



پایش روزانه تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های بارش شبکه INTERIM و تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

پریم ززرگان^۱، جواد بذرافشان^{۲*}، زهرا آقاشریعتمداری^۳، سمیه حاجبی^۴، سعیده کمالی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی را می‌توان از طریق تغییرات طیفی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار داد. هدف از این مطالعه، ارزیابی تأثیر خشکسالی‌های هواشناسی بر پوشش گیاهی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای است. بدین منظور، تصاویر پوشش گیاهی از سنجنده MODIS ماهواره AQUA در مقیاس زمانی ۱۶ روزه در طی فصل رشد و برای سه سال تر (۲۰۰۶)، نرمال (۲۰۰۹) و خشک (۲۰۰۸) در کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی استخراج شد. پس از اعمال تصحیحات لازم بر تصاویر ماهواره‌ای شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) محاسبه شد. سپس، بر مبنای داده‌های تحلیل مجدد بارش روزانه پایگاه INTERIM، مجموع بارش دوره‌های ۱ تا ۳۶۵ روز قبل در دو حالت لحاظ و عدم لحاظ افت زمانی، تأثیر بارش بر پوشش گیاهی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد همبستگی قوی و معنی‌داری بین تغییرات بارندگی داده‌های INTERIM و نمایه NDVI در سه کاربری وجود دارد. دوره‌های تجمیع دارای بیشینه همبستگی با پوشش گیاهی در محاسبه شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) استفاده شد، اما همبستگی بین NDVI و EDI در سه کاربری منتخب، منفی بود، احتمالاً به این دلیل که نمایه EDI، پایش خشکسالی را بر مبنای مقایسه با میانگین و انحراف معیار بلندمدت اقلیمی انجام می‌دهد، حال آن که پوشش گیاهی از شرایط بارندگی همان سال تأثیر می‌پذیرد. بر این اساس، شاخص دیگری بر مبنای داده‌های بارش مؤثر (EP) استخراج شد که شاخص بارش مؤثر استاندارد (SEPI) نامیده شد. نتایج مقایسه سری‌های NDVI و SEPI نشان داد که روند تغییرات NDVI و SEPI تقریباً یکسان است.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، بارش مؤثر، شاخص خشکسالی مؤثر، شاخص پوشش گیاهی، کرمانشاه

مقدمه

گیاهی را می‌توان از طریق تغییرات طیفی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار داد. آثار پدیده خشکسالی بر روی پوشش گیاهی، به صورت تدریجی ظاهر می‌شود. بنابراین اگر با الگوریتمی بر میزان پوشش گیاهی از روی تصاویر ماهواره‌ای نظارت و پایش شود، می‌توان با کاهش تدریجی پوشش گیاهی مناطق، پدیده مخرب خشکسالی را به موقع هشداردهی نمود (Mirmousavi and Karimi, 2011). سنجنده MODIS^۶ از جمله سنجنده‌هایی که در زمینه پایش پوشش گیاهی استفاده می‌شود. MODIS یک سنجنده با میدان دید وسیع است که توسط هر دو ماهواره آمریکایی Terra و Aqua حمل می‌شود. ماهواره Terra در زمان ۱۰:۳۰ و

در طی بیش از ۲۰ سال گذشته داده‌های سنجش از دور ماهواره برای پایش پدیده‌های محیطی به ویژه خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است. تأثیر خشکسالی بر پوشش

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
^۲ دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: jbazr@ut.ac.ir

DOI: 10.22125/agmj.2019.140733.1020

^۳ استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۴ استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

^۵ دانشجوی دکترا هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۶ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

عامل مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه، برخی تحقیقاتی انجام شده در زمینه تأثیر بارش بر پوشش گیاهی آورده می‌شود. Sarabi et al., (2015) به ارزیابی رابطه بین شاخص‌های گیاهی سنجنده MODIS و خشکسالی مراتع شمالی استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد همبستگی متوسط و خوب میان شاخص‌های ماهواره‌ای با SPI^۴ در ماه‌های اوج رشد پوشش گیاهی وجود دارد. همچنین، همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی با میانگین متحرک سه و شش‌ماهه در فصول غیر رشد و رشد پوشش گیاهی با میانگین متحرک یک‌ماهه شاخص SPI بیشتر بود. Jalili et al., (2008) برای پایش خشکسالی، مقایسه‌ای بین داده‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای در تهران انجام داد. او همبستگی بین شاخص‌های هواشناسی SPI و EDI^۵ در مقیاس‌های زمانی یک و سه‌ماهه را با شاخص‌های VCI^۶، NDVI^۷ و DVI^۸ حاصل از تصاویر سنجنده AVHRR^۹ ماهواره NOAA^{۱۰} برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ مقایسه کرد و به این نتیجه رسید که بالاترین همبستگی بین NDVI با شاخص SPI سه‌ماهه وجود دارد. Rahimzadeh et al., (2008) امکان استفاده از نمایه‌های NDVI و VCI به دست آمده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA را برای پایش خشکسالی در شمال غرب ایران بررسی کردند. ایشان بهترین همبستگی بین NDVI و VCI را با بارش سه‌ماهه به دست آوردند و در مقایسه با VCI توافق بهتری بین NDVI و بارش به دست آوردند. Peters et al., (2003) مطالعه‌ای را در زمینه پاسخ پوشش گیاهی به رطوبت قابل دسترس با تجزیه و تحلیل شاخص‌های SPI و NDVI در صحرای بزرگ آمریکای شمالی انجام دادند. ایشان نتیجه گرفتند که بهترین همبستگی بین SPI با NDVI سه‌ماهه می‌باشد و این همبستگی در ماه‌های مختلف سال از لحاظ معناداری فرق می‌کنند. مهم‌ترین نتیجه‌ای که از این تحقیق به دست آمد این بود که NDVI به عنوان یک شاخص مؤثر از شرایط رطوبت-پوشش گیاهی می‌باشد اما برای پایش خشکسالی با نمایه NDVI زمان‌بندی فصلی نیز باید در

ماهواره Aqua در زمان ۱۳:۳۰، از خط استوا می‌گذرند. به این ترتیب دو سنجنده MODIS می‌توانند در گردآوری اطلاعات مربوط به تغییرات روزانه در رادینانس فراز آمده که با مشخصه‌ها و شرایط سطح زمین، متغیرهای اقیانوسی و جوی مرتبط‌اند، به کار گرفته شوند (Amini, 2010). عامل بارش نیز نقش کلیدی در توسعه و زوال پوشش گیاهی ایفا می‌کند آن‌چنان‌که افت پوشش گیاهی با کمبود بارش آغاز شده و در صورت افزایش دمای هوا، وزش باد شدید و کاهش رطوبت نسبی، شدت خشکسالی نیز افزایش یافته و در نتیجه، پوشش سبز گیاهی در یک منطقه با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد (Katirai, 2013). به دلیل تراکم کم ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش و ناپیوستگی مکانی این پدیده، استفاده از روش‌های مختلف در تحلیل فضایی بارش ممکن است نتایج مناسبی عاید نسازد. به علاوه، ممکن است به خاطر تأخیر زمانی در ارائه داده‌ها و نقصان و خطا در داده‌های اندازه‌گیری، امکان کاربرد آن‌ها در تحلیل‌های منطقه‌ای به‌هنگام وجود نداشته باشد. دیگر اینکه، اندازه‌گیری بارش به‌صورت نقطه‌ای انجام می‌شود و بنابراین امکان استفاده از آن‌ها برای تعیین مقدار بارش در مقیاس مکانی بزرگ وجود ندارد. از این رو، استفاده از روش‌های نوین برای شناسایی الگوهای بارندگی و تخمین بارش در بزرگ‌مقیاس امری ضروری است. یکی از روش‌های تخمین بارش در مقیاس مکانی بزرگ، داده‌های تحلیل مجدد (INTERIM) می‌باشند که این داده‌ها از مراکز پیش‌بینی و مدل‌سازی داده‌های اقلیمی مانند NCAR^۱/NCEP^۲ و ECMWF^۳ گرفته می‌شوند (Raziei and Sotoudeh, 2016). داده‌های INTERIM به صورت روزانه و ماهانه در دسترس کاربران قرار دارد و تقریباً هرچند ماه یک‌بار به‌روز می‌شوند. این داده‌ها در دقت‌های مکانی ۰/۲۵ × ۰/۲۵، ۰/۵ × ۰/۵ و ۰/۱۲۵ × ۰/۱۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی تهیه و عرضه می‌شوند. از آنجا که داده‌های واکاوی در نقاط شبکه‌ای منظم و بدون داده‌های گم شده هستند، استفاده از آن‌ها به راحتی و سادگی برای تحلیل‌های اقلیمی امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین، با توجه به نقش مؤثر بارش بر رشد پوشش گیاهی نیاز است تا ارتباط بین این دو

