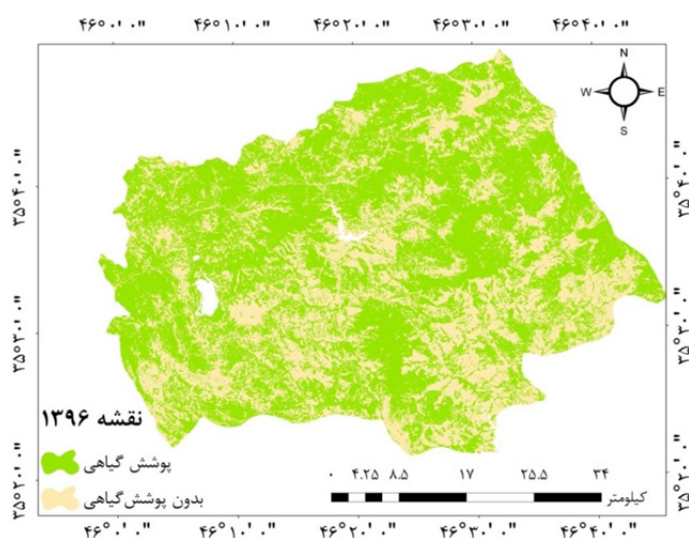
شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) در مقایسه با شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) نتایج بهتری را نسبت به میزان بارندگی به‌خصوص در مناطقی که از نظر جغرافیایی ناهمگون هستند، ارائه می‌دهد. بازه تغییرات این شاخص بین صفر تا یک است (۵ و ۳۴). زمانی که شاخص

تفاوت نتایج حاصل از این شاخص در مقایسه با شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) این است که این شاخص نوسانات کوتاه مدت که مربوط به آب و هواست را از تغییرات بلندمدت جدا می کند. در نتیجه با استفاده از شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) در طول دوره آماری، منطقه مورد مطالعه با وضعیت خشک سالی شدیدی مواجه نیست (۵).

سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۹ به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۶۱ کیلومترمربع از زمین های این منطقه زیر پوشش خشک سالی ملایم بوده است. به طور کلی این شاخص وضعیت ترسالی را در کل منطقه در دوره مورد مطالعه نشان می دهد (شکل های ۴ و ۵). با توجه به اینکه این شاخص از روی تغییرات شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) در طول دوره مورد مطالعه استخراج می شود، نتایج آن ها تا حدی با یکدیگر متفاوت است. علت

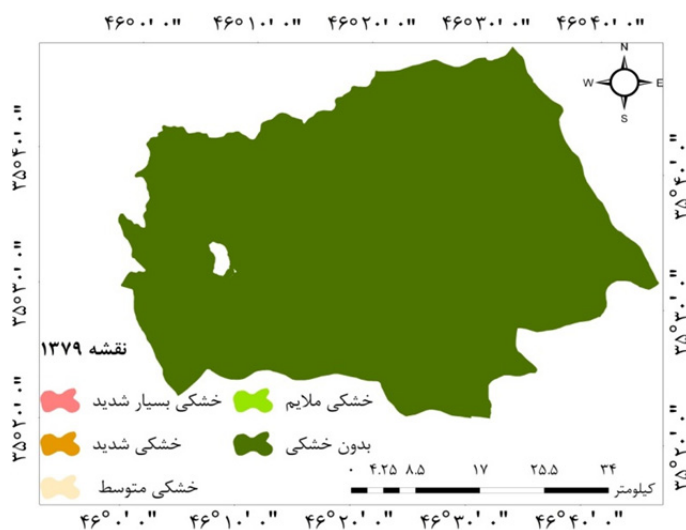


شکل ۲. وضعیت پوشش گیاهی سال ۱۳۷۹ در باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک بر اساس شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)

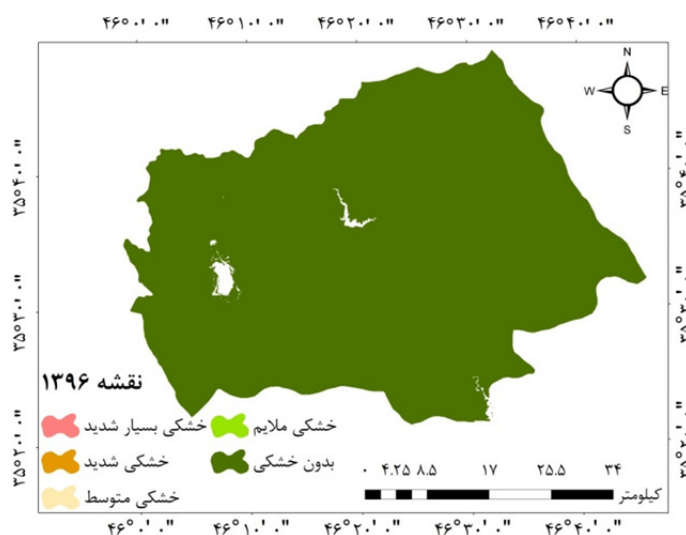


شکل ۳. وضعیت پوشش گیاهی سال ۱۳۹۶ در باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک بر اساس شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)





شکل ۴. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۷۹ در باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک بر اساس شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)



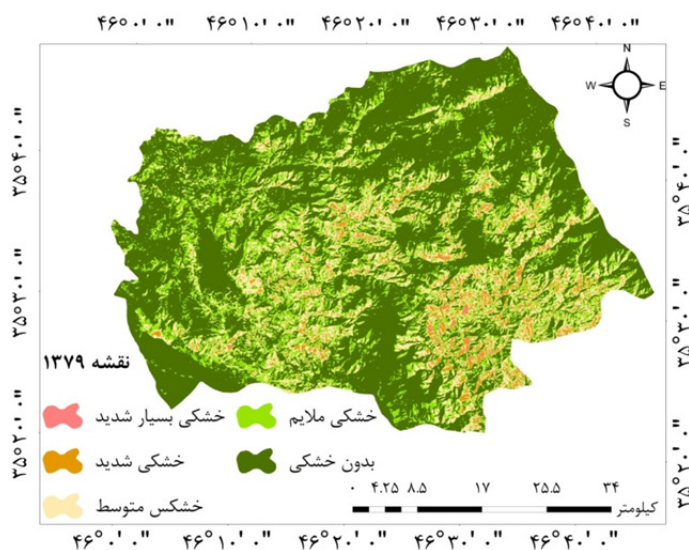
شکل ۵. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۹۶ در باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک بر اساس شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

