Archive of SID

ارزیابی دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در استان فارس

نادر پیرمرادیان[1]، سید امیر شمس‌نیا[2]، فردین بوستانی[3] و محمدعلی شاهرخ‌نیا[4]

چکیده

خشکسالی یکی از بلایای محیطی است که فراوانی آن به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بسیار زیاد می‌باشد. کمبود بارش اثرات متفاوتی را بر روی آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان رودخانه‌ها به جای می‌گذارد. استخراج و تحلیل منحنی‌های شدت- تداوم و پایش خشکسالی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزی‌های مدیریتی کشاورزی و منابع آبی محسوب می‌شود. بدین منظور بایستی از شاخص‌های خشکسالی استفاده شود. شاخص استاندارد شده بارش(SPI) یکی از مهمترین شاخص‌ها می‌باشد که هدف آن اختصاص ارزش عددی به مهم‌ترین فاکتور اقلیمی(بارندگی) می‌باشد. این شاخص جهت تعیین کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف به‌کار می‌رود. مقیاس‌های زمانی، اثرات خشکسالی را در توانایی منابع آب نشان می‌دهند. در راستای پژوهش انجام گرفته، شدت‌های خشکسالی در یک دوره آماری ۳۰ ساله برای ۲۰ ایستگاه استان فارس، در سه مقیاس زمانی ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه تعیین گردید. سپس براساس شدت‌های خشکسالی به دست آمده در ماه‌های مختلف، نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های مختلف تهیه گردید. با در نظر گرفتن مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت، میان‌مدت و بلندمدت، خشکسالی از دیدگاه‌های مختلف بررسی و رخداد شدیدترین خشکسالی‌ها و دوره تناوب آن‌ها مقایسه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که استان فارس در بیشتر سال‌ها دچار خشکسالی بوده و شدت آن در سال‌های اخیر به مراتب بیشتر از سال‌های قبل می‌باشد. دیگر نتایج نشان داد که خشکسالی‌های کوتاه مدت دارای نوسانات و تغییرات زیادی می‌باشد و حساسیت بیشتری به تغییرات شرایط رطوبت دارد. اما در مقیاس‌های زمانی بلند مدت، خشکسالی‌های شدید دارای دوره‌های تداوم طولانی می‌باشند و خشکسالی را بهتر منعکس می‌نمایند. لذا با توجه به این‌که شدت خشکسالی و تکرار آن همگی توابعی هستند که به‌طور مستقیم و غیر مستقیم به مقیاس زمانی وابسته‌اند، لذا می‌توانند هشدار اولیه ای جهت خشکسالی و کمک به ارزیابی شدت آن باشند. از دیگر نتایج این پژوهش، مشخص شدن روند تغییرات از شدت‌های کم به زیاد از سمت شمال غربی استان به سمت جنوب شرقی آن می‌باشد. دوره تناوب وقوع خشکسالی با شدت ملایم در ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور متوسط بین ۳ تا ۱۰ سال متغیر بود. این مقادیر برای خشکسالی‌های متوسط و شدید نیز به طور متوسط به ترتیب ۵ تا ۱۵ و ۱۰ تا ۱۵ سال به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، شاخص استاندارد شده بارش، استان فارس.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۳۰

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد

۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

٤- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و بررسی منابع

خشکسالی به‌عنوان یکی از موضوعات مهم در مطالعه بلایای طبیعی و تأثیرگذار در کشاورزی، مطرح می‌باشد که در چند دهه اخیر از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. خشکسالی نیز مانند سیل، قحطی، امراض و آفات، توسعه اقتصادی جوامع را در کلیه سطوح به مخاطره می‌اندازد و به طور مستقیم جامعه را از طریق تغییرات در فراوانی یا قابلیت دسترسی به موادغذایی، پوشاک، منابع آب و ذخایر انرژی تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر کلیه جنبه‌های زندگی و بخش‌های مختلف جامعه به ویژه تغییر محیط طبیعی تأثیر مستقیم و غیر مستقیم دارد. کمی بارش و نوسانات شدید آن سبب عدم اطمینان جهت دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تأمین جریان‌های سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. براین اساس ویلهایت و گلانتز[1] (۱۹۸۵)، خشکسالی را به چهار دسته خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژی و اقتصادی-اجتماعی طبقه‌بندی نمودند (۱۹). خشکسالی هواشناسی زمانی روی می‌دهد که بارندگی سالانه یا هر بازه زمانی معین (مثلاً ماهانه یا فصلی) کمتر از میانگین دراز مدت آن باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی به مدت طولانی سبب بروز خشکسالی هیدرولوژی می‌شود که در این نوع خشکسالی سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی به پایین‌تر از میانگین درازمدت افت می‌کند. خشکسالی کشاورزی نیز زمانی آغاز می‌شود که مقدار رطوبت موجود در محیط ریشه گیاه به حدی کاهش یابد که موجب پژمردگی و در نهایت کاهش محصولات کشاورزی گردد. هرگاه میزان تقاضای آب برای تولید برخی کالاهای اقتصادی بیشتر از عرضه آن شود، خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روی می‌دهد.

در میان ویژگی‌های خشکسالی، سه ویژگی شدت، مدت و فراوانی آن در یک منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. میزان استمرار خشکسالی دریک منطقه گویای شدت خشکسالی در آن منطقه است. زمان بر شدت خشکسالی تأثیر زیادی دارد. به طوری‌که طولانی شدن خشکسالی، میزان آن را شدیدتر می‌سازد و به مراتب درشدت بخشیدن به خشکسالی مؤثر خواهد بود. خشکسالی می‌تواند در منطقه‌ای با وسعت چند هزارکیلومتر مربع رخ دهد، ولی ممکن است شدت و مدت آن درسرتاسر منطقه یکسان نباشد. در این میان استان فارس به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک کشور و به دلیل وجود انواع خشکسالی‌ها به‌ویژه در سال‌های اخیر لزوم بررسی و تحلیل ویژگی‌های خشکسالی را ضروری می‌نماید. طبق گزارشات فائو، بدترین خشکسالی در ٤٠ سال گذشته مربوط به سال‌های ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۱ می‌باشد. به‌طوری‌که در استان فارس ۳۷ درصد از جنگل‌ها و مراتع به میزان ۷۰ تا ۱۰۰ درصد آسیب دیده و تولید علوفه به میزان ۵۲ درصد کاهش یافته است (۲). گزارش برآورد خسارات ناشی از خشکسالی استان فارس در بررسی شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ نشان می‌دهد که تا پایان شهریور ۱۳۸۰ شهرستان شیراز بیشترین خسارت را داشته و تا پایان شهریور ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ بیشترین خسارت ریالی متوجه شهرستان قیرو کارزین بوده است (۳).

