

اثرهای خشکسالی بر تغییرات پوشش مرتعی با تأکید بر شاخص‌های دورسنجی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سلفچگان - نيزار)

وحید ویسی^۱، منصوره قوام^{۲*} و ام‌البنین بذرافشان^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، پست الکترونیک: mghavam@kashanu.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۶

چکیده

پوشش مرتعی به‌عنوان یکی از مهمترین اجزای اکوسیستم مناطق خشک به‌شمار می‌رود و تعیین تغییرات پوشش گیاهی مرتعی تحت تأثیر خشکسالی و ترسالی امری ضروری به نظر می‌رسد. تحقیق پیش‌رو با هدف بررسی ارتباط میان شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص SPI در مراتع قم انجام شد. بدین منظور ابتدا شاخص SPI در میانگین‌های متحرک یک، سه، ۵ و ۷ ساله مورد محاسبه قرار گرفت. در مرحله بعد با استفاده از تصاویر سنجنده لندست و پس از انجام اصلاحات مورد نیاز این نوع از سنجنده بر روی تصاویر، از سه شاخص NDVI، MSAVI و EVI نقشه پوشش گیاهی تهیه گردید. در نهایت به‌منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های تصاویر ماهواره‌ای با شاخص SPI از ضرایب همبستگی استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده همبستگی متوسط و خوب میان شاخص‌های ماهواره‌ای MSAVI با شاخص SPI در ماه‌های اوج رشد پوشش گیاهی با میانگین متحرک یک ماهه شاخص SPI بیشتر بود. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این است که برای برآورد خشکسالی کشاورزی از طریق سنجنش‌ازدور، شاخص MSAVI روش بسیار مناسبی بوده و در مناطقی که ایستگاه‌های هواشناسی به‌صورت پراکنده بوده (و یا اصلاً وجود ندارد) می‌توان از این مدل برای برآورد خشکسالی استفاده کرد. زیرا تعداد نقاط نمونه‌برداری در تصاویر ماهواره‌ای بسیار بیشتر از تعداد ایستگاه‌های هواشناسی است.

واژه‌های کلیدی: پایش خشکسالی، تصاویر ماهواره‌ای، شاخص پوشش گیاهی، تصاویر لندست، مرتع.

مقدمه

عجین بوده است. پایش خشکسالی یکی از عوامل مهم و کلیدی در مدیریت خشکسالی، به‌ویژه در مناطق مستعد و در معرض خطر خشکسالی است. هدف کلی پایش خشکسالی، تهیه و تأمین اطلاعاتی است که مردم و سازمان‌های مسئول در جهت انجام فعالیت‌هایی که باعث افزایش ضریب اطمینان برنامه‌ریزی‌ها و کاهش

خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که در همه شرایط اقلیمی و در همه مناطق کره زمین به‌وقوع می‌پیوندد. اما اثرها و فراوانی آن در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بیشتر نمایان می‌شود (Bazrafshan et al., 2016). البته کشور ایران نیز همواره با خشکسالی‌ها

خسارت‌های ناشی از خشکسالی می‌شوند را تشویق کند. بیشتر سیستم‌های پایش خشکسالی عمدتاً بر مبنای داده‌های هواشناسی استوار است. این سیستم‌ها به‌عنوان مرحله نخست در ارزیابی خشکسالی نقش ارزشمندی را ایفا می‌کنند (Nateghi et al., 2017). داده‌های سنجش از دور، به‌دلیل حصول برداشت و پهنه وسیعی را که دربرمی‌گیرد، در بسیاری از مطالعات خشکسالی رو به افزایش است (Rezaei Banafsheh et al., 2015). پوشش گیاهی موجود در مراتع همواره تحت تأثیر عوامل اقلیمی مانند میزان بارندگی، تبخیر و تعرق و رطوبت است. بنابراین، خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد (Ichi et al., 2002). اما به‌دلیل اثرهای وسیع این پدیده بر پوشش گیاهی امکان پایش به نوعی مشکل‌ساز است. امروزه استفاده از سنجش از دور یکی از روش‌هایی است که برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این تکنولوژی با اندازه‌گیری تشعشع خاص پوشش گیاهی، امکان شناخت تغییرات بازتاب ناشی از خشکسالی را در گیاهان فراهم می‌سازد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات خشکسالی تطابق بسیار خوبی با روش‌های تحلیل آب و هوایی نشان می‌دهند (Farajzadeh, 2005).

یکی از مؤثرترین شاخص‌ها در بررسی تغییرات و پایش پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده اختلاف گیاهی پوشش (NDVI) است که نخستین بار توسط Tucker (۱۹۷۹) به‌عنوان شاخص سلامت تراکم پوشش گیاهی مطرح گردید. این شاخص به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی، برآورد محصولات کشاورزی و تشخیص خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Chena et al., 2011). شاخص گیاهی بارز شده برای بهبود شاخص NDVI بوسیله بهینه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح کردن سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر اتمسفر شامل ذرات معلق توسعه یافته است (Huete et al., 1997). از دیگر شاخص‌ها در این زمینه می‌توان به شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص شرایط دمایی پوشش گیاهی (VTCl)، شاخص پوشش - خاک تنظیم شده (SAVI) و شاخص پوشش - خاک تنظیم شده اصلاح شده (MSAVI) اشاره نمود. در زمینه کاربرد سنجش از دور و شاخص‌های دورسنجی پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با نوسان‌های اقلیمی مثل خشکسالی و ترسالی مطالعات متعددی در ایران و جهان انجام شده است که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد.

