



سنجش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸
Vol.11, No. 2, Summer 2019

۶۲-۴۷

تأثیر پهنه‌بندی اقلیمی و ارتفاعی بر همبستگی شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور با داده بارشی و معرفی شاخص‌های محلی

حسین نیک‌پی^{۱*} و مهدی مؤمنی^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه نقشه برداری، دانشگاه اصفهان

۲. دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه نقشه برداری، دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۱۵

چکیده

خشکسالی پدیده مهم آب و هوایی است که می‌تواند بر اساس داده‌های حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های سنجش از دور پایش شود. روش‌های سنجش از دور، مزیت‌های نسبی قابل توجهی نسبت به سایر روش‌ها برای پایش خشکسالی ارائه کرده‌اند. همچنین شاخص‌های خشکسالی متعددی در سنجش از دور برای پایش خشکسالی ارائه شده است، اما هیچ یک از شاخص‌های متداول در سنجش از دور، تعمیم‌پذیری زمانی، اقلیمی و ارتفاعی ندارند و ضرورت دارد کیفیت عملکرد این شاخص‌ها ۱-در اقلیم‌ها، ۲-در پهنه بندی‌های ارتفاعی مورد بررسی قرار گیرد. این پژوهش، با اثبات این فرضیه، به تشخیص شاخص مناسب در هر اقلیم و پهنه ارتفاعی می‌پردازد و در هر منطقه، فصل مناسب جهت برآورد شاخص بررسی می‌شود. در این پژوهش، شاخص‌های خشکسالی VCI، VDI، TCI و TVDI با پارامتر LST، NDVI و EVI ارزیابی شده‌اند. برای بررسی اقلیمی و ارتفاعی شاخص‌ها، ابتدا در کل کشور و سپس در استان همدان پهنه بندی اقلیمی و ارتفاعی صورت گرفت و شاخص‌های خشکسالی برای اقلیم‌ها و ارتفاعات مختلف در دو شکل پیکسل-مبنا و شیء-مبنا (پلیگونی) محاسبه و با داده بارشی ماهواره TRMM مقایسه شد. عملکرد شاخص‌های خشکسالی با در نظر گرفتن نوع اقلیم، فصل اخذ داده، ارتفاع و وسعت منطقه جهت برآورد خشکسالی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج متعدد این تحقیق، عدم تعمیم‌پذیری همه شاخص‌ها را از نظر اقلیمی، ارتفاعی و زمانی نشان می‌دهد و به عنوان نمونه، در ارزیابی پیکسلی اقلیم گرم و خشک، بیشترین همبستگی بین شاخص VCI و داده بارشی در ماه خرداد با ضریب همبستگی ۰.۵۷ بوده و در ارزیابی همین منطقه بصورت شیء-مبنا شاخص VCI مقدار ۰.۶۷ محاسبه شد.

کلید واژه‌ها: خشکسالی، سنجش از دور، شاخص VCI، شاخص VDI، شاخص TCI، شاخص TVDI.

۱- مقدمه

افزایش دما و تغییرات الگوهای بارشی، منجر به تغییرات شدید آب‌وهوایی مانند خشکسالی می‌شود. خشکسالی، باعث کاهش رطوبت خاک، شده و پوشش گیاهی و محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بخشی از اقتصاد یک کشور و همچنین اقتصاد اقشاری از جامعه، متکی به کشاورزی سنتی است، بنابراین خشکسالی نه تنها بر اقتصاد کشور که بر معیشت افراد جامعه نیز تأثیر می‌گذارد [۱۷]. پایش خشکسالی از طریق ایستگاه‌های هواشناسی مانند ایستگاه‌های ثبت بارش ممکن است، اما این روش‌ها مشکلاتی از قبیل برآورد خشکسالی در مناطق محدود، دوره زمانی کوتاه و نامنظم دارد. از سنجش از دور برای پایش خشکسالی استفاده می‌شود و این پایش در مناطق وسیع و با هزینه‌های به مراتب کمتر از روش‌های دیگر صورت می‌پذیرد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و متغیرهای حاصل از این تصاویر (شاخص‌های پوشش گیاهی سنجش از دور و دمای سطح زمین) می‌توان در مناطق وسیع و در زمان‌های متمادی بر خشکسالی نظارت کرد. محققان زیادی از شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور استفاده کرده‌اند [۴، ۶، ۱۰]. یکی از مشکلات اصلی در استفاده از شاخص‌های سنجش از دور، برای برآورد خشکسالی این است که شاخص‌ها محلی نیستند، به عبارت دیگر هیچ یک از شاخص‌های خشکسالی نمی‌توانند همه جا (مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین مناطق با پوشش گیاهی کم و متراکم) استفاده شوند. در هنگام استفاده از این شاخص‌ها باید تراکم پوشش گیاهی، وسعت منطقه و فصل اخذ تصویر ماهواره لحاظ شود. برای مثال، زارعی و همکاران در سال ۲۰۱۳ از شاخص VCI^1 در منطقه ناهمگن (ایران) استفاده کردند و همبستگی بین شاخص و ایستگاه‌های ثبت بارش را مشاهده نکردند [۱۹]، همچنین دیپان ویتا و همکاران در سال ۲۰۱۵، از همان شاخص در شمال غرب هند (منطقه زیر

کشت) استفاده کرده و همبستگی بالایی بین شاخص VCI با شاخص بارش استاندارد (SPI)^۲ و محصولات دیمی گزارش کردند [۴]. رحیم زاده باجگیران و همکاران، همبستگی بین شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)^۳، شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و میزان بارش را نمایش داده، گرچه نتایج شاخص VCI ضعیف بوده، اما نتیجه گرفتند که از این شاخص‌ها می‌توان برای پایش خشکسالی در منطقه نیمه خشک سرد (شمال غرب ایران) استفاده نمود [۱۳]. رضایی مقدم و همکاران برای برآورد خشکسالی از شاخص VCI در ایران (تبریز) استفاده کرده و این شاخص را مدل مناسب، برای پایش خشکسالی در مناطق کشاورزی دانستند [۱۵]. خلیل و همکاران نشان دادند به وسیله شاخص NDVI، TCI^۴ و VCI می‌توان خشکسالی مناطق را با میانگین بارش سالانه کم برآورد کرد. در سال‌هایی که خشکی بود، شاخص‌ها، خشکسالی مناطق کشاورزی را نمایش دادند [۷]. گائو و همکاران نیز با استفاده از تصاویر لندست نتیجه گرفتند که شاخص $TVDI^5$ برای پایش خشکسالی خفیف و نرمال مناسب بوده و برای پایش خشکسالی شدید، استفاده از این شاخص توصیه نمی‌شود [۴]. یوان و همکاران با استفاده از تصاویر و محصولات سنجنده مودیس^۶ (شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین) در جنوب چین به نتیجه رسیدند که شاخص $MTVDI$ (همان شاخص $TVDI$ که بجای NDVI از EVI^7 استفاده شده است) می‌تواند بهتر از شاخص $TVDI$ عمل کند و همچنین یک شاخص قوی برای پیش‌بینی خشکسالی (کشاورزی) در جنوب چین، منطقه‌ای با

1. Vegetation Condition Index
2. Standard Precipitation Index
3. Normalized Difference Vegetation Index
4. Temperature Condition Index
5. Temperature Vegetation Dryness Index
6. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)
7. Enhanced Vegetation Index

درجه الی ۶۰ درجه طول شرقی مورد مطالعه قرار گرفت. ایران از نظر آب و هوایی در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود که میزان متوسط بارندگی سالانه آن ۲۵۵ میلی‌متر است، این در حالیست که میزان متوسط بارندگی در جهان ۸۰۰ میلی‌متر در سال است. ایران اقلیم‌های متنوعی در فصل‌های مختلف دارد اما به‌طور کلی و متوسط بارندگی به پنج اقلیم کویر، گرم و خشک، گرم و مرطوب، سرد و اقلیم معتدل و بارانی (شکل ۱) تقسیم بندی می‌شود. در این مطالعه ارزیابی خشکسالی چهار اقلیم کویر، گرم و خشک، معتدل و سرد و مقایسه آن با داده بارشی انجام شده است. استان همدان نیز واقع در غرب ایران با مختصات ۳۴ درجه و ۶ دقیقه الی ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه الی ۴۹ درجه و ۲۱ دقیقه طول جغرافیایی در این مطالعه به‌صورت جداگانه بررسی شده است. میزان بارندگی در این استان، به طور متوسط ۴۶۵ میلی‌متر در سال است و برای ارزیابی خشکسالی در این منطقه، این استان به سه قسمت ارتفاعی ۱۷۰۰ الی ۱۸۰۰ متر (رنگ مشکی)، ۱۸۰۰ الی ۲۰۰۰ متر (طوسی) و ۲۰۰۰ الی ۳۰۰۰ متر (سفید) تقسیم شد (شکل ۱).

