



که فاقد آمار بارندگی می‌باشند، ارائه می‌کند.
واژگان کلیدی: خشک‌سالی مرتعی، سنجنده، MODIS
NDVI، بارش، SPI، غرب ایران

بررسی خشک‌سالی مرتعی غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹

مقدمه

از جمله نشانه‌های خشک‌سالی می‌توان به کاهش قابل توجه بارش، رطوبت خاک، رویش و رشد گیاهان اشاره کرد. شروع خشک‌سالی به طور معمول با کاهش بارندگی همراه است که این مرحله به خشک‌سالی هواشناسی موسوم می‌باشد. با کمبود بارش و توزیع نامناسب آن، رطوبت خاک کاهش می‌یابد و رویش گیاهان مرتعی و کشت دیم تحت تاثیر قرار می‌گیرد و خشک‌سالی مرتعی و دیم آغاز می‌شود. آب مهم‌ترین عامل محدودکننده زیست بوم‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود [۱۶]. توزیع نامناسب بارش از نظر زمانی وضعیت پوشش گیاهی را به ویژه در بخش پوشش مرتعی و کشاورزی دیم تحت تاثیر قرار می‌دهد. برداشت داده‌های زمینی پرهزینه بوده و در برخی مناطق کوهستانی به طور عمل غیرممکن است. در اکثر مناطق کشور تراکم ایستگاه‌های هواشناسی پایین می‌باشد و دوره آماری مناسبی را پوشش نمی‌دهد، به علاوه داده‌های موجود نیز بسیار ناقص هستند. در مقابل استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور امکان دسترسی به اطلاعات را در سطح وسیعی از زمین ممکن می‌سازد. سهولت تهیه داده‌ها و هزینه پایین، درکنار دسترسی به حجم بالایی از اطلاعات از دیگر مزیت‌های استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور است. در این راستا نمایه NDVI^۲ نمایه مناسبی برای بررسی پوشش گیاهی می‌باشد. از اوایل دهه ۱۹۸۰ استخراج اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی به وسیله NOAA-AVHRR آغاز شد [۱۴]. واش [۱۳] با استفاده از داده‌های این ماهواره خشک‌سالی ۱۹۸۰ اکلاهما در آمریکا را بررسی کرد. پژوهش مشابه دیگری نیز توسط والدرو [۱۵] در اسکاتلند انجام گرفت. پاتریج و باربر [۱۰] از ارتباط همبستگی نمایه NDVI و میزان علوفه، به منظور کنترل درجه خشکی و ریسک آتش‌سوزی استفاده کردند.

جلالی و خلیل پور [۵] خشک‌سالی‌های ایران را در سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۹ بررسی و طبقه‌بندی کردند. میزان تغییر نمایه NDVI در این سال‌ها بررسی شد و تغییر پذیری پوشش‌های گیاهی مختلف

احمد فاتحی مرج^۱ و مژگان باقری‌نیا^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۹/۱۰

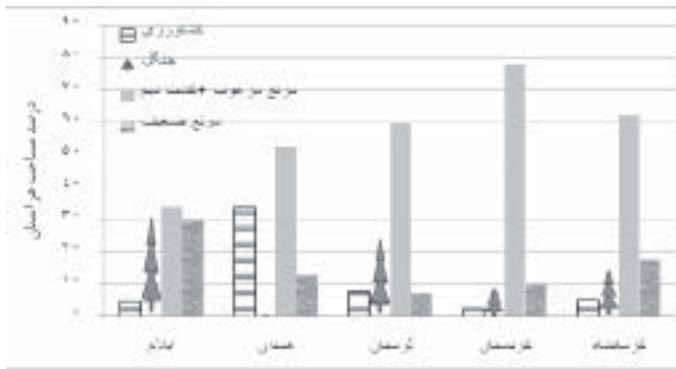
چکیده

پایش خشک‌سالی نقش کلیدی در کاهش خسارات ناشی از آن دارد. کمبود ایستگاه‌های بارانسنجی و نقص داده‌های آماری همواره دقت ارزیابی خشک‌سالی هواشناسی را در مناطق فاقد آمار تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی داده‌های بارش وضعیت خشک‌سالی مرتعی را به دلیل توزیع زمانی و مکانی آن به خوبی نشان نمی‌دهد. در پژوهش حاضر بررسی خشک‌سالی مرتعی، که عبارت از کاهش پوشش گیاهی مراتع و دیم‌زارها است، در غرب کشور طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از تصاویر روزانه سنجنده MODIS با دقت زمینی ۲۵۰ متر، انجام گرفته است. پس از انجام اصلاحات رادیومتریک و ژئومتریک تصاویر، نمایه گیاهی NDVI به عنوان نمایه پوشش سبز در دوره رشد گیاهان دیم و مرتع استخراج شد. با هدف تحلیل ارتباط تغییرات پوشش گیاهی و خشک‌سالی هواشناسی، نمایه بارش استاندارد (SPI) نیز محاسبه شد. ابتدا در تحلیل سالانه، نمای کلی خشک‌سالی مشخص شده و در ادامه عامل‌های خشک‌سالی در مقیاس زمانی ماهانه بررسی و همبستگی بارش تجمعی در بازه‌های زمانی مختلف، با نمایه NDVI مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج مبین آن است که بهترین همبستگی در بازه زمانی شش‌ماه و بیشترین افزایش همبستگی در بازه زمانی یک ماه به دو ماه وجود دارد. همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روزانه برای ارزیابی خشک‌سالی مرتعی و دیم برآورد جامع‌تری از وضعیت خشک‌سالی را به ویژه در مناطقی از حوزه‌های آبخیز

۱- استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و نویسنده مسئول
Fatehi1339@gmail.com

۲- کارشناس ارشد عمران - آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
bagherinia.m@gmail.com

3- Normalized Difference Vegetation Index



شکل ۲- کاربری اراضی در هر استان



شکل ۱- موقعیت استان‌های مورد بررسی

سپس به مقیاس زمانی ماهانه تعمیم یافته است.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه (شکل ۱) در غرب ایران واقع بوده و شامل استان‌های ایلام، کرمانشاه، کردستان، لرستان و همدان، به مساحت ۱۲۱۸۹۶ کیلومترمربع می‌باشد. این محدوده بین عرض‌های ۳۲ تا ۳۶ درجه شمالی و طول‌های ۴۵/۳ تا ۵۰ درجه غربی واقع است و محدوده ارتفاعی ۲۷ متر تا ۴۰۴۴ متر را پوشش می‌دهد. موقعیت این مناطق در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. شکل (۲) کاربری اراضی هر استان را نشان می‌دهد مشاهده می‌شود که پوشش گیاهی در این ناحیه به طور عمده شامل مراتع مرغوب و کشت دیم می‌باشد.

