

تأثیر مدیریت منابع آب و خشکسالی بر وقوع گرد و غبار در حوزه آبخیز هرات یزد

قاسم مرتضایی فریزهندی^{۱*}، مریم میراکبری^۲

*- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، پست الکترونیک mortezaie@ut.ac.ir

۲- دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، maryammirakbari@ut.ac.ir

چکیده

در صورتیکه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی ادامه پیدا کند و حجم جریان رودخانه ها یا سطح آبهای زیرزمینی کاهش یابد، به وقوع خشکسالی هیدرو لوژیکی منجر می شود سیستم های منابع آب سطحی و زیرزمینی به شدت تحت تأثیر دوره های کمبود بارش واقع می شوند. شاخص های متعددی برای ارزیابی خشکسالی ارائه شده که هر یک براساس متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی می باشد. در این پژوهش در حوزه رودخانه اعظم هرات واقع در استان یزد با استفاده از شاخص های SDI و GRI وضعیت خشکسالی های هیدرولوژیکی ارزیابی شد همبستگی بین شاخص ها در مقیاس های زمانی مختلف بررسی شد. بر این اساس شاخص SPEI دلیل لحاظ کردن پارامتر دما در کنار بارندگی از همبستگی بالاتری نسبت به شاخص SPI با SDI برخوردار است که در مقیاس زمانی ۹ و ۱۲ ماهه در همان ماه و یک ماه بعد دارای بیشترین همبستگی می باشد. همچنین SPEI در مقیاس ۲۴ و ۴۸ ماهه با ۳ ماه تاخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیرگذاری خشکسالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیشتر بر سطح آب زیرزمینی می باشد. اطلاع از فاصله زمانی بین وقوع خشکسالی هواشناسی به عنوان عامل اصلی دیگر خشکسالی ها، به مدیران و برنامه ریزان کمک خواهد کرد تا اقدامات مدیریتی لازم جهت مقابله با خشکسالی ناشی از کمبود منابع آبی سطحی و در نهایت اقدامات در جهت کنترل گرد و غبار و کاهش آن مورد استفاده قرار می گیرد.

واژه های کلیدی: شاخص های SDI و GRI، همبستگی متقاطع، حوزه رودخانه اعظم هرات یزد

مقدمه

در صورتیکه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی ادامه پیدا کند و حجم جریان رودخانه ها یا سطح آبهای زیرزمینی کاهش یابد، به وقوع خشکسالی هیدرو لوژیکی منجر می شود. این پدیده غالباً بر اثر کمبود و یا فقدان بارش زمستانی در عرض های میانی به وجود می آید. بر اساس میزان شدت خشکسالی های هواشناسی که منجر به خشکسالی هیدرولوژیکی و ایجاد گرد و غبار می شوند

اسلامی و شکوهی (۱۳۹۲) وضعیت جریان سه رودخانه دائمی در کشور را با استفاده از شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی- زیست محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این بررسی شاخص FDCI که هر دو جنبه خشکسالی هیدرولوژیکی و زیست محیطی را دارا است، معرفی شد این شاخص با شاخص SDI مقایسه شد. نتایج نشان داد که همبستگی بسیار بالایی بین شاخص به دست آمده با شاخص SDI وجود دارد. برتری شاخص پیشنهادی در به کارگیری اصل داده های تاریخی با بیشترین مشاهدات و بدون هیچ گونه تغییر در اصل داده هاست. از این رو بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کاربرد شاخص FDCI برای تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی رودخانه های واقع در مناطق شبه مدیترانه ای و نیمه خشک مناسب تشخیص داده شد.

اکرامی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر خشکسالی اقلیمی و آب شناختی را بر روی منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت یزد- اردکان در دوره اماری ۳۰ ساله مورد بررسی قرار دادند. جهت تحلیل خشکسالی ها از دو شاخص SPI و GRI در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه استفاده کردند. نتایج بررسی رابطه بین دو شاخص SPI و GRI نشان داد با افزایش پایه زمانی ضریب همبستگی بین این دو شاخص نیز افزایش می یابد. همچنین تاخیر زمانی بین دو خشکسالی اقلیمی و آب شناختی ۱ تا ۲ سال برآورد کردند. همچنین نتایج بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی حاکی از روند نزولی آن بوده و متوسط افت سطح سفره در

طول دوره اماری نیم متر در سال گزارش شده است.

کریمی و همکاران (۱۳۹۴) خشکسالی هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز کرخه توسط شاخص حد استان و با استفاده از داده های دبی روزانه ۱۳ ایستگاه هیدرومتری مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج بررسی ها در این مطالعه نشان داد بیشترین حجم کمبود و تداوم خشکسالی در ۷۷ درصد از ایستگاه ها از سال ۱۳۷۷ به بعد رخ داده است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل فراوانی مشخصه های خشکسالی توزیع جانسون برای متغییر حجم کمبود و توزیع نمایی دومتغییره و جانسون برای متغییر تداوم تشخیص داده شد. در نهایت با استفاده از توزیع های اماری تعیین شده دوره بازگشت خشکسالی محاسبه شد و بدین صورت امکان پیش بینی خشکسالی فراهم می شود.