Mozaiani و Yamani (۲۰۰۸) در مطالعه ویژگی‌های مرفولوژی و مقایسه تغییرات پوشش گیاهی کویر سیاهکوه با استفاده از داده‌های سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست به این نتیجه رسیدند که تغییرات انجام شده در سطح کویر در طی دوره ده‌ساله هر چند جزئی بوده اما یکنواخت نبوده است. همچنین بررسی‌ها نشان داد که شاخص NDVI برای بررسی پوشش گیاهی بهترین شاخص می‌باشد. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS از دو شاخص NDVI و SPI استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین میانگین شاخص‌ها همبستگی بالایی وجود دارد. Rezaei Banafsheh و همکاران (۲۰۱۵) برای بررسی تأثیر کاهش بارش بر خشکسالی کشاورزی از شاخص‌های VCI و NDVI و شاخص SPI استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این است که برای برآورد خشکسالی کشاورزی از طریق سنجش از دور، شاخص VCI روش بسیار مناسبی بوده و در مناطقی که ایستگاه‌های هواشناسی به‌صورت پراکنده بوده و یا اصلاً وجود ندارد، می‌توان از این مدل برای برآورد خشکسالی استفاده نمود. زیرا تعداد نقاط نمونه‌برداری در تصاویر ماهواره‌ای بسیار بیشتر از تعداد ایستگاه‌های هواشناسی است. Nateghi و همکاران (۲۰۱۶) به مقایسه کارایی شاخص‌های VCI، MSAVI، NDVI و SAVI در برآورد پوشش گیاهی در مانگرو قشم پرداختند. نتایج

یکی از مؤثرترین شاخص‌ها در بررسی تغییرات و پایش پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده اختلاف گیاهی پوشش (NDVI) است که نخستین بار توسط Tucker (۱۹۷۹) به‌عنوان شاخص سلامت تراکم پوشش گیاهی مطرح گردید. این شاخص به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی، برآورد محصولات کشاورزی و تشخیص خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Chena et al., 2011). شاخص گیاهی بارز شده برای بهبود شاخص NDVI بوسیله بهینه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح کردن سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر اتمسفر شامل ذرات معلق توسعه یافته است (Huete et al., 1997). از دیگر شاخص‌ها در این زمینه می‌توان به شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص شرایط دمایی پوشش گیاهی (VTCl)، شاخص پوشش - خاک تنظیم شده (SAVI) و شاخص پوشش - خاک تنظیم شده اصلاح شده (MSAVI) اشاره نمود. در زمینه کاربرد سنجش از دور و شاخص‌های دورسنجی پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با نوسان‌های اقلیمی مثل خشکسالی و ترسالی مطالعات متعددی در ایران و جهان انجام شده است که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد.

یکی از مؤثرترین شاخص‌ها در بررسی تغییرات و پایش پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده اختلاف گیاهی پوشش (NDVI) است که نخستین بار توسط Tucker (۱۹۷۹) به‌عنوان شاخص سلامت تراکم پوشش گیاهی مطرح گردید. این شاخص به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی، برآورد محصولات کشاورزی و تشخیص خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Chena et al., 2011). شاخص گیاهی بارز شده برای بهبود شاخص NDVI بوسیله بهینه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح کردن سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر اتمسفر شامل ذرات معلق توسعه یافته است (Huete et al., 1997). از دیگر شاخص‌ها در این زمینه می‌توان به شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص شرایط دمایی پوشش گیاهی (VTCl)، شاخص پوشش - خاک تنظیم شده (SAVI) و شاخص پوشش - خاک تنظیم شده اصلاح شده (MSAVI) اشاره نمود. در زمینه کاربرد سنجش از دور و شاخص‌های دورسنجی پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با نوسان‌های اقلیمی مثل خشکسالی و ترسالی مطالعات متعددی در ایران و جهان انجام شده است که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد.

می‌پردازد. در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای موجود (لندست ۸) و توانمندی‌های بالای آن به‌منظور پایش تغییرات پوشش گیاهی، از شاخص NDVI، MSAVI و EVI برای پایش تغییرات پوشش گیاهی و از شاخص SPI برای پایش خشکسالی هواشناسی استفاده می‌گردد.