نشان‌دهنده‌ی هوای بسیار گرم در سال موردنظر است و هنگامی‌که شاخص وضعیت دمایی (TCI) به صفر می‌رسد، دمای روشنایی آن سال برابر با بیشترین مقدار دمای روشنایی درازمدت برای پیکسل است. این شاخص در مجموع برای مشاهدات آب و هواشناسی، ارتباط بین حرارت سطحی و رطوبت روی زمین، تأثیرات ناحیه‌ای خشک‌سالی استفاده می‌شود. از این رو شاخص وضعیت دمایی (TCI) می‌تواند نقش مهمی در پایش خشک‌سالی ایفا کند (۸، ۲۱ و ۳۶). بررسی

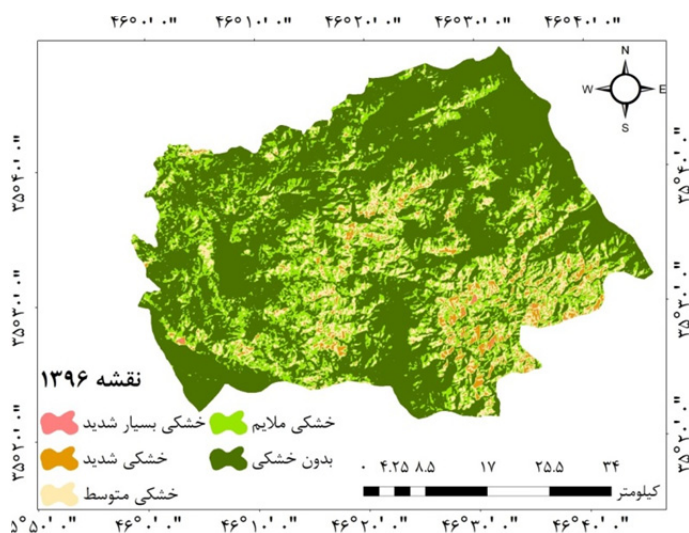
شاخص وضعیت دمایی (TCI) که از انعکاس باندهای حرارتی محاسبه می‌شود معمولاً برای تعیین دمای مرتبط با تنش پوشش گیاهی و همچنین تنش ناشی از رطوبت بیش‌ازحد استفاده می‌شود. در این شاخص هرچه حرارت منطقه بیشتر باشد، میزان شدت خشک‌سالی نیز بیشتر است و هنگامی‌که مقدار شاخص وضعیت دمایی (TCI) به ۱۰۰ درصد می‌رسد دمای روشنایی (T<sub>B</sub>) برای این ماه برابر کمترین مقدار درازمدت برای پیکسل است. مقادیر کم شاخص وضعیت دمایی (TCI)

وضعیت دمایی (TCI) گویای خشک‌سالی‌های شدید و متوسط در بخش‌های جنوب، جنوب‌شرق و نواحی اطراف شهر مریوان در طول دوره است. وجود خشک‌سالی‌های شدید و متوسط در محدوده شهر مریوان به دلیل وجود دمای بالا در این ناحیه است چراکه نواحی مسکونی از عمده‌ترین دلایل افزایش دما در یک ناحیه می‌باشند (۲۳). همچنین نواحی شمال، غرب، شمال غرب و بخش‌های اطراف دریاچه رزیبار از لحاظ خشک‌سالی در وضعیت مطلوبی قرار دارند (شکل‌های ۶ و ۷).

مساحت طبقات خشک در این شاخص نشان می‌دهد که بیشترین مساحت خشک شهرستان مریوان در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۴، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ بوده است و کمترین مقدار مساحت نواحی خشک در سال ۱۳۸۹ اتفاق افتاده است (جدول ۵). و با توجه به مطالب مطرح‌شده می‌توان نتیجه گرفت در سال‌های که شهرستان مریوان دچار خشک‌سالی شده است در اصل دمای سطح زمین بالا بوده و در سال‌های که خشک‌سالی وجود نداشته، دمای سطح زمین در این منطقه پایین بوده است. همچنین نقشه‌های شاخص



شکل ۶. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۷۹ در باندهای حرارتی بر اساس شاخص وضعیت دمایی (TCI)



شکل ۷. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی شهرستان مریوان در باندهای حرارتی بر اساس شاخص وضعیت دمایی (TCI)

جدول ۵. مساحت نواحی خشک شهرستان مریوان در شاخص وضعیت دمایی (TCI) (کیلومتر مربع)

