



پایش خشکسالی با استفاده تلفیقی از آمار بارش و داده‌های حاصل از سنجنده Terra/MODIS

عثمان مجیدی داشلی برون^۱، کامی کابوسی*^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۷

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۳

چکیده:

خشکسالی، پدیده‌ای پیچیده با آثار متفاوت است. از این رو برای تعیین شدت و وسعت خشکسالی از شاخص‌ها استفاده می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS، ماهواره Terra و داده‌های ماهانه بارش، خشکسالی در استان گلستان از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه شاخص‌های Dev-NDVI و VCI مورد بررسی قرار گرفتند. برای بدست آوردن Dev-NDVI و VCI از NDVI استفاده شد و نقشه‌های خشکسالی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ برای این شاخص‌ها به دست آمد. چون نتایج این دو شاخص متفاوت بودند، برای تعیین کارایی این شاخص‌ها، از PN استفاده شد و این شاخص در مقیاس زمانی دو ماهه برای سال ۲۰۱۵ محاسبه شد. در ادامه مقادیر شاخص‌های Dev-NDVI و VCI در سال ۲۰۱۵ از روی تصاویر استخراج و همبستگی بین آنها انجام گرفت. ضریب همبستگی Dev-NDVI با PN ۰/۶ و همبستگی VCI با PN ۰/۴ است. سطح معنا داری نیز برای Dev-NDVI قابل قبول بود. بررسی شاخص Dev-NDVI که همبستگی بیشتری با بارندگی داشت، نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ استان با خشکسالی شدید همراه بوده است. با توجه با اینکه تصاویر ماهواره‌ای نسبت به روش‌های هواشناسی دارای مزایایی همچون تعداد نقاط نمونه برداری بیشتر، سطح پوشش وسیع تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر هستند، استفاده از دانش سنجش از دور در برآورد خشکسالی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص PN، شاخص Dev-NDVI، شاخص VCI

مقدمه:

گذشته و حال یک منطقه هستند. در دهه گذشته استفاده از شاخص‌های گیاهی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، برای ارزیابی وضعیت خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجش از دور، توسعه پیدا کرده است (چاپچی و شهابی فر، ۱۳۸۷). در حال حاضر تصاویر ماهواره‌ای به طور منظم و با دقت تفکیک مکانی بالا، از سطح زمین تهیه می‌شوند و می‌توانند شرایط نظم و گستردگی فضایی را فراهم کنند. از مزایای استفاده از سنجش از دور نسبت به روش‌های هواشناسی، می‌توان به افزایش نقاط نمونه برداری، سطح پوشش وسیع تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه کمتر اشاره کرد (ویلپه‌ایت^۱، ۲۰۰۰).

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با استخراج شاخص‌های خشکسالی از تصاویر ماهواره‌ای انجام شده که در تمامی آنها،

میانگین بارش ایران کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه جهان است و این میزان نیز از توزیع زمانی و مکانی مناسبی برخوردار نیست. خشکسالی یک مخاطره طبیعی است که همواره بخش‌های مختلف کشور را متاثر کرده است. (باعقیده و همکاران، ۱۳۸۹) پدیده خشکسالی، پدیده‌ای پیچیده با آثار متفاوت است. برای ارزیابی خشکسالی می‌توان از شاخص‌های هواشناسی مختلف مبتنی بر آمار باران، تبخیر و تعرق و پتانسیل و رطوبت خاک استفاده کرد. از سویی در بیشتر مناطق ایران، مشکل نبود یا شمار اندک ایستگاه‌های هواشناسی و ثبت باران وجود دارد. امروزه سامانه اطلاعات جغرافیایی و فنون سنجش از دور، به طور وسیعی در ارزیابی و پایش خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده‌های سنجش از دور، شامل تصاویر و داده‌های مختلف مربوط به سطح زمین از

^۱ - Wilhite

۱- کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی، اداره کل هواشناسی استان گلستان
 ۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران: نویسنده مسئول



بیان می‌کند که شاخص VTCI نسبت به شاخص NDVI در تعیین شرایط خشکسالی موثرتر است.

شمسی پور و همکاران (۱۳۸۹) به ردیابی و تحلیل خشکسالی با شاخص‌های VCI، NDVI و VHI در منطقه بیابانی و خشک کاشان پرداختند. با توجه به نتایج، بهره‌گیری از داده‌های سنجنده از دور در مطالعات محیطی مناطق خشک و بیابانی توصیه می‌شود.

باعقیده و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی شاخص NDVI در تحلیل خشکسالی استان اصفهان پرداختند. داده‌های به کار رفته، تصاویر ماهواره NOAA و داده‌های بارش در ایستگاه-ها بوده است. در بین دوره‌های زمانی شاخص SPI، دوره‌های زمانی سه ماهه، همبستگی بالایی نشان داد. نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که NDVI می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی خشکسالی‌ها باشد.

تنکابیل^۸ و همکاران (۲۰۰۴) در منطقه‌ی جنوب غربی آسیا با اجرای شاخص‌های VCI، Dev-NDVI، TCI و VHI با ارزیابی خشکسالی پرداختند. این پژوهش روش‌هایی برای پایش خشکسالی با استفاده از اتصال داده‌های تاریخی سنجنده AVHRR با داده‌های روزانه سنجنده مدرن MODIS را پیشنهاد دادند.