۲- معرفی شاخص‌های مورد استفاده

۱-۲- نمایه گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)

برای تحلیل نوسانات پوشش گیاهی از نمایه NDVI استفاده شد. نمایه گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) از معروف‌ترین و ساده‌ترین نمایه‌های گیاهی است که کاربردهای زیادی در مطالعات منابع طبیعی دارد. تغییرات این نمایه در محدوده ۱ تا -۱ است که مقادیر مثبت مربوط به سطوح سبز پوشیده با گیاه می‌باشد و افزایش مقدار این نمایه بزرگ‌تر از صفر نمایانگر پوشش گیاهی متراکم‌تر می‌باشد. مقادیر منفی مربوط به سطوح بدون پوشش گیاهی مانند آب و برف و ابر می‌باشد. این نمایه بر اساس بازتاب در دو باند قرمز و مادون قرمز (به ترتیب در محدوده ۰/۵۸ تا ۰/۶۸ و ۰/۷۲ تا ۱/۱ میکرومتر) تعریف می‌شود.

تحلیل منحنی رفتار طیفی در رابطه با پوشش گیاهی حاکی از آن است که حداکثر بازتاب توسط رنگدانه‌های کلروفیل در باند مادون قرمز و بالعکس بیشترین میزان جذب در طیف مرئی قرمز صورت می‌گیرد. از این رو استفاده از دو باند مذکور در قالب شاخص NDVI می‌تواند منعکس‌کننده وضعیت پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه باشد [۱۷]. این نمایه به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود:

در سال‌های خشک‌سالی در سطح کشور تحلیل شد. رحیم‌زاده و همکاران [۱۱] خشک‌سالی ناحیه شمال غرب کشور را با استفاده از نمایه‌های پوشش گیاهی NDVI و VCI در ماه‌های اگوست و سپتامبر بررسی کردند. نتایج این پژوهش بیانگر نتایج بهتر نمایه NDVI نسبت به شاخص VCI بوده و همچنین امکان پیش‌بینی خشک‌سالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را در این ناحیه نشان می‌دهد. آنیمبا و همکاران [۲] با بررسی دراز مدت پوشش گیاهی طی ۲۳ سال دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی را در صحرای آفریقا با استفاده از نمایه‌های پوشش گیاهی مشخص نمودند.

گو و همکاران [۳] به منظور پایش خشک‌سالی در نواحی مرکزی ایالات متحده شامل کانزاس و اکلاهام پژوهشی انجام دادند و داده‌های سنجنده MODIS را طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ بررسی نمودند. در این پژوهش حساسیت عامل‌های گیاهی حاصل از سنجش از دور به دوره‌های خشک و تابستان و سایر دوره‌های خشک بررسی شد. در پژوهش مشابه دیگری نیز که توسط اندرسون و همکاران [۱] با استفاده از داده‌های این سنجنده صورت گرفت، سایر عوامل موثر در فتوسنتز گیاهان مانند تعداد روزهای ابری و وضعیت بوم شناختی منطقه بررسی شد. میریعقوبی و قنبرپور [۹] برای تفکیک ابر و برف از تصاویر MODIS برای تهیه نقشه پوشش برف و برآورد میزان آب استفاده کردند. هدف از این پژوهش، بررسی خشک‌سالی مرتعی و دیم طی سه سال در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ می‌باشد. منطقه مورد مطالعه، ناحیه نیمه خشک غرب ایران است.

این منطقه دارای پوشش مرتعی و دیم قابل ملاحظه‌ای می‌باشد که زمینه اشتغال بسیاری از ساکنان منطقه را در بخش کشاورزی دامداری ایجاد نموده است. خشک‌سالی‌های اخیر این ناحیه را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده است. به‌ویژه در بخش کشاورزی دیم و مراتع این اثر مشهودتر است. در بررسی خشک‌سالی هواشناسی از داده‌های زمینی ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شده است و در بررسی خشک‌سالی مرتعی، تصاویر روزانه سنجنده MODIS به کار گرفته شده‌اند. این بررسی ابتدا به صورت سالانه انجام شده و

1- Vegetation Canopy Index

چون تابع گاما برای $X=0$ (بارندگی صفر میلی متر) تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، تابع احتمال تجمعی که در برگیرنده مقادیر صفر هم باشد، از رابطه زیر بدست می آید:

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (7)$$

که در آن: q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی می باشد. در جدول (۱) شدت خشک سالی در هر یک از بازه های SPI آورده شده است.

جدول ۱- حدود SPI و درجه خشک سالی

| حدود SPI | درجه خشک سالی |
|--------------|---------------------|
| کمتر از -۱/۵ | خشک سالی بسیار شدید |
| -۱ تا -۱/۵ | خشک سالی شدید |
| -۱ تا -۰/۵ | خشک سالی متوسط |
| ۰/۵ تا ۰/۵ | نرمال |
| ۰/۵ تا ۱ | ترسالی |
| ۱ تا ۱/۴۹ | ترسالی متوسط |
| بیشتر از ۱/۵ | ترسالی شدید |