^۴ Standardized Precipitation Index

^۵ Effective Drought Index

^۶ Vegetation Condition Index

^۷ Normalized difference vegetation Index

^۸ Difference Vegetation Index

^۹ Advanced very high resolution Radiometer

^{۱۰} National Oceanic and Atmospheric Administrations

^۱ National Center For Atmospheric Research

^۲ National Centers For Environmental Prediction

^۳ European Centre for Medium-Range weather Forecasts

می‌شوند. نقشه کاربری اراضی مورد استفاده در این مطالعه مربوط به سال ۱۳۹۰ است که از آدرس www.info/nikalink.com دریافت شد. بارش مؤثر در این دوره‌های تجمیع نیز محاسبه و همبستگی بین شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) و بارش واقعی و بارش مؤثر در دوره‌های تجمیع^۳ ۱-۳۶۵ روز محاسبه می‌شود. دوره تجمعی که بالاترین همبستگی را با شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) داشته باشد به عنوان دوره تجمیع مناسب انتخاب می‌شود. در نهایت، شاخص خشکسالی مؤثر بر مبنای دوره تجمیع مناسب محاسبه و رفتار خشکسالی با رفتار شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) در هر یک از کاربری‌ها و سال‌های منتخب مقایسه می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۴۳۴۲۴ کیلومتر مربع انتخاب شد که در میانه ضلع باختری ایران بین ۳۳° و ۳۶° تا ۳۵° و ۱۵° شمالی و ۴۵° و ۲۴° تا ۴۸° و ۳۰' طول شرقی واقع شده است. ارتفاع استان در دامنه ۱۱۷ تا بیش از ۳۰۰۰ متر تغییر می‌کند (شکل ۲). به دلیل موقعیت خاص اقلیمی و بارندگی به موقع و کافی از مناطق شمال غربی تا جنوب شرقی یعنی از ارتفاعات اورامانات تا منطقه زردلان و هلیلان، دارای دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع است. میانگین بارش سالانه در محدوده استان بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر تغییر می‌کند، به طوری که نیمه غربی آن مقدار بیشتری از ریزش‌های جوی استان را دریافت می‌کند (Ghorbani, 2010).

داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل سه مجموعه داده زیر می‌باشند:

۱- داده‌های ایستگاه‌های زمینی شامل ایستگاه‌های سینوپتیک (۴ ایستگاه) متعلق به سازمان هواشناسی کشور از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵ دارای دوره آماری مشترک ۲۷ ساله بارش برای ارزیابی صحت داده‌های بارش تحلیل مجدد (INTERIM) استفاده شد (شکل ۲).

نظر گرفته شود. (Liu and Kogan (1996) در یک بررسی، با استفاده سنجنده AVHRR رابطه خوبی میان مجموع بارندگی ماهانه و NDVI ماهانه با تأخیر یک‌ماهه به دست آوردند و نتیجه گرفتند ترکیب NDVI و LST^۱ فهم بهتری از وقوع خشکسالی از طریق ارتباط آن دو با الگوهای خشکسالی را فراهم می‌نماید. از نتایج حاکی از تحقیقات عنوان شده در بالا چنین بر می‌آید که بارندگی‌های پیشین تأثیر بسزایی در رشد پوشش گیاهی دارند. بنابراین، هدف کلی از این مطالعه، ارزیابی تأثیر خشکسالی‌های هواشناسی (مبتنی بر بارش) بر پوشش گیاهی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای است. در واقع، هدف اصلی، به دست آوردن مناسب‌ترین دوره تجمیع پیشین بارش، برای پایش خشکسالی در کاربری‌های متفاوت پوشش گیاهی در استان کرمانشاه است. این دوره تجمیع سپس در چارچوب شاخص خشکسالی مؤثر برای پایش خشکسالی در پوشش گیاهی استفاده خواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا داده‌های مورد نیاز (مرجع زمینی و ماهواره‌ای) مربوط به منطقه مورد مطالعه و داده‌های مرجع زمینی (بارش روزانه) از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه گردآوری می‌شود. به دلیل تراکم کم ایستگاه‌های مرجع، داده‌های بارش پایگاه INTERIM در مقیاس روزانه در شبکه با ابعاد معین روی منطقه نیز گردآوری می‌شود. پس از کنترل‌های کیفی لازم روی هر دو مجموعه داده، اقدام به مقایسه داده‌های INTERIM و ایستگاهی می‌گردد. داده‌های ماهواره‌ای که از آن‌ها برای محاسبه شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) استفاده می‌شود، از آدرس تحت وب ناسا^۲ دانلود شد و تصحیحات لازم بر آن‌ها اعمال می‌شود. شایان ذکر است که این تصاویر جزو تصاویر سطح ۳ مادیس بودند که قبلاً از نظر هندسی و رادیومتری تصحیح شده بودند. با استناد به نقشه کاربری اراضی منطقه (شکل ۱) سه سلول که معرف کاربری‌های مختلف باشند، انتخاب شده و تصاویر ماهواره‌ای سه سال خشک (۲۰۰۸)، تر (۲۰۰۶) و نرمال (۲۰۰۹) در دوره رشد پوشش گیاهی استخراج می‌شود. در هر سه سال بارش‌های روزانه در دوره‌های ۱-۳۶۵ روز تجمیع

^۳ دوره تجمیع برابر واژگان Summation Duration است. دوره تجمیع ۳۶۵ روزه یعنی مجموع بارش ۳۶۵ روز قبل.