ویسنه سرانو (۲۰۰۶) از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) شاخص‌های پوشش گیاهی VCI و NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره ای AVHRR دوره ۲۰۰۰ - ۱۹۸۷، برای بررسی اثر خشکسالی روی فعالیت‌های پوشش گیاهی در یک منطقه نیمه خشک واقع در شمال شرقی شبه جزیره ایبری استفاده کرد. او نشان داد که اثر خشکسالی در قسمت-های مختلف منطقه ی مورد مطالعه، متفاوت بوده و به نوع پوشش اراضی و مکان رویش آنها بستگی دارد.

هلدن و کریستین (۲۰۰۸) از شاخص NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره ای AVHRR، برای پایش بیابان زایی در سطح منطقه ای و جهانی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که بین بارندگی و NDVI همبستگی بالایی در بیشتر مناطق خشک دنیا وجود دارد.

عدم قطعیتی مزمین مشاهده می‌شود که گاهی سبب عدم کارایی مدل‌های پیش بینی خشکسالی می‌شود. دقت بیشتر در انتخاب و پردازش تصاویر برای استخراج شاخص‌ها، می‌تواند کیفیت آنها را بالا برده و در نهایت سبب کارایی بیشتر در مدل‌های پیش بینی خشکسالی شود (ری^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) کارایی داده‌های سنجنده MODIS^۲ در برآورد خشکسالی با دو شاخص VCI^۳ و VCI^۴ را در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشانگر وجود همبستگی بالا بین شاخص VCI و مقادیر بارندگی در ایستگاه‌های سینوپتیک بود.

رحیم زاده (۱۳۸۴) قابلیت داده‌های سنجنده AVHRR^۵ را در برآورد خشکسالی با دو شاخص NDVI^۶ و VCI^۷ مورد بررسی قرار داد. نتایج وجود همبستگی بالا بین شاخص VCI و مقادیر بارندگی در ایستگاه‌های سینوپتیک بود. خواجه (۱۳۸۶) به پایش خشکسالی با شاخص NDVI در استان اصفهان و با استفاده از داده‌های ماهواره NOAA از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ پرداخت. نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص NDVI و SPI، حاکی از امکان استفاده از شاخص NDVI در پایش خشکسالی در استان است.

جهانبخش و همکاران (۱۳۸۸) به ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره خشکسالی و ترسالی پرداختند. در این مطالعه از تصاویر سنجنده ETM+ و ماهواره SPOT و شاخص‌های SPI، NDVI و شاخص VHI^۷ استفاده شده است. نتایج نشانگر بالا بودن تغییرات وضعیت سلامت پوشش گیاهی، به ویژه در مناطق تحت کشت دیم بوده است.

پرویز و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی عملکرد دو شاخص NDVI و VTCI در خشکسالی در حوضه آبریز سفیدرود با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS پرداختند. نتایج

^۱ - Rhee

^۲ - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

^۳ - Temperature Condition Index

^۴ - Vegetarian Condition Index

^۵ - Advanced Very High Resolution Radiometer

^۶ - Normalized Deference Vegetarian Index

^۷ - Vegetarian Health Index

^۸ - Thenkabail

^۹ - Temperature Condition Index



های SPI و SWI (شاخص استاندارد سطح آب) و DSI (شاخص شدت خشکسالی) به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که این روش‌ها برای آگاهی از خشکسالی اولیه امیدوار کننده هستند و می‌توانند برای مدیریت ریسک خشکسالی در آب و هوای نیمه خشک، از جمله استان فارس در ایران استفاده شوند.

با توجه به مطالعات انجام گرفته، شاخص‌های گیاهی روش‌های پرکاربردی در برآورد و ارزیابی خشکسالی از طریق داده‌های ماهواره‌ای هستند. این تحقیق تلاشی است برای مقایسه عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای VCI و Dev با شاخص‌های هواشناسی در استان گلستان. علت این انتخاب برای شاخص‌های ماهواره‌ای، سابقه استفاده از آنها در مطالعات خشکسالی و از طرفی سهل‌الوصل بودن تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز آنها است. همچنین از شاخص هواشناسی PNPI در کنار شاخص‌های سنجش دور استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه، استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰ هزار کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶،۳۰ تا ۳۸،۱۵ عرض شمالی و در بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد. جغرافیای طبیعی استان به نحوی است که به سه بخش کوهستانی، دامنه‌ای و جلگه‌ای تقسیم شده و از نظر آب و هوایی دارای اقلیم مدیترانه‌ای و بیابانی است (شکل ۱). قره‌سو، اترک و گرگانرود از رودهای پر آب استان محسوب می‌شوند. ناحیه جلگه‌ای محل استقرار بیشترین کانون‌های شهری و مراکز روستایی می‌باشد. این بخش شامل خیزترین اراضی استان است به طوری که اکثر شهرهای آباد و پرجمعیت استان در این بخش قرار دارند. در کنار کشاورزی که محور اصلی فعالیت‌های اقتصادی مردم این استان است، دامداری، شیلات و صنایع تبدیلی نیز از رونق خاصی برخوردار است. از محصولات عمده کشاورزی منطقه می‌توان از گندم، پنبه، دانه‌های روغنی، غلات، توتون، برنج و... را نام برد.