سال	خشکی خیلی شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	بدون خشکی
۱۳۷۹	۶/۳۹	۸۷/۱۰	۳۵۳/۳۴	۵۲۴/۵۵	۱۳۴۵/۶۸
۱۳۸۰	۷/۴۶	۲۰۷/۸۳	۷۱۲/۴۹	۷۷۵/۲۹	۶۱۳/۹۶
۱۳۸۱	۸/۲۲	۱۹۳/۵۱	۵۸۱/۵۷	۷۷۳/۰۲	۷۶۰/۷۱
۱۳۸۲	۸/۵۸	۱۹۶/۲۴	۶۹۹/۰۱	۸۲۰/۵۳	۶۲۲/۶۷
۱۳۸۳	۶/۳۴	۹۲/۴۱	۳۰۵/۴۸	۶۷۰/۱۰	۱۲۴۲/۷۴
۱۳۸۴	۳/۲۲	۱۳۸/۳۰	۵۷۷/۶۶	۷۸۹/۴۳	۷۹۹/۲۷
۱۳۸۵	۱/۱۷	۳۶/۸۱	۲۰۹/۸۱	۷۲۴/۱۵	۱۳۴۵/۱۳
۱۳۸۶	۱/۳۴	۴۱/۹۶	۲۰۶/۱۸	۴۳۵/۷۵	۱۶۳۱/۸۸
۱۳۸۷	۳/۰۱	۱۵۱/۱۵	۵۹۶/۷۸	۷۰۷/۷۴	۸۵۸/۳۹
۱۳۸۸	۶/۱۹	۱۳۲/۲۷	۵۸۳/۵۸	۸۵۱/۵۶	۷۴۳/۴۱
۱۳۸۹	۰/۲۱	۶/۱۶	۵۹/۲۴	۲۱۳/۵۲	۲۰۳۸
۱۳۹۰	۱/۷۲	۵۵/۴۸	۲۶۶/۱۵	۵۷۸/۰۸	۱۴۱۵/۶۵
۱۳۹۲	۲/۱۹	۶۵/۷۲	۴۲۳/۳۱	۷۶۶/۳۵	۱۰۵۹/۵۱
۱۳۹۳	۷/۴۶	۲۰۷/۸۳	۷۱۲/۴۹	۷۷۵/۲۹	۶۱۳/۹۶
۱۳۹۴	۱/۱۷	۳۶/۸۱	۲۰۹/۸۱	۷۲۴/۱۵	۱۳۴۵/۱۳
۱۳۹۵	۲/۳۹	۹۴/۰۹	۵۶۸/۶۶	۹۴۶/۲۶	۷۰۵/۶۸
۱۳۹۶	۲/۳۰	۵۹/۶۴	۲۷۱/۲۸	۵۴۴/۲۰	۱۴۳۹/۶۹

شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI) منعکس‌کننده شرایط خشک‌سالی در منطقه است. با توجه به اینکه در این شاخص هرچه پوشش گیاهی کمتر باشد، مقدار دمای سطح زمین بالا رفته و در نتیجه مقدار شاخص تأمین آب پوشش گیاهی کاهش می‌یابد بنابراین مقادیر ارزش‌های پایین در این شاخص نشان‌دهنده وجود خشک‌سالی و مقادیر ارزش‌های بالا نشان‌دهنده عدم وجود خشکی در منطقه است (۱ و ۱۵). آستانه مشخص شده در هر تصویر نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مقدار این شاخص کاهش یافته که نشان‌دهنده افزایش دما و کاهش

پوشش گیاهی در منطقه است. از طرفی در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۹ مقدار این شاخص بالا بوده که نشان‌دهنده پایین بودن دما و بالا بودن پوشش گیاهی است (شکل‌های ۸ و ۹) شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI) به منظور استخراج شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) استفاده می‌شود. در این شاخص هرچه ارزش پیکسل‌ها به صفر نزدیک‌تر شود نشان‌دهنده وضعیت خشکی و هرچه به ۱۰۰ نزدیک‌تر شود نشان‌دهنده وضعیت نرمال و بهینه در منطقه است. با توجه به جدول ۶ آستانه خشک‌سالی و نرمال بودن تعیین می‌شود (۱ و ۱۷).

جدول ۶. وضعیت بهینه، نرمال و خشکی در شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI)

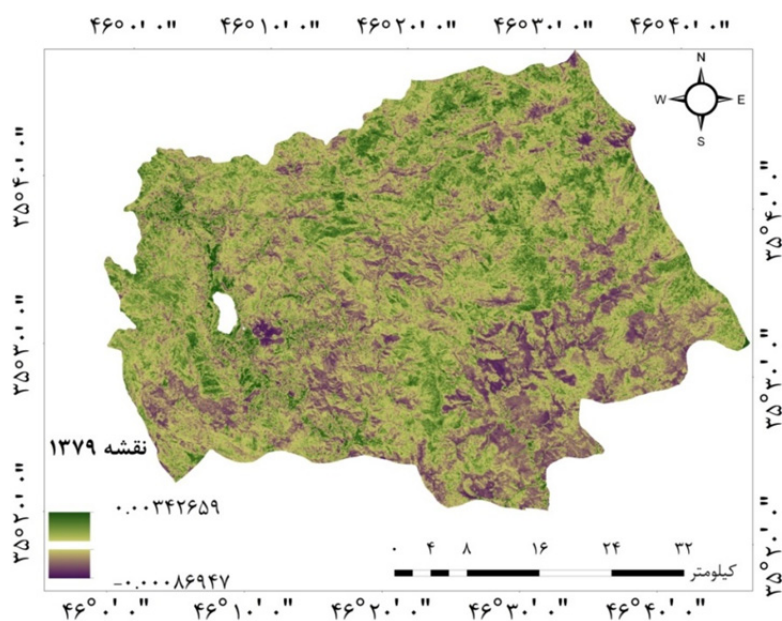
شاخص	وضعیت نرمال	وضعیت بهینه	وضعیت خشکی
VDI	۱۰۰	۵۰	<۰

و در این سالها وضعیت بهینه بیشترین مساحت شهرستان مریوان را به خود اختصاص داده‌اند. در این شاخص به وضوح دیده می‌شود ارزش‌های کمتر صفر که نشان‌دهنده وضعیت خشک‌سالی است، در هیچ سالی دیده نمی‌شود. به‌طورکلی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ وضعیت نرمال در منطقه بیشتر بوده است و از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ به‌استثنای سال ۱۳۸۹ وضعیت بهینه در منطقه غالب بوده است (جدول ۷).