^۱ Land surface temperature

^۲ www.reverb.echo.nasa.gov

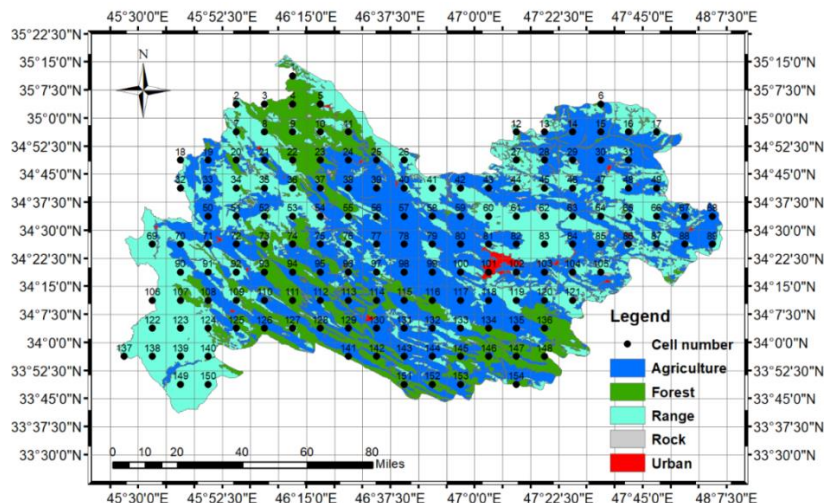


Figure 1- Land use map of Kermanshah Province (Natural Resources Administration of Kermanshah Province)

شکل ۱- نقشه کاربری اراضی استان کرمانشاه (اداره کل آبخیزداری و منابع طبیعی استان کرمانشاه)

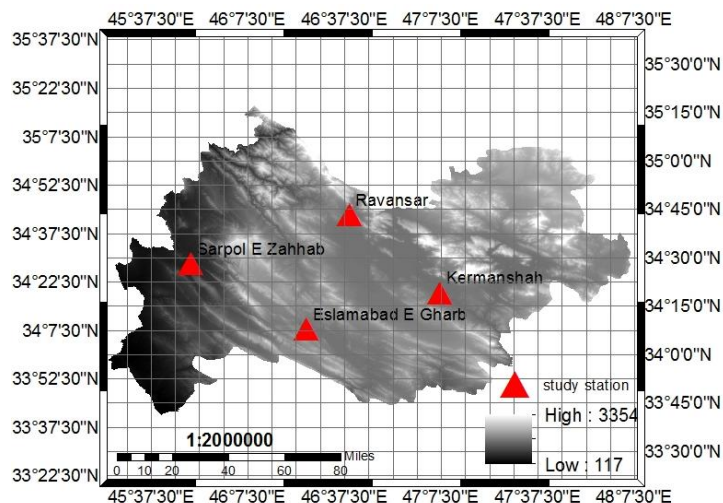


Figure 2- DEM of the Kermanshah province and the geographical locations of the study stations

شکل ۲- مدل رقومی ارتفاع (DEM) استان کرمانشاه و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی

تصادفی بودن داده‌ها انجام شد. لازم به ذکر است قبل از استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پوشش گیاهی به منظور یکسان بودن اندازه سلول‌های این تصاویر با داده‌های بارش تحلیل مجدد، اندازه سلول‌ها از یک کیلومتر در یک کیلومتر طول و عرض جغرافیایی به 0.125×0.125 درجه طول در عرض جغرافیایی تبدیل شدند.

روش‌ها

به طور طبیعی، پوشش گیاهی در طیف مرئی بازتاب کم‌تری نسبت به طیف فرورسرخ دارد. استفاده از شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال (NDVI) اولین بار توسط Rouse et al., (1974) گزارش شده است. NDVI که در اصل برای تصاویر Landsat اولیه توسعه داده شده است، بر اساس داده‌های سنجنده MODIS نیز محاسبه می‌شود.

۲- داده‌های بارش روزانه ERA- Interim در دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ از وب‌گاه ECMWF با اندازه تفکیک مکانی 0.125×0.125 درجه طول و عرض جغرافیایی استفاده شده است.

۳- تصاویر مورد استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua به صورت ۱۶ روزه در طی دوره ۷ ماهه فصل رشد (آوریل تا اکتبر) در استان کرمانشاه با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر در یک کیلومتر برای سه سال ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ که به ترتیب با توجه به بارش منطقه‌ای استان کرمانشاه، سال‌های تر، خشک و نرمال برای منطقه کرمانشاه است.

قبل از مقایسه داده‌های شبکه و نقاط ایستگاهی زمینی، کنترل‌های کیفی اولیه از نظر طول دوره آماری، خلاءهای داده‌ای و آزمون‌هایی برای تحلیل همگنی و

ضریب همبستگی پیرسون ($r_{x,y}$) مورد بررسی قرار گرفت. میانگین خطای اریبی طبق معادله ۴ محاسبه می‌شود.

$$MBE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (obs_i - mod_i) \quad (4)$$

که obs_i مقدار متغیر مشاهده شده در زمان i ، mod_i مقدار متغیر اندازه‌گیری شده توسط مدل در زمان i و m طول سری زمانی است. ریشه میانگین مربعات خطا از معادله ۵ تعیین می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (obs_i - mod_i)^2} \quad (5)$$

برای محاسبه همبستگی مقادیر مدل و مشاهداتی از معادله ۶ استفاده شد.

$$r_{x,y} = S_{x,y} / S_x S_y \quad (6)$$

که S_x ، S_y و S_{xy} به ترتیب کواریانس بین x و y ، انحراف معیار x و y می‌باشند. آستانه معنی‌دار بودن مقدار ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از معادله ۷ محاسبه می‌شود.

$$\left| \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > t_{\alpha/2, (n-2)} \quad (7)$$

که α سطح معنی‌داری، n طول دوره آماری مورد مطالعه و r ضریب همبستگی x و y است. سنجه MBE بیانگر کارایی بلندمدت مدل است و مقدار مثبت آن بیش‌برآورد مدل نسبت به داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد و برعکس هرچه مقدار MBE کمتر باشد کارایی مدل بیشتر است. RMSE نیز هر چه به سمت صفر میل نماید مؤید تطابق مناسب داده‌های مدل و مشاهداتی است (Badescu, 2008).

نتایج و بحث

مقایسه داده‌های بارش شبکه نقاط ERA-Interim و ایستگاهی

برای ارزیابی داده‌های بارندگی ERA-Interim ابتدا استان کرمانشاه را به صورت یک شبکه گرید با ابعاد 0.125×0.125 طول در عرض جغرافیایی تبدیل کرده، سپس سلول‌هایی که در آن‌ها ایستگاه زمینی قرار داشت، انتخاب شد. شکل ۲ شبکه نقاط ERA-Interim به همراه موقعیت ایستگاه‌های زمینی را نشان می‌دهد. برای مقایسه داده‌های ایستگاهی و شبکه ERA-Interim از سنجه‌های ضریب همبستگی و میانگین خطای اریب (MBE) استفاده شد. که نتایج حاصل در جدول ۱ آورده شده است.

در این تحقیق شاخص ماهواره‌ای NDVI در طول دوره رشد (آوریل تا اکتبر) با توجه به معادله ۱ محاسبه شد.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (1)$$

که در آن، ρ_{NIR} بازتاب فرورسرخ نزدیک و ρ_R بازتاب قرمز است. (Byun and wilhite 1999) ضمن برشمردن مشکلات موجود بر سر راه کمی‌سازی خشکسالی با استفاده از سنجه‌های مرسوم، شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) را برای رفع این مشکلات ارائه کردند که دو ویژگی مهم این شاخص را به صورت زیر می‌توان بیان کرد. واحد زمانی ارزیابی خشکسالی، روزانه است و مبنای سنجش شدت خشکسالی یا ترسالی را مقادیر بارش مؤثر روزانه (EP) ^۱ بیان کردند که به‌عنوان تابعی از افت روزانه تأثیر بارش در منابع آب منطقه تعریف شده است و طبق معادله ۲ محاسبه می‌شود.

$$EP_i = \sum_{n=1}^i \sum_{m=1}^n [P_m/n] \quad (2)$$

که در آن، i دوره تجمیع فرضی و P_m بارش m روز قبل با احتساب روز i است. به عنوان مثال، P_1 یعنی بارش یک روز قبل و P_2 یعنی بارش دو روز قبل و همین‌طور تا آخر معادله ۲ نشان می‌دهد که بارش‌های مؤثر اثر بیشتر و بارش‌های مقدم اثر کمتری روی آورد آبی منطقه دارند. شاخص زمینی مرجع، شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) است که با توجه به معادله ۳ و بر مبنای داده‌های تحلیل مجدد (Interim) محاسبه شد.

$$EDI_{i+j-1} = (A_{i+j-1} - M_{i+j-1}) / SD_{i+j-1} \quad (3)$$

که در آن، EDI_{i+j-1} شاخص بارش مؤثر طی دوره تجمیع واقعی، A_{i+j-1} منابع آب قابل دسترس طی دوره تجمیع واقعی، M_{i+j-1} میانگین منابع آب قابل دسترس در شماره روز معینی از سال، SD_{i+j-1} انحراف استاندارد منابع آب قابل دسترس در شماره روز معینی از سال و $i+j-1$ دوره تجمیع واقعی است.