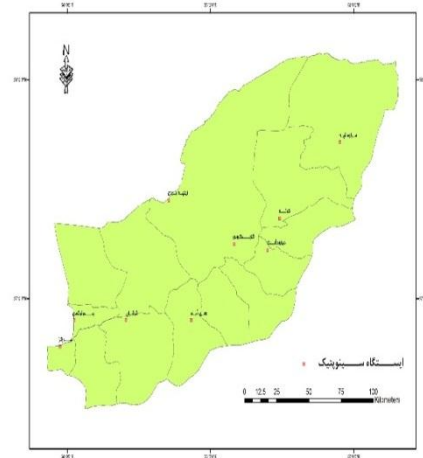
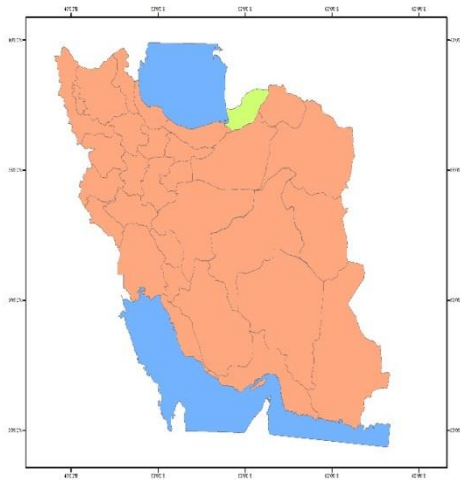
کارنیلی^۱ و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی شاخص VHI در شش منطقه مختلف در مغولستان پرداختند. نتایج حاصل از منطقه شمالی نشان داد که افزایش درجه حرارت مطلوب، فعالیت‌های پوشش گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در نتیجه شاخص VHI در عرض‌های شمالی باید با احتیاط به کار رود.

بویان^۲ و همکاران (۲۰۰۶) در منطقه اروالی هند، خشکسالی را با به کارگیری شاخص‌های TCI, VCI, NDVI و VHI حاصل از داده‌های ماهواره NOAA-AVHRR در مقایسه با شاخص‌های آماری SPI و SWI حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه ضریب همبستگی بالایی بین VCI و TCI با میزان بارندگی ماهانه مشاهده نشد. بویان (۲۰۰۸) به برآورد خشکسالی صحرای تار^۳ در شمال غربی هند و شرق پاکستان بین سالهای ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۳ و با استخراج داده‌های ماهواره NOAA-AVHRR و بکارگیری شاخص‌های VCI, NDVI, TCI و VHI پرداخت. نتایج نشان داد در هر سالی که تنش رطوبتی و حرارتی وجود داشته است، خشکسالی توسعه یافته و از آنجا که بارندگی هر دو تنش مذکور را کاهش می‌دهد، پوشش گیاهی ناجی صحرا است.

ژانگ^۴ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای تحلیل کاملی از خشکسالی در منطقه هوانگهوای چین با استفاده از تصاویر AVHRR و مقایسه با داده‌های هواشناسی منطقه، طی سالهای ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۸ انجام دادند. در این پژوهش از شاخص هواشناسی Z برای نظارت بر خشکسالی هواشناسی و همچنین VHI استفاده کردند. نتایج نشان داد که خشکسالی با درجه پایین، پدیده‌ای رایج در منطقه شمال چین است.

اورنگی^۵ و همکاران (۲۰۱۱) به برآورد خشکسالی در استان فارس ایران با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR و مقایسه با تصاویر ماهواره SPOT پرداختند. در این پژوهش از شاخص‌های TCI, VCI و VHI استفاده شده است. شاخص-

¹ -Karnieli
² -Bhuiyan
³ -Thar
⁴ -Zhang
⁵ -Owringi



مطالعه شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

شاخص NDVI:

شاخص NDVI را نخستین بار تاگر در سال ۱۹۷۹، به عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح کرد. رابطه (۱) $NDVI = (P\ NIR - PR) / (P\ NIR + PR)$ که در آن $P\ NIR$ باند مادون قرمز نزدیک و $P\ R$ باند قرمز است. شاخص NDVI پتانسیل گیاهی (تیلت و همکاران، ۱۹۹۷)، درصد پوشش سبز گیاهی، شاخص درصد نواحی برگ دار و انبوه های گیاهی را انعکاس می‌دهد. این شاخص رایج ترین شاخص پوشش گیاهی است. پوشش گیاهی در حالت سلامت، امواج باند مادون قرمز نزدیک را به خوبی منعکس می‌کند. در این شاخص مقدار عددی هر پیکسل بین +۱ و -۱ تغییر می‌کند. این شاخص برای مناطق دارای پوشش گیاهی از ۰.۱ (تنک تا ۰.۸ (متراکم) است. (تنکابایل و همکاران، ۲۰۰۲).

معادله این شاخص در نرم افزار ENVI 4.8 اجرا شد و NDVI برای سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ (اول ماه می) به دست آمد.