مواد و روش‌ها

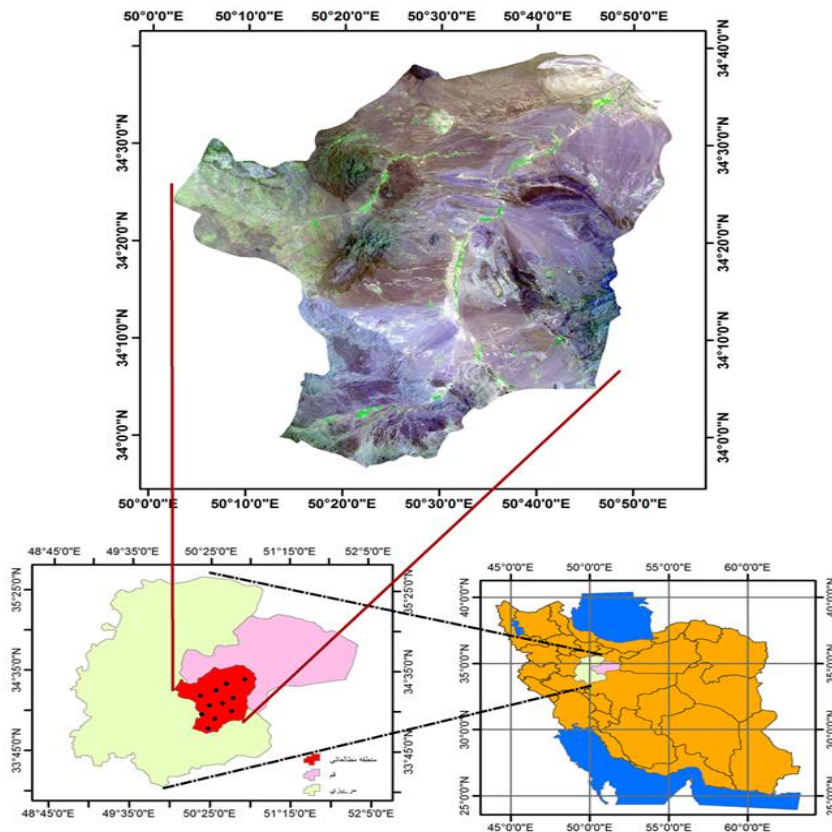
منطقه مورد مطالعه

دشت سلفچگان - نیزار یکی از دشت‌های استان قم می‌باشد. این دشت در جنوب غربی شهر قم واقع شده و در شرق آن ارتفاعات اردهال و در غرب آن کوه سخت حصار قرار دارد. این دشت جزء حوضه رودخانه قم‌رود می‌باشد و به‌دلیل ظرفیت‌های قابل ملاحظه اقتصادی-اجتماعی و به‌ویژه توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، در سال‌های اخیر از اهمیت زیادی برخوردار بوده است (Ahmadi et al., 2013). محدوده مطالعاتی سلفچگان-نیزار یکی از زیرحوضه‌های اصلی حوضه آبریز دریاچه نمک کشور (ایران) است، وسعت این محدوده در حدود ۳۷۲۴ کیلومترمربع است. تیپ گیاهی غالب شامل *Stipa hohenackeriana* - *Artemisia sieberi* - *Buffonia macrocarpa* و *Stipa hohenackeriana* - *Acantolimon Artemisia sieberi* - *tragacanthinum* است که عمدتاً گیاهان بوته‌ای و علفی هستند. گونه‌های غالب دیگر در منطقه شامل: *Boissiera squarrosa*, *Psathyrostachys fragilis*, *Bromus tectorum*, *Xeranthemum annuum* و *Ziziphora tenuior* هستند (Arzani et al., 2006).

آنان نشان داد که شاخص VCI و MSAVI کارایی بالاتری نسبت به بقیه دارد.

محققان در مطالعه‌ای در دریاچه‌های گاردا و منتوا در شمال ایتالیا به کاربرد شاخص NDVI و WAVI و ارزیابی عملکرد آنها با شاخص‌های جدید NDAVI، SAVI و EVI پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص‌های جدید مزیت‌های بیشتری نسبت به شاخص‌های قبلی دارند. به‌طور خاص شاخص NDAVI و WAVI نمرات حساسیت به پارامتر شاخص سطح برگ بالاتر از نمرات شاخص‌های قبلی است. علاوه‌براین، این دو شاخص توانایی بالاتری برای تفکیک پوشش گیاهی زمینی از آبی دارند. شاخص NDAVI برای پوشش گیاهی با تراکم کم و WAVI برای پوشش گیاهی با تراکم متوسط و زیاد مناسب‌تر می‌باشند (Villa et al., 2014). محققان در بررسی ارتباط بین شاخص SPI با شاخص VCI و NDVI در راجستان هند، گزارش کردند که شاخص VCI همبستگی بسیار خوبی با تغییرات خشکسالی و ترسالی دارد و پیشنهاد نمودند برای نشان دادن خشکسالی کشاورزی در مناطق با خشکسالی‌های مکرر، از شاخص فوق استفاده شود (Dutta et al., 2015). همچنین در تحقیقی دیگر در شمال اتیوپی (Gidey et al., 2018) از شاخص‌های VHI، NDVI، VCI و TCI استفاده گردید. نتایج نشان داد که همه شاخص‌ها همبستگی بالایی با شاخص SPI دارند، اما شاخص VHI برای منطقه مورد مطالعه برای درک بهتر تغییرات خشکسالی هواشناسی موثرتر است.

نظر به اهمیت بیابان‌های داخلی و پوشش گیاهی منحصربه‌فرد آن، تحقیق فوق به ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی تحت خشکسالی طی بازه زمانی ۳۰ ساله



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان و نقاط برداشت شده

جدول ۱- مشخصات ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده

نام ایستگاه	طول دوره آماری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین بارش (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
قم	۲۰۱۵-۱۹۸۵	۵۰°۵۱'	۳۴°۴۲'	۱۴۸	۸۷۷/۴

روش تحقیق

شاخص SPI

مراحل اجمالی تحقیق به شرح زیر است.

- استخراج داده‌های بارندگی ماهانه و تصحیح نواقص آماری: در این تحقیق به منظور بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در منطقه مورد مطالعه از آمار بارندگی ایستگاه سینوپتیک قم که دارای دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۵) است، استفاده گردید.

- تشکیل مجموعه‌های زمانی در مقیاس یکساله با استفاده از نرم‌افزار Excel و نرم‌افزار متلب استخراج گردید.
- برازش توزیع آماری گاما بر مجموعه‌های بارندگی حاصل از مرحله قبل و محاسبه احتمالات تجمعی توزیع گاما: مجموعه‌های زمانی حاصل از مرحله قبل با توزیع گاما برازش داده می‌شود.
- تابع توزیع گاما بصورت تابع چگالی احتمال یا فراوانی زیر تعریف شده است.

$$g(x) = \frac{1}{B^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/B} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$\alpha > 0$ ، پارامتر شکل است.

$\beta > 0$ ، پارامتر مقیاس است.