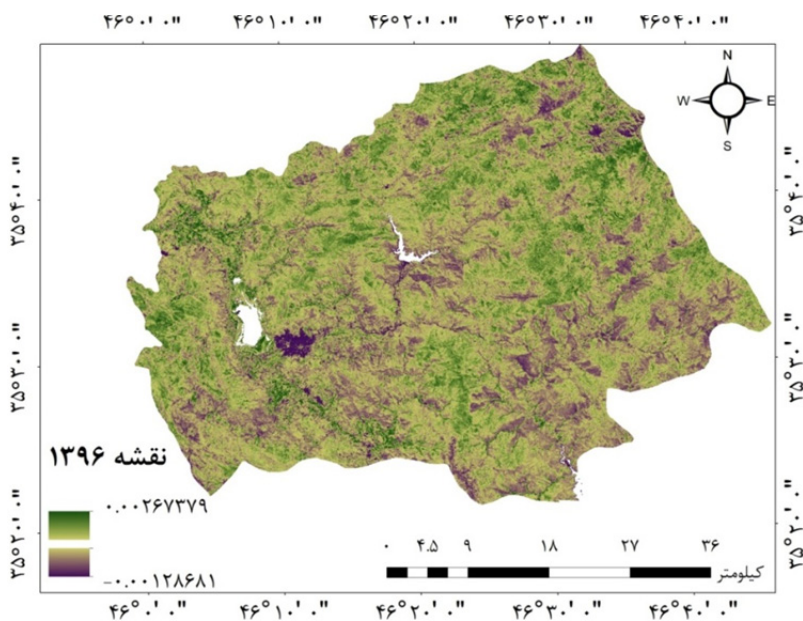
شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) معمولاً برای بررسی خشک‌سالی استفاده می‌شود و همانند شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI) این شاخص هم بر کم بودن آب گیاهان تأکید دارد. بررسی انجام‌گرفته حاکی از این است که مقدار بیشینه شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) که در واقع نشان‌دهنده وضعیت بهینه است در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بهتر از دیگر سال‌ها دیده می‌شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)

جدول ۷. مساحت هریک از طبقات وضعیت خشکی، نرمال و بهینه در شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) (کیلومتر مربع)

سال	وضعیت بهینه	وضعیت نرمال	وضعیت خشکی	سال	وضعیت بهینه	وضعیت نرمال	وضعیت خشکی
۱۳۷۹	۹۲۵/۱۷۷	۱۳۸۳/۶۷	۰	۱۳۸۸	۱۸۶۹/۵۲	۴۳۱/۸۲	۰
۱۳۸۰	۷۴۴/۷۸	۱۵۶۰/۳۵	۰	۱۳۸۹	۱۰۵۱/۰۴	۱۲۵۹/۷۶	۰
۱۳۸۱	۱۱۵۳/۶۹	۱۱۵۰/۸۸	۰	۱۳۹۰	۱۶۳۵/۹۸	۶۶۸/۶۰	۰
۱۳۸۲	۱۰۷۱/۱۹	۱۲۲۷/۶۸	۰	۱۳۹۲	۱۸۰۰/۶۳	۵۰۴/۹۵	۰
۱۳۸۳	۱۰۸۶/۳۹	۱۲۲۱/۹۹	۰	۱۳۹۳	۱۳۰۹/۹۱	۹۸۵/۲۰	۰
۱۳۸۴	۲۲۹۳/۳۷	۱۳/۵۰	۰	۱۳۹۴	۱۲۷۱/۴۴	۱۰۲۸/۸۱	۰
۱۳۸۵	۱۲۶۲/۱۲	۱۰۴۳/۰۵	۰	۱۳۹۵	۱۳۲۹/۷۹	۹۷۴/۳۰	۰
۱۳۸۶	۶۵۶/۴۱	۱۶۵۱/۷۱	۰	۱۳۹۶	۱۱۶۱/۶۴	۱۱۳۷/۷۶	۰
۱۳۸۷	۲۲۱۴/۴۲	۹۳/۷۹	۰	-	-	-	-



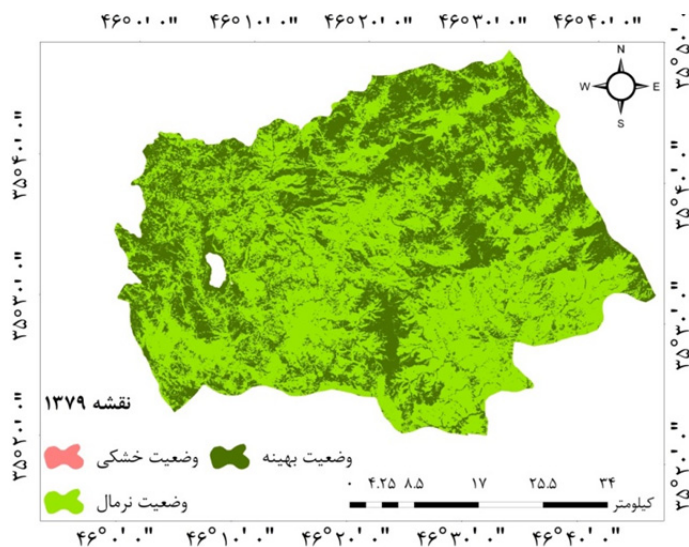
شکل ۸. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی شهرستان مریوان در باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI)



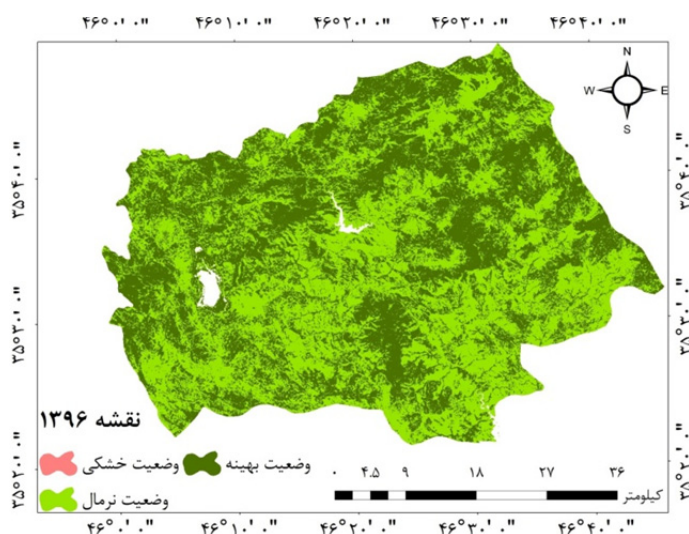
شکل ۹. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۹۶ در باندهای قرمز، مادون‌قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI)

سال ۱۳۹۶ وضعیت بهینه و نرمال در منطقه تقریباً برابر بوده است (جدول ۷).