در پایش و تحلیل ویژگی‌های خشکسالی این مساله مطرح می‌شود که چگونه می‌توان به ارزیابی

1- Wilhite and Glantz

www.SID.ir

Archive of SID

دقیق مساله خشکسالی پرداخت. در این راستا به منظور تعیین شدت خشکسالی بایستی این پدیده از حالت کیفی و توصیفی به صورت کمی و عددی در آید و برای آن شاخص‌هایی تعریف و ارایه گردد. با تعریف شاخص خشکسالی که در اصل تابعی است از عوامل مختلف محیطی متأثر از خشکسالی که نهایتاً به صورت یک عدد نمایش داده می‌شود، می‌توان تصویر جامعی از همه این عوامل را فراهم نموده و از آن برای ارزیابی خشکسالی و تصمیم‌گیری درباره آن‌ها استفاده نمود که به مراتب مفیدتر و ساده‌تر از ردیف‌های متعدی از داده‌های متنوع مرتبط با خشکسالی می‌باشد. در این راستا از شاخص‌های مختلفی جهت کمیت بخشیدن به شدت‌های خشکسالی استفاده می‌شود. شاخص پالمر[1] یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها می‌باشد که برای ارزیابی در مناطقی که از توپوگرافی و کاربری اراضی همگن برخوردار می‌باشند، توصیه شده است. این پارامتر یک شاخص هواشناسی است و به شرایط آب و هوایی که به طور غیر عادی خشک‌تر یا مرطوب‌تر از شرایط نرمال هستند واکنش نشان می‌دهد. شاخص پالمر براساس داده‌های مربوط به دمای هوا و میزان تغییرات رطوبت (تبخیر، آب ورودی به خاک، رواناب و....) می‌باشد. این شاخص برای برآورد آغاز دوره‌های خشک و تر توسعه داده شد و پالمر (۱۹٦۵) شرایط آن را بازگو نمود (۱۳). شاخص رطوبت محصول یکی دیگر از شاخص‌های مهم در زمینه ارزیابی خشکسالی می‌باشد که برای کنترل شرایط هفته به هفته گیاه با کمک شیوه‌های هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص توسط پالمر (۱۹٦۸) و براساس فرآیند محاسبات شاخص شدت خشکسالی پالمر، بسط و توسعه یافت. شاخص پالمر برای کنترل و نظارت بر دوره‌های طولانی مدت خشک و مرطوب هواشناسی به‌کار می‌رود، درحالی‌که شاخص رطوبت محصول، برای ارزیابی شرایط کوتاه مدت رطوبت در بین مناطق عمده زراعی طراحی شده است (۱٤). شاخص تأمین آب سطحی نیز یکی دیگر از شاخص‌های خشکسالی است. این شاخص برای شرایط رطوبتی اراضی ایالت کلرادو ارایه شد. استفاده از شاخص تأمین آب سطحی، برای کاربرد در مناطق کوهستانی و با در نظر گرفتن ذخیره برف، توصیه شده است (۱٦). به طور کلی هیچ شاخصی از نظر کم وکیف بالاتر از بقیه شاخص‌ها نیست، اما بعضی از شاخص‌ها ممکن است برای بعضی از کاربران و برای برخی مناطق مفیدتر و مناسب‌تر باشند. لذا با توجه به نقش شاخص‌های خشکسالی در تعیین شدت خشکسالی و نهایتاً بررسی توام شدت، مدت و فراوانی این بلای طبیعی، بایستی از شاخصی جهت تعیین شدت‌های خشکسالی و کمیت بخشیدن به آن‌ها استفاده گردد. شاخص استاندارد شده بارش (SPI)، شاخص دیگری است که اولین بار در ایالت کلرادو مورد استفاده قرار گرفت و به کمک آن خصوصیات مختلف خشکسالی‌ها در مقیاس‌های ۳، ٦، ۱۲، ۲٤ و ٤۸ ماهه بررسی و از نتایج حاصله یک سیستم طبقه‌بندی برای تعریف شدت‌های خشکسالی ارایه گردید. مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت این شاخص جهت بررسی شرایط رطوبت خاک و خشکسالی‌های کشاورزی و مقیاس‌های زمانی بلند مدت جهت بررسی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی کاربرد دارد. محاسبه این شاخص در هریک از مقیاس‌های زمانی بدین صورت می‌باشد که در هر

1. Palmer

www.SID.ir

Archive of SID

ماه، یک مقدار جدید از ماه‌های قبلی(i) به صورت مشخص و تعیین شده به آن اضافه می‌شود و با تفاضل‌گیری از میانگین برای یک دوره از ماه‌های مشخص و تقسیم بر انحراف معیار همان دوره، شاخص استاندارد شده بارش برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه می‌گردد (۱۲). مزیت عمده SPI در مقایسه با شاخص‌های دیگر این است که این شاخص هم شرایط خشکسالی در مقیاس‌های مختلف زمانی و هم انواع مختلفی از خشکسالی را بررسی می‌نماید. هم‌چنین این شاخص عکس‌العمل منابع مختلف استفاده کننده از آب را نسبت به کاهش بارندگی مشخص می‌نماید (۱۵). در بررسی خشکسالی سال ۱۹۹٦ آمریکا به کمک شاخص استاندارد شده بارش، نتایج حاکی از آن است که این شاخص، زمان آغاز خشکسالی را یک ماه زودتر از شاخص پالمر نشان می‌دهد (۱۱). شدت و مدت خشکسالی به‌عنوان دو مؤلفه اصلی معرفی شده‌اند که اهمیت بسیار زیادی در تصمیم‌گیری‌ها دارند و در بین شاخص‌های ارزیابی این دو مؤلفه، شاخص استاندارد شده بارش، عمومیت بیشتری دارد. در این راستا SPI می‌تواند به‌عنوان یک سیستم مراقبتی خشکسالی[1]، مورد استفاده قرار گیرد (۱۸) در مطالعه موردی در ایستگاه باجگاه و هم‌چنین در پایش خشکسالی در مقیاس‌های مختلف زمانی در ایستگاه شیراز، از شاخص استاندارد شده بارش استفاده گردید (۲ و ۱۷). در پژوهشی داده‌های مربوط به بارش سالانه در یک دوره آماری ٤۳ ساله، برای ایستگاه‌هایی از آذربایجان‌شرقی جهت تحلیل و مدل‌سازی بارش و محاسبه سال‌های مرطوب و خشک مورد استفاده قرار گرفت. در بین مدل‌های بارش قابل اعتماد، بارش استاندارد شده و روش نیچه، که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مدل بارش استاندارد شده به علت داشتن قابلیت‌های بیشتر و محدودیت‌های کمتر بهتر از دیگر مدل‌ها تشخیص داده شده است (۵). در تحقیقی دیگر در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب کشور، جهت تحلیل خشکسالی شاخص استاندارد شده بارش انتخاب شد و با استفاده از سری‌های زمانی شاخص SPI برای تمامی ایستگاه‌ها و سری‌های زمانی متوسط شدت خشکسالی در هر حوضه، خشکسالی‌هایی با تداوم یک ماه به بالا از طریق تئوری RUN استخراج و اقدام به ترسیم منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی گردید. نتایج نشان می‌دهد که شاخص SPI در تحلیل منطقه‌ای خشکسالی و مطالعات تطبیقی و مقایسه‌ای میان مناطق مختلف متداول‌تر است و با استفاده از آن می‌توان وقایع خشکسالی شدید و حدی را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه‌بندی نمود (۷). در محاسبه شاخص استاندارد شده بارش، مقیاس‌های زمانی متفاوتی مد نظر است که از میان آن‌ها به مقیاس‌های ٦، ۹، ۱۲، ۲٤ و ٤۸ ماهه توجه ویژه‌ای شده است (۸). به دلیل آن‌که داده‌ها از نظر زمانی دارای محدودیت هستند، شاخص استاندارد شده بارش در مقیاس‌های بزرگ‌تر از ۲٤ ماه قابل اعتماد نمی‌باشد (۱۰). با توجه به نتایج مطالعات انجام گرفته در ایستگاه شیراز، توصیه می‌شود که متخصصین کشاورزی از شاخص استاندارد شده بارش با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه یا کمتر استفاده نمایند (۱۷).