$X > 0$ مقدار بارندگی و

$\Gamma(\alpha)$ ، تابع گاما بوده و بوسیله رابطه زیر محاسبه می‌شود.

رابطه (۲)

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

- استخراج متغیر تصادفی Z یا SPI مربوط به هر مقدار بارندگی در سطوح هم‌احتمال از منحنی احتمالات تجمعی نرمال با استفاده از رابطه زیر

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

- تغییر شکل هم‌احتمال توزیع تجمعی گاما به نرمال: پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم‌احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z (یا SPI) با میانگین صفر و واریانس یک انجام می‌شود.

رابطه (۳)

P_i : مقدار بارندگی در مقیاس i ام؛ \bar{P} : مقدار متوسط بارندگی در دوره آمار و SD : انحراف معیار. کلاس کیفی شاخص فوق به صورت جدول ۲ است.

جدول ۲- کلاس‌بندی خشکسالی براساس شاخص بارندگی استاندارد شده (McKee et al., 1993)

مقادیر SPI	کلاس خشکسالی
۰ تا -۱	خشکسالی ملایم
-۱ تا -۱/۵	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۲	خشکسالی شدید
کمتر از -۲	خشکسالی بسیار شدید

محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی

برای محاسبه شاخص‌های دورسنجی پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست مربوط به ماه می در ۸ مقطع زمانی طی بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) با پیسکل سائز ۳۰×۳۰ متر استفاده شد (جدول ۳). در این مطالعه برای آماده‌سازی تصاویر از نرم‌افزار ENVI،

تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر انجام شد و پس از آن باندهای ۱۳ و ۱۶ میکرومتر برای شاخص NDVI برای هر سال محاسبه گردید. سپس در Modelmaker نرم‌افزار ERDAS، برای هر سال شاخص VCI و MSAVI محاسبه گردید (جدول ۴) و برای طبقه‌بندی نتایج و خروجی گرفتن از تصاویر از ARC GIS استفاده گردید.

در این تحقیق برای تهیه نقشه پوشش اراضی منطقه، با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی نمونه‌های تعلیمی در ۱۱ نقطه تهیه شد. نمونه‌های تعلیمی به دو دسته تقسیم‌بندی گردید. یک دسته برای استفاده در طبقه‌بندی و دسته دوم برای بررسی صحت طبقه‌بندی استفاده شد. به این صورت که پیکسل‌ها برای هر کلاس به دو قسمت ۷۵٪ و ۲۵٪ تقسیم گردید. بدین صورت که ۷۵ درصد پیکسل‌ها در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت و

ارزیابی درستی طبقه‌بندی بر روی ۲۵ درصد بقیه پیکسل‌ها انجام شد. این کار برای کاهش اثر همبستگی هر پیکسل انجام گردید. در واقع کنار گذاشتن ۲۵٪ پیکسل‌های نمونه تعلیمی و عدم استفاده از آن در طبقه‌بندی اولیه باعث مستقل کردن دو فرایند طبقه‌بندی و ارزیابی درستی طبقه‌بندی گردید (Mahini et al., 2012).

جدول ۳- تاریخ دانلود تصاویر ماهواره‌ای لندست

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تاریخ دانلود	۰۵ می ۱۹۸۵	۲۴ می ۱۹۸۹	۲۲ می ۱۹۹۱	۰۹ می ۱۹۹۸	۲۸ می ۲۰۰۲	۰۴ می ۲۰۰۸	۲۹ می ۲۰۱۱	۲۴ می ۲۰۱۵