سنجه‌های ارزیابی داده‌های شبکه

سنجه‌های خطای مورد استفاده در این تحقیق دو سنجه میانگین خطای اریبی (MBE) ^۲ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. به علاوه توافق مقادیر شبکه INTERIM و مشاهدات نزدیک‌ترین ایستگاه با استفاده از

^۱ Effective Precipitation

^۲ Mean Bias Error

همچنین بیشینه ضریب همبستگی به همراه دوره تجمع بارش متناظر آن استخراج شد (جدول‌های ۲ و ۳). مطابق شکل ۳ که نشان‌دهنده روند تغییرات NDVI با بارش با دوره تجمع ۱-۳۶۵ روز قبل است، در سال ۲۰۰۶ در سلول شماره ۶۱ (کاربری مرتع) نمودار دو قله در روند ضرایب (۵۱ و ۱۱۹ روز) را نشان می‌دهد. اولین همبستگی معنی‌دار در دوره ۱ روز رخ داده است. بیش‌ترین ضریب همبستگی مربوط به دوره ۱۱۹ روز است که نشان‌دهنده بیش‌ترین تأثیر این دوره بر کاربری مرتع است. پس از آن ضرایب همبستگی تقریباً تا انتهای دوره تجمع روندی نزولی را طی کرده‌اند. سال ۲۰۰۸ اولین ضریب همبستگی معنی‌دار روز اول اتفاق افتاده است. روند تغییرات ضرایب همبستگی تا دوره تجمع ۱۱۴ روز افزایشی بوده است و پس از آن تا دوره تجمع ۳۳۰ روندی کاهشی داشته است و بعد از آن تا آخر دوره تجمع ۳۶۵ روز روند افزایشی بوده است. در سال ۲۰۰۹ اولین ضریب همبستگی معنی‌دار در روز اول اتفاق افتاده است، سپس ضرایب همبستگی تا نقطه اوج ۱۱۵ روز پیش رفته است که بهترین دوره تجمع برای این کاربری است و پس از آن تا انتهای دوره تجمع به صورت نزولی پیش رفته است. در شکل ۴ که نشان‌دهنده روند تغییرات NDVI با بارش مؤثر با دوره تجمع ۱-۳۶۵ روز قبل است، در سال ۲۰۰۶ اولین همبستگی معنی‌دار در دوره ۱ روز رخ داده است. روند ضرایب همبستگی به صورت صعودی تا دوره ۲۷۸ روز ادامه یافته که نشان‌دهنده بیشترین تأثیر این دوره بر کاربری مرتع است. پس از آن ضرایب همبستگی به مقدار ثابتی تا انتهای دوره ۳۶۵ روز ادامه یافته است. در سال ۲۰۰۸ اولین ضریب همبستگی معنی‌دار روز اول اتفاق افتاده است. روند تغییرات ضرایب همبستگی تا دوره تجمع ۱۶۲ روز افزایشی بوده است و پس از آن به مقدار تقریباً ثابتی تا انتهای دوره رسیده است. در سال ۲۰۰۹ اولین ضریب همبستگی معنی‌دار در روز اول اتفاق افتاده است، سپس ضرایب همبستگی تا نقطه اوج ۲۴۵ روز پیش رفته است که بهترین دوره تجمع برای این کاربری است و از دوره ۲۷۷ به بعد به مقدار ثابتی رسیده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در سلول شماره ۴ (کاربری جنگل) همبستگی بالایی بین داده‌های بارندگی و NDVI وجود دارد و از نظر جغرافیایی این یاخته در قسمت شمال غرب

همان‌طور که مشاهده می‌شود ضرایب همبستگی بین ۰/۶۷ تا ۰/۷۲ متغیر هستند و در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. میانگین خطای اریب بین ۰/۲۸ تا ۰/۵۷ میلی‌متر بر روز و ریشه میانگین مربعات خطا بین ۲/۷۹ و ۳/۹۰ متغیر است.

Table 1- Correlation coefficient (r), Root Mean Squares Error (RMSE) and mean bias error (MBE) between precipitation data of Interim and ground stations during the statistical period of 1989-2015 on daily scale

جدول ۱- ضریب همبستگی (r)، ریشه مربعات (RMSE) و میانگین خطای اریبی (MBE) بین داده‌های بارش Interim و ایستگاه‌های زمینی در دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۵ در مقیاس روزانه

Station	Interim Grid	r	RMSE	MBE
Ravansar	39	0.72**	3.90	0.57
Kermanshah	101	0.67**	2.79	0.28
Sarpol Zahab	71	0.67**	2.97	0.57
Eslamabad e Gharb	113	0.71**	3.03	0.46

انتخاب سلول‌هایی با پوشش‌های گیاهی مختلف

به منظور بررسی تأثیر خشکسالی بر پوشش‌های گیاهی مختلف، ابتدا شبکه گرید با ابعاد 0.125×0.125 درجه طول در عرض جغرافیایی روی نقشه کاربری استان کرمانشاه قرار گرفت. سپس، سلول‌هایی که قسمت اعظم آن‌ها پوشیده از کاربری‌های جنگل (سلول ۴)، مرتع (سلول ۶۱) و کشاورزی (سلول ۵۰) بودند، انتخاب شدند، (شکل ۱).

تحلیل رابطه پوشش گیاهی - بارش در کاربری‌های مختلف

تأثیر بارش (شبکه Interim) در کاربری‌های مختلف جنگل (سلول شماره ۴)، کشاورزی (سلول شماره ۵۰) و مرتع (سلول شماره ۶۱) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، همبستگی NDVI با مقدار بارش در یک دوره زمانی قبل (۱-۳۶۵ روز قبل) در دو وضعیت، یکی بدون در نظر گرفتن افت تأثیر بارش و دیگری تأثیر افت بارش (EP) با گذشت زمان در پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۰۶ (سال تر)، ۲۰۰۸ (سال خشک) و ۲۰۰۹ (سال نرمال) در سه کاربری منتخب محاسبه شد که در ادامه همبستگی‌نگار رابطه NDVI با بارندگی و بارش مؤثر برای دوره‌های تجمع ۱-۳۶۵ روز قبل در کاربری مرتع در سه سال مورد بررسی آورده شده است (شکل‌های ۳ و ۴).

۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به ترتیب ۸۸، ۶۷ و ۶۹ روز است. در سلول شماره ۶۱ (کاربری مرتع) نیز همبستگی‌ها مثبت و معنی‌دار هستند و بیشینه دوره تجمع بارش مثبت در این یاخته برای ۳ سال مورد بررسی به ترتیب ۱۱۹، ۱۱۴ و ۱۱۵ روز است.