۲-۳- جمع آوری و پردازش داده ها

۲-۳-۱ داده های سنجنش از دور

سنجنده مورد استفاده در این پژوهش $MODIS$ می باشد. این سنجنده یکی از پنج سنجنده نصب شده بر روی ماهواره $TERRA$ بوده و دارای ۳۶ باند می باشد که بیانگر قدرت تفکیک رادیومتریکی تا حدودی بالا می باشد. این ماهواره در زمره کارآمدترین و پیشرفته ترین ماهواره های منابع طبیعی است و قابلیت بالایی در ردیابی نمایه های گیاهی دارد قدرت تفکیک مکانی باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متر، باندهای ۳ تا ۷، ۵۰۰ متر و باندهای ۸ تا ۳۶، ۱۰۰۰ متر می باشد. قدرت تفکیک زمانی تصاویر نیز کمتر از ۲ روز می باشد [۸]. با توجه به اقلیم و آب و هوای منطقه، فصل رشد گیاهان به طور تقریبی از اواخر بهمن شروع می شود و تا مرداد ادامه می یابد. تصاویر روزانه $TERRA-MODIS$ از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ در این دوره تهیه شد. سپس اصلاحات اتمسفر یک بر اساس اطلاعات همراه با تصاویر در محیط نرم افزار $ENVI$ روی آن ها اعمال و در مرحله بعد تصاویر زمین مرجع شدند. در نهایت با استفاده از محاسبات باندی مقدار $NDVI$ در هر روز با استفاده از تصاویر با دقت زمینی ۲۵۰ متر استخراج شد. از آن جایی که مقادیر روزانه $NDVI$ تحت تاثیر شرایط اتمسفریک قرار دارد، به منظور کاهش خطای تصاویر و بالا بردن دقت، از تصاویر ماکزیمم ده روزه استخراج می شود. تصویر حاصل بیشترین مقدار $NDVI$ ده روز را در هر پیکسل نشان میدهد [۶ و ۱۶].

در هر ماه سه تصویر ماکزیمم ده روزه وجود دارد که با میان گیری

$$(1) NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

که در آن NIR بازتابش باند مادون قرمز و R بازتابش باند قرمز است که توسط سنجنده ثبت می شود.

۲-۲- نمایه بارش استاندارد شده (SPI)

نمایه بارش استاندارد شده (SPI) اولین بار توسط مک کی و همکاران [۷] به منظور تعریف و پایش خشک سالی استفاده شد. اساس نمایه بارندگی استاندارد شده بر محاسبه احتمالات بارش برای هر مقیاس زمانی استوار است. پس از استخراج داده های بارندگی در مقیاس ماهانه طی یک دوره آماری، (ارجح در ۳۰ سال یا بیشتر) لازم است تا سری زمانی مجموع بارش در مقیاس دلخواه تشکیل شود. مسئله اصلی در اینجا برازش یک توزیع آماری مناسب بر سری زمانی مورد نظر می باشد. که توزیع گاما برازش خوبی بر سری زمانی بارش دارد. تابع توزیع گاما به صورت تابع چگالی احتمال یا فراوانی زیر تعریف شده است (رابطه ۲):

$$g(x) = \frac{1}{B^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/B} \quad (2)$$

که در آن:

$\alpha, \alpha < 0$ پارامتر شکل، $\beta, \beta < 0$ پارامتر مقیاس، $X, X < 0$ مقدار بارندگی، و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما بوده و از رابطه (۳) محاسبه می شود:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3)$$

محاسبه SPI شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی کل برای یک ایستگاه معین می باشد. سپس، عامل های α و β (یعنی $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$) معادلات به شرح رابطه (۴) قابل ارائه هستند:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (4)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{X}}{\hat{\alpha}}$$

که در آن:

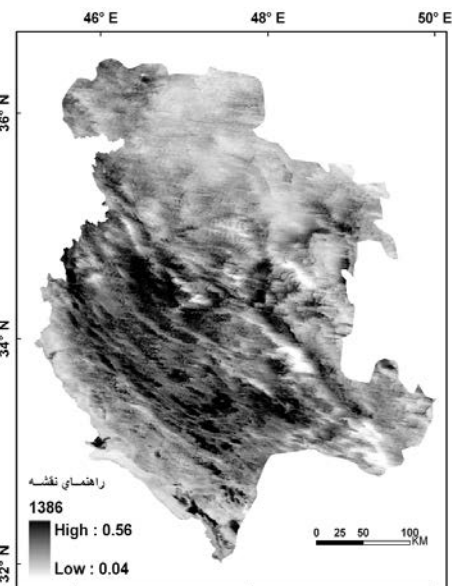
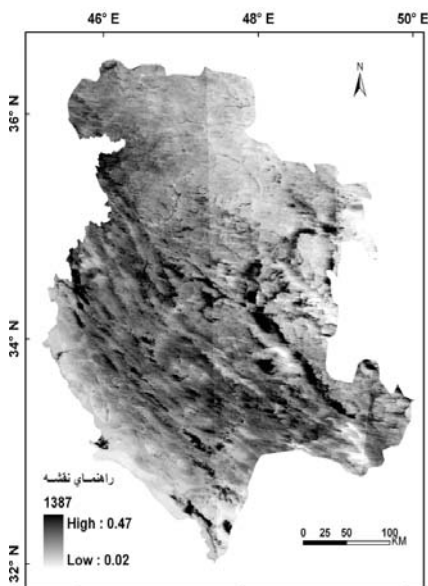
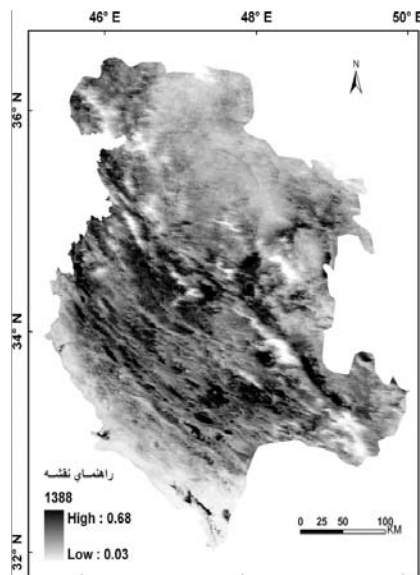
$$A = Ln(\bar{x}) - \frac{\sum Ln(x)}{n} \quad (5)$$

و n : تعداد دیدبانی های مربوط به بارش است.

در مرحله بعد، از عامل های $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ برای بدست آوردن تابع احتمال تجمعی بارش برای ماه مورد نظر و مقیاس زمانی معین در ایستگاه تحت بررسی استفاده می شود. تابع تجمعی گاما به صورت زیر تعریف می شود:

$$G(x) = \int_0^{\infty} g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^{\infty} x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (6)$$

- 1- Standard Precipitation Index
- 2- Shape Factor
- 3- Scale Factor



شکل ۳- پراکندگی مکانی NDVI در منطقه برای سال های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸

دوره طولانی مدت به عنوان نمونه (ایستگاه کرمانشاه) در شکل (۵) نشان داده شده است.

