

تلفیق اطلاعات اقلیمی و سنجش از دور در شاخص تلفیقی خشکسالی، به منظور پهنه‌بندی خشکسالی در دشت یزد- اردکان

رفعت زارع بیدکی^{1*}، امید یزدان‌دوست²، محمدحسن رحیمیان³، نسربین قرهی⁴

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای گسترده است که شدت آن در زمان و مکان متغیر است. پایش خشکسالی، تنها با استفاده از داده‌های هواشناسی به دلیل تعداد کم و پراکنش نامناسب ایستگاه‌ها دقیق نیست. لذا استفاده از سنجش از دور و شاخص‌های پوشش گیاهی، به عنوان راهکار تلفیقی مفیدی در مطالعه خشکسالی اهمیت دارد. تحقیق حاضر به منظور پهنه‌بندی خشکسالی در دشت یزد- اردکان با تلفیق داده‌های هواشناسی و سنجش از دور انجام شده است. در این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی یزد، میبد و مهریز بین سال‌های 1381 تا 1394 استفاده شده است. ابتدا شاخص بارش استاندارد (SPI)، در مقیاس ماهانه برای هر سه ایستگاه محاسبه شد. مقادیر ماهانه، متوسط گرفته شد و نقشه پهنه‌بندی میانگین SPI ترسیم شد. با استفاده از تصاویر لندست، شاخص SAVI محاسبه شد و نقشه آن در 16 زمان مختلف تهیه شد. به دلیل نقش دما در وقوع خشکسالی، شاخص تلفیقی تاثیر خشکسالی IDI با استفاده از دما و بارش و شاخص SAVI محاسبه شد. پهنه‌بندی مقادیر متوسط SPI نشان داد کمترین مقادیر SPI مربوط به مناطق میانی، شمال و جنوب شرقی و بیشترین مقادیر مربوط به ارتفاعات غربی دشت می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی SAVI نشان داد که مراتع منطقه میبد و یزد دارای کمترین تراکم می‌باشد. ضریب همبستگی مقادیر SPI و SAVI بین 0/5 تا 0/65 تغییر می‌کند و مقادیر بیشتر متعلق به محدوده مهریز است. مقادیر IDI در مراتع مرتفع‌تر کمتر است یعنی این مناطق از خشکسالی تاثیر کمتری داشته‌اند. متوسط مقادیر IDI در محدوده مهریز، یزد و میبد حداکثر به 5، 100 و 160 می‌رسد. تغییرات زمانی شاخص‌های خشکسالی نشان داد در مواقعی که بارش افزایش یافته، شاخص IDI کاهش یافته است. امکان وقوع تأخیر زمانی بین تغییرات بارش با تغییر شاخص IDI نیز مشاهده شد. مقایسه مقادیر ماهانه IDI و بارندگی نشان داد بازه زمانی تاثیر بارندگی بر مقادیر شاخص IDI حدود سه ماه است.

واژگان کلیدی: تصویر ماهواره‌ای، شاخص تلفیقی خشکسالی، شاخص بارش استاندارد، استان یزد.



مقاله پژوهشی

1. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

zare.rafat@sku.ac.ir

* نویسنده مسئول

2. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

yazdandoost@yahoo.com

3. دکترای علوم و مهندسی آب، استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

mhrahimian@gmail.com

4. استادیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

gharahi.nasrin@sku.ac.ir

شناسه مقاله: 2111-1015

شماره صفحه پیاپی: 103-115

تاریخ دریافت: 1400/09/07

تاریخ پذیرش: 1400/10/22

انتشار آنلاین: 1401/03/27

زمان پذیرش: 45 روز

استناددهی:

زارع بیدکی، ر، یزدان‌دوست، ا، رحیمیان، م ج، و قرهی، ن. (1401). تلفیق اطلاعات اقلیمی و سنجش از دور در شاخص تلفیقی خشکسالی، به منظور پهنه‌بندی خشکسالی در دشت یزد- اردکان. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، 2(1)، 36-48.

1- مقدمه

پدیده خشک‌سالی یک پدیده‌ی خزنده است که معمولاً با کاهش بارندگی آغاز می‌شود اما افزایش دما و تبخیر نیز در حادث شدن آن نقش دارد (مقدسی و همکاران، 1384). اگر چه تعاریف متفاوتی برای این پدیده ارائه شده لیکن در کل حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می‌باشد (Wilhite, 1993؛ هادیان و همکاران، 1393؛ Sharma and Smakhtin, 2004). ارزیابی تغییرات بارندگی و پایش خشکسالی معمولاً بر مبنای آمار و اطلاعات هواشناسی استوار است که در نقاط معدودی برداشت می‌شوند. بنابراین بیشتر شاخص‌های خشکسالی که برای ارزیابی شدت و وضعیت خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ماهیت نقطه‌ای دارند. در صورتی که وقوع خشکسالی در گستره‌ای نسبتاً وسیع از زمین رخ می‌دهد و ممکن است در بخش‌های مختلف یک منطقه نیز با شدت‌های مختلفی بروز کند. بنابراین برای پهنه‌بندی خشکسالی در آن منطقه، به اجبار باید از روش‌های درون‌یابی و زمین‌آماری استفاده نمود. در این راستا شاخص‌هایی که بتوانند علاوه بر استفاده از اطلاعات اقلیمی از تغییرات پوشش گیاهی استفاده کنند و با تلفیقی از اطلاعات نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای در پهنه‌بندی پدیده خشکسالی به کار روند، مدیران و برنامه‌ریزان را به اهداف خود نزدیک‌تر می‌سازند. خشکسالی و کاهش منابع آب در دسترس از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پوشش گیاهی مناطق مختلف است و نمایان‌سازی تغییرات پوشش گیاهی در اثر تغییرات بارندگی خصوصاً در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و یا بیابانی، اهمیت زیادی دارد. زیرا پوشش گیاهی مناطق بیابانی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی و پایش تخریب و بیابان‌زایی می‌باشد. بروز تغییرات در روند بیابان‌زایی عرصه‌ها از طریق بررسی پوشش گیاهی طی زمان قابل پیگیری می‌باشد. پس استخراج اطلاعات تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند بیانگر تغییرات بیابان‌زایی باشد (رحیمی و همکاران، 1394). از طریق داده‌های ماهواره‌ای می‌توان نسبت به ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی اقدام نمود. سنجش از دور ابزار پایش خشکسالی را به صورت وسیع و گسترده فراهم آورده و مدل‌های پایش خشکسالی زیادی ارائه شده است که عموماً بر پایه شاخص‌های گیاهی است. شاخص‌های گیاهی، کارایی بسیار خوبی را در مطالعه و بررسی تغییرات تپ‌های گیاهی ناشی از تغییر در پدیده‌های اقلیمی مخصوصاً بارندگی دارد (هادیان و همکاران، 1393). در همین راستا زارع بیدکی و همکاران (1396) در بررسی بهترین شاخص گیاهی برای پایش خشکسالی در دشت یزد- اردکان بیان کردند که شاخص SAVI¹ بهتر می‌تواند شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه را منعکس کند و برای پایش و پهنه‌بندی خشکسالی استفاده شود. در تحقیقات زیادی به منظور بررسی پایش خشکسالی در مناطق خشک از شاخص‌های سنجش از دور و هواشناسی در کنار هم استفاده شده است. بر اساس نتایج از میان شاخص‌های ماهواره‌ای شاخص NDVI² و SAVI³ بیشترین همبستگی را با SPI³ داشته است (محمودی کهن، 1390؛ سرابی و همکاران، 1394؛ صابری و همکاران، 1397؛ ابراهیمی خوسفی و همکاران، 1389). اسکندری دامنه و همکاران (1399) رابطه خشکسالی هواشناسی را با تغییرات NDVI در استان هرمزگان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی این منطقه به شدت از نوسانات بارندگی در مقیاس سالانه متأثر است. علاوه بر استفاده از دو شاخص اقلیمی و سنجش از دور در کنار هم، مطالعات و پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه تلفیق اطلاعات سنجش از دور و اقلیمی برای معرفی شاخص‌های جدید و کارآمد خشکسالی انجام شده است. مطالعات انجام شده عبارتند از: تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی در دشت یزد- اردکان (پورمحمدی و همکاران، 1391)، امکان ثبت تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی کرمانشاه بر اثر خشکسالی با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای خشکسالی (ابراهیم‌زاده و همکاران، 1392)، بررسی ارتباط خشکسالی‌های سالانه و تغییرات پوشش گیاهی مراتع جنوب استان یزد (زارع خورمیزی و همکاران، 1396)، بررسی خشکسالی‌های هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی در هند (Bhuiyan et al., 2006)، بررسی پایش خشکسالی در مراتع استان اصفهان (فاضل دهکردی و همکاران، 1395)، بررسی و پایش خشکسالی در منطقه سیچوان- چینگ‌کینگ چین (Ji et al., 2018)، مطالعه پایش خشکسالی در ایران (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، 1398) و ارزیابی تولید مراتع موروکو با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و SPI (Lang et al., 2021). Khosravi et al. (2017) اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع، مزارع و باغات دشت یزد- اردکان را در مقیاس سالانه مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که مراتع بسیار به تغییرات SPI حساس هستند. Heidary Alamdarloo et al. (2018) به بررسی احتمالات حساسیت‌پذیری پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر سنجش از دور در ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی مناطق خشک و بسیار خشک، حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی نشان می‌دهد. Ebrahimi Khusfi and Zarei (2020) شاخص پوشش گیاهی NDVI را با SPI در مقیاس سالانه برای ارزیابی رابطه بین خشکسالی هواشناسی و تخریب پوشش گیاهی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی کم‌تراکم (مراتع فقیر) نسبت به پوشش گیاهی متراکم، نسبت به خشکسالی بسیار حساس‌تر است. اسدی می‌آبادی و همکاران (1400) در پهنه‌بندی خشکسالی نشان دادند ارتباط خوبی بین داده‌های تلفیقی⁴ و شاخص بارش استاندارد وجود دارد که نشان‌دهنده کارایی بالای داده‌های تلفیقی است.

