

## ارزیابی ارتباط میان شاخص‌های گیاهی سنجنده MODIS و خشکسالی مراتع شمالی استان گلستان

سینا سرابی<sup>۱\*</sup>، علی حشمت‌پور<sup>۲</sup>، چوقی بایرام کمکی<sup>۳</sup> و ابوالفضل طهماسبی<sup>۲</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری، گروه منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران، پست الکترونیک: si.sarabii@gmail.com

۲- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

۳- استادیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۹

### چکیده

تحلیل خشکسالی و پارامترهای متأثر بر آن با استفاده از اطلاعات سنجش از دور توانمندی بالایی برای بهبود دانش علمی در مورد خصوصیات خشکسالی و تأثیرات این پدیده بر روی پوشش گیاهی دارد. تحقیق پیش‌رو با هدف بررسی ارتباط میان شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص SPI در مراتع شمالی استان گلستان انجام شد. بدین منظور ابتدا شاخص SPI در میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه مورد محاسبه قرار گرفت، سپس نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از مکانیزم پهنه‌بندی کریجینگ تهیه گردید. در مرحله بعد با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و پس از انجام اصلاحات مورد نیاز این نوع از سنجنده بر روی تصاویر از ۳ شاخص NDVI، SAVI و VCI، نقشه پوشش گیاهی تهیه گردید. همچنین به منظور تطابق زمانی داده‌های اقلیمی با تصاویر ماهواره‌ای، پایه زمانی مشترک ۹ ساله (۸۹-۱۳۸۰) مطابق با سال میلادی (۱۰-۲۰۰۲) انتخاب شد. در نهایت به منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های تصاویر ماهواره‌ای با شاخص SPI از ضرایب همبستگی و رگرسیون خطی استفاده گردید. نتایج نشان‌دهنده همبستگی متوسط و خوب میان شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص SPI در ماه‌های اوج رشد پوشش گیاهی بود. همچنین همبستگی میان شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین متحرک سه و شش ماهه در فصول غیر رشد پوشش گیاهی و در فصول رشد پوشش گیاهی با میانگین متحرک یک ماهه شاخص SPI بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، خشکسالی، زمان تأخیر، سنجش از دور، سنجنده MODIS، شاخص SPI.

### مقدمه

شاهد خشکسالی‌هایی گاه با شدت کمتر و گاه با شدت بیشتر بوده‌ایم (Kardavani, 2007). استان گلستان نیز از بروز خشکسالی‌ها در امان نبوده است. نوسان‌های وضعیت رطوبتی در سطح استان گلستان بسیار زیاد می‌باشد و نمی‌توان به طور قطع از وجود یک دوره مشخص در نوسان‌های رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود (Mosaedi et al., 2008).

به‌منظور کاهش خسارت حاصل شده از خشکسالی لازم

خشکسالی یک عارضه طبیعی غیر قابل پیش‌بینی می‌باشد که منشأ آن نقصان بارندگی در یک منطقه است. در میان سوانح طبیعی، خشکسالی به‌عنوان بالای طبیعی با خسارت‌های سنگین و تأثیرگذار بر زندگی مردم شناخته می‌شود (Wilhite, 1997). کشور ایران نیز همواره با خشکسالی‌های بزرگ و کوچک عجین بوده است. موقعیت جغرافیای و شرایط طبیعی کشور ما به گونه‌ای است که

پرداختند، نتایج پژوهش آنان نشان داد که نمایه CZI (China-Z Index) و Z-score نتایج مشابهی برای تمامی مجموعه‌های زمانی فراهم می‌کند. همچنین شاخص‌های Z-score و CZI به راحتی قابل مقایسه با SPI هستند. Ensafi Moghaddam (۲۰۰۷) شاخص‌های اقلیمی را در برآورد خشکسالی در حوضه دریاچه نمک مورد بررسی قرار داد، نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها در این پژوهش نشان داد که شاخص دهک و شاخص SPI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید را در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده و کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند.

تاکنون مطالعات انجام شده در این زمینه پیرامون اثر پارامترهای اقلیمی نظیر بارندگی بر میزان پوشش گیاهی در مواجهه با پدیده خشکسالی بوده است. اما Tucker (۱۹۷۹) جزء اولین محققانی بود که پیرامون مسائل مربوط به سنجش از دور و پوشش گیاهی اقدام به مطالعه نمود. وی با بررسی ترکیبات خطی عکس‌های مادون قرمز به پایش پوشش گیاهی پرداخت.

Davenport و Nicholson (۱۹۹۳) اقدام به بررسی ارتباط میان بارندگی و شاخص NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) در پوشش گیاهی مختلف در شرق آفریقا کردند، نتایج از مشابهت زیاد میان الگوهای فضایی و زمانی NDVI با بارندگی خبر داد. Schultz و Halpert (۱۹۹۳) به بررسی همبستگی مکانی دو پارامتر بارندگی و درجه حرارت هوا با شاخص NDVI پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد در مناطق گرم درجه حرارت نقش کمی در تعدیل چرخه فصلی رشد پوشش گیاهی دارد. در مقابل، در مناطق مرطوب که بارندگی بالای حد آستانه دریافت می‌کند پوشش گیاهی گاهی پاسخ مثبتی نشان نداده است. Nicholson و Farrar (۱۹۹۴) در پژوهش دیگری از اثر مثبت بارندگی بر روی پوشش گیاهی براساس نوع خاک و نوع پوشش گیاهی خبر دادند. Karabulut (۲۰۰۳) در پژوهش خود به بررسی ارتباط

است که خصوصیات خشکسالی شناخته شود. مشخصات خشکسالی کاربردهایی نظیر تحلیل و پیش‌آگاهی و خطر خشکسالی دارد که برنامه‌ریزی‌های پیش‌بینی و احتمالات وقوع را بهبود می‌بخشد (Kogan 1990). شاخص‌های خشکسالی از روش‌های کارآمد و پرکاربرد برای تحلیل انواع خشکسالی محسوب می‌شوند. شاخص‌های خشکسالی معادلات ریاضی هستند که خشکسالی را از یک یا چند متغیر از قبیل بارندگی و تبخیر و تعرق بصورت یک مقدار عددی گزارش می‌دهند (Zargar et al., 2011). خاصیت شاخص‌های خشکسالی در منعکس کردن شرایط و وقایع مختلف می‌باشد، آنها می‌توانند خشکی غیرمعمول هواشناسی را منعکس نمایند (بر مبنای بارندگی). همچنین تأثیرات خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژی را بر روی کاهش رطوبت خاک و کم شدن سطوح منابع آبی نشان دهند (Zargar et al., 2011).

پوشش گیاهی موجود در مراتع همواره تحت تأثیر عوامل اقلیمی نظیر میزان بارندگی، تبخیر و تعرق و رطوبت می‌باشد. بنابراین، خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد (Karabulut, 2003 و Ichii et al., 2002). همچنین به‌منظور غلبه بر مشکلات و محدودیت‌های بازدیدهای صحرایی برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی در سال‌های متمادی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گزینه معقولی بحساب می‌آید (Shamsipour et al., 2011). فناوری سنجش از دور می‌تواند در کاهش هزینه بازدیدهای میدانی و افزایش دقت در محاسبات نقش بسزایی داشته باشد، بنابراین، روز به روز بر اهمیت این فناوری در راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود (Yuan & long, 1995).