ارزش‌های شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) نشان می‌دهد که در سال‌های اولیه وضعیت منطقه سیر نزولی و بعداً این دوره سیر صعودی و بهبودی را طی کرده است و در



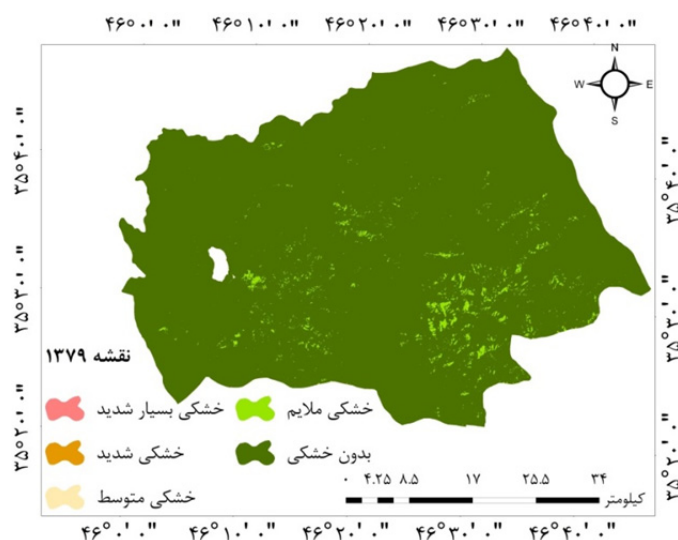
شکل ۱۰. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۷۹ در باندهای قرمز، مادون‌قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI)



شکل ۱۱. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۹۶ وضعیت خشک‌سالی کشاورزی شهرستان مریوان در باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI)

پوشش گیاهی (VHI) نشان‌دهنده وضعیت بدون خشکی در شهرستان مریوان است (شکل‌های ۱۲ و ۱۳). بر اساس این شاخص، خشک‌سالی خیلی شدید، شدید و متوسط در سال‌های مورد مطالعه رخ نداده است. بیشترین مساحت نواحی خشک با شدت ملایم در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳ به ترتیب ۳۸/۲۳، ۳۸/۲۴، ۱۲/۲۹ و ۳۵/۷۴ کیلومتر مربع بوده است (جدول ۸) و موقعیت مکانی این نوع از خشکی در بخش‌های جنوب و جنوب شرقی شهرستان مریوان بوده است.

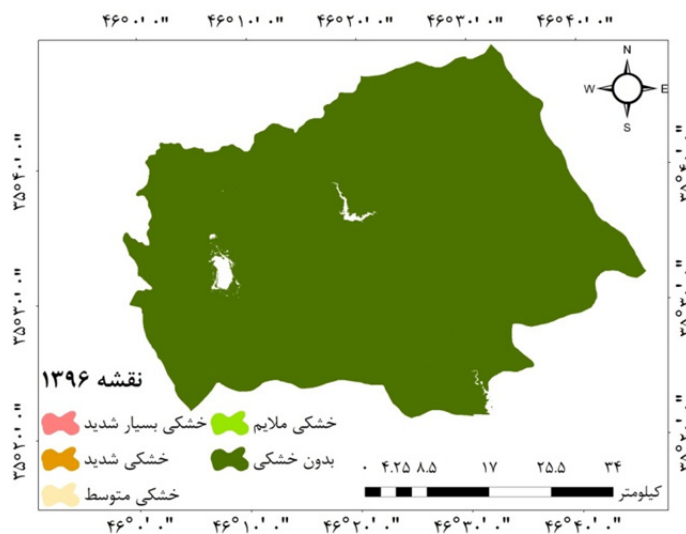
شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) در حقیقت ترکیبی از شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و شاخص وضعیت دمایی (TCI) بوده که اثرات ترکیبی پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین را در پایش خشک‌سالی نمایش می‌دهد. این شاخص دارای رویکرد شبه واقعی از ارزیابی خشک‌سالی کشاورزی است و هدف آن دخیل کردن وضعیت رطوبت پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین در یک شاخص مجموع است (۵). یافته‌های حاصل از شاخص سلامت



شکل ۱۲. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۷۹ در باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI)

جدول ۸. مساحت نواحی خشک بر اساس شدت خشک‌سالی در شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) (کیلومتر مربع)

