



تحلیل فراوانی مشخصه‌های خشکسالی هوا- هیدرو- آب زیرزمینی در دشت حاجی آباد

محمود آبادی^{*۱}

*۱ دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان گروه مهندسی منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

Mahmood.abadeh@gmail.com

چکیده

پدیده خشکسالی یکی از مهمترین بلایای طبیعی است که جوامع انسانی را تهدید می کند. هدف از این تحقیق تحلیل فراوانی مشخصه های خشکسالی هوا-هیدرو-آب زیرزمینی در دشت حاجی آباد است. بدین منظور اقدام به محاسبه شاخص های استاندارد شده بارش (SPI)، رواناب (SRI) و آب زیرزمینی (SWI) شد. جهت انجام این تحقیق از داده های ماهانه بارش ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد و داده های دبی رودخانه و آب زیرزمینی ایستگاه هیدرومتری باغات برای یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) استفاده شد. نتایج نشان داد در هر سه شاخص با افزایش بازه زمانی و افزایش دوره بازگشت مقدار مشخصه های خشکسالی شدت، مدت، بزرگی و پیک افزایش یافته است. ضرایب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SRI مقدار عددی قابل توجهی را نشان می دهد بطوری که ضریب مذکور بین این دو شاخص در سری زمانی ۴۸ ماهه بیشترین مقدار و برابر با ۰/۸۱ بوده است. افزایش ضریب همبستگی متقاطع دو شاخص SPI و SRI در بازه زمانی ۴۸ ماهه می تواند به دلیل وابستگی این دو شاخص و فراهم بودن زمان لازم جهت تأثیر میزان بارش بر تغییرات آب سطحی دانسته شود. همچنین نتایج نشان داد ضریب همبستگی متقاطع بین شاخص SPI و SWI قابل توجه نبوده است. پایین بودن ضرایب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SWI می تواند به این دلیل باشد که میزان بارش بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در کوتاه مدت وجود ندارد و برای اینکه میزان بارش یک منطقه بتواند بر منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد زمان طولانی نیاز است.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص بارش استاندارد، شاخص رواناب استاندارد، شاخص آب زیرزمینی استاندارد

مقدمه

زندگی بشر همواره در معرض انواع مخاطرات طبیعی قرار دارد که برخی از آنها ناشی از فرآیندهای آب و هوایی می‌باشند. بررسی پدیده‌های مخاطره آمیز طبیعی نشان می‌دهد که خشکسالی در رده نخست فهرست پدیده‌های مخاطره آمیز طبیعی قرار دارد [۱]. خشکسالی خود می‌تواند سبب بروز و یا تشدید اثرات پدیده‌های مخاطره آمیز دیگر مانند سیل، تندباد و طوفان گردد [۲]. بطور کلی خشکسالی شامل یک دوره پیوسته و پایدار (از چند ماه تا چندین سال) است که در این دوره مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد و دچار کمبود می‌شود [۳]. برآورد اثرات و خسارات خشکسالی تا حد زیادی دشوار می‌باشد، زیرا برخلاف سایر پدیده‌های مخاطره آمیز، تعیین دقیق زمان شروع و پایان خشکسالی دشوار است و اثرات آن به آرامی نمایان و به طور گسترده در ناحیه جغرافیائی وسیعی گسترش می‌یابد [۲]. خشکسالی هواشناسی به دلیل کمبود و یا کاهش مقدار بارندگی در طی دوره ای از زمان بوجود می‌آید. به عبارتی خشکسالی هواشناسی زمانی حادث می‌شود که میزان بارندگی سالانه کمتر از میانگین دراز مدت آن باشد. این کمبود بارندگی ممکن است نسبت به میانگین نرمال یک منطقه اقلیمی و یا طول دوره خشک ارزیابی گردد. تعاریف خشکسالی هواشناسی بایستی به صورت موردی برای هر منطقه خاص در نظر گرفته شود چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می‌شود، از منطقه‌ای به منطقه دیگر شدیداً تغییر می‌کند. خشکسالی‌های کشاورزی نتیجه کمبود رطوبت خاک است که بر اثر بهم خوردن تعادل میان تأمین آب و هدر رفت آن از طریق تبخیر و تعرق بوجود می‌آید. یک خشکسالی کشاورزی زمانی بوجود می‌آید که در فاصله بین دو بارندگی ذخیره رطوبتی منطقه ریشه در خاک برای زنده‌مانی محصولات کشاورزی و گیاهان طبیعی و مراتع کفایت نکند. در صورتیکه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی ادامه پیدا کند و حجم جریان رودخانه‌ها یا سطح آب‌های زیرزمینی کاهش یابد منجر به ایجاد و وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود. این پدیده غالباً بر اثر کمبود و یا فقدان بارش زمستانی در عرض‌های میانی بوقوع می‌پیوندد. بر اساس میزان شدت خشکسالی‌های هواشناسی که منجر به خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شوند میتوان این نوع از خشکسالی را به دو دسته خشکسالی آبهای سطحی و خشکسالی آبهای زیرزمینی تقسیم بندی نمود. ویژگی‌های خشکسالی ممکن است در رژیم‌های مختلف آب و هوایی دنیا متفاوت باشد. در مناطق گرمسیری و پرباران استوائی اگر مقدار بارش نسبت به نرمال سالیانه دچار کاهشی نسبی گردد و خشکسالی هواشناسی در منطقه حاکم شود، این امکان وجود دارد که این کاهش تأثیر محسوسی بر روی منابع آبی منطقه نگذارد و به عبارتی از نظر هیدرولوژیکی خشکسالی اتفاق نیافتد. اما در مناطق حساس فراخشک و خشک، کاهش بارندگی تأثیر بسیار زیادی بر روی منابع آب می‌گذارد و در بسیاری از موارد خشکسالی‌های هواشناسی با خشکسالی‌های هیدرولوژیکی توأمأ اتفاق می‌افتد [۳].