Guttman (۱۹۹۹) به مقایسه دو شاخص اقلیمی پالم و SPI پرداخت و عنوان کرد که مشخصات طیفی شاخص پالم در طول ایستگاه‌ها متفاوت است و منتقل می‌شوند، در حالی که شاخص SPI در طول ایستگاه‌های مختلف دارای مشخصات طیفی ثابتی بوده است. همچنین Wu و همکاران (۲۰۰۱)، به ارزیابی ۳ شاخص مهم و پرکاربرد اقلیمی

(۱۹۹۵) در مطالعه خود به ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه زاگرس با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای پرداختند. نتایج آنان نشان داد که روش کوکریجینگ برای پهنه‌بندی بهتر می‌باشد و تنها در دمای میانگین، روش وزن‌دهی عکس فاصله ارزیابی بهتری دارد. هدف از این پژوهش، بررسی ارتباط میان شاخص SPI (پارامتر اقلیمی) در میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه با شاخص‌های گیاهی نظیر NDVI, SAVI و VCI با استفاده از سنجنده MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) و در طی دوره ۸ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۲) در مراتع شمالی استان گلستان می‌باشد.

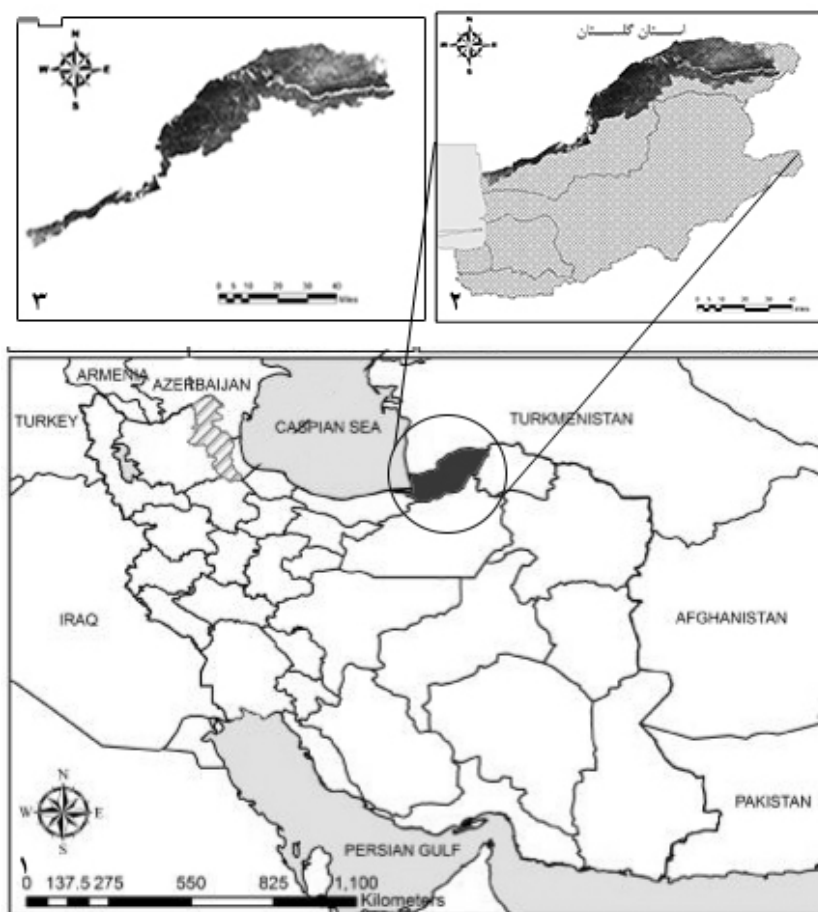
### مواد و روش‌ها

#### مشخصات منطقه مورد مطالعه

مراتع قشلاقی شمال استان گلستان به صورت نوار باریکی از ضلع شرقی دریای خزر شروع در امتداد مرز جمهوری ترکمنستان تا کوه‌های خشتلی و قازان‌قایه ادامه دارد (شکل ۱) و همه ساله از اوایل آذرماه لغایت اواخر اسفندماه مورد بهره‌برداری دامداران بومی منطقه و عشایر کرد خراسان قرار می‌گیرد. تیپ گیاهی مراتع قشلاقی در غرب استان بعلت همجواری بودن با دریای خزر و شوری خاک عمدتاً از نوع گیاهان شورپسند بوده و در شرق استان پوشش گیاهی آن را گراس‌های دائمی و بوته‌زارهای پوآ (Poa) و درمنه (Artemisia) تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

میان پوشش گیاهی و بارندگی با استفاده از اطلاعات Advanced Very High Resolution (AVHRR-NDVI Radiometer) پرداخت و اعلام کرد شاخص NDVI توانمندی بالایی برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی دارد که تأثیرپذیری زیادی نسبت به متغیرهای فصلی در شرایط آب و هوایی مختلف دارد. Wang و همکاران (۲۰۰۱) اقدام به بررسی تأثیرپذیری شاخص NDVI نسبت به بارندگی و دما در منطقه دشت بزرگ (Great Plain) مرکزی آمریکا کردند. آنان عنوان کردند که بین دما و NDVI در میانه‌های فصل رشد همبستگی ضعیفی وجود دارد. Zuo و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای دیگر با هدف بررسی ارتباط میان شاخص NDVI با پارامترهای اقلیمی در منطقه‌ای از چین از همبستگی مثبت شاخص NDVI با هر دو پارامتر بارندگی و دما (همبستگی بیشتر با دما) خبر دادند.

Jalili و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای به بررسی عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در پایش خشکسالی پرداختند. تجزیه و تحلیل نتایج آنان حکایت از وجود بهترین همبستگی بین شاخص‌های NDVI و SPI سه ماهه در مدل با متغیرهای موهومی (نوعی مدل رگرسیونی) دارد. Shamsipour و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود به بررسی کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه کاشان پرداختند. نتایج آنان نشان داد که محدوده مطالعاتی دارای پوشش فقیری بوده، همچنین نتایج اعتبارسنجی حاصل از شاخص‌های سنجنش از دوری، آزمون معنی‌داری آنها با شاخص‌های اقلیمی را نشان داد. Farajzadeh و همکاران



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه (به ترتیب: ۱- کشور ایران، ۲- استان گلستان و ۳- تصویر ماهواره‌ای محدوده منطقه مورد مطالعه)

#### روش تحقیق

#### محاسبه و تهیه نقشه پهنه‌بندی شاخص SPI

در این تحقیق به منظور بررسی خشکسالی از داده‌های بارندگی ماهانه ۲۳ ایستگاه از ۱۱۰ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی سراسر استان استفاده گردید (جدول ۱). ایستگاه‌های حذف شده فاقد آمار طولانی‌مدت بوده و یا دارای نواقص آماری بودند. سپس برای ایستگاه‌های منتخب اقلیمی به منظور تطابق زمانی با تصاویر ماهواره‌ای، پایه زمانی مشترک ۹ ساله (۱۳۸۹-۱۳۸۰) مطابق با سال میلادی (۲۰۱۰-۲۰۰۲) انتخاب گردید و داده‌های ماهانه شمسی به تاریخ میلادی تبدیل گردید تا فاصله زمانی ۱۱ روزه تغییر ماه‌ها میان تاریخ میلادی و شمسی رفع شود. آنگاه شرط بررسی همگنی داده‌ها برای تمامی ایستگاه‌ها اعمال شد. سپس بازسازی نواقص آماری برای داده‌ها انجام شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار DIP

(Drought Index Package) مقادیر شاخص SPI در سه میانگین متحرک یک، سه و شش ماهه محاسبه گردید. در نهایت به منظور پهنه‌بندی شاخص SPI پس از تعیین مناسب‌ترین مدل پهنه‌بندی که با استفاده از منحنی وریوگرام تجربی و مدل محاسباتی پهنه‌بندی انجام شد. روش کریجینگ به‌عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید. در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از مدل تهیه و با توجه به محدوده مراتع شمالی استان گلستان برش داده شد.