جدول ۴- تعیین امتیاز شاخص‌های معیار خاک در مدل ESAs

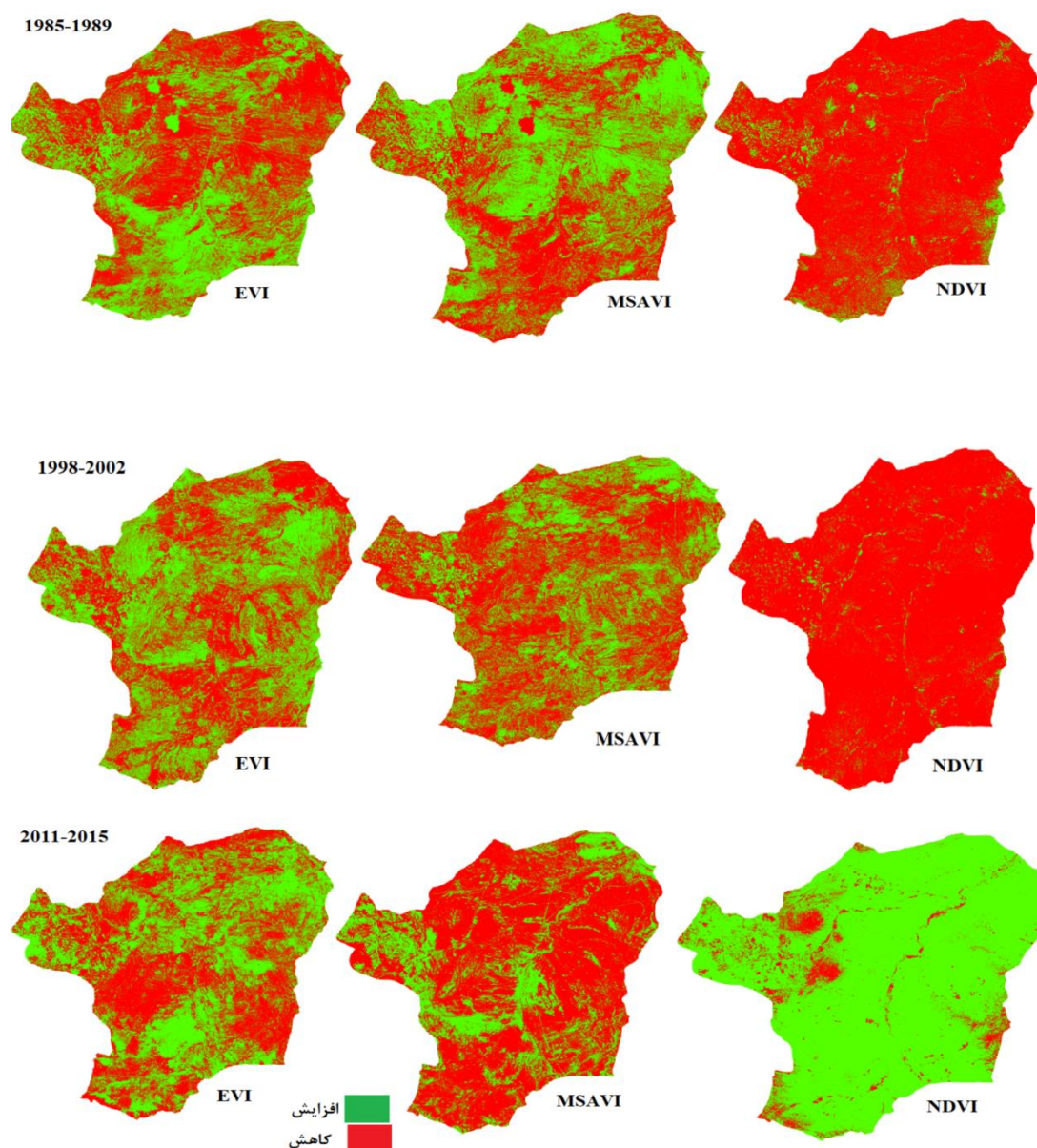
شاخص	باند های مورد استفاده	معادله استخراج NDVI	معادله استخراج MSAVI	معادله استخراج EVI
TM	۱	$\frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + ETM_3}$	$\frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + ETM_3 + L} (1 + L)$	$2.5 + \frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + 6ETM_3 - 7.5ETM_1 + 1}$
	۳			
	۴			
ETM+	۱	$\frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + ETM_3}$	$\frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + ETM_3 + L} (1 + L)$	$2.5 + \frac{ETM_4 - ETM_3}{ETM_4 + 6ETM_3 - 7.5ETM_1 + 1}$
	۳			
	۴			
OLI	۲	$\frac{OLI_5 - OLI_4}{OLI_5 + OLI_4}$	$\frac{OLI_5 - OLI_4}{OLI_5 + OLI_4 + L} (1 + L)$	$2.5 + \frac{OLI_5 - OLI_4}{OLI_5 + 6OLI_4 - 7.5OLI_2 + 1}$
	۴			
	۵			

*: L برابر است با ۱.

نتایج

به طوری که شاخص فوق در دو دوره ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۹ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ بیشترین میزان کاهش تاج پوشش و در دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۵ بیشترین میزان افزایش تاج پوشش را نشان می‌دهد. دو شاخص MSAVI و EVI تغییرات را نسبتاً مشابه نمایش می‌دهند. دوره‌های خشک و تر در دو شاخص فوق تقریباً مشابه و شرایط تقریباً نرمالی را از نظر خشکسالی نشان می‌دهند.

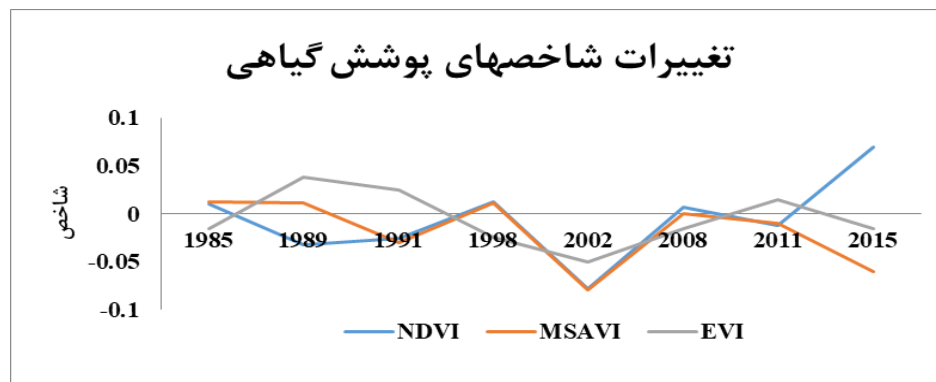
بررسی تغییرات پوشش گیاهی با شاخص‌های دورسنجی نقشه پایش تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، MSAVI و EVI در شکل ۲ ارائه شده است. به عنوان نمونه NDVI نسبت به MSAVI و EVI تغییرات کاملاً متفاوتی را نشان می‌دهد. در سایر سال‌های نمونه نیز به همین منوال است. بیشترین میزان تغییرات کاهش پوشش گیاهی یا دوره‌های خشکی، مربوط به شاخص NDVI است،



شکل ۲- پایش تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی در حوزه آبخیز سلفچگان - نيزار

زمینی، بین مقادیر برآورد شده و مقادیر مشاهده شده شاخص‌های $RMSE$ و R^2 محاسبه گردید. جدول ۵ نشان‌دهنده صحت بالای نتایج حاصل از شاخص‌های دورسنجی در برآورد تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است.