میراکبری و دودانگه (۱۳۹۵) خشکسالی هیدرولوژیکی را در حوزه آبخیز گیلوان با استفاده از شاخص Q7,10 توسط داده های دبی روزانه بصورت دو متغییره تحلیل کردند. بدین صورت که بر اساس این شاخص مشخصه های شدت و مدت خشکسالی در دوره اماری ۴۴ ساله توسط شاخص Q7,10 به عنوان سطح استانه جریان رودخانه استخراج شدند و تحلیل های اماری با استفاده از توابع چندمتغییره کاپولا صورت گرفت. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل دومتغییره خشکسالی توسط این توابع شدیدترین خشکسالی در منطقه با مقدار ۱۰۴۵/۳۶ مترمکعب در ثانیه و تداوم ۱۳۴ روز با دوره بازگشت ۲/۳۶ سال وقوع یافته است.

طبق تحقیقات مرتضایی فریزهندی و همکاران (۱۳۹۷) در ارتباط با بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در حال و آینده با استفاده از مدل سری CMIP5 تحت سناریوهای RCP در یزد، کاهش یا افزایش پارامترهای اقلیمی همچون دما و بارندگی در نتیجه فرایند تغییر اقلیم، سبب ایجاد انواع خشکسالی می گردد. نتایج حاصل نشان داد طبق شاخص SPI منطقه مطالعاتی در آینده تحت سه سناریو RCP خشکسالی های شدیدتری را نسبت به دوره تاریخی مشاهده می کند در حالی که براساس شاخص SPEI تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 مشخصه های خشکسالی در آینده نسبت به دوره تاریخی کاهش می یابد و براساس سناریو RCP8.5 شدت و مدت خشکسالی روند افزایشی خواهد داشت.

مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۹)، تحلیل و بررسی شاخص های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان طبق نتایج مورد مطالعه، به طور میانگین، احتمال تعادل دوره های خشک، مرطوب و نرمال در ایستگاه های منطقه به ترتیب ۳۱، ۲۹ و ۴۰ درصد است که این بدین معنی است که در بیش تر مواقع منطقه از نظر اقلیمی در شرایط نرمال قرار دارد در حالی که احتمال وقوع شرایط خشک و مرطوب خیلی به هم نزدیک است. همچنین شاخص بارندگی و تبخیر تعرق استاندارد شده (SPEI) در مقیاس ۱۲ و ۲۴ ماهه با سه ماه تاخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد.

Hong و همکاران (۲۰۰۸) تحلیل روند داده های سه مشخصه ی شدت، مدت و مقدار خشکسالی هیدرولوژیکی را بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روند یکنواختی در میان مشخصه ها وجود ندارد.

مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۲۰۱۲) در سد لتیان، اثر حرکت طوفان باران بر رواناب در مقیاس حوزه را برای مدل سازی اقلیمی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که حرکت طوفان باران بر اوج جریان تأثیر بسزایی دارد به گونه ای که در بیشتر حوادث شبیه سازی شده، اوج جریان تا حدی با دقت تخمین زده می شود، به بیان دیگر شبیه سازی مدل های اقلیمی به جوانب متعددی وابسته است که باید مورد توجه قرار گیرد.

Chio و همکاران (۲۰۱۳) شاخص های خشکسالی را از طریق داده های سنجش از دور توسط متغییرهای هیدرولوژیکی در دوره اماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. متغییرهای هیدرولوژیکی در این تحقیق شامل رطوبت خاک و دبی جریان و همچنین شاخص های خشکسالی VHI، PDSI و ESI بودند. نتایج نهایی این تحقیق نشان داد شاخص ESI به عنوان یک شاخص خشکسالی جهت تشخیص ناهنجاری رطوبت خاک و دبی جریان برای مناطقی با کمبود و یا فقدان داده بارندگی مناسب می باشد.

Tribeni و همکاران (۲۰۱۴) تداوم و بزرگی خشکسالی هیدرولوژیکی را در شمال غرب انتاریو و شرق کانادا مدل سازی کردند.

¹ Evaporative Stress Index

² Vegetation Health Index

در این مطالعه از شاخص^۳ SHI برای تحلیل مشخصه های خشکسالی استفاده شده است. زنجیره مارکوف و تئوری اعداد حدی نیز برای مدل سازی دوره های تر و خشک بکار برده شد. نتایج این مطالعه نشان داد پیش بینی های حاصل از تئوری اعداد حدی برای تداوم خشکسالی در مقیاس ماهانه و سالانه قابل مقایسه با روش زنجیره مارکوف مرتبه اول دز مقیاس ماهانه می باشد. همچنین پیش بینی بزرگی خشکسالی توسط روش زنجیره مارکوف مرتبه نتایج مطلوبتری را نسبت به تئوری اعداد حدی خواهد داشت.

Wada و Wanders (۲۰۱۵) تاثیر تغییر اقلیم و مصرف آب توسط انسان را بر روی خشکسالی هیدرولوژیکی قرن ۲۱ بررسی کردند. نتایج بیان کننده تاثیر معنی دار تغییر اقلیم بر آب مصرفی می باشد
Abhishek و همکاران (۲۰۱۶) دو شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی SDI و SRI را در مقیاس های زمانی مختلف برای ارزیابی خشکسالی در حوضه رودخانه کریشنا در یک دوره اماری ۳۶ ساله (۱۹۷۲-۲۰۰۷) مقایسه کردند. نتایج این مقایسه نشان داد همبستگی خوبی بین دو شاخص در مقیاس ۹ ماهه وجود دارد که با افزایش مقیاس زمانی به ۱۲ ماهه این ارتباط بیشتر می شود.