سال	خشکی خیلی شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	بدون خشکی
۱۳۷۹	۰	۰	۰/۰۳	۳۸/۲۳	۲۲۷۰/۷
۱۳۸۰	۰	۰	۰	۳۸/۲۴	۲۲۶۷/۰۱
۱۳۸۱	۰	۰	۰	۳/۸۸	۲۳۰۰/۸۵
۱۳۸۲	۰	۰	۰	۱۲/۲۹	۲۲۷۶/۷۲
۱۳۸۳	۰	۰	۰/۰۴	۳۵/۷۴	۲۲۷۲/۷۶
۱۳۸۴	۰	۰	۰	۱/۷۸	۲۲۹۴/۸۹
۱۳۸۵	۰	۰	۰	۴/۳۱	۲۳۰۱/۰۳
۱۳۸۶	۰	۰	۰	۰/۰۳	۲۳۰۸/۲۲
۱۳۸۷	۰	۰	۰	۲/۰۲	۲۳۰۶/۲۶
۱۳۸۸	۰	۰	۰/۰۰۱	۱۰/۲۶	۲۲۹۱/۲۴
۱۳۸۹	۰	۰	۰/۰۰۰۶	۳/۴۱	۲۳۰۷/۵۱
۱۳۹۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۲۳۰۴/۷۳
۱۳۹۲	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۶	۲۳۰۵/۷۲
۱۳۹۳	۰	۰	۰	۰	۲۲۹۵/۴
۱۳۹۴	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۹	۲۳۰۰/۴۲
۱۳۹۵	۰	۰	۰	۰/۰۱	۲۳۰۴/۲۳
۱۳۹۶	۰	۰	۰	۰/۰۰۲	۲۲۹۹/۶



شکل ۱۳. وضعیت خشک‌سالی کشاورزی سال ۱۳۹۶ در باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و حرارتی بر اساس شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI)

### بحث و نتیجه‌گیری

سنجش‌ازدور در یک دوره ۱۷ ساله (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶) انجام گرفت لازم به یادآوری است که به دلیل عدم دسترسی به داده‌های سال ۱۳۹۱ خشک‌سالی این سال بررسی نشده است. در این مطالعه که با تأکید علم سنجش‌ازدور به بررسی خشک‌سالی کشاورزی پرداخته شد ابتدا وضعیت پوشش گیاهی

پیچیدگی پدیده خشک‌سالی سبب ممانعت از فهم کامل اثرات آن می‌گردد. مطالعه حاضر باهدف بررسی و ارزیابی خشک‌سالی کشاورزی شهرستان مریوان با استفاده از علم

شهرستان مریوان در بازه زمانی ۱۷ ساله با استفاده از شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) که از شاخص‌های پرکاربرد در زمینه پایش پوشش گیاهی است، بررسی شد و نقشه پوشش گیاهی شهرستان مریوان استخراج گردید و با استفاده از روش آستانه گذاری مناطق دارای پوشش گیاهی از مناطق بدون پوشش متمایز گردیدند و مساحت هر طبقه محاسبه شد. نتایج شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) بیانگر وضعیت مطلوب پوشش گیاهی شهرستان مریوان است و غالب نواحی بدون پوشش گیاهی در بخش‌های شرق و جنوب شرق شهرستان مریوان قرار دارند. همچنین با توجه به اهداف این مطالعه بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های پرکاربرد سنجش‌ازدوری انجام گرفت و خشک‌سالی این ناحیه با استفاده از شاخص وضعیت گیاه (VCI)، شاخص وضعیت دمایی (TCI)، شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI)، شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) بررسی و ارزیابی شد. نتایج شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) و شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) به یکدیگر نزدیک بوده و بر اساس این شاخص‌ها خشک‌سالی کشاورزی در طی دوره ۱۷ ساله در کلاس‌های خیلی شدید، شدید و متوسط در شهرستان مریوان رخ نداده است و غالب خشک‌سالی‌های این منطقه در برخی از سال‌ها با شدت ملایم بوده است و این نوع خشک‌سالی‌ها نیز در بخش‌های شرق و جنوب شرق شهرستان مریوان اتفاق افتاده است. همچنین نتایج شاخص وضعیت دمایی (TCI) نشان‌دهنده خشک‌سالی‌های شدید، متوسط و ملایم در منطقه است که عمده این خشک‌سالی‌ها با توجه به ماهیت شاخص وضعیت دمایی (TCI) به دلیل بالا بودن دمای سطح زمین در شهرستان مریوان اتفاق افتاده است. با توجه به اینکه هر یک از شاخص‌های معرفی شده در این مطالعه وضعیت خشک‌سالی را در سطح منطقه از یک جنبه بررسی می‌کند، استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های خشک‌سالی منجر به ارائه درک بهتر از وضعیت خشک‌سالی در یک ناحیه می‌گردد. به‌عنوان مثال شاخص نرمال شده تفاضل

پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) از لحاظ وضعیت پوشش گیاهی، شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI) و شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) از لحاظ وضعیت رطوبت گیاهان و شاخص وضعیت دمایی (TCI) از لحاظ وضعیت دمای سطح زمین خشک‌سالی را در سطح منطقه بررسی می‌کنند و با ترکیب وضعیت پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) می‌توان درک جامع‌تری از وجود یا عدم وجود خشک‌سالی در یک ناحیه داشت. همچنین استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی سنجش‌ازدور می‌تواند مشکلات دسترسی به داده‌های هواشناسی را در مناطق صعب‌العبور و وسیع برطرف کند چراکه تصاویر ماهواره‌ای با پوشش گسترده امکان بررسی خشک‌سالی را فراهم می‌آورد و با ارائه نقشه‌های خشک‌سالی برنامه‌ریزان را در امر برنامه‌ریزی یاری می‌نماید و این امر موجب کاهش اثرات نامطلوب خشک‌سالی بر زندگی ساکنان یک ناحیه می‌شود. به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر با برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه مطابقت دارد. استفاده از شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI)، شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) در زمینه پایش خشک‌سالی در مطالعات دماوندی و همکاران (۷)، رضایی‌مقدم و همکاران (۸)، حمزه و همکاران (۵)، باعقیده و همکاران (۲)، سلطانی و همکاران (۱۰)، رضایی بنفشه و همکاران (۹)، داس و همکاران (۲۷) و شولپها و همکاران (۳۵) استفاده شده که بررسی نتایج این مطالعات با نتایج مطالعه حاضر گویای انطباق آن‌هاست و همچنین نتایج شاخص تأمین آب پوشش گیاهی (WSVI) و شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI) در این مطالعه با نتایج مطالعات فرامرزی و نوری (۱۷)، میراحسنی و همکاران (۲۱) و اسدی می‌آبادی و همکاران (۱) همسو بوده است و استفاده از این شاخص‌های در ارتباط با تحلیل خشک‌سالی کشاورزی نتایج خوبی را ارائه کرده است. نتایج مطالعه حاضر و پژوهش‌های مشابه گویای این است که استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای و تکنیک سنجش‌ازدور ابزار