#### انتخاب سنجنده تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش از سنجنده MODIS با توجه به تفکیک مکانی و زمانی مناسب به منظور تحلیل رخدادهای خشکسالی استفاده شد. از میان محصولات ارائه شده سنجنده MODIS، محصول MOD09Q1 با تفکیک مکانی

۲۵۰ متر و تفکیک زمانی ۸ روزه در طول دوره ۹ ساله (۲۰۰۲-۲۰۱۰) انتخاب گردید (جدول ۲). تمام تصاویر ماهواره‌ای این محصول از مرکز فعال توزیع بایگانی زمین‌پردازش (LP DAAC: Archive Center) زمین‌پردازش (LP DAAC: Archive Center) تهیه گردید.

از سایت کاوشگر زمین (http://earthexplorer.usgs.gov) و اختصاصاً (Earth Explorer) (از زیر مجموعه سایت NASA) تهیه گردید.

جدول ۱- فهرست ایستگاه‌های اقلیمی منتخب استان گلستان

ردیف	نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		ارتفاع	اقلیم
		عرض	طول		
۱	تتگراه	۳۷-۲۷	۵۵-۴۴	۳۳۰	نیمه مدیترانه‌ای
۲	رباط قره‌بیل	۳۷-۲۱	۵۶-۱۸	۱۴۵۰	نیمه مدیترانه‌ای
۳	چشمه خان	۳۷-۱۸	۵۶-۰۷	۱۲۵۰	نیمه مدیترانه‌ای
۴	تمر	۳۷-۲۹	۵۰-۳۰	۱۳۲	نیمه مدیترانه‌ای
۵	گالیکش	۳۵-۱۵	۵۵-۲۷	۲۵۰	مدیترانه‌ای معتدل
۶	گنبد	۳۷-۱۴	۵۵-۰۹	۳۶	مدیترانه‌ای گرم و خشک
۷	بهلکه داشلی	۳۷-۰۴	۵۴-۴۷	۲۴	مدیترانه‌ای گرم
۸	نوده	۳۷-۰۴	۵۶-۱۵	۲۸۰	مدیترانه‌ای گرم
۹	ارازکوسه	۳۷-۱۳	۵۵-۰۸	۳۴۵	مدیترانه‌ای گرم
۱۰	قزاقلی	۳۷-۱۴	۵۵-۰۱	۳۰	مدیترانه‌ای گرم و خشک
۱۱	سد گرگان	۳۷-۱۲	۵۴-۴۴	۱۲	مدیترانه‌ای گرم و خشک
۱۲	باغه سالیان	۳۶-۰۷	۵۴-۴۰	۲۰	مدیترانه‌ای گرم
۱۳	تقی آباد	۳۶-۵۲	۵۴-۳۸	۱۰۰	مدیترانه‌ای گرم
۱۴	شصت کلاته	۳۶-۴۵	۵۴-۲۰	۱۵۰	مدیترانه‌ای معتدل
۱۵	وطنا	۳۶-۴۳	۵۳-۵۷	۱۰۰	مدیترانه‌ای معتدل
۱۶	زرینگل	۳۶-۵۳	۵۴-۵۷	۲۸۰	مدیترانه‌ای معتدل
۱۷	سیاه آب	۳۶-۴۹	۵۴-۰۳	-۲۶	مدیترانه‌ای معتدل
۱۸	اینچه برون	۳۷-۲۷	۵۴-۴۴	۱۰	نیمه‌بیابانی خفیف
۱۹	قلعه جیق	۳۷-۰۹	۵۴-۱۱	-۲۰	مدیترانه‌ای گرم و خشک
۲۰	مراوه تپه	۳۷-۵۵	۵۵-۵۷	-۲۰	مدیترانه‌ای گرم و خشک
۲۱	ترشکلی	۳۷-۴۱	۵۴-۴۹	۱۹۰	نیمه‌بیابانی خفیف
۲۲	قازاقایه	۳۷-۵۶	۵۶-۱۴	۲۳۰	نیمه‌بیابانی خفیف
۲۳	هوتن	۳۷-۵۷	۵۵-۳۱	۱۰۰	نیمه‌بیابانی شدید

جدول ۲- خصوصیات باندهای طیفی محصول MOD09Q1

باند انعکاسی و محدوده طیفی	واحد	نوع اطلاعات	ارزش کل	بازه قرارگیری	ضریب اصلاحی
باند ۱ / ۶۲۰-۶۷۰ نانومتر	طیفی	۱۶ بیت عدد صحیح	-۲۸۶۷۲	۱۶۰۰۰-۱۰۰	۰/۰۰۰۱
نانومتر	طیفی	۱۶ بیت عدد صحیح	-۲۸۶۷۲	۱۶۰۰۰-۱۰۰	۰/۰۰۰۱
۲۵۰ متر / باند کیفیت	بیت	۱۶ بیت غیر عدد صحیح	۶۵۵۳۵	۳۲۷۶۷-۰	NA

برای آماده سازی تصاویر تنها تغییر مختصات مکانی و اضافه کردن پارامتر اصلاحی مخصوص به تصاویر، محصول MOD09Q1 به منظور استخراج شاخص های پوشش گیاهی اعمال شد. در این پژوهش از سه شاخص SAVI, NDVI و VCI به منظور تحلیل خشکسالی در طول دوره ۸ ساله مورد بررسی در مراتع شمالی استان گلستان استفاده شد (جدول ۳).

بعد از تهیه تصاویر ماهواره ای در طول دوره مورد بررسی، با توجه به سطح سه محصول MOD09Q1 نیاز به انجام پیش پردازش های اولیه و برخی پردازش های معمول و سایر تصحیحات بر روی تصاویر ماهواره ای نبود. به طوری که هر پیکسل از تصاویر این محصول شامل بهترین پیکسل مشاهداتی انتخاب شده در سطح دو در طول دوره هشت روزه بر مبنای پوشش مشاهداتی بالا، کمترین زاویه مشاهداتی و کمترین پوشش ابرناکی و ذرات معلق می باشد.

