



سبش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱
Vol.14, No. 4, Winter 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

۱۰۳-۱۱۸

مقاله پژوهشی

حساسیت سنجی شاخص خشکی گیاه (VDI) به بازتابش باندهای گوناگون فرورسرخ موج کوتاه در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان)

کمال امیدوار^{۱*}، معصومه نبوی زاده^۲، احمد مزیدی^۳، حمیدرضا غفاریان مالمیری^۴، پیمان محمودی^۵

۱. استاد گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد

۲. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد

۳. دانشیار گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد

۴. استادیار گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد

۵. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۱۱

چکیده

پایش خشکسالی، به منظور هشدار سریع برای خطر خشکسالی، بسیار حیاتی و مهم است. در این پژوهش، سعی شده است که شاخص پایش خشکسالی VDI براساس باندهای متفاوت داده‌های ماهواره‌ای مادیس، با تفکیک مکانی متوسط، توسعه یابد. شاخص VDI به تنش آب در گیاهان می‌پردازد. مطالعات طیفی نشان داده است که بازتابندگی باند فرورسرخ موج کوتاه (SWIR) با محتوای آب برگ ارتباط منفی دارد و به دلیل حساس بودن SWIR به محتوای آب برگ، در ایجاد شاخص‌های گوناگون سنجش از دور، از جمله VDI و به منظور شناسایی محتوای آب گیاهان، کاربرد گسترده‌ای دارد. این پژوهش نقشه‌های خشکسالی شاخص VDI را براساس میزان حساسیت به رطوبت، با استفاده از بازتابش باندهای ۵ و ۶ فرورسرخ موج کوتاه SWIR (VDI5 و VDI6) مادیس، ارزیابی کرده است. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای مادیس و داده‌های بارش ماهیانه مدل جهانی GLDAS، در محدوده استان سیستان و بلوچستان در دوره زمانی نوزده ساله‌ای (۲۰۰۰-۲۰۱۸) استفاده شد. برای ارزیابی دقت نقشه‌های محاسبه شده براساس دو باند، ضریب همبستگی پیرسون به کار رفت. نتایج همبستگی بالایی را میان شاخص VDI6 و داده‌های بارش نشان داد و مشخص شد که باند ۶ موج کوتاه فرورسرخ، در استان سیستان و بلوچستان، به شرایط خشک خاک بیشترین واکنش را نشان می‌دهد؛ از این رو این مطالعه استفاده از شاخص VDI براساس باند ۶ را برای شناسایی زود هنگام و نظارت بر خشکسالی کشاورزی در برنامه‌های عملیاتی مدیریت خشکسالی، پیشنهاد می‌کند.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، شاخص خشکسالی پوشش گیاهی VDI، باندهای فرورسرخ موج کوتاه SWIR، داده‌های بارش مدل جهانی GLDAS، استان سیستان و بلوچستان.

* نویسنده مکاتبه کننده: پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵. تلفن: ۰۹۱۳۲۵۳۴۵۳۲، ۰۳۵-۳۱۲۳۲۲۲۲

۱- مقدمه

پایش تنش آبی، شاخص VDI از امتیاز ویژه‌ای برخوردار است که مکی^۱ و همکاران (۲۰۰۴) آن را معرفی کرده‌اند. شاخص VDI کمبود میزان آب پوشش گیاهی را با استفاده از باندهای فرورسرخ، در سطح تاج‌پوشش گیاهی تخمین می‌زند. این شاخص، در مناطقی که پوشش گیاهی فقیر و تغییرات دمایی زیادی دارند، به‌منظور ارزیابی خشکسالی مناسب است (Linsheng et al., 2012). در ادامه، به برخی از مطالعات اشاره می‌شود:

نیازی و همکاران (۱۳۹۶)، نیک‌پی و مؤمنی (۱۳۹۸) و آلامالچی^۲ و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از ترکیب باندهای سنجنده مادیس، به‌ترتیب در ایران مرکزی، استان همدان و کشور عراق، شاخص‌های خشکسالی گیاهی و دمایی، از جمله VDI را ارزیابی و به پتانسیل بالای شاخص VDI در هشدار سریع خشکسالی اشاره کردند.

وانگ و کو^۳ (۲۰۰۷)، با هدف تخمین رطوبت خاک و گیاه، از ترکیب باند ۲ مادیس (NIR) به‌منزله باند حذف آب و باند ۶ مادیس (SWIR) به‌منزله باند حساس به رطوبت استفاده کردند تا خشکسالی شاخص NMDI را در کانزاس و اکلاهما بررسی کنند. آنها مشخص کردند، با ترکیب دو باند ۲ و ۶، حساسیت در برابر شدت خشکسالی در شاخص مورد نظر افزایش یافته که این شرایط، برای تخمین رطوبت خاک و گیاه بسیار مناسب است.

وانگ و همکاران (۲۰۰۸) حساسیت بازتابش باندهای فرورسرخ موج کوتاه SWIR (۵، ۶ و ۷) مادیس در برابر میزان رطوبت را بررسی کردند و از شاخص‌های آب مربوط به پوشش گیاهی (NDII و NDWI) بهره بردند. آنها بیان کردند باند ۷ و ۶ بیشترین واکنش را در برابر رطوبت، در شرایط خشک خاک، از خود نشان داده است و استفاده از این باندها باعث می‌شود NDWI بیشترین توانایی را برای حذف اثر پس‌زمینه خاک و افزایش حساسیت به محتوای آب برگ نشان دهد.

سنجش از دور جایگاه ویژه‌ای در مطالعات پایش خشکسالی دارد و با غلبه بر مشکل پایش خشکسالی در مقیاس وسیع، باعث گسترش شاخص‌های پایش خشکسالی سنجش از دوری شده است. این شاخص‌ها، با بررسی مستقیم وضعیت تنش در پوشش گیاهی از طریق ادغام باندهای متفاوت تصاویر ماهواره‌ای، به پایش خشکسالی در سطح وسیع می‌پردازند (Ahmadalipour et al., 2017). NDVI یکی از نخستین شاخص‌های رایج برای پایش وضعیت پوشش گیاهی و تشخیص خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای بوده است (Anyamba & Tucker, 2005; Kogan, 1990; Liu et al., 1994; Malo & Nicholson, 1990; Tucker et al., 1981; Vincente-Serrano et al., 2004). با این حال NDVI برای پایش خشکسالی دارای دو محدودیت اصلی بود؛ نخست، میزان تأخیر زمانی میان بارندگی و واکنش NDVI و دوم، تأثیر تأخیری بارش در دوره شکل‌گیری بذر گیاه در فصل رشد (Rahimzadeh-Bajgiran et al., 2008, 2009; Wang, 2001). از سوی دیگر، به میزان آب منطقه نیز واکنش مناسبی نشان نمی‌داد؛ بدین جهت در مطالعات بعدی، لزوم توجه به شاخص حساس‌تر در برابر میزان تنش آب در گیاهان مورد توجه قرار گرفت و برای غلبه بر آن، رویکردهای ترکیب شاخص NDVI و LST برای تعیین محتوای آب پوشش گیاهی گسترش پیدا کرد و از LST، برای تخمین آب خاک و گیاه استفاده شد. کاربرد LST در تشخیص تنش آبی تاج‌پوشش گیاهی و میزان تبخیر و تعرق محصولات به دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ بازمی‌گردد (Bartholic et al., 1972; Heilman et al., 1976; Hashimoto et al., 1984; Omasa et al., 1981). بعداً با پیشرفت سنجش از دور حرارتی، دقت شاخص‌هایی که تنش آب در محصولات را برآورد می‌کردند افزایش یافت؛ مانند شاخص CWSI (Idso et al., 1981) و شاخص TVDI (Jackson et al., 1981) و بین شاخص‌های (al., 2002; Moran et al., 1994).