لذا هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و تعیین شدت‌های خشکسالی در یک دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش برای ۲۰

1. Drought watch system

www.SID.ir

Archive of SID

ایستگاه استان فارس و تهیه نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI، در مقیاس‌های زمانی ٦، ۱۲ و ٢٤ ماهه می‌باشد. سپس با در نظر گرفتن مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت، خشکسالی از دیدگاه‌های مختلف تحلیل و رخداد شدیدترین خشکسالی‌ها، فراوانی و دوره تناوب آن‌ها مقایسه و تحلیل می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از اطلاعات مربوط به ۲۰ ایستگاه باران‌سنجی واقع در شهرستان‌های مختلف استان فارس استفاده گردید. این تعداد ایستگاه با در نظر گرفتن موارد مختلفی از جمله: داشتن آمار طولانی مدت، نواقص آماری کم و پراکنش مناسب در کل استان، از بین تعداد ۹۰ ایستگاه بررسی شده انتخاب گردید. سپس از یک دوره آماری مشترک ۳۰ ساله (۵۲-۱۳۵۱تا ۸۱-۱۳۸۰)، جهت تجزیه و تحلیل آماری استفاده گردید. به منظور بهره‌گیری از آمارهای اشاره شده، ابتدا داده‌های بارش ماهانه کلیه ایستگاه‌ها به لحاظ صحت و همگنی از طریق روش آماری ران تست[1]، مورد بررسی قرار گرفت. با اطمینان از همگنی داده‌ها، داده‌های مفقود شده هر ایستگاه با استفاده از داده‌های نزدیکترین ایستگاه مبنا و به‌کارگیری روشEM الگوریتم[2] توسط نرم‌افزار SPSS برآورد گردید. این روش در تخمین داده‌های مفقود شده از دقت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است و می‌تواند بر اساس حداکثر برآورد مورد انتظار عمل نماید و با پردازش به صورت تکرارهای متوالی، بهترین تخمین را اعمال نماید (۹). در این پژوهش، مقادیر SPI با مقیاس‌های زمانی ٦، ۱۲ و ٢٤ ماهه جهت تعیین شدت خشکسالی ماهانه تمامی ایستگاه‌ها در طول دوره آماری مورد نظرمحاسبه گردید. با استفاده از جدول طبقه‌بندی شاخص استاندارد شده بارش، مقادیر کمی این شاخص به مقادیر کیفی شدت خشکسالی تبدیل گردید. در راستای استفاده از طبقه‌بندی شدت‌های خشکسالی به دلیل آن‌که طبقه‌بندی ارایه شده توسط مک کی و همکاران (جدول ۱)، مرز بین خشکسالی و ترسالی (وضعیت نرمال) را لحاظ نمی‌نماید و تغییر آستانه از خشکسالی به ترسالی و بالعکس بسیار سریع صورت می‌گیرد، لذا به منظور پایش و ارزیابی دقیق شدت‌های خشکسالی، با اعمال اصلاحاتی در آن از طبقه‌بندی دیگری در منطقه مورد مطالعه استفاده گردیده است (جدول۲)(٤). سپس با استفاده از مقادیر کمی شدت‌های خشکسالی و زمان‌های وقوع آن، نمودارهای شدت، مدت و فراوانی خشکسالی در قالب نمودارهای روند تغییرات شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در هر یک از ایستگاه‌ها تهیه گردید. با استفاده از نتایج حاصل از ارزیابی خشکسالی و نمودارهای حاصله، وقوع انواع خشکسالی‌ها در برخی از ایستگاه‌ها، شدت و فراوانی خشکسالی‌های طولانی مدت در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، ارزیابی و تحلیل گردید.

نتایج

همان‌گونه که ذکر گردید، مقیاس‌های مختلف زمانی با در نظر گرفتن وضعیت بارش ماه‌های قبل از هر ماه و تأثیرگذاری بر ماه مورد نظر، شدت و تداوم انواع خشکسالی‌ها را از دیدگاه‌های مختلف نشان می‌دهند. لذا اعمال مقیاس‌های زمانی مختلف روی هر ماه، اثرات ماه‌های قبل از آن ماه را نیز نشان

1. Run test
2. Expectation maximization algorithm

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مقیاس طبقه‌بندی مقادیر SPI [۱۲]

مقادیر SPI	طبقه
>۲	شدیدا مرطوب
۱/۵ تا۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱/۵ تا۱/۹۹	مرطوب متوسط
۰ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰/۹۹- تا ۰	خشکسالی ملایم
۱/٤۹- تا ۱-	خشکسالی متوسط
۱/۹۹- تا ۱/۵-	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی خیلی شدید

جدول۲- مقیاس طبقه‌بندی مقادیر SPI در منطقه مورد مطالعه[٤]

مقادیر SPI	طبقه
>۲	شدیدا مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/٤۹	مرطوب متوسط
۰/۵ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰/٤۹- تا ۰/٤۹	تقریبا نرمال
۰/۹۹- تا ۰/۵-	خشکسالی ملایم
۱/٤۹- تا ۱-	خشکسالی متوسط
۱/۹۹- تا ۱/۵-	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی خیلی شدید

می‌دهد. به طوری‌که مقیاس زمانی ٦ ماهه، اثرات پنج ماه قبل از هر ماه، مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، اثرات ۱۱ ماه قبل از هر ماه و مقیاس زمانی ۲٤ ماهه، اثرات ۲۳ ماه قبل از هر ماه را لحاظ می‌نماید. به همین علت مقیاس‌های زمانی مختلف می‌توانند روند خشکسالی، ترسالی، سال‌های نرمال، شدت‌های وقوع و تأثیرات حاصله بر روی انواع منابع آب را نشان دهند. از میان ۲۰ ایستگاه مورد مطالعه و وضعیت جغرافیایی مناطق مختلف، تعداد ٦ ایستگاه در مناطق مختلف استان (شمال، مرکز، شرق، جنوب شرقی، جنوب غربی و جنوب) انتخاب گردید که هریک از ایستگاه‌های مذکور می‌تواند نمایانگر وضعیت خشکسالی در محدوده جغرافیایی مورد مطالعه باشد. رابطه شدت و مدت زمان تداوم خشکسالی، در قالب نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های مختلف زمانی، در ایستگاه‌های منتخب استان فارس که در شکل‌های (۱) تا (٦) نشان داده شده است.