شکل شماره ۳ روند تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی $NDVI$ ، $MSAVI$ و EVI را در حوزه آبخیز سلفچگان - نيزار نشان می‌دهد. مقادیر شاخص‌ها عموماً دارای روند مشابه بوده و در سال ۲۰۰۲ جهشی ناگهانی در مقادیر دیده می‌شود که تغییرات در $MSAVI$ و EVI تغییرات مشابهی هستند. برای بررسی صحت شاخص‌های دورسنجی با مقادیر



شکل ۳- نقشه تغییرات سه شاخص مورد بررسی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۵- ضرایب همبستگی مشاهداتی زمینی و مقادیر تخمین زده شده

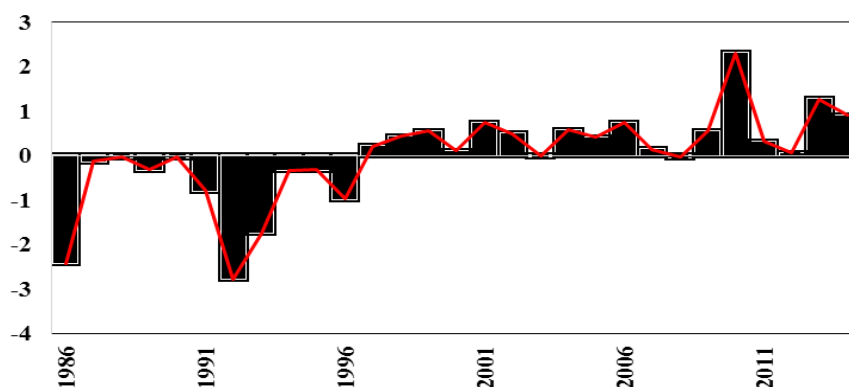
آموزشی		تست		شاخص
RMSE	R ²	RMSE	R ²	
۲/۵۸	۰/۸۷	۲/۹۹	۰/۵	NDVI
۲/۴	۰/۸۹	۳/۱	۰/۵۱	MSAVI
۲/۴۵	۰/۸۸	۳/۱	۰/۵۰۱	EVI

برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های پوشش گیاهی با مقادیر میانگین متحرک SPI از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. نتایج در جدول ۶ ارائه شده است. طبق نتایج بدست آمده بالاترین همبستگی بین مقادیر SPI در مقیاس زمانی یکساله با مقادیر MSAVI وجود دارد. به طور کلی سایر شاخص‌ها ضریب همبستگی معکوس با مقادیر خشکسالی دارند، اما در مورد شاخص فوق ضرایب مثبت و با افزایش مقیاس میانگین متحرک همبستگی کاهش می‌یابد. بدان معنی که اثرهای درازمدت خشکسالی بر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه حداقل یکسال و حداکثر ۷ سال است. در واقع این ویژگی مناطق خشک و نیمه خشک است که در صورت بروز خشکسالی مکرر و عدم مدیریت طبیعت، پوشش گیاهی بسیار آسیب‌پذیر بوده و حتی با بروز یک دوره خشکسالی کوتاه‌مدت، به سرعت واکنش نشان می‌دهد.

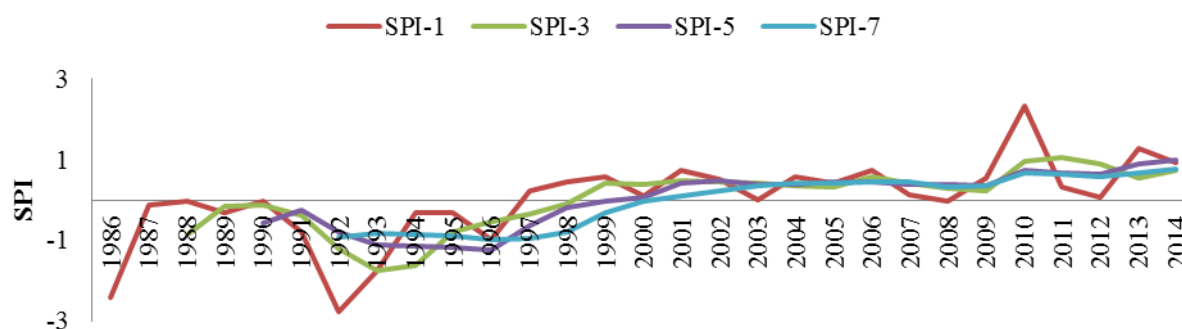
بررسی وضعیت خشکسالی و ارتباط آن با تغییرات پوشش گیاهی

تغییرات SPI طی دوره مورد مطالعه در شکل ۴ نمایش داده شده است. بر این اساس، یک دوره طولانی تر و یک دوره خشک مشاهده می‌شود که دوره خشک از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ (ده سال) تداوم دارد و دوره تر از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۵ ادامه می‌یابد. شدیدترین خشکسالی مربوطه به سال ۱۹۹۲ و شدیدترین ترسالی مربوط به سال ۲۰۱۰ است. نتایج نشان می‌دهد، طی سال‌های گذشته منطقه مورد مطالعه عموماً شرایط ترسالی و نرمال را تجربه کرده است. برای بررسی اثر تجمعی کاهش و یا افزایش رطوبت خاک بر تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه از پنجره زمانی متحرک SPI سالانه استفاده گردید تا اثر تأخیری تغییرات پوشش با توجه به تغییرات بارش ارزیابی گردد. شکل ۵ مقادیر میانگین متحرک شاخص SPI را در پنجره‌های زمانی ۳، ۵ و ۷ ساله نمایش می‌دهد.