- ۱۱۵-۱۲۶.
۸. رضایی مقدم، م، ح، خ. ولی‌زاده کامران، ه. رستم زاده و ع. رضایی. ۱۳۹۱. ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده MODIS در برآورد خشک‌سالی (مطالعه موردی: حوزه آبریز دریاچه ارومیه). نشریه جغرافیا و پایداری محیط، ۲(۵): ۳۷-۵۲.
۹. رضایی‌بنفشه، م، ع. رضایی و م. فریدپور. ۱۳۹۴. پیش خشک‌سالی استان آذربایجان شرقی با تأکید بر سنجنش‌ازدور و شاخص وضعیت پوشش گیاهی. نشریه دانش آب‌وخاک، ۲۵(۱): ۱۱۳-۱۲۳.
۱۰. سلطانی، م، ع. سلطانی، م. کله هوئی و ک. سلیمانی. ۱۳۹۸. پیش خشک‌سالی منطقه‌ای با استفاده از تصاویر لندست- منطقه مورد مطالعه: شهرستان کرمانشاه. نشریه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۸(۱۰۹): ۱۳۷-۱۴۶.
۱۱. شایان، س، م. شریفی کیا و ن. ناصری. ۱۳۹۶. تحلیل خشک‌سالی رودخانه مرزی الوند با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور، نشریه پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۳(۲۷): ۵۵-۶۹.
۱۲. علوی پناه، س، ک، ح. ر. متین فروغ. رفیعی امام. ۱۳۸۷. کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین (خاک‌شناسی رقوم). چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۵۷ صفحه.
۱۳. عزیززاده ربیعی، ح. ۱۳۸۸. سنجنش‌ازدور (اصول و کاربرد). چاپ دهم، انتشارات سمت، ۲۹۲ صفحه.
۱۴. فاطمی، ب. و ی. رضایی. ۱۳۸۹. مبانی سنجنش‌ازدور. چاپ دوم، انتشارات آزاده، ۲۹۶ صفحه.
۱۵. فاضل دهکردی، ل، ط. سهرابی، م. ح. قنایزباف و ر. قضاوی. ۱۳۹۵. پیش خشک‌سالی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (MODIS) در مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع استان اصفهان). نشریه اطلاعات جغرافیایی، ۲۷(۳): ۱۷۷-۱۹۰.
۱۶. فاضل دهکردی، ل، ط. سهرابی، ف. محمودی کهن. ۱۳۹۴. پیش خشک‌سالی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (MODIS) در مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع استان یزد)، نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، ۴(۹): ۸۱-۹۴.
۱۷. فرامرزی، م. و ح. نوری. ۱۳۹۴. بررسی و امکان‌سنجی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره لندست در تحلیل خشک‌سالی کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان ملایر).
- مفیدی جهت پیش خشک‌سالی یک ناحیه است و استفاده از این روش‌ها می‌تواند در کاهش هزینه و زمان و ارائه اطلاعات جامع مؤثر باشد.
- ### منابع مورد استفاده
۱. اسدی می‌آبادی، ا، د. اخضری، ح. نوری و م. بشیر گنبد. ۱۳۹۴. مطالعه اثر خشک‌سالی بر تغییرات پوشش گیاهی در اراضی مرتعی و کشاورزی بر مبنای داده‌های میدانی و ماهواره‌ای (مطالعه موردی: جنوب استان همدان). نشریه مرتع‌داری، ۲(۱): ۲۳-۳۴.
  ۲. باعقیده، م، ب. علیجانی و پ. ضیائیان. ۱۳۸۹. بررسی امکان استفاده از شاخص NDVI در تحلیل خشک‌سالی‌های استان اصفهان. نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۴): ۱-۱۶.
  ۳. پرویز، ل، م. خیاط‌خلقی، خ. ولیزاده کامران، ش. عراقی‌نژاد و پ. ایران‌نژاد. ۱۳۹۰. بررسی کارایی شاخص‌های منتج از فناوری سنجنش‌ازدور در ارزیابی خشک‌سالی هواشناسی (مطالعه موردی: حوزه آبریز سفیدرود). نشریه جغرافیا و توسعه، ۹(۲۲): ۱۴۷-۱۶۹.
  ۴. چایچی، م. و م. شهابی‌فر. ۱۳۸۷. پیش خشک‌سالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای در استان تهران. اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، زابل، دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، ۲۰ تا ۲۲ اسفندماه، ۸ صفحه.
  ۵. حمزه، س، ز. فراهانی، ش. مهدوی، ا. چترآبگون و م. غلام‌نیا. ۱۳۹۶. پیش زمانی و مکانی خشک‌سالی کشاورزی با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور مورد مطالعه: استان مرکزی ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴(۳): ۵۳-۷۰.
  ۶. دارند، م. ۱۳۹۴. روند سهم ماندگاری‌های بارش در بسامد رخداد روزهای بارشی و تأمین مقدار بارش استان کردستان، نشریه جغرافیا. برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۳): ۲۹۱-۳۱۲.
  ۷. دماوندی، ع. ا، م. رحیمی، م. ر. یزدانی و ع. ا. نوروزی. ۱۳۹۵. پیش مکانی خشک‌سالی کشاورزی از طریق سری‌های زمانی شاخص‌های NDVI و LST داده‌های MODIS (مطالعه موردی: استان مرکزی). نشریه اطلاعات جغرافیایی، ۹۹(۲۵):

- 313-329.
26. Bokusheva R, Kogan F, Vitkovskaya I, Conradt S, Batyrbayeva M. 2016. Satellite-based vegetation health indices as a criteria for insuring against drought-related yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 220: 200-206.
27. Das P, Palchaudhuri M, Biswas S, Deka PC. 1987. Analysis of Agricultural Drought Severity Using MODIS Satellite Images.
28. Ghaleb F, Mario M, Sandra A. 2015. Regional landsat-based drought monitoring from 1982 to 2014. *Climate*, 3(3): 563-577.
29. Jeyaseelan A. 2003. Droughts & floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS. In: *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology*, vol 291. World Meteorol. Org. Dehra Dun, India Geneva, Switz.
30. Karnieli A, Bayasgalan M, Bayarjargal Y, Agam N, Khudulmur S, Tucker C. 2006. Comments on the use of the vegetation health index over Mongolia. *International Journal of Remote Sensing*, 27(10): 2017-2024.
31. Kogan FN. 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76(5): 655-668.
32. Kogan FN. 1997. Global drought watch from space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(4): 621-636.
33. Kuzera K, Rogan J, Eastman JR. 2005. Monitoring vegetation regeneration and deforestation using change vector analysis: Mt. St. Helens study area. In: *ASPRS Annual Conference*, Baltimore, Maryland, March 7-11, 1-8.
34. Liu W, Kogan F. 1996. Monitoring regional drought using the vegetation condition index. *International Journal of Remote Sensing*, 17(14): 2761-2782.
35. Sholihah RI, Trisasongko BH, Shiddiq D, La Ode SI, Kusdaryanto S, Panuju DR. 2016. Identification of agricultural drought extent based on vegetation health indices of landsat data: case of Subang and Karawang, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 14-20.
36. Tucker CJ. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127-150.
- نشریه تحقیقات جغرافیایی، ۳۰ (۳): ۱۳۹-۱۵۲.
۱۸. کریمی، م. و ک. شاهدی. ۱۳۹۷. بررسی خشک‌سالی هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قره‌سو). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹ (۲): ۱-۱۶.
۱۹. محمدی، ش.، خ. حبشی و س. پورمنافی. ۱۳۹۷. پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی و ارتباط آن با خشک‌سالی (مطالعه موردی: ریز حوزه پارسل B<sub>2</sub> حوزه آبخیز زاینده‌رود). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹ (۱): ۲۴-۳۹.
۲۰. محمدزاده، ک. و ب. فیضی‌زاده. ۱۳۹۶. مدل‌سازی اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر روند گسترش شوری در اراضی کشاورزی حاشیه شرقی دریاچه با استفاده از تکنیک فازی شیء‌گرا، نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸ (۳): ۵۶-۷۶.
۲۱. میراحسنی، م، س، سلمان ماهینی، ع. ر. سفیانیان، ر. مدرس، ر. جعفری و ج. محمدی. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی تصاویر سری زمانی سنجنده MODIS در پایش خشک‌سالی حوزه آبخیز گاوخونی. نشریه بوم‌شناسی کاربردی، ۶ (۴): ۳۱-۴۷.
۲۲. نبی زاده بلخکانلو، ع.، ز. حجازی زاده و پ. ضیائیان فیروزآبادی. ۱۳۹۷. ارزیابی وضعیت دمایی پوشش گیاهی (VTCl) برای پایش خشک‌سالی در حوزه آبریز سیمینه‌رود دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۵۰): ۱۲۹-۱۳۹.
۲۳. هاشمی دره بادامی، س.، ع. خزایی و س. ک. علوی پناه. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر کرمانشاه). نشریه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۷ (۲۵): ۱-۱۸.
24. Allen R, Bastiaanssen W, Waters R, Tasumi M, Trezza R. 2002. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL). Idaho implementation-Advanced training and users manual, version, 1: 97.
25. Artis DA, Carnahan WH. 1982. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4):



## Analysis of agricultural drought using remote sensing indices (Case study: Marivan city)

K. Solaimani <sup>1</sup>, Sh. Darvishi <sup>2</sup>, F. Shokrian <sup>3\*</sup>

1. Prof. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2. MSc. Graduated of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Faculty of Environmental Sciences, Haraz Institute of Higher Education, Amol

3. Assist. Prof. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 18 February 2019

Accepted 2 July 2019

Available online 11 August 2019

#### Keywords:

Vegetation drought index (VDI)

Vegetation health index (VHI)

Normalized difference vegetation index (NDVI)

Landsat images

Marivan

### ABSTRACT

The effects of drought can be represented as water resources declinations, vegetation and consequently, reducing agricultural production. To study and monitor drought, it is necessary to quantify its effects using drought indices. The purpose of this study was to analyze drought in Marivan city using Landsat images from 2000 to 2017. After preprocessing the images, vegetation drought index (VDI) and vegetation health index (VHI) were extracted. Assessment of the indices showed that agricultural drought in VDI index was not observed in any year, and the values of this index were close to 100 that it indicates normal and optimal conditions. So, from 2000 to 2004 the normal conditions and from 2008 to 2017 have been optimal conditions in the dominant region. The results of VHI also show the Conditions without drought in the region. According to this index, extreme drought, severe drought and moderate drought in the studied years did not occur. The largest area of mild drought in the eastern and southeastern parts of the region in the 2000, 2001, 2003, and 2005 was 38.23, 38.28, 12.29 and 35.74 km<sup>2</sup>, respectively. In general, According to the main emphasis of this study, based on VDI and VHI indices, from 2000 to 2017 (with the exception of 2012), the results indicate the absence of agricultural drought in the Marivan city. Considering the benefits of satellite images such as broader coverage, higher temporal resolution and lower cost, it is recommended to use the knowledge of the remote sensing for drought study.

\* Corresponding author e-mail address: [Shokrian.f@gmail.com](mailto:Shokrian.f@gmail.com)