بررسی نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در ایستگاه دهکده سفید اقلید (شکل۱) نشان می‌دهد که در مقیاس زمانی ٦ ماهه، خشکسالی‌های متوسط تا شدیدی در سال‌های ۱۳۵۱، ۱۳۵۵ تا ۱۳۵٦، ۱۳۵۷، ۱۳۵۸، ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۳، ۱۳٦٤، ۱۳٦۹، ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۳، ۱۳۷۵ تا ۱۳۷٦، ۱۳۷۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ رخ داده است. با افزایش مقیاس زمانی و طولانی شدن دوره خشکسالی، شدت و مدت نیز افزایش یافته است. در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، این وضعیت در سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳٦۲ تا اوایل سال ۱۳٦٤، ۱۳٦٦، ۱۳٦۹ تا ۱۳۷۰، ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۳، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ دیده می‌شود. در مقیاس زمانی ٦ ماهه خشکسالی با شدت متوسط از سال ۱۳۵۱ آغاز گردیده است، اما در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه خشکسالی در سال ۱۳۵۱ دیده نمی‌شود و شروع خشکسالی از سال ۱۳۵۲ به صورت شدید می‌باشد. دلیل این امر تأثیرگذاری ماه‌های قبل می‌باشد به طوری‌که در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در سال ۱۳۵۲ علاوه بر وضعیت خشکسالی ماه‌های سال ۱۳۵۲، خشکسالی سال ۱۳۵۱ نیز تأثیرگذار بوده و باعث شدید شدن خشکسالی در این سال گردیده است. در مقیاس زمانی ۲٤ ماهه نیز خشکسالی‌های متوسط تا خیلی شدیدی با دوره تداوم ۳ سال در سال‌های

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳٦۱ تا ۱۳٦٤ و ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ دیده می‌شود. مساله قابل اهمیت در بررسی این ایستگاه آن است که با وجود آن‌که ایستگاه مذکور از نظر اقلیمی در منطقه سردسیر و پرباران استان قرار دارد، اما در سال‌ها و دوره‌هایی که خشکسالی وجود داشته است، کلاس‌بندی شدت ها با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش، خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید را نشان می‌دهد.

نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های مختلف زمانی در ایستگاه شیراز (شکل۲)، تعداد دوره‌های خشک و تر را در طول دوره آماری مورد نظر تقریباً برابر نشان می‌دهد. در سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۳، ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۳، اواسط سال ۱۳۷۵، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ خشکسالی‌هایی با درجه شدید تا خیلی شدید رخ داده است. این موضوع در مقیاس زمانی ٦ ماهه کاملاً مشهود می‌باشد. از نظر دوره ترسالی نیز، بین سال‌های ۱۳۷۳ تا اوایل سال ۱۳۷۵ بالاترین شدت مشاهده می‌شود. دوره ترسالی مذکور در مقیاس زمانی ٦ ماهه دارای دوره تداوم دو تا سه سال بوده است. روند وقوع خشکسالی‌های شدید تا خیلی شدید مقیاس زمانی ٦ ماهه، در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه و ۲٤ ماهه بهتر دیده می‌شوند. به طوری‌که در مقیاس زمانی ۲٤ ماهه، خشکسالی سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۵ و ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ با تداوم طولانی مدت و افزایش شدت، کاملاً مشهود می‌باشند.

نتایج حاصل از نمودار روند تغییرات شاخص SPI در ایستگاه استهبان (شکل۳) حاکی از آن است که در مقیاس زمانی ٦ ماهه، نوسانات دوره‌های خشک و تر وجود دارد. اما با این وجود، نمودارهای روند تغییرات، سال‌های ۱۳۵۱تا ۱۳۵۲، ۱۳۵٦، ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۳، ۱۳٦٤، ۱۳٦٦، ۱۳٦۹، ۱۳۷۲ تا اوایل سال ۱۳۷۳، ۱۳۷۹ و۱۳۸۰ را همراه با خشکسالی‌های متوسط تا شدید نشان می‌دهد. در این مقیاس زمانی، شدیدترین خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۳، ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۳و ۱۳۷۹ بوده است. هم‌چنین در برخی از سال‌ها خشکسالی‌های کوتاه مدتی با شدت ملایم نیز وجود داشته است. در این میان خشکسالی‌های ملایم سال‌های ۱۳۵۷، ۱۳۵۸، ۱۳۵۹، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۷ قابل ذکر است که به‌دلیل آن‌که مدت آن یک یا چند ماه بیشتر نبوده است، با طولانی شدن مقیاس زمانی و وجود بارندگی در ماه‌های تأثیرگذار خشکسالی‌ها از بین رفته است. در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه نیز، روند وقوع خشکسالی مانند مقیاس ٦ ماهه می‌باشد. از نظر خشکسالی‌های شدید طولانی مدت، سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳٦٤ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ قابل اهمیت می باشند. در مقیاس زمانی ۲٤ ماهه، به دلیل طولانی شدن دوره‌های خشک و تشدید اثرات مخرب این واقعه، سال‌های ۱۳۵۳، ۱۳۵۸، اواخرسال ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۵، ۱۳٦۹ تا ۱۳۷۰ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ بیشترین شدت‌های خشکسالی را تجربه نموده‌اند.

نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در بررسی خشکسالی در ایستگاه رستاق داراب (شکل٤) نشان می‌دهد که در هر سه مقیاس زمانی، بیشتر سال‌ها با خشکسالی مواجه بوده‌اند. با افزایش مقیاس زمانی، دوره تداوم نیز افزایش یافته است. به طوری‌که در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه و ۲٤ ماهه، دوره تداوم به ۵ تا ۷ سال رسیده است. خشکسالی‌های ملایم تا شدیدی در سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳٦۹، ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ وجود داشته است. در این میان شدیدترین خشکسالی در سال‌های ۱۳۷۹ تا بعد از سال ۱۳۸۱ رخ داده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در بررسی نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در ایستگاه تنگ کارزین قیروکارزین (شکل۵)، نتایج نشان می‌دهد که دوره‌های خشکسالی در این ایستگاه، وضعیتی مشابه ایستگاه شهرستان داراب را دارد. در بیشتر سال‌های مورد مطالعه خشکسالی وجود داشته است. در بین سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳۷۰ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ فراوانی خشکسالی در ماه‌ها و سال‌های مختلف به وفور دیده می‌شود. فراوانی و شدید بودن خشکسالی‌ها در سال‌های مذکور، تداوم و تأثیرات مخرب را در سال‌های بعد به دنبال داشته است. گزارش اداره کل امور عشایر فارس (۱۳۸۳)، نیز نشان‌دهنده وجود خشکسالی‌های شدید در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ و تداوم و خسارات آن تا شهریور ۱۳۸۲ می‌باشد (۱). در مقیاس‌های زمانی ۱۲ ماهه و ۲٤ ماهه خشکسالی‌های طولانی مدتی دیده می‌شود، که دوره تداوم آن‌ها به ۳ تا ۸ سال نیز می‌رسد. بنابراین منطقه مذکور نیز از نظر رخداد انواع خشکسالی‌ها آسیب‌پذیر بوده و خشکسالی به‌عنوان امری عادی محسوب می‌شود. لذا این منطقه از نظر تأثیرات و پیامدهای خشکسالی برروی منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی در معرض خطر جدی قرار دارد.