جدول ۳- فرمول محاسباتی شاخص های مورد بررسی

شاخص	NDVI	VCI	SAVI
فرمول محاسبه			
دامنه تغییرات	۱- الی ۱	۰ الی ۱۰۰	۱- الی ۱

\*NIR باند انعکاسی مادون قرمز نزدیک و R باند مرئی قرمز می باشد، NDVI نشان دهنده مقدار عددی در ماه مورد نظر و  $NDVI_{min}$  و  $NDVI_{max}$  نشان دهنده کمترین و بیشترین مقدار مشاهده شده در ماه مورد نظر می باشد. L: برابر است با فاکتور تصحیح اثرات خاک.

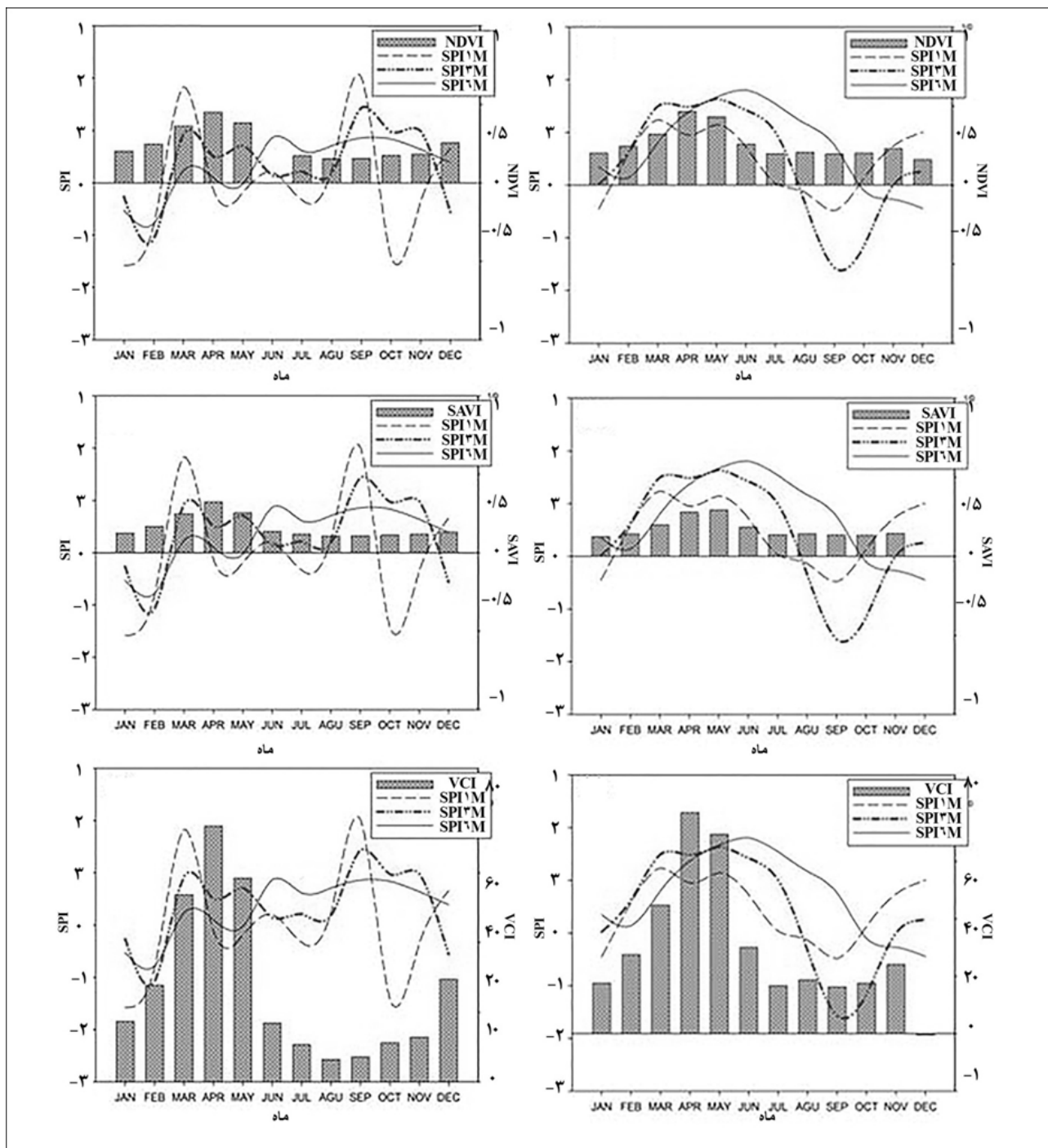
SAVI و VCI به عنوان متغیر وابسته و شاخص های SPI در ۳ میانگین متحرک یک، سه و شش ماهه به عنوان متغیر مستقل تعریف شدند.

### نتایج

#### بررسی انطباق عددی شاخص ها

نتایج حاصل از انطباق عددی شاخص های اقلیمی و گیاهی در دو سال (۲۰۰۳) به عنوان نماینده سال تر و سال ۲۰۰۸ به عنوان نماینده سال خشک) انتخاب گردید. شکل ۲ نشان دهنده تقارن مقادیر عددی شاخص ها در سال ۲۰۰۳ (نمودارهای سمت راست) و ۲۰۰۸ (نمودارهای سمت چپ) می باشد.

بررسی ارتباط میان شاخص های ماهواره ای با شاخص SPI بدین منظور، از اطلاعات مربوط به نقشه های پهنه بندی میانگین متحرک یک، سه و شش ماهه شاخص SPI و نقشه های ماهانه پوشش گیاهی حاصل از شاخص های SAVI, NDVI و VCI در نرم افزار ArcGIS (بصورت پیکسل به پیکسل) تابع نمونه (Sample) گرفته شد. پس از انجام این مرحله نقشه ها به مقادیر عددی تبدیل گردید. سپس برای بررسی ارتباط میان شاخص های ماهواره ای و اقلیمی در ابتدا ضریب همبستگی پیرسون به منظور بررسی توصیف همبستگی بین دو متغیر که با استفاده از مقیاس فاصله ای یا نسبی اندازه گیری شده اند، به کار برده شد؛ در نهایت رگرسیون خطی ساده مورد استفاده قرار گرفت تا میزان ارتباط هر یک از این شاخص ها با یکدیگر بدست آید. برای انجام این روش شاخص های ماهواره ای NDVI,



شکل ۲- تقارن مقادیر عددی شاخص‌های ماهواره‌ای در مقابل میانگین‌های متحرک شاخص SPI در سال ۲۰۰۳ (سمت راست) و سال ۲۰۰۸ (سمت چپ)

سال تر انتخاب گردید. نتایج خلاصه‌ای از ضرایب همبستگی در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۸ در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین ضرایب همبستگی میان شاخص‌ها در ۴ ماهه مارس، آوریل، مه و ژوئن ثبت شد.