Thomas و Swetalina (۲۰۱۶) مشخصه های خشکسالی هیدرولوژیکی را در حوضه BEARMA هند در یک دوره ۳۵ ساله توسط روش سطح استانه استخراج کردند. بدین صورت که با محاسبه Q75 برای هر ماه مقادیر شدت و مدت خشکسالی استخراج شدند. بر این اساس شدیدترین خشکسالی در سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳ و ۱۹۷۸ تا ۷۹ با مقادیر ۲۱۰/۳۹ و ۲۳۸/۲۶ مترمکعب وقوع یافته است.

مرتضایی فریزهندی، قاسم (۲۰۱۷) تاثیر نوع کاربری اراضی بر منابع آبی در طی سالهای ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۲ در دشتهای چهارمحل بختیاری برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل WEAP بررسی نمود. نتایج نشان داد طبق این مدل کمی میزان استفاده از زمین های کشاورزی طی دوره ۱۹۸۲ - ۲۰۰۲ از ۲۸٫۸٪ به ۳۵٫۶٪ و در دوره ۲۰۰۲ - ۲۰۱۲ از ۳۵٫۶٪ به ۳۸٫۷٪ افزایش یافته است. همچنین به جز فارسان، شلمزار و گندومان، سایر دشت ها دارای تراز آب زیرزمینی منفی هستند. شبیه سازی مدل نشان داد که تغییر کاربری زمین از علفزارها به کشاورزی دلیل اصلی کاهش ذخایر آب زیرزمینی و در نتیجه زمینه سازی در جهت گرد و غبار بیان گردید.

اقتدارنژاد و همکاران (۲۰۱۷) خشکسالی هواشناسی و خشکسالی هیدرولوژیکی را توسط سه شاخص RDI، SPI و SDI در دشت بوم مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مشخصه های شدت، مدت و فراوانی خشکسالی هواشناسی براساس دو شاخص SPI و RDI تفاوت معنی داری داشتند.

مرتضایی فریزهندی و همکاران (۲۰۱۸) در چهارمحل بختیاری نشان داد که بین درصد پوشش بلوط با متغیرهای از قبیل درصد رس، اسیدیته، ماده آلی، نیتروژن کل و پتاسیم ارتباط مثبت و با درصد سنگ و سنگریزه ارتباط منفی وجود دارد. بیشترین ارتباط بین حضور گونه بلوط و عوامل خاکی مربوط به ماده آلی ($R^2 = ۴۴$) بود. این تحقیق مشخص کرد که عوامل محیطی نقش مهمی در درختان بلوط دارند و برای تاب آوری بهتر و اصولی توجه به ارتباطات بین گیاهان و عوامل محیطی ضروری است. بطور کلی با تثبیت مواد آلی و پوشش گیاهی مناسب سبب کاهش فرسایش خاک و مانع از ایجاد گرد و غبار می گردد.

مواد و روشها

رودخانه اعظم هرات در یک منطقه خشک واقع شده است و یک رودخانه فصلی می باشد که تنها در فصول مرطوب سال و در صورت بارش نزولات جوی داراری جریان می باشد. همچنین فعالیت های کشاورزی در این منطقه وابسته به منابع آب زیرزمینی می باشد به همین دلیل در خشکسالی هیدرولوژیکی باید نوسانات سطح سفره های زیرزمینی بررسی شود (محمدی و مرادی ۱۳۸۹).

بنابراین شاخصی که از پارامتر دبی جریان برای محاسبه خشکسالی استفاده می کند چندان مناسب نمی باشد. باتوجه به

³ standardized hydrological index

این موارد Mendocino و همکاران در سال ۲۰۰۸ شاخص منبع اب زیرزمینی (GRI) را جهت پایش نوسانات سطح سفره های زیرزمینی در برر سی خشکسالی های هیدرولوژیکی ارائه نمود. در این شاخص از سطح ایستابی سفره زیرزمینی جهت محاسبه خشکسالی هیدرولوژیکی استفاده می شود.

این شاخص با استاندارد کردن سطح اب سفره زیرزمینی بدست می آید. بدین صورت که از اختلاف میان سطح اب سفره و میانگین بلند مدت ان با تقسیم بر انحراف معیار سطح، شاخص سطح اب استاندارد بدست می آید. برای نرمال کردن یک تابع ناقص گاما همانند شاخص SPI مورد نیاز است.

$$GRI = \frac{D_{ij} - m_{im}}{\sigma} \quad (1)$$

در این رابطه D_{ij} سطح اب فصلی i ام چاه و j ام مشاهده، Mim میانگین فصلی و انحراف معیار می باشد. GRI یک شاخص کاهش سطح سفره و یک معیار غیرمستقیم از میزان تغذیه سفره و یک منبع غیرمستقیم از خشکسالی خواهد بود. از آنجایی که سطح سفره از سطح زمین در جهت پایین اندازگیری می شود بنابراین مقادیر مثبت نشانه خشکسالی و گرد و غبار است و مقادیر منفی حاکی از عدم وقوع خشکسالی می باشد.