نتایج

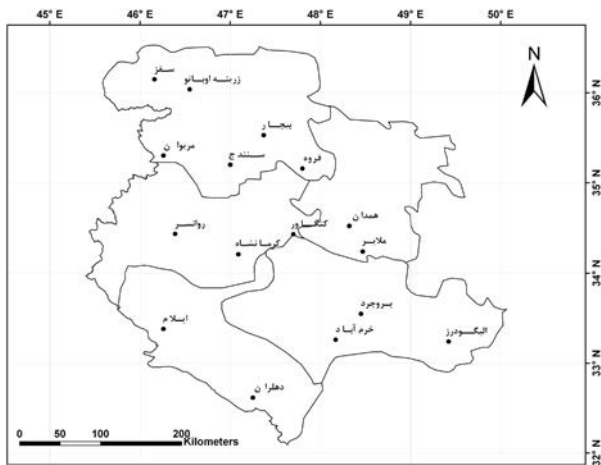
۱- پراکندگی مکانی خشک سالی مرتعی

توزیع مکانی سالانه NDVI در سطح منطقه در شکل (۳) نشان داده شده است. رنگ روشن کمترین مقدار NDVI و رنگ تیره بیشترین میزان آن را نشان می دهد. کمترین پوشش گیاهی مربوط به حاشیه جنوب غربی منطقه است که تا حدودی منطبق بر استان ایلام می باشد. همچنین در بخش شمال شرقی منطقه نیز که بیشتر استان همدان را در بر می گیرد، پوشش گیاهی ضعیفی مشاهده می شود. در سایر بخش های منطقه مقادیر NDVI بیشتر است و پوشش گیاهی

از این تصاویر، NDVI ماهانه و سپس سالانه برای هر استان بدست می آید.

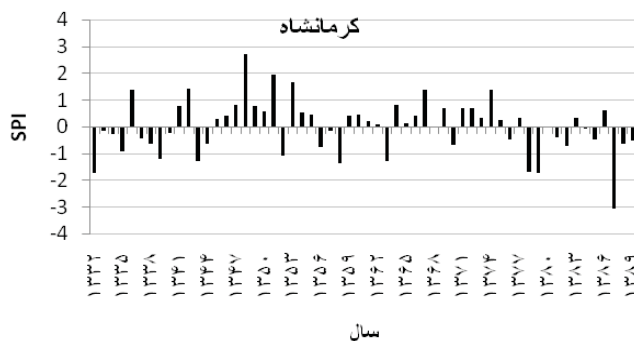
۲-۳-۲ داده های هواشناسی

داده های هواشناسی شامل داده های ایستگاه های باران سنجی موجود (۱۷ ایستگاه) در منطقه می باشد. آمار این ایستگاه ها به صورت ماهانه و درازمدت (بیش از ۳۰ سال) استفاده شده است. با استفاده از روش میان یابی کریجینگ در GIS توزیع مکانی بارش ماهانه و سپس با میانگین گیری مقدار بارش بر اساس چندضلعی تیسن برای هر استان بدست آمد. مقادیر SPI استانی نیز مانند بارش محاسبه شده است موقعیت ایستگاه های هواشناسی استفاده شده در شکل (۴) نشان داده شده است. همچنین تغییرات SPI برای یک



شکل ۵- نوسانات نمایه SPI سالانه در ایستگاه کرمانشاه

این سال افت شدیدی داشته و ضریب SPI در همه استان‌ها بیان‌گر خشک‌سالی شدید است و می‌توان این سال را خشک‌ترین سال این دوره سه ساله محسوب نمود. در استان ایلام، نمایه NDVI در سال ۱۳۸۷، ۱۱ و ۹ درصد نسبت به سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ کمتر است. در استان کردستان کاهش NDVI به ترتیب ۱۰ و ۶ درصد می‌باشد و در استان کرمانشاه ۹ و ۱۲ درصد می‌باشد. در استان لرستان ۳ تا ۶ درصد کاهش NDVI وجود دارد و در استان همدان ۲ تا ۷ درصد کاهش NDVI ملاحظه می‌شود. در عین حال درصد

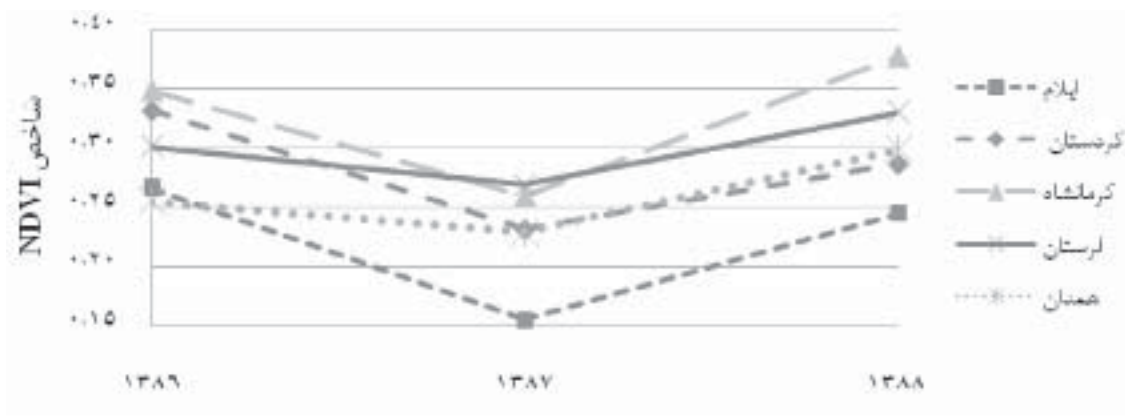


شکل ۴- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مطالعاتی

بهتری را در بر می‌گیرد. متوسط NDVI منطقه در سال ۱۳۸۶، ۰/۲۴ در سال ۱۳۸۷، ۰/۱۸ و در سال ۱۳۸۸، ۰/۲۶ می‌باشد.

۲- بررسی سالانه خشک‌سالی

به منظور برآورد سالانه خشک‌سالی، متوسط NDVI ماه‌های اسفند تا اردیبهشت که ماکزیمم رشد پوشش گیاهی در این دوره صورت می‌گیرد، به عنوان NDVI سالانه در نظر گرفته شد. شکل (۶)، تغییرات NDVI سالانه هر یک از استان‌ها را طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار این نمایه در سال ۱۳۸۷ به مقدار قابل توجهی کمتر از سال‌های قبل و بعد از آن است. با مقایسه مقدار NDVI، درصد بارش نسبت به میانگین درازمدت و مقدار SPI در جدول (۲)، مشاهده می‌شود که بارش در



شکل ۶- بررسی سالانه وضعیت خشک‌سالی مرتعی در غرب کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۶

جدول ۲- بررسی سالانه وضعیت خشک‌سالی در غرب کشور طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸

| استان | نمایه NDVI | | | بارش نسبت به میانگین دراز مدت | | | نمایه SPI | | |
|----------|------------|------|------|-------------------------------|------|------|-----------|-------|-------|
| | ۱۳۸۶ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۶ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۶ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ |
| ایلام | ۰/۲۷ | ۰/۱۶ | ۰/۲۵ | ۰/۹۱ | ۰/۳۴ | ۰/۵ | ۰/۷۱ | -۲/۱۲ | -۱/۱۶ |
| کردستان | ۰/۳۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۹ | ۱/۰۸ | ۰/۴۹ | ۰/۷۵ | ۰/۸۴ | -۲/۰۶ | -۰/۵ |
| کرمانشاه | ۰/۳۵ | ۰/۲۶ | ۰/۳۸ | ۰/۹۸ | ۰/۳۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۶ | -۲/۴ | -۰/۸ |
| لرستان | ۰/۳۰ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ | ۱/۲۳ | ۰/۵۴ | ۰/۷ | ۰/۶۲ | -۲/۰۶ | -۰/۹۳ |
| همدان | ۰/۲۵ | ۰/۲۳ | ۰/۳۰ | ۱/۲۶ | ۰/۵۷ | ۰/۹۱ | ۰/۵۹ | -۱/۹۴ | -۰/۳۷ |

بارش نسبت به میانگین دراز مدت در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۸۷، ۵۷ تا ۶۹ درصد بیشتر و در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۸۷، ۱۶ تا ۳۴ درصد بیشتر می‌باشد. در سال ۱۳۸۸ نیز بارش دریافتی در تمام استان‌ها کمتر از سال ۱۳۸۶ می‌باشد. با این وجود نمایه پوشش گیاهی در همه استان‌ها بجز ایلام و کردستان بیشتر از سال ۱۳۸۶ می‌باشد و در واقع علیرغم دریافت بارش کمتر در سال ۱۳۸۸، پوشش گیاهی بهتر است. به منظور بررسی دلیل این امر لازم است رابطه میان بارندگی و پوشش گیاهی به صورت ماهانه بررسی شود.

۳- بررسی ماهانه خشک‌سالی

۳-۱- بررسی خشک‌سالی با استفاده از NDVI و بارندگی

به منظور بررسی خشک‌سالی مرتعی در هر سال آبی، با توجه به فصل رشد گیاه، NDVI ماه‌های بهمن تا تیر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آن که واکنش پوشش گیاهی به بارندگی تابعی از اقلیم، نوع پوشش حاکم بر منطقه، فصل رشد و توزیع زمانی بارندگی است [۱۵]. در شکل (۷) NDVI ماهانه در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ به همراه بارندگی تجمعی در بازه‌های زمانی ۱ تا ۶ ماهه آورده شده است تا رابطه پوشش گیاهی و بارندگی بررسی شود. بازه‌های زمانی مورد مطالعه شامل ماه بررسی NDVI و ماه‌های قبل از آن می‌باشد. بررسی نمایه NDVI در سال ۱۳۸۷ نشان می‌دهد که مقدار این نمایه در همه ماه‌های سال آبی ۱۳۸۷ نسبت به ماه‌های مشابه سال‌های دیگر کاهش قابل توجهی یافته است. به منظور بررسی نوع ارتباط میان بارندگی و نمایه NDVI، ضرایب همبستگی این دو نمایه در جدول (۳) آورده شده است. در مجموع ضرایب همبستگی چندان بالا نیست ولی همین مقدار همبستگی نیز رابطه میان بارش و پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، از علل وجود همبستگی پایین می‌توان به تفاوت ماهوی بارش و شاخص NDVI، و وجود تاخیر فاز زمانی در واکنش پوشش گیاهی به بارش اشاره نمود. ضرایب همبستگی میان نمایه پوشش گیاهی و بارش نشان می‌دهد که در مجموع پوشش گیاهی همبستگی بیشتری با بارش شش‌ماهه دارد. با مقایسه میزان افزایش ضرایب همبستگی برای ماه‌های مختلف

می‌توان دریافت که بیشترین رشد ضریب همبستگی در افزایش بازه زمانی از یک ماه به دو ماه حاصل شده است. به عبارت دیگر بیشترین واکنش پوشش گیاهی به بارندگی در ماه بعد از بارندگی صورت می‌گیرد.

توزیع زمانی بارش نیز بر مقدار NDVI اثر قابل توجهی دارد. در سال ۱۳۸۸ در تمام استان‌ها بارش کمتری نسبت به سال ۱۳۸۶ دریافت شده است. با این وجود پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۸ تفاوت چندانی با سال ۱۳۸۶ ندارد. یکی از دلایل این امر را می‌توان توزیع زمانی مناسب بارش در سال ۱۳۸۸ دانست. در این سال توزیع زمانی بارش متمایل به فصل رشد است و واکنش سریع پوشش گیاهی به بارندگی را به دنبال داشته است.

در برخی از استان‌ها مانند ایلام همبستگی زیادی میان بارندگی و پوشش گیاهی وجود دارد. به طور کلی نمایه NDVI در این استان کمتر از سایر استان‌های این ناحیه می‌باشد. نمودار کاربری اراضی هم نشان می‌دهد که این استان بیشترین مراتع ضعیف را در میان سایر استان‌ها دارد و از لحاظ ارتفاعی کمترین متوسط ارتفاع را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به ویژگی‌ها متمایز این استان می‌توان رفتار متفاوت آن را توجیه نمود.

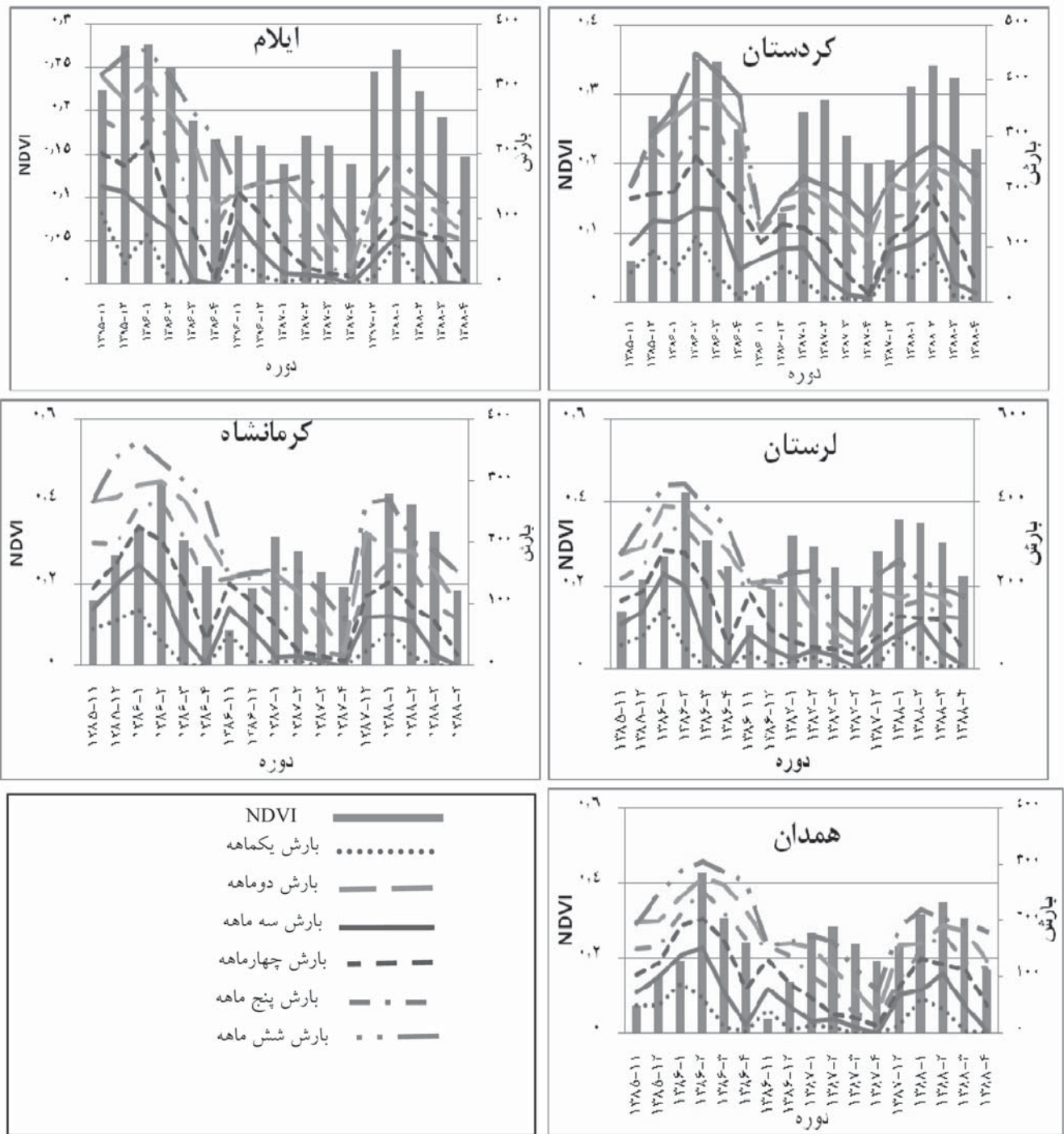
به منظور بررسی رابطه خشک‌سالی مرتعی و خشک‌سالی هواشناسی از نمایه SPI بعنوان نمایه بارش استفاده شد. بدین منظور بر اساس بارش ماهانه SPI به صورت ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه، برای ماه‌هایی که NDVI آنها موجود بوده، محاسبه شد که مقادیر آن برای هر استان در شکل (۷) نشان داده شد.

۳-۲- بررسی خشک‌سالی با استفاده از NDVI و SPI

با توجه به ماهیت آماری نمایه SPI انتظار می‌رود که نسبت به بارندگی رابطه ضعیف‌تری با NDVI داشته باشد، شکل (۸) این موضوع را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۴) ضرایب همبستگی NDVI و SPI به طور عام کمتر از همبستگی NDVI با بارش بوده که دلیل آن تغییراتی است که روی بارش اعمال تا تبدیل به نمایه SPI می‌باشد. البته روندی که ضرایب همبستگی NDVI با بارندگی داشت در مورد SPI نیز صادق است و ملاحظه می‌شود که SPI استان

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین NDVI هر استان با بارش در بازه زمانی مختلف

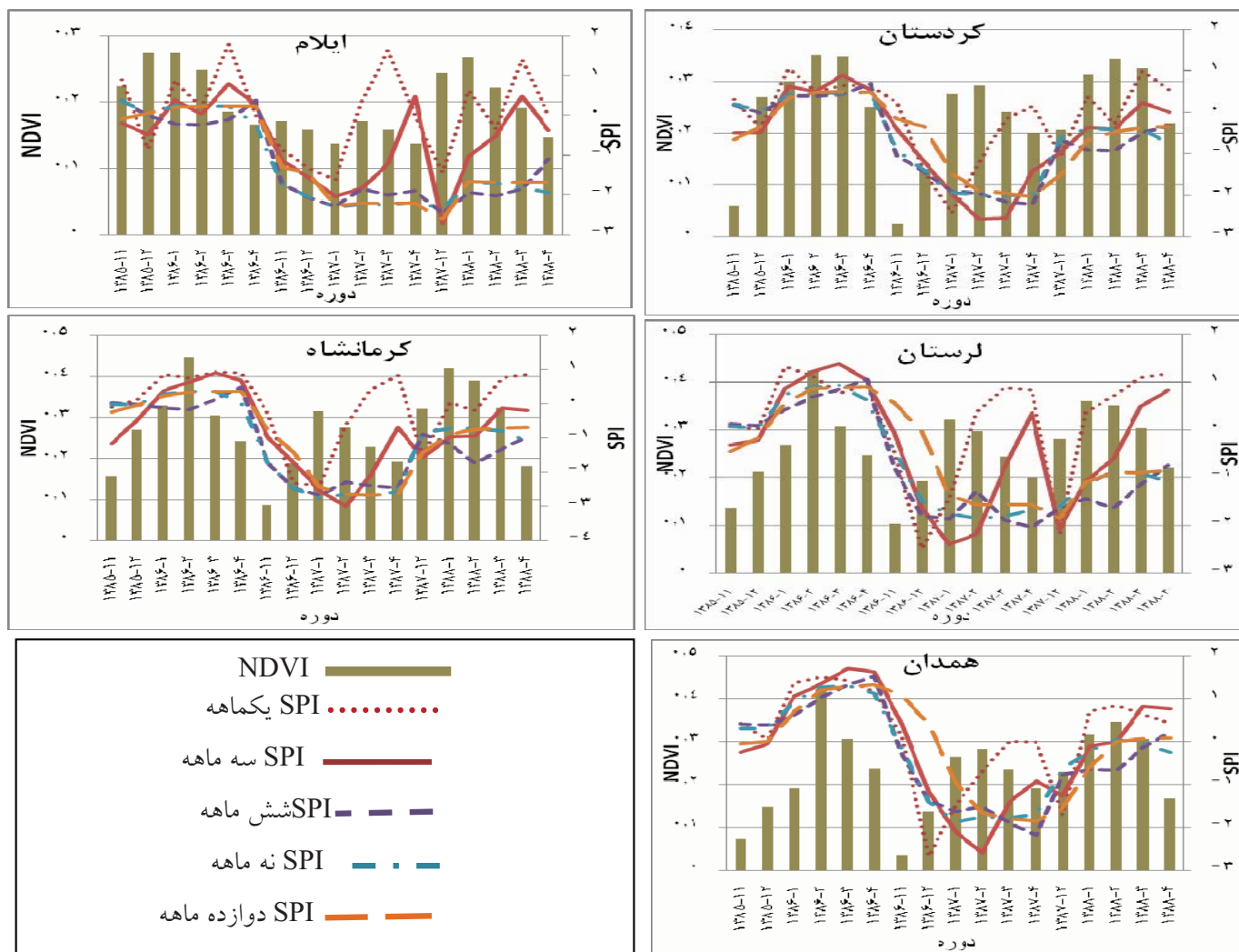
| استان | ایلام | کردستان | کرمانشاه | لرستان | همدان |
|----------------|-------|---------|----------|--------|-------|
| بارش یک ماهه | ۰/۵۵ | ۰/۱۹ | ۰/۱۲ | ۰/۰۷ | ۰/۵۵ |
| بارش دو ماهه | ۰/۷۱ | ۰/۲۸ | ۰/۲۶ | ۰/۲۴ | ۰/۵۷ |
| بارش سه ماهه | ۰/۶۹ | ۰/۳۴ | ۰/۳۸ | ۰/۱۷ | ۰/۴۷ |
| بارش چهار ماهه | ۰/۶۸ | ۰/۴۵ | ۰/۴۱ | ۰/۱۴ | ۰/۳۶ |
| بارش پنج ماهه | ۰/۶۸ | ۰/۵۶ | ۰/۴۲ | ۰/۲۱ | ۰/۳۲ |
| بارش شش ماهه | ۰/۷۱ | ۰/۶۸ | ۰/۵۰ | ۰/۳۴ | ۰/۳۸ |



شکل ۷- ارتباط NDVI و بارش در بازه‌های زمانی مختلف

رشد، رشد و رویش مناسب گیاهان مرتعی را به دنبال داشته باشد. مصداق این پدیده سال آبی ۱۳۸۸ می باشد که علیرغم بارندگی کمتر، پوشش گیاهی در اکثر نقاط بهتر از سال ۱۳۸۶ است. بنابراین استفاده از نمایه بارندگی بدون در نظر گرفتن پوشش گیاهی، برآورد جامعی را از وضعیت خشک‌سالی به همراه ندارد و ممکن است منجر به نتیجه گیری‌های گمراه کننده شود. امروزه به کمک فن‌آوری سنجش از دور، پایش خشک‌سالی مرتعی میسر شده است. بررسی همزمان نمایه‌های خشک‌سالی هواشناسی و

ایلام نسبت به سایر استان‌ها همبستگی بیشتری با NDVI دارد. این پژوهش‌ها نشان می‌دهد، اگر چه نمایه مورد استفاده برای پایش خشک‌سالی به طور معمول بارندگی یا نمایه‌های حاصل از آن است، ولی این نمایه نمی‌تواند وضعیت خشک‌سالی‌های دیگر مانند خشک‌سالی مرتعی و دیم را به خوبی نشان دهد. زیرا ممکن است علیرغم وقوع بارندگی به علت توزیع نامناسب آن، پوشش گیاهی در منطقه رشد مناسبی نداشته باشد. از سوی دیگر امکان دارد مقدار بارندگی سالانه کم باشد ولی توزیع زمانی مناسب بارش در فصل



شکل ۸- ارتباط NDVI و SPI در بازه‌های زمانی مختلف

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین NDVI و SPI در بازه‌های زمانی مختلف

| استان | ایلام | کردستان | کرمانشاه | لرستان | همدان |
|-----------------|-------|---------|----------|--------|-------|
| SPI دوره یکماهه | ۰/۰۸ | ۰/۱۵ | ۰/۰۷ | ۰/۲۳ | ۰/۳۲ |
| سه ماهه | ۰/۲۷ | ۰/۲۴ | ۰/۲ | ۰ | ۰/۱۲ |
| شش ماهه | ۰/۷۶ | ۰/۲۱ | ۰/۱۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۷ |
| نه ماهه | ۰/۵۲ | ۰/۲۶ | ۰/۳۷ | ۰/۰۸ | ۰/۱۷ |
| دوازده ماهه | ۰/۷۹ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۰۵ | ۰ |

پارامترهای مربوط به بارش صورت می‌پذیرد. در بررسی خشک‌سالی هواشناسی همواره کمبود ایستگاه‌ها و کوتاه بودن دوره آماری آن‌ها، دقت ارزیابی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی داده‌های هواشناسی وضعیت خشک‌سالی مرتعی را به خوبی نشان نمی‌دهند. بنابراین استفاده از داده‌های سنجش از دور با دقت مکانی و زمانی بالا می‌تواند مکمل داده‌های هواشناسی باشد. اضافه بر آن با استفاده

خشک‌سالی مرتعی اطلاعات جامعی از وضعیت خشک‌سالی را در اختیار مدیران منابع طبیعی قرار می‌دهد و مدیریت ریسک خشک‌سالی را بهبود می‌بخشد.