بررسی همبستگی شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص SPI برای بررسی میزان همبستگی میان شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص SPI، دو سال ۲۰۰۸ (۸۷-۱۳۸۶) به‌عنوان سال خشک و سال ۲۰۰۳ (۸۲-۱۳۸۱) به‌عنوان

جدول ۳- خلاصه‌ای از نتایج همبستگی میان شاخص‌های پوشش گیاهی و میانگین‌های متحرک شاخص SPI

	۲۰۰۸ (نماینده سال خشک)		۲۰۰۳ (نماینده سال تر)	
	بیشترین (ماه)	کمترین (ماه)	بیشترین (ماه)	کمترین (ماه)
NDVI vs SPI <sub>1M</sub>	۰/۴۶۹ (آوریل)	-۰/۲۳۷ (ژانویه)	۰/۳۸۲ (مه)	-۰/۱۵۴ (ژوئیه)
NDVI vs SPI <sub>3M</sub>	۰/۳۵۶ (آوریل)	-۰/۲۰۲ (ژانویه)	۰/۴۲۲ (ژوئن)	-۰/۰۷۱ (اوت)
NDVI vs SPI <sub>6M</sub>	۰/۶۱۳ (اکتبر)	-۰/۱۷۳ (ژانویه)	۰/۴۲۳ (ژوئن)	-۰/۱۴۷ (سپتامبر)
SAVI vs SPI <sub>1M</sub>	۰/۴۳۴ (آوریل)	-۰/۳۹۲ (فوریه)	۰/۳۹۷ (مارس)	-۰/۱۱۰ (سپتامبر)
SAVI vs SPI <sub>3M</sub>	۰/۳۹۰ (مه)	-۰/۱۸۲ (ژانویه)	۰/۴۱۳ (ژوئن)	-۰/۱۳۳ (نوامبر)
SAVI vs SPI <sub>6M</sub>	۰/۴۱۰ (اکتبر)	-۰/۱۲۵ (ژانویه)	۰/۴۴۴ (ژوئن)	-۰/۱۳۵ (سپتامبر)
VCI vs SPI <sub>1M</sub>	۰/۶۴۴ (مه)	-۰/۴۸۰ (ژانویه)	۰/۳۰۹ (مه)	-۰/۴۱۹ (سپتامبر)
VCI vs SPI <sub>3M</sub>	۰/۵۶۱ (آوریل)	-۰/۴۱۱ (ژانویه)	۰/۲۸۳ (مه)	-۰/۳۵۶ (اوت)
VCI vs SPI <sub>6M</sub>	۰/۶۷۰ (آوریل)	-۰/۴۳۹ (ژانویه)	۰/۶۷۰ (مه)	-۰/۴۵۶ (سپتامبر)

قسمت بود که در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج این شاخص همبستگی بهتری را با میانگین متحرک یک ماهه و بعد سه ماهه و در نهایت شش ماهه شاخص SPI نشان داد. بیشترین ضرایب تبیین در این شاخص در مقابل میانگین متحرک یک ماهه SPI ثبت گردید. ضمن اینکه همانند شاخص NDVI، در این شاخص نیز مقادیر ثبت شده در کل استان گلستان مقادیر بیشتری را نسبت به مراتع نوار شمالی ثبت کرد.

در نهایت شاخص VCI در برابر میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه شاخص SPI ضرایب تبیین مناسبی را ثبت کرد (شکل ۵). نتایج ثبت شده در این شاخص از همبستگی مناسب شاخص با میانگین متحرک سه ماهه SPI خبر داد. به نحوی که بیشترین ضرایب تبیین در میانگین متحرک سه ماهه در سالهای ۲۰۰۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ ثبت شد. این شاخص نیز همانند دو شاخص دیگر ضرایب همبستگی پایین‌تر مراتع نوار شمالی را نسبت به کل استان گلستان نشان داد.

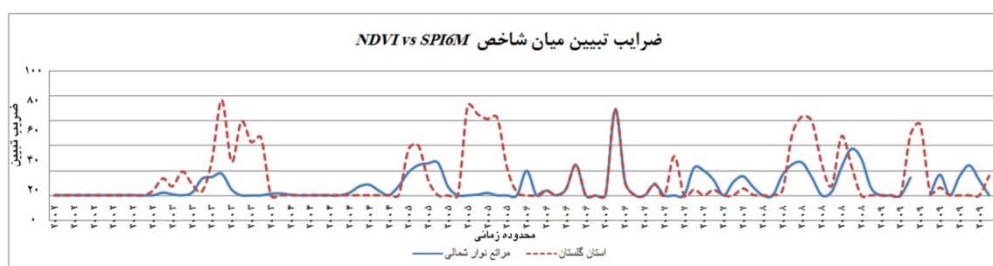
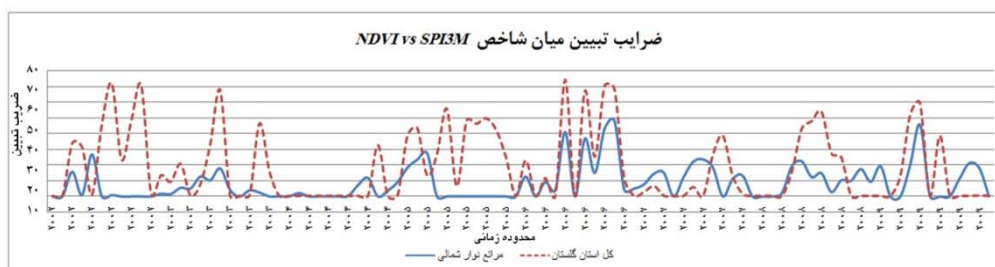
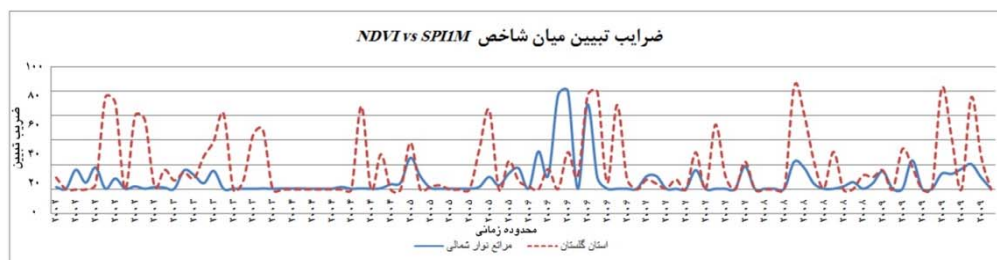
بطور کلی مقادیر ثبت شده در سه شاخص پوشش گیاهی NDVI، SAVI و VCI در برابر سه میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه شاخص SPI از همبستگی بهتر شاخص NDVI نسبت به دو شاخص دیگر با شاخص SPI خبر داد. پس از شاخص NDVI شاخص VCI و در نهایت شاخص SAVI همبستگی بهتر و مناسب‌تری را با میانگین‌های متحرک شاخص SPI نشان دادند.