1. Sandholt
2. Almamalachy
3. Wang & Qu

منطقه مورد مطالعه، روش کار به‌طور کامل بیان و در انتها، نتایج در قالب دو بخش بحث و نتیجه‌گیری مطرح خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان، با وسعتی حدود ۱۸۱۷۸۵ کیلومترمربع، پهناورترین استان در جنوب‌شرق کشور است و ۵ درجه در عرض جغرافیایی گسترش دارد. این استان، به‌دلیل قرارگرفتن در عرض‌های جغرافیایی پایین، دارای آب‌وهوایی گرم و خشک است و در بیش از نیمی از سال، در تسلط سامانه پرفشار جنب حاره‌ای قرار دارد و همین عامل باعث گرم‌وخشک‌شدن هوای آن می‌شود. منشأ اصلی بارندگی‌های جنوب‌شرق ایران اغلب سامانه‌های مدیترانه‌ای است که در فصل‌های سرد سال، در بستر بادهای غربی، به این منطقه وارد می‌شود. ترکیب سامانه‌های گوناگون در فصل‌های سرد باعث می‌شود بارندگی‌های این منطقه، از سالی به سال دیگر، متفاوت باشد و ضریب تغییرات بالایی بیابد (Raziei et al., 2007). بالابودن میانگین دما و پایین‌بودن نوسانات آن از مشخصه‌های اساسی اقلیم منطقه است (Piri et al., 2013). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

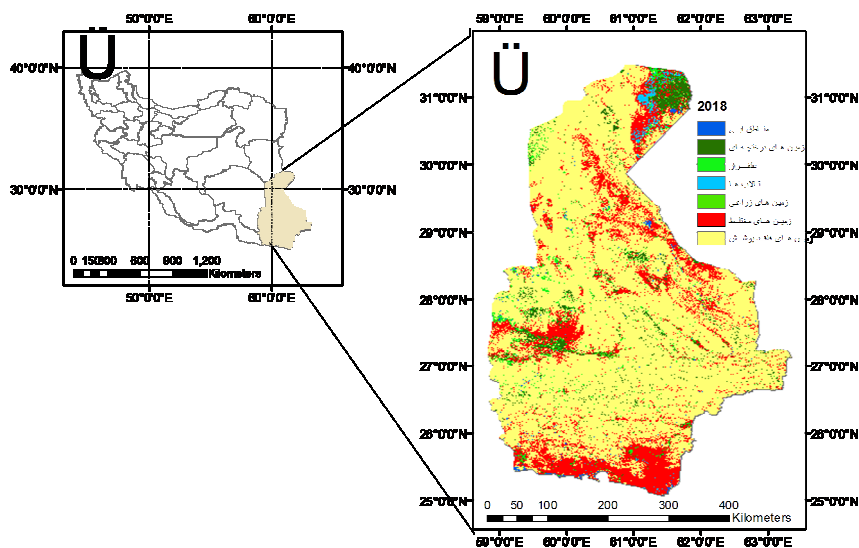
۲-۲- داده‌ها و روش‌شناسی

شاخص خشکسالی VDI کمبود آب پوشش گیاهی را در سطح تاج‌پوشش گیاهی تخمین می‌زند. یکی از مؤلفه‌های شاخص VDI محاسبه شاخص وضعیت آب WCI است که حداکثر و حداقل میزان آب را ارزیابی می‌کند و به بررسی تنش آب مورد نیاز گیاهان می‌پردازد.

ساوا^۱ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در سه منطقه رویشی ساوانا در غرب آفریقا، میزان رطوبت در پوشش گیاهی ساوان را تخمین زدند. آنها با محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی، با استفاده از باندهای ۲ و ۶ مادیس، توانستند رابطه معنی‌داری با ضخامت آب معادل برگ (EWT) به‌دست آورند. بسیاری از پژوهشگران در این زمینه، از جمله ژاک^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در شمال‌غرب آفریقا، کرگوت^۳ و همکاران (۲۰۱۵) در سنگال و نیجر و مالی، آلونسو^۴ همکاران (۲۰۱۰) و چن^۵ و همکاران (۲۰۱۹) در کاستاریکا، وانگ و همکاران (۲۰۲۰) در جنوب آسیا، نورالفین^۶ و همکاران (۲۰۱۹) در مالزی و همچنین محققان دیگری (Braga et al., 2020; Renier et al., 2015; Chen et al., 2005; Li et al., 2015; Yilmaz et al., 2008; Bajgain et al., 2015) از پتانسیل قدرتمند ترکیب باندهای ۲ و ۶ مادیس، به‌منظور پایش خشکسالی بهره برده‌اند.

همان‌طور که بیان شد، رطوبت خاک تأثیرات طیفی متفاوتی در مقابل تغییرات محتوای آب برگ گیاهان از خود نشان می‌دهد. باندهای فروسرخ موج کوتاه (باندهای ۵ و ۶ و ۷ مادیس، به‌ترتیب با طول موج ۱۲۵۰-۱۲۳۰ نانومتر، ۱۶۵۲-۱۶۲۸ و ۲۱۵۵-۲۱۰۵ نانومتر) اغلب بر رطوبت خاک و محتوای آب برگ گیاهان تمرکز دارند و در این زمینه، دارای ارزش بسیاری (Wang et al., 2020). در بسیاری از مطالعات به‌منظور پایش خشکسالی شاخص VDI، محققان از حساسیت باند ۵ SWIR استفاده کرده‌اند و به کلاس‌بندی شدت خشکسالی در منطقه خود پرداخته‌اند. در این پژوهش، سعی بر این بوده است در ترکیب شاخص VDI، هر دو باند SWIR، یعنی باند ۵ با نام مختصر VDI5 و باند ۶ با نام مختصر VDI6، به‌کار رود تا در نهایت، با مقایسه نقشه‌های خروجی، علاوه بر معرفی باند حساس‌تر به خشکسالی‌ها بتوان پایش خشکسالی در منطقه مورد مطالعه را با دقت بیشتری انجام داد. از این‌رو در ادامه، پس از معرفی

1. Sow
2. Jacques
3. Kergoat
4. Alonso
5. Chen
6. Nurul Fatin



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و محدوده پوشش اراضی در استان

بیشتری است. بدین منظور دو محصول سنجنده مادیس ماهواره تِرا، به نام MOD09A1 با تفکیک مکانی پانصد متر و MOD11A1 با تفکیک مکانی یک کیلومتر، در تفکیک زمانی هشت روزه از درگاه داده‌ای سیستم دیده‌بانی جهانی (EOS) دانلود شد. از آن جاکه هدف پایش خشکی گیاه است، آوریل ماه حداکثر رویشی در استان به‌منزله ماه مورد مطالعه در یک دوره زمانی نوزده ساله (۲۰۱۸-۲۰۰۰) انتخاب شد. سپس تصاویر میانگین‌گیری شده ماهیانه آوریل، پس از تصحیحات مورد نیاز، از تصاویر هشت روزه دو محصول مورد نظر استخراج شد.

پس از محاسبه شاخص‌ها، برای صحت‌سنجی شاخص VDI5 و VDI6 از میزان همبستگی نقشه‌های به‌دست‌آمده با داده‌های بارش ماهیانه GLDAS مدل Noah، با تفکیک مکانی 0.25×0.25 درجه استفاده شد که از تارنمای Giovanni تهیه شدند. سیستم تحلیل و شبیه‌سازی زمین در پوشش جهانی، یا همان GLDAS، را به‌طور مشترک دانشمندان سازمان ملی هوانوردی و فضا (NASA)، مرکز پرواز فضایی گودارد (GSFC)، سازمان ملی اقیانوسی و جوئی (NOAA) و مراکز ملی

شبیه‌سازی‌های طیف تاج‌پوشش، در شرایط ورودی متفاوت، نشان می‌دهد رطوبت خاک تأثیر بسیاری در هر بازتاب SWIR، در مقادیر شاخص سطح برگ دارد. در این میان، باندهای ۵ SWIR (با مرکزیت ۱۲۵۰-۱۳۰ نانومتر) و ۶ SWIR (با مرکزیت ۱۶۵۲-۱۶۲۸ نانومتر) از باندهای حساس در برابر تغییرات رطوبت خاک شمرده می‌شوند که طبق مطالعات، در مناطق گوناگون، تأثیرات متفاوتی از خود نشان داده‌اند. به‌طور کلی هر باند SWIR در مقابل رطوبت خاک و محتوای آب‌برگ، واکنش متفاوتی نشان می‌دهد؛ شاخص اختلاف نرمال شده آب NDWI با استفاده از محاسبه نرمال شده بین نوار حساس به جذب آب و نوار غیرحساس، بیشترین قابلیت را برای حذف اثر پس‌زمینه خاک دارد و میزان حساسیت به محتوای آب‌برگ را افزایش می‌دهد. در این مطالعه، به‌منظور پایش خشکی گیاه، از دو شاخص VDI به نام VDI5 و VDI6 استفاده شد که به‌ترتیب، در ترکیبات خود، باند ۵ و ۶ فرورسرخ موج کوتاه را به‌کار برده‌اند؛ به این دلیل که پس از مقایسه بین نقشه‌های خروجی، مشخص شود کدام باند در منطقه مورد مطالعه دارای حساسیت

شاخص شرایط آب (WCI) برای مجزاکردن نوسانات آب‌وهوایی کوتاه‌مدت NDWI در قبال تغییرات اکوسیستم بلندمدت تعریف می‌شود. NDWI می‌تواند تغییراتی را در میزان رطوبت و مزوفیل اسفنجی در تاج‌پوشش گیاهی منعکس کند. علاوه‌براین NDWI واکنشی سریع‌تر از NDVI در برابر شرایط خشکسالی دارد (رابطه (۱)) (Gu, Fensholt & Sandholt, 2003; et al., 2007). براساس مطالعات آزمایشگاهی، به‌دلیل جذب زیاد آب از راه سطح برگ، بازتاب فروسرخ موج کوتاه SWIR با میزان رطوبت برگ ارتباط منفی دارد؛ به همین دلیل، از SWIR که در برابر میزان رطوبت برگ حساس است، NDWI به‌دست می‌آید (Gao, 1996; Linsheng et al., 2012; Sun et al., 2013).