SPI



شکل ۴- تغییرات شاخص SPI سالانه در ایستگاه سینوپتیک قم



شکل ۵- شاخص SPI برای ایستگاه سینوپتیک قم در بازه ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴ و میانگین متحرک (۳-۵-۷ ساله)

جدول ۶- ضریب همبستگی شاخص‌های دورسنجی پوشش گیاهی با شاخص SPI

سال	NDVI	MSAVI	EVI
SPI-1	-۰/۲۱	۰/۸۶*	-۰/۲
SPI_3	-۰/۴۴	۰/۱۴	-۰/۲۱
SPI_5	-۰/۲۴	۰/۱۲	-۰/۲۷
SPI_7	۰/۱۹	۰/۰۴	-۰/۶۲

بالایی دارد و به‌طور کلی در سایر سال‌ها نیز نسبت به سایر شاخص‌ها همبستگی بالایی نشان می‌دهد. از این رو براساس نتایج بدست‌آمده، می‌توان گفت شاخص MSAVI قابلیت بالایی در نمایش منطقه به لحاظ تغییرات پوشش گیاهی، خاک لخت و شرایط خشکسالی دارد.

پس از محاسبه هریک از شاخص‌ها (EVI, NDVI, MSAVI)، ضریب همبستگی هریک از شاخص‌ها با شاخص خاک لخت مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۷). نتایج نشان داد که شاخص MSAVI با ضریب همبستگی ۰/۹۵ در سال ۱۹۸۵ و ۰/۹۲ در سال ۲۰۰۲ همبستگی

جدول ۷- مقایسه ضریب همبستگی شاخص‌های پوشش گیاهی با شاخص خاک لخت در سال‌های مورد مطالعه

سال	NDVI	MSAVI	EVI
۱۹۸۵	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۱
۱۹۸۹	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۸۲
۱۹۹۱	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۴
۱۹۹۸	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹
۲۰۰۲	۰/۷۷	۰/۹۲	۰/۷۸
۲۰۰۸	۰/۷۱	۰/۸۷	۰/۶۵
۲۰۱۱	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۷۴
۲۰۱۵	۰/۷	۰/۸۸	۰/۷۱

بحث

بالاترین همبستگی را شاخص MSAVI با SPI در مقیاس زمانی یکساله دارد. بدین مفهوم که اثرهای خشکسالی اقلیمی پس از گذشت یکسال، تأثیر خود را بر پوشش بوته‌ای و علفی منطقه مورد مطالعه می‌گذارد. این در حالی است که طبق گزارش در بررسی اثرهای خشکسالی بر پوشش جنگلی توسط Giriraj (۲۰۰۸) این تأخیر ۳ تا ۵ سال ادامه می‌یابد. در جمع‌بندی نهایی، با توجه به اینکه شاخص MSAVI شاخص مناسبی برای پایش مکانی و زمانی خشکسالی و پوشش گیاهی در حوزه آبخیز سلفچگان- نیزار است، می‌توان از شاخص فوق برای پایش، ارزیابی و هشدار خشکسالی استفاده کرد. این نتایج با نتایج شاخص پژوهش Nateghi و همکاران (۲۰۱۶ و ۲۰۱۷)، در بررسی تغییرات پوشش گیاهی اراضی مرتعی مطابقت دارد. ویژگی‌های خشکسالی ممکن است با گذشت زمان در اثر تغییرات اقلیمی دچار تغییر شوند. با پایش وضعیت رطوبتی دوره حال حاضر می‌توان به مدیریت این پدیده برای کاهش اثرها و شدت خسارتهای آن در سطوح مختلف جامعه کمک و راهکارهایی برای سازگاری با پیشامدهای محتمل به دست آورد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روش بسیار مناسبی برای تحلیل خشکسالی در مناطق مختلف کشور (ایران) می‌باشد. مزیت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، کاربرد آنها در مناطقی است که یا در آنها ایستگاه‌های هواشناسی وجود

در تحقیق فوق کارایی سه شاخص NDVI، MSAVI و EVI در تحلیل خشکسالی در مراتع قم مورد استفاده قرار گرفت. براین مبنای SPI در مقیاس ۱، ۳، ۵ و ۷ ساله با استفاده از ایستگاه سینوپتیک قم محاسبه گردید و مقادیر شاخص‌های فوق از تصاویر لندست طی دوره آماری ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ استخراج شد. نتایج بررسی خشکسالی در ایستگاه مورد نظر نشان داد، از سال ۱۹۸۶ (شروع دوره آماری) تا سال ۲۰۰۰ منطقه با خشکسالی مواجه بوده و پس از آن دارای شرایط نرمال و حدوسط بوده و سال ۲۰۱۰ شدیدترین ترسالی رخ داده است. تغییرات شاخص MSAVI نیز بیشتر بصورت تغییرات نرمال تا زیرنرمال را نشان می‌دهد. نتایج ضریب همبستگی هر یک از شاخص‌ها با شاخص خاک لخت نشان داد، شاخص MSAVI با خاک لخت همبستگی بالایی دارد. بدان معنی که قدرت تفکیک شاخص فوق بین پوشش گیاهی و خاک نسبت به سایر شاخص‌ها قابل قبول‌تر است. نتایج تحقیقات Arzani و همکاران (۲۰۱۰)؛ Ghaemi و همکاران (۲۰۱۰)؛ Allbed و همکاران (۲۰۱۴) و Fatiha و همکاران (۲۰۱۴) نیز مؤید این مطلب است که شاخص فوق برای اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی مناسب است. نتایج نشان داد، شاخص پرکاربرد NDVI کمترین همبستگی را با مقادیر شاخص SPI داشته و

indices from multi-dates satellite images: Application to a semi-arid area in Algeria. *International Conference-Advancements in Renewable Energy and Clean Environment*, 667 – 675.