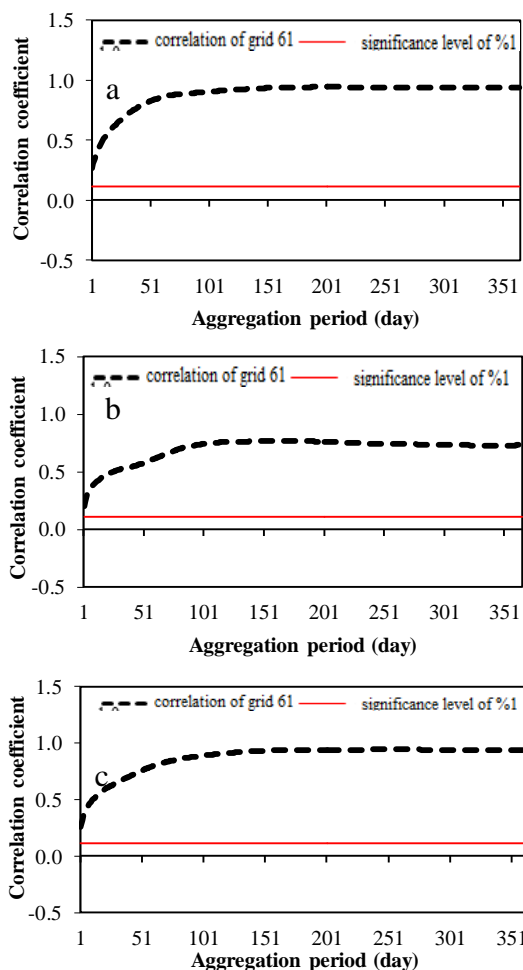


Figure 4- Correlation between NDVI and effective precipitation with aggregate periods of 1-365 days ago in pasture use in the years of 2006 (a), 2008 (b), and 2009 (c)

شکل ۴- همبستگی نگار رابطه NDVI و بارش مؤثر با دوره‌های تجمع ۱-۳۶۵ روز قبل در کاربری مرتع در سال‌های ۲۰۰۶ (a)، ۲۰۰۸ (b) و ۲۰۰۹ (c)

استان کرمانشاه قرار دارد و اغلب جنگل‌های آن را درختان میوه شامل می‌شود، دارای دوره‌های تجمع کوتاه‌مدت (بین ۲۲ تا ۸۸ روز) است. در سلول شماره ۵۰ (کاربری کشاورزی) در هر سه سال مورد بررسی همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار اتفاق افتاده است و بیشینه ضرایب همبستگی، متناظر با دوره‌های تجمع در طی سه سال

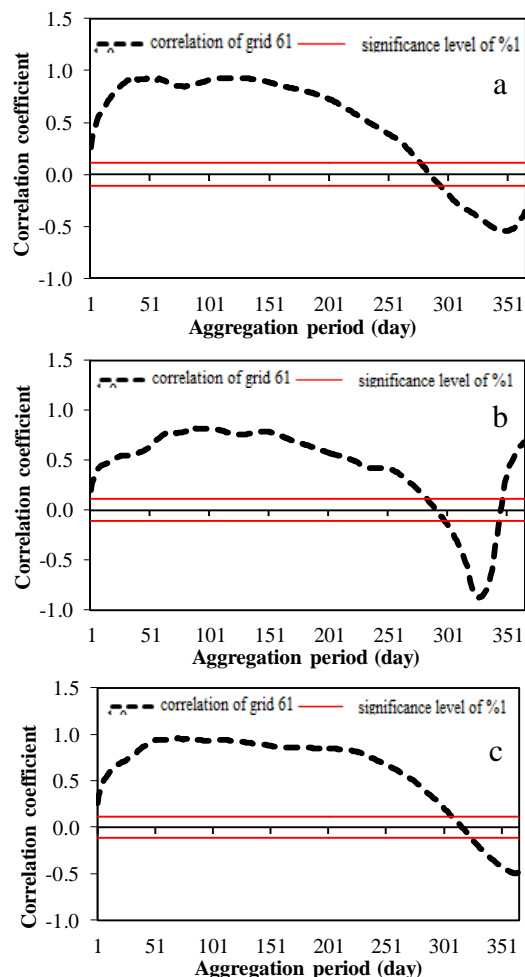


Figure 3- Correlation between NDVI and precipitation with aggregate periods of 1-365 days ago in pasture use in the years of 2006 (a), 2008 (b), and 2009 (c)

شکل ۳- همبستگی نگار رابطه NDVI و بارش با دوره‌های تجمع ۱-۳۶۵ روز قبل در کاربری مرتع در سال‌های ۲۰۰۶ (a)، ۲۰۰۸ (b) و ۲۰۰۹ (c)

Table 2- Maximum correlation coefficient of NDVI and precipitation in aggregate periods of 1- 365 days and corresponding period of aggregation in each selected year

Number of grid	Parameter	Year		
		2006	2008	2009
Grid 4: Forest	Maximum correlation coefficient	0.84**	0.44**	0.83**
	Aggregate periods of precipitation	87	22	40
Grid 50: Agriculture	Maximum correlation coefficient	0.91**	0.89**	0.63**
	Aggregate periods of precipitation	88	67	69
Grid 61: pasture	Maximum correlation coefficient	0.93**	0.79**	0.93**
	Aggregate periods of precipitation	119	114	115

**Correlation is significant at the 0.01 level %1

Table 3- Maximum correlation coefficient of NDVI and effective precipitation in aggregate periods of 1-365 days and corresponding period of aggregation in selected years

جدول ۳- بیشینه ضریب همبستگی NDVI و بارش مؤثر دوره‌های تجمیع ۱-۳۶۵ روز و دوره تجمیع متناظر با آن در سال‌های منتخب

Number of grid	Parameter	Year		
		2006	2008	2009
Grid 4: Forest	Maximum correlation coefficient	0.85**	0.43**	0.85**
	Aggregate periods of precipitation	104	33	65
Grid 50: Agriculture	Maximum correlation coefficient	0.89**	0.84**	0.66**
	Aggregate periods of precipitation	103	90	72
Grid 61: pasture	Maximum correlation coefficient	0.94**	0.77**	0.94**
	Aggregate periods of precipitation	278	162	245