نتایج حاصل از تحلیل نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در ایستگاه لارستان (شکل٦)، حاکی از آن است که ایستگاه مذکور با خشکسالی‌های متعددی روبرو بوده است. نتایج حاصل در مقیاس زمانی ٦ ماهه، نشان می‌دهد که در طول دوره آماری مورد نظر، فقط سال‌های ۱۳٥٤ تا ۱۳٥٥، ۱۳٦۱، ۱۳٦٥، ۱۳٦٦، ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۲، ۱۳۷٤ تا ۱۳۷٥ و ۱۳۷٦ به عنوان سال‌های تر محسوب می‌شوند. لذا نزدیک به ۷۰٪ ماه‌ها و سال‌های در نظر گرفته شده با خشکسالی مواجه بوده است. این مساله آسیب‌پذیری و بحرانی بودن منطقه مذکور را نشان می‌دهد. در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه خشکسالی‌ها تداوم بیشتری داشته‌اند، به‌طوری‌که وضعیت ترسالی فقط در سال‌های ۱۳٥٤، ۱۳٥٥تا ۱۳٥٦، ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۲، ۱۳۷٤تا ۱۳۷٥ و ۱۳۷٦ تا ۱۳۷۷ وجود داشته است و بقیه سال‌ها با خشکسالی‌های متعددی مواجه بوده‌اند. مقیاس زمانی ۲٤ ماهه تداوم طولانی مدت خشکسالی را بهتر نشان می‌دهد. این مقیاس زمانی به وضوح پیامدهای فراوانی و تداوم خشکسالی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که از سال ۱۳٥۷ تا ۱۳۷۰، خشکسالی با درجات مختلفی در این منطقه حاکم بوده است. بعد از خشکسالی سال‌های مذکور در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۳ و ۱۳۷٤ تا ۱۳۷۷ ترسالی با شدت‌های ملایم تا خیلی شدیدی وجود داشته است. اما بعد از آن خشکسالی شدیدی حادث گردیده است. خشکسالی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ نیز با تداوم طولانی مدت همراه بوده است، به‌طوری‌که اثرات آن تا سال‌های بعد از ۱۳۸۱ نیز وجود داشته است. لذا منطقه مذکور جزء مناطق بحرانی محسوب می‌شود.

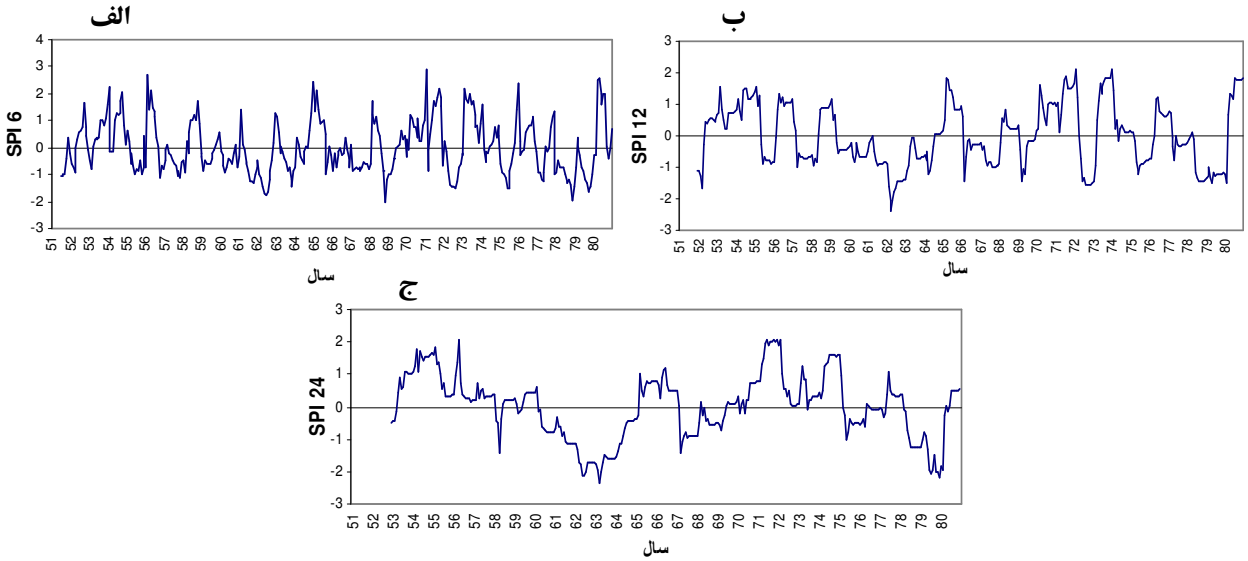
به طور کلی نتایج حاصل از بررسی نمودارهای روند تغییرات شاخص استاندارد شده بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی نشان می‌دهد که با افزایش مقیاس زمانی و طولانی شدن دوره خشکسالی، شدت و تداوم آن نیز افزایش می‌یابد و خطرات بیشتری متوجه منابع تأمین‌کننده و مصرف‌کننده آب می‌گردد. خشکسالی‌های کوتاه مدت دارای نوسانات و تغییرات زیادی می‌باشد و حساسیت بیشتری به تغییرات شرایط رطوبت دارد. اما در مقیاس‌های زمانی بلند مدت خشکسالی‌های شدید، دارای دوره‌های تداوم

www.SID.ir

Archive of SID

طولانی می‌باشند و خشکسالی را بهتر منعکس می‌نمایند. نتایج دیگر نشان داد که استان فارس در بیشتر سال‌ها دچار خشکسالی بوده و شدت آن در سال‌های اخیر به مراتب بیشتر از سال‌های قبل می‌باشد، به طوری‌که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، خشکسالی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ در مقیاس‌های زمانی مختلف با بیشترین شدت و تداوم همراه بوده است. کمبود بارش و خشکسالی‌های ناشی از آن در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت بر روی رطوبت خاک اثر می‌گذارد و خشکسالی کشاورزی را به همراه دارد. در صورتی‌که این کمبود در مقیاس زمانی بلندمدت بر روی آب‌های زیرزمینی، دبی رودخانه‌ها و منابع ذخیره آب اثر دارد و خشکسالی‌های هیدرولوژیکی را ایجاد می‌نماید. لذا با توجه به این‌که شدت خشکسالی و تکرار آن همگی توابعی‌اند که به طور مستقیم و غیر مستقیم به مقیاس زمانی وابسته‌اند، لذا می‌توانند هشدار اولیه‌ای جهت خشکسالی و کمک به ارزیابی شدت آن باشند. از نظر ارزیابی شدت‌های خشکسالی، بیشتر خشکسالی‌های استان فارس در طول دوره آماری مورد نظر از نوع ملایم تا شدید بوده است که در مواقعی به وضعیت خیلی شدید نیز رسیده است. مناطقی از جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق استان در بیشتر سال‌ها با خشکسالی مواجه بوده است که از نظر تأثیرات و پیامدهای خشکسالی، منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی در معرض خطر جدی قرار دارند.

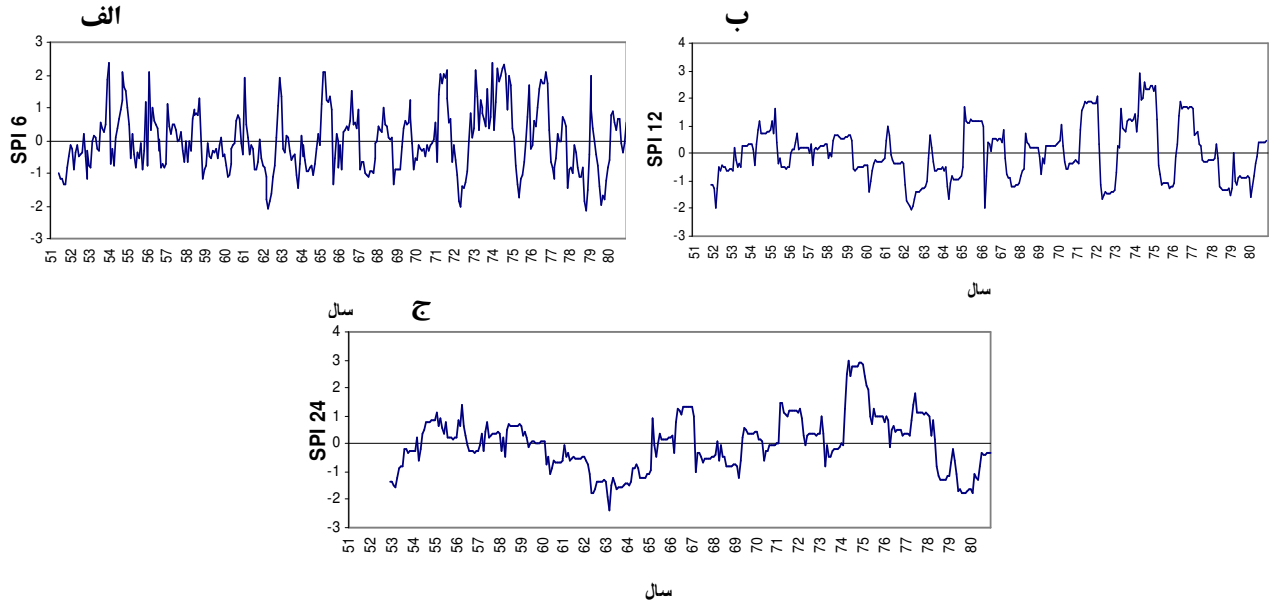
در راستای بررسی دقیق‌تر شدت خشکسالی‌های طولانی مدت و تعیین دوره تناوب جداول (۳ و٤) شدت خشکسالی و دوره تناوب وقوع آن‌ها را به تفکیک سال وقوع و ایستگاه نشان می‌دهند. هم‌چنین وضعیت هر یک از ایستگاه‌ها از نظر روند وقوع خشکسالی نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. جدول شماره (۳)، نشان‌دهنده سال‌های وقوع خشکسالی و شدت وقوع آن در ایستگاه‌های مورد نظر می‌باشد. این نتایج وقوع خشکسالی را با شدت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای ۱۰ سال در طول دوره آماری مورد بررسی در مقیاس زمانی طولانی مدت ۲٤ ماهه نشان می‌دهد.



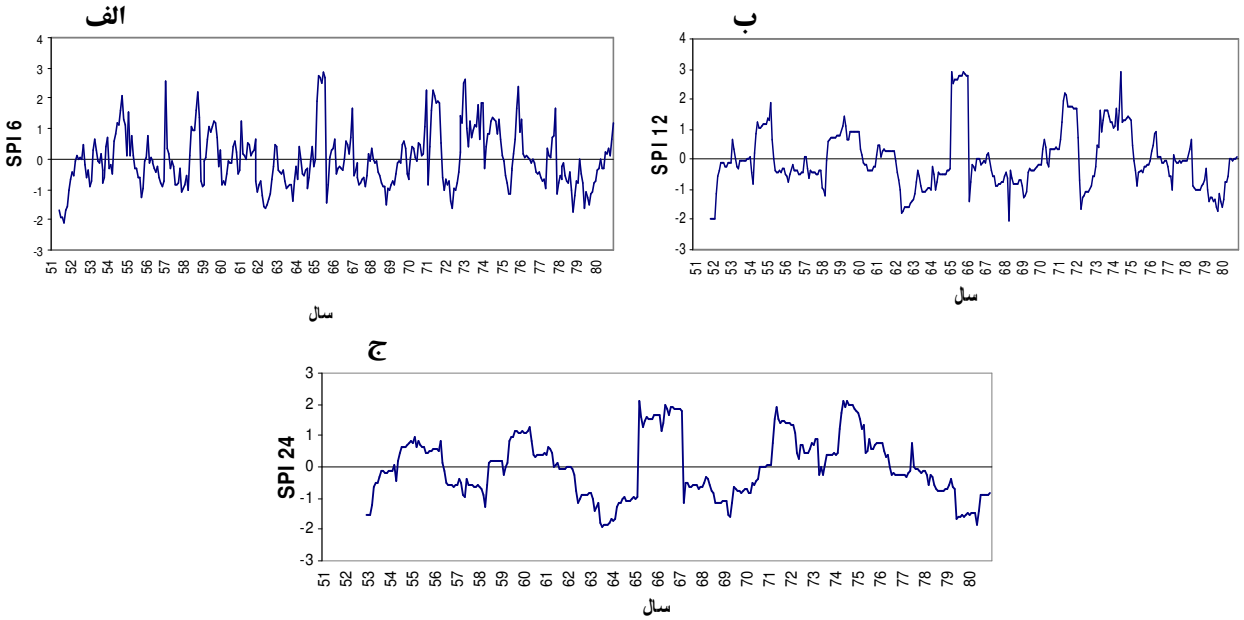
شکل ۱- نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه دهکده سفید اقلید.