مطالعات متعددی در مورد تأثیر خشکسالی بر انواع مختلف پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های متنوع انجام شده است. عمده این مطالعات در مقیاس زمانی سالانه صورت گرفته است. ضمن اینکه از شاخص‌های اقلیمی در کنار شاخص‌های حاصل از سنجش از دور پرداخته‌اند. تحقیق حاضر

1. Soil Adjusted Vegetation Index

2. Normalized Difference Vegetation Index

3. Standardized Precipitation Index

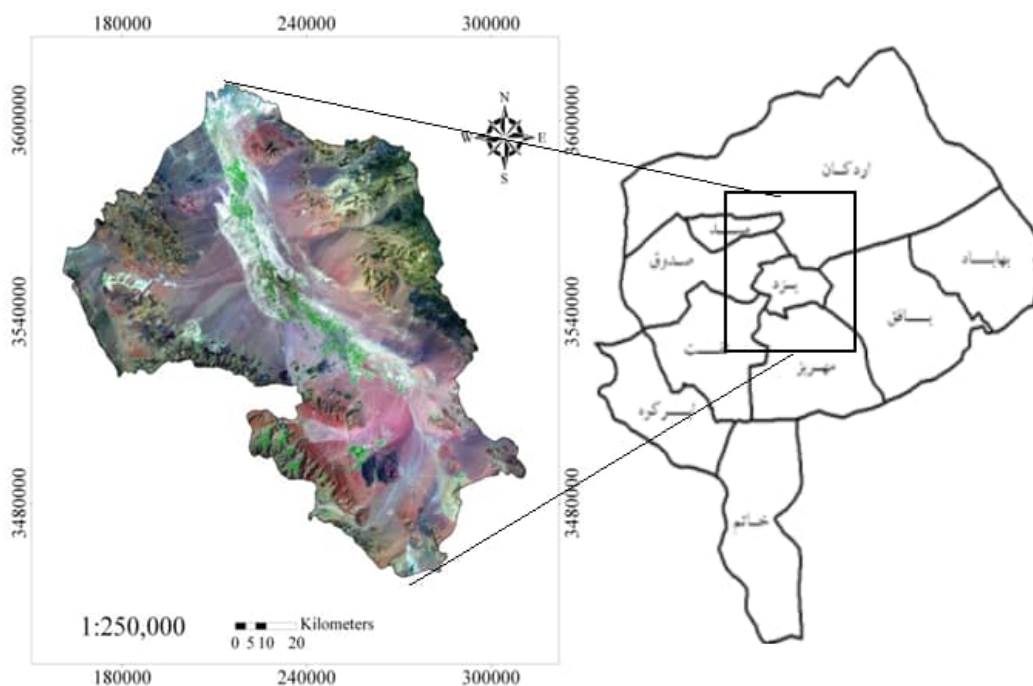
4. Index of Drought Impact (IDI)

سعی دارد با تلفیق اطلاعات هواشناسی و سنجش از دور، به مطالعه و پهنه‌بندی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی مراتع دشت یزد- اردکان در مقیاس زمانی ماهانه بپردازد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- معرفی منطقه مورد مطالعه

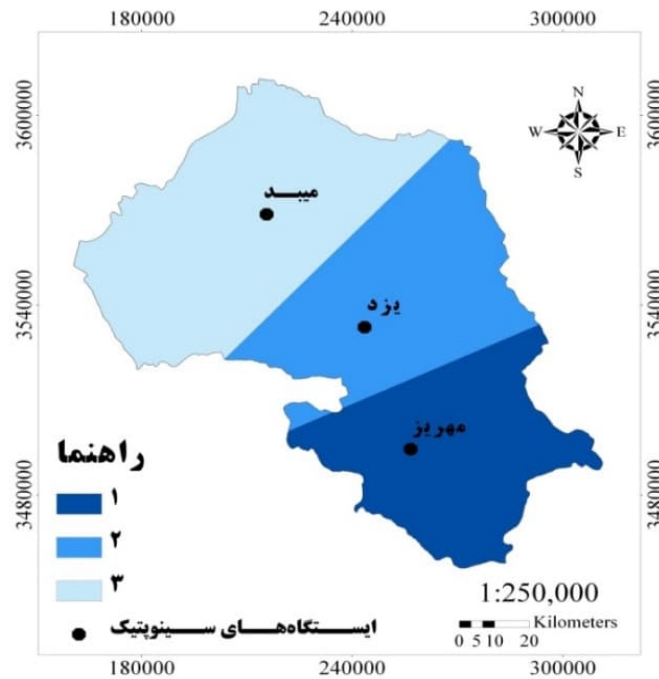
دشت یزد- اردکان در محدوده طول شرقی 53 درجه و 24/7 دقیقه تا 54 درجه و 56/7 دقیقه و عرض شمالی 31 درجه و 13/5 دقیقه تا 32 درجه و 36/3 دقیقه واقع شده است (شکل 1). حوزه دشت یزد- اردکان به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده کشاورزی استان دارای وسعت معادل 14905 کیلومترمربع (20% مساحت استان) بیش از 70% جمعیت استان یزد را در خود جای داده است. این حوزه شامل شهرستان‌های اردکان (غیر از چاه افضل و رباطات)، میبد، یزد، صدوق، مهریز (غیر از ارنان و بهادران) و تفت (غیر از پشتکوه) بوده و دارای متوسط بارندگی 68 میلی‌متر و تبخیر سالانه 3000 میلی‌متر است (فتاحی و همکاران، 1390). بلندترین نقطه حوزه، قله شیرکوه با ارتفاع 4075 متر و پست‌ترین محل، کویر سیاه کوه با ارتفاع 970 متر است (زارع ارنانی، 1381).



شکل (1): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان یزد به همراه تصویر ماهواره‌ای

2-2- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، آمار هواشناسی سه ایستگاه سینوپتیک مهریز، یزد و میبد در سال‌های 1381 تا 1394 بوده است. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای هواشناسی از تقسیم‌بندی تیسن¹ استفاده شد (شکل 2).



شکل (2): نقشه تقسیم‌بندی تیسین منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه داده‌های رقومی TM و ETM+ از مسیر 162 و ردیف 38 استفاده شد. در جدول 1 مشخصات تصاویر مورد استفاده در این پژوهش آورده شده است. روندنمای روش کار در شکل 3 ارائه شده است.

جدول (1): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده در دشت یزد اردکان

تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
شهریور 1387	20-Sep-2008	اسفند 1391	02-Mar-2013
مهر 1387	06-Oct-2008	مهر 1392	12-Oct-2013
آذر 1387	09-Dec-2008	آذر 1392	29-Nov-2013
اردیبهشت 1388	18-May-2009	دی 1392	25-Dec-2013
تیر 1388	21-Jul-2009	دی 1393	03-Jan-2015
آبان 1388	10-Nov-2009	فروردین 1394	24-Apr-2015
اردیبهشت 1389	05-May-2010	مرداد 1394	15-Agu-2015
تیر 1389	08-Jul-2010	مهر 1394	18-Oct-2015

2-3- شاخص خشکسالی هواشناسی

در ابتدا برای تعیین شاخص‌های اقلیمی خشکسالی از شاخص بارش استاندارد شده¹ استفاده شد (McKee et al., 1995). این شاخص نسبتاً ساده و عملاً قابل استفاده برای تمام شرایط منابع آبی است (Kanellou et al., 2008). همچنین دارای قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای بررسی خشکسالی می‌باشد (Hayes, 2007) که به صورت رابطه 1 محاسبه می‌شود:

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \quad \text{رابطه (1)}$$

در این رابطه SPI بارش استاندارد شده، P بارندگی سال مفروض و \bar{P} میانگین بارش درازمدت ایستگاه می‌باشد.

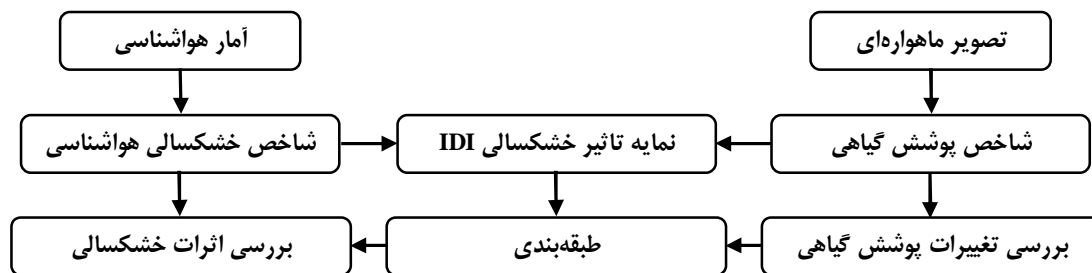
1. Standardized Precipitation Index

2-4- شاخص پوشش گیاهی

شاخص‌های پوشش گیاهی نوع ویژه‌ای از شاخص‌های طیفی هستند که برای استخراج اطلاعات از داده‌های تصویری مورد استفاده قرار گرفته و اغلب اطلاعات را از کانال‌های طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج می‌کنند. برای تعیین شاخص‌های پوشش گیاهی سنجش از دور، از نرم‌افزار ENVI استفاده می‌شود. در این مطالعه از شاخص SAVI استفاده شد که از رابطه 2 به دست می‌آید (Huete et al., 1997).

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + L)}{(NIR + RED + L)} \quad \text{رابطه (2)}$$

در این رابطه SAVI شاخص پوشش گیاهی؛ NIR انعکاس نور در باندهای مادون قرمز و RED انعکاس نور در باند قرمز و L تصحیح خاک به صورت پوشش انبوه: 0/25، پوشش تنک: 1 و پوشش نیمه انبوه: 0/5 می‌باشد.



شکل (3): روند نمای روش کار

2-5- شاخص تلفیقی

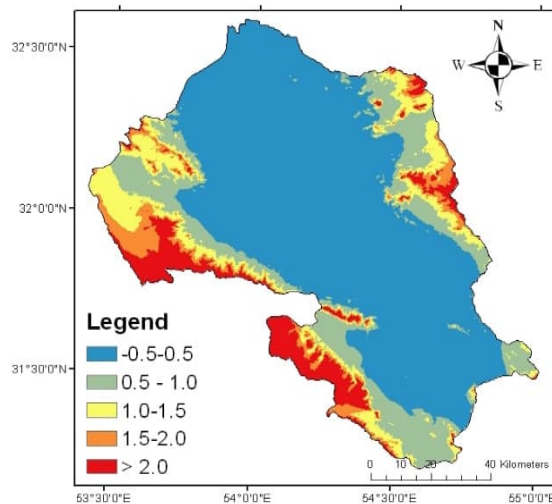
از آنجایی که خشکسالی به‌عنوان پدیده تأثیرگذار بر پوشش گیاهی، با دما رابطه مستقیم و با بارندگی ارتباط عکس دارد، به‌منظور بررسی رابطه پوشش گیاهی طبیعی و خشکسالی از نمایه تأثیر خشکسالی (IDI) که توسط پورمحمدی و همکاران (1391) معرفی شده است، استفاده شد. نقشه حاصل از این نمایه، قابل طبقه‌بندی و مقایسه با سایر شاخص‌های خشکسالی و همچنین فاکتورهای محیطی نظیر بارندگی و دما است (پورمحمدی و همکاران، 1391). نمایه تأثیر خشکسالی (IDI) به‌صورت رابطه 3 تعریف شده است:

$$IDI = \left[\frac{T}{P.VI} \right] \quad \text{رابطه (3)}$$

در این رابطه، مقادیر P بارش، T دما و VI شاخص پوشش گیاهی (در این پژوهش شاخص SAVI) می‌باشند. مقادیر عددی بزرگ‌تر IDI نشان دهنده حادتر بودن شرایط محیطی و آسیب‌پذیری پوشش گیاهان مناطق در برابر شرایط خشکسالی است. پس از ارزیابی شاخص خشکسالی معرفی شده، پهنه‌بندی اثر خشکسالی در منطقه مطالعاتی انجام شد.

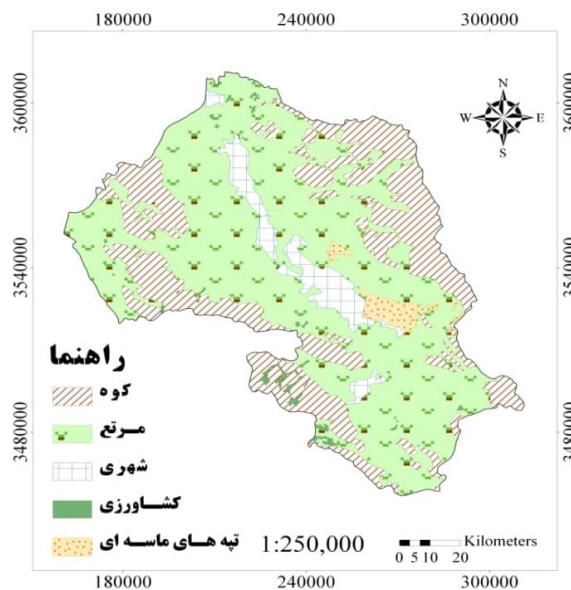
3- نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص SPI در مراتع دشت یزد- اردکان، بیشترین مقدار SPI در ایستگاه مهریز مربوط به سال 1385 و 1381 است. در ایستگاه‌های یزد و میبد بیشترین میزان شاخص SPI در سال 1391 مشاهده شده است. کمترین میزان شاخص SPI در ایستگاه‌های مهریز، یزد و میبد در سال 1384، 1390 و 1394 محاسبه شده است و ایستگاه‌های مورد نظر در سال‌های مذکور خشک‌سالی متوسط تا شدید را تجربه نموده‌اند. نقشه تغییرات مکانی میانگین شاخص SPI دشت یزد- اردکان در شکل شماره 4 نشان داده شده است. این نقشه میانگین شاخص SPI ماهانه است که از مقادیر ماهانه بارش درازمدت حاصل شده و برای نمایش تغییرات مکانی این شاخص در سطح دشت قابل استفاده می‌باشد. با توجه به ماهیت SPI، روند تغییرات این شاخص همانند روند تغییرات بارندگی در منطقه مطالعاتی است. به‌طور میانگین، مقدار عددی شاخص SPI در مناطق میانی دشت بین 0/5- تا 0/5+ (طبقه خشکسالی) و در ارتفاعات بالاتر از 2 (طبقه ترسالی) می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، کمترین مقادیر شاخص SPI مربوط به مناطق میانی دشت، شمال و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی و بیشترین مقادیر شاخص SPI مربوط به ارتفاعات شرقی، غربی و جنوب غربی دشت می‌باشد. دلیل ارائه نقشه میانگین شاخص SPI نشان دادن نمای کلی منطقه مورد مطالعه است. با توجه به این نقشه می‌توان گفت که به طور متوسط مناطق مرکزی دشت، معمولاً حالتی بین خشکسالی خفیف تا نرمال را تجربه می‌کنند.



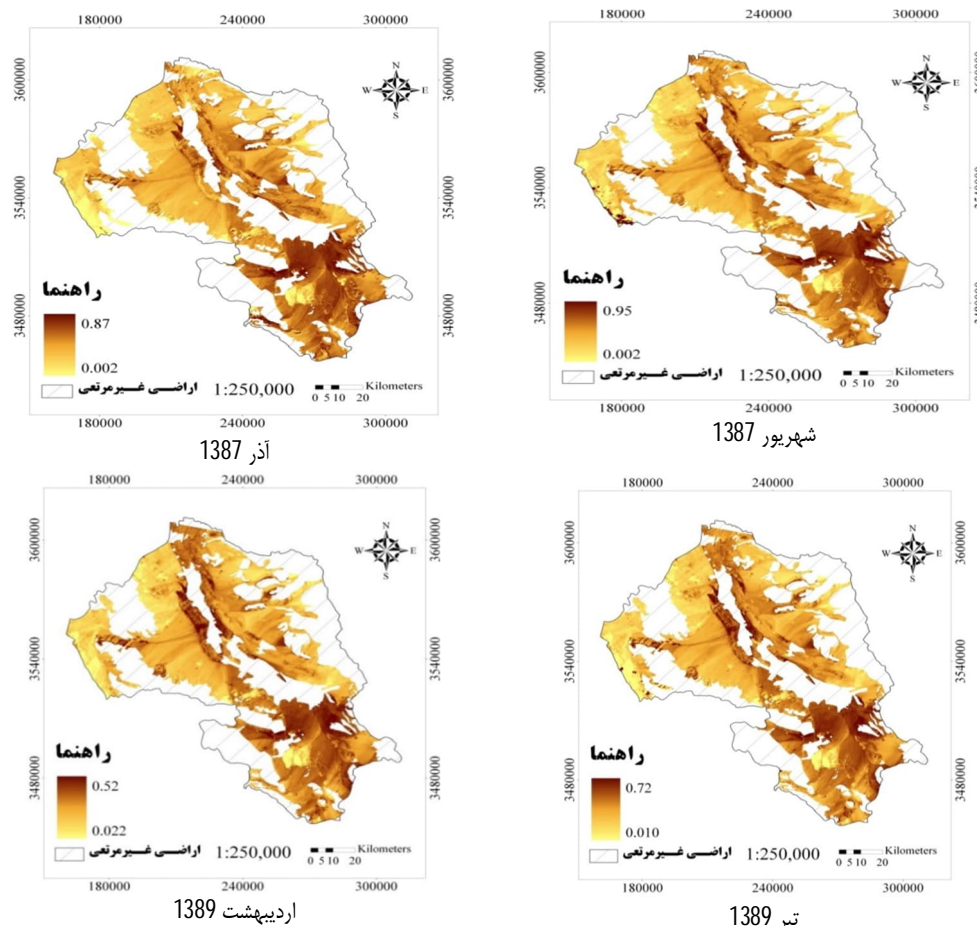
شکل (4): نقشه تغییرات مکانی میانگین شاخص SPI دشت یزد- اردکان

در تحقیق حاضر بررسی اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی طبیعی دشت یزد- اردکان مدنظر بوده است، بنابراین اقدام به جداسازی مناطق دارای پوشش گیاهی طبیعی (مناطق مرتعی) از فضاهای سبز شهری و باغات شد. جهت جداسازی مناطق با کاربری‌های اراضی مختلف از تصویر لندست دشت یزد اردکان استفاده و نقشه کاربری اراضی (شکل 5) تهیه شد.



شکل (5): نقشه کاربری اراضی دشت یزد اردکان

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که در جدول 2 نام برده شده است مقادیر شاخص SAVI محاسبه شد. بر اساس این شاخص، کمترین مقادیر پوشش گیاهی در دی‌ماه 1393 و در منطقه میبد و بیشترین مقادیر پوشش گیاهی در فروردین 1394 در منطقه مهریز مشاهده شده است. به طور کلی شاخص SAVI در منطقه میبد دارای کمترین و در منطقه مهریز دارای بیشترین مقادیر عددی می‌باشد. نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی SAVI در برخی از ماه‌های مورد بررسی در شکل 6 نشان داده شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد مقادیر عددی این شاخص در تاریخ‌ها و مکان‌های مختلف دشت یزد اردکان متفاوت است. مقادیر این شاخص وابسته به وضعیت و شدت سرسبزی پوشش‌های گیاهی مرتعی در سطح دشت می‌باشد. از طرفی با توجه به تأثیر عوامل اقلیمی (به‌ویژه بارش و دما) بر تغییرات پوشش گیاهی، تغییرات مشاهده‌شده در شاخص SAVI به‌نوعی منعکس‌کننده اثرات اقلیم بر پوشش گیاهی مرتعی این دشت نیز خواهد بود.



شکل (6): نقشه شاخص SAVI در دوره‌های مختلف در منطقه مورد بررسی

به منظور ارزیابی و تعیین کارایی این شاخص در بررسی خشکسالی در منطقه مطالعاتی، ارتباط رگرسیونی متوسط شاخص پوشش گیاهی SAVI در هر یک از مناطق سه گانه، با شاخص خشکسالی SPI همان ماه ایستگاه مربوطه، در شکل 7 بررسی شد. ارتباط بین این دو شاخص به صورت معکوس بود، به طوری که با افزایش شاخص SPI منجر به کاهش SAVI شد و بالعکس. ضریب تبیین شاخص پوشش گیاهی SAVI با SPI در مراتع محدوده مهریز، یزد و میبد به ترتیب 0/65، 0/47 و 0/48 بودند. این نتایج با یافته‌های Kawabata et al. (2001) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که کاهش فعالیت گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک نیمکره جنوبی ناشی از کاهش بارندگی سالیانه است.

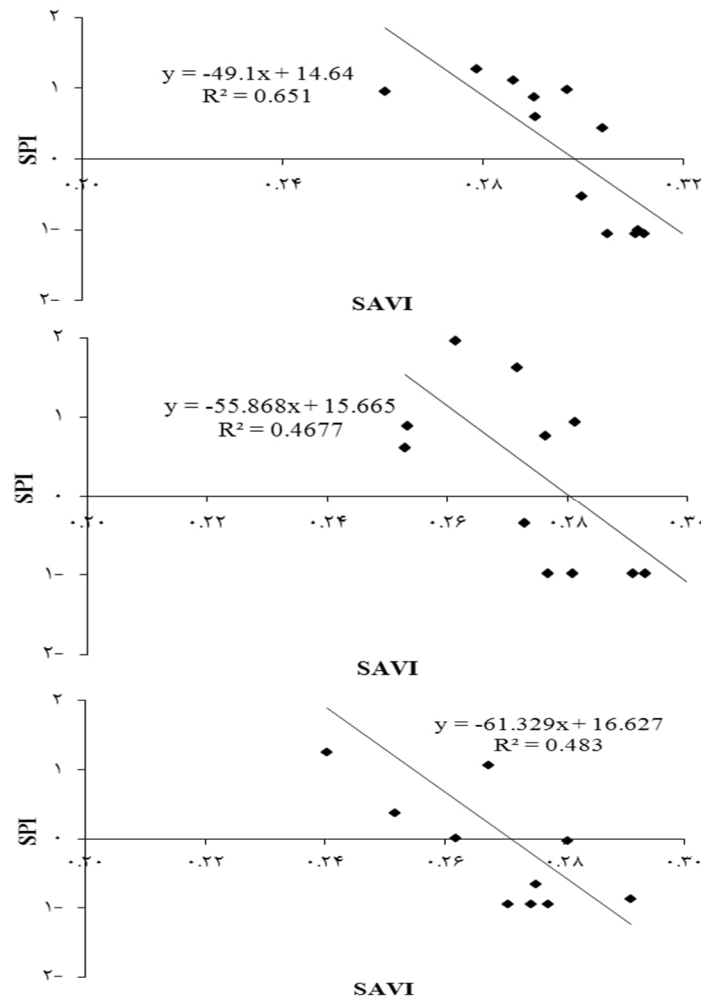
3-1- شاخص خشکسالی IDI

در ادامه این پژوهش با تلفیق اطلاعات ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی، شاخص خشکسالی IDI نیز مورد استفاده و بررسی قرار گرفت. شاخص IDI از این جهت حائز اهمیت است که هم انعکاسی از تغییرات مکانی پوشش گیاهی (متأثر از اقلیم منطقه) است و هم انعکاسی از بارش و دمای مشاهده شده در ایستگاه‌های هواشناسی است که هر دو را به طور هم زمان ارائه می‌دهد. تغییرات شاخص خشکسالی IDI در مراتع دشت یزد- اردکان در شکل 8 نشان داده شده است. بیشتر بودن مقدار عددی IDI نشان‌دهنده شدیدتر بودن خشکسالی در هر ناحیه از منطقه مطالعاتی است. به طور عمومی مقادیر IDI در مراتع مرتفع‌تر کمتر از سایر مراتع دشت یزد- اردکان می‌باشد که نشان‌دهنده تأثیرپذیری کمتر این مناطق از وقوع پدیده خشکسالی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. البته این روند ممکن است از فصلی به فصل دیگر تغییر نماید و خشکسالی بر مراتع مناطق مرتفع دشت نیز گاهی تأثیرات شدیدی بگذارد.

با توجه به نقشه‌های ترسیم‌شده شدت خشکسالی در اطراف مناطق شهری و در پهنه جنوب شرقی دشت بیشتر می‌باشد که با نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص SPI و SAVI همخوانی دارد.

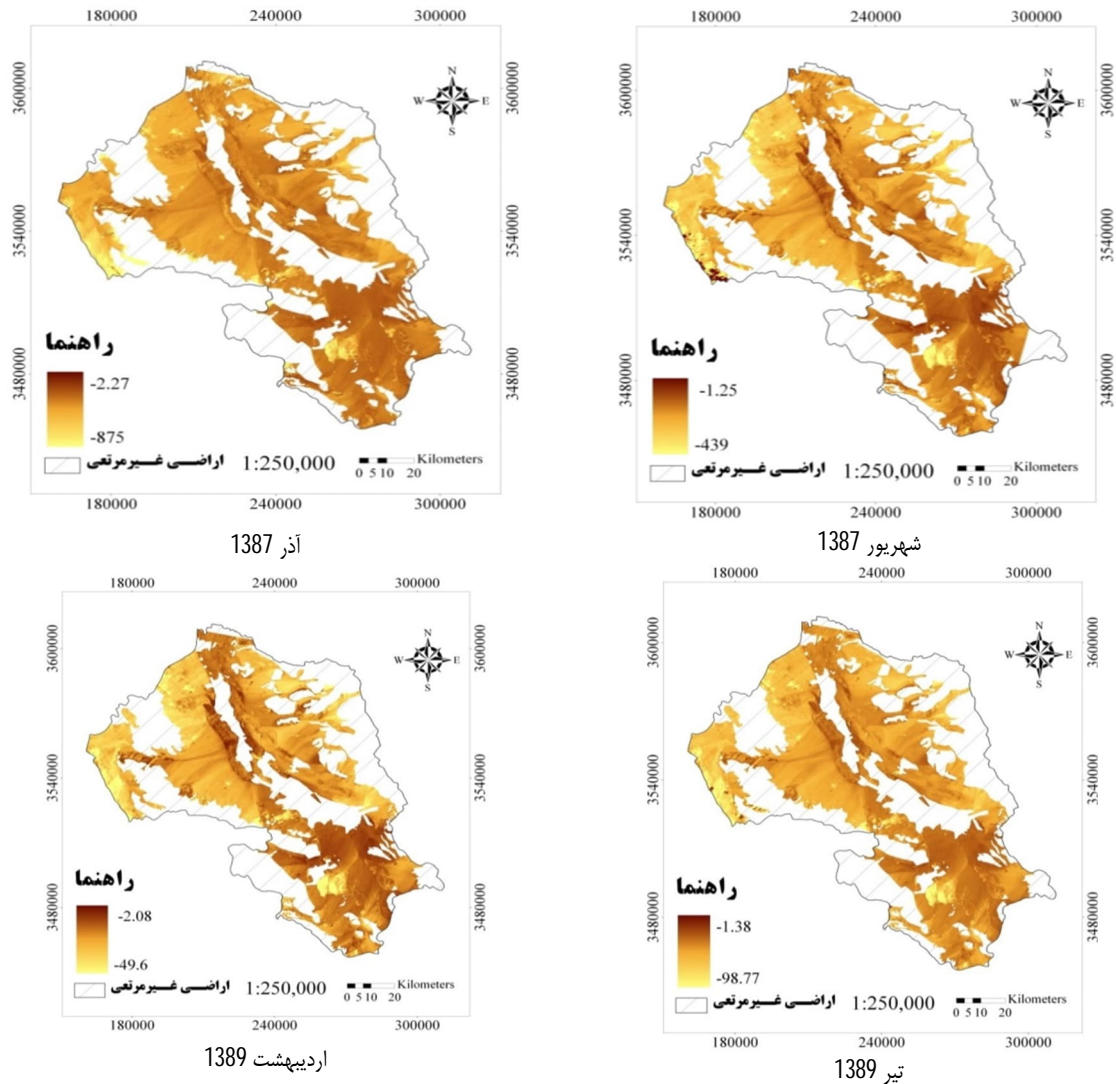
مقایسه‌ای بین مقادیر IDI و بارندگی جهت ارزیابی صورت گرفت. همان‌طوری که قبلاً عنوان شد، افزایش شاخص IDI به معنی افزایش شدت خشکسالی و تأثیرات منفی آن بر پوشش گیاهی است. بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش بارش، شاخص IDI کاهش یابد و یا به عبارتی، رابطه

معکوس بین این دو پارامتر برقرار باشد. این موضوع توسط پورمحمدی و همکاران (1391) نیز مورد بررسی قرار گرفته و آن‌ها نیز همین روند را برای این شاخص توصیه کرده‌اند. در شکل 9 برای ایستگاه‌های مهریز، یزد و میبد این ارزیابی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (7): رابطه بین شاخص پوشش گیاهی SAVI با SPI همان ماه در مراتع محدوده مهریز، یزد و میبد

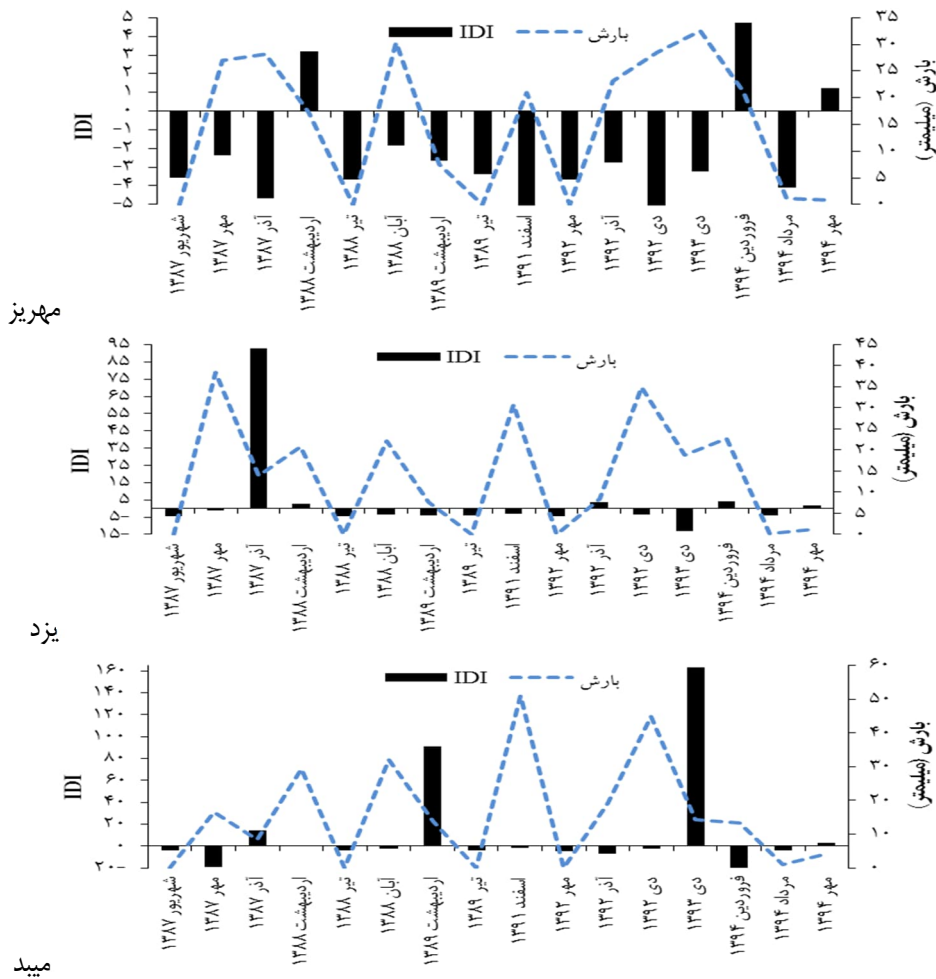
همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، به‌طور کلی در سال‌هایی که بارش افزایش یافته است، شاخص IDI کاهش داشته است و اعداد کوچک‌تری را برای ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد. البته این موضوع برای ایستگاه‌های مختلف متفاوت و دارای استثنائاتی نیز هست؛ به‌عنوان مثال برای منطقه مهریز علیرغم کاهش بارش‌ها در مردادماه 1394، شاخص IDI نیز عدد کوچک‌تری نسبت به فصل قبل نشان می‌دهد. لذا به نظر می‌رسد که بارش‌های گام زمانی ماقبل یعنی فروردین 1394 و دی‌ماه 1393 توانسته وضعیت پوشش گیاهی این منطقه را به حد مطلوبی برساند و اثرات مثبت آن بر پوشش گیاهی تا گام زمانی بعدی یعنی مردادماه 1394 نیز ادامه داشته است. بنابراین امکان مشاهده تأخیر زمانی بین تغییرات بارش با تغییر شاخص IDI گاهی قابل‌انتظار خواهد بود. بررسی این شاخص و مقایسه آن با تغییرات بارش در محدوده‌های یزد و میبد نیز با ناهنجاری‌های مشابهی مواجه می‌باشد.



شکل (8): نمایه تأثیر خشک‌سالی (IDI) در مراتع دشت یزد- اردکان در برخی ماه‌ها

4- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با تلفیق داده‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای اقدام به پهنه‌بندی وضعیت خشک‌سالی دشت یزد- اردکان شد. برای تبیین وضعیت خشک‌سالی در این پهنه وسیع از تصاویر ماهواره‌ای لندست و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی یزد، میبد و مهریز استفاده شد. بدین منظور از شاخص خشک‌سالی هواشناسی SPI، شاخص گیاهی SAVI و همچنین از شاخص تلفیقی IDS که هم از تصاویر ماهواره‌ای و هم از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استفاده می‌کند، بهره‌گیری شد و اثر خشک‌سالی در مقیاس زمانی ماهانه بر پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی پهنه‌بندی گردید. تحقیقات قدیمی و جدید بسیاری در خصوص به‌کارگیری شاخص‌های سنجش از دوری پوشش گیاهی در پایش اثرات خشک‌سالی بر پوشش گیاهی موجود است که از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیقات، پورمحمدی و رحیمیان (1388)، ابراهیمی خوسفی و همکاران (1389)، بهبهانی و همکاران (1389)، جباری و همکاران (1393)، سرابی و همکاران (1394) و همچنین تحقیقات دیگری نظیر Browning and Steele (2013)، Bhuiyan et al. (2006)، Khosravi et al. (2017)، Heidary Alamdarloo et al. (2018)، اسکندری دامنه و همکاران (1399)، Ebrahimi Khusfi and Zarei (2020) و Lang et al. (2021) اشاره نمود. مقایسه و بررسی شاخص پوشش گیاهی SAVI در نقاط مختلف دشت نشان داد که به‌طور عمومی پوشش‌های مرتعی منطقه میبد و یزد دارای کمترین مقادیر و در منطقه مهریز دارای بیشترین مقادیر عددی می‌باشد. این مسئله بیانگر بهتر بودن وضعیت پوشش گیاهی منطقه مهریز (واقع در بالادست دشت یزد- اردکان) نسبت به سایر مناطقی است که در میانه و پایین‌دست این دشت قرار دارند. از مقادیر شاخص SAVI به همراه پارامترهای بارش برای محاسبه شاخص تلفیقی IDS هم استفاده گردید. به‌طور کلی در سال‌هایی که بارش‌ها افزایش یافته‌اند، شاخص IDS کمتر شده و اعداد کوچک‌تری را برای ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی به دست داده است. البته امکان وقوع تأخیر زمانی بین تغییرات بارش با تغییر شاخص IDS وجود دارد و قابل‌انتظار است. لذا به نظر می‌رسد که بارش‌های فصل‌های ماقبل در برخی از سال‌ها توانسته وضعیت پوشش گیاهی این منطقه را به حد مطلوبی برساند تا اثرات مثبت آن بر پوشش گیاهی تا گام زمانی بعدی نیز ادامه داشته باشد.



شکل (9): مقایسه بین میانگین نمایه تأثیر خشکسالی (IDI) با بارندگی در محدوده مهریز، میبد و یزد

تأخیر زمانی بین تغییرات بارش و تغییر شاخص IDI با یافته‌های (1990) Malo and Nicholson، (1993) Davenport and Nicholson و حسینی توسل و همکاران (1394) مطابقت دارد که گزارش کردند یک تأخیر بین اوج بارش و پاسخ اوج پوشش گیاهی وجود دارد و همچنین همبستگی بهتری بین پوشش گیاهی و بارش دو ماه قبل از آن وجود دارد. به طور کلی نوسان مقادیر IDI در ایستگاه مهریز نسبت به یزد و پس از آن نسبت به میبد کمتر است؛ به این معنی که دامنه تغییرات این شاخص تلفیقی با دامنه تغییرات شاخص اقلیمی و نوسانات پوشش گیاهی همراستاست. اسدی می‌آبادی و همکاران (1400) نیز به کارایی بالای شاخص‌های تلفیقی (IDI) در پهنه‌بندی خشکسالی اشاره کردند. مقایسه نتایج حاصل از شاخص تلفیقی با نتایج حاصل از شاخص‌های پوشش گیاهی یا شاخص‌های هواشناسی، کارآمدی ایده تلفیق این دو داده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای را ثابت می‌کند. پیشنهاد می‌شود به منظور رسیدن به نتایج بهتر، نیاز است که شاخص‌های مختلف سنجش از دوری مورد مقایسه قرار بگیرند و از بهترین شاخصی که می‌تواند تغییرات پوشش گیاهی را در هر منطقه به تصویر کشد، در شاخص تلفیقی استفاده گردد. ضمن اینکه می‌توان از پارامترهای دیگر هواشناسی مثل دمای سطح زمین یا تبخیر نیز در این شاخص‌های ترکیبی استفاده کرد. در پایان باید اشاره کرد برای حفظ مراتع مناطق جنوب شرقی دشت یزد- اردکان که بیشتر از مناطق دیگر در معرض خشکسالی است به کارگیری رویکردهای مشارکتی مردم و بهره‌برداران در احیای مرتع در کنار اقدامات فنی و تخصصی نیاز است. بدیهی است که به کارگیری اقدامات انگیزشی و حمایتی برای بهره‌برداران می‌تواند حفاظت از مرتع و جلوگیری از دخل و تصرف، احیا گونه‌های بومی، جلوگیری از آتش‌سوزی عرصه، کنترل آفات و مواردی از این قبیل تأثیر بسزایی داشته باشد.

منابع

ابراهیم‌زاده، س.، بذرافشان، ج.، و قربانی، خ. (1392). امکان‌سنجی تشخیص تغییرات پوشش گیاهی مبتنی بر شاخص‌های زمینی و ماهواره‌ای خشکسالی. هواشناسی کشاورزی، 1(1)، 37-48.

ابراهیمی خوسفی، م.، درویش‌زاده، ر.، متکان، ع.ا.، و عاشورلو، د. (1389). بررسی خشکسالی در مناطق خشک مرکزی ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تکیه بر شاخص‌های گیاهی (مطالعه موردی: شیرکوه یزد). علوم محیطی، 7(4)، 59-72.

- اسدی می‌آبادی، ا.، اختری، د.، و نوری، ح. (1400). تلفیق داده‌های زمینی و ماهواره‌ای برای پهنه‌بندی خشکسالی (مطالعه موردی: دشت ملایر). علوم و تکنولوژی محیط زیست، 23(4): 83-96.
- اسکندری دامنه، ح.، زهتابیان، غ.، خسروی، ح.، آذرنیوند، ح.، و براتی، ع.ا. (1399). بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی متأثر از خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی استان هرمزگان). مهندسی اکوسیستم بیابان، 28(9): 13-28.
- بهبهانی، ن.، فلاح شمسی، س.ر.، فرزادمهر، ج.، عرفانی‌فرد، س.ی.، و رضائی گسک، م. (1389). استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی تصاویر ASTER-LIB در برآورد سطح تاج پوشش تک درختان مراتع مشجر مناطق خشک، مطالعه موردی: تگ احمد شاهی - خراسان جنوبی. مرتع، 4(1): 93-103.
- پورمحمدی، س.، و رحیمیان، م.ح. (1388). مطالعه خشکسالی در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و کوهستانی با استفاده از شاخص SPI (مطالعه موردی: حوزه منشاد در استان یزد). پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان، اردیبهشت 1388.
- پورمحمدی، س.، رحیمیان، م.ح.، کلانتر، م. و پورمحمدی، س. (1391). پهنه‌بندی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی توسط سنجش از دور در دشت یزد- اردکان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، تابستان، 44(2): 125-143.
- جباری، س.، خواجه‌الدین، س.ج.، جعفری، ر.، و سلطانی، س. (1393). بررسی تغییرات درصد پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سمیرم اصفهان. بوم‌شناسی کاربردی، 3(10): 27-38.
- حجازی‌زاده، ز.، و جوی‌زاده، س. (1398). تحلیل آمار فضایی خشکسالی در ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، 19(53): 251-277.
- حسینی توسل، م.، ارزانی، ح.، فرج‌زاده اصل، م.، جعفری، م.، بابایی کفاکی، س.، و کهندل، ا. (1394). پایش تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: استان البرز). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 22(4): 615-624.
- رحیمی، م.، دماوندی، ع.ا.، و جعفریان، و. (1394). بررسی کاربردهای سنجش از دور در ارزیابی و پایش تخریب سرزمین و بیابانزایی. اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، 22(88): 115-128.
- زارع ارنانی، م.، و اسلامیان، س.س. (1381). تحلیل روابط عمق - سطح - تداوم بارش در دشت یزد- اردکان. علوم کشاورزی ایران، 33(1): 49-56.
- زارع بیدکی، ر.، یزدان دوست، ا.، و رحیمیان، م.ح. (1396). بهترین شاخص گیاهی برای پایش خشکسالی در دشت یزد- اردکان، نخستین همایش بین‌المللی سامانه اطلاعات جغرافیایی جاده ابریشم، اصفهان، خرداد 1396.
- زارع خورمیزی، ه.، حسینی، س.ز.، مختاری، م.ح.، و غفاریان مالگیری، ح.ر. (1396). بررسی ارتباط خشکسالی و تغییرات NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی (مطالعه موردی: مراتع جنوب استان یزد). خشک‌بوم، 7(2): 85-101.
- سرابی، س.، حشمت‌پور، ع.، کمکی، ج.ب.، و طهماسبی، ا. (1394). ارزیابی ارتباط میان شاخص‌های گیاهی سنجنده MODIS و خشکسالی مراتع شمالی استان گلستان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 22(2): 392-405.
- صابری، ع.، سلطانی‌گرفرامرز، س.، و میریعقوب زاده، م. (1397). مطالعه خشکسالی با استفاده از شاخص‌های هواشناسی و داده‌های سنجش‌از‌دور (استان آذربایجان غربی). فیزیک زمین و فضا، 44(2): 439-461.
- فاضل دهکردی، ل.، آذرنیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، محمودی کهن، ف.، و خلیقی سیگارودی، ش. (1395). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI (مطالعه موردی: مراتع استان ایلام). مرتع و آبخیزداری، 69(1): 141-154.
- فتاحی، ا.، یزدانی، س.، حسینی، س.ص.، صدر، س.ک. (1390). ارزش‌گذاری تفریحی آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران (علوم کشاورزی ایران)، 42(2): 153-162.
- محمودی کهن، ف. (1390). پایش خشکسالی در مناطق خشک با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، کرمان.
- مقدسی، م.، پامیزد، ش.، و مرید، س. (1384). پایش مکانی خشکسالی سال‌های 1377-1378 تا 1379-1380 استان تهران با استفاده از شاخص‌های DI، SPI، EDI و سیستم اطلاعات جغرافیایی. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، 9(1): 197-215.
- هادیان، ف.، حسینی، س.ز.، و سیدحسینی، م. (1393). پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر ماهواره‌ای در شمال غرب ایران. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 41(4): 756-768.
- Bhuiyan, C., Singh, R.P., and Kogan, F.N. (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 289-302.
- Browning, D.M., and Steele, C.M. (2013). Vegetation index differencing for broad- scale assessment of productivity under prolonged drought and sequential high rainfall conditions. *Journal of Remote Sensing*, 5(1), 327- 341.
- Davenport, M.L., and Nicholson, S.E. (1993). On the relation between rainfall and the normalized difference vegetation index for diverse Vegetation Index for diverse vegetation types in East Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 14(12), 2369-2389.
- Ebrahimi Khusfi, Z., and Zarei, M. (2020). Relationships between meteorological drought and vegetation degradation using satellite and climatic data in a semi-arid environment in Markazi Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 10(2), 204-218.
- Hayes, M.J. (2007). Drought indices. [Available Online: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471743984.vse8593>]
- Heidary Alamdarloo, E., Behrang Manesh, M., and Khosravi, H. (2018). Probability assessment of vegetation vulnerability to drought based on remote sensing data. *Environmental Monitoring Assessment Journal*, 190(12), 702.
- Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K., and Van Leeuwen, W. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59(3), 440-451.
- Kanellou, E., Domenikiotis, C., Tsiros, E., and Dalezios, N.R. (2008). Satellite-based Drought Estimation in Thessaly, *European Water*, 23(24): 111-122.
- Kawabata, A., Ichii K., and Yamaguchi, Y. (2001). Global monitoring of inter annual changes in vegetation activities using NDVI and its relationships to temperature and precipitation. *International Journal of Remote Sensing*, 22(7): 1377-1382.

- Khosravi, H., Azareh, A., Eskandari Dameneh, H., Rafiei Sardooi, E., and Eskandari Dameneh, H. (2017). Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4), 1-10.
- Lnag, M., Mahyou, H., and Tychon, B. (2021). Estimation of rangeland production in the arid oriental region (Morocco) combining remote sensing vegetation and reainfall indices: challenges and lessons learned. *Remote Sensing*, 13(11), 2093.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1995). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. 9th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 15-20, 1995.
- 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*, 19(1), 1-24.
- Sharma, B.R., and Smakhtin, V.U. (2004). Potential of water harvesting as a strategic tool for drought mitigation. *International Water Management Institute*, 24p.
- Ji, T., Li, G., Yang, H., Liu, R., and He, T. (2018). Comprehensive drought index as an indicator for use in drought monitoring integrating multi-source remote sensing data: a case study covering the Sichuan-Chongqing region., *International Journal of Remote Sensing*, 39(3): 786-809.
- Wilhite, D.A. (1993). The enigma of drought, 3-15. In: Wilhite, D.A. *Drought assessment, management, and planning, theory and case studies*. U.S.A: Kluwer Academic Publishers, 312p.

Combining climate information and remote sensing in the integrated drought index, for zoning of drought the Yazd-Ardakan plain

Rafat Zare Bidaki *¹, Omid Yazdandost ², Mohammad Hassan Rahimian ³, Nasrin Gharahi ⁴



Research Article

1. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

zare.rafat@sku.ac.ir

* Corresponding author

2. M.Sc. Graduate of Management of Deseret Area, Faculty of Natural Resource and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

yazdandoost@yahoo.com

3. PhD of Water Science and Engineering, Research Assistant Professor of National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran.

mhrahimian@gmail.com

4. Assistant Professor, Environmental Sciences Department, Faculty of Natural Resource and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

gharahi.nasrin@sku.ac.ir

Article Code: 2111-1015

Countinus Pagination: 103-115

Received: 28 November 2021

Accepted: 12 January 2022

Online: 17 June 2022

Review speed: 45 days

Citation:

Zare Bidaki, R., Yazdandost, O., Rahimian, M.H., and Gharahi, N. (2022). Combining climate information and remote sensing in the integrated drought index, for zoning of drought in the Yazd-Ardakan plain. *Management of Natural Ecosystems*, 2(1), 36-48.

Abstract

Drought is a widespread phenomenon that its intensity varies in time and place. Drought monitoring using meteorological data alone, is not accurate due to small number and inadequate distribution of meteorological stations. Therefore, the use of remote sensing technique and vegetation indices is important as a useful integrated solution for the study of drought. The present study was conducted for Drought zoning in Yazd-Ardakan plain by combining meteorological and remote sensing data. In this research, data of meteorological stations of Yazd, Meybod and Mehriz between 2002 and 2015 have been used. First, the Standard Precipitation Index (SPI) was calculated in monthly scale for all three stations. The mean values of monthly SPI computed and mapped. Using Landsat images, the SAVI index was calculated and its map was prepared in 16 different times. Due to the role of the temperature in the occurrence of drought, the IDI (Integrated Drought Index) was calculated using temperature and precipitation and SAVI index. Zoning of mean SPI values showed that the lowest SPI values are in the middle, north and southeast and the highest values are related to the western heights of the plain. SAVI zoning showed that the rangelands of Meybod and Yazd regions have the lowest density. The correlation coefficient of SPI and SAVI values varies between 0.5 to 0.65, and larger values belong to Mehriz region. IDI values are lower in higher rangelands, meaning that these areas have been less affected by drought. The mean values of IDI in Mehriz, Yazd and Meybod regions reach a maximum of 5, 100 and 160. Temporal changes in drought indices showed that when rainfall increased, the IDI index decreased. The possibility of lag time between precipitation and changes in IDI was also observed. Comparison of monthly IDI values and rainfall showed that the time effect of rainfall on IDI index is about three months.

Key Words: IDI (Integrated Drought Index), Satellite Images, SPI (Standard Precipitation Index), Yazd Province.