**Correlation is significant at the 0.01 level %1

بی‌بارشی است که در اواسط دوره اتفاق افتاده است و منطبق بر ماه‌های تابستان است. به هر حال، با وجود این که بخش اعظم دوره میانی رشد در هر سه سال ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ خشک گزارش شده است، EDI شرایط نزدیک به نرمال را نشان می‌دهد. این نتیجه به علت مقادیر صفر بارش در دوره میانی و ناچیز بودن مقدار بارش مؤثر و در نتیجه نزدیک به صفر شدن شاخص خشکسالی مؤثر است. روند تغییرات NDVI در کاربری کشاورزی هموارتر از دو کاربری دیگر است. در هر سه سال مورد بررسی، NDVI تقریباً مقادیر بزرگتر از صفر و نزدیک صفر را گزارش کرده است. مقدار NDVI در اوایل دوره زیاد و سپس تا اواخر دوره رشد کم می‌شود. در اواخر دوره به تدریج بر مقدار NDVI افزوده می‌شود. شاخص EDI در ابتدای دوره کم‌ترین مقدار و به تدریج به سمت نرمال و بالاتر از نرمال نزدیک می‌شود. عمق خشکسالی و تداوم آن در سال ۲۰۰۸ بیش‌تر از دیگر سال‌ها است. همچنین روند تغییرات NDVI در کاربری مرتع در سال ۲۰۰۶ هموار و در کل دوره رشد مقادیری بزرگ‌تر از ۰/۲ دارد. نوسانات پوشش مرتع در سال مذکور بسیار کم است. این در حالی است که مقدار EDI تقریباً تا اواخر دوره منفی است و در اوایل دوره دارای نوساناتی می‌باشد. در اواخر دوره مقدار علی‌رغم ترسالی، پوشش گیاهی مرتعی در سطح قبلی خود ثابت باقی مانده است. در سال خشک ۲۰۰۸، نوسانات در پوشش مرتعی افزایش یافته و در یک سوم انتهایی منفی می‌شود. در این سال، EDI تقریباً تا اواخر دوره در وضعیت خشکسالی قرار دارد و پوشش مرتعی در اوایل دوره خشکسالی شدیدتری را تجربه کرده است. در سال ۲۰۰۹، نوسانات در پوشش مرتعی کم‌تر از ۲۰۰۸ است و در نیمه دوم دوره مقدار NDVI منفی می‌شود. این در حالی است که شدت خشکسالی به سمت انتهایی دوره کاهش می‌یابد و مقادیر مثبت پیدا می‌کند.

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که بیشترین همبستگی‌های معنی‌دار در طی سال‌های منتخب مورد بررسی مربوط به کاربری مرتع می‌باشد، که نشان‌دهنده این امر است که این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها پاسخ بهتری به دوره‌های تجمیع پیشین بارندگی می‌دهد و در سه کاربری منتخب (جنگل، کشاورزی و مرتع) دوره‌های تجمیع پیشین بارش در حالتی که افت زمانی بارش در نظر گرفته شده است طولانی‌تر از حالتی است که افت زمانی بارش در نظر گرفته نشده است. در گام بعدی رابطه پوشش گیاهی و بارش با استفاده از شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج محاسبات در شکل ۵ برای هر سه کاربری و در سال‌های منتخب ارائه شد. به طور غیرمنتظره‌ای مشاهده شد که روند تغییرات EDI به طور هم‌زمان مخالف روند تغییرات NDVI است. تحلیل NDVI و EDI نیز وجود همبستگی‌های منفی معنی‌دار را تأیید کرد. به نظر می‌رسد که تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با تأخیر اتفاق افتاده است. عمده نتایج به دست آمده در سه سال ۲۰۰۶ (تر)، ۲۰۰۸ (خشک) و نرمال (۲۰۰۹) به صورت زیر است:

در کاربری جنگل (سلول ۴)، پوشش گیاهی سال ۲۰۰۸ در اکثر مواقع شرایط زیر نرمال را تجربه کرده است و حتی در اواسط دوره به نزدیک ۱- رسیده است که معرف کم‌ترین مقدار پوشش گیاهی است. در همین زمان، سلول ۴ از نظر بارش شرایط نرمال و نزدیک نرمال را تجربه می‌کند. در انتهای این دوره بارش‌هایی اتفاق می‌افتد که مقدار NDVI را به نرمال و شرایط بالاتر از نرمال می‌رساند. در سال‌های تر ۲۰۰۶ و نرمال ۲۰۰۹ شرایط پوشش گیاهی در ابتدای دوره مناسب است ولی به تدریج تا اواسط دوره به کاهش یافته و به نزدیک صفر و زیر صفر می‌رسد. در انتهای دوره نیز مجدداً NDVI به مقادیر مثبت خود برگشت می‌کند. نکته حائز اهمیت،

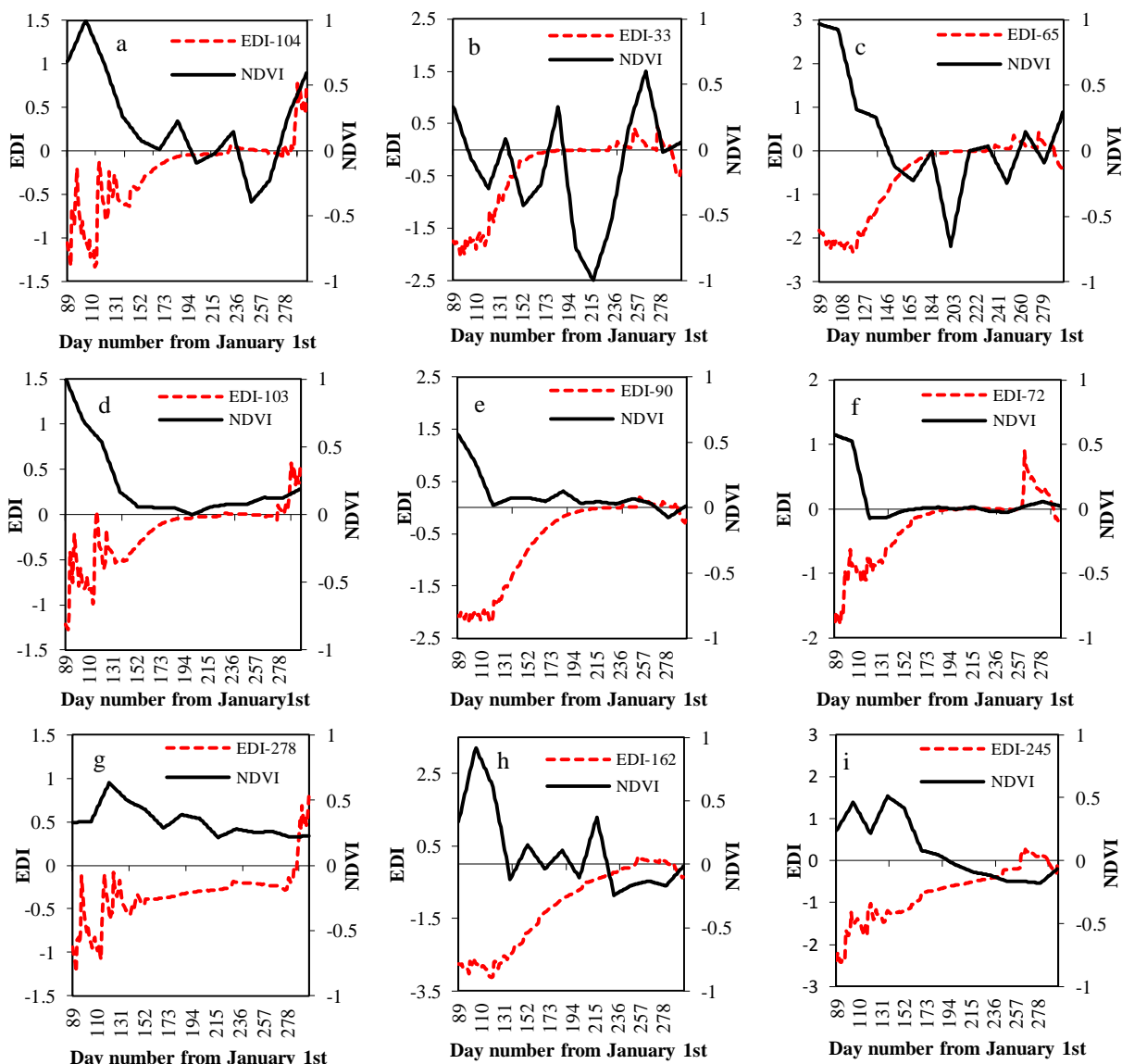


Figure 5 - The effective drought index with aggregation period which had the most significant correlation with vegetation and NDVI index in the years of 2006, 2008 and 2009 in forest use (a-c), agriculture (d-f) and pasture (g-i)

شکل ۵- شاخص خشکسالی مؤثر با دوره تجمیع دارای بیشترین همبستگی معنی دار با پوشش گیاهی و شاخص NDVI به ترتیب در

سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در کاربری‌های جنگل (a-c)، کشاورزی (d-f) و مرتع (g-i)

آماری به دست آمده‌اند، حال آن که پوشش از شرایط بارندگی همان سال تأثیر می‌پذیرد. بر این مبنا، شاخص دیگری از روی داده‌های بارش مؤثر استخراج شد که شاخص بارش مؤثر استاندارد (SEPI) نامیده شد. در این شاخص به جای استفاده از میانگین و انحراف معیار یک دوره چندین ساله، از میانگین و انحراف معیار همان سال استفاده می‌شود. نتایج مقایسه سری‌های NDVI و SEPI در کاربری‌های مختلف در شکل ۶ آمده است.