شاخص Dev - NDVI:

شاخص انحراف NDVI از متوسط طولانی مدت که به آن DEV اطلاق می‌گردد، شاخص دیگری است که به طور گسترده در مطالعات خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است:

$$Dev-NDVI = NDVI_i - NDVI_{mean} \quad (۳)$$

در این رابطه $NDVI_{mean}$ از طریق داده های ثبت شده دراز

داده‌ها در پژوهش حاضر از داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی به شرح زیر استفاده شد:

۱. تصاویر طیفی سنجنده MODIS با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر، از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ برای هفته اول ماه می. گفتنی است که تصاویر ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ در دسترس نبوده، بنابراین خشکسالی برای این سالها محاسبه نمی‌شود. همچنین باید یادآور شد که تصاویر برای ۱ تا ۷ می که آسمان خالی از ابر بوده انتخاب شده است. تمامی تصاویر از تارنمای ناسا دریافت شده و روی آنها اصلاحات لازم انجام گرفته شده است.
۲. بارندگی ماههای آوریل و می برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان (گرگان، فرودگاه گرگان، بندر ترکمن، بندرگز، اینچه برون، گنبد، کلاله، مراوه تپه) از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵. همچنین در این پژوهش از نرم افزارهای ENVI 4.8، ArvGIS 10.3، Excel و SPSS استفاده شده است.

برای محاسبه شاخص‌های NDVI، VCI و Dev-NDVI^۱ ابتدا در نرم افزار ENVI، تصحیحات هندسی روی تصاویر موجود انجام گرفت. تصاویر دوباره زمین مرجع شدند و باندهای مورد نظر به صورت جداگانه ذخیره و آماده شدند. بار دیگر یادآور می‌شوم که تصاویر سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ در دسترس نبود و در این پژوهش خشکسالی برای این سال محاسبه نشده است.

^۱ -Deviation from NDVI



جدول ۲: رتبه بندی خشکسالی با شاخص VCI

VCI	وضعیت خشکسالی
< ۱۰	خشکسالی بسیار شدید
۱۰-۱۹/۹	خشکسالی شدید
۲۰-۲۹/۹	خشکسالی متوسط
۳۰-۳۹/۹	خشکسالی خفیف
≥ ۴۰	غیر خشکسالی

معادله این شاخص در Band Math نرم افزار ENVI4.8 اجرا شد و از NDVI به دست آمده برای این کار استفاده شد و برای هر سال (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵) محاسبه شد.

شاخص PNPI:

شاخص درصد نرمال یک از ساده ترین شاخص های بارندگی محسوب می شود. استفاده از این شاخص هنگامی که یک منطقه با یک فصل به تنهایی مد نظر است، بسیار کارآمد می باشد. معمولاً میانگین ۳۰ ساله را برای محاسبه نرمال در نظر می گیرند. این شاخص برای مقیاس های زمانی مختلف قابل محاسبه بوده که معمولاً یک تا چند ماه و یا کل سال، محدودده آن می باشد این شاخص توسط ویلکی در سال ۱۹۹۴ ارائه گردید است. این شاخص از رابطه زیر بدست می آید:

$$\text{PN} = (\text{Pi}/\text{NP}) * 10 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن PN درصد نرمال بارش، NP میانگین نرمال بارندگی ایستگاه برحسب میلیمتر و Pi بارندگی سال ام برحسب میلیمتر می باشد. مشخصه توصیفی این شاخص نیز به شرح زیر می باشد.

جدول ۳: توصیف شاخص درصد از نرمال بارندگی

PN	توصیف خشکسالی
۸۰ تا ۷۰	خشکسالی ضعیف
۷۰ تا ۵۵	خشکسالی متوسط
۵۵ تا ۴۰	خشکسالی شدید
کمتر از ۴۰	خشکسالی بسیار شدید

از آنجا که در این پژوهش بر روش های سنجش از دوری تأکید شده است، شاخص PN برای سال های (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵) محاسبه شد و با توجه به نتایج همبستگی این

مدت (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵) برای اول ماه می محاسبه شده است و I نشان دهنده ی سال جاری است.

در این رابطه اگر مقدار شاخص انحراف NDVI کمتر از ۰.۲- باشد خیلی خشک و اگر مقدار شاخص بین ۰.۲- تا ۰.۰۵- باشد خشک و اگر مقدار شاخص بین ۰.۰۵- تا ۰.۱ باشد وضعیت خشکسالی نرمال و اگر بیشتر از ۰.۱ باشد وضعیت غیر خشک تعریف می شود (تا کر، ۱۹۷۹).

در جدول شماره ۱ رتبه بندی خشکسالی به روش Dev-NDVI نشان داده شده است.

جدول ۱: رتبه بندی خشکسالی شاخص Dev-NDVI

وضعیت خشکسالی	Dev-NDVI
خیلی خشک	≤ -۰.۲
خشک	-۰.۲ < ≤ -۰.۰۵
نرمال	-۰.۰۵ < ≤ ۰.۱
غیر خشک	< ۰.۱

شاخص VCI:

شاخص VCI برای نخستین بار توسط کوگان (Kogan) در سال ۱۹۹۵ پیشنهاد شده است. این شاخص نشان می دهد که چگونه NDVI ماه جاری به NDVI محاسبه شده از طریق ثبت داده های دراز مدت نزدیک می شود:

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{VCI} = (\text{NDVI } i - \text{NDVI min}) / (\text{NDVI max} - \text{NDVI min}) * 100$$

در این رابطه NDVI max و NDVI min از طریق داده های ثبت شده دراز مدت (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵) برای اول ماه می محاسبه شده است و I نشان دهنده سال جاری است. شرایط و وضعیت پوشش گیاهی توسط VCI، به صورت درصد اندازه گیری می شود. زمانی که مقدار VCI برابر ۱۰۰ درصد باشد، مقدار NDVI برای ماه برابر NDVI max است. درجه های مختلفی از شدت خشکسالی با VCI زیر ۴۰ درصد نشان داده می شود. زمانی که VCI به صفر درصد نزدیک می شود، نشانگر یک ماه بسیار خشک است و وقتی که مقدار NDVI به بیشترین مقدار نزدیک می شود، وضعیت خشکسالی بهبود می یابد. مقادیر کم VCI برای فواصل زمانی پی در پی، اشاره به ازدیاد خشکسالی دارد (تنکابایل و همکاران، ۲۰۰۴). رتبه بندی VCI در جدول زیر آورده شده است:



جدول شماره ۵: مساحت و درصد طبقات خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی VCI از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ (Km²)

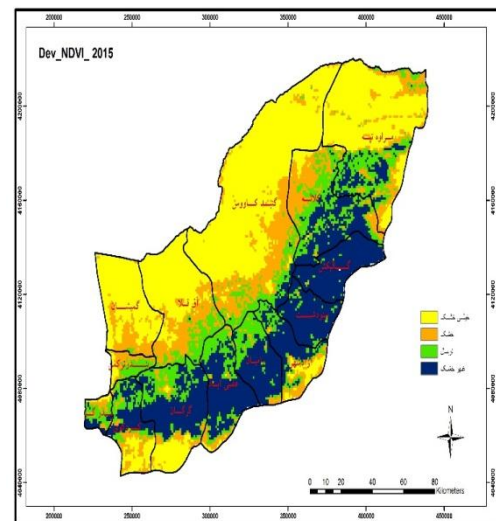
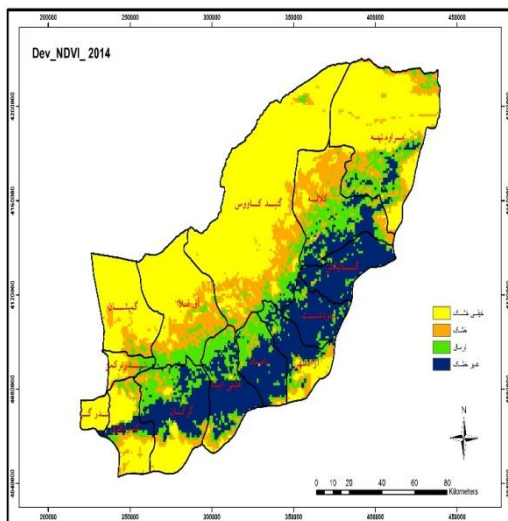
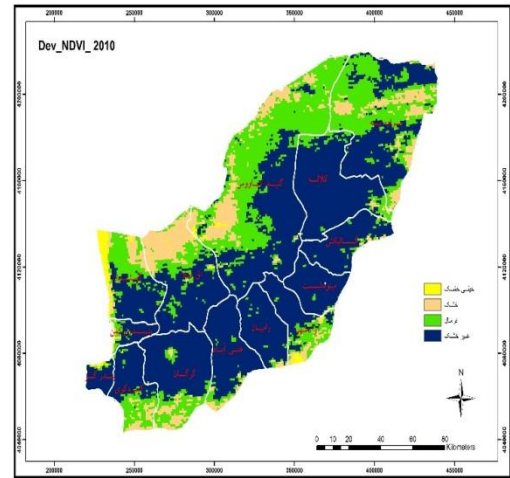
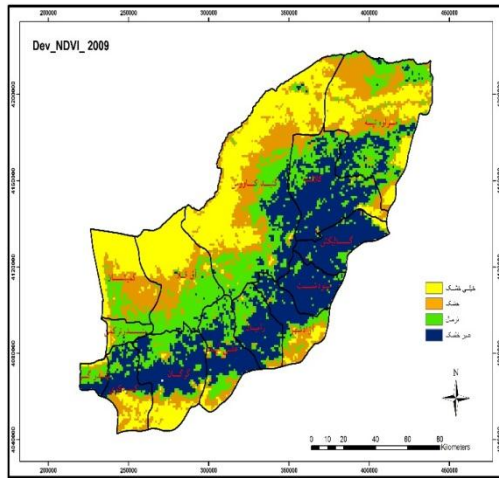
خشکسالی بدون	خشکسالی خفیف		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶
مساحت	۱۵۳۰۹	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰	۱۹۸۹۰
درصد	۷۵.۹	۹۸.۶	۹۸.۶	۹۸.۶	۹۸.۶	۹۸.۶	۹۸.۶	۹۸.۶
مساحت	۴۸۷۱	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰
درصد	۲۴.۱	۱.۴	۱.۴	۱.۴	۱.۴	۱.۴	۱.۴	۱.۴
مساحت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مساحت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

شاخص با شاخص‌های سنجش از دوری، موفقیت پژوهش ارزیابی شد. آماده سازی اولیه داده‌های بارش در نرم افزار Excel انجام شد و در ادامه، داده‌ها به نرم افزار Arc Map انتقال یافت و شاخص PN برای تمامی ایستگاهها بدست آمد. پس از آنکه معادلات روی تصاویر اجرا شد، نتایج بدست آمده به نرم افزار Arc Map انتقال یافت و براساس جداول رتبه بندی خشکسالی شاخص‌ها، نقشه‌های نهایی بدست آمد.

نتایج و بحث:

پس از انجام محاسبات، نتایج حاصل شاخص های VCI و Dev-NDVI به دست آمد که در ادامه خواهند آمد. در شکل شماره ۲، نقشه‌های خشکسالی با شاخص Dev-NDVI و در شکل شماره ۳، نقشه‌های حاصل از شاخص VCI از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ نشان داده شده است. جدول شماره ۴: مساحت و درصد طبقات خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی Dev-NDVI از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ (km²)

خشکسالی خفیف	خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
مساحت	۶۰۶۵	۱۲۱۵۰	۱۲۱۵۰	۱۲۱۵۰	۱۲۱۵۰	۱۲۱۵۰
درصد	۳۰.۱	۵۹.۶	۵۹.۶	۵۹.۶	۵۹.۶	۵۹.۶
مساحت	۴۹۲۳	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸
درصد	۲۴.۴	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲.۲
مساحت	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مساحت	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد	۰	۰	۰	۰	۰	۰



خیلی خشک

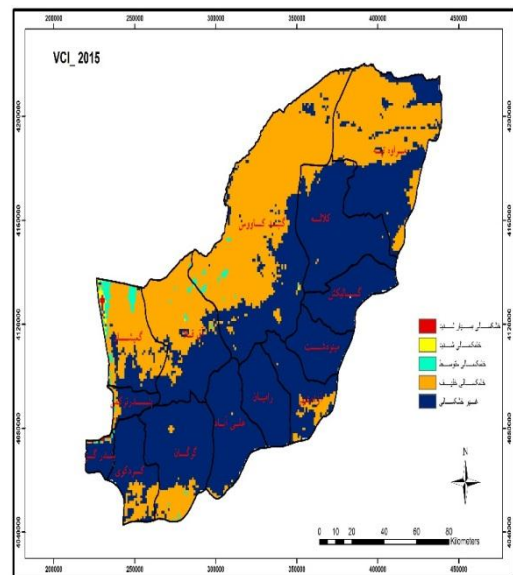
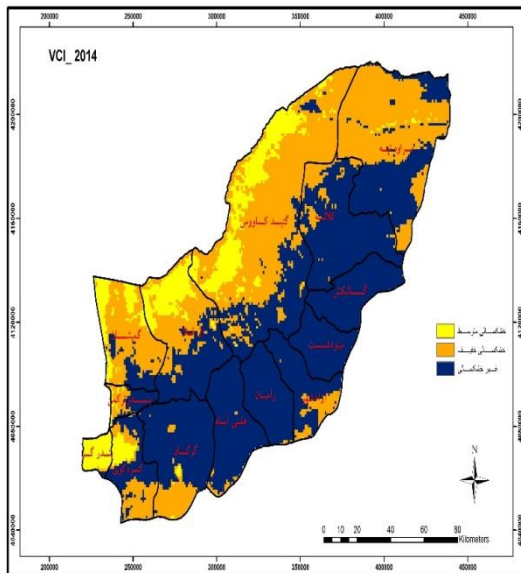
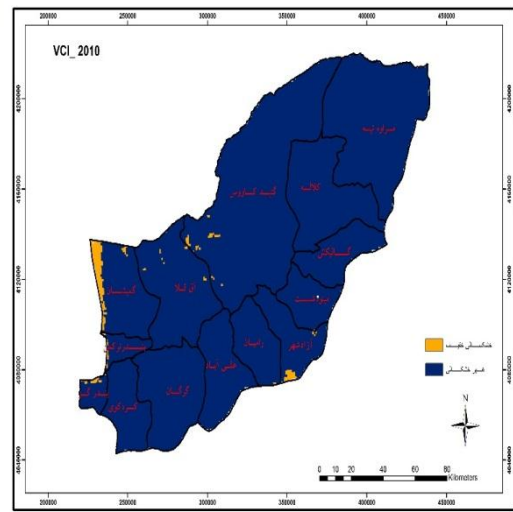
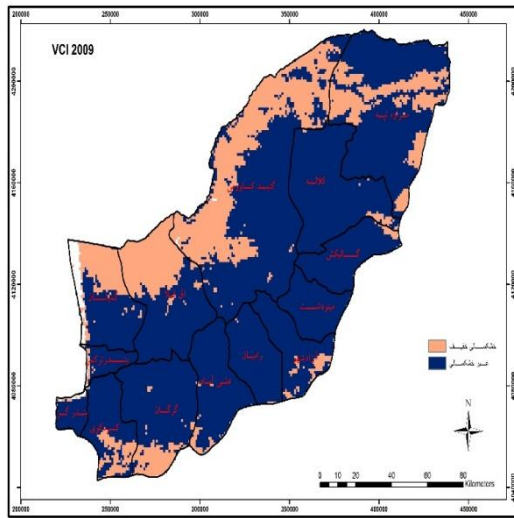
نرمال



غیر خوشکسالی

خشک

شکل ۲: نقشه‌های خشکسالی حاصل از شاخص Dev-NDVI از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵



شکل ۳: نقشه‌های خشکسالی حاصل از شاخص VCI از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵



(اقلیمی) تنها برای یک محل معتبرند. از طرفی به علت کمبود آمار اقلیمی (ایستگاه‌های هواشناسی) در اغلب مناطق، اینگونه شاخص‌ها جهت ارزیابی خشکسالی چندان مناسب نمی‌باشند. شاخص‌های گیاهی قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای همچون Dev-NDVI و VCI و TCI، از چند دهه قبل برای ارزیابی وضعیت خشکسالی با استفاده از داده‌های سنسجش از دوری توسعه پیدا کرده‌اند. اساس اغلب این شاخص‌ها اندازه‌گیری بازتابندگی طیفی در باندهای مختلف بوده و امکان محاسبه در هر پیکسل را دارا هستند. این شاخص‌ها در مقابل سایر شاخص‌های اقلیمی دارای چندین مزیت بوده که پوشش دادن سطح وسیعی از زمین از آن جمله بشمار می‌روند. از طرف دیگر این شاخص‌ها در مناطق دارای کمبود آمار اقلیمی بسیار با ارزش هستند. با توجه به مطالب گفته شده، در این پژوهش نیز کارایی شاخص‌های سنسجش از دوری در پایش خشکسالی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین از داده‌های سنسجندگی قدرتمند و پرکاربرد MODIS به جای سنسجندگی AVHRR در برآورد خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از شاخص Dev-NDVI سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ بیشترین و شدیدترین خشکسالی را داشته‌اند. همچنین با استفاده از شاخص VCI فقط سال ۲۰۱۴ را می‌توان به عنوان سالی که خشکسالی را تجربه کرده است در نظر گرفت. همانگونه که دیده می‌شود نتایج شاخص‌ها متفاوت هستند. بنابراین از یک معیار برای ارزیابی کارایی این شاخص‌ها استفاده می‌شد. شاخص PN در مقیاس زمانی دو ماهه (ارتباط داشتن با پوشش گیاهی) به عنوان معیار برگزیده شد. با توجه به نتایج حاصل از همبستگی شاخص Dev-NDVI با شاخص PN برابر ۰.۶ به دست آمد که از همبستگی قوی برخوردار است، بنابراین شاخص Dev-NDVI خشکسالی را دقیقتر نشان داده و روش مناسب تری برای برآورد خشکسالی است. از سوی دیگر در این پژوهش به جای سنسجندگی AVHRR که دارای ۴ باند است، از سنسجندگی MODIS استفاده شد. این سنسجندگی دارای ۳۶ باند بوده و تصاویری با قدرت تفکیک مکانی، زمانی و رادیومتریک بهتری ارائه می‌دهد. در آخر می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که شاخص Dev-NDVI و تصاویر MODIS، می‌توانند جایگزین

با توجه به شکل شماره ۲، سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ بیشترین و شدیدترین خشکسالی را داشته‌اند. در سال ۲۰۱۴ نواحی شمالی شهرستان‌های گمیشان، آق‌قلا، بندرگز، گنبد، بندر ترکمن و بیشتر نواحی شهرستان مراوه تپه با خشکسالی شدید روبرو بوده‌اند. در سال ۲۰۱۵ نیز کمابیش همین نواحی ذکر شده با خشکسالی شدید روبرو بوده‌اند. در سال ۲۰۰۹ نیز خشکسالی شدید در نواحی شمالی استان دیده می‌شود ولی شدت و وسعت سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ را ندارند. در سال ۲۰۱۰ استان سال تقریباً بدون خشکسالی را گذرانده است. همان گونه که پیش از این اشاره شد، در این مطالعه بر تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های سنسجش از دوری تأکید شده است. بنابراین همبستگی این شاخص‌ها با شاخص PN فقط برای سال ۲۰۱۵ محاسبه شد. مقادیر محاسبه از شاخص PN و همچنین مقادیر استخراج شده از شاخص‌های Dev-NDVI و VCI در سال ۲۰۱۵ در ایستگاه‌ها در جدول شماره ۶، نشان داده شده است.

جدول ۶: مقادیر شاخص‌های Dev، VCI و PN در ایستگاه‌های

سینوپتیک در سال ۲۰۱۵

PN	VCI	Dev-NDVI	
۳۵.۳	۵۵	-۰.۰۲	هاشم آباد گرگان
۳۴.۷	۶۱	-۰.۰۲	گنبد
۴۷.۸	۷۴	۰.۰۸	کلاله
۵۲.۲	۳۹	-۰.۰۶	مراوه تپه
۵۶.۴	۸۷	۰.۰۱۶	علی آباد
۳۸	۴۴	-۰.۲	بندر ترکمن
۵۱.۱	۵۵	-۰.۰۱	فرودگاه گرگان
۵۵.۵	۷۴	-۰.۱۵	بندر گز
۳۶.۸	۳۶	-۰.۵	اینچه برون

با توجه به مقادیر جدول شماره ۶، ضریب همبستگی بین شاخص Dev-NDVI و PN برابر با ۰.۶ و بین شاخص VCI با شاخص PN برابر با ۰.۴ بدست آمد. سطح معناداری نیز برای شاخص Dev-NDVI قابل قبول بوده، بنابراین شاخص Dev-NDVI همبستگی بیشتری با بارش دو ماهه داشته و نتایج آن قابل اعتمادتر از شاخص VCI است.

نتیجه‌گیری:

شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر داده‌های هواشناسی



کاشان فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۳، صص ۴۴۵-۴۶۵.

9- Bhuiyan, C. (2008). Desert Vegetarian during Droughts: Response and Sensitivity, the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII. Part B8:907-912.

10- Bhuiyan, C., Singh, R.P., Kogan, F.N. (2006). Monitoring Drought Dynamics in the Aravalli Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 8:289-302.

11- Hellden, U., Christian, T., 2008, Regional Desertification: a Global Synthesis, Global and Planetary Change, Vol. 64, No. 3-4, PP. 169-176.