### بررسی سری زمانی ضرایب تبیین

به منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه، شاخص SPI ضرایب تبیین میان این شاخص در دو محدوده کل استان گلستان و مراتع نوار شمالی ایجاد و ارائه گردید. بدین منظور اطلاعات آماری بدست آمده از بررسی ضرایب تبیین در قالب نمودار نشان داده شد. محور افقی نشان‌دهنده محدوده زمانی در طول دوره آماری و محور عمودی نشان‌دهنده مقدار ضرایب تبیین در سطح دو منطقه کل استان گلستان و مراتع شمال شرق استان می‌باشد. شکل ۳ نشان‌دهنده ضرایب تبیین میان شاخص NDVI با میانگین متحرک ۱، ۳ و ۶ ماهه شاخص SPI است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، ضرایب تبیین کل استان گلستان نسبت به مراتع نوار شمالی استان گلستان مقادیر بیشتری را دربر دارد. همچنین بیشترین ضرایب همبستگی در سال ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ ثبت گردید. به طوری که ضرایب تبیین شاخص NDVI با میانگین متحرک ۳ ماهه SPI نسبت به میانگین متحرک یک ماهه افزایش نسبی را نشان می‌دهد (شکل ۳). به طور کلی شاخص NDVI با میانگین متحرک سه ماهه SPI همبستگی بهتری را نشان داد. در نتیجه این موضوع را می‌توان متذکر شد که با توجه به این نتیجه پوشش سبز گیاهی منطقه متأثر از بارندگی سه ماه قبل خود خواهد بود.

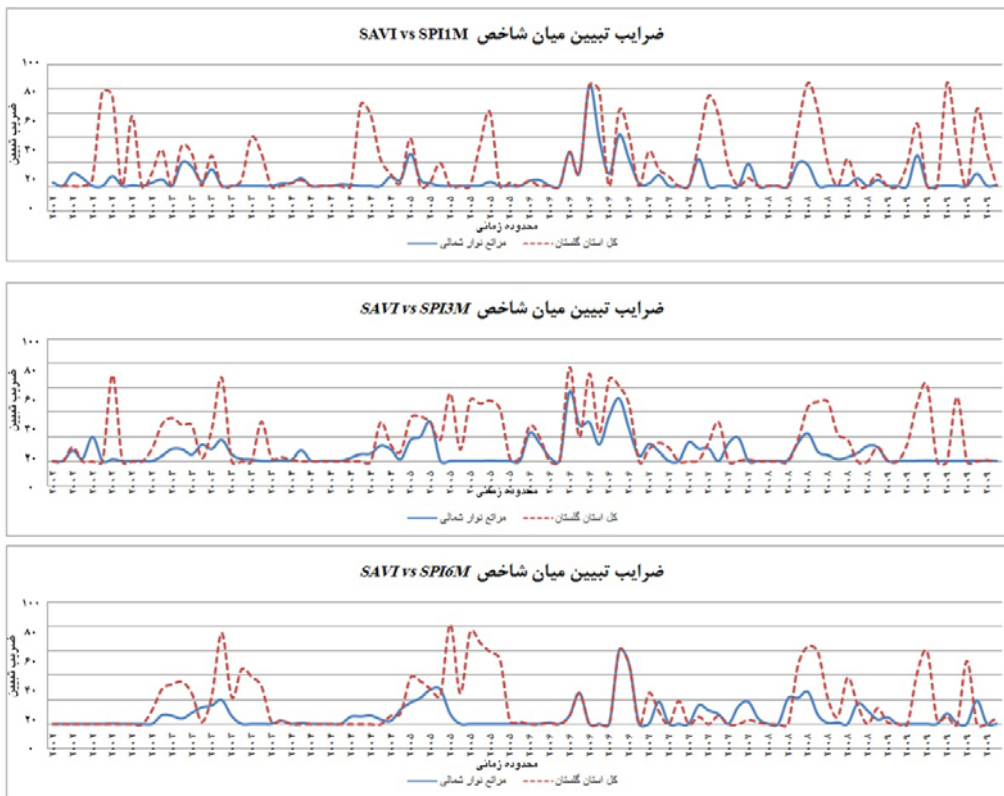
شاخص SAVI دیگر شاخص مورد بررسی در این



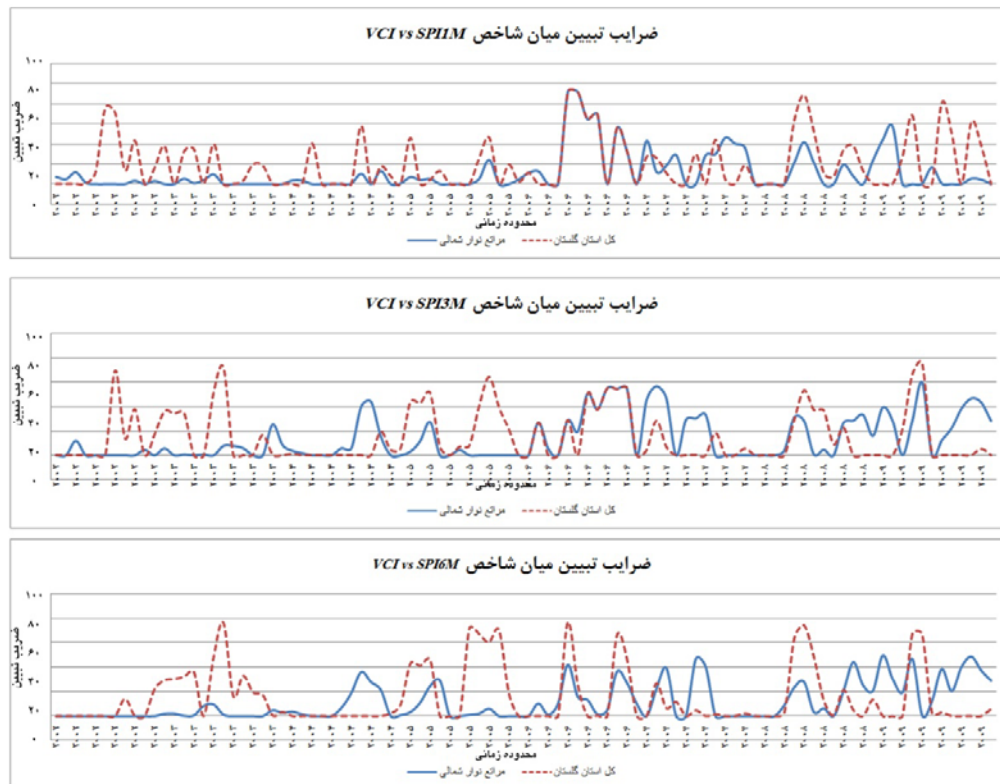


شکل ۳- سری زمانی مقادیر ضرایب تبیین شاخص NDVI در مقابل میانگین‌های متحرک ۱ (شکل بالا)، ۳ (شکل میانی) و ۶ ماهه (شکل پایینی)

شاخص SPI



شکل ۴- سری زمانی مقادیر ضرایب تبیین شاخص SAVI در مقابل میانگین‌های متحرک ۱، ۳ و ۶ ماهه شاخص SPI



شکل ۵- سری زمانی مقادیر ضرایب تبیین شاخص VCI در مقابل میانگین‌های متحرک ۱، ۳ و ۶ ماهه شاخص SPI

## بحث

بررسی انطباق مقادیر عددی شاخص‌های ماهواره‌ای با میانگین‌های متحرک شاخص SPI نشان‌دهنده تشابه در گزارش رخدادهای خشکسالی و ترسالی بوده است. به طوری که در سال ۲۰۰۳ که تقریباً سال مرطوب را سپری کرده است. مقادیر گزارش شده خشکسالی توسط شاخص SPI در ۹ ماه اول در نیمه بالایی نمودار دیده می‌شود. این در حالیست که میانگین شاخص NDVI در ۹ ماه اول این سال مقادیری بالای ۰/۴ را ثبت کرده است (شکل ۲). شاخص SAVI برآوردهای کمتری را نسبت به شاخص NDVI ثبت کرد و نسبت به میانگین‌های متحرک شاخص SPI تشابه کمتری را نشان داد. شاخص VCI در برابر رخداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها از حساسیت بیشتری برخوردار بود. به طوری که بیشترین مقدار ثبت شده این شاخص در ماه آوریل با ثبت عدد ۸۰/۹ و کمترین مقدار این شاخص در سال ۲۰۰۳ عدد ۲۸/۸ به ثبت رسید. بطور کلی شاخص VCI عملکرد نزدیک‌تری نسبت به شاخص SPI داشت.