شاخص بارش مؤثر استاندارد (SEPI)

با توجه به نتایج به دست آمده در بخش قبل، ملاحظه شد که بین EDI و پوشش گیاهی همبستگی منفی وجود دارد یا نوسانات EDI عکس نوسانات NDVI است. اساساً، EDI پایش خشکسالی یا کمی‌سازی خشکسالی را بر مبنای مقایسه با میانگین و انحراف معیار یک دوره اقلیمی انجام می‌دهد. به عبارت دیگر، خشکسالی‌های گزارش شده توسط EDI بر مبنای مقایسه با پارامترهای کل دوره

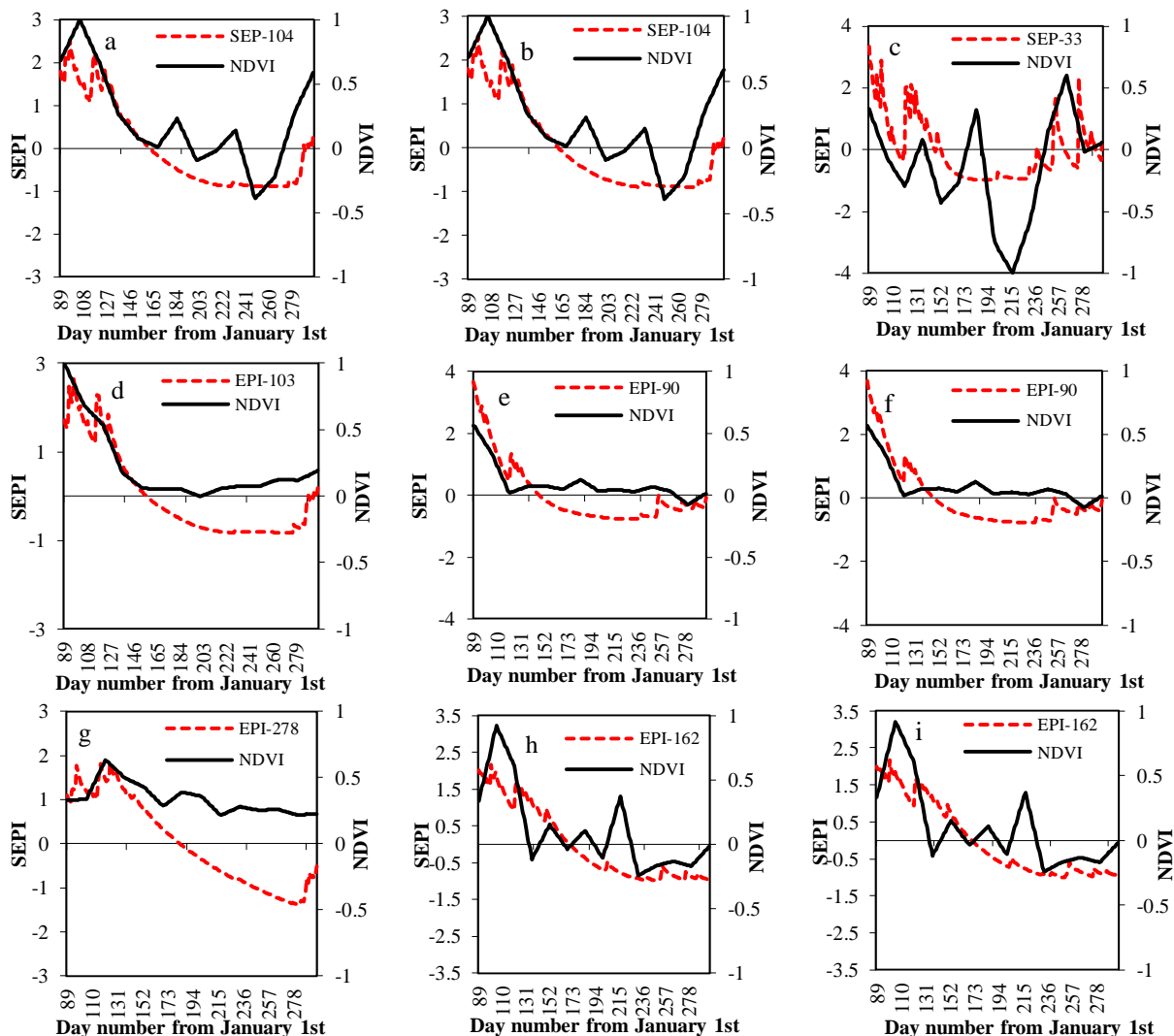


Figure 6 - The standard effective precipitation index with aggregation period which had the most significant correlation with vegetation and NDVI index in the years of 2006, 2008 and 2009 in forest use (a-c), agriculture (d-f) and pasture (g-i)

شکل ۶- شاخص بارش مؤثر استاندارد با دوره تجمیع دارای بیشترین همبستگی معنی دار با پوشش گیاهی و شاخص NDVI به ترتیب در سال ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در کاربری‌های جنگل در (a-c)، کشاورزی (d-f) و مرتع (g-i)

عکس‌العمل مثبت نشان داده است. این مسئله نیز در تحقیقات دیگر مورد توجه قرار گرفته است به طوری که van Hoek et al., (2016) برای پایش دقیق‌تر خشکسالی از میزان آب قابل دسترس برای گیاه تا عمق ۱/۳۸ متری استفاده کردند. همچنین Kamali (2017) از سه پارامتر دما، بارندگی و پوشش گیاهی برای پایش خشکسالی استفاده کرد و به این نتیجه رسید که استفاده از عامل دما در کنار داده‌های بارش می‌تواند سبب بهبود پایش خشکسالی در منطقه تحت مطالعه (استان کرمانشاه) شود.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر دوره‌های تجمیع بارندگی (۱ تا ۳۶۵ روز) پیشین بر پوشش گیاهی

با توجه به شکل‌های مذکور، می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات NDVI و SEPI تقریباً یکسان است، به ویژه، NDVI در نیمه اول دوره رشد از نوسانات SEPI تبعیت می‌کند. در اواسط دوره نوساناتی در کاربری جنگل در هر سه سال منتخب و مرتع در سال خشک ۲۰۰۸ اتفاق می‌افتد که SEPI به این نوسانات پاسخ نمی‌دهد. به نظر می‌رسد عوامل دیگری غیر از بارش بر پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارند. این مسأله به ویژه در مورد کاربری جنگل در اواسط سال خشک ۲۰۰۸ که NDVI به -۱ می‌رسد بسیار در خور توجه است. به نظر می‌رسد وقوع آتش‌سوزی‌های که هر ساله در این منطقه اتفاق می‌افتد سبب حذف کامل پوشش گیاهی شده است. در عین حال، در برخی کاربری‌ها، پوشش گیاهی در اواخر دوره رشد به رخداد بارش