$$NDWI = \frac{NIR+SWIR}{NIR-SWIR} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$WCI_i = \frac{NDWI_i - NDWI_{min}}{NDWI_{max} - NDWI_{min}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\Delta LST = LST_{Day} - LST_{Night} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\Delta TCI = \frac{\Delta LST_{max} - \Delta LST_i}{\Delta LST_{max} - \Delta LST_{min}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$VDI = \alpha_1 \times WCI_i + \alpha_2 \times \Delta TCI_i \quad \text{رابطه (۵)}$$

$NDWI_{max}$ ، $NDWI_{min}$ حداکثر و حداقل NDWI برای یک پیکسل در تمامی ماه‌ها محسوب می‌شوند (روابط (۱) و (۲))

LST_{min} و LST_{max} حداقل و حداکثر دمای سطح زمین در دوره زمانی مشخص است و هرچه مقدار TCI پایین‌تر باشد، آب‌وهوایی گرم‌تر را نشان می‌دهد و برعکس (روابط (۳) و (۴))

در آخر، محاسبه شاخص VDI براساس میزان حساسیت دو باند ۵ و ۶ فروسرخ موج کوتاه انجام می‌شود و خشکسالی‌ها، از نظر شدت، در پنج کلاس نمایش داده می‌شود؛ بدین‌صورت که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده عدم خشکسالی و مقادیر پایین‌تر گویای شرایط شدید خشکسالی است (جدول ۱، رابطه (۵)).

پیش‌بینی محیط‌زیست (NCEP) در برخی زمینه‌ها توسعه دادند. GLDAS سیستم مدل‌سازی جهانی سطح آب زمین است که از داده‌های مشاهده‌ای ماهواره‌ای و نیز تحقیقات هیدرولوژیکی برای شبیه‌سازی آب‌وهوا بهره می‌برد. این سیستم مجموعه‌ای از محصولات را تولید می‌کند که با استفاده از چهار مدل سطح زمین (CLM، VIC، Noah، Mosaic) شبیه‌سازی شده‌اند.

۲-۳- شاخص خشکی پوشش گیاهی

شاخص خشکسالی VDI برای نظارت بر پوشش گیاهی توسعه یافته و در صورت استفاده در مناطق بایر، ممکن است نتایج غیرواقعی و گمراه‌کننده داشته باشد. از سویی، بیشتر مساحت استان دارای شرایط خشک و بیابانی است؛ به همین دلیل، مناطق دارای پوشش گیاهی از مناطق بدون گیاه جدا شدند (شکل ۱). به‌منظور جداسازی پوشش گیاهی به‌علت وسعت زیاد استان، از محصول طبقه‌بندی جهانی پوشش زمین استفاده شد که سنجنده مادیس (MCD12Q1)، با تفکیک مکانی پانصد متر، فراهم آورده است. برای طبقه‌بندی کاربری‌ها، سیستم طبقه‌بندی (UMD) به‌منزله طبقه‌بندی بهینه برای شناسایی پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه شناخته شد (Mahmoudi et al., 2020).

به‌منظور محاسبه شاخص VDI، به برآورد دو شاخص WCI و ΔTCI نیاز است که هر دو با خشکسالی همبستگی مثبتی دارند. در این دو شاخص، مقادیر بالاتر منعکس‌کننده شرایط خوب و ارزش‌های پایین‌تر نشان‌دهنده شرایط نامطلوب است. به‌طورکلی WCI بیانگر کمبود آب در گیاهان و TCI گویای کمبود آب در خاک است. ΔTCI تقریباً همان ذخیره حرارتی سطح زمین است که با افزایش محتوای آب خاک، افزایش می‌یابد؛ در نتیجه، ΔT نیز با محتوای آب خاک ارتباط معنی‌داری دارد و همچنین شاخص وضعیت اختلاف دمای بین شب و روز، به‌منظور انعکاس تغییرات در محتوای آب خاک، در ترکیب شاخص مورد نظر به‌کار می‌رود (Sun et al., 2013).

۳-۱- بررسی میزان عدم قطعیت

شاخص VDI رابطه منفی بین NDWI و LST را فرض می‌کند. اگر رابطه مثبت در منطقه مورد مطالعه یافت شود، باید انتظار عدم قطعیت را در نتیجه خشکسالی داشته باشیم (Sun et al., 2013). برای بررسی میزان قطعیت در منطقه مورد مطالعه و تأیید آن، از میزان همبستگی بین NDWI محاسبه شده براساس دو باند SWIR، باند ۵ با طول موج (۱۲۵۰-۱۲۳۰ نانومتر) و باند ۶ با طول موج (۱۶۵۲-۱۶۲۸ نانومتر)، با میزان اختلاف دمای شب-روز ΔLST استفاده شد. در شکل ۲، به‌طور واضح مشخص شده است که NDWI به‌دست آمده براساس باند ۶ عملکرد بهتر و میزان همبستگی منفی بسیار بیشتری، در قیاس با باند ۵ مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه دارد.

۳-۲- عملکرد شاخص VDI5 و VDI6 در پایش خشکسالی

برای انجام دادن کار، ابتدا نقشه‌های خشکسالی ماه آوریل شاخص VDI5 براساس شاخص NDWI، با ترکیب باندهای ۲ و ۵، به تعداد نوزده نقشه خروجی تولید شد (شکل ۳). همان‌طور که در نقشه‌های خشکسالی VDI5 مشاهده می‌شود، مناطق دارای پوشش گیاهی استان فقط در سه طبقه خشکسالی متوسط، خفیف و عدم خشکسالی قرار گرفته و در برابر طبقات شدید و بسیار شدید خشکسالی واکنشی نشان نداده است. شکل ۳ نشان می‌دهد محاسبه شاخص با باند ۵، در این استان، دقت مناسبی ندارد زیرا، در بیشتر سال‌ها، ترسالی بر محدوده مورد مطالعه حکم فرماست که دور از واقعیت است و بسیاری از مطالعات در سطح استان به وجود خشکسالی‌های شدید در استان اشاره داشته‌اند (از جمله: Zare Abianeh et al., 2014؛ Kokhakhani et al., 2018؛ Piri et al., 2013 و Khosravi, 2009).

1. Cohen
2. Non Vegetated

جدول ۱. میزان و کلاس‌های خشکسالی در شاخص VDI

کلاس	بسیار شدید	شدید	متوسط	ملایم	عدم خشکسالی
میزان	≤ 13	≤ 22	≤ 32	≤ 41	> 41

۲-۴- ضریب همبستگی پیرسون

در این مقاله، به‌منظور ارزیابی شاخص VDI5 و VDI6، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون یکی از رایج‌ترین و مفیدترین روش‌های آماری است که درجه همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب بین -۱ و +۱ است و از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌شود (Wilhite, 2000).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (6)$$

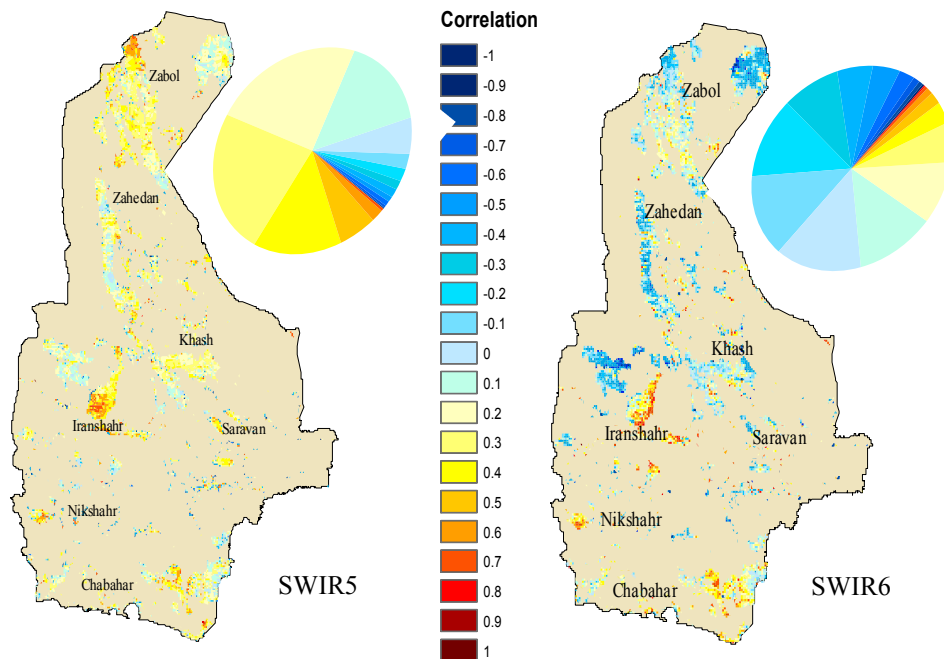
در این معادله، O_i مقدار شاخص خشکسالی مبتنی بر داده‌های بارش، P_i مقدار خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای، به ترتیب متوسط مقدار شاخص \bar{O} و \bar{P} به ترتیب متوسط مقدار شاخص خشکسالی حاصل از داده‌های بارش و داده‌های ماهواره‌ای و n تعداد کل داده‌ها هستند. هرچه مقدار همبستگی به ۱ و -۱ یا قدرمطلق آن به ۱ نزدیک‌تر باشد، قوت رابطه بیشتر خواهد بود و هرچه مقدار آن به صفر نزدیک شود، شدت رابطه کمتر خواهد بود؛ بنابراین براساس قدرمطلق آن، می‌توان رابطه را مشخص کرد.

کوهن^۱ (۱۹۸۸) در مطالعه خود نقاط ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ را معرفی می‌کند؛ قدرمطلق‌های همبستگی کمتر از ۰/۱ همبستگی ناچیز، بین ۰/۳ و ۰/۵ همبستگی متوسط و بزرگ‌تر از ۰/۵ همبستگی قوی را نشان می‌دهد.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش، در ابتدا مناطق بدون پوشش گیاهی از مناطق دارای پوشش گیاهی جدا و در راهنمای نقشه‌ها، با عنوان مناطق بدون پوشش گیاهی^۲ تعریف شدند. سپس به نفی عدم قطعیت در نتایج خروجی‌ها پرداخته شد.

حساسیت‌سنجی شاخص خشکی گیاه (VDI) به بازتابش باندهای ...



شکل ۲. ضریب همبستگی میان NDWI و Δ LST براساس باند ۵ و باند ۶ و میزان همبستگی از منفی به مثبت در منطقه (نمودار دایره‌ای براساس درصد میزان همبستگی است)

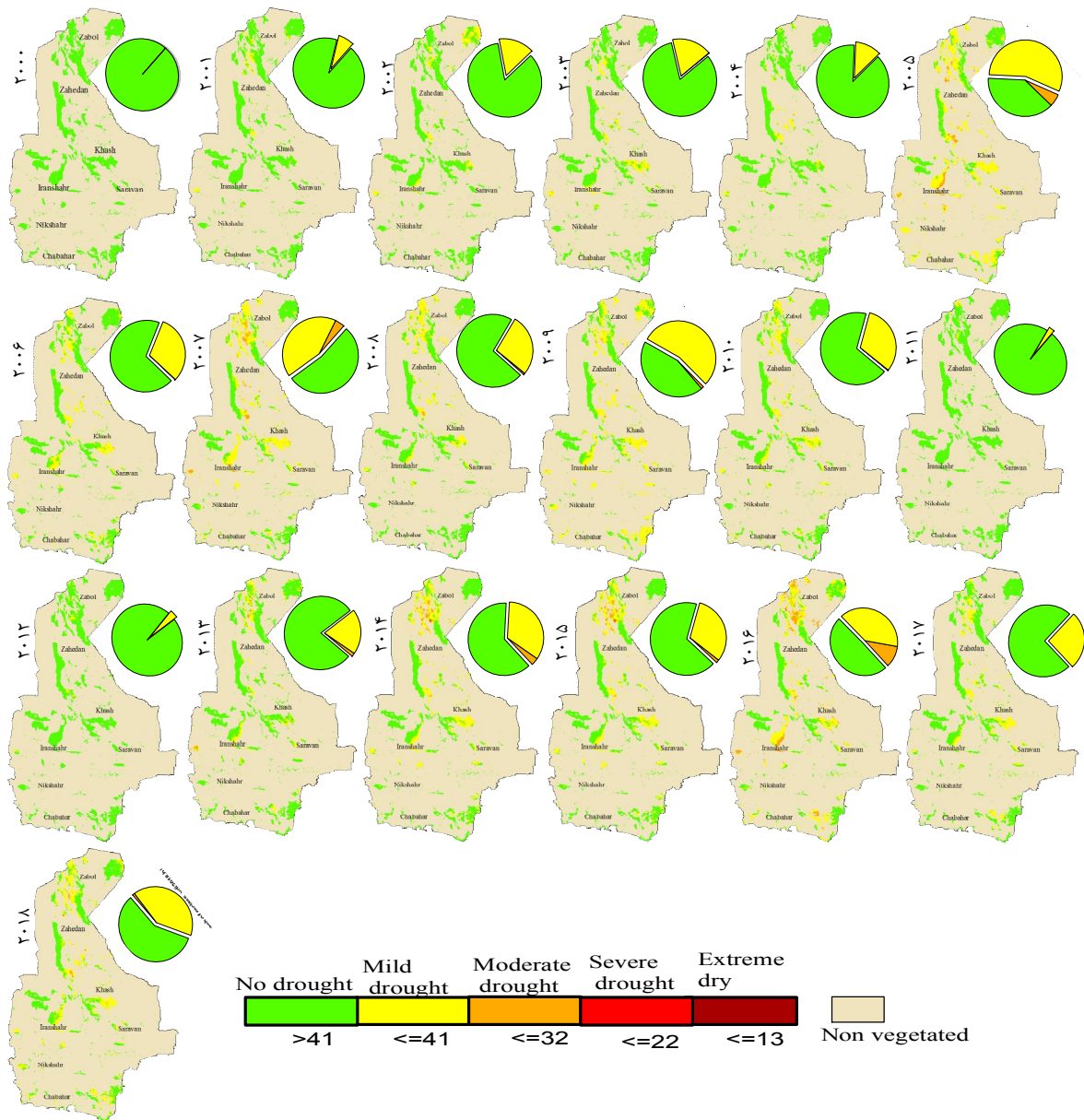
در گام بعدی، نقشه‌های خشکسالی VDI6 (با ترکیب باندهای ۲ و ۶) محاسبه شد. VDI6، در مقایسه با VDI5، در برابر کلاس‌های گوناگون خشکسالی پاسخ متفاوتی داشته و خشکسالی را به صورت کلاس‌های متفاوت و مجزا از هم نشان داده است. در هر دو سری نقشه‌های خشکسالی، سال ۲۰۰۵ خشک‌ترین سال مشخص شده است؛ با این تفاوت که در نقشه‌های خروجی VDI5، خشکسالی در سطح منطقه فقط در دو کلاس نمایش داده شده است (۵۵/۴۴٪ در محدوده خشکسالی ملایم، ۵/۸٪ در محدوده خشکسالی متوسط و بقیه در محدوده عدم خشکسالی قرار دارد) (شکل ۳). در نقشه‌های خشکسالی VDI6، حساسیت به خشکی پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۵ به صورت طبقات گوناگون تفکیک شده خشکسالی مشخص شده است

(۵/۱۰٪ در محدوده خشکسالی ملایم، ۵۴/۳۳٪ در محدوده خشکسالی متوسط، ۳۳/۹٪ در کلاس خشکسالی بسیار شدید، ۰/۷٪ در خشکسالی بسیار شدید و استثنایی و فقط ۰/۵٪ در محدوده عدم خشکسالی واقع شده است) (شکل ۴).

ماه‌های آوریل سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱، به ترتیب در نقشه‌های خروجی VDI5 مرطوب‌ترین ماه در طول دوره مورد مطالعه شناسایی شدند. تمامی مناطق دارای پوشش گیاهی در کلاس عدم خشکسالی قرار گرفته‌اند. شکل ۴ نشان می‌دهد نقشه‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۰ ماه آوریل شاخص VDI6 نیز کمترین وسعت خشکسالی در منطقه را داشته‌اند. بررسی سایر نقشه‌های خروجی در شکل ۳ و ۴ بیانگر پاسخ دقیق‌تر VDI6 به شدت خشکسالی‌هاست.