www.SID.ir

Archive of SID



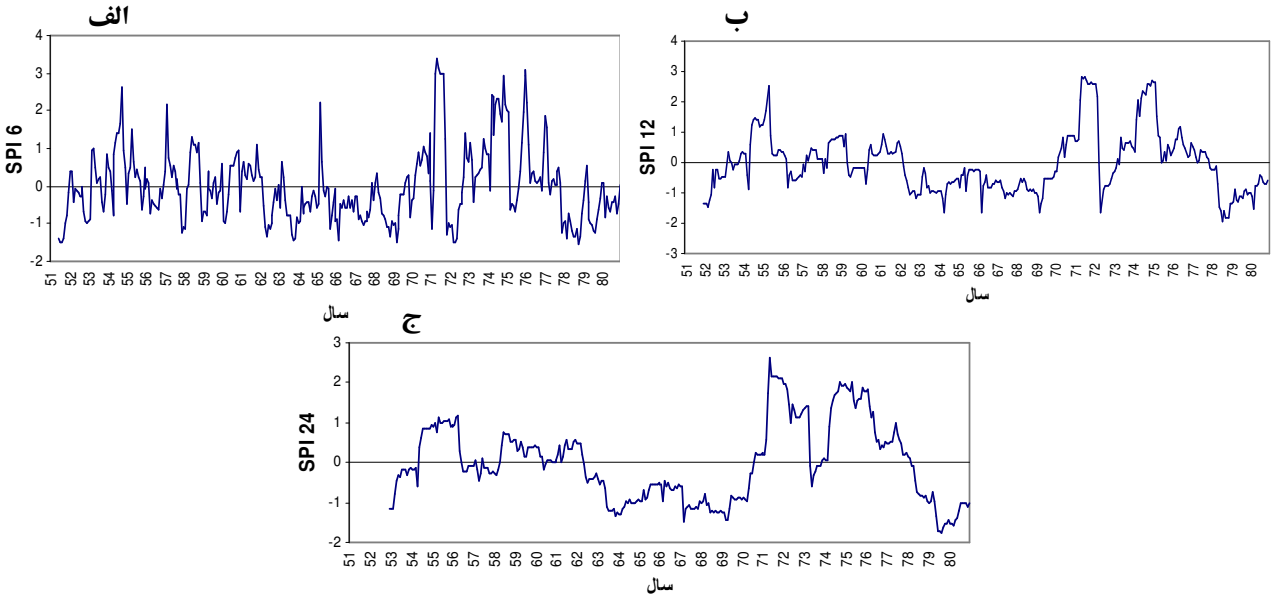
شکل۲- نمودارهای روند تغییرات شاخص **SPI** در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه شیراز.



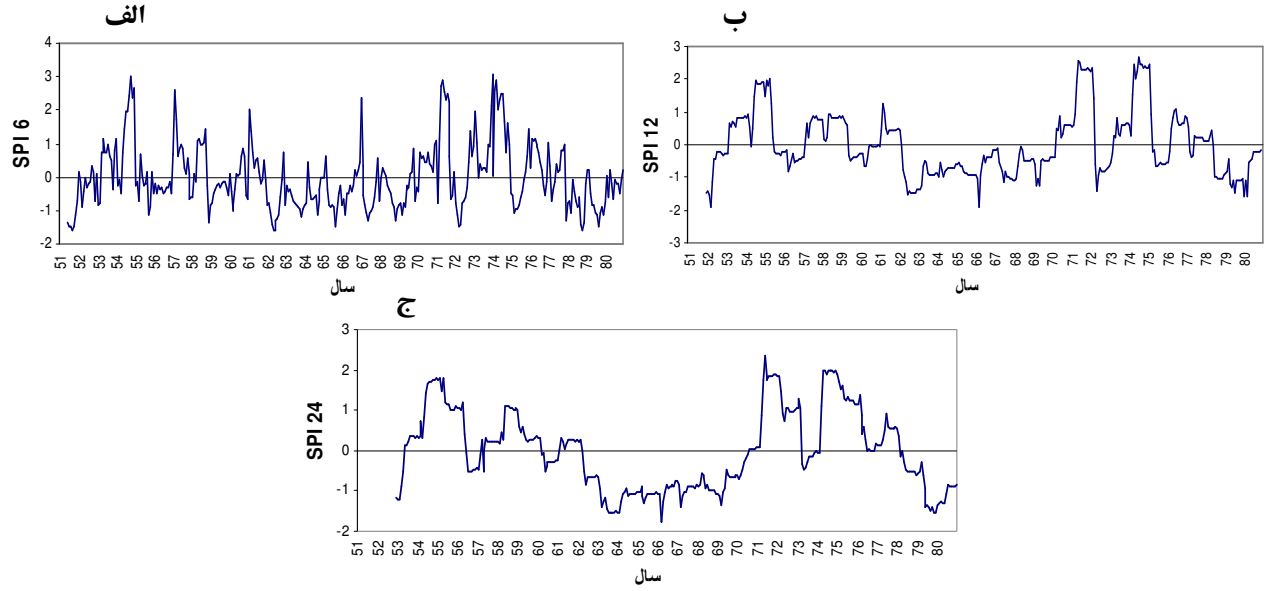
شکل۳- نمودارهای روند تغییرات شاخص **SPI** در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه استهبان.

www.SID.ir

Archive of SID



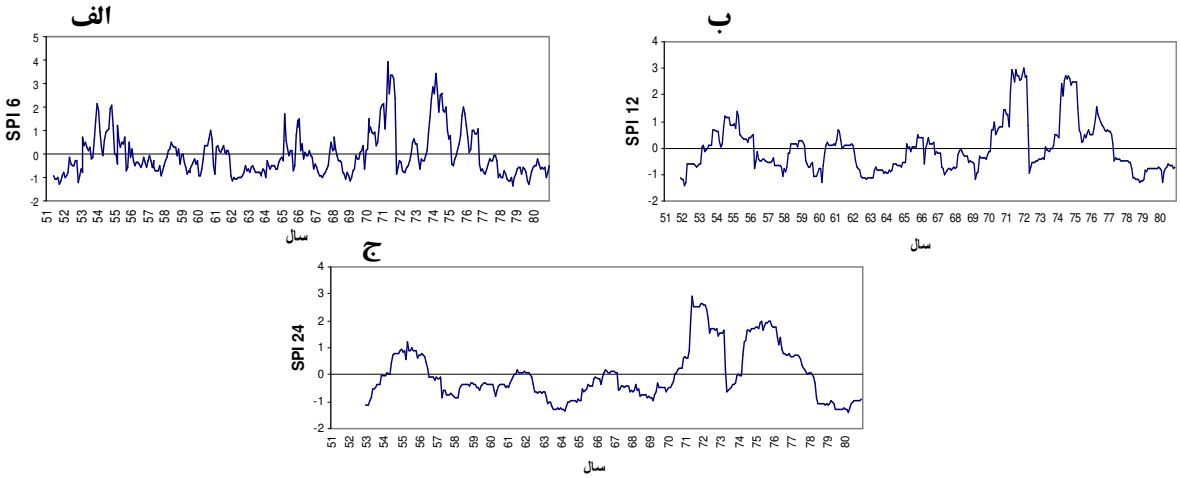
شکل٤- نمودارهای روند تغییرات شاخص **SPI** در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه رستاق داراب.