بارش‌ها یک دوره قبل بر پوشش گیاهی سنجیده شد، تحلیل دوباره رابطه پوشش گیاهی با شاخص خشکسالی مؤثر چندان منطقی نمی‌نمود. به نظر می‌رسد پوشش گیاهی از شرایط بارش همان سال تأثیر می‌پذیرد نه سایر سال‌ها. به همین دلیل ممکن است EDI شاخص مناسبی برای پایش خشکسالی در پوشش گیاهی نباشد زیرا این شاخص بر مبنای مقایسه با میانگین و انحراف معیار یک دوره اقلیمی محاسبه می‌شود، در صورتی که پوشش گیاهی از شرایط بارندگی همان سال تأثیر می‌پذیرد. به این منظور شاخص دیگری بر مبنای مقایسه بارش مؤثر با میانگین و انحراف معیار بارش مؤثر دوره رشد تعریف شد که شاخص استاندارد بارش مؤثر (SEPI) نامیده شد. بررسی‌ها نشان داد که SEPI به خوبی رفتار NDVI را در کاربری‌های تحت مطالعه دنبال می‌کند. شاخص اخیر (SEPI) می‌تواند شاخص مناسبی برای بررسی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی رفتار این شاخص در کاربری‌های متنوع‌تر و تعداد یاخته‌های بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع و کشاورزی) در استان کرمانشاه با در نظر گرفتن افت تأثیر بارش (به صورت نمایی) (بارش مؤثر)، بدون در نظر گرفتن افت تأثیر بارش و شاخص خشکسالی مؤثر انجام شده است. بر مبنای نتایج به دست آمده در نقاط نمونه، دوره‌های تجمیع بارش بدون در نظر گرفتن افت زمانی در کاربری جنگل شامل دوره‌های کوتاه مدت کم‌تر از ۱۰۰ روز می‌باشد. در کاربری کشاورزی (کشاورزی آبی)، دوره‌های تأثیرگذار بین ۶۷ تا ۸۸ روز و در کاربری مرتع دوره‌های تجمیع طولانی مدت بارش (بیش از ۱۰۰ روز)، دارای بیش‌ترین همبستگی با پوشش کاربری است. در سه کاربری منتخب (جنگل، کشاورزی و مرتع)، دوره‌های تجمیع پیشین بارش در حالتی که افت زمانی بارش در نظر گرفته شده است طولانی‌تر از حالتی است که افت زمانی بارش در نظر گرفته نشده است. همبستگی بین داده‌های NDVI و شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) در هر سه کاربری منتخب معکوس است یکی از دلایل این مسأله می‌تواند این باشد که تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با تأخیر زمانی عارض می‌شود. البته، به دلیل اینکه در این مطالعه، تأثیر

منابع

- Amini, J. 2010. Computer processing of remotely sensed images. Tehran University press. 576 pages. (In Farsi)
- Badescu, V. 2008. Modeling solar radiation at the earth surface. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 517 pages.
- Byun, H., Wilhite, D. 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12: 2747-2756.
- Ghorbani, Kh. 2010. Comparative study of meteorological indexes with satellite data profiles by data mining for drought monitoring. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran. (In Farsi)
- Jalili, Sh., Morid, S., Ziyaeeyan, F.P. 2008. A Comparison between Satellite and Climatic Indices in Drought Monitoring. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 39(1): 139-149. (In Farsi)
- Katirai Borujerdi, P.S. 2013. Comparison of high-resolution gridded monthly satellite and ground-based precipitation data over Iran. *Geophysical Journal of Iran*, 7(4): 149-160. (In Farsi)
- Kamali, S. 2017. Metrological drought monitoring in the semi-arid region of Kermanshah using multisensory microwave remote sensing data. MSc Thesis. University of Tehran, Tehran. (In Farsi)
- Liu, W.T., Kogan, F.N. 1996. Monitoring regional drought using the vegetation condition index. *International Journal of Remote Sensing*. 17(14): 2761-2782.
- Mirmousavi, S.H., Karimi, H. 2011. Effect of Drought on Vegetation Cover Using MODIS Sensing Images Case: Kurdistan Province. *Journal of Geography and development*, 11(31): 57-76. (In Farsi)
- Peters, A., Lei Ji, W., Hayes, M., Svoboda, M., Hayes, M. 2003. Drought monitoring with NDVI based standardized vegetation index. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 68(1): 71-75.
- Rahimzadeh, P., Darvishsefat, A., Khalili, A., Makhdom, A. 2008. Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the northwest of Iran. *Journal of Arid Environment*, 72(6): 1086-1096.

- Raziei, T., Sotoudeh, F. 2016. Investigation of the accuracy of the European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) in forecasting observed precipitation in different climates of Iran. *Journal of the earth and space physics*, 43(1): 1-16. (In Farsi)
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. NASA. Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symposium, 1(A): 309-317.
- Sarabi, S., Heshmatpour, A., Komaki, B., Tahmasebi, A. 2015. Relationship between Modis vegetation indices and drought in northern rangeland of Golestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(2): 392-40.
- van Hoek, M., Jia, L., Zhou, J., Zheng, Ch., Menenti, M. 2016. Early Drought Detection by Spectral Analysis of Satellite Time Series of Precipitation and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Remote Sensing*, 8(5): 1-17.



Daily monitoring of drought effects on vegetation cover using ERA-Interim precipitation data and MODIS Images (Case study: Kermanshah Province)

P. Zargaran¹, J. Bazrafshan^{2*}, Z. Aghashariatmadari³, S. Hejabi⁴, S. Kamali⁵

Received: 21/08/2018

Accepted: 26/06/2019

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effects of meteorological droughts on vegetation cover using satellite images. For this purpose, vegetation images were extracted from MODIS sensor of AQUA satellite on a 16-days timescale, during the growing season for three years of Wet (2006), Normal (2009) and Dry (2008) for different land uses, i.e. forest, pasture and agriculture in Kermanshah province, Iran. After necessary corrections to the satellite images, the daily Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values were calculated. Then, based on ERA Interim gridded precipitation data, the summed value of precipitation for the dummy durations of 1-365 days before any given date were calculated without and with a time-dependent reduction function representing the effect of precipitation on vegetation. The results showed that there is a strong and significant correlation between Interim rainfall variability and NDVI in three different land uses. The summation durations having maximum correlation with vegetation were used to calculate Effective Drought Index (EDI). It was identified that the maximum correlations between NDVI and EDI had negative values in all three selected land uses. The reason for this may be related to the technique that EDI employs to monitor drought. While vegetation cover is affected by precipitation conditions of the same year, EDI is calculated on the basis of daily precipitation with respect to its long-term average. Accordingly, another index was derived based on effective precipitation (EP) data, which is called Standard Effective Precipitation Index (SEPI). Results of comparison between NDVI and SEPI series showed that both series were similarly changed.

Keywords: Remote Sensing, Effective Precipitation, Effective Drought Index, Vegetation Index, Kermanshah



¹ M.Sc. Student of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

² Associate Professor of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

(*Corresponding author Email Address: jbazr@ut.ac.ir)

DOI: [10.22125/agmj.2019.140733.1020](https://doi.org/10.22125/agmj.2019.140733.1020)

³ Assistant Professor of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Assistant Professor of Agrometeorology, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and natural Resources, Urmia University, Iran

⁵ Ph.D. student of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran