نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۲۰۲-۱۹۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 190-202

ارزیابی وضعیت خشک‌سالی استان کرمانشاه با استفاده از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI)

محمدحسین جهانگیر[۱]*، سحر بابایی[۲] و اقبال نوروزی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۵

چکیده

در بین رویدادهای شدید، خشک‌سالی به‌صورت تدریجی اتفاق می‌افتد و درمدت زمان طولانی‌تری اثرات خود را برجا می‌گذارد. درمیان روش‌های نظارت بر خشک‌سالی، نالبانتیس روش SDI را بر پایه تجزیه و تحلیل ویژگی‌های خشک‌سالی براساس حجم رودخانه تجمعی ارایه کرد. از مزایای این روش سادگی آن است. این روش برای آنالیز ویژگی‌های خشک‌سالی کشورهای زیادی مانند ایالات متحده آمریکا، هند، ایران، عراق و یونان به‌کارگرفته شده است. میانگین متوسط بارش سالانه در استان کرمانشاه ۴۳۷ میلی‌متر است که درسال‌های اخیر بدلیل تغییرات آب و هوایی و افزایش دما، بارش در طول فصل مرطوب افزایش و در فصل خشک کاهش یافت. تفاوت در حجم رودخانه بین فصل مرطوب و خشک منجر به وقوع خشک‌سالی شد. هدف از این تحقیق بررسی تداوم و شدت خشک‌سالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه‌ایی (SDI) بر مبنای دوره‌های ۳، ۶، ۱۲، ۱۸، و۲۴ ماهه در استان کرمانشاه است. برای دست‌یابی به این هدف از داده‌های دبی روزانه ۱۰ ایستگاه هیدرومتری برای یک دوره ۳۱ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۰) استفاده شد. نتیجه شاخص جریان رودخانه‌ایی نشان داد که در ایستگاه‌های توتشامی، شاه‌گذر، آران‌غرب، دوآب، پل‌چهر، خرس‌آباد، دوآب‌مرک و قورباغستان، ترسالی از سال ۱۳۶۳ شروع شده و تا سال ۱۳۷۷ ادامه داشت. همین‌طور شروع خشک‌سالی در ایستگاه‌های توتشامی، آران‌غرب، پل‌چهر، خرس‌آباد، دوآب‌مرک و قورباغستان از سال ۱۳۷۷و تا سال‌های ۱۳۹۰ ادامه‌دار است.

واژه‌های کلیدی: استان کرمانشاه، تغییرات آب و هوایی، خشک‌سالی جریان رودخانه‌ایی، خشک‌سالی هیدرولوژیکی، شاخص SDI

مقدمه

ویلهلمی و ویلهت، سیستم‌های پایش را از ابزارهای لازم برای مدیریت خشک‌سالی بیان داشتند. با این سیستم‌ها است که می‌توان از شدت و توسعه مکانی خشک‌سالی آگاهی یافت که معمولا با شاخص‌های خشک‌سالی این مهم به انجام می‌رسد. خشک‌سالی یک بلای طبیعی و قابل تکرار است که کلیه اقلیم‌ها را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد و هر ساله بیش از نصف کره زمین مستعد وقوع خشک‌سالی است (Wilhelmi and Wilhite., 2002). همه مناطق دنیا ممکن است هر از گاهی اسیر پدیده خشک‌سالی شوند، اما این وضعیت در مناطقی که از نظر اقلیمی به طور نامنظم و تصادفی توسط سامانه‌های مختلف آب و هوایی تحت‌تاثیر قرار می‌گیرند، بیش‌تر مشاهده می‌شود (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۲). خشک‌سالی به‌عنوان پدیده‌ای بی سر و صدا جز طبیعی هر اقلیمی محسوب می‌شود که ناشی از کاهش مقدار بارش در یک دوره نسبتا طولانی‌مدت به نسبت میانگین نرمال منطقه است (جهانگیر و همکاران، ۱۳۹۴). از آن‌جا که خشک‌سالی مانند سایر بلایای طبیعی از قبیل سیل و زلزله آنی نیست و ماهیت خزشی دارد تعیین زمان شروع و خاتمه آن مشکل است. از این رو نیاز به تحقیقات گسترده در این زمینه کاملا ضروری به نظر می‌رسد. چو و همکاران اظهار داشتند پایش خشک‌سالی به منظور بررسی وضعیت منطقه از نظر شروع خشک‌سالی و چگونگی توسعه زمانی و مکانی خشک‌سالی انجام می‌شود. مرسوم‌ترین راه به منظور پایش خشک‌سالی استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی است (chu and et al., 1993). خشک‌سالی به عنوان یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی، هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی زیادی را به همراه دارد. اگرچه خشک‌سالی بی‌شتر به عنوان یک پدیده طبیعی یا فیزیکی در نظر گرفته می‌شود اما اثرات آن حاصل کنش متقابل میان یک پدیده طبیعی و نیاز آبی جامعه می‌باشد و اغلب اثرات آن توسط فعالیت‌های انسانی تشدید می‌شود (قاسمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). خشک‌سالی از نظر تعداد وقوع و شدت، مدت، گستردگی، تلفات انسانی و آثار منفی تاریخی و

۱- استادیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
۳ - دانشجوی کارشناسی‌ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

اقتصادی در رتبه اول سایر بلایای طبیعی قرار دارد (مهدی‌خانی، ۱۳۸۴). خشک‌سالی هیدرولوژیکی که به مفهوم کمبود جریان آب نسبت به مقدار نرمال آن تعریف می‌شود از رویدادهای طبیعی و تکرارپذیر در هر اقلیمی است (حسین‌زاده طلائی و همکاران، ۱۳۸۸). پایش خشک‌سالی از عوامل مهم و کلیدی در مدیریت خشک‌سالی، به‌ویژه در مناطق مستعد و در معرض خطر خشک‌سالی است. پایش خشک‌سالی عبارت است از سامانه‌ای که به وسیله آن بتوان احتمال وقوع میزان شدت و وسعت احتمالی تحت پوشش خشک‌سالی را برآورد کرد. تعیین شاخصه‌ای مناسب جهت پایش خشک‌سالی، یکی از اقدامات مهم و اساسی در مطالعه، ارزیابی، برنامه‌ریزی و مبارزه با خشک‌سالی می‌باشد (باروتی و همکاران، ۱۳۹۲). افزایش روزافزون جمعیت و در پی آن افزایش تقاضا برای آب و مواد غذایی، صدمات ناشی از خشک‌سالی را در سال‌های اخیر افزایش داده است (سلامت و آل‌یاسین، ۱۳۸۰). ریچارد و هیم بیان کردند که پراکنش متعدد، فراوانی مکانی و زمانی پدیده خشک‌سالی هم‌چنین متفاوت بودن نیاز به آب توسط بخش‌های مختلف مصرف و اثرات گوناگون آن بر زیربخش‌های مختلف جامعه، ارایه یک تعریف واحد برای این پدیده اقلیمی را مشکل ساخته است (Richard and Heim., 2002). پایش و تحلیل شرایط خشک‌سالی از نیازهای اصلی مدیریت منابع آب است. با توجه به مشکلات کمی نمودن ویژگی‌های خشک‌سالی، شاخص‌های متعددی در دهه‌های اخیر توسعه پیدا نموده‌اند (نصرتی، ۱۳۹۳). لازم به ذکر است دو مفهوم خشک‌سالی و خشکی کاملا با یکدیگر متفاوت است. خشکی نوعی ویژگی دایم آب و هوایی در یک منطقه است که عدم کفایت بارش در حد لازم برای ادامه فعالیت‌های حیاتی و عادی موجودات زنده در آن منطقه می‌باشد در حالی‌که خشک‌سالی، خشکی در حد کم‌تر از معمول منطقه است. بنابراین خشکی ویژگی دایمی منطقه نبوده و در هر شرایط آب و هوایی ممکن است مشاهده شود. اصولا برای تحلیل کمی خشک‌سالی، وجود یک شاخص مشخص جهت تعیین دقیق دوره‌های مرطوب و خشک بسیار ضروری است (ظهیری و همکاران، ۱۳۹۳). شاخص خشک‌سالی مطلوب باید بتواند شرایط کوتاه‌مدت خشکی را که در حال گسترش است منعکس کند بنابراین انواع خشک‌سالی‌های کشاورزی، هواشناسی، هیدرولوژیکی واکنش نشان می‌دهد و محدود به یک فصل خاص نباشد و بتواند خشک‌سالی را صرف‌نظر از تابستان یا زمستان توصیف کند و از نظر مکانی منطقه‌های جوی مرطوب یا خشک قابل مقایسه باشد. قرار گرفتن بر روی کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی همواره سبب وقوع پدیده خشک‌سالی در کشور ایران گردیده است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۴). کمسکو خشک‌سالی و کمبود ریزش‌های جوی را از جمله عوارضی دانست که همگام با دخالت‌های نابجای انسان در طبیعت، محدودیت منابع آب را تشدید می‌کند. اثرات خشک‌سالی ممکن است در مناطق مختلف آب و هوایی با هم تفاوت داشته باشند، بطوری‌که هر چه منطقه مورد مطالعه به کمربند خشک آب و هوایی جهان نزدیک‌تر باشد به همان نسبت شدت آن بیش‌تر است به نحوی‌که اثرات آن در سال‌های بعدی از طریق کاهش آب قنات‌ها و سفره‌های زیرزمینی ظاهر می‌شود (Komuscu., 1999). ارزیابی خشک‌سالی هیدرولوژیکی در شمال‌غرب ایران طی سال‌های ۱۹۷۵–۲۰۰۹ بر اساس شاخص SDI برای دوره‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه در ۱۴ ایستگاه هیدرومتری انجام شده است نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI نشان داد که تقریبا تمام ایستگاه از خشک‌سالی شدید در طول دوره مطالعه رنج می‌برد، علاوه بر این، خشک‌سالی شدید اغلب در ۱۲ سال گذشته ۱۹۹۷–۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸–۲۰۰۹ رخ داده است (Tabari and et al., 2012). طی مطالعه موردی به‌منظور پیش‌بینی خشک‌سالی هیدرولوژیکی رودخانه گاماسیاب بزرگ‌ترین رودخانه استان همدان سری زمانی این رودخانه در دوره آماری سال آبی ۱۳۴۸–۱۳۴۹ تا ۱۳۸۵–۱۳۸۶ استفاده شده است برای تعیین خشک‌سالی هیدرولوژیکی شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI) استفاده گردید. در کل ارزیابی خشک‌سالی به‌وسیله شاخص SDI نشان می‌دهد که در دوره ۳۸ ساله مطالعه شده به جز در سال‌های آبی ۷۰–۷۵ ، ۷۱–۷۸ ، ۷۶–۷۹ که خشک‌سالی در وضعیت شدید و سال ۷۷–۷۸ که خشک‌سالی در وضعیت خیلی‌شدید بوده و در بقیه سال‌ها خشک‌سالی شدیدی مشاهده نشده است و حالت خشک‌سالی در بیش‌تر سال‌های مورد مطالعه در وضعیت نرمال است (حسین‌زاده طلایی و همکاران، ۱۳۸۸). در تحقیقی جهت پیش‌بینی خشک‌سالی هیدرولوژیک در حوزه آبخیر دشت تویسرکان سری زمانی دبی‌های این حوزه در دو ایستگاه پل علی‌آباد و کارخانه در دوره آماری ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۱ استفاده شده است؛ برای تعیین خشک‌سالی هیدرولوژیکی شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI) و شاخص خشک‌سالی هواشناسی (SPI) استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش سری زمانی دو شاخص به هم نزدیک‌تر می‌شوند به‌طوری که در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه روند این دو شاخص بسیار به‌هم نزدیک شده است و می‌توان گفت که افزایش و کاهش شاخص SPI بر روی روند تغییر شاخص استاندارد دبی تاثیر دارد (اژدری، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای در محدوده دشت ساری نکا با استفاده از شاخص‌های جریان حداقل سالانه با تداوم‌های ۷، ۱۵ و۳۰ روز در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال خشک‌سالی هیدرولوژیکی پیش‌بینی و مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این مطالعه دو ایستگاه هیدرومتری به نام‌های ریگ‌چشمه و کردخیل انتخاب شد. آن‌گونه که از نتایج برمی‌آید مقادیر حداقل جریان رودخانه به عنوان شاخص بیان وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک با کم شدن احتمال وقوع، کاهش می‌یابد و با افزایش زمان تداوم، میزان جریان خشک‌سالی افزوده می‌گردد (محمودی، ۱۳۹۲). طی

مطالعه موردی حوزه سد درودزن در استان فارس ارزیابی خشک‌سالی بر اساس دو شاخص SDI و SPI انجام شد که با مقایسه نتایج دو شاخص معلوم شد که در سال‌های۶۴-۶۸ دوره کوتاه مدت خشک‌سالی وجود داشته و پس از آن خشک‌سالی در وضعیت نرمال بوده اما در سال‌های۸۷-۸۸ و۸۸-۸۹ وضعیت تغییر کرده و خشک‌سالی در وضعیت شدیدتری به‌وقوع پیوسته است (سلطانی و محرابی، ۱۳۹۲). چن و همکاران طی مطالعه‌ای در تایوان شمالی با استفاده از شاخص SDI و زنجیره مارکوف نشان دادند که سال ۲۰۰۲ نقطه عطفی برای شدت خشک‌سالی در دو حوزه رودخانه لانیانگ و ییلان بوده است (Chen-Feng., 2015). هدف از این تحقیق بررسی تداوم و شدت خشک‌سالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه‌ایی (SDI) بر مبنای دوره های ۳، ۶، ۱۲، ۱۸، و۲۴ ماهه در استان کرمانشاه می‌باشد.

روش پژوهش

در این پژوهش از آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری مدیریت منابع آب ایران استفاده گردید. ۱۰ ایستگاه هیدرومتری در کل استان کرمانشاه با پراکنش مناسب انتخاب شد و یک دوره آماری۳۱ ساله (۱۳۶۰-۱۳۹۰) به عنوان دوره آماری مشترک برای تمام ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. به‌منظور پایش خشک‌سالی هیدرولوژیکی از شاخص SDI برای تمام ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به‌منظور استخراج مقادیر خشک‌سالی SDI از نرم‌افزار متلب استفاده گردید.

شاخص دبی استاندارد شده (SDI) :

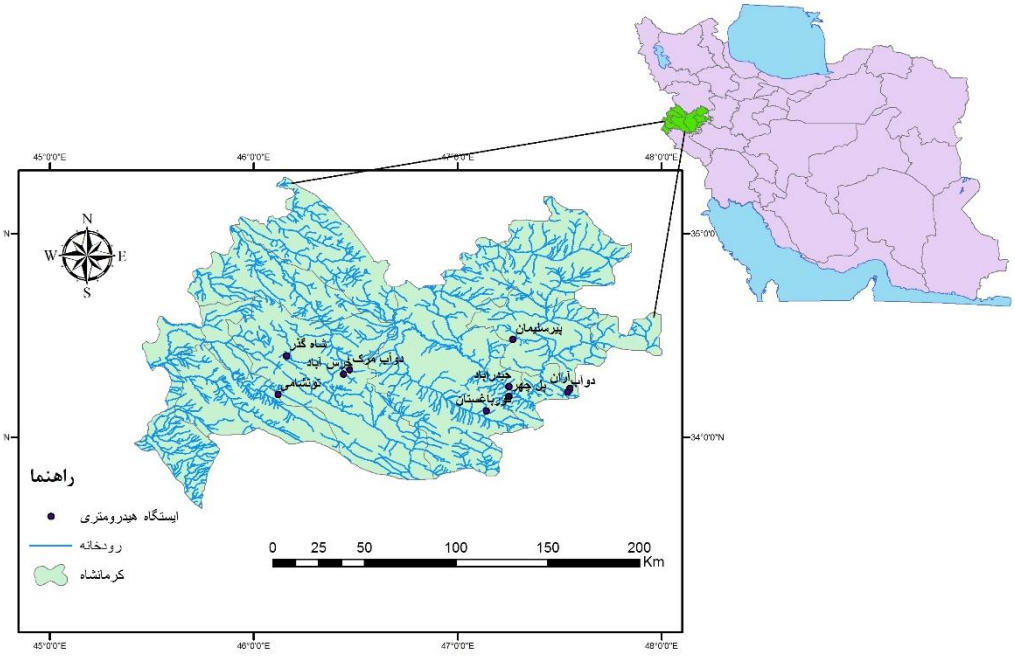
به‌لحاظ محاسباتی مانند SPI می‌باشد ولی از نظر مقیاس زمانی به‌طور ماهانه و فصلی توصیه شده است. شاخص SDI براساس جریان ماهانه استاندارد می‌باشد و اولین بار توسط نالبانتیس پیشنهاد شده است (Nalbantis., 2008). طبقه‌بندی خشک‌سالی هیدرولوژی براساس شاخص SDI درجدول ۱ آمده است.

$$SDI_{ik} = \frac{V_{ik} - V_k}{S_k} \quad i = 1,2,\ldots \quad k = 1,2,3,4 \qquad (۱)$$

در این روش فرض بر این است که سری‌های زمانی، حجم جریان‌های رودخانه‌ای ماهانه بصورت Q_{ij} موجود است که در آن اندیس i سال هیدرولوژیکی و اندیس j ماه مربوط به سال هیدرولوژیکی است. V_k و S_k به ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم جریانات تجمعی برای دوره مبنا k است. حجم تجمعی جریانات رودخانه‌ای (V_{ik}) برای دوره مبنای (k).

جدول۱- طبقه‌بندی خشک‌سالی هیدرولوژیک

وضعیت	شرح	معیار
۰	فاقد خشک‌سالی	۰≤SDI
۱	خشک‌سالی ملایم	-۱≤SDI<۰
۲	خشک‌سالی متوسط	-۱/۵≤SDI<-۱
۳	خشک‌سالی شدید	-۲≤SDI<۱/۵
۴	خشک‌سالی بسیارشدید	SDI<-۲



شکل ۱- نقشه منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

رودخانه	ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع از سطح دریا (متر)	مساحت(مترمربع)
زمکان	توتشامی (گهواره)	۴۸° ۱۹′	۳۴° ۲۱′	۱۵۵۳	۳۴۲
زمکان	شاه‌گذر	۴۶° ۱۶′	۳۴° ۴۰′	۱۱۰۰	۱۴۱۰
خرم‌رود	آران (غرب)	۴۷° ۵۵′	۳۴° ۲۴′	۱۴۳۷	۱۹۸۸
گاماسیاب	دوآب (گاماسیاب)	۴۸° ۵۴′	۳۴° ۲۲′	۱۴۱۰	۷۷۷۰
گاماسیاب	پل‌چهر	۴۷° ۲۵′	۳۴° ۲۰′	۱۲۷۵	۱۰۸۶۰
آب‌مرک	خرس‌آباد	۴۶ ۴۴′	۳۴° ۳۱′	۱۳۲۰	۱۴۲۰
قره‌سو	دوآب مرک	۴۶ ۴۷′	۳۴° ۳۳′	۱۳۱۰	۱۲۶۰
قره‌سو	قورباغستان	۴۷° ۱۴′	۳۴° ۱۳′	۱۲۶۸	۵۳۷۰
جامیشان	پیرسلیمان	۴۴ ۲۷′	۳۴° ۴۲′	۱۵۳۰	۵۴۷
دینور	حیدرآباد (دینور)	۴۷° ۲۷′	۳۴° ۲۵′	۱۲۹۰	۷۴۲

جدول۳- بزرگی و تداوم خشک‌سالی با شدت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	تداوم		بزرگی		تعداد دوره‌های خشک	تعداددوره‌های تر
	طولانی‌ترین دوره خشک	طولانی‌ترین دوره تر	شدیدترین سال خشک	شدیدترین سال تر		
توت شامی	۱۳۷۷-۱۳۸۲	۱۳۶۳-۱۳۶۷ ۱۳۷۰-۱۳۷۴	۱۳۹۰	۱۳۷۶	۱۵	۱۶
شاه‌گذر	۱۳۸۴-۱۳۹۰	۱۳۶۳-۱۳۶۶ ۱۳۷۱-۱۳۷۴	۱۳۹۰	۱۳۶۶	۱۸	۱۳
آران‌غرب	۱۳۷۷-۱۳۸۲	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۸۷	۱۳۷۳	۱۵	۱۶
دوآب	۱۳۷۵-۱۳۸۴	۱۳۶۳-۱۳۶۷ ۱۳۷۰-۱۳۷۴	۱۳۹۰	۱۳۷۳	۱۸	۱۳
پل‌چهر	۱۳۷۷-۱۳۸۲	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۷۸	۱۳۷۳	۱۵	۱۶
خرس‌آباد	۱۳۷۷-۱۳۸۳	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۸۹	۱۳۷۳	۱۶	۱۵
دوآب‌مرک	۱۳۷۷-۱۳۸۷	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۸۶	۱۳۶۶	۱۷	۱۴
قورباغستان	۱۳۷۷-۱۳۸۲ ۱۳۸۵-۱۳۹۰	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۷۸	۱۳۷۳	۱۶	۱۵
پیرسلیمان	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۶۵-۱۳۶۸	۱۳۷۱	۱۳۷۳	۱۵	۱۶
حیدرآباد	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۶۳-۱۳۶۸	۱۳۷۸	۱۳۷۳	۱۳	۱۸

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۶۴۰ کیلومترمربع، هفدهمین استان ایران از نظر وسعت به‌شمار می‌رود. کرمانشاه در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی تا ۴۸ درجه و ۱ دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی و از عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی واقع شده است. استان کرمانشاه که ۱/۵ درصد مساحت کشور را در بر می‌گیرد، از استان‌های غربی به‌شمار می‌آید که با کشور عراق مرز مشترک دارند. این استان از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود. نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. نام و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها، ارتفاع از سطح دریا و مساحت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

جدول۳ نشان می‌دهد که استان کرمانشاه تعداد دوره‌های خشک زیادی را شاهد بوده است. خشک‌سالی‌ها از ۱۳ مورد در ایستگاه حیدرآباد تا ۱۸ مورد در ایستگاه‌های شاه‌گذر و دوآب برای یک دوره ۳۱ ساله تکرار شده است. تعداد زیاد خشک‌سالی (جدول۳)، نشان از کوتاه‌شدن دوره بازگشت خشک‌سالی دارد.

اندازه‌گیری، مشاهده و محاسبه

مقایسه ایستگاه‌های پیرسلیمان و شاه‌گذر از نظر وضعیت خشک‌سالی:

مطابق جدول شماره ۴ ملاحظه می‌شود عمده مقادیر شاخص SDI مثبت در طول دوره موردنظر (۱۳۹۰-۱۳۶۰) فاقد خشکسالی است اما در برخی سال‌ها مثل ۱۳۷۱ و ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ خشک‌سالی متوسط دیده می‌شود و تنها یک دوره خشک‌سالی متوسط متداوم مشاهده می‌گردد اما در سایر سال‌ها بدلیل استفاده از شاخص SDI که بر اساس دبی تجمعی در حوزه موردنظر وضعیت به‌نسبت مساعدی مشاهده می‌گردد.

جدول٤- تعیین وضعیت خشک‌سالی ایستگاه پیرسلیمان با استفاده از شاخص SDI (۱۳۹۰-۱۳٦۰)

سال	شاخص SDI	وضعیت خشک‌سالی	سال	شاخص SDI	وضعیت خشک‌سالی
۱۳۶۰	۰/۵۵۴	فاقد خشک‌سالی	۱۳۷۶	۰/۹۰۳	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۱	۰/۶۱۵	فاقد خشک‌سالی	۱۳۷۷	۰/۸۵۲	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۲	-۰/۶۴۸	خشک‌سالی ملایم	۱۳۷۸	-۱/۲۶۵	خشک‌سالی متوسط
۱۳۶۳	۰/۴۲	فاقد خشک‌سالی	۱۳۷۹	-۱/۴۰۸	خشک‌سالی متوسط
۱۳۶۴	-۰/۰۴۱	خشک‌سالی ملایم	۱۳۸۰	-۱/۱۵۱	خشک‌سالی متوسط
۱۳۶۵	۰/۲۲۵	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۱	-۰/۱۵۴	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۶	۲/۰۳۳	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۲	۰/۰۶	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۷	۰/۰۴۷	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۳	-۰/۲۵۷	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۸	۰/۱۰۲	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۴	۰/۵۱۲	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۹	-۰/۸۲۲	خشک‌سالی ملایم	۱۳۸۵	۰/۸۵۲	فاقد خشک‌سالی
۱۳۷۰	۰/۸۲۱	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۶	-۰/۹۴۳	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۱	-۱/۵۶۲	خشک‌سالی متوسط	۱۳۸۷	-۰/۹۴۵	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۲	۰/۱۵۳	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۸	-۰/۵۸۶	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۳	۳/۰۵	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۹	-۰/۳۸۱	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۴	۰/۴۵۱	فاقد خشک‌سالی	۱۳۹۰	-۱/۳۶۶	خشک‌سالی متوسط
۱۳۷۵	-۰/۵۴۵	خشک‌سالی ملایم			

مطابق جدول شماره ۵ وضعیت خشک‌سالی برای ایستگاه شاه‌گذر نیز مانند ایستگاه پیرسلیمان مطرح شده و یک دوره خشک‌سالی ملایم متداوم از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ ملاحظه شد اما وضعیت خشک‌سالی ملایم‌تر از ایستگاه پیرسلیمان می‌باشد و به‌طور کلی فاقد خشک‌سالی شدید است و در دو ایستگاه وضعیت ترسالی دیده می‌شود. به‌عبارتی وضعیت خشک‌سالی نرمال بوده و مقادیر خشک-سالی براساس شاخص SDI بالاتر از۱/۵۶۲- ملاحظه نشده و وضعیت در دو ایستگاه شبیه و نزدیک به‌هم است.

همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود کم‌ترین مقدار میانگین دبی مربوط به ایستگاه توت‌شامی به میزان ۰/۷۸۷ مترمکعب در ثانیه و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به ایستگاه پل‌چهر به میزان ۲۸/۹۳۶ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. مطابق شکل شماره ۲ مقادیر عددی شاخص SDI برای دوره آماری موردنظر(۱۳۹۰-۱۳۶۰) برای ۵ ایستگاه توت‌شامی، شاه‌گذر، آران‌غرب، دوآب، پل‌چهر ترسیم شده است. در حالت کلی با گذشت زمان روند تغییرات خشک‌سالی و ترسالی نسبت به عدد صفر را نشان می‌دهد. مقادیر مثبت ترسالی و مقادیر منفی بیانگر خشک‌سالی می‌باشد. مطابق شکل برای ۵ ایستگاه موردنظر بیش‌تر مقادیر شاخص SDI بالای خط x=0 می‌باشد.

نمودار فوق مانند شکل۲ روند تغییرات خشک‌سالی و ترسالی را نسبت به مقدار عددی صفر نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۷ که مقدار عددی شاخص SDI به ترتیب ۱/۵۶۳-، ۱/۶۴۳-، و۱/۵۲۱- می‌باشد شاهد خشک‌سالی شدید بوده و در سال ۱۳۷۳ که مقدار شاخص SDI برابر۳/۰۵۱ بوده ترسالی خیلی‌شدید دیده شده است. مطابق اشکال(۴ و ۵) با شمارش و مقایسه تعداد، شدت و تکرار خشک‌سالی‌های رخ داده در ایستگاه‌های شاه‌گذر و پیرسلیمان براساس شاخص SDI مشخص شد که در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۴ شاهد دوره متناوب خشک‌سالی برای ایستگاه شاه‌گذر (شکل۴) و همین‌طور ایستگاه پیرسلیمان است درشکل۵ یک دوره متناوب ۵ ساله خشک‌سالی از سال ۱۳۸۶-۱۳۹۰ مشاهده شد.

جدول۵- تعیین وضعیت خشک‌سالی ایستگاه شاه‌گذر با استفاده از شاخص SDI (۱۳۹۰-۱۳۶۰)

سال	شاخص SDI	وضعیت خشک‌سالی	سال	شاخص SDI	وضعیت خشک‌سالی
۱۳۶۰	-۰/۲۴۷	خشک‌سالی ملایم	۱۳۷۶	۱/۱۱۲	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۱	-۰/۱۶۵	خشک‌سالی ملایم	۱۳۷۷	-۰/۶۷۸	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۲	-۰/۴۳۳	خشک‌سالی ملایم	۱۳۷۸	-۰/۹۴۷	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۳	۱/۴۰۹	فاقد خشک‌سالی	۱۳۷۹	-۰/۹۶	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۴	۰/۵۸۱	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۰	-۰/۲۹۹	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۵	۰/۵۹۲	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۱	۰/۱۳۷	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۶	۲/۶۳۴	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۲	-۰/۲۱۵	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۷	-۰/۶۱۴	خشک‌سالی ملایم	۱۳۸۳	۲/۲۱	فاقد خشک‌سالی
۱۳۶۸	۱/۶۱۹	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۴	-۰/۶۲۳	خشک‌سالی ملایم
۱۳۶۹	۰/۷۰۳	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۵	-۰/۶۸۱	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۰	-۱/۳۱	خشک‌سالی متوسط	۱۳۸۶	-۱/۱۴۲	خشک‌سالی متوسط
۱۳۷۱	۰/۱۶۱	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۷	-۰/۹۸۳	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۲	۰/۲۰۲	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۸	-۰/۷۱۳	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۳	۰/۷۹۷	فاقد خشک‌سالی	۱۳۸۹	-۰/۹۶۱	خشک‌سالی ملایم
۱۳۷۴	۰/۳۹۴	فاقد خشک‌سالی	۱۳۹۰	-۱/۳۶۸	خشک‌سالی متوسط
۱۳۷۵	-۰/۲۰۶	خشک‌سالی ملایم			

نتایج و بحث

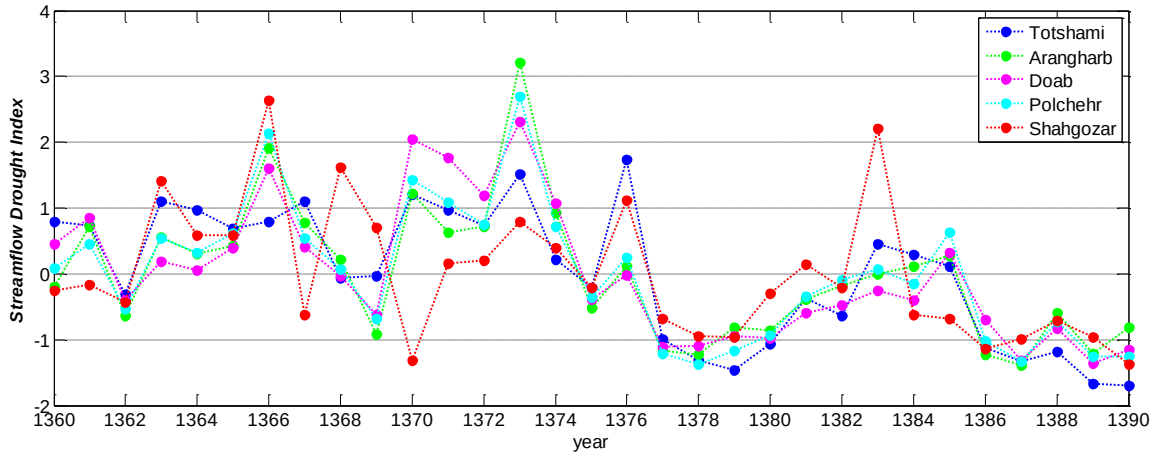
مقایسه ایستگاه‌ها

ابتدا با استفاده از داده‌های دبی ایستگاه‌های هیدرومتری استان کرمانشاه میانگین و انحراف‌معیار محاسبه شدند. جدول ۶ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهد.

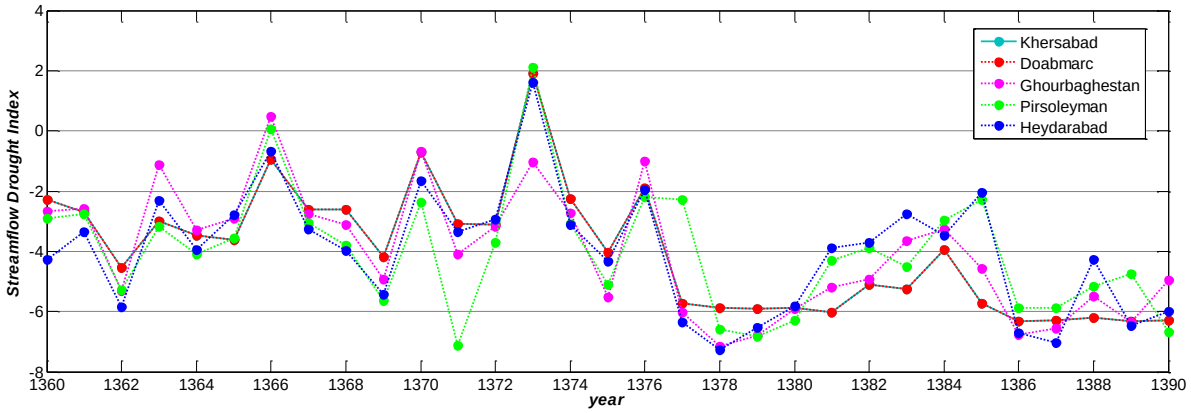
مطابق شکل شماره ۳ مقادیر عددی شاخص SDI برای ایستگاه‌های خرس‌آباد، دوآب‌مرک، قورباغستان، پیرسلیمان، حیدرآباد در دوره آماری(۱۳۹۰-۱۳۶۰)، ترسیم شد.

جدول ٦- ویژگی‌های آماری دبی (مترمکعب بر ثانیه) ایستگاه‌های مورد مطالعه

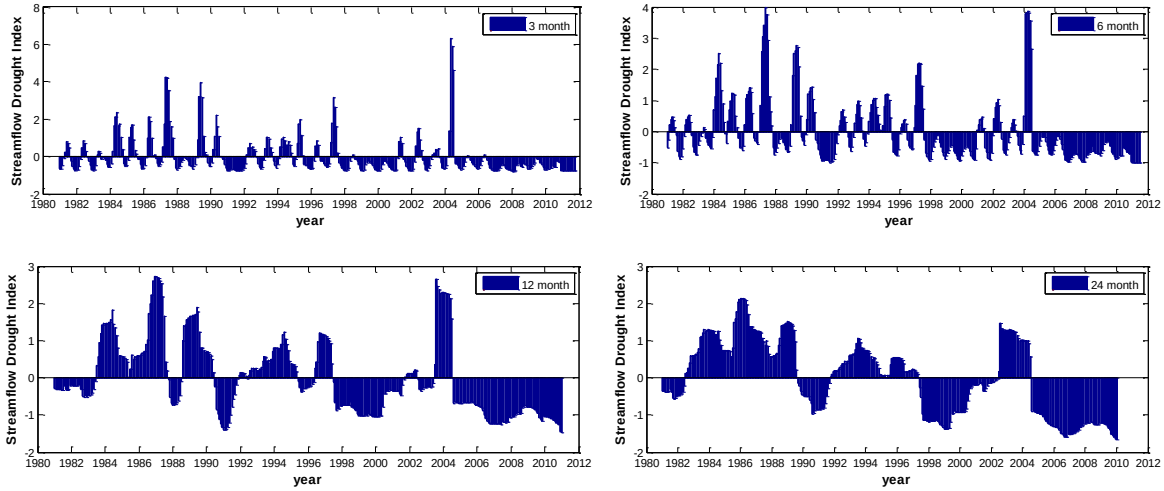
ایستگاه	توتشامی	شاه گذر	آران(غرب)	دوآب	پل‌چهر	خرس‌آباد	دوآب مرگ	قورباغستان	پیرسلیمان	حیدرآباد
میانگین	۰/۷۸۷	۲/۳۷۳	۳/۵۶۹	۱۳/۲۹۹	۲۸/۹۳۶	۱/۱۱۳	۴/۹۴۸	۱۸/۵۸۴	۱/۷۳۰	۱۱/۰۱۳
انحراف‌معیار	۰/۳۸۲	۱/۷۱۴	۲/۲۳۹	۸/۳۰۳	۱۶/۵۶۷	۰/۹۶۳	۳/۰۹۹	۹/۶۹۹	۰/۹۷۳	۵/۲۶۲
کمینه	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۴۵	۲/۰۱	۶/۲۴	۰/۰۱	۰/۷۱	۳/۲۸	۰/۲۱	۲/۳۷
بیشینه	۱/۴۵	۶/۸۹	۱۰/۷۵	۳۲/۴۶	۷۳/۱۸	۳/۹۶	۱۱/۹۱	۴۰/۲۵	۴/۷	۲۵/۷۸



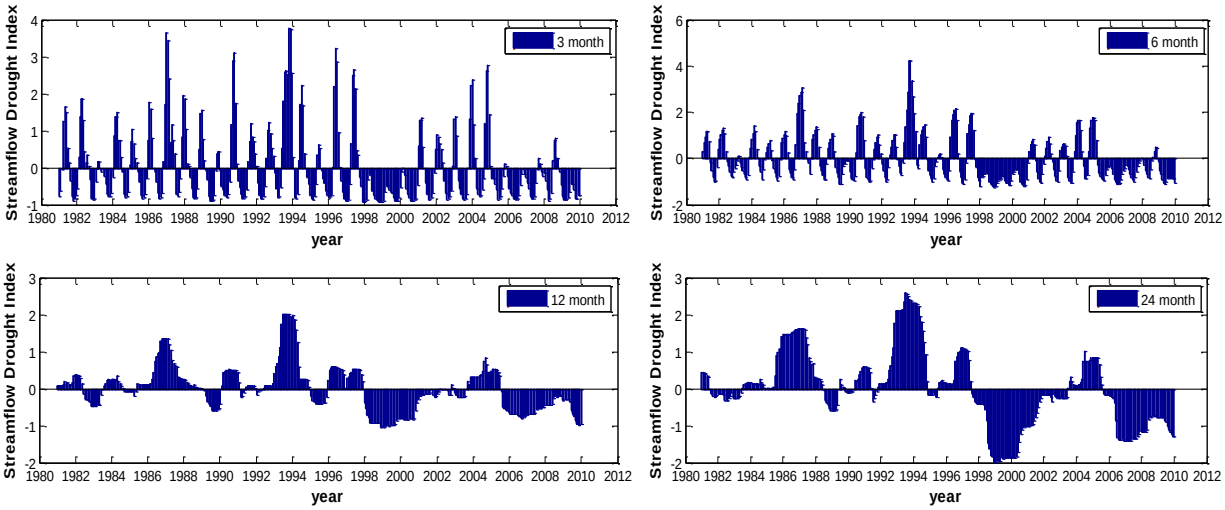
شکل ۲- مقادیر عددی شاخص جریان رودخانه‌ای توتشامی، شاه‌گذر، آران(غرب)، دوآب، پل‌چهر



شکل ۳- مقادیر عددی شاخص جریان رودخانه‌ای خرس‌آباد، دوآب مرک، قورباغستان، پیرسلیمان، حیدرآباد

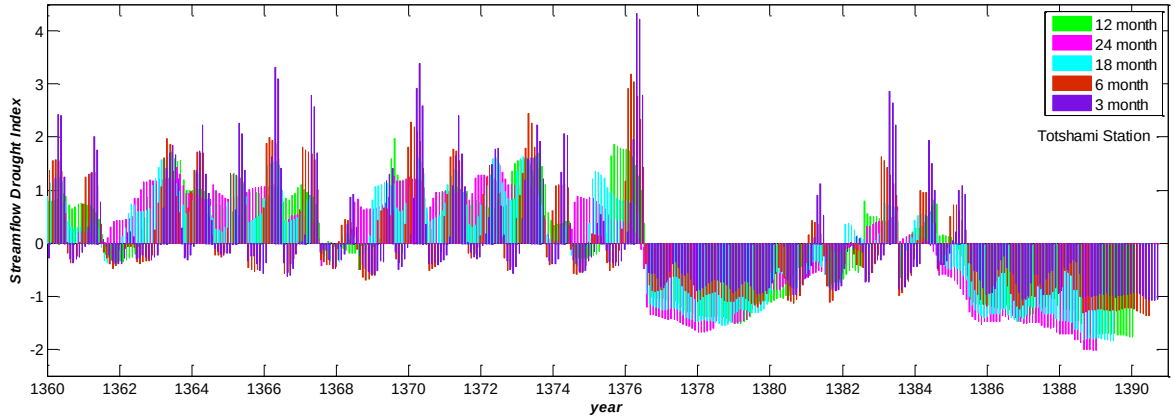


شکل ٤- ایستگاه شاه‌گذر در دوره آماری ۱۳٦۰-۱۳۹۰

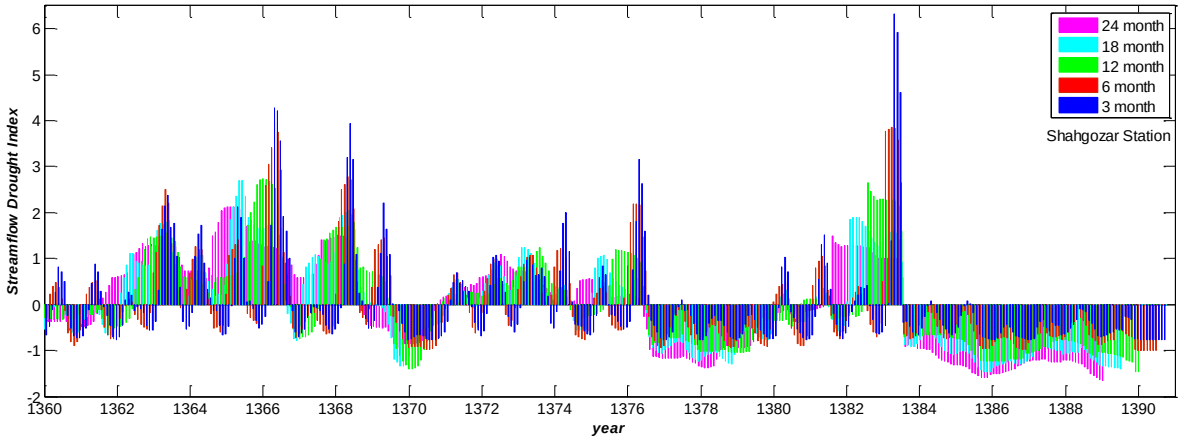


شکل ٥- ایستگاه پیرسلیمان در دوره آماری ۱۳٦۰-۱۳۹۰

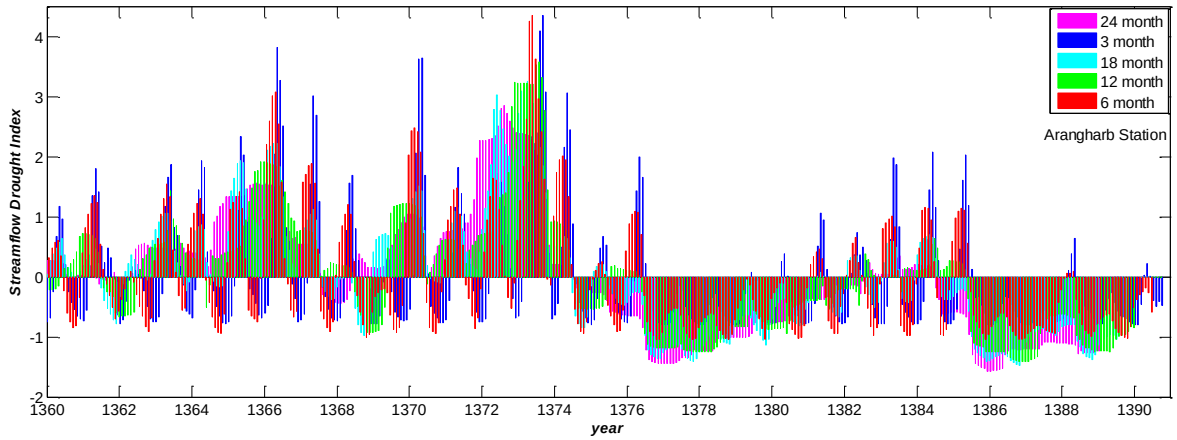
مطابق شکل۴ و ۵ مشاهده می‌شود هرچه میانگین متحرک بازه بیش‌تری را به‌خود اختصاص دهد میانگین متحرک ۳ماهه نسبت به میانگین متحرک ۲۴ماهه در ترسالی نقطه اوج پایین‌تری دارد و مقدار دره‌ها کم‌تر است و همین‌طور اثرات دندانه دندانه به گستره تبدیل شده در نتیجه به مقدار واقعی نزدیک‌تر شد. به‌عبارتی دیگر برای پیش‌بینی وضعیت خشک‌سالی از میانگین ۲۴ماهه استفاده می‌شود. در اشکال ۶ تا ۱۵ نتیجه آنالیز شاخص SDI برای دوره‌های سه ماهه (مهر تا آذر)، شش ماهه (مهر تا اسفند)، دوازده ماهه (مهر تا شهریور)، ۱۸ ماهه و۲۴ ماهه به‌ترتیب در ایستگاه‌های توتشامی، شاه‌گذر، آران غرب، دوآب، پل‌چهر، خرس‌آباد، دوآب‌مرک، قورباغستان، پیرسلیمان و حیدرآباد نشان داده شده است. همان‌طور که در اشکال ملاحظه می‌شود طی سال‌های ۶۳ تا ۷۴ سال‌های به‌نسبت نرمالی در استان وجود داشت که شاخص SDI به‌خوبی بیانگر آن بود. همین‌طور از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۹۰ خشک‌سالی‌های متناوبی به چشم می‌خورد. شدیدترین سال ترسالی برای بیش‌تر ایستگاه‌ها در سال ۱۳۷۶ اتفاق افتاد. شدیدترین سال خشک برای ایستگاه پیرسلیمان سال ۱۳۷۱، برای ایستگاه‌های پل‌چهر، قورباغستان، حیدرآباد سال۱۳۷۸، ایستگاه دوآب‌مرک سال۱۳۸۶، ایستگاه آران‌غرب سال ۱۳۸۷ و برای ایستگاه‌های توتشامی، شاه‌گذر و دوآب درسال۱۳۹۰ مشاهده شد.



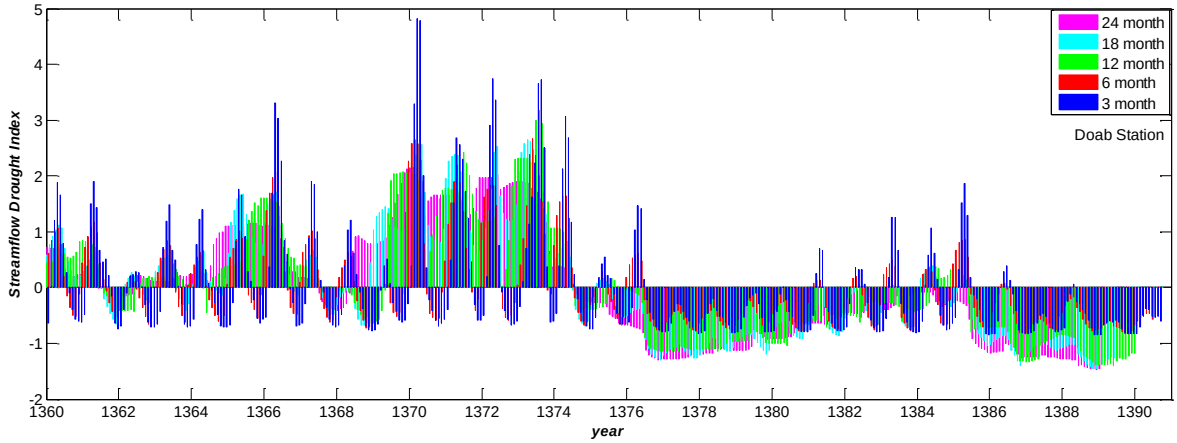
شکل ٦- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه توتشامی



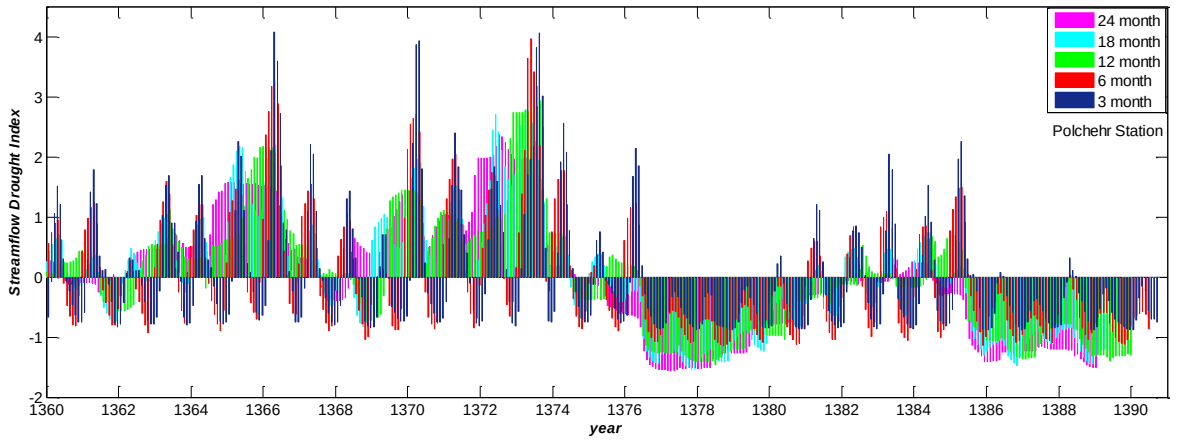
شکل ۷- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه شاه‌گذر



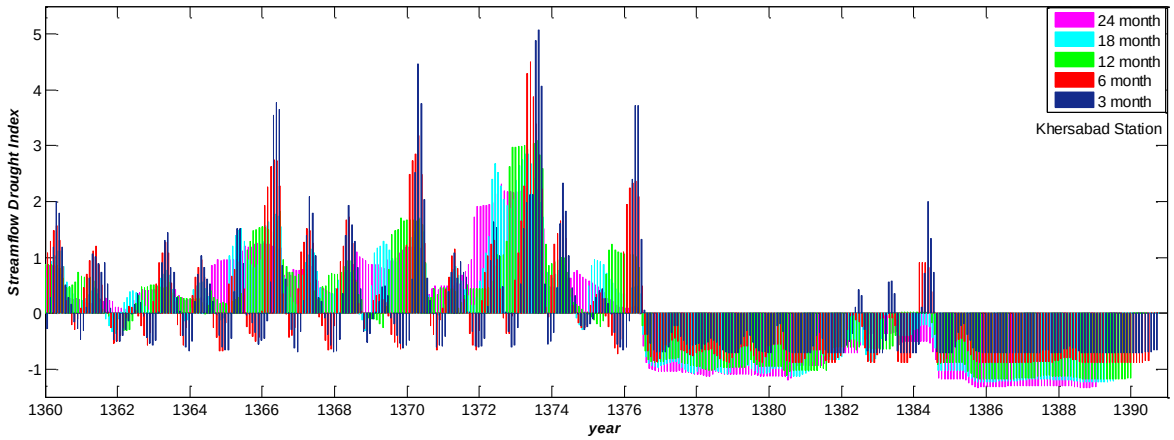
شکل ۸- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه آران‌غرب



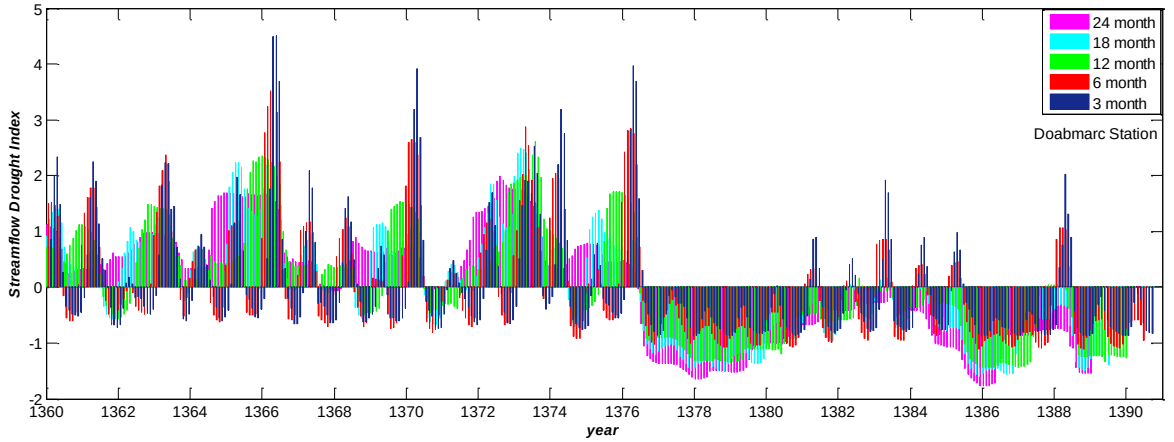
شکل ۹- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه دوآب



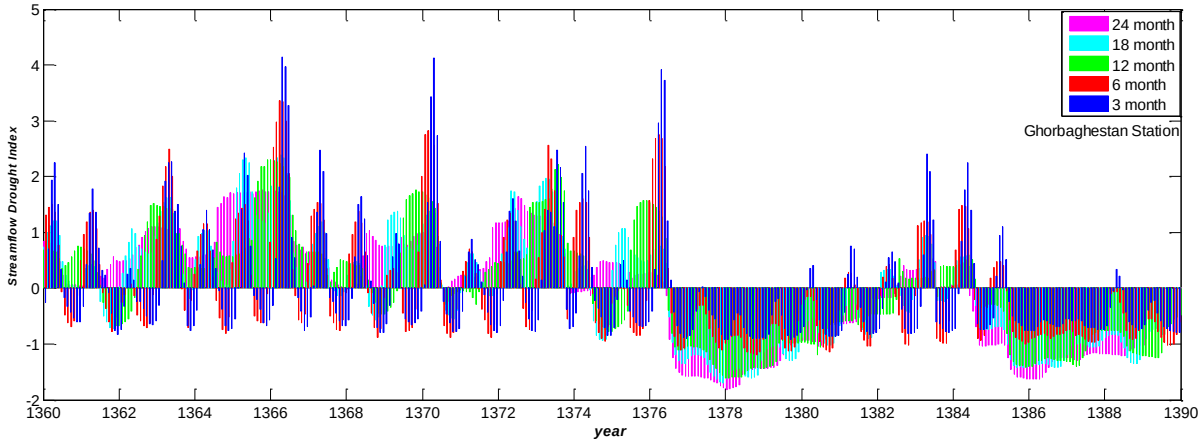
شکل ۱۰- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه پل‌چهر



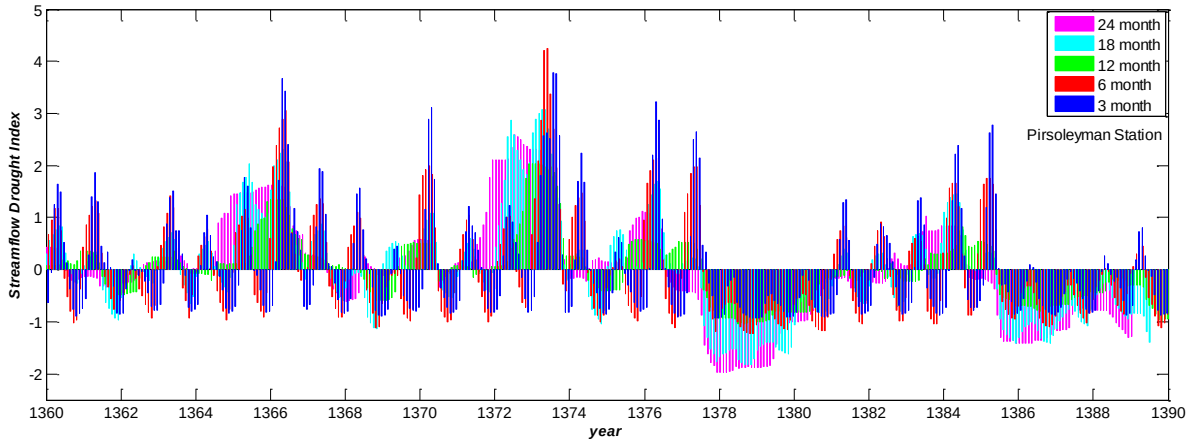
شکل ۱۱- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه خرس‌آباد



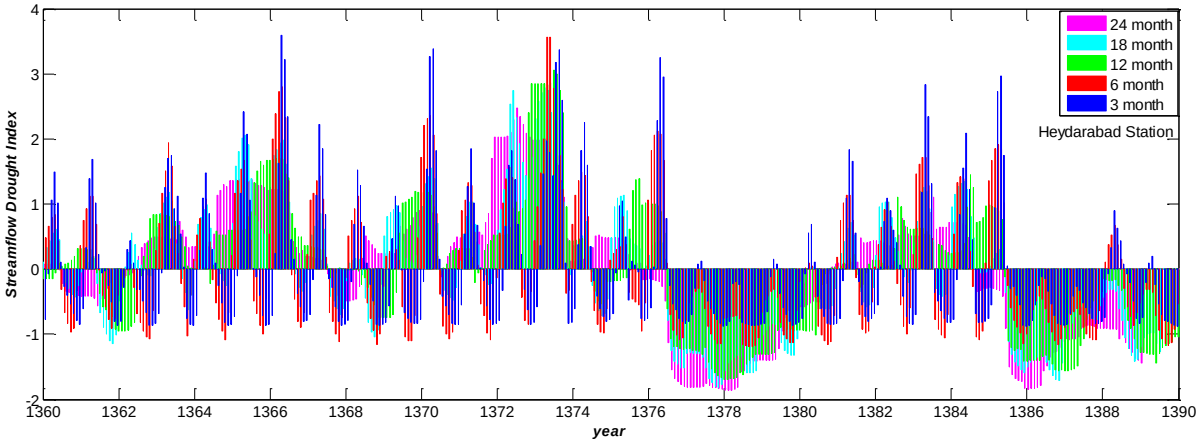
شکل ۱۲- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه دوآب‌مرک



شکل ۱۳- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه قورباغستان



شکل ۱۴- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه پیرسلیمان



شکل ۱۵- آنالیز شاخص SDI برای ماه‌های مختلف در ایستگاه حیدرآباد

نتیجه‌گیری

در این مقاله قابلیت داده‌های دبی روزانه در تهیه شاخص خشک-سالی جریان رودخانه (SDI) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های دبی روزانه تا حد زیادی قادر به تشخیص شدت خشک‌سالی است. در این تحقیق با استفاده از شاخص جریان رودخانه‌ایی (SDI) به بررسی بزرگی و تداوم خشک‌سالی پرداخته شد. طبق نتایج به‌دست آمده از این مقاله شاخص جریان رودخانه‌ای (SDI) بخوبی نوسانات خشک‌سالی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل از این شاخص تمام ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه حداقل یک بار شاهد خشک‌سالی شدید بوده‌اند. نتایج نشان می‌دهد تقریبا کل استان کرمانشاه مستعد خطر خشک-سالی است. حوزه‌های آبخیز شاه‌گذر و دوآب از نظر وقوع خشک‌سالی مستعدتر بوده و بیش‌تر در معرض خشک‌سالی قرار دارند. از سال آماری ۱۳۷۷-۱۳۸۲ منطقه تحت‌تاثیر خشک‌سالی بوده که با مقادیر دبی به‌دست آمده ازاین سال‌ها مطابقت دارد. به بیانی دیگر در این سال‌ها منطقه بیش‌تر تحت‌تاثیر خشک‌سالی متوسط تا ملایم است. روند خشک‌سالی هیدرولوژیک در مناطق مختلف استان با گذشت زمان افزایش یافت به‌طوری‌که در سال ۱۳۶۸ اکثر منطقه از نظر خشک‌سالی نرمال بوده ولی در سال ۱۳۹۰قسمت اعظمی از استان تحت‌تاثیر خشک‌سالی متوسط شد. روند خشک‌سالی در بازه آماری انتخاب شده در این منطقه به صورت صعودی در حال افزایش است.

منابع

اژدری،ز. ۱۳۹۳، بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در دشت تویسرکان، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیطزیست). دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ۱۹-۱۸ شهریورماه.

باروتی،ح.، ذوالفقاری،م.، سلیمان‌پور،س.م. ۱۳۹۲. مقایسه شاخص‌های PNPI و SPI در پایش و پهنه‌بندی روند خشک‌سالی در استان

قزوین، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایـران. ۳۰-۲۹ بهمن‌ماه.

جهانگیر،م.ح.، خوش مشربان،م.، یوسفی،ح. ۱۳۹۴. پایش و پیش‌بینی وضعیت خشک‌سـالی بـا اسـتفاده از شـاخص بارنـدگی اسـتاندارد (SPI) و شـبکه عصـبی پرسـپترون چندلایـه (مطالعـه مـوردی: استان‌های تهران و البرز). مجله اکوهیدرولوژی. ۲. ۴: ۴۲۸-۴۱۷.

حسـین‌زاده طلائـی،پ.، زارع‌ابیانـه،ح.، معروفـی،ص. ۱۳۸۸، ارزیـابی خشک‌سالی هیـدرولوژیکی بـا اسـتفاده از شـاخص خشـک‌سـالی جریان رودخانـه (SDI) مطالعـه مـوردی: رودخانـه گاماسـیاب در استان همدان، همـایش ملـی بحـران آب در کشـاورزی و منـابع طبیعی، دانشگاه آزاد شهرری، شهرری، ۱۴ آبان‌ماه.

رضیئی،ط.، شکوهی،ع.، ثقفیان،ب.، دانش کارآراسته،پ. ۱۳۸۲، پایش پدیده خشک‌سالی در ایران مرکزی بـا اسـتفاده از شـاخص SPI. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفـرانس ملـی تغییـر اقلـیم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ۲۹ مهرماه تا ۱ آبان‌ماه.

سازمان جنگـل‌هـا، مراتـع و آبخیـزداری. ۱۳۸۳. برنامـه اقـدام ملـی بیابان‌زدایی و کاهش اثرات خشک‌سالی جمهوری اسلامی ایـران، نشریه پونه، تهران، ص۷.

سلامت،ع.، آل‌یاسین،م. ۱۳۸۰. راهنمای مقابله با خشک‌سالی، کمیتـه ملی آبیاری و زهکشی، شماره ۴۹، ص۶۰.

سلطانی،س.، محرابی،م. ۱۳۹۱، ارزیـابی خشـک‌سـالی بـا اسـتفاده از شاخص جریانات رودخانه‌ای (SDI) و شـاخص بـارش اسـتاندارد (SPI) مطالعه موردی: حوزه سد درودزن در استان فـارس، اولـین همایش ملی بیابان، مرکز تحقیقات بـین المللـی بیابـان دانشـگاه تهران، تهران، ۲۸-۲۷ خرداد ماه.

ظهیـری،ع.، شـریفان،ح.، رحیمیـان،م.، آبارشـی،ف. ۱۳۹۳. ارزیـابی پدیده‌های ترسالی و خشک‌سالی در استان خراسان بـا اسـتفاده از نمایه‌های PNPI و SPI، نشریه آبیاری و زهکشـی ایـران. ۸. ۴: ۸۶۵-۸۴۵.

قاسمی‌نـژاد،س.، سـلطانی،س.، سـفیانیان،ع. ۱۳۹۳. ارزیـابی ریسـک خشک‌سالی استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک). ۱۸. ۶۸: ۲۲۶-۲۱۳.

محمودی،ع. ۱۳۹۲، بررسی خشک‌سالی هیدرولوژیک رودخانه تجـن با استفاده از شاخص جریان حداقل در محدوده دشت ساری نکـا، پنجمـین کنفـرانس مـدیریت منـابع آب ایـران، دانشـگاه شـهید بهشتی،تهران، ۳۰-۲۹ بهمن‌ماه.

مهدی‌خانی،ح. ۱۳۸۴، نگاهی کلی به مدیریت ریسـک و لـزوم آن در مدیریت خشک‌سالی، مجله عمران شریف. ۳۴: ۶۰-۵۸.

نصرتی،ک. ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص بارش تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) جهت شناسایی خشک‌سالی در اقلیم‌های مختلف ایـران، فصل‌نامه علوم محیطی. ۱۲. ۴: ۷۴-۶۳.

Chen-Feng,Y., Jinge,W., Hsin-Fu,Y and Cheng-Haw,L. 2015. Sdi and markov chains for regional drought characteristics. Journal of Sustainability. 7.8:10789-10808.

Chu,P.S., Nash,A.J and Porter,F.Y. 1993. Diagnostic studies of two contrasting rainfall episodes in hawaii: dry 1981 and wet 1993. Journal of Climate. 6.7: 1457-1462.

Nalbantis,I. 2008. Evaluation of a hydrological drought index. Journal of European Water. 23.24: 67-77.

Tabari,H., Nikbakht,J Hosseinzadeh Talaee,P. 2012. Hydrological Drought assessment in northwestern iran based on streamflow drought index (sdi). Journal of Water Resources Management. 1.27: 137-151.

Richard,R and Heim,J.R., 2002, A review of twentieth-century drought index used in the United states. Journal of bulletin american meteorological society. 83.8: 1149–1165.

Komuscu Umran,A. 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in turkey' drought network news (1994–2001). Drought - National Drought Mitigation Center. paper 49.

Wilhelmi,O.V and Wilhite,D.A., 2002, Assessing vulnerability to agricultural drought: A nebraska case study, Journal of Natural hazards. 25.1: 37-58.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 190-202

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۲۰۲-۱۹۰

Drought Condition Assessment of Kermanshah Province using Streamflow Drought Index (SDI)

M. H. Jahangir*[1], S. Babaei[2], E. Norozi[3]
Recived: Aug.05, 2018 Accepted: Sep.16, 2018

Abstract

In the midst of extreme events, the drought is occurring gradually and taking its effects during the longer time. Among the drought monitoring methods, Nalbanti proposed SDI method based on the analysis of drought characteristics based upon the volume of the cumulative river. Being easy is of this method's advantages. This method has been used to analyze the drought characteristics of many countries such as the United States, India, Iran, Iraq, and Greece. The mean of average annual precipitation is 437 mm in Kermanshah province which has been increased in recent years during the humid season and has been decreased during the dry season, for climate changes and temperature increase. The difference in river volume between the humid and dry seasons has led to the drought. This research aims to investigate the continuity and severity of hydrological drought via using Streamflow Drought Index (SDI) based on the 3, 6, 12, 18 and 24-month periods in this province. Daily Dubai data was used from 10 hydrometric stations for a 31-year period (1981-2011) in order to achieve this goal. The result of the river flow index showed that wet years began in 1363 and continued until 1998 at the stations of Totshami, Shah Gozar, Arangharb, Doab, Polchehr, Khers Abad, DuabMerk, and Ghorbaghestan. And the drought began since 1998 at the stations of Totashi, Arangharb, Plochehr, Khers Abad, DuabMerk and Ghorbaghistan and continued till the recent years (2011).

Keywords: Climate Changes, Drought Index, Hydrological Drought, Kermanshah Province, SDI Index, Streamflow

1- Assistant Professor at Renewable Energies and Environmental Engineering Dept., University of Tehran
2- M.Sc. Student of Ecohydrology, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran
3- M.Sc. Student of Ecohydrology, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran
(*- Corresponding Author Email: mh.jahangir@ut.ac.ir)