برای پایش خشکسالی شاخص‌های گوناگونی در مقیاس‌های متفاوت زمانی ماهانه و سالانه مورد استفاده قرار گرفته است. شاخص‌ها بیشتر از آمار بلند مدت هواشناسی- هیدرولوژی اقتباس شده و با کمک الگوهای آمار و احتمالات، تحلیل می‌شوند. در صورتیکه شاخص به درستی انتخاب شود و از پایه آماری درستی برخوردار باشد، نتایج حاصل از تحلیل می‌تواند اطلاعات مناسبی را درخصوص پیش‌بینی زمان وقوع و حجم خسارات احتمالی وارد شده در اختیار قرار دهد [۴]. درک اینکه بارندگی تأثیرهای مختلفی بر منابع آب مانند آب زیرزمینی، ذخائر آب سطحی و برف دارد، منجر به تدوین و ارائه شاخص SPI گردید. این شاخص به منظور پایش خشکسالی اقلیمی ایالت کلرادو آمریکا توسط مککی و همکاران در سال ۱۹۹۳ ابداع گردید [۵]. برای محاسبه این شاخص، ابتدا با برازش توزیع گاما بر داده‌های بارندگی ماهیانه یا مجموع بارندگی در هر بازه‌ی زمانی دلخواه، تابع احتمال تجمعی آن را محاسبه نموده سپس با انتقال احتمال تجمعی به دست آمده به توزیع تجمعی نرمال استاندارد شده مقادیر شاخص SPI محاسبه می‌شود [۵][۶][۷][۸][۹][۱۰][۱۱][۱۲][۱۳]. هدف از این تحقیق تحلیل فراوانی مشخصه‌های خشکسالی هوا- هیدرو- آب زیرزمینی در دشت حاجی‌آباد و تعیین رابطه میان انواع خشکسالی مذکور می‌باشد.

مواد و روش ها

در این تحقیق جهت شناخت و بررسی انواع خشکسالی دشت حاجی آباد از آمار طولانی مدت ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد و داده های دبی رودخانه و آب زیرزمینی ایستگاه هیدرومتری باغات استفاده شد. جدول ۱ برخی مشخصات ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد و ایستگاه هیدرومتری باغات را نشان می دهد.

جدول (۱) برخی ویژگی های ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد و ایستگاه هیدرومتری باغات

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد	۲۸/۳۱۱۹۴°	۵۵/۹۱۰۵۶°	۹۳۱/۸
ایستگاه هیدرومتری باغات	۲۸/۴۱۰۰۰°	۵۵/۴۸۰۰۰°	۱۶۲۰

۱- محاسبه شاخص های استاندارد شده بارش (SPI)، رواناب (SRI) و آب زیرزمینی (SWI)

شاخص استاندارد شده بارش (SPI) بر اساس داده های بارش بلند مدت محاسبه می شود. این شاخص نخستین بار توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) ارائه گردید [۱۴]. به منظور محاسبه این شاخص بعد از استخراج داده های بارندگی ماهانه و تعیین سری های زمانی، تابع توزیع آماری گاما بر داده های بارندگی برازش و احتمالات تجمعی توزیع گاما محاسبه می گردد و در نهایت تابع تجمعی گاما به تابع نرمال استاندارد Z با میانگین صفر و واریانس یک تبدیل می گردد [۱۵]. محاسبه شاخص SPI در هریک از سری های زمانی از مزیت های این شاخص است که باعث می شود این شاخص بتواند اثرات دوره های کوتاه مدت ذخایر آب (از جمله رطوبت خاک که در تولیدات کشاورزی نقش مهمی دارد) و اثرات دوره های طولانی مدت منابع آب را پیش نماید [۱]. طول دوره ثبت داده های بارش و همچنین ماهیت توزیع های احتمالی، نقش مهمی در محاسبه شاخص SPI دارند و این عوامل از جمله محدودیت های آن به شمار می رود [۱۴]. مقادیر مثبت این شاخص نشان دهنده بیشتر بودن بارندگی از میانگین و مقادیر منفی آن نشان دهنده کمتر بودن بارندگی از میانگین است. بر اساس این شاخص خشکسالی هنگامی شروع می شود که مقدار شاخص به منفی یک برسد و با مثبت شدن آن خاتمه می یابد. این شاخص می تواند برای بررسی دوره های خشک و مرطوب استفاده شود و همچنین قابلیت استفاده برای سری های زمانی مختلف را دارد [۱۶]. طبقه بندی این شاخص در جدول ۲ نشان داده شده است و برای محاسبه آن از رابطه (۱) استفاده می شود [۱۷]. در این تحقیق این شاخص برای سری های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه گردید.

$$SPI_n = \frac{[P_0 + \sum(P_i) - \mu_n]}{\delta_n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: n = تعداد ماه هایی که بارندگی تجمعی برای آنها حساب شده، P_0 = مقدار نرمال شده بارش ماه فعلی، P_i = مقدار نرمال شده بارش ماه قبل، μ_n = میانگین بارش تجمعی برای n ماه و δ_n = انحراف معیار مقادیر بارش ماه ها می باشد. به منظور محاسبه شاخص استاندارد شده رواناب (SRI) و شاخص استاندارد شده آب زیرزمینی (SWI) نیز از رابطه (۱) استفاده شد با این تفاوت که در رابطه فوق برای محاسبه SRI و SWI به ترتیب از مقادیر نرمال شده رواناب (R) و مقادیر نرمال شده آب زیرزمینی (W) استفاده شد.