سنجش از دور و GIS ایران
سال چهاردهم = شماره چهارم = زمستان ۱۴۰۱

کمال امیدوار و همکاران

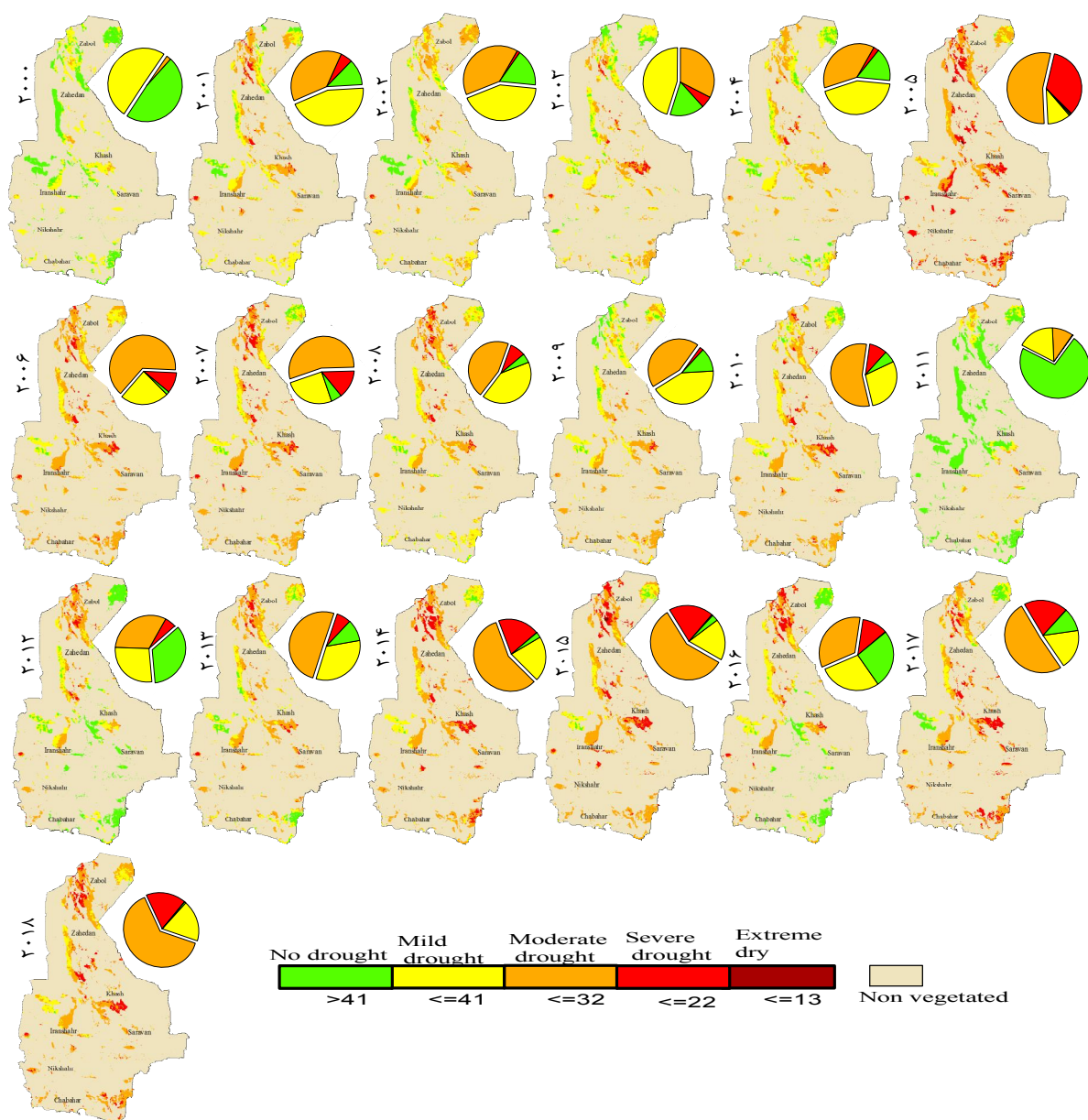


شکل ۳. نقشه‌های خروجی توزیع مکانی خشکسالی VDI5 ماه آوریل از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در منطقه مورد مطالعه (نمودارهای دایره‌ای بیانگر شدت خشکسالی در پنج کلاس است)

شکل ۵ نشان می‌دهد در نمودار VDI5، در تمامی سال‌ها و در بیشتر مناطق استان، شرایط عدم خشکسالی حکم‌فرما بوده است. با توجه به مطالعات قبلی که نام برده شد، این مسئله با واقعیت مطابقت ندارد. در مقابل، در نمودار VDI6، کلاس‌های بیشتری از خشکسالی به نمایش گذاشته شده است.

به‌منظور داشتن دید کلی‌تر و مقایسه مساحت‌ها از کلاس‌های متفاوت خشکسالی در نقشه‌های خروجی، نتایج در دو نمودار به‌صورت درصد کلاس‌های خشکسالی طی دوره مطالعه، نمایش داده شده است (شکل ۵).

حساسیت‌سنجی شاخص خشکی گیاه (VDI) به بازتابش باندهای ...



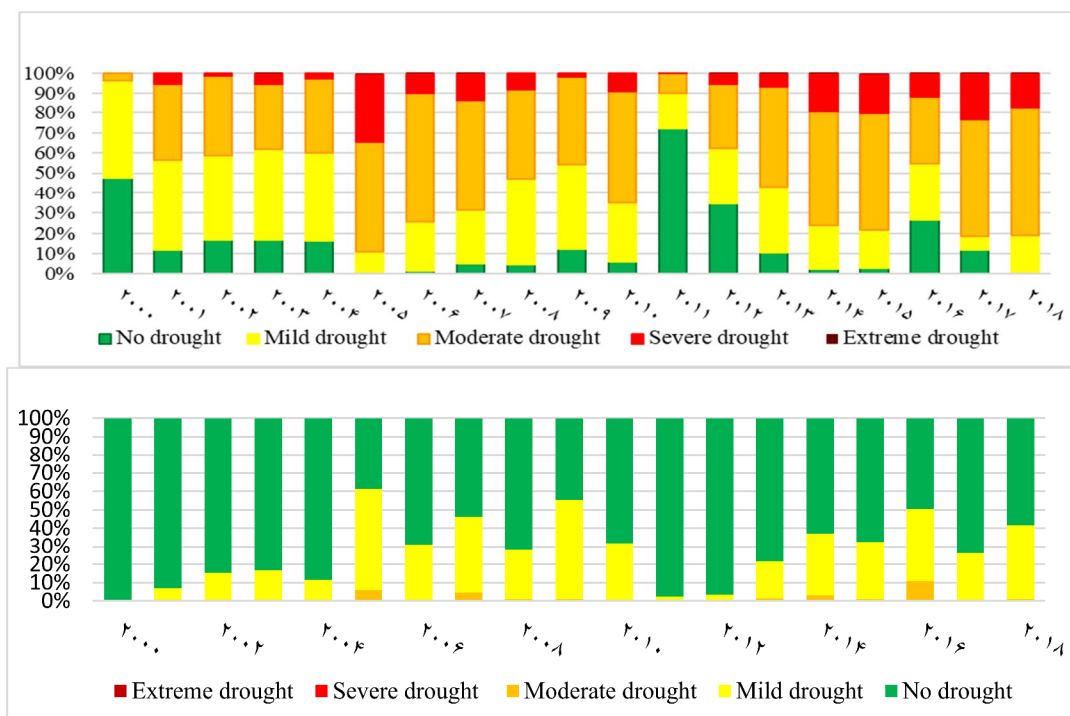
شکل ۴. نقشه‌های خروجی توزیع مکانی خشکسالی VDI6 ماه آوریل، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در منطقه مورد مطالعه (نمودارهای دایره‌ای بیانگر شدت خشکسالی در پنج کلاس‌اند)

ماهانه بارش جهانی و NDVI را در عرض‌های متفاوت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. این نمودارها از سایت Giovanni ناسا^۱ دریافت شدند. در شکل ۶، رفتار بارش ماهانه و NDVI در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۰۵ به‌خوبی نمایانگر ترسالی و خشکی در منطقه مورد مطالعه است.

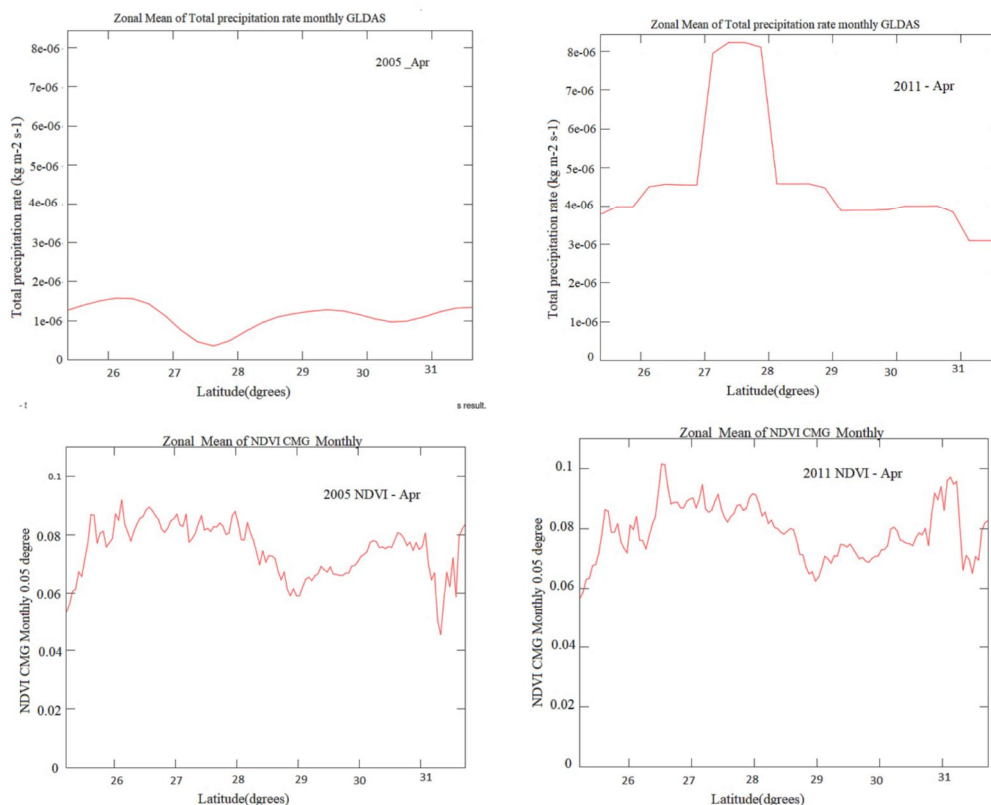
روشن است که افزایش خشکی گیاه با کاهش میزان بارندگی و NDVI رابطه مستقیمی دارد. در این‌جا برای بررسی این رابطه، دو سالی بررسی شد که در نقشه‌های خروجی VDI6 به‌منزله ترسالی و خشکسالی (به‌ترتیب سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۵) مشخص شدند. این دو سال، از نظر میزان بارندگی و پوشش گیاهی NDVI نیز بررسی شدند. بدین‌منظور از نمودارهای مقایسه‌ای بهره گرفته شد که میانگین

1. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>

کمال امیدوار و همکاران



شکل ۵. نمودار شاخص خشکسالی VDI ماه آوریل در پنج کلاس (نمودار بالا براساس باند ۶ و نمودار پایین براساس باند ۵ است)



شکل ۶. مقایسه میزان بارش منطقه‌ای با میزان NDVI در عرض‌های منطقه مورد مطالعه، سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۵، که در آنها به ترتیب کمترین و بیشترین میزان خشکسالی مشاهده شده است

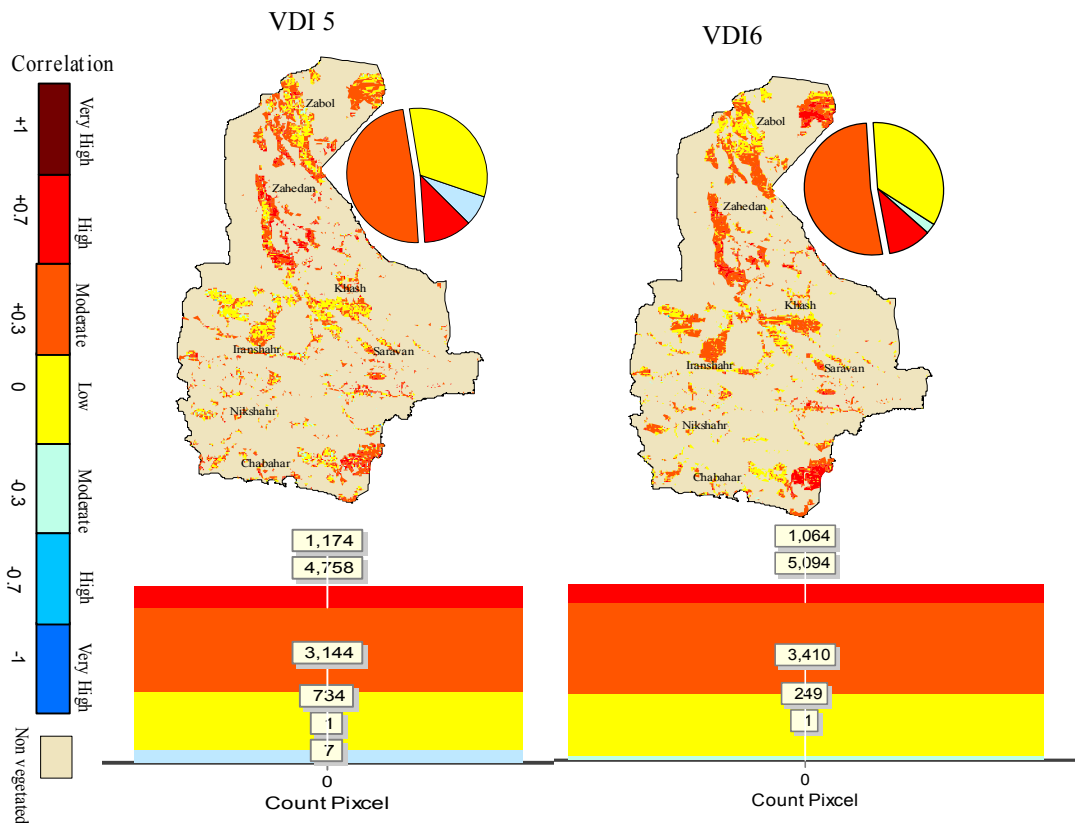
مشخص شد شاخص VDI6 پیشنهادی در استان، برای پایش خشکسالی، توانمندتر است. استفاده از باند ۶ باعث می‌شود NDWI توانایی بیشتری به‌منظور حذف اثر پس‌زمینه خاک داشته باشد و میزان حساسیت در برابر محتوای آب برگ، در شاخص مورد نظر، افزایش می‌یابد که این خود موجب به‌نمایش گذاشتن طبقات گوناگون خشکسالی با دقت بیشتر می‌شود.

شکل ۷ نشان می‌دهد، در شاخص VDI6، ۱۱٪ از مساحت استان با بارش همبستگی بالای ۰/۷ و ۶۲/۸٪ همبستگی متوسط (۰/۳-۰/۷) را کسب کرد. مناطقی که همبستگی کمتری در آنها نشان داده است، با توجه به مطالعه آلمالاچی و همکاران (۲۰۲۰)، از کشت دیم در آنها استفاده شده است. بخش‌های شمالی، شهرستان زاهدان، زابل، نیمه جنوب‌شرقی مرکزی همبستگی بالایی با بارش ماه آوریل نقشه‌های باند ۶ کسب کردند.

۳-۳- حساسیت‌سنجی شاخص VDI براساس باندهای ترکیبی فرورسرخ موج کوتاه SWIR در برآورد شدت خشکسالی

به‌منظور مقایسه شاخص VDI5 با VDI6، در برآورد شدت خشکسالی از میزان همبستگی دو شاخص با بارش جهانی GLDAS استفاده شد. هر دو شاخص توافق و همبستگی خوبی با داده‌های بارش داشتند. طبق شکل ۷، میزان همبستگی شاخص VDI6 بیشتر از VDI5 است. از مطالعه بالا می‌توان نتیجه گرفت VDI6 شاخص مفیدتری برای تشخیص خشکی گیاه در استان است. VDI5 نیز رابطه خوب و ثابتی با بارندگی در مقیاس منطقه‌ای نشان داد. اگرچه VDI5 به رطوبت گیاه حساس هست، در این مورد، حساسیت آن ضعیف‌تر از VDI6 نشان داده شد.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، باندهای فرورسرخ موج کوتاه SWIR در برابر تغییرات رطوبت خاک حساس‌اند و در این زمینه، ارزش بالایی دارند. در این مطالعه،



شکل ۷. نقشه همبستگی VDI محاسبه‌شده با بارش در ماه آوریل، به‌دست‌آمده براساس دو باند SWIR

۴- نتیجه‌گیری

باندهای فروسرخ موج کوتاه SWIR اغلب بر رطوبت خاک و محتوای آب برگ گیاهان تمرکز دارند و باندهای ۵ و ۶، به ترتیب با طول موج (۱۲۵۰-۱۲۳۰ نانومتر، ۱۶۵۲-۱۶۲۸ نانومتر)، در این زمینه ارزش بالایی دارند. در این مطالعه، تأثیرات محتوای آب گیاه در باندهای ۵ و ۶ SWIR در شاخص مورد نظر بررسی شده است. نتایج این مطالعه را می‌توان با موارد زیر خلاصه کرد:

- رطوبت خاک تأثیر زیادی در بازتاب باندهای فروسرخ موج کوتاه SWIR دارد؛

- با استفاده از محاسبه نرمال شده بین باند حساس به جذب آب و باند غیرحساس، NDWI بیشترین توانایی را برای حذف اثر پس زمینه خاک و حساسیت در قبال محتوای آب برگ دارد. در این مطالعه نشان داده شد، با به کارگیری باند ۶ در محاسبه NDWI، کلاس‌های گوناگون خشکسالی VDI در سطح استان به خوبی در طبقات گوناگون دسته‌بندی شدند؛

- بین دو باند SWIR، باند ۶ در مقایسه با باند ۵، به شرایط خشک خاک بیشترین پاسخ را نشان داد و بهترین باند برای پایش خشکسالی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد.