- Ghaemi, M., Snaei nejad, S. H., Astaraei, A. R. and Mirhoseini, P., 2010 Investigation and comparison of different vegetation indices using ETM+satellite images for vegetation studies in the plain of Neyshabur, Khorasan Razavi. *Journal of Field Crops Research*, 8: 127-137.
- Gidey, E., Dikinya, O., Sebego, R., Segosebe, E. and Zenebe, A., 2018. Using drought indices to model the statistical relationships between meteorological and agricultural drought in raya and its environs, Northern Ethiopia. *Journal of Earth Systems and Environment*, 1-15.
- Giriraj, A., Ullah, M. I., Murthy, M. R and Beierkuhnlein, C., 2008. Modelling spatial and temporal forest cover change patterns (1973-2020): a case study from South Western Ghats (India). *Journal of Sensors*, 8: 6132-6153.
- Huete, A. R., Liu, H., Batchily, K. and Leeuwen, W., 1997. A Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 59(3):440-451
- Ichi, 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.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17(22): 179-183.
- Mahini, A.S, Nadali, A., Feghhi, J. and Riazi, B., 2012. Classification of forest areas of Golestan province by maximum likelihood method using ETM + satellite images 2001. *Journal of Environmental Science and Technology*, 3 (14): 47-56.
- Nateghi, S., Nohegar, A. and Ehsani. A. and Bazrafshan, O., 2016. Coastal deserts Land use change detection using vector analysis during the years 2001 to 2014 (Case study: Qeshm Island). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23 (2): 404-416.
- Nateghi, S., Nohegar, A., Ehsani, A. and Bazrafshan, O., 2017. Evaluating the vegetation changes upon vegetation index by using remote sensing, *Iranian Journal of Range and Desert research*, 24(4): 778-790.
- Rezaei Banafsheh, M., Rezaee, A. and Faridpur, M., ندارد و یا به صورت پراکنده هستند، به طوری که می توان در چنین مناطقی از این داده ها برای برآورد خشکسالی کشاورزی با دقت و سرعت بالا استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, J., Akhoondi, L, Abasi, H., Khasheie Siuki, A. and Alimadadi, M., 2013. Determination of aquifer vulnerability using drastic model and applied analysis A single parameter sensitivity and knockout (case study: Plain Salafchegan –Neizar). *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 20(3): 1-25.
- Allbed, A., Kumar, L. and Aldakheel, Y., 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Journal of Geoderma*, 230-231:1-8.
- Arzani, H., Adnani, S. M. Bashari, H., Azimi M., Bagheri, H., Akbarzadeh, M. and Kaboli S. H., 2006. Monitoring vegetation and production of steppe pastures in Qom during a six-year period. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13 (4): 296-313.
- Arzani, H., Noori, S., Kaboli, S. H., Moradi, H. R. and Ghelichnia, H., 2010. Determination of suitable indices for vegetation cover assessment in summer rangelands in south of mazandaran. *Journal of the Iranian Natural Research*, 61 (4): 997-1016.
- Bazrafshan, A., Mahmoodzadeh, F. and Bazrafshan, J., 2016. Evaluation of drought trends based on the standardized precipitation index standardized evapotranspiration in Iran's southern coast. *Journal of Desert Management*, (8): 69-54.
- Chena, T, qing Niu, R. Wang, Y. pei Zhang, L. and Du, B., 2011., Percentage of vegetation cover change monitoring in wuhan region Based on remote sensing. 3rd International Conference on Environmental Science and Information, 10:1466-1472.
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N. R., Saha, S. K. and 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 Science*, 18(1): 53-63.
- Farajzadeh, M., 2005. Drought from concept to solutions. National Geographical Organization Publication, Tehran, 112p.
- Fatiha, A., Latifa, A., Mohamed, H. and Spatio, E., 2014. Temporal analysis of vegetation by vegetation

- Aquatic vegetation indices assessment through radiative transfer modeling and linear mixture simulation. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 30: 113-127.
- Yamani, M. and Mozaiani, A., 2008. Siahkoo level changes and desert vegetation using remote sensing data. *Geographical Studies*, 64: 1-12.
 - Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*, 8(2): 150
 - Villa, P., Mousivand, A. and Bresciani, M., 2014. 2015. Analysis of agricultural drought indices province with an emphasis on remote sensing and vegetation. *Journal of Soil and Water Science*, 25 (1): 113-123.
 - Villa, P., Mousivand, A. and Bresciani, M., 2014.

Drought impacts on rangeland vegetation cover with an emphasis on remote sensing indices (Case Study: Salafchegan – Neizar Watershed)

V. Vaisi¹, M. Ghavam^{2*} and O. Bazrafshan³

1-Former M.Sc. Student in Combat Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran

2*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran Email: maghavam@kashanu.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran

Received:07/07/2018

Accepted:02/20/2019

Abstract

Rangeland vegetation is one of the most important components of arid ecosystems and it is necessary to determine changes in rangeland vegetation under drought and wet years. The present study aimed to investigate the relationship between satellite indices and SPI index in Qom rangelands. For this purpose, the SPI index was calculated in moving averages of 1, 3, 5 and 7 years. In the next step, using Landsat images and after making the necessary adjustments to the images, the vegetation map was prepared using NDVI, MSAVI and EVI indices. Finally, correlation coefficients were used to investigate the relationship between satellite image indices and SPI index. The results showed a moderate and good correlation between MSAVI satellite indices and SPI index at peak vegetation growth months with a one month moving average of SPI index. The results of this study show that to estimate agricultural drought through remote sensing, the MSAVI index is a very suitable method and can be used for estimating drought in areas where meteorological stations are scattered (or nonexistent). Because the number of sampling points in satellite images is far greater than the number of meteorological stations.

Keywords: Drought monitoring, satellite images, vegetation index, Landsat images, rangeland.