جدول (۲)- مقادیر کمی و طبقات کیفی شاخص SPI [۱۸] [۱۹].

مقادیر کمی شاخص خشکسالی	طبقات کیفی شاخص خشکسالی
۲ یا بیشتر	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی معمولی
۰/۹۹ تا ۰/۹۹	سال نرمال
۱- تا ۱/۴۹	خشکسالی معمولی
۱/۵ تا ۱/۹۹	خشکسالی شدید
۲- یا کمتر	خشکسالی بسیار شدید

۲- برآورد دوره بازگشت مشخصه‌های خشکسالی

دوره‌های بازگشت مشخصه‌های خشکسالی، در واقع نشان می‌دهد در چه فاصله زمانی این مشخصه‌ها تکرار می‌شوند. دوره‌های بازگشت دارای اهمیت بسیاری است، به عنوان مثال با محاسبه‌ی دوره‌های بازگشت، می‌توان مشخص کرد که چقدر طول می‌کشد تا یک خشکسالی با شدت مشخص تکرار شود. این اطلاعات برای برنامه‌ریزی منابع آبی، کشاورزی، مدیریت خطر و سیستم‌های مدیریت منابع آب در آینده بسیار حیاتی هستند. در این تحقیق جهت برآورد دوره‌های بازگشت ابتدا اقدام به محاسبه مشخصه‌های اصلی خشکسالی شامل: شدت، مدت، بزرگی و پیک برای هر سری زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه به تفکیک هر یک از انواع خشکسالی هوا، هیدرو و آب زیرزمینی شد. مشخصه شدت هر خشکسالی به صورت جمع مقادیر شاخص مورد نظر از زمانی که شاخص به زیر حد آغاز خشکسالی (اعداد منفی) رسیده باشد تا زمانی که به حد پایان آن (اعداد مثبت) برسد تعریف می‌گردد و مدتی که این حالت ادامه دارد مدت مربوط به آن خشکسالی می‌باشد. بزرگی خشکسالی عبارت است از نسبت شدت خشکسالی به مدت خشکسالی و پیک خشکسالی هم برابر با کمترین عدد (منفی‌ترین عدد) در شدت خشکسالی است. در ادامه با استفاده از نرم افزار Minitab اقدام به برآورد دوره بازگشت ۲، ۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای هر سری زمانی به تفکیک هر یک از انواع خشکسالی شد.

۳- محاسبه ضرایب همبستگی متقاطع (Cross correlation)

ضریب همبستگی متقاطع (Cross correlation) یک تکنیک است که در حوزه پردازش سیگنال و تشخیص الگو استفاده می‌شود. این تکنیک برای محاسبه شباهت بین دو سیگنال یا دنباله از داده‌ها به کار می‌رود. با استفاده از کراس کورلیشن می‌توان الگوهای مشترک و رابطه بین دو سیگنال را تحلیل کرد. کراس کورلیشن یکی از روش‌های استفاده شده در تحلیل انواع خشکسالی است. خشکسالی یک همبستگی زمانی است و تغییرات در میزان بارش می‌تواند تغییرات آبهای سطحی و آب های زیرزمینی در یک منطقه را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در این تحقیق از کراس کورلیشن جهت تحلیل همبستگی و تشخیص الگوی تغییر بین شاخص‌های SPI، SRI و SWI استفاده شد.

نتایج

در این تحقیق تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بارش ایستگاه سینوپتیک حاجی‌آباد، تغییرات دبی رودخانه و تغییرات سطح آب زیرزمینی ایستگاه هیدرومتری باغات در بازه‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه مورد بررسی و پایش قرار گرفت. شکل ۱، ۲ و ۳ تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب را بر اساس شاخص SPI، SRI و SWI در بازه‌های زمانی مختلف

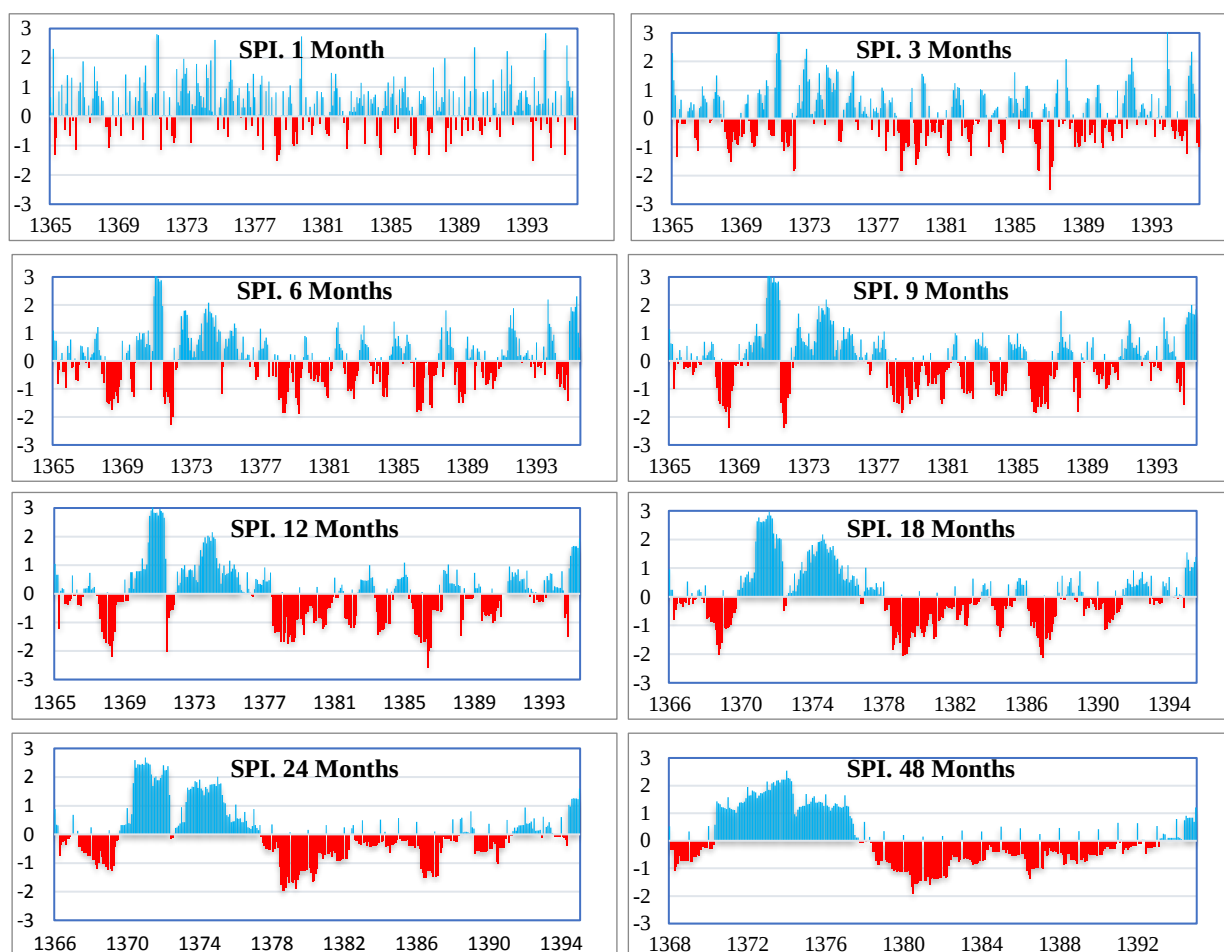


نشان می‌دهد. در متغیر بارش (شاخص SPI) در بازه‌های زمانی کوتاه مدت بطور متناوب دوره‌های خشک و مرطوب کوتاه مدت اتفاق افتاده است. دوره‌های متناوب خشک و مرطوب کوتاه مدت برای متغیر رواناب (شاخص SRI) نسبت به متغیر بارش رخداد کمتری را نشان می‌دهد و در متغیر آب زیرزمینی (شاخص SWI) دوره‌های متناوب خشک و مرطوب کوتاه مدت قابل ملاحظه‌ای رخ نداده است.

با افزایش بازه‌های زمانی، فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب در دو متغیر بارش و رواناب کاهش اما تداوم آنها افزایش یافته است این الگوی تغییر در متغیر آب زیرزمینی متفاوت بوده است بطوری که در سال‌های پایانی دوره در تمامی بازه‌های زمانی بیلان آب منفی و رخداد خشکسالی طولانی مدت اتفاق افتاده است. در خصوص شاخص SPI مشخص شد که در بازه‌های زمانی طولانی مدت ۲۴ و ۴۸ ماهه از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۳ خشکسالی پدیده غالب منطقه بوده است. این الگو نیز در مورد شاخص SRI مشابه می‌باشد، همچنین شاخص SWI نشان داد بین سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰ منطقه با یک دوره خشکی رو به رو بوده است.

نتایج دوره‌های بازگشت مشخصه‌های شدت، مدت، بزرگی و پیک خشکسالی در هر سه شاخص SPI، SRI و SWI روند مشابهی را نشان داد بطوری که در هر سه شاخص با افزایش بازه زمانی و افزایش بازگشت مقدار عددی هر کدام از مشخصه‌ها افزایش نشان داده است. جدول ۲ مقادیر عددی هر یک از مشخصه‌های خشکسالی را به تفکیک سری‌های زمانی مختلف و نوع شاخص را نشان می‌دهد.

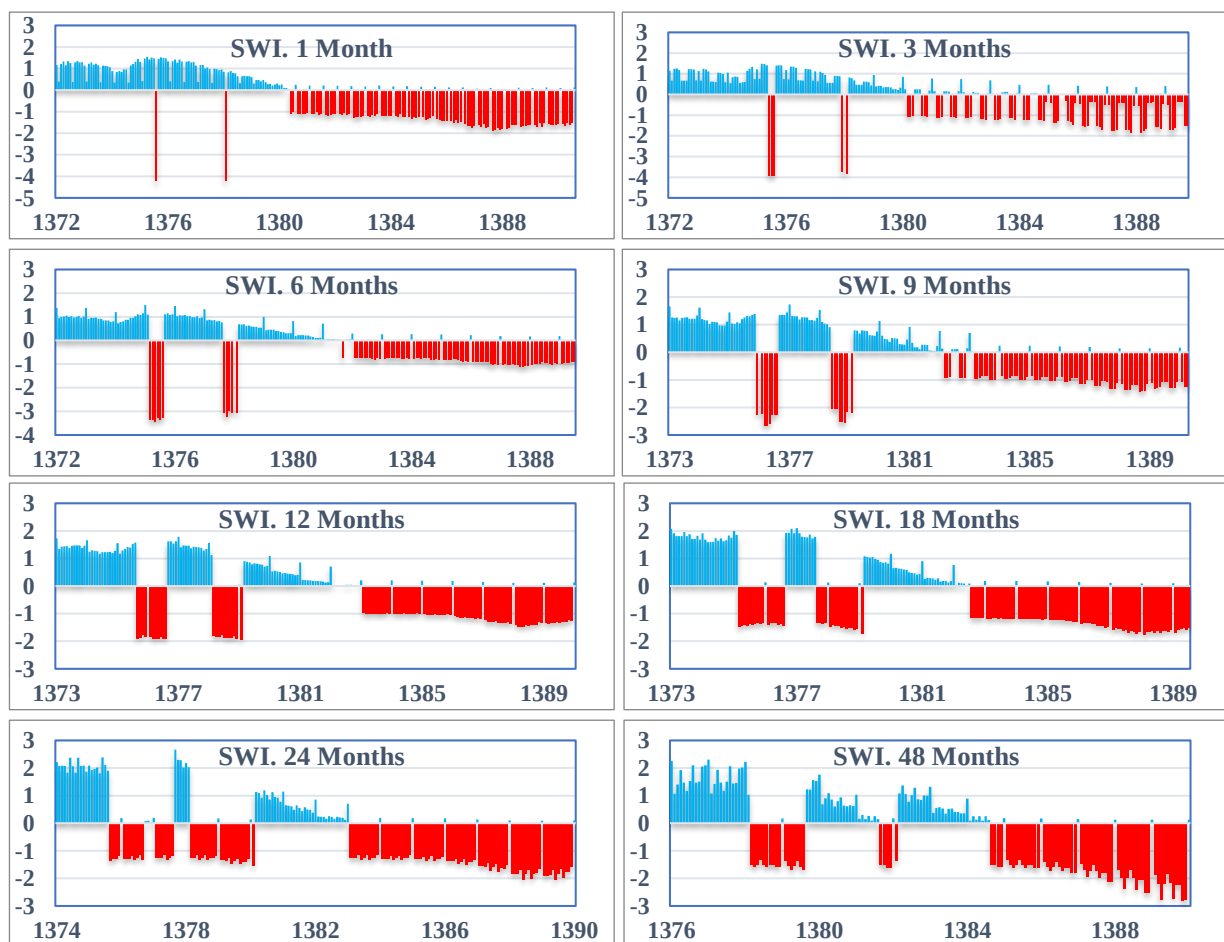
نتایج ضریب همبستگی متقاطع نشان‌دهنده الگوی رفتاری مشابه هر سه شاخص SPI، SRI و SWI در همه سری‌های زمانی است. ضرایب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SRI از سری زمانی ۳ ماهه به بعد مقدار عددی قابل توجهی را نشان داد بطوری که ضریب همبستگی متقاطع بین این دو شاخص در سری زمانی ۴۸ ماهه بیشترین مقدار و برابر با ۰/۸۱ بوده است. نتایج این بخش نشان داد که هر چند مقادیر ضریب همبستگی متقاطع بین شاخص SPI و SWI و همچنین بین شاخص SRI و SWI بیشتر از صفر بوده است اما این مقادیر عددی قابل ملاحظه نبوده است. جدول ۳ ضرایب همبستگی متقاطع بین شاخص‌های مورد مطالعه را به تفکیک سری‌های زمانی مختلف نمایش می‌دهد.



شکل (۱) - تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بر اساس شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف در ایستگاه سینوپتیک حاجی آباد



شکل (۲) - تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بر اساس شاخص SRI در بازه‌های زمانی مختلف ایستگاه هیدرومتری باغات



شکل (۳) - تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بر اساس شاخص SWI در بازه‌های زمانی مختلف ایستگاه هیدرومتری باغات

جدول (۲) - مقادیر عددی هر یک از مشخصه‌های خشکسالی به تفکیک سری‌های زمانی مختلف و نوع شاخص

سری زمانی	دوره بازگشت (سال)	شاخص											
		SWI				SRI				SPI			
		پیک	بزرگی	مدت	شدت	پیک	بزرگی	مدت	شدت	پیک	بزرگی	مدت	شدت
		1.40	1.35	4.81	6.52	0.54	0.36	6.82	2.91	1.01	0.68	2.65	1.81
		1.63	1.56	5.53	8.15	0.95	0.58	14.66	9.07	1.3	0.92	3.37	2.65
		1.87	1.78	6.29	9.92	1.51	0.85	26.09	19.75	1.63	1.2	4.16	3.66
		2.00	1.90	6.70	10.92	1.85	1.02	33.52	27.19	1.85	1.36	4.61	4.25
		2.10	1.99	6.90	11.50	1.95	1.08	39.11	32.94	1.9	1.5	4.92	4.3
		1.45	1.22	4.52	5.41	0.63	0.08	6.08	2.67	0.87	0.58	3.38	2.28
		1.93	1.64	7.02	8.49	1.09	0.93	9.30	6.32	1.38	0.94	5.81	4.38
		2.46	2.12	10.10	12.32	1.70	13.25	13.25	11.88	2.01	1.36	8.24	7.27
		2.77	2.40	11.96	14.63	2.08	15.61	15.61	15.58	2.39	1.67	9.68	9.1
		2.98	2.59	13.00	16.10	2.18	15.90	16.20	15.65	2.6	1.87	10.73	10.46
		1.24	1.11	8.51	8.98	0.61	0.38	5.94	2.52	0.83	0.55	3.81	2.31
		1.99	1.88	13.75	15.78	1.13	0.70	9.09	6.26	1.34	0.87	6.28	5.52
		2.93	2.87	20.36	24.75	1.83	1.14	12.95	12.10	2	1.29	9.43	10.45
		3.50	3.49	24.38	30.31	2.27	1.41	15.25	16.01	2.39	1.53	11.35	13.7
		3.80	3.90	26.00	33.80	2.59	1.61	16.50	18.98	2.6	1.6	12.1	14.37
		7.55	1.21	7.55	9.16	0.53	0.38	5.86	2.43	0.84	0.55	4.7	2.81
		11.14	1.61	11.14	14.42	1.04	0.72	8.91	6.08	1.61	1	70.3	6.89
		15.47	2.05	15.47	20.97	1.76	1.20	12.64	11.80	2.67	1.6	10.51	13.22
		18.03	2.30	18.03	24.92	2.21	1.50	14.87	15.63	3.33	1.98	12.44	17.45
		19.50	2.42	19.50	27.00	2.55	1.72	15.60	18.54	3.83	2.26	13.2	20.66
		1.38	1.34	9.54	12.64	0.58	0.41	7.68	3.30	0.87	0.62	5.05	3.32
		1.69	1.64	12.02	15.24	1.17	0.85	11.24	7.86	1.68	1.1	8.14	7.76
		2.02	1.96	14.74	18.04	2.02	1.49	15.51	14.85	2.79	1.74	12.05	14.49
		2.21	2.13	16.28	19.59	2.56	1.89	18.03	19.48	3.5	2.14	14.42	18.95
		2.34	2.26	16.90	20.66	2.97	2.20	19.60	22.50	4.02	2.43	15.2	21
		1.43	1.36	8.76	12.00	0.52	0.37	7.05	2.89	0.68	0.44	5.92	2.95
		1.61	1.51	11.44	16.13	1.10	0.77	10.83	7.80	1.31	0.83	10.01	8.14
		1.79	1.65	14.46	20.84	1.93	1.35	15.49	15.74	2.19	1.36	15.31	16.65
		1.89	1.73	16.18	23.54	2.47	1.72	18.27	21.15	2.74	1.7	18.56	22.47
		1.92	1.79	17.00	25.00	2.60	2.05	19.80	25.28	3.16	1.95	19.5	26.92
		1.50	1.38	9.52	13.23	0.65	0.50	8.24	4.15	0.63	0.42	0.67	3.11
		1.72	1.55	11.83	17.45	1.22	0.98	11.68	8.48	1.23	0.83	10.42	7.96
		1.95	1.74	14.37	22.23	2.00	1.64	15.74	14.64	2.07	1.39	14.96	15.66
		2.07	1.83	15.78	24.95	2.49	2.06	18.11	18.59	2.61	1.72	17.68	20.85
		2.15	1.88	16.00	27.00	2.85	2.37	19.20	21.56	3.01	2.02	19.5	24.8
		1.90	1.71	8.47	14.62	0.58	0.45	8.26	3.85	0.71	0.5	8.73	4.62
		2.26	1.94	11.51	21.28	1.16	0.92	11.73	8.97	1.23	0.87	12.4	9.74
		2.64	2.19	15.01	29.24	1.98	1.59	15.82	16.71	1.92	1.36	16.72	17.15
		2.86	2.32	17.02	33.92	2.50	2.02	18.22	21.48	2.35	1.66	19.25	21.95
		3.00	2.40	18.00	38.00	2.89	2.34	19.80	25.50	2.6	1.8	21	25

جدول (۳) - ضرایب همبستگی متقاطع بین شاخص‌های مورد مطالعه به تفکیک سری‌های زمانی مختلف

سری زمانی	فاکتورها	SPI&SRI	SPI&SWI	SRI&SWI
۱ ماهه	گام تأخیر	0	-1	5
	ضریب همبستگی متقاطع	0.46	0.19	0.524
۳ ماهه	گام تأخیر	0	-1	4
	ضریب همبستگی متقاطع	0.54	0.25	0.37
۶ ماهه	گام تأخیر	0	-2	4
	ضریب همبستگی متقاطع	0.56	0.29	0.30
۹ ماهه	گام تأخیر	0	-2	-3
	ضریب همبستگی متقاطع	0.67	0.31	0.32
۱۲ ماهه	گام تأخیر	0	-5	4
	ضریب همبستگی متقاطع	0.70	0.33	0.30
۱۸ ماهه	گام تأخیر	0	-5	-5
	ضریب همبستگی متقاطع	0.70	0.40	0.35
۲۴ ماهه	گام تأخیر	0	-4	0
	ضریب همبستگی متقاطع	0.76	0.36	0.31
۴۸ ماهه	گام تأخیر	0	4	4
	ضریب همبستگی متقاطع	0.81	0.33	0.43

بحث و نتیجه‌گیری

در خصوص رخداد دوره‌های خشک و مرطوب نتایج (اشکال ۱ تا ۳) نشان داد در متغیر بارش (شاخص SPI) در بازه‌های زمانی کوتاه، بطور متناوب دوره‌های خشک و مرطوب کوتاه مدت اتفاق افتاده است و با افزایش بازه‌های زمانی، فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب کاهش اما تداوم آنها افزایش یافته است. نصرتی و همکاران (۱۳۹۳)، مصطفی‌زاده و ذبیحی (۱۳۹۵) و جهانگیری و همکاران (۱۳۹۸) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که با افزایش بازه‌های زمانی در شاخص SPI فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب کاهش اما تداوم آنها افزایش یافته است. دوره‌های متناوب خشک و مرطوب کوتاه مدت برای متغیر رواناب (شاخص SRI) نسبت به متغیر بارش رخداد کمتری را نشان می‌دهد و در متغیر آب زیرزمینی (شاخص SWI) دوره‌های متناوب خشک و مرطوب کوتاه مدت قابل ملاحظه‌ای رخ نداده است. این عدم وجود و انطباق دوره‌های کوتاه مدت خشک و مرطوب شاخص SWI با شاخص SPI می‌تواند به این دلیل باشد که تأثیر میزان بارش بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در کوتاه مدت وجود ندارد و برای اینکه میزان بارش یک منطقه بتواند بر منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد زمان طولانی نیاز و عملاً در بازه‌های زمانی کوتاه مدت این امکان فراهم نیست. با افزایش بازه‌های زمانی، فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب در دو شاخص SPI و SRI کاهش اما تداوم آنها افزایش یافته است. با افزایش بازه‌های زمانی همسانی الگوی رفتاری بین این دو شاخص نیز افزایش یافته است بطوری که در بازه زمانی ۹ ماهه هر دو شاخص SPI و SRI حد فاصل بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۱ پدیده خشکسالی غالب بوده است. این دو شاخص در بازه زمانی ۲۴ ماهه نیز پدیده خشکسالی را بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ نشان می‌دهند. همسانی الگوی رفتاری دو شاخص SPI و SRI در بازه زمانی ۴۸ ماهه بیشتر نمود داشته به گونه‌ای که رخداد خشکسالی در



هر دو شاخص در محدوده‌ی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۰ و سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۳ نشان داده شد. انطباق بیشتر دو شاخص SPI و SRI در بازه زمانی ۴۸ ماهه را می‌توان به دلیل فراهم بودن زمان لازم جهت تأثیر میزان بارش بر تغییرات آب سطحی دانست. در خصوص چگونگی تغییرات شاخص SPI و SWI مشخص شد که در هر دو شاخص در بازه‌های زمانی طولانی مدت ۲۴ ماهه و ۴۸ ماهه به ترتیب بین سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰ و سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ پدیده غالب، خشکسالی بوده است و دلیل این اتفاق می‌تواند فراهم بودن زمان کافی جهت تأثیر بارش بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در بازه‌های طولانی تر باشد.

بر اساس نتایج جدول ۲، در شاخص SPI با افزایش دوره بازگشت در هر سری زمانی مقادیر شدت، مدت، بزرگی و پیک افزایش داشته است اما مقادیر این مشخصه‌ها بین بازه‌های زمانی از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کند اما در نهایت در دوره‌های طولانی‌تر نسبت به دوره‌های کوتاه مدت افزایش نشان داده است. مختار صالحی طبس و همکاران (۱۳۹۹) نیز در تحقیقی نشان دادند که با طولانی‌تر شدن سری‌های زمانی در شاخص SPI شدت خشکسالی افزایش یافته است. در شاخص SPI مشخصه مدت با طولانی‌تر شدن سری‌های زمانی الگوی افزایشی داشته است. در این شاخص الگوی تغییرات مشخصه بزرگی بین سری‌های زمانی به گونه‌ای است که نمی‌توان گفت با طولانی‌تر شدن دوره‌ها روند افزایشی داشته است. مقادیر این مشخصه در دوره ۴۸ ماهه با دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب برابر با ۱/۶۴ و ۱/۸ بوده است که نسبت به دوره ۲۴ ماهه با به ترتیب مقادیر ۱/۷۲ و ۲/۰۲ روند کاهشی نشان می‌دهد. روند تغییرات پیک در شاخص SPI نیز الگوی مشابه ویژگی بزرگی داشته است. در شاخص SRI و SWI نیز با افزایش دوره بازگشت در هر سری زمانی مقادیر شدت، مدت، بزرگی و پیک افزایش داشته است اما مقادیر این مشخصه‌ها بین بازه‌های زمانی از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند و نمی‌توان گفت که با طولانی‌تر شدن بازه‌های زمانی مقادیر مشخصه‌های خشکسالی در این دو شاخص افزایشی بوده است.

ضرایب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SRI از سری زمانی ۳ ماهه به بعد افزایش یافته و مقدار عددی معنی‌داری را نشان می‌دهد بطوری که ضریب همبستگی متقاطع بین این دو شاخص در سری زمانی ۴۸ ماهه بیشترین مقدار و برابر با ۰/۸۱ بوده است (جدول ۳). افزایش ضریب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SRI در بازه زمانی ۴۸ ماهه می‌تواند به دلیل تأثیرپذیری شاخص SRI از SPI و فراهم بودن زمان لازم جهت تأثیر میزان بارش بر تغییرات آب سطحی باشد. پایین بودن ضرایب همبستگی متقاطع بین دو شاخص SPI و SWI، نیز می‌تواند به این دلیل باشد که تأثیر میزان بارش بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در کوتاه مدت وجود ندارد و برای اینکه میزان بارش یک منطقه بتواند بر منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد زمان طولانی‌تری نیاز است.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشخص شد که در هر سه شاخص SPI، SRI و SWI با افزایش بازه زمانی و افزایش دوره بازگشت مقدار مشخصه‌های خشکسالی شدت، مدت، بزرگی و پیک افزایش یافته است. وابستگی شاخص SRI به SPI اثبات شد اما مشخص شد برای اینکه میزان بارش منطقه بتواند بر منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد زمان طولانی‌تری نیاز است.

سپاسگزاری

این مقاله از پروژه دکتری درس تغییر اقلیم و مدیریت خشکسالی با راهنمایی سرکار خانم دکتر ام‌البنین بذرافشان دانشیار محترم گروه مهندسی منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان استخراج شده است. بدین‌وسیله از ایشان که اینجانب را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری دادند، تشکر و قدردانی می‌شود.