سال ۲۰۰۸ که به‌عنوان نماینده یک سال خشک در این تحلیل گنجانده شد، دارای نوسان‌های زیادی بود، که نوسان‌ها باعث شد که از میزان تشابه عملکردهای شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص SPI تا حدود زیادی کاسته شود. نتایج نشان داد با شروع فصل رویش پوشش گیاهی مراتع قشلاقی (مارس، آوریل، می) در استان گلستان میانگین مقادیر شاخص‌های پوشش گیاهی روند افزایشی را نشان می‌دهد، همزمان مقادیر شاخص SPI در این سه ماه روند افزایشی را طی می‌کند.

اما در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر (مهر، آبان و آذر) می‌توان مشاهده کرد که شاخص SPI مقادیر بالایی را با توجه به وجود بارندگی پاییزه در این ماه‌ها ثبت کرده است، اما بدلیل مقارن بودن این سه ماه با کاهش خصوصیات انعکاسی طیفی پوشش گیاهی و با در نظر داشتن فصل ریزش و زردشدن برگ درختان و همچنین نبود پوشش گیاهی مرتعی در مراتع قشلاقی، شاخص‌های پوشش گیاهی

مقادیر کمی را ثبت کردند. در طی این ۳ ماه، بین عوامل آب و هوایی با تأکید بر بارندگی و پوشش گیاهی رابطه معکوس وجود دارد (شکل ۱). بنابراین با توجه به شروع فصل رویش گیاهان مرتعی در آذرماه در مراتع شمالی استان گلستان و همچنین افزایش میزان بارندگی در افزایش ضرایب همبستگی در این ماه‌ها معقول بنظر می‌رسد.

نتایج حاصل از بررسی ارتباط میان شاخص‌های پوشش گیاهی با سه میانگین متحرک یک، سه و شش ماهه شاخص SPI در سال ۲۰۰۸ (۸۶-۱۳۸۷) نشان داد که شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین‌های متحرک یک، سه و شش ماهه در دو ماه ژانویه و فوریه مقادیر منفی را ثبت کرد که نشان‌دهنده رابطه معکوس میان شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص‌های اقلیمی می‌باشد که به این معناست که با افزایش مقادیر بارندگی لزوماً پوشش گیاهی افزایش نمی‌یابد (جدول ۴).

در نهایت نتایج حاصل از بررسی ارتباط میان شاخص‌های گیاهی با شاخص اقلیمی SPI حکایت از وجود ارتباط مثبت میان این شاخص‌ها با یکدیگر داشت. به طوری که وجود ارتباط مثبت میان پارامترهای اقلیمی با پوشش گیاهی در تحقیقات متعددی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است (Wang et al., 2001, Yang et al., 2006) و (Liu et al., 2008).

نتایج حاصل از بررسی پاسخ گیاه نسبت به نوسان‌های آب و هوایی حکایت از افزایش ضرایب همبستگی در ماه‌هایی از سال داشت که در فصل رویش و جوانه‌زنی گیاهان قرار دارد. همچنین این ضرایب همبستگی در ماه‌هایی از سال که در آن پوشش گیاهی وجود دارد، کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. طی دهه‌های گذشته مطالعات انجام شده در رابطه با پاسخ گیاه نسبت به نوسان‌های آب و هوایی حکایت از ارتباط نزدیک شاخص‌های ماهواره‌ای به ویژه شاخص NDVI با نوسانهای بارش داشت (Malo & Nicholson, 1990 و Nicholson & Davenport, 1993). Zuo و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که شاخص NDVI همبستگی مثبتی با هر دو پارامتر بارندگی و دما

(همبستگی بیشتر با دما) دارد.

فاصله اوج پارامترهای اقلیمی با پاسخ اوج شاخص‌های پوشش گیاهی مسئله مهم دیگری بود که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت که اصطلاحاً زمان تأخیر پاسخ پوشش گیاهی را نسبت به پارامترهای اقلیمی یعنی بارندگی را با استفاده از میانگین‌های متحرک شاخص SPI مورد بررسی قرار می‌دهد. بطور کلی اثر فاصله زمانی بین گیاه و بارش پیچیده می‌باشد که در بیلان آبی علاوه بر دو عامل میزان بارش و حرارت، عامل بستر خاک نیز مهم است. سبزی‌نگی پوشش گیاهی نیز بر دسترسی و حصول آب و نیاز آبی گیاه وابسته است که خود این عامل به نوع بافت خاک منطقه و میزان رطوبت ذخیره‌ای در آن بستگی دارد. به‌رحال نتایج این تحقیق نشان داد که همبستگی میان شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین متحرک سه و شش ماهه در فصول غیر رشد پوشش گیاهی بیشتر است. این مسئله نشان‌دهنده این است که پاسخ پوشش گیاهی در این ماه‌ها متأثر از بارندگی سه و شش ماهه گذشته خود می‌باشد. اما در فصل رشد پوشش گیاهی همبستگی میان شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین متحرک یک ماهه مقادیر بالاتری را نسبت به میانگین‌های سه و شش ماهه نشان می‌دهد؛ به خصوص در فصل اوج رشد پوشش گیاهی در مراتع قشلاقی استان گلستان، یعنی نواحی شمال و شمال‌شرقی استان پاسخ پوشش گیاهی ایجاد شده با بارندگی یک ماهه گذشته همبستگی بالاتری را نشان می‌دهد. این مسئله نشان‌دهنده این است که پوشش گیاهی ایجاد شده با یک زمان تأخیر یک ماهه بوجود آمده است و متأثر از بارندگی یک ماهه گذشته خود می‌باشد. Goward و Prince (۱۹۹۵) در مطالعه خود فاصله زمانی از چندین روز تا یکسال و حتی بیشتر را به‌عنوان پاسخ گیاه نسبت به پارامترهای اقلیمی گزارش کردند. Potter و Brooks (۱۹۹۸) در مطالعه خود فاصله زمانی یک تا دو ماهه را میان پاسخ گیاه نسبت به بارندگی عنوان کردند. Richard و Pocar (۱۹۹۸) نیز تأخیر زمانی یک تا دو ماهه شاخص NDVI را نسبت به بارندگی گزارش دادند. جلیلی و

همکاران (۱۳۸۷)، از وجود بهترین همبستگی بین شاخص‌های NDVI و SPI سه ماهه در مدل متغیرهای موهومی خبر دادند.