منطقه مورد مطالعه

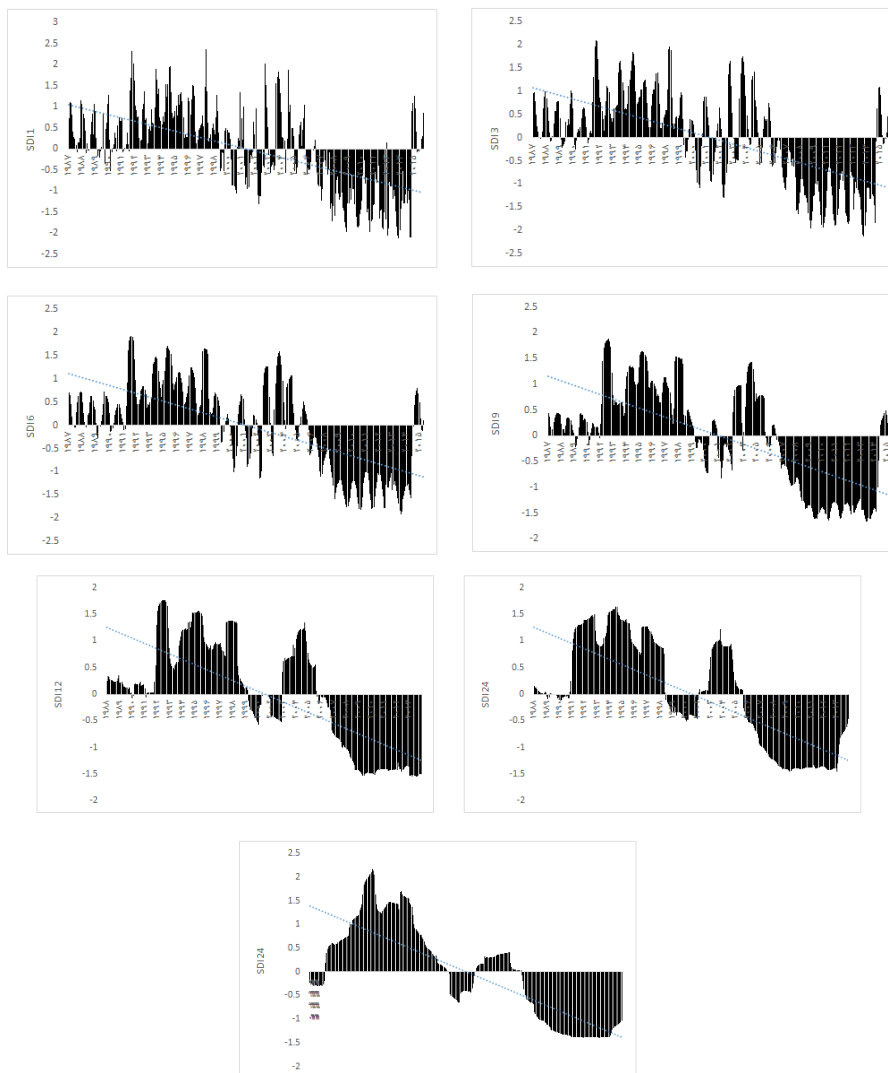
حوضه آبخیز رودخانه هرات یکی از زیرحوضه های فرعی حوضه ابریز هرات و مروست در استان یزد بوده که دارای عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی با وسعتی برابر ۱۰۸۵ کیلومتر مربع می باشد که دارای ارتفاع متوسط حدود ۲۲۰۰ متر و متوسط بارندگی سالانه ۲۳۰ میلی متر می باشد. طول رودخانه برابر ۷۲ کیلومتر و متوسط شیب رودخانه ۰/۷ است. متوسط آبدهی رودخانه برابر ۰/۶ متر مکعب در ثانیه بوده است. این رودخانه زمین ها و دشت های سرچهان، بند پائین و خوانسار را مشروب می سازد. مقداری از آب رودخانه توسط نهرهائی که در پائین دست روستای بند پائین است به مصرف کشاورزی می رسد. حجم بهره برداری از رودخانه اعظم حدود ۱۴ میلیون متر مکعب در سال برآورده می گردد

نتایج

برای ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی از شاخص جریان استاندارد SDI استفاده شده است. همانطور که قبلا نیز اشاره شد در محل بند خاکی رودخانه اعظم هرات یک ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که از امار دبی جریان این ایستگاه به عنوان ورودی برای محاسبه شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی در سطح حوضه استفاده گردیده است. مراحل محاسبه این شاخص نیز همانند شاخص های SPI و SPEI در همان مقیاس های زمانی است. بدین منظور جهت تعیین مقادیر SDI مناسبترین تابع توزیع برای برازش به داده های ماهانه انتخاب شد. بر اساس مطالعات صورت گرفته توابع توزیع دو و سه پارامتری را می توان به این سری داده های دبی برازش داد. از بین توابع دو پارامتر گاما و لوگ نرمال دو پارامتری و از توابع سه پارامتری لوگ-نرمال سه پارامتره، لوگ لجستیک، پیرسون نوع ۳ و مقادیر حدی تعمیم یافته برای داده های دبی مناسب می باشند (Shukla and Wood, 2008).

بر اساس ازمون های اماری اندرسون-دارلینگ، کلموگراف اسمیرنوف تابع لوگ-پیرسون برای ایستگاه هیدرومتری بندپایین به عنوان مناسبترین تابع جهت محاسبه شاخص SDI تعیین شدند. شکل ۲۴-۴ مقادیر شاخص SDI را در مقیاس های زمانی مختلف نشان می دهد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI در جداول ۱۵-۴ و ۱۶-۴ آورده شده است. در مقایسه با شاخص خشکسالی هواشناسی، شاخص SDI نسبت به شاخص SPI از مقادیر شدت بالاتری برخوردار است (جدول ۱۵-۴). لذا می توان انتظار داشت که رابطه شاخص SDI و SPEI از مقدار مناسبتری نسبت به SPI برخوردار باشد. شاخص SDI از حداکثر تداوم بالاتری در مقیاس های زمانی پایین نسبت به شاخص های SPI و SPEI برخوردار است. همچنین روند تغییرات شاخص SDI در مقیاس های زمانی مختلف بررسی شد که بر اساس نتایج حاصل از ازمون در تمام مقیاس های زمانی روند معنی داری وجود دارد (جدول ۱۷-۴). در مقایسه با شاخص های خشکسالی هواشناسی شاخص SDI از تغییر پذیری بالاتری در دوره اماری برخوردار است. فراوانی طبقات خشکسالی بر اساس

شاخص SDI در دوره آماری برای مقیاس های زمانی مختلف محاسبه گردید که نتایج آن در شکل ۲۵-۴ نشان داده شده است. بر این اساس دو طبقه خشکسالی نرمال و متوسط از فراوانی بالاتری نسبت به دیگر طبقات برخوردار هستند که در مقایسه با شاخص های SPI و SPEI طبقه خشکسالی متوسط از فراوانی بالاتری برخوردار است در حالیکه طبقه خشکسالی نرمال در شاخص های SPI و SPEI فراوانی بیشتری دارا می باشد.



شکل ۱- مقادیر شاخص SDI در مقیاس های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه

جدول ۱- مشخصه های خشکسالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI

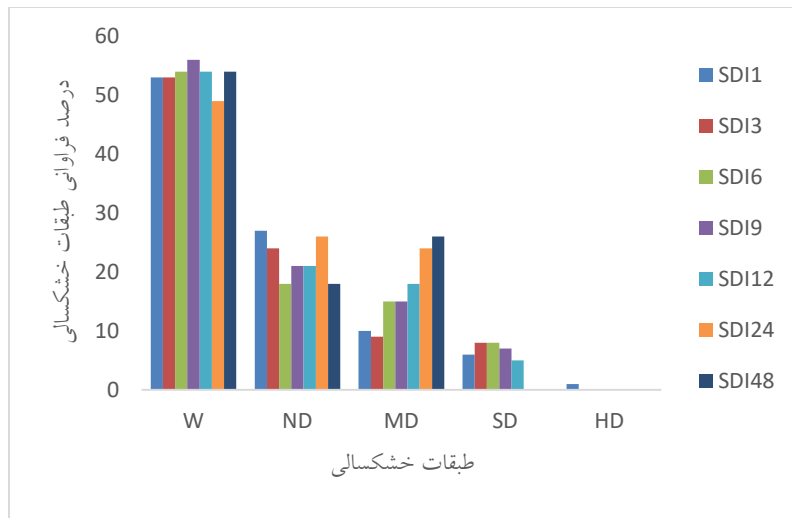
شاخص	SDI1	SDI3	SDI6	SDI9	SDI12	SDI24	SDI48
مجموع طول دوره خشکسالی	۱۴۹	۱۴۸	۱۴۶	۱۵۶	۱۶۹	۱۶۹	۱۶۴
حداکثر تداوم	۵۶	۵۴	۵۴	۶۴	۶۱	۵۸	۶۲
حداکثر شدت	-۶۶/۹۹	-۶۸/۲۸	-۶۹/۴۴	-۷۳/۶۹	-۷۲/۴۲	-۶۳/۹	-۴۸/۴

جدول ۲- مقادیر حداکثر و حداقل شاخص SDI

شاخص	حداقل	حداکثر
SDI1	-۲/۱۲	۲/۳۶
SDI3	-۲/۱۳	۲/۰۹
SDI6	-۱/۹۱	۱/۹۶
SDI9	-۱/۶۶	۱/۸۸
SDI12	-۱/۵۵	۱/۷۶
SDI24	-۱/۴۴	۱/۶۴
SDI48	-۱/۳۹	۲/۱۷

جدول ۳- مقادیر اماره Z از من - کندال برای شاخص SDI در مقیاس های زمانی مختلف

شاخص خشکسالی	۱ ماهه	۳ ماهه	۶ ماهه	۹ ماهه	۱۲ ماهه	۲۴ ماهه	۴۸ ماهه
SDI	-۲/۷۶	-۳/۷	-۳/۶	-۳/۸	-۳/۹	-۳/۹۳	-۳/۹۷



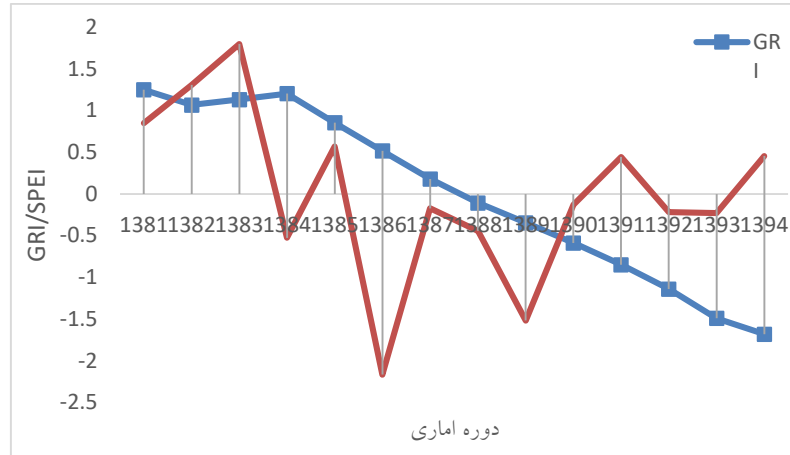
شکل ۲: طبقات مختلف خشکسالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI در مقیاس های زمانی

ارتباط بین شاخص های خشکسالی هواشناسی (SPEI و SPI) و خشکسالی هیدرولوژیکی

جهت بررسی و تعیین اثرات خشکسالی هواشناسی یا به عبارتی کمبود بارش به عنوان عامل اصلی دوره های خشکسالی، بر کمبود منابع آب سطحی که تحت عنوان خشکسالی هیدرولوژیکی قلمداد می شود در ابتدا رابطه بارندگی و دبی با استفاده از همبستگی پیرسون ارزیابی شد و توسط همبستگی متقاطع میزان تاثیر بارندگی بر دبی برآورد گردید. در واقع با استفاده از این روش به جستجوی نظم زمانی کمبود آب و در واقع تاخیر زمانی در دبی جریان چرخه می شود. بدین صورت که هر زمان که مقدار بارندگی کاهش یافته، چه مدت زمان طول خواهد کشید تا تاثیر خود را بر روی آب های سطحی بگذارد.

بدین منظور از دو سری داده بارش جهت بررسی بهتر ارتباط بین بارندگی و دبی در حزه استفاده شد. سری اول مقادیر منطقه ای بارندگی حوضه و سری دوم داده های بارندگی ایستگاه باران سنجی که در مجاورت ایستگاه هیدرومتری واقع شده

است، اقدام به تعیین رابطه بین بارش و دبی جریان شد. شکل نوسانات بارندگی و دبی در هر دو حالت در دوره اماره مشترک نشان می دهد. همانطور که مشخص است نوسانات دبی و بارش تقریباً رفتار مشابهی دارند.



شکل ۳: نوسانات سالانه شاخص خشکسالی هواشناسی و GRI در دوره اماری

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه در بررسی کارایی شاخص SPEI با دیگر مطالعات هماهنگی دارد. به طوری که vicente- serrano و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه اثرات فرآیند گرم شدن بر خشکسالی‌ها و منابع آب در اسپانیا از دو شاخص خشکسالی SPI و SPEI نشان دادند که بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره زمانی ۱۹۳۰ تا ۲۰۰۶ افزایش یافته و نتایج دو شاخص خشکسالی مورد استفاده مشابه بوده است. Možný و Potop (۲۰۱۱) کاربرد شاخص SPEI را به عنوان یک شاخص جدید خشکسالی در جمهوری چک مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که صرف نظر از مقیاس زمانی، این شاخص دارای قابلیت تشخیص شدت خشکسالی تحت تاثیر افزایش شرایط دمایی در دهه‌های ۱۹۸۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ می باشد. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که ارزیابی خشکسالی در این دوره‌ها در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل می باشد. همچنین کارایی شاخص SPI نیز در ایران مورد تایید برخی محققان گرفته است. به طوری که بذرافشان (۱۳۸۱) نیز کارایی شاخص SPI را در اقلیم‌های مختلف ایران مورد تایید قرار داده‌اند. نصرتی و همکاران (۱۳۹۳) برتری شاخص SPEI را نسبت به SPI در مطالعه ای جهت ارزیابی خشکسالی هواشناسی در تهران تایید کردند.

خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه بر اساس منابع آبی سطحی و زیرزمینی، ارزیابی شد و تاثیر خشکسالی هواشناسی به عنوان عامل اصلی دیگر انواع خشکسالی بر روی این دو شاخص بررسی گردید. بر اساس شاخص SDI شدیدترین خشکسالی دارای شدت ۷۲/۶۹- میلی متر و تداوم ۶۴ ماه می باشد که این مقدار بر اساس شاخص GRI ۷۳/۲۵- و حداکثر تداوم ۷۹ ماه می باشد. همچنین شاخص SDI خشکالی های شدیدتری را نسبت به شاخص GRI نشان می دهد. روند تغییرات خشکسالی اب سطحی (SDI) و زیرزمینی در حوضه گرایش به سمت خشکتر شدن دارد. که این مسئله با روند تغییرات خشکسالی هواشناسی مطابقت دارد. با توجه به اینکه بر اساس هر دو شاخص SPI و SPEI در مقیاس های زمانی بالا روند معنی دار می باشد، لذا این وضعیت برای خشکسالی هیدرولوژیک دور از انتظار نیست. شاخص SPEI دارای همبستگی بالاتری با هر دو شاخص خشکسالی هیدرولوژیک (SDI و GRI) نسبت به SPI می باشد که دلیل آن در نظر گرفتن تاثیر تبخیر تعرق ناشی از افزایش دما می باشد. همچنین شاخص SDI بیشترین همبستگی را با SPEI در مقیاس زمانی ۹ و ۱۲ ماهه دارد که با نتایج محمودی و زینی وند (۱۳۹۳) نیز مطابقت دارد. شاخص GRI بیشترین همبستگی را با SPEI ۲۴ و ۴۸ ماهه دارد که به این مفهوم می باشد که خشکسالی هواشناسی بعد از گذشت حداقل دو سال بر منابع اب زیرزمینی تاثیر می گذارد. این ارتباط با

نتایج Mendocino و همکاران (۲۰۰۸) نیز مطابقت دارد. دلیل این همبستگی در این مقیاس تاخیر در نفوذ آب حاصل از باران و یا ذوب برف به اعماق زمین می باشد. بطور کلی تغییرات سطح آب زیرزمینی در بسیاری از ایخوانها علاوه بر خشکسالی هواشناسی ناشی از کمبود بارش، تحت تاثیر عوامل دیگری می باشد که از میان بهره برداری های بی رویه و غیراصولی از این منابع بیشترین تاثیر را در افت سطح آب زیرزمینی مخصوصا در مناطق خشک که با آورد پایینی توأم است، دارد. لذا عامل افت سطح آب در ایخوانها را تنها نمی توان خشکسالی بیان کرد بلکه در برخی موارد بهره برداری های بی رویه تاثیر بیشتری نسبت به خشکسالی هواشناسی دارد. بنابراین با تعیین فاصله زمانی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی میتوان قبل از اینکه خشکسالی های هواشناسی طولانی مدت بر منابع آب سطحی و زیرزمینی تاثیرگذار شود، اقدامات لازم را جهت جلوگیری از اثرات سو بر روی منابع آبی صورت پذیرد که در مورد افت سطح آب زیرزمینی این مسئله قابل توجه است. در واقع با دانستن این فاصله زمانی به مدیران و برنامه ریزان این امکان داده می شود که بدانند در صورت آغاز خشکسالی هواشناسی چه مدت زمان تا بروز خشکسالی هیدرولوژیکی و در نهایت کاهش منابع آب در اختیار دارند. در نهایت اقدامات در جهت کنترل گرد و غبار و کاهش آن مورد استفاده قرار می گیرد.

در تحقیق حاضر سه فرضیه مطرح گردید:

فرضیه اول: با توجه به اینکه محدوده مطالعاتی دارای اقلیم خشک بوده و از متوسط دمایی بالایی برخوردار است لذا این عامل تاثیر بسزایی در کاهش و اتلاف رطوبت حاصل از بارندگی دارد. بنابراین تعیین دوره های کمبود رطوبت ناشی از بارندگی با در نظر گرفتن عامل دما بهتر می تواند شرایط خشکسالی را منطقه نشان دهد که نتایج این تحقیق نیز گویای این مطلب است. به بیان دیگر شاخص SPEI در محدوده مطالعاتی مناسبتر از SPI می باشد.

فرضیه دوم: نتایج حاصل از پژوهش رابطه قابل قبولی بین شاخص های SPI و SPEI را نشان داد که با فرضیه مطرح شده نیز مطابقت دارد.

فرضیه سوم: نتایج بدست آمده حاکی از رابطه همبستگی بالایی بین شاخص های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی نمی باشد که فرضیه سوم را تا حدودی رد می کند. دلیل این امر را می توان تاثیر عوامل دیگری بر کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی دانست که یکی از عمده ترین دلایل برداشت بی رویه از منابع زیرزمینی می باشد که در کنار کاهش میزان بارندگی سبب وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی شده است.

بطور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تعیین دوره های خشکسالی توسط شاخص SPEI و وضعیت دوره های کمبود رطوبت را نسبت به SPI بهتر نشان می دهد. با توجه به اینکه هر دو شاخص در پارامتر بارندگی برای محاسبه خشکسالی مشترک هستند، رابطه همبستگی قابل قبولی بین دو شاخص SPI و SPEI برقرار می باشد. نتایج حاصل از تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی نشان داد خشکسالی هیدرولوژیکی در منطقه مطالعاتی وقوع یافته است. کاهش بارندگی یکی از عوامل ایجاد خشکسالی هیدرولوژیکی می باشد. بررسی ارتباط میان شاخص های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی حاکی از رابطه همبستگی پایینی میان این شاخص ها می باشد که دلیل آن را می توان تاثیر عواملی دیگر در کنار کاهش میزان بارندگی بر کاهش منابع آب دانست. پیشنهاد می گردد تشکیلات زمین شناسی در منطقه بررسی شده و حجم قابل تغذیه ایخوان را تعیین کرد و بدین طریق تاثیر کاهش بارندگی را در کاهش سطح سفره بررسی کرد. در نهایت اقدامات در جهت کنترل گرد و غبار و کاهش آن مورد استفاده قرار می گیرد.