منابع

- [۱] زارع ابيانه، ح.، قبائی سوق، م. و مساعدي، ا. ۱۳۹۴. پایش خشکسالی بر مبنای شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) تحت تأثیر تغییر اقلیم، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی). ۲۹ (۲). ۳۷۴-۳۹۲.
- [2] Keyantash, J., and Dracup, J.A., 2002. The Quantification of Drought Indices. American Metrological Society, 83(8): 1167-1180.
- [۳] رادمنش، ف. و جلالی، ج. بررسی اثرات پدیده خشکسالی بر تغییرات منابع آب سطحی و زیر زمینی (در استان خوزستان)، کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط زیست، کوالالمپور، ۱۳۹۴.
- [۴] نصرتی، ک. و آذرینوند، ح. ۱۳۸۱. تحلیل منطقه‌ای شدت، مدت و دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز اترک)، نشریه بیابان. ۷ (۱). ۶۱-۴۹.
- [۵] رضیئی، ط.، دانش‌کار آراسته، پ.، اختری، ر. و ثقفیان، ب. ۱۳۹۴. بررسی خشکسالی‌های هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، نشریه تحقیقات منابع آب ایران. ۳ (۱). ۳۵-۲۵.
- [6] Edwards, D.C. and McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 155p
- [7] Guttman, N.B., 1999. Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. Journal of the American Water Resources Association, 35(2): 311-322.
- [8] Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A., 2002. A drought climatology for Europe. International Journal of Climatology, 22(13): 1571-1592.
- [9] McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim, California, 17-22 January: 179-184.
- [10] Mishra, A.K., and Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391(1-2): 202-216.
- [11] Mishra, A.k., Singh, V.P. and Desai, V.R., 2009. Drought characterization: a probabilistic approach. Stochastic Environ Research Risk Assess, 23 (1): 41-55.
- [12] Paulo, A.A., Ferreira, E., Coelho, C. and Pereira, L.S., 2005. Drought class transition analysis through Markov and Log linear models, an approach to early warning. Agriculture Water Management, 77(1-3): 59-81.
- [13] Vicek, O. and Huth, R., 2009. Is daily precipitation Gamma-distributed? Adverse effects of an incorrect use of the Kolmogorov-Smirnov test. Atmospheric Research, 93(4): 759-766.
- [۱۴] مصطفی‌زاده، ر. و ذبیحی، م. ۱۳۹۵. تحلیل و مقایسه شاخص‌های SPI و SPEI در ارزیابی خشکسالی هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار R (بررسی موردی: استان کردستان)، نشریه فیزیک زمین و فضا. ۴۲ (۳). ۶۴۳-۶۳۳.
- [۱۵] نصرتی، ک. ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) جهت شناسایی خشکسالی در اقلیم‌های مختلف ایران، فصلنامه علوم محیطی. ۱۲ (۴). ۷۴-۶۳.
- [۱۶] نصرتی، ک.، محسنی ساروی، م. و شهبازی، ر. ۱۳۹۳. مقایسه و کاربرد دو شاخص بارش استاندارد شده و بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده برای ارزیابی وضعیت خشکسالی هواشناسی در استان تهران، نشریه مدیریت بیابان. ۳ (۳). ۹۰-۷۷.
- [۱۷] اختری، ر.، مهدیان، م.ح. و مرید، س. ۱۳۸۵. تحلیل مکانی شاخص‌های SPI و EDI در استان تهران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲ (۳). ۳۸-۲۷.
- [18] Morid, S., Smakhtin, V. and Moghaddasi, M., (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. International Journal of Climatology, 26(7), 971-985.



دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

[19] Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. and López-Moreno, J. I., (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23, 1696-1718.

[۲۰] جهانگیر، م.ح.، نور آذر، ل. و عظیمی، م.ا. ۱۳۹۸. تحلیل سری زمانی شاخص‌های خشکسالی SPEI، SPI، SPTI با استفاده از روش‌های SOFM شبکه عصبی و مقایسه عددی در استان چهارمحال و بختیاری، *مجله اکوهیدرولوژی*، ۶ (۳)، ۸۴۷-۸۳۷.

[۲۱] صالحی طبس، م.، یعقوب‌زاده، م.، زمانی، غ. و امیر آبادی‌زاده، م. ۱۳۹۹. اثر تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی خشکسالی در خراسان جنوبی، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۲ (۱۴)، ۴۹۷-۴۸۲.



Analysis of Meteorological, Hydrology and Groundwater droughts in Hajiabad Plain

Mahmood Abadeh ^{1*}

1*-Ph.D. student, University of Hormozgan, Iran. Mahmood.abadeh@gmail.com

Abstract

Drought is one of the most serious natural-related disasters that human societies confront. This study was conducted with the aim of analysis of meteorological, hydrology and groundwater droughts in Haji Abad Plain. For this purpose, Standardized Precipitation (SPI), Standardized runoff (SRI) and Standardized groundwater Indices (SWI) were calculated. In this study, monthly precipitation data, monthly runoff data and monthly groundwater data of Hajiabad synoptic stations and Baghat Hydrometric station for a period of 30 years (1986-2016) were used. The results showed that in the High return periods, the values of Severity, duration, magnitude and peak of drought increased. The cross correlation coefficient between SPI and SRI indices has increased and the reason is the effect of precipitation on surface water changes.

Key words: Drought, Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized runoff Index (SRI), Standardized groundwater Index (SWI)