این پژوهش با هدف بررسی میزان ارتباط میان شاخص‌های ماهواره‌ای (پارامتر پوشش گیاهی) با میانگین‌های متحرک شاخص SPI (پارامتر اقلیمی) انجام شد. با توجه به نتایج می‌توان به این موضوع اذعان داشت که پارامترهای پوشش گیاهی همواره متأثر از اقلیم و پارامترهای مؤثر بر آن بوده است؛ اما میزان ارتباط شاخص‌های برآوردکننده خشکسالی (اقلیمی و ماهواره‌ای) و میزان ارتباط آنها با یکدیگر همواره با توجه به فصول رشد و غیر رشد پوشش گیاهی و خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها، دستخوش نوسان بوده است. اما بهترین نتایج و همبستگی‌ها در فصول رشد پوشش گیاهی همزمان با شروع بارندگی و در مواقع ترسالی‌ها بدست آمد. بنابراین قدر مسلم آن که می‌توان در آینده با بررسی کمی و جزئی‌تر پارامترهای پوشش گیاهی (مانند تاج‌پوشش، تراکم و ...) و اقلیمی (نظیر دما، رطوبت و ...)، در بلندمدت اقدام به ایجاد سیستم‌های پیش‌آگاهی خشکسالی نمود تا از خسارت‌های این پدیده کاست.

### منابع مورد استفاده

- Davenport, M. L. and Nicholson, S. E., 1993. On the relation between rainfall and the Normalized Difference vegetation index for diverse vegetation types in east Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 2369-2389
- Ensafi Moghaddam, T., 2007. An investigation and assessment of climatological indices and determination of suitable index for climatological droughts in the Salt Lake basin of Iran. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 14 (2): 271-288.
- Farajzadeh, M., Mvhdansh, A. S. and Ghaemi, M., 1995. Drought in Iran (using some statistical parameters). *Agricultural Science*, 5(1&2): 31-51.
- Guttman, N. B., 1999. Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, John Wiley & Sons, 35(2): 311-322.
- Goward, S. G. and Prince. S. D, 1995. Transient effects of climate on vegetation dynamics: Satellite

- Schultz, P. A. and Halpert, M. S., 1993. Global correlation of temperature, NDVI and precipitation. *Advances in Space Research*, 13(5): 277-280.
- Shamsipour, A. A. and AlaviPanah, S. K., Mohammadi, H., 2011. Efficiency of vegetation and thermal indices of NOAA-AVHRR satellite in ecological drought analysis of Kashan region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(3): 445-465.
- Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*. 8(2): 127-150.
- Wang, P., Li, X., Gong, J. and Song, C., 2001. Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring. *Geoscience and Remote Sensing Symposia International, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, USA*, 27-30 June: 141-143.
- Wilhite, D., 1997. The enigma of drought, Chapter 1, 3-17. In: Wilhite D., (Eds.) *Drought assessment, management, and planning, theory and case studies*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Wu, H., Hayes, M., Weissm A. and Hu, Q., 2001. An evaluation of the standardized precipitation index, the china-z index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21: 745-758.
- Yuan, J. and Long, L., 1995. Study on forest vegetation classification with remote sensing. *Journal of Hebei Normal University (Natural Science)*, 23: 274-278.
- Yang, W., Shabanov, N. V., Huang, D., Wang, W., Dickinson, R. E., Nemani, R. R., Knvazikhin, Y. and Myneni, R. B., 2006. Analysis of leaf area index products from combination of MODIS Terra and Aqua Data. *Remote Sensing of Environment*, 104: 297-312.
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B. and Faisal, K., 2011. A review of drought indices. *NRC Research Press Environment*, 19: 333-349.
- Zou, C., Chen, H., Liu, Y., Xu, X. and Wags, S., 2005. Variations of NDVI and the relationship with climate in Huang-Huai-Hai Region of China in 1981-2001. *Remote sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability II*, San Diego, California, USA, 31 July.
- observations. *Journal of Biogeography*, 22: 549-563.
- Ichii, K., Kawabata, A. and Yamaguchi, Y., 2002. Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982-1990. *International Journal of Remote sensing*, 23: 3873-3878.
- Jalili, N., A disciple, S. and Ziaeiian Firoozabadi, C., 2008. Comparison of satellite and meteorological parameters Mlrkd in drought monitoring. *Journal of Soil and Water Research*, 39(1): 139-149.
- Karabulut, M., 2003. An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR- NDVI data. *Turk Journal of Botany*, 27: 93-101.
- Kardavani, P., 2007. *Iran drought and how to fight it*. Publication of Tehran University, Iran, 392p.
- Kogan, F. N., 1990. Remote sensing of weather impacts on vegetation/in non-homogeneous areas. *International Journal of Remote Sens*, 11(8): 1405-1419.
- Liu, L., Xiang, D., Zhou, Z. and Dong, X., 2008. Analyses the modification functions of the drought monitoring model based on the cloud parameters method. In *2008 Congress on Image and Signal Processing, IEEE, China*, 27-30 May: 687-691.
- Malo, A. R. and Nicholson, S. E., 1990. A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sahel using normalized difference vegetation index. *Journal of Arid Environments*, 35: 195-214.
- Mosaedi, A., Khalili Zade, M. and Mohammadi, A., 2008. Drought monitoring in Golestan province. *Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources*, 15(2):190-198.
- Nicholson, S. and Farrar, T., 1994. The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall and soil moisture in semiarid Botswana, NDVI response to soil moisture. *Remote Sensing of Environment*, 50:121-133.
- Potter, C. S. and Brooks, V., 1998. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, 15:2921-2948.
- Richard, Y. and Pocard, I., 1998. A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and inter annual rainfall variations in southern Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2907-2920.

## Relationship between MODIS vegetation indices and drought in northern rangelands of Golestan province

S. Sarabi<sup>1\*</sup>, A. Heshmatpour<sup>2</sup>, B. Komaki<sup>3</sup> and A. Tahmasebi<sup>2</sup>

1\*-Corresponding author, M.Sc. in Range Management, Department of Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran, Email: si.sarabii@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran

3-Assistant Professor, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan Agricultural and Natural Resources University, Iran

Received:2/4/2014

Accepted:8/2/2015

### Abstract

Analysis of drought and factors affecting it using remote sensing data has a high potential to improve scientific knowledge about the properties of drought and the effects of this phenomenon on vegetation. The present study was aimed to investigate the relationship between satellite indices and the SPI index in northern rangeland of Golestan province. For this purpose, SPI index in one, three, and six month- moving averages was calculated and then zoning maps were prepared using kriging. Then, using MODIS images and the corrections, required for this type of sensor, made on the images, a vegetation map was prepared using the indices of NDVI, SAVI and VCI. In order to synchronize the climate data with satellite images, a 9 -year-old common time base was selected . Finally, in order to investigate the relationship between vegetation indices with the SPI indices correlation coefficient and linear regression were used. The results indicated a good correlation between satellite indices and SPI indices in the peak months of vegetation growth. In addition, correlation between vegetation cover indices and three and six-month moving average in non-growing season, and with a one-month moving average of SPI in growing season was higher.

**Keywords:** Vegetation cover, drought, lag time, remote sensing, MODIS sensor, SPI index.