12- Karnieli, A., Bayasgalan, M., Bayarjargal, Y., Agam, N., Khudulmur, S., Tucker, C.J. (2006). Comment on the Use of the Vegetation Health Index over Mongolia, International Journal of Remote Sensing, Vol. 27, No. 10:2017-2024.

13- Kogan, F, N. (1995), Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection, Advances in Space Research, 15(11): 91-100.

14- Owrangi, M. A., Adamowski, J., Rahnemai, N., Mohammadzadeh, A., Afshin Sharifan, R., et al. (2011). Drought Monitoring Methodology Based on AVHRR Image and SPOT Vegetation Maps, Journal of Water Resource and Protection, 2011, 3: 325-334.

15- Rhee, J. (2010). Monitoring Agricultural Drought for Arid and Humid Regions Using Multi-sensor Remote Sensing Data, Remote Sensing of Environment 114, 2875-2887.

16- Sergio, M., Vicente, S., 2007, Evaluating the Impact of Drought Using Remote Sensing in a Mediterranean, Semi-arid Region, Natural Hazards, Vol. 40, No. 1, PP. 173-208.

17- Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127-150.

18- Teillet, P.M., Staenz, K., Willams, D.J. (1997). Effects of Spectral, Spatial, and Radiometric Characteristics on Remote Sensing Vegetation Indices of Forested Regions, Remote Sensing of Environment, 61: 139-149.

19- Tucker, C.J. (1979). Red and Photogra-

مناسبی برای شاخص های هواشناسی برای برآورد خشکسالی باشند.

منابع:

۱- باعقیده، محمد، علیجانی، بهلول و ضیائی، پرویز. (۱۳۸۹). بررسی امکان استفاده از شاخص NDVI در تحلیل خشکسالی های استان اصفهان، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره ۴، صص ۱۶-۱.

۲- پرویز، لاله، خلقی، محمد رضا، ولیزاده کامران، خلیل. (۱۳۸۸). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین حاصل از تصاویر ماهواره Terra - MODIS، چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، آذر ۱۳۸۸، کرمان: ۱۰۸۱-۱۰۱۷۳.

۳- جهانبخش اصل، سعید، ساری صراف، بهروز، خورشید دوست، علی محمد، رستم زاده، هاشم. (۱۳۸۸). ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره خشکسالی و ترسالی، فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال هفتم، شماره ۳، صص ۱۳۲-۱۱۷.

۴- چایچی، م. و شهابی فر، م. (۱۳۸۷). پایش خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخصهای ماهواره ای در استان تهران، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، ۲۰-۲۲ اسفند ماه ۱۳۸۷، دانشگاه زابل.

۵- خواجه، فاطمه. (۱۳۸۶). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) در استان اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

۶- رضایی مقدم، م، ولی زاده کامران، خ، رستم زاده، ه، رضایی، ع. (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده MODIS در برآورد خشکسالی، مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه. جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۱، صص ۵۲-۳۷.

۷- رحیم زاده، پرناز. (۱۳۸۴). بررسی امکان استفاده از تصاویر NOAA-AVHRR برای پایش خشکسالی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

۸- شمسی پور، علی اکبر، علوی پناه، کاظم، محمدی، حسین. (۱۳۸۹). بررسی کارایی شاخص های گیاهی و حرارتی ماهواره NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه



aphicInfraredLinearCombinationsforMonitoring Vegetation,Remote Sensing of Environment: 127-150.

20-Thenkabail, P.S., Enclona, E. A., Ashton, M. S., Legg, C., Jean De Dieu, M. (2004).The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia,International Water Management Institute, PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka.

21- Wilhite, D. A.(2000).Drought as a natural hazard. In: Wilhite, D. A (Editor), Drought: A Global Assessment, Routledge, London.

22-Zhang, M., Zhu, X., Fan, J., Li, G., Zhang, Y. (2009).Monitoring Drought Dynamics in Huanghuai Regionof China Using AVHRR-based Vegetation Health Indicesin Comparison with Ground Data,Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XI, Editedby Christopher M. U. Neale, Antonino Maltese, Proc. of SPIE10: 1131-1145.



Drought Monitoring Using a Combination of rainfall statistics and data from the MODIS / Terra Sensor

Osman Majidi Dashli Brun¹ – Kami Kabosi²

1- MA, Applied Meteorology Research Center, Golestan Meteorological Office

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Department of Agronomy, University Gorgan, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran

Abstract:

Drought is a complex phenomenon with different effects. Therefore, indicators are used to determine the severity and extent of drought. In this study, using data from Modis, Terra satellite and monthly rainfall data, the drought in Golestan province was investigated from 2009 to 2015. In this study, the Dev-NDVI and VCI indicators were examined. for calculating Dev-NDVI and VCI The NDVI was used And preparation drought maps for these indices from 2009 to 2015. As the results of these two indicators were different, the PN index was used and this indicator was calculated on a two-month time scale for 2015. In the following, the values of the indexes of Dev-NDVI and VCI in 2015 were extracted from images and correlated with them. Dev-NDVI's correlation coefficient with PN 0.6 and VCI correlation with PN 0.4. A meaningful level was also acceptable for Dev-NDVI. The Dev-NDVI's index, which is more correlated with rainfall, shows that in 2014 and 2015, the province was in severe drought. Due to the fact that satellite images have higher advantages than weather methods, such as more sampling points, broader coverage, and time resolution, using remote sensing knowledge in drought estimation is recommended.

Keywords: PN Index, Dev-NDVI Index, VCI Index.