منابع

- اسلامی ع.، و شکوهی ع. ۱۳۹۲. تحلیل وضعیت جریان رودخانه با استفاده از شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی- زیست محیطی. مهندسی و مدیریت آبخیز. شماره ۲(۵).
- اکرامی م.، ملکی نژاد ح.، و اختصاصی م. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر خشکسالی های اقلیمی و آب شناختی بر نابع آب زیرزمینی. علوم و مهندسی آبخیزداری. سال ۷ شماره ۲۰.
- بذرافشان ا.، محسنی ساروی م.، ملکیان آ.، و معینی ا. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از

- شاخص بارش استاندارد. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. شماره ۳(۱۸).
- کریمی ک.، شاهدی ک.، و بایزیدی م. ۱۳۹۴. تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی با روش حد استانه ثابت (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کرخه). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره ۱۱(۶).
 - میراکبری م.، و ودانگه ا. ۱۳۹۵. تحلیل چند متغییره شدت-مدت- فراوانی خشکسالی هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز گیلوان توسط توابع کاپولا. فصلنامه بین المللی پژوهشی تحلیلی منابع آب و توسعه. شماره ۱(۱۳).
 - مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۷)، بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در حال و آینده با استفاده از مدل سری CMIP5 تحت سناریوهای RCP، علوم و مهندسی آبخیزداری، ۴۰: ۱۷-۲۳.
 - مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۷)، پایش خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص های SDI و GRI در حوزه آبخیز رودخانه اعظم هرات استان یزد، مرتع و آبخیز، دوره ۷۱، شماره ۳-، ۱۳۹۷، صفحات ۷۸۵-۷۷۵.
 - مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۹)، تحلیل و بررسی شاخص های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ج ۱۲، شماره ۲-، ۱۳۹۹، صفحات ۴۴۱-۴۵۳.
 - نصرتی ک.، محسنی ساروی، م.، شهبازی، ر. ۱۳۹۳. مقایسه و کاربرد دو شاخص بارش استاندارد شده و بارش-تبخیر تعرق استاندارد شده برای ارزیابی وضعیت خشکسالی هواشناسی در استان تهران. نشریه مدیریت بیابان. ۳. ۷۷-۹۰.
 - Abhishek A. Pathak, Chamaerops, B.M. Dodamani. 2016. COMPARISON OF TWO HYDROLOGICAL DROUGHT INDICES. Perspectives in Science.
 - Chio M., Jacobs JM., Anderson Mc., Bosch DD. 2013. Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables. Hydrology. 476:265-273.
 - Hong, Wu., Soh, L.K, Samal A., and Chen, X.H. 2008. Trend analysis of streamflow drought events in Nebraska. Water Resource Management. 22. 145-164.
 - Mendocino, G., Senatore A., Versace P. 2008. A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. Hydrology. 357.
 - Mortezaei, F.G; Khaleghi, Sh, S; Rafiei, E, Sa; Salajagheh, A; Zinati, Ta, Sh; (2012). Evaluating rainstorm movement effect on Rainfall-Runoff simulation on watershed scale (Case Study: Amir Kabir dam watershed) Advances in Environmental Biology, 6(5): 1862-1867, 2012 ISSN 1995-0756.
 - Mortezaei, F.G; (2017). The impacts of different land use changes on natural rangelands on groundwater level using quantitative model WEAP. Desert 22-1 (2017) 97-105
 - Mortezaei, F.G; Piroozi, N; Kohandel, A; Jafari, M; Tavili, A; (2018). Plant Alpha and Beta Diversity in Relation to Spatial Distribution Patterns in Different Plant Community Types. Pak. J. Bot., 50(6): 2317-2323, 2018.
 - Potop, V., and M. Možný, 2011. The application a new drought index-Standardized precipitation evapotranspiration index in the Czech Republic. Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenic prostrate.
 - Swetalina, N., T. Thomas. 2016. Evaluation of Hydrological Drought Characteristics for Bearma Basin in undelkhand Region of Central India. Procedia Technology. 24.
 - Shukla, S., Wood, A.W. 2008. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. Geophysical Research Letter. 35.
 - Sheffield J, Wood E F. 2011. Drought – Past problems and future scenarios. Earth Scan Publishing for a Sustainable Future, London
 - Tribeni C. Sharma, Umed S. Panu. 2014. Modelling of hydrological drought durations and magnitudes: Experiences on Canadian streamflows. Hydrology. 1.
 - Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería, and J. I. López-Moreno, 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23.
 - Vicente-Serrano, S.M., J.I., López-Moreno, A., Drummond, L., Gimeno, R., Nieto, E., Morán-Tejada, J., Lorenzo-Lacruz, S., Beguería, and J., Zabalza, 2011. Effects of warming processes on droughts and water resources in the NW Iberian Peninsula (1930-2006). Climate Research, Vol: 48.
 - Wanders N, Y. Wada, and H. A. J. Van Landen. 2015. Global hydrological droughts in the 21st century under a changing hydrological regime. Earth System Dynamic. Vol: 6.