در این پژوهش، از محصول بازتاب سطحی و حرارتی سنجنده مادیس برای پایش خشکسالی استفاده شد. بیشتر باندهای طیفی این سنجنده باریک‌اند. این ویژگی از جذب طیفی بخار آب در باند فروسرخ جلوگیری می‌کند و در نتیجه، خطای ایجاد شده بر اثر جذب بخار آب بسیار اندک می‌شود؛ بنابراین دقت محاسباتی در تعیین شاخص‌های گیاهی و دمایی افزایش می‌یابد. بررسی نتایج نشان داد که شاخص VDI6 حاصل از تصاویر ماهواره‌ای مادیس می‌تواند جایگزین مناسب VDI5 به منظور برآورد شدت خشکسالی باشد.

داده‌های این سنجنده، با باندهای نوری بیشتر، فرصتی مناسب برای برآورد محتوای آب برگ و رطوبت خاک فراهم آورده است. با توجه به این واقعیت که هر

گروه SWIR واکنش مشخصه متفاوتی به رطوبت خاک و آب برگ دارد، تحقیقات آینده می‌تواند بر این حوزه متمرکز شود چون هر باند، در شرایط آب‌وهوایی متفاوت، واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهد.

۵- تشکر و قدردانی

این مقاله از رساله دوره دکتری مصوب و دفاع شده در دانشگاه یزد، استخراج شده است و نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از «صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)» که با حمایت مالی خود، باعث ارتقای کیفی این پژوهش شده است، اعلام کنند.

۶- منابع

- Ahmadalipour, A., Moradkhani, H. & Svoboda, M., 2017, **Centennial Drought Outlook over the CONUS Using NASA-NEX Downscaled Climate Ensemble**, International Journal of Climatology, 37(5), PP. 2477-2491.
- Almamalachy, Y.S., Al-Quraishi, A.M.F. & Moradkhani, H., 2020, **Agricultural Drought Monitoring over Iraq Utilizing MODIS Products**, In Environmental Remote Sensing and GIS in Iraq (PP. 253-278), Springer, Cham.
- Alonso, A., Muñoz-Carpena, R. & Kaplan, D., 2020, **Coupling High-Resolution Field Monitoring and MODIS for Reconstructing Wetland Historical Hydroperiod at a High Temporal Frequency**, Remote Sensing of Environment, 247, P. 111807.
- Anyamba, A. & Tucker, C.J., 2005, **Analysis of Sahelian Vegetation Dynamics Using NOAA-AVHRR NDVI Data from 1981-2003**, Journal of Arid Environments, 63(3), PP. 596-614.
- Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J. & Zhou, Y., 2015, **Sensitivity Analysis of Vegetation Indices to Drought over Two Tallgrass Prairie Sites**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, PP. 151-160.

- Bartholic, J.F., Namken, L.N. & Wiegand, C.L., 1972, **Aerial Thermal Scanner to Determine Temperature of Soils and Crop Canopies Differing in Water Stress**, *Agronomy Journal*, 64(5), PP. 603-608.
- Braga, P., Crusiol, L. G.T., Nanni, M.R., Caranhato, A.L.H., Fuhrmann, M.B., Nepomuceno, A.L., ... & Mertz-Henning, L.M., 2020, **Vegetation Indices and NIR-SWIR Spectral Bands as a Phenotyping Tool for Water Status Determination in Soybean**, *Precision Agriculture*, PP. 1-18.
- Chen, D., Huang, J. & Jackson, T.J., 2005, **Vegetation Water Content Estimation for Corn and Soybeans Using Spectral Indices Derived from MODIS Near-and Short-Wave Infrared Bands**, *Remote Sensing of Environment*, 98(2-3), PP. 225-236.
- Chen, X., Guo, Z., Chen, J., Yang, W., Yao, Y., Zhang, C. & Cao, X., 2019, **Replacing the Red Band with the Red-SWIR Band (0.74 Pred+ 0.26 Pswir) Can Reduce the Sensitivity of Vegetation Indices to Soil Background**, *Remote Sensing*, 11(7), P. 851.
- Cohen, J., 1988, **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences** (2nd ed.), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Eriksen, S. & Silva, J.A., 2009, **The Vulnerability Context of a Savanna Area in Mozambique: Household Drought Coping Strategies and Responses to Economic Change**, *Environmental Science & Policy*, 12(1), PP. 33-52.
- Fensholt, R. & Sandholt, I., 2003, **Derivation of a Shortwave Infrared Water Stress Index from MODIS Near-and Shortwave Infrared Data in a Semiarid Environment**, *Remote Sensing of Environment*, 87(1), PP. 111-121.
- Gao, B.C., 1996, **NDWI - a Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space**, *Remote Sensing Env.*, 58, PP. 257-266.
- Gu, Y.X., Brown, J.F., Verdin, J.P. & Wardlow, B., 2007, **A Five-Year Analysis of MODIS NDVI and NDWI for Grassland Drought Assessment over the Central Great Plains of the United States**, *Geophysical Research Letters*, 34, L06407.
- Hashimoto, Y., Ino, T., Kramer, P.J., Naylor, A.W. & Strain, B.R., 1984, **Dynamic Analysis of Water Stress of Sunflower Leaves by Means of a Thermal Image Processing System**, *Plant Physiology*, 76(1), PP. 266-269.
- Heilman, J.L., Kanemasu, E.T., Rosenberg, N.J. & Blad, B.L., 1976, **Thermal Scanning Measurement of Canopy Temperatures to Estimate Evapotranspiration**, *Remote Sensing of Environment*, 5 (1), PP. 137-145.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J. & Hatfield, J.L., 1981, **Normalizing the Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability**, *Agricultural Meteorology*, 24(1), PP. 45-55.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. & Pinter, P.J., 1981, **Canopy Temperature as a Crop Water-Stress Indicator**, *Water Resources Research*, 17(4), PP. 1133-1138.
- Jacques, D.C., Kergoat, L., Hiernaux, P., Mougin, E. & Defourny, P., 2014, **Monitoring Dry Vegetation Masses in Semi-Arid Areas with MODIS SWIR Bands**, *Remote Sensing of Environment*, 153, PP. 40-49.
- Kergoat, L., Hiernaux, P., Dardel, C., Pierre, C., Guichard, F. & Kalilou, A., 2015, **Dry-Season Vegetation Mass and Cover Fraction from SWIR1. 6 and SWIR2. 1 Band Ratio: Ground-Radiometer and MODIS Data in the Sahel**, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, PP. 56-64.
- Khosravi, M., 2009, **Time-Spatial Analysis of Stable Hamun Lakes**, *Iran Water Resources Research Journal*, No. 3, PP. 68-79.
- Kogan, F.N., 1990, **Remote-Sensing of Weather Impacts on Vegetation in Nonhomogeneous Areas**, *International Journal of Remote Sensing*, 11(8), PP. 1405-1419.
- Kokhakhani, M.S., Fordoie, A.R., Mousavi, S.H. & Vali, A., 2018, **Assessment of Drought Dynamics in Sistan & Baluchistan Province Using MODIS Satellite Data**