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

۲-۲-۱- داده‌ی بارشی

یکی از داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، داده بارشی ماهواره TRMM^۲ محصول مشترک کشورهای ژاپن و آمریکا است که در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. محصولات آن از عرض جغرافیایی، ۵۰ درجه جنوبی تا ۵۰ درجه شمالی ارائه می‌شود. بر طبق اطلاعات ارائه شده از طرف ناسا در سال ۲۰۰۱، توان تفکیک مکانی در ثبت بارش‌ها حداقل ۰/۲۵*۰/۲۵ درجه و حداکثر ۵*۵ درجه است. بارندگی به‌صورت

پوشش گیاهی متراکم است [۱۸]. همچنین در ایران، برآورد خشکسالی در منطقه نیمه خشک زنجان با استفاده از دو شاخص VDI^۱ و TVDI توسط رحیم زاده باجگیران و همکاران صورت گرفت که در نتایج این تحقیق، رابطه بین رطوبت خاک و TVDI معنی‌دار، گزارش شد، اما شاخص VDI برای برآورد خشکسالی در این نوع منطقه (نیمه خشک) مناسب نبوده و همبستگی بین این شاخص و رطوبت خاک و میزان بارش وجود نداشت، آنها همچنین نمایش دادند که رابطه قوی بین iTVDI (شاخص بهبود یافته TVDI به عبارتی ترکیب دمای هوا و مدل ارتفاعی زمین (DEM)) و رطوبت خاک و بارش وجود دارد [۱۴]. بنابراین مشکلات استفاده از شاخص‌های سنجش از دور، جهت برآورد خشکسالی در عناوین زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- ۱- نادیده گرفتن اقلیم منطقه در برآورد شاخص‌های خشکسالی
- ۲- نادیده گرفتن فصل اخذ تصویر ماهواره‌ای در محاسبه شاخص‌ها
- ۳- عدم لحاظ ارتفاع و وسعت منطقه در برآورد شاخص‌ها

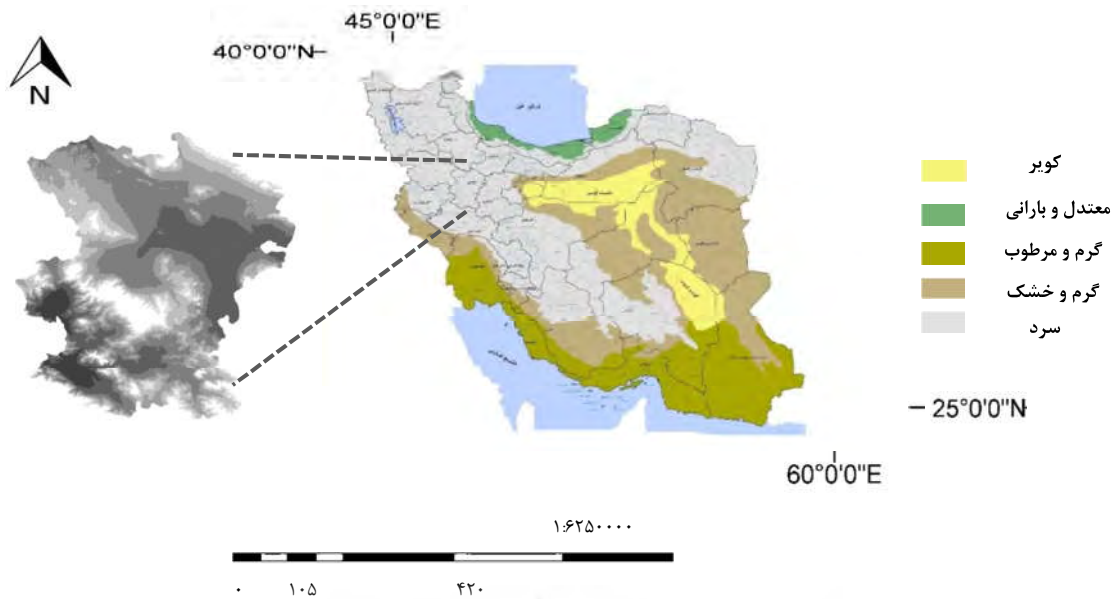
در این مقاله ابتدا کشور ایران و استان همدان، پهنه بندی اقلیمی و ارتفاعی شد و سپس شاخص‌های خشکسالی در تمامی ماه‌های سال در اقلیم‌های متنوع و ارتفاعات مختلف بصورت پیکسل‌مبنا (پیکسلی) و شی‌مبنا (پلیگونی) برآورد شده و با داده بارشی مقایسه شدند. با استفاده از ضرایب همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و داده بارشی، بهترین فصل و مناسب‌ترین شاخص، برای هر کدام از مناطق مورد مطالعه جهت برآورد خشکسالی انتخاب شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مناطق مورد مطالعه

در این تحقیق، کشور ایران با مختصات جغرافیایی در حدود ۲۵ درجه الی ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۵

1. Vegetation Dryness Index
2. Tropical Rainfall Measuring Mission



نقشه پهنه بندی اقلیمی ایران (با مقیاس سمت راست) و نقشه ارتفاعی استان همدان (سمت چپ)

کرده و استفاده از آن را مناسب دانست [۳]. به دلیل وجود باند آبی در این شاخص و همچنین ضرایب اصلاح خاک، در مقابل تحریف‌های نور بازتاب شده ناشی از ذرات معلق در هوا (آیروسول) و اشباع، شاخص عملکرد قوی نسبت به شاخص NDVI داشته است [۲]. عملکرد شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور هر کدام با ورودی‌های مختلف شاخص پوشش گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که تصاویر پوشش گیاهی و دمای سطح زمین پس از اخذ از فرمت سینوسی^۲ (sinsoidal) به فرمت UTM تبدیل شدند.

۲-۳- شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور

۲-۳-۱- شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)

شاخص VCI توسط کوگان در سال ۱۹۹۵ به دلیل وجود مشکلات شاخص NDVI در برآورد پوشش گیاهی در شرایط مختلف آب و هوایی پیشنهاد شده است [۸]. این شاخص با استفاده از مقادیر حداقل و

مقادیر تجمعی از سنجنده 3B43، سایت ناسا ماهیانه دریافت شد و بصورت محلی و منطقه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. داده‌ها برای چهار اقلیم ایران، از ژانویه ۲۰۰۲ تا دسامبر ۲۰۱۵ دریافت شده، همچنین برای استان همدان، جداگانه بارش تجمعی ماهیانه کل استان و در ارتفاعات مختلف اخذ شد.

۲-۲-۲- داده‌های سنجش از دور

در این پژوهش، از محصولات دمایی و پوشش گیاهی سنجنده مودیس بر روی سکو آکووا^۱ استفاده شد. دمای سطح زمین به صورت روزانه از سال ۲۰۰۳ تا اواخر سال ۲۰۱۵ دریافت شد که شانزدهمین روز ماه برای شاخص‌های خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. محصول گیاهی مورد استفاده شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص توسعه یافته گیاهی (EVI) با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر و اولین روز هر ماه از سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۵ دریافت شد. بنیامین برد شاخص EVI را برای ارزیابی خشکسالی در مناطق متراکم جنگل‌های استوایی اثبات

1. Aqua
2. sinusoidal

WSVI_{max} و WSVI_{min} مقادیر حداقل و حداکثر وضعیت آب گیاه در دوره زمانی مشخص هستند. در شاخص VDI نیز مانند شاخص VCI عدد کم نماینده خشکی گیاه و خشکسالی و عدد بالا نشان دهنده عدم خشکسالی است.

۲-۳-۳- شاخص شرایط دمایی (TCI):

TCI، برای حذف اثرات ناشی از ابر در محاسبه پوشش گیاهی توسط کوگان در سال ۱۹۹۷ پیشنهاد شده است. اساس فرمول این شاخص از الگوریتم شاخص شرایط گیاهی (VCI) گرفته شده [۹] و از دمای روشنائی سنجنده (BT)^۲ محاسبه می‌شود. در این مطالعه، به جای دمای روشنائی از دمای سطح زمین استفاده شد. شاخص TCI برای اقلیم کویر و در مناطق و فصل‌هایی که پوشش گیاهی در آن ضعیف است جهت ارزیابی خشکسالی مناسب بوده و بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$TCI = \frac{BT_{max} - BT_i}{BT_{max} - BT_{min}} * 100 \quad (۴)$$

که در آن BT_{max} و BT_{min} حداقل و حداکثر دمای روشنائی سنجنده و BT_i دمای ثبت شده روشنائی در دوره زمانی مشخص است. TCI پایین، نشان دهنده آب و هوای گرم و مقدار TCI بالا نماینده آب و هوای معتدل و سرد است [۱].

۲-۳-۴- شاخص خشکی گیاه و دما (TVDI):

گوتز، در سال ۱۹۹۷ رابطه منفی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی برای شناسایی استرس گیاه گزارش کرد [۵]. اگر منطقه‌ای دارای پوشش گیاهی غنی و متوسط، همچنین فاقد گیاه باشد، شکل مثلث و یا دوزنقه‌ای در فضای دو بعدی (دمای سطح و پوشش گیاهی) تشکیل می‌شود. برای شناسایی رطوبت خاک شاخص TVDI توسط سندهولت به این صورت تعریف شد [۱۶]:

$$TVDI = \frac{LST_i - TS_{min}}{(a+b(NDVI_i)) - TS_{min}} * 100 \quad (۵)$$

حداکثر NDVI یک منطقه در دوره زمانی مشخص محاسبه می‌شود. رابطه شاخص VCI بصورت زیر است:

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100 \quad (۱)$$

که در آن NDVI_i مقادیر NDVI پیکسل در دوره زمانی و مکان مشخص است. NDVI_{max} و NDVI_{min} حداقل و حداکثر مقدار NDVI یک منطقه مشخص در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۵ است (در این مطالعه). هر چه مقدار شاخص به یک نزدیک‌تر باشد وضعیت خوب و معتدل پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و هرچه به صفر میل کند، وضعیت خشکی گیاه و خشکسالی را گزارش می‌کند. شاخص VCI در شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی مختلف نتایج بهتری نسبت به NDVI نمایش داده است.

۲-۳-۲- شاخص خشکی پوشش گیاهی (VDI)

مکی و همکاران در سال ۲۰۰۴، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و دما را از ایده موران و همکاران گرفته [۱۲] و شاخص VDI را برای تخمین رطوبت استفاده کردند [۱۱]. VDI شاخصی است که پوشش گیاهی و دمای سطح منطقه را در نظر می‌گیرد، با توجه به تعریف و رابطه این شاخص مناطقی که دارای پوشش گیاهی فقیری هستند و تغییرات دمایی زیادی در آن وجود دارد، شاخص VDI جهت ارزیابی خشکسالی در این نوع منطقه و اقلیم مناسب است. ابتدا وضعیت آبی گیاه (WSVI)^۱ را با استفاده از شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین (LST) محاسبه کرده و سپس شاخص خشکی گیاه از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$WSVI = \frac{NDVI_i}{LST_i} \quad (۲)$$

که در آن NDVI_i و LST_i پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برای یک منطقه خاص است.

$$VDI = \frac{WSVI_i - WSVI_{min}}{WSVI_{max} - WSVI_{min}} * 100 \quad (۳)$$

WSVI_i وضعیت آبی گیاه در مکان خاص و

1. Water Surplus Vegetation Index
2. Brightness temperature

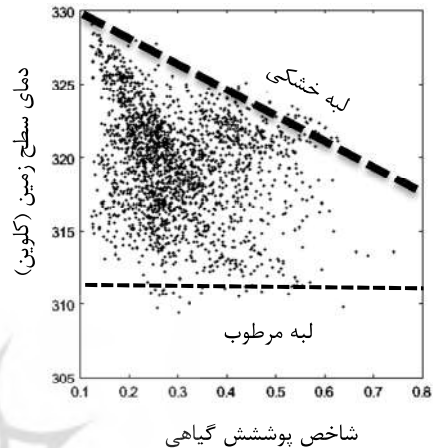
در منطقه (پلیگون) میان‌گیری صورت گرفت. برای برآورد ضریب همبستگی بین داده بارشی با شاخص‌های خشکسالی، ابتدا میزان بارندگی تجمعی یک سال قبل هر ماه از داده بارشی ماهواره TRMM دریافت شد و سپس با شاخص‌های خشکسالی محاسبه شده در ماه‌های مختلف همبستگی بین آن‌ها محاسبه شد. در این تحقیق عملکرد شاخص‌های خشکسالی مورد ارزیابی قرار گرفته و در فصل‌های مختلف و اقلیم‌های متنوع بررسی شدند و در جداول پایین نمایش داده شده‌اند. در استان گیلان با پوشش گیاهی مترکم در ماه خرداد و مرداد شاخص VDI و VCI با ورودی EVI بیشترین همبستگی را با داده بارشی نسبت به شاخص‌ها و ماه‌های دیگر ارائه کردند (جدول ۳). در استان همدان به دلیل سرد بودن منطقه شاخص‌های خشکسالی در تابستان بیشترین همبستگی را با داده بارشی نمایش دادند. به دلیل عدم پوشش گیاهی در اقلیم کویر شاخص‌های VCI و VDI همبستگی منفی و پایین با داده بارشی گزارش کردند (جدول ۱). در ارزیابی شاخص TVDI هر چه منطقه وسیع‌تری انتخاب شود، نقاط در فضای دو بعدی بصورت دوزنقه‌ای یا مثلثی تشکیل می‌شود و شاخص TVDI مقادیر واقعی‌تری را نشان می‌دهد، همچنین به مقادیر دما و پوشش گیاهی نیز وابسته است. در این تحقیق شاخص TVDI در استان ایلام، همبستگی بالای ۵۰ درصدی در فصل تابستان گزارش کرد (جدول ۷).

۳-۱- بررسی پیکسلی رابطه شاخص‌های خشکسالی و داده بارشی ماهواره TRMM در

چهار اقلیم

شاخص‌های VCI و VDI با دو ورودی شاخص گیاهی NDVI و EVI، همچنین شاخص TCI برای چهار اقلیم در سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۵ و جداگانه برای همه ماه‌های سال محاسبه شد و مقادیر شاخص‌ها با میزان بارش تجمعی ماهیانه (داده TRMM) مقایسه شده و ضریب همبستگی آن بدست آمد. ضریب همبستگی بالا،

که در آن LST_i دمای سطح زمین و $NDVI_i$ پوشش گیاهی مربوط به مکان و زمان مشخص و TS_{min} حداقل دمای سطح زمین در فضای دوبعدی است. a و b ضرایب معادله خطی لبه خشکی هستند که a عرض از مبداء و b شیب خط لبه خشکی است.



مقدار صفر شاخص TVDI، نشان دهنده شرایط مرطوب و معرف عدم محدودیت منابع آب و مقدار یک معرف شرایط خشکی است [۲]. برای محاسبه شاخص TDVI فضای دو بعدی پوشش گیاهی و دما برای یک منطقه خاص و در دوره زمانی دراز مدت یا کوتاه مدت ترسیم می‌شود. همچنین این نوع شاخص برای ارزیابی خشکسالی مناطق وسیع کاربرد دارد و در مناطق کوچک به دلیل عدم تشکیل پراکندگی نقاط بصورت دوزنقه‌ای در فضای دو بعدی، استفاده از آن توصیه نمی‌شود.

۳- نتایج و بحث

از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵، به صورت پیکسل مبنای شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور برای چهار نوع اقلیم ایران و به طور شئی مبنای دو نوع اقلیم ارزیابی شدند. همچنین خشکسالی استان همدان به طور جداگانه در سه محدوده ارتفاعی بصورت پیکسلی بررسی شد. شاخص‌هایی که در این پژوهش به صورت شئی مبنای ارزیابی شدند، از کل مقادیر پیکسلی موجود

جدول ۱. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی برای اقلیم کویر (استان سمنان)

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	۰.۱۶۲۰	۰.۰۸۸۳	۰.۱۵۲۰	۰.۰۸۱۲	-۰.۰۹۵۰
بهمن	-۰.۳۰۲۶	-۰.۱۵۰۵	-۰.۲۹۹۰	-۰.۱۴۱۳	۰.۰۸۸۳
اسفند	-۰.۵۵۶۷	-۰.۵۶۶۷	-۰.۵۴۱۲	-۰.۵۵۲۵	۰.۱۸۵۵
فروردین	۱۷۱۰٫۰	۰.۰۳۶۵	۰.۱۶۱۷	۰.۰۲۶۱	-۰.۲۲۳۴
اردیبهشت	۳۰۰۲٫۰	۰.۰۷۶۵	۰.۳۱۳۵	۰.۰۸۸۳	۰.۱۶۷۵
خرداد	-۰.۳۳۱۱	۰.۱۵۱۶	-۰.۲۸۱۶	۰.۱۹۸۱	۰.۲۴۷۲
تیر	-۰.۰۴۰۰	-۰.۳۷۱۷	-۰.۰۵۰۱	-۰.۳۸۳۰	-۰.۱۶۸۵
مرداد	-۰.۳۱۸۹	-۰.۴۱۵۰	-۰.۲۸۱۷	-۰.۳۶۴۳	۰.۴۱۳۵
شهریور	-۰.۰۵۰۵	-۰.۴۱۶۳	-۰.۰۲۱۵	-۰.۳۸۵۷	۰.۵۳۲۳
مهر	-۰.۰۸۶۳	-۰.۱۳۰۸	-۰.۰۲۸۹	-۰.۰۴۷۱	۰.۵۸۴۶
آبان	۳۴۸۷٫۰	۰.۱۶۶۱	۰.۳۸۸۸	۰.۲۲۶۶	۰.۳۵۲۱
آذر	۱۵۸۷٫۰	۰.۰۷۳۵	۰.۱۵۲۷	۰.۰۶۹۵	۰.۰۴۴۷

جدول ۲. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی برای اقلیم گرم و خشک (استان ایلام)

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	-۰.۵۶۱۳	-۰.۳۰۹۵	-۰.۵۵۴۳	-۰.۲۹۵۶	۰.۳۳۹۱
بهمن	-۰.۰۱۰۰	-۰.۲۷۶۴	-۰.۰۳۴۳	-۰.۲۶۰۹	-۰.۲۳۲۷
اسفند	-۰.۲۱۰۷	-۰.۲۶۵۸	-۰.۲۱۰۲	-۰.۲۶۵۹	۰.۰۵۵۶
فروردین	-۰.۰۰۰۷	۰.۱۲۰۰	۰.۰۰۷۳	۰.۱۲۹۴	۰.۰۷۹۵
اردیبهشت	۰.۵۵۳۰	۰.۴۵۰۵	۰.۵۶۷۴	۰.۴۷۲۴	۰.۵۴۵۲
خرداد	۰.۵۷۴۲	۰.۴۲۸۶	۰.۵۴۸۰	۰.۴۰۶۵	-۰.۲۷۷۴
تیر	۰.۵۲۶۵	۰.۴۳۱۲	۰.۵۲۰۱	۰.۴۲۴۱	-۰.۰۶۶۶
مرداد	۰.۴۰۹۷	۰.۵۳۶۴	۰.۴۴۵۶	۰.۵۵۸۸	۰.۳۱۱۴
شهریور	۰.۳۱۷۳	۰.۳۷۵۰	۰.۳۰۰۳	۰.۳۴۴۷	-۰.۳۷۵۸
مهر	۰.۱۱۴۴	۰.۲۰۵۸	۰.۱۴۲۴	۰.۲۴۰۰	۰.۳۲۰۵
آبان	۰.۰۵۷۱	۰.۳۷۶۶	۰.۰۶۱۹	۰.۳۷۴۴	۰.۰۲۹۷
آذر	-۰.۳۹۰۵	-۰.۲۷۱۱	-۰.۳۹۶۰	-۰.۲۷۴۰	-۰.۰۱۸۲

تأثیر پهنه‌بندی اقلیمی و ارتفاعی بر همبستگی شاخص‌های خشکسالی ...

جدول ۳. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی برای اقلیم معتدل و بارانی (استان گیلان)

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	-۰.۱۰۳۲	-۰.۳۸۱۳	-۰.۰۲۳۱	-۰.۳۸۲۸	۰.۰۸۴۶
بهمن	-۰.۲۳۶۸	-۰.۲۵۴۴	-۰.۲۳۶۰	-۰.۲۴۹۶	۰.۱۱۶۷
اسفند	-۰.۳۵۳۷	-۰.۳۹۳۴	-۰.۲۶۴۴	-۰.۳۱۸۰	۰.۵۷۸۱
فروردین	-۰.۲۸۴۳	-۰.۰۷۸۴	-۰.۲۸۶۲	-۰.۰۷۹۰	۰.۰۹۵۰
اردیبهشت	۰.۰۹۳۷	۰.۱۳۶۹	۰.۱۱۱۵	۰.۱۵۷۰	۰.۲۳۳۳
خرداد	۰.۳۴۱۳	۰.۶۰۱۶	۰.۳۱۵۶	۰.۵۹۸۴	-۰.۰۵۸۵
تیر	۰.۰۴۶۷	۰.۳۵۱۷	۰.۰۳۹۷	۰.۳۲۸۵	-۰.۰۴۳۶
مرداد	۰.۳۶۲۶	۰.۶۱۳۸	۰.۳۴۹۸	۰.۶۱۶۳	۰.۱۱۳۹
شهریور	۰.۳۳۴۹	۰.۰۸۶۳	۰.۳۴۱۱	۰.۰۹۳۷	۰.۱۵۸۲
مهر	-۰.۰۳۷۸	-۰.۳۸۸۸	-۰.۰۱۴۷	-۰.۳۸۷۹	۰.۱۷۲۰
آبان	-۰.۰۸۹۸	۰.۰۴۱۵	-۰.۰۹۰۰	۰.۰۴۳۱	-۰.۰۸۶۳
آذر	-۰.۱۳۹۱	-۰.۳۸۱۴	-۰.۱۰۶۷	-۰.۳۳۷۷	۰.۳۱۷۶

جدول ۴. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی برای اقلیم سرد و خشک (استان همدان)

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	۰.۱۸۰۳	-۰.۱۳۹۸	-۰.۲۰۵۴	-۰.۱۵۹۸	-۰.۱۱۱۲
بهمن	-۰.۶۱۶۷	-۰.۰۵۱۹	-۰.۶۱۵۳	-۰.۰۴۷۰	۰.۰۷۸۳
اسفند	۰.۰۴۰۰	۰.۰۲۶۲	۰.۰۲۷۵	۰.۰۱۴۵	-۰.۲۲۰۴
فروردین	-۰.۴۱۵۹	-۰.۳۸۱۲	-۰.۴۳۰۵	-۰.۳۹۵۰	-۰.۰۵۹۸
اردیبهشت	-۰.۲۵۳۶	-۰.۱۵۱۱	-۰.۲۱۰۹	-۰.۱۰۹۹	۰.۴۸۰۲
خرداد	-۰.۰۴۰۳	-۰.۰۸۷۸	-۰.۰۳۳۰	-۰.۰۸۱۶	۰.۰۶۷۷
تیر	۰.۲۷۱۰	۰.۱۳۸۷	۰.۲۵۱۸	۰.۱۱۷۳	-۰.۱۲۹۹
مرداد	۰.۵۵۶۳	۰.۵۸۰۳	۰.۵۷۱۲	۰.۵۸۸۵	۰.۵۷۲۷
شهریور	۰.۰۱۰۷	۰.۰۵۱۲	-۰.۰۲۱۹	-۰.۰۱۹۵	-۰.۳۲۶۸
مهر	۰.۱۷۰۲	-۰.۱۱۶۲	۰.۱۵۷۶	-۰.۰۹۶۴	۰.۰۵۰۴
آبان	-۰.۲۰۰۹	-۰.۲۵۸۳	-۰.۲۴۷۳	-۰.۲۸۱۳	-۰.۲۳۰۱
آذر	-۰.۴۹۸۸	-۰.۲۲۱۸	-۰.۵۱۵۸	-۰.۲۴۵۸	-۰.۲۱۵۶

(با ورودی شاخص EVI) عدد صفر گزارش کرد و بیشترین بارندگی مربوط به سال ۲۰۰۷ بود (۵۷۷.۶۵ میلی متر) که عدد شاخص ۶۲.۷۴ نمایش داد (جدول ۳). شاخص خشکسالی VCI و VDI که از ورودی EVI استفاده شده بود، نسبت به شاخص با ورودی NDVI برآورد بهتری داشت. برای ارزیابی خشکسالی، در این نوع منطقه به دلیل تراکم پوشش گیاهی بالا استفاده از شاخص EVI توصیه می‌شود. همچنین فصل بهار و تابستان جهت برآورد شاخص‌های VCI و VDI در این نوع منطقه مناسب هستند. شاخص‌های VCI، VDI و TCI در ماه دوم فصل تابستان در اقلیم سرد (استان همدان) بیشترین همبستگی را با داده بارشی داشتند و شاخص‌ها بهترین عملکرد خود را در این فصل نمایش دادند. لازم به ذکر است که شاخص TCI نیز در فصل بهار (اردیبهشت) ضریب همبستگی بالایی گزارش کرده و در برآورد خشکسالی در این نوع اقلیم و در فصل بهار شاخص TCI عملکرد قابل قبولی دارد (جدول ۴). در اقلیم سرد ضریب همبستگی شاخص VCI و VDI در فصل بهار منفی است، در حالی که در اقلیم گرم و خشک در این فصل شاخص‌ها بهترین عملکرد خود را نشان دادند، زیرا در اقلیم گرم و خشک دمای هوا نسبت به اقلیم سرد در این فصل افزایش یافته و پوشش گیاهی زودتر رشد می‌کند. با کاهش دما و پوشش گیاهی در فصل پاییز ضریب همبستگی در سه اقلیم گرم و خشک، معتدل و سرد بصورت منفی و پایین گزارش شد.

۳-۲- بررسی پیکسلی رابطه بین شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور و داده بارشی TRMM در سه محدوده ارتفاعی اقلیم سرد (استان همدان)
شاخص‌های VCI و VDI با ورودی شاخص NDVI بیشترین همبستگی را با داده بارشی در منطقه کم ارتفاع (۱۷۰۰ الی ۱۸۰۰ متر) در ماه شهریور گزارش کردند، این منطقه دارای پوشش گیاهی ضعیفی است و همچنین شاخص TCI در ماه فروردین همبستگی

نشان دهنده ارتباط قوی بین میزان بارندگی یک سال قبل با مقدار شاخص محاسبه شده است. با توجه به جداول بالا، ضریب همبستگی شاخص‌ها با داده بارشی در فصل زمستان و پاییز به صورت منفی و زیر ۵۰ درصد گزارش شده است، از دلایل منفی بودن ضریب همبستگی در این دو فصل می‌توان به عدم وجود پوشش گیاهی، دمای پایین و منفی هوا و همچنین وجود برف در مناطق اشاره کرد. هرچه به فصل رویش گیاه و دمای معتدل و گرم نزدیک می‌شویم، ضریب همبستگی شاخص‌ها با داده بارشی افزایش یافته و در فصل تابستان بیشترین همبستگی برای شاخص‌ها مشاهده می‌شود. در اقلیم کویر، ضریب همبستگی شاخص‌های VCI و VDI منفی و پایین گزارش شده است و این به دلیل عدم پوشش گیاهی در این منطقه است. شاخصی که برای اقلیم کویر، بیشترین همبستگی بین میزان بارندگی و شاخص‌ها را گزارش کرد، شاخص TCI در ماه مهر و شهریور است، برای مثال در سال ۲۰۰۵ حداقل بارندگی در کویر ثبت شده است (۱۰۱.۲۴) و عدد شاخص TCI، ۱۱ درصد محاسبه شد، در سال ۲۰۰۹ نیز عدد شاخص ۷۹.۸۶ بدست آمده و مقدار بارندگی در این سال حداکثر بود (۲۰۰.۴۵). در ارزیابی خشکسالی در اقلیم کویر شاخص TCI عملکرد قابل قبولی نسبت به شاخص‌های VCI و VDI نمایش داد. در اقلیم گرم و خشک (استان ایلام) ضریب همبستگی بین شاخص‌های VCI و VDI با ورودی شاخص NDVI و داده بارش، بیشترین مقدار را در ماه اردیبهشت و خرداد گزارش می‌کند، این در حالی است که در ماه مرداد، شاخص‌ها با ورودی شاخص EVI بیشترین همبستگی را با داده بارشی گزارش کردند.

در اقلیم معتدل، شاخص‌های خشکسالی با ورودی داده EVI بیشترین همبستگی را با داده بارشی دارند. برای مثال شاخص VDI با ورودی شاخص EVI برای مرداد ماه میزان همبستگی ۰.۶۱۶۳ را نمایش داد، به عبارت دیگر در این منطقه کمترین میزان بارندگی در سال ۲۰۰۸ بوده (۳۰۰.۷۵ میلی متر) و شاخص VDI

نمایش دادند. اما شاخص دمایی (TCI) در ماه مرداد ضریب همبستگی ۵۳ درصد گزارش کرد (جدول ۷). مناطقی که دارای پوشش گیاهی متوسط و متراکمی هستند، شاخص‌های VCI و VDI معمولاً بیشترین همبستگی را با داده بارشی دارند اما مناطقی که فاقد پوشش گیاهی بوده و یا دارای پوشش گیاهی ضعیفی هستند، شاخص شرایط دمایی ضریب همبستگی بالای ۵۰ درصد گزارش می‌کند، همچنین در مناطق و ماه‌هایی که ضریب همبستگی شاخص TCI با داده بارشی زیاد است همبستگی شاخص VDI با داده بارشی نیز نسبت به شاخص VCI بیشتر است (ماه مرداد جدول ۷).

۰.۴۱۱۲ نشان داد (جدول ۵). با توجه به جداول بالا ضریب همبستگی شاخص‌ها با ورودی شاخص گیاهی NDVI بیش از شاخص‌هایی است که از شاخص گیاهی EVI استفاده شده است و دلیل برتری این شاخص‌ها این است که مناطق دارای پوشش گیاهی ضعیف (منطقه کم ارتفاع) و متوسط (محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ الی ۲۰۰۰) می‌باشند همچنین شاخص‌های VCI و VDI مقادیر یکسانی ارائه کرده و تفاوت ناچیزی باهم داشتند. ارزیابی شاخص‌ها در منطقه کوهستانی به دلیل پوشش گیاهی ضعیف و وجود صخره‌های سنگی در منطقه، شاخص‌های VCI و VDI در همه ماه‌ها همبستگی زیر ۵۰ درصد و یا منفی با داده بارشی

جدول ۵. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی در محدوده ارتفاعی ۱۷۰۰ الی ۱۸۰۰ استان همدان

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	-۰.۲۱۴۴	-۰.۲۶۲۳	-۰.۲۴۱۳	-۰.۲۸۵۷	-۰.۲۵۱۸
بهمن	۰.۰۰۸۷	-۰.۲۱۰۶	۰.۰۰۸۵	-۰.۲۲۴۵	-۰.۰۰۵۶
اسفند	-۰.۱۳۱۵	-۰.۰۷۰۷	-۰.۱۰۷۹	-۰.۰۵۰۸	۰.۲۸۵۷
فروردین	-۰.۱۳۲۹	-۰.۱۳۵۷	-۰.۱۱۷۳	-۰.۱۲۰۱	۰.۴۱۲۲
اردیبهشت	-۰.۲۳۲۸	-۰.۱۷۸۳	-۰.۲۳۴۱	-۰.۱۸۱۵	۰.۰۲۹۱
خرداد	-۰.۱۳۰۳	۰.۱۵۷۶	۰.۱۳۲۲	۰.۱۵۹۴	۰.۲۱۷۳
تیر	-۰.۰۱۴۴	۰.۲۶۰۰	-۰.۰۰۰۷	۰.۲۸۹۹	۰.۳۵۵۱
مرداد	۰.۲۷۴۷	۰.۳۳۵۱	۰.۲۶۱۸	۰.۳۲۲۲	-۰.۰۹۴۳
شهریور	۰.۶۶۱۶	۰.۵۷۶۷	۰.۶۵۳۳	۰.۵۵۷۸	-۰.۱۳۵۹
مهر	۰.۲۵۶۱	-۰.۰۲۸۳	۰.۲۲۲۴	-۰.۰۷۹۲	-۰.۲۴۰۳
آبان	۰.۲۸۹۶	۰.۱۰۲۳	۰.۲۱۵۶	۰.۰۳۷۰	-۰.۳۳۴۰
آذر	۰.۴۹۶۰	-۰.۳۵۳۵	-۰.۴۹۹۶	-۰.۳۷۶۶	-۰.۰۶۵۸

جدول ۶. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی در محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ الی ۲۰۰۰ استان همدان

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	۰,۰۰۹۷	-۰,۱۱۶۹	۰,۰۳۶۱	-۰,۰۹۱۰	۰,۲۸۴۴
بهمن	۰,۰۴۷۶	-۰,۱۶۲۰	۰,۰۴۵۶	-۰,۱۶۸۰	-۰,۰۶۶۲
اسفند	۰,۰۳۱۰	-۰,۰۴۲۹	۰,۰۲۱۷	-۰,۰۵۰۹	-۰,۲۳۶۷
فروردین	-۰,۳۳۹۶	-۰,۳۵۳۵	-۰,۳۳۲۲	-۰,۳۵۰۸	۰,۰۷۱۷
اردیبهشت	-۰,۲۹۱۲	۰,۱۲۶۰	-۰,۲۳۶۴	۰,۱۸۶۶	۰,۶۳۷۶
خرداد	۰,۲۷۳۶	۰,۰۱۰۶	۰,۲۷۹۳	۰,۰۱۵۲	۰,۱۰۰۶
تیر	۰,۵۰۳۹	۰,۴۳۴۷	۰,۴۸۴۷	۰,۴۱۲	-۰,۳۰۹۲
مرداد	۰,۶۴۱۴	۰,۵۴۲۹	۰,۶۵۷۰	۰,۵۶۷۶	۰,۵۳۵۴
شهریور	۰,۴۸۳۲	۰,۴۰۸۹	۰,۴۷۱۳	۰,۳۸۸۴	-۰,۲۷۳۸
مهر	۰,۲۸۰۱	۰,۲۰۹۷	۰,۲۸۹۴	۰,۲۱۳۸	۰,۰۹۵۵
آبان	۰,۰۱۴۲	-۰,۱۲۱۱	-۰,۰۱۳۷	-۰,۱۳۶۶	-۰,۱۹۵۷
آذر	-۰,۱۰۷۶	۰,۰۶۸۱	-۰,۱۰۸۷	۰,۰۶۹۱	۰,۰۶۲۱

جدول ۷. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی در محدوده ارتفاعی ۲۰۰۰ الی ۳۰۰۰ استان همدان

محاسبه شاخص‌ها	VCI_{NDVI}	VCI_{EVI}	VDI_{NDVI}	VDI_{EVI}	TCI
دی	-۰,۴۴۵۵	-۰,۴۶۳۹	-۰,۴۰۲۶	-۰,۴۲۳۶	-۰,۲۱۴۷
بهمن	-۰,۴۶۸۲	۰,۴۰۲۷	-۰,۴۵۱۱	-۰,۳۹۸۵	-۰,۲۰۳۶
اسفند	-۰,۳۲۲۱	-۰,۳۶۲۵	-۰,۳۲۶۸	-۰,۳۶۶۶	۰,۱۲۴۳
فروردین	-۰,۱۴۴۵	-۰,۰۷۷۶	-۰,۱۴۶۸	-۰,۰۷۹۶	۰,۰۷۴۸
اردیبهشت	-۰,۰۴۵۰	-۰,۰۰۰۸	-۰,۰۲۵۹	۰,۰۱۶	۰,۲۶۵۴
خرداد	-۰,۲۷۰۷	-۰,۰۱۴۵	-۰,۲۰۳۴	-۰,۰۷۰۳	-۰,۲۲۸۸
تیر	۰,۳۷۵۵	۰,۲۵۴۵	۰,۳۵۱۶	۰,۲۳۲۷	-۰,۳۲۹۸
مرداد	۰,۳۸۶۶	۰,۳۱۱۸	۰,۴۰۹۴	۰,۳۴۴۲	۰,۵۳۸۳
شهریور	-۰,۰۲۶۲	-۰,۳۱۵۲	-۰,۰۶۰۸	-۰,۳۴۶۷	-۰,۳۲۳۹
مهر	۰,۱۰۸۱	-۰,۱۰۲۸	۰,۱۳۵۷	-۰,۰۷۸۲	۰,۱۵۳۳
آبان	۰,۱۳۵۸	۰,۱۵۹۱	۰,۱۴۰۵	۰,۱۶۱۶	۰,۰۴۳۲
آذر	-۰,۲۸۹۱	-۰,۲۱۳۵	-۰,۲۹۱۲	-۰,۲۱۶۱	۰,۳۸۹۶

۳-۳- بررسی پلیگونی رابطه بین شاخص‌های خشکسالی سنجنش از دور و داده بارشی TRMM در دو استان

در استان همدان، کشاورزی با آب چاه نسبت به استان ایلام رونق بیشتری دارد و در محدوده کشاورزی ارتباط شاخص‌های خشکسالی با داده بارش کم می‌شود، به همین منظور یکی از دلایل نتایج پایین شاخص TVDI در استان همدان نسبت به استان ایلام، وجود مناطق کشاورزی وسیع در استان همدان است. همان‌گونه که در نتایج بالا ملاحظه می‌شود در استان ایلام به دلیل اقلیم گرم و خشک هوا زودتر گرم شده و پوشش گیاهی در فصل بهار به تراکم بالا می‌رسد و شاخص‌ها در استان ایلام در فصل بهار با داده بارشی همبستگی بیشتری دارند. در استان همدان در ماه فروردین همبستگی شاخص‌ها منفی بوده و در همین ماه در استان ایلام همبستگی حدود ۱۰ درصد است. بیشترین همبستگی شاخص‌های VCI و VDI در استان همدان

در ماه مرداد بوده در صورتی که در استان ایلام بیشترین همبستگی متعلق به ماه تیر است. همبستگی بین شاخص TCI و داده بارش تجمعی برای هر دو استان در ماه اردیبهشت بیشترین مقدار بوده و در حدود ۵۰ درصد است. در استان ایلام بیشترین ضریب همبستگی شاخص TVDI و داده بارشی حدود ۶۰ درصد در ماه مرداد گزارش شد. در این ماه در سال ۲۰۰۷، میزان بارش تجمعی کمترین مقدار بوده (۱۶۴۲۰ میلی متر) و شاخص TVDI برای این سال عدد ۴۵.۸۸ گزارش کرد و حداکثر بارش تجمعی برای سال ۲۰۰۴ ثبت شده که مقدار شاخص عدد ۵۸.۸۸ نمایش داد، لازم به ذکر است که بیشترین مقدار شاخص TVDI نیز برای سال ۲۰۰۹ برآورد شد (۶۱.۷۲). در ارزیابی شیء مبنا شاخص‌های خشکسالی (VCI و VDI) در فصل بهار و تابستان همبستگی بیشتری با داده بارشی نسبت به ارزیابی پیکسل مبنا در دو اقلیم (گرم و خشک و سرد) داشتند برای مثال، در

جدول ۸. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی استان همدان

محاسبه شاخص‌ها	VCI _{NDVI}	VCI _{EVI}	VDI _{NDVI}	VDI _{EVI}	TCI	TVDI
دی	---	---	---	---	---	---
بهمن	---	---	---	---	---	---
اسفند	-۰.۳۶۹۱	-۰.۴۱۳۷	-۰.۳۰۶۵	-۰.۳۹۸۷	۰.۰۴۸۸	-۰.۴۰۷۱
فروردین	-۰.۲۷۷۶	-۰.۲۹۵۴	-۰.۲۵۶۴	-۰.۲۶۵۸	۰.۳۱۰۱	-۰.۳۹۴۵
اردیبهشت	۰.۰۸۹۵	۰.۲۷۰۲	۰.۱۲۰۳	۰.۳۰۳۴	۰.۵۰۱۰	-۰.۵۲۳۰
خرداد	۰.۴۲۲۱	۰.۴۳۶۵	۰.۴۱۰۵	۰.۴۲۴۷	۰.۱۷۶۹	۰.۱۱۵۱
تیر	۰.۳۹۶۷	۰.۶۷۴۴	۰.۳۸۷۲	۰.۶۳۶۱	۰.۲۴۸۹	۰.۰۰۱۹
مرداد	۰.۵۴۵۰	۰.۵۰۶۷	۰.۵۴۶۴	۰.۵۱۱۲	۰.۳۱۰۷	-۰.۳۹۱۵
شهریور	۰.۴۲۷۷	۰.۳۷۰۲	۰.۴۰۶۴	۰.۳۵۸۷	۰.۱۰۴۴	۰.۳۷۱۲
مهر	۰.۴۳۴۰	۰.۲۵۳۷	۰.۴۰۳۶	۰.۳۱۶۵	-۰.۰۶۵۸	۰.۱۰۷۶
آبان	-۰.۲۱۶۲	-۰.۳۵۹۳	-۰.۲۰۵۶	-۰.۳۶۸۷	-۰.۱۳۴۰	۰.۱۹۵۶
آذر	-۰.۲۸۴۶	-۰.۳۹۹۱	-۰.۱۸۳۶	-۰.۲۴۷۶	-۰.۰۰۶۱	-۰.۲۸۵۱

بخش‌های قبل نیز اشاره شد، برای محاسبه شاخص TVDI پوشش گیاهی در مقابل دمای سطح زمین در فضای دو بعدی ترسیم می‌شود و هر چه منطقه وسیعی انتخاب شود نقاط به صورت دوزنقه‌ای تشکیل شده و شاخص عملکرد بهتری خواهد داشت. در استان همدان، در ماه دی و بهمن بدلیل وجود برف امکان محاسبه شاخص‌ها وجود نداشته و برای محاسبه شاخص TVDI فضای دوزنقه‌ای و مثلی تشکیل نشد (جدول ۸). جدول ۱۰ با توجه به نتایج بالا تنظیم شده و بهترین عملکرد شاخص‌ها را جهت برآورد خشکسالی گزارش می‌کند.

ارزیابی پیکسلی اقلیم سرد ضریب همبستگی شاخص‌های VCI و VDI در ماه خرداد منفی بوده (جدول ۴) در حالی که در ارزیابی پلیگونی این شاخص‌ها همبستگی ۴۰ درصد گزارش کردند (جدول ۸). در بررسی پیکسلی اقلیم گرم و خشک بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های VCI و VDI و داده بارشی ۰.۵۶ ثبت شده (جدول ۲) در صورتی که در بررسی پلیگونی برای همین شاخص‌ها در این اقلیم ۰.۶۷ گزارش شده است (جدول ۸). نتایج همبستگی شاخص TCI و داده بارشی برای دو بررسی پیکسل و شیء مینا برای دو اقلیم یکسان است. همان طور که در

جدول ۹. ضریب همبستگی بین بارش تجمعی ماهیانه و شاخص‌های خشکسالی استان ایلام

محاسبه شاخص‌ها	VCI _{NDVI}	VCI _{EVI}	VDI _{NDVI}	VDI _{EVI}	TCI	TVDI
دی	۰.۰۶۷۷	-۰.۱۰۵۳	۰.۰۴۹۲	-۰.۰۹۱۰	۰.۰۶۰۰	-۰.۱۵۱۸
بهمن	۰.۰۳۳۳	-۰.۰۵۰۹	۰.۰۲۱۵	-۰.۰۳۶۹	-۰.۱۹۰۴	-۰.۰۵۴۷
اسفند	۰.۱۲۶۵	۰.۰۳۶۷	۰.۱۱۶۸	۰.۰۲۶۸	-۰.۱۵۸۵	-۰.۳۳۴۵
فروردین	۰.۱۲۳۱	۰.۱۰۰۰	۰.۱۳۵۹	۰.۱۲۶۹	۰.۲۵۷۱	-۰.۲۶۵۰
اردیبهشت	۰.۲۹۵۳	۰.۶۲۷۳	۰.۳۱۱۹	۰.۶۳۵۸	۰.۵۲۳۹	-۰.۳۹۵۲
خرداد	۰.۵۷۹۱	۰.۶۷۵۴	۰.۵۵۱۴	۰.۶۵۶۴	-۰.۴۹۶۰	۰.۲۳۱۸
تیر	۰.۶۰۸۶	۰.۶۷۹۸	۰.۶۰۱۴	۰.۶۶۶۵	-۰.۳۱۲۱	۰.۵۷۶۶
مرداد	۰.۵۲۲۲	۰.۵۶۴۲	۰.۵۱۶۳	۰.۵۶۴۲	-۰.۳۰۶۵	۰.۶۰۵۵
شهریور	۰.۴۲۱۶	۰.۳۹۰۰	۰.۳۸۸۲	۰.۳۴۷۱	-۰.۵۸۶۱	۰.۳۰۵۳
مهر	۰.۱۷۹۶	۰.۲۹۱۷	۰.۲۰۰۶	۰.۲۹۷۲	۰.۲۸۲۶	-۰.۳۳۰۷
آبان	۰.۲۴۴۸	۰.۱۷۴۸	۰.۱۹۶۵	۰.۱۴۲۶	۰.۲۷۰۳	۰.۰۳۲۳
آذر	-۰.۰۹۶۲	-۰.۰۴۶۳	-۰.۰۷۴۵	-۰.۰۵۶۸	۰.۰۴۶۰	-۰.۳۶۶۹

جدول ۱۰. نتایج و تست آماری

استان ایلام	استان همدان	اقلیم سرد با ارتفاع متوسط	اقلیم سرد با ارتفاع کم	اقلیم سرد	اقلیم معتدل و بارانی	اقلیم گرم و خشک	اقلیم کویر	محاسبه شاخص‌ها
تیر	مرداد	مرداد	مرداد	شهریور	مرداد	مرداد	آبان	VCI _{NDVI}
۰.۰۲۸	۰.۰۵۴	۰.۰۱۸	۰.۰۱۴	۰.۰۷۴	۰.۲۳	۰.۰۴	۰.۲۳۹	Sig (2-tailed)
تیر	تیر	مرداد	شهریور	مرداد	مرداد	مرداد	آبان	VCI _{EVI}
۰.۰۱۱	۰.۰۱۲	۰.۰۵۶	۰.۰۳۸	۰.۲۲۴	۰.۰۲۶	۰.۰۶۲	۰.۵۹	Sig (2-tailed)
تیر	مرداد	مرداد	شهریور	مرداد	مرداد	اردیبهشت	آبان	VDI _{NDVI}
۰.۰۲۹	۰.۰۵۴	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵	۰.۱۰۲	۰.۲۴۶	۰.۰۴۶	۰.۱۹	Sig (2-tailed)
تیر	تیر	مرداد	شهریور	مرداد	مرداد	مرداد	آبان	VDI _{EVI}
۰.۰۱۳	۰.۰۱۹	۰.۰۴۳	۰.۰۴۸	۰.۰۶۵	۰.۰۲۶	۰.۰۴۸	۰.۴۵	Sig (2-tailed)
اردیبهشت	اردیبهشت	اردیبهشت	فروردین	مرداد	اسفند	اردیبهشت	مهر	TCI
۰.۰۶۶	۰.۰۷۵	۰.۰۲۱	۰.۱۵	۰.۲۸۷	۰.۰۳۹	۰.۰۵۷	۰.۰۲۳	Sig (2-tailed)
مرداد	شهریور	...	...	...	...	...	...	TVDI
۰.۰۲۹	۰.۰۲۱	...	...	...	...	...	...	Sig (2-tailed)

Dutta, D., Kundu, A., Patel, N.R., Saha, S.K., Siddiqui, A.R., 2015, **Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI)**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, ۱۸: ۵۳-۶۳

Gao, Z., Gao, W., Chang, N.B., 2010, **Integrating Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and Regional Water Stress Index (RWSI) for Drought Assessment with the Aid of LANDSAT TM/ETM+ Images**, International Journal of Applied Earth Observation and Geo Information, ۱۳: ۴۹۵-۵۰۳

Goetz, S.J., 1997, **Multi-Sensor Analysis of NDVI, Surface Temperature and Biophysical Variables at a Mixed Grassland Site**, International Journal of Remote Sensing, ۱۸ (۱), ۷۱-۹۴

Huang, L.S., Guan, Q.S., Dong, Y.S., Zhang, D.Y., Huang, W.J., Liang, D., 2012, **Using Temperature Vegetation Drought Index for Monitoring Drought Based on Remote Sensing Data**, In Advanced Materials Research, ۳۵۶: ۲۸۵۴-۲۸۵۹

Khalil, A.A., Abdel-Wahab, M.M., Hassanein, M.K., Ouldbdey B., Katlan, B., Essa, Y.H. 2013, **Drought Monitoring over Egypt by Using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index**, Nature and Science, ۱۱ (۱۱): ۱۱۶-۱۲۲

Kogan, N., 1995, **Droughts of the Late 1980s in the United States as Derived from NOAA Polar-Orbiting Satellite Data**, Bulletin of the American Meteorological Society, ۷۶ (۵): ۶۵۵-۶۶۸

۴- نتایج

ماه‌هایی که در جدول ۱۰ آورده شده، بیشترین ضریب همبستگی شاخص‌ها با داده بارشی در اقلیم‌ها و ارتفاعات مختلف هستند. و همچنین با استفاده از تست آماری معنی‌دار بودن داده بارشی و شاخص‌ها مشخص گردید. با توجه به جدول نتایج محاسبه شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور بصورت شیء مبنا نسبت به محاسبه پیکسلی، ضریب همبستگی بیشتر و تست آماری معنی‌دارتری را گزارش کرد. هنگامی که پوشش گیاهی به تراکم بالا در منطقه می‌رسد، همبستگی شاخص‌های VCI و VDI با داده بارشی بیشتر می‌شود و در فصل زمستان و پاییز همبستگی این شاخص‌ها با داده بارشی پایین و یا منفی گزارش شده است. شاخص TCI نیز بیشترین همبستگی را در فصل بهار و تابستان نمایش داد.

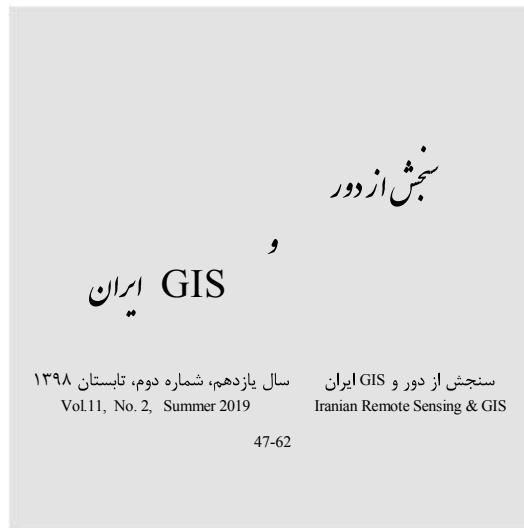
۵- منابع

جوادیانیا، اسلام، محمدرضا، مباشری، ۱۳۸۷، **بررسی روش‌های ارزیابی خشکسالی کشاورزی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری**، گروه مهندسی سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، خیابان ولی عصر، تقاطع میرداماد.

نوری، سمیرا، سید حسین، ثنایی‌نژاد، ۱۳۹۲، **بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکی دما-گیاه (TVDI) و دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI) و تصاویر سنجنده مودیس**، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۴، صص. ۷۴۲-۷۵۳.

Brede, B., Verbesselt, J., Dutrieux L.P. & Herold M., 2015, **Performance of the Enhanced Vegetation Index to Detect Inner-Annual Dry Season and Drought Impacts on Amazon Forest Canopies**, The International Archived of the photogrammetry, Remote Sensing and spatial Information Sciences, ۴۰ (۷): ۳۳۷

- Kogan, N., 1997, **Global Drought Watch From Space**, Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (4): 621-636
- 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: 2854-2859
- 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): 441-450
- 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): 246-263
- Rahimzadeh-bajgiran, P., Darvishsefat, A., Khalili, A., Makhdom A., 2008, **Using AVHRR-Based Vegetation Indices for Drought Monitoring in the Northwest of Iran**, Journal of Arid Environ, 72: 1086-1096
- Rahimzadeh-Bajgiran, P., Kenji, O. & Yo, S., 2012, Comparative Evaluation of the Vegetation Dryness Index (VDI), the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the Improved TVDI (iTVDI) for Water Stress Detection in Semi-Arid Regions of Iran”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 68: 1-12
- Rezaei-Moghadam, M.H., Valizadeh-Kamran K., Rostamzadeh, H., Rezaei, A. 2014, **Assessing the Efficiency of Vegetation Indicators for Estimating Agricultural Drought Using MODIS Sensor Images (Case Study: Sharghi Azerbaijan Province)**, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2: 399-407
- 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): 213-224
- Sruthi, S., Mohammed Aslam, M.A., 2015, **Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data: a Case Study of Raichur District**, International Conference on Water Resources Coastal and Engineering, 4: 1258-1264
- Yuan, L., Heping, T., Hua, W., 2007, **Dynamic Drought Monitoring in Guangxi Using Revised Temperature Vegetation Dryness Index**, Wuhan University Journal of Natural Sciences, 12 (4): 663-668
- Zarei R., Sarajian, M., Bazgeer, S., 2013, **Monitoring Meteorological Drought in Iran Using Remote Sensing and Drought**, Indices journal of DESERT 18: 89-97



Effect of climatic zoning and altitude zoning on the correlation of remote sensing drought indices with Precipitation data and Introducing local indicators

Nikpey, H.^{1*} and Momeni, M.²

1. M.Sc. Student Faculty of Engineering and Engineering - Department of Surveying - Isfahan University
2. Associated Professor, Department of Engineering, Department of Surveying, Isfahan University



Abstract

Drought is an important phenomenon which can be monitored based on weather data obtained from weather stations and remote sensing data. Remote sensing methods have offered significant relative advantages compared to the other methods for monitoring drought. Also, several drought indicators have provided in remote sensing for monitoring drought, but none of the common indicators in remote sensing did not have generalizability of time, climate and altitude and it is necessary the performance quality of these indexes 1) in climates, 2) in altitudinal zoning examined. This study also proved this hypothesis, to identify appropriate indicators in every altitudinal zone, and in every region the index considered the appropriate season to evaluate indexes. In this study, drought indices, VCI, VDI, TCI and TVDI by LST parameter, NDVI and EVI have been evaluated. To evaluate climate and altitudinal indicators, first in the whole country and then in Hamadan province, climate and altitudinal zoning done and drought indexes for different climates and altitude was determined in two forms pixel-based and object-based (polygons) and compared to precipitation data TRMM sensors. The operation of drought indexes were analyzed to drought evaluation by taking account climate type, data acquisition season, altitude and area. The results of this research shows lack of generalizability of all indicators in terms of climate, altitude and time indicators and for example, in pixel evaluating of hot and dry climate, the highest correlation between VCI index and precipitation data was in June and the lowest correlation is in December.

Keywords: Drought, NDVI, LST, VCI Index, TRMM