نتیجه‌گیری

پایش و کنترل خشک‌سالی، نقش عمده‌ای در کاهش اثرات و خسارات آن دارد. پایش خشک‌سالی به طور معمول به وسیله

4. Hadley, N.F., Szarek, S.R., 1981. "Productivity of desert ecosystems". *BioScience* 31, 747-753.

5. Jalali, N. and Khalilpor, A. 2009. Identification of spatial extent of extreme droughts and their impact on forests and rangelands in Iran during 1995-2001 using rainfall data and satellite images. *Journal of the Iranian Natural Res.*, 61 (1): 211-223.

6. Jalali, N., Fatehi, M. A., Norozi, A., Kheirkhah, M., Mirghasemi, A., 1999, "Change Detection of Natural Vegetation Cover in the Territory of Iran Caused by Pollution Resulting from the Kuwaiti Oil Well Fires During the 1991 Persian Gulf War", *Soil Conservation and Watershed Management Research Center of I.R. of Iran*

7. McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kliest. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints, 8th Conference on applied climatology*, 17-22, Anaheim, 179-184

8. Meng, L., Tao, L., Li, J., Wang, C., 2008, "A System for Automatic Processing of Modis L1B Data", processing of the 8th International Symposium on Accuracy Assessment in Natural Resource and Environmental Sciences, Shanghai, P.R. China, 2008, pp.335-343.

9. Mir Yaghoobzadeh and M. R. Ghanbarpour, 2010. Investigation of digital accuracy of snow, cloud and Earth using MODIS imagery. *Iranian J. of Watershed Management*, 3 (9):51-55.

10. Paltridge, G. W., and Barber, J., 1988. "Monitoring grassland dryness and fire potential in Australia with NOAA-AVHRR data". *J. Remote Sensing of Environment*, 2, 381-394.

11. Rahimzadeh B., P. Darvishsefat, A. A., Khalili, A., Makhdom, M. F., 2008, "Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the Northwest of Iran". *J. Arid Environments*, 72, 11086-1096

12. Tucker, C.J. 1996. "History of the use of AVHRR data for land application". In: G. d'Souza, A. S. Selward and J-P. Malingre, Editors, *advances in use of NOAA AVHRR data for land applications*,

از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان وضعیت خشک‌سالی را برای مناطق و حوزه‌های آبخیزی که فاقد آمار می‌باشند بررسی نمود در حالی که امکان بررسی مناسب خشک‌سالی در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار بارندگی میسر نیست. بنابراین اطلاعات ماهواره‌ای قابلیت بالایی در پایش و حتی پیش‌بینی خشک‌سالی در مناطق فاقد آمار دارند.

این بررسی نشان می‌دهد که نمایه پوشش گیاهی NDVI در این منطقه به شدت تحت تاثیر بارندگی می‌باشد. در سال ۱۳۸۷ کاهش بارندگی نسبت به سال‌های قبل و بعد به ترتیب در حدود ۱۶ تا ۶۹ درصد می‌باشد، همزمان پوشش گیاهی نیز به طور محسوسی در حدود ۳ تا ۱۱ درصد کاهش را نسبت به سال‌های قبل و بعد از آن نشان می‌دهد. همچنین مشاهده می‌شود که با وجود دریافت بارش کمتر در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۸۶ (سال تر) پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۸ تغییر چندانی نسبت به سال ۱۳۸۶ ندارد و حتی در برخی موارد نیز بهتر است. بررسی ماهانه تاثیر توزیع زمانی بارش را آشکارتر می‌نماید. با بررسی ضرایب همبستگی بارش در بازه های زمانی مختلف و NDVI، بیشترین همبستگی در بازه زمانی شش ماه بدست می‌آید و بیشترین رشد همبستگی با افزایش بازه زمانی بارش از یک ماه به دو ماه حاصل شد. در عین حال مشخص شد که نمایه SPI اگر چه نمایه مناسبی برای بررسی خشک‌سالی هواشناسی است، ولی نسبت به بارش همبستگی ضعیف‌تری با NDVI دارد. نمایه‌های هواشناسی به تنهایی نماینده مناسبی از وضعیت خشک‌سالی نیستند و استفاده همزمان از عامل‌های خشک‌سالی مرتعی و خشک‌سالی هواشناسی برآورد جامع‌تری از وضعیت خشک‌سالی را بدست می‌دهد.

منابع

1. Anderson, L., Malhi, Y., Shimabukuro, Y. E., Aragão, L. E.O.C. 2007. "Evaluating MODIS vegetation and water indices for detecting canopy stress during the 2005 drought in Amazonia", *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26, INPE*, p. 6593-6595

2. Anyamba, A., Tucker, C.J., 2005, "Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003", *J. Arid Environments*, 63, 596-614

3. Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P. and Wardlow, B., 2007, "A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States", *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 34, L06407.

vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains”, J. Remote sensing of environment , 108, 290-310

16. Weiss, J. L., Gutzler, D. S., Allred Coonrod, J. E., Dahm, C. N., 2004 ,”Long-Term vegetation monitoring with NDVI in a divers semi-arid setting,central New Mexico, USA”, J. Arid Enviroment,58, 248-271

17. Weiss,J. L., Gutzler, D. S., Allred Coonrod,Wright, E. J., 1992.” The Topographic Challenge. Military Review”, March 1992, pp. 28-

Kluwer Academic Publishers, Dordrech: 1-19

13. Walsh, S. (1987) “Comparison of NOAA AVHRR data to meteorological drought indices”. J. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53, pp. 1069-1074.

14. Wang, X., Xie, H., Guan, H., and Zhou, X., 2007, “Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions”, J. Hydrology, 340, 12-24.

15. Wardlow. B. D., Egbert, S.L., Kastens, J. H.,2007, “Analysis of time-series MODIS 250 m