- (2000-2015), Iran Pasture and Desert Research Quarterly, 26th year, 76(3) (Autumn 2018), PP. 754-771.
- Li, L., Vrieling, A., Skidmore, A., Wang, T., Muñoz, A.R. & Turak, E., 2015, **Evaluation of MODIS Spectral Indices for Monitoring Hydrological Dynamics of a Small, Seasonally-Flooded Wetland in Southern Spain**, Wetlands, 35(5), PP. 851-864.
- Linsheng, H., Yansheng, D., Dongyan, Z., Wenjiang, H. & Dong, L., 2012, **Using Temperature Vegetation Drought Index for Monitoring Drought Based on Remote Sensing Data**, Trans Tech Publications Switzerland, 356, PP. 2854-2859.
- Liu, W.T.H., Massambani, O. & Nobre, C.A., 1994, **Satellite Recorded Vegetation Response to Drought in Brazil**, International Journal of Climatology, 14(3), PP. 343-354.
- Mahmoudi, P., Shirazi, S.A., Firoozi, F., Jahanshahi, S.M.A. & Mazhar, N., 2020, **Detection of Land Cover Changes in Baluchistan (Shared between Iran, Pakistan, and Afghanistan) Using the MODIS Land Cover Product**, Arabian Journal of Geosciences, 13(23), PP. 1-14.
- Maki, M., Ishihara, M. & Tamura, M., 2004, **Estimation of Leaf Water Status to Monitor the Risk of Forest Fires by Using Remotely Sensed Data**, Remote Sensing of Environment, 90(4), PP. 441-450.
- Malo, A.R. & Nicholson, S.E., 1990, **A Study of Rainfall and Vegetation Dynamics in the African Sahel Using Normalized Difference Vegetation Index**, Journal of Arid Environments, 19(1), PP. 1-24.
- Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y. & Vidal, A., 1994, **Estimating Crop Water-Deficit Using the Relation between Surface-Air Temperature and Spectral Vegetation Index**, Remote Sensing of Environment, 49(3), PP. 246-263.
- Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M.H., Vazife Dost, M., 2017, **Evaluation of the efficiency of plant drought indices (VDI) and temperature (TDI) based on satellite images in central Iran**, two quarterly journals Khoshk Boom Scientific-Research Journal, Volume 7, Number 1, pp. 79-94.
- Nikpi, H. M., Moameni, M., 2019, **Influence of Climatology and altitude zoning on correlation of drought indexes of remote sensing by rainfall data and introducing local indexes**, Magazine of Remote Sensing & GIS of Iran, (2), 47-62.
- Nurul Fatin, M., Mohd Razali, S., Ahmad, A.A. & Mohd Shafri, Z.M., 2019, **Oil Palm Dry Season Analysis Based on Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Satellite Indices**, International Journal of Remote Sensing, 40(19), PP. 7663-7678.
- Omasa, K., Hashimoto, Y. & Aiga, I., 1981, **A Quantitative Analysis of the Relationship between O₃ Sorption and Its Acute Effect on Plant Leaves Using Image Instrumentation**, Environmental Control in Biology, 19(3), PP. 85-92.
- Piri, H., Rahdari, V. & Maleki, S., 2013, **Review and Omparison of the Efficiency of Four Meteorological Drought Profiles in the Management of Drought Risk in Sistan & Baluchistan Province**, Irrigation and Water Engineering Research Quarterly, 3rd year, 11th issue, PP. 96-114.
- Rahimzadeh-Bajgiran, P., Darvishsefat, A.A., Khalili, A. & Makhdoum, M.F., 2008, **Using AVHRR-Based Vegetation Indices for Drought Monitoring in the Northwest of Iran**, Journal of Arid Environments, 72(6), PP. 1086-1096.
- Rahimzadeh-Bajgiran, P., Shimizu, Y., Hosoi, F. & Omasa, K., 2009, **MODIS Vegetation and Water Indices for Drought Assessment in Semi-Arid Ecosystems of Iran**, Journal of Agricultural Meteorology, 65(4), PP. 349-355.
- Raziei, T., Dansh P. & Thaqfian, B., 2007, **Investigation of Temporal and Spatial Pattern of Meteorological Droughts in Sistan & Baluchistan Province**, Scientific Journal of Agriculture, 3(1), PP. 85-99.

- Renier, C., Waldner, F., Jacques, D.C., Babah Ebbe, M.A., Cressman, K. & Defourny, P., 2015, **A Dynamic Vegetation Senescence Indicator for Near-Real-Time Desert Locust Habitat Monitoring with MODIS**, Remote Sensing, 7(6), PP. 7545-7570.
- Sandholt, I., Rasmussen, K. & Andersen, J., 2002, **A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status**, Remote Sensing of Environment, 79(2-3), PP. 213-224.
- Sow, M., Mbow, C., Hély, C., Fensholt, R. & Sambou, B., 2013, **Estimation of Herbaceous Fuel Moisture Content Using Vegetation Indices and Land Surface Temperature from MODIS Data**, Remote Sens. 2013, 5(2617-2638).
- Sun, H., Zhao, X., Chen, Y., Gong, A. & Yang, J., 2013, **A New Agricultural Drought Monitoring Index Combining MODIS NDWI and Day-Night Land Surface Temperatures: A Case Study in China**, International Journal of Remote Sensing, 34(24), PP. 8986-9001.
- Tucker, C.J., Holben, B.N., Elgin, J.H. & McMurtrey, J.E., 1981, **Remote-Sensing of Total Dry-Matter Accumulation in Winter-Wheat**, Remote Sensing of Environment, 11(3), PP. 171-189.
- Vincente-Serrano, S.M., Pons-Fernandez, X. & Cuadrat-Prats, J.M., 2004, **Mapping Soil Moisture in the Central Ebro River Valley with Landsat and NOAA Satellite Imagery: A Comparison with Meteorological Data**, International Journal of Remote Sensing, 25(20), PP. 4325-4350.
- Wang, L. & Qu, J.J., 2007, **NMDI: A Normalized Multi-Band Drought Index for Monitoring Soil and Vegetation Moisture with Satellite Remote Sensing**, Geophysical Research Letters, 34, L20405.
- Wang, J., Price, K.P. & Rich, P.M., 2001, **Spatial Patterns of NDVI in Response to Precipitation and Temperature in the Central Great Plains**, International Journal of Remote Sensing, 22(18), PP. 3827-3844.
- Wang, L., Qu, J.J., Hao, X. & Zhu, Q., 2008, **Sensitivity Studies of the Moisture Effects on MODIS SWIR Reflectance and Vegetation Water Indices, December 2008**, International Journal of Remote Sensing, 29(24), P. 7065-7075.
- Wang, W., Chen, X., Cao, X. & Chen, J., 2020, **A Novel Spectral Linear Transformation to Estimate Non-Photosynthetic Vegetation Coverage in North Asian Steppe**, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 43, PP. 221-225.
- Wilhite, D.A., 2000, **Drought as a Natural Hazard**, In: Wilhite, D.A. (Editor), Drought: A Global Assessment, Routledge, London.
- Yilmaz, M.T., Hunt Jr. E.R. & Jackson, T.J., 2008, **Remote Sensing of Vegetation Water Content from Equivalent Water Thickness Using Satellite Imagery**, Remote Sensing of Environment, 112(5), PP. 2514-2522.
- Zare Abianeh, H., Sabzi Paror, A.A., Maroufi, S., Qiami, F., Mir Masoudi, S.S. & Kazemi, A. 2014, **Meteorological Drought Analysis and Monitoring of Sistan & Baluchistan Region**, Environmental Science and Technology Quarterly, 17(1), PP. 49-61.



نیش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱
Vol.14, No. 4, Winter 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

103-118

Sensitivity of Vegetation Dryness Index (VDI) to Reflectance of Different Shortwave Infrared Bands in Arid and Semi-Arid Regions (Case Study: Sistan & Baluchestan Province)

Omidvar K.^{1*}, Nabavizadeh M.², Mazidi A.³, Ghaffarian Malmiri H.R.⁴, Mahmoudi P.⁵

1. Prof. of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University
2. Ph.D. Students, Dep. of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University
3. Associate Prof., Dep. of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University
4. Assistant Prof., Dep. of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University
5. Assistant Prof., Dep. of Natural Geography, Faculty of Geography and Environmental Planning, Sistan and Baluchestan University

Abstract

Drought monitoring is critical for early warning of drought hazard. This study is attempted to develop remote sensing drought monitoring index (VDI), based on Accuracy of different bands of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data MODIS, VDI focuses about the vegetation water stress.

Spectral studies have demonstrated that due to the large absorption by leaf water, shortwave infrared reflectance (SWIR) is negatively related to leaf water content. Being sensitive to leaf water content, SWIR is widely utilized to construct various remote-sensing indices for example VDI for reflecting vegetation water content. In this study, Vegetation Drought Index (VDI) was evaluated Based on the sensitivity rate to moisture by shortwave infrared reflectance bands SWIR 5 and 6 (VDI5 and VDI6). The data included the MODIS sensor images from Terra satellite in a period of nineteen years from 2000 to 2018 and Precipitation data are obtained from the Global Land Data Assimilation System (GLDAS), in Sistan & Balouchestan Province, Pearson correlation coefficient was used to evaluate the accuracy of the Drought spatial distribution maps calculated based on the two bands.

Results indicate high significant correlation rate between VDI6 and Precipitation data. Study also showed that shortwave infrared band 6 (SWIR) is more sensitive to agricultural drought than band 5, in Sistan and Baluchestan province. The study recommends to use VDI index with and 6 for better early detection and monitoring of agricultural drought in operational drought management programmes.

Keywords: Drought, VDI Vegetation Drought Index, SWIR Shortwave Infrared Bands, GLDAS Global Model Precipitation Data, Sistan & Baluchestan province.

* Correspondence Address: Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University, PO Box: 89195-741. Tel: 09132534532, 035-31232222
Email: komidvar@yazd.ac.ir