شکل٥- نمودارهای روند تغییرات شاخص **SPI** در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه قیرو کارزین.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٦- نمودارهای روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های مختلف زمانی، ایستگاه لارستان.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۷۹ واقع گردیده است که تا حدودی متأثر از وقوع خشکسالی در سال ماقبل آن نیز می‌باشد. در این زمینه گزارش اداره کل امور عشایر فارس (۱۳۸۳) مبین همین امر می‌باشد که در فاصله زمانی ۷۹-۱۳۷۸تا ۸۱-۱۳۸۰ خشکسالی‌های شدیدی در استان فارس حادث گردیده و خسارات ریالی زیادی به جای گذارده است (۳). مشابه این مورد در سال ۱۳٦۳ نیز مشاهده می‌شود. مقادیر کمی مطابق با این جدول در جدول (٤) آورده گردیده است. براساس نتایج عنوان شده در این جدول در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی، دوره تناوب وقوع خشکسالی شدید به طور متوسط، ۱۵ سال به‌دست آمده است که این مورد با نتایج به‌دست آمده در جدول (۳) مطابقت دارد. از نظر تغییرات مکانی به طور کلی می‌توان گفت، روند تغییرات از شدت‌های کم به زیاد از سمت شمال‌غربی استان به سمت جنوب‌شرقی استان می‌باشد. در پژوهشی که در بررسی خشکسالی‌های هواشناسی در استان فارس نیز با استفاده از آمار ۲۱ ساله (۵۲-۱۳۵۱تا ۷۲-۱۳۷۱) و روش هربست صورت گرفته است، نتایج نشان داد که با وجود آن‌که خشکسالی، استان فارس را به چندین زیر منطقه تقسیم می‌نماید، ولی به هر حال شدت خشکسالی (برای مدت کم) می‌تواند یک وضعیت بحرانی را برای بسیاری از نقاط استان ایجاد نماید و مناطقی از استان فارس که در مجاورت استان‌های اصفهان، کرمان، هرمزگان و بوشهر قرار دارند تحت تأثیر نامنظمی بارش‌های سالیانه قرار می‌گیرند (٦).

نتیجه‌گیری کلی

هم‌چنین در پژوهش حاضر علاوه بر تعیین روند تغییرات خشکسالی، نتایج نشان داد که دوره تناوب وقوع خشکسالی، با شدت ملایم در ایستگاه‌های مورد بررسی، به طور متوسط بین ۳ تا ۱۰ سال متغیر می‌باشد. این مقادیر برای خشکسالی‌های متوسط و شدید نیز به طور متوسط به‌ترتیب ۵ تا ۱۵ و ۱۰ تا ۱۵ سال به‌دست آمده است. لذا خشکسالی در استان فارس یک پدیده تکراری و برگشت پذیر بوده که به علت حوادث ناشی از آن، خسارت‌های زیادی را به دنبال دارد. در این راستا پیشنهاد می‌شود این‌گونه پژوهش‌ها در سطوح گسترده‌تر، با امکانات آماری بهتر و با استفاده از روش‌های نوین تحلیل‌های مکانی و زمانی دنبال شود تا بتوان در جهت بهینه‌سازی مدیریت و تغییر دیدگاه از مدیریت بحران به سوی مدیریت ریسک و کاهش تبعات خشکسالی قدم برداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- شدت وقوع خشکسالی به تفکیک ایستگاه و سال وقوع (مقیاس زمانی ۲٤ ماهه)

ایستگاه	۸۰	۷۹	۷۸	٦۹	٦۸	٦۷	٦٤	٦۳	٦۲	۵۲
ایزدخواست-آباده	مرطوب	متوسط	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	مرطوب	مرطوب	تقریبا نرمال	متوسط
دهکده سفید-اقلید	تقریبا نرمال	خیلی شدید	متوسط	تقریبا نرمال	ملایم	متوسط	ملایم	شدید	شدید	ملایم
کوسنگان-ممسنی	ملایم	خیلی شدید	شدید	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	ملایم	تقریبا نرمال	شدید	متوسط	شدید
موروزه- سپیدان	تقریبا نرمال	خیلی شدید	شدید	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	ملایم	ملایم	شدید	متوسط	متوسط
درودزن-مرودشت	تقریبا نرمال	خیلی شدید	متوسط	تقریبا نرمال	متوسط	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط
دهبید- خرمبید	مرطوب	شدید	ملایم	متوسط	متوسط	تقریبا نرمال	شدید	شدید	متوسط	تقریبا نرمال
پریشان-کازرون	تقریبا نرمال	متوسط	ملایم	تقریبا نرمال	ملایم	تقریبا نرمال	خیلی شدید	شدید	متوسط	متوسط
شیراز	تقریبا نرمال	شدید	متوسط	تقریبا نرمال	ملایم	ملایم	متوسط	شدید	متوسط	متوسط
ارسنجان	تقریبا نرمال	شدید	ملایم	تقریبا نرمال	متوسط	تقریبا نرمال	متوسط	شدید	متوسط	متوسط
مزیجان- بوانات	ملایم	خیلی شدید	شدید	ملایم	ملایم	تقریبا نرمال	ملایم	متوسط	تقریبا نرمال	ملایم
براک-جهرم	ملایم	متوسط	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	ملایم	شدید	ملایم	متوسط
مشکان-نیریز	ملایم	خیلی شدید	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	ملایم	ملایم	تقریبا نرمال	متوسط
تنگ کارزین	ملایم	متوسط	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط	شدید	ملایم	متوسط
تنگاب-فیروزآباد	ملایم	شدید	متوسط	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط	شدید	متوسط	متوسط
فراشبند	متوسط	شدید	متوسط	متوسط	متوسط	ملایم	ملایم	شدید	ملایم	متوسط
فسا	متوسط	شدید	ملایم	ملایم	متوسط	متوسط	متوسط	شدید	ملایم	متوسط
استهبان	ملایم	شدید	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط	شدید	ملایم	شدید
حاجی آباد-زرین دشت	متوسط	شدید	متوسط	ملایم	متوسط	ملایم	ملایم	شدید	ملایم	متوسط
رستاق-داراب	متوسط	شدید	متوسط	ملایم	متوسط	متوسط	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط
لارستان	ملایم	متوسط	متوسط	ملایم	ملایم	ملایم	ملایم	متوسط	ملایم	متوسط

جدول٤- دوره تناوب وقوع خشکسالی به طور متوسط به تفکیک ایستگاه و شدت وقوع (مقیاس زمانی ۲٤ ماهه)

ایستگاه	شهرستان	خیلی شدید	شدید	متوسط	ملایم
ایزدخواست	آباده	------	------	٦	۵
دهکده سفید	اقلید	*	۱۵	۱۰	٦
کوسنگان	ممسنی	*	۱۰	*	۱۰
موروزه	سپیدان	*	۱۵	۱۵	۱۰
درودزن	مرودشت	*	-------	۷	۷
دهبید	خرم بید	------	۱۰	۱۰	٦
پریشان	کازرون	*	*	۱۰	۷
شیراز	شیراز	------	۱۵	۸	۷
ارسنجان	ارسنجان	------	۱۵	٦	۷
مزیجان	بوانات	*	*	*	۵
براک	جهرم	------	*	۱۰	٤
مشکان	نیریز	*	------	۱۰	۳
تنگ کارزین	قیر و کارزین	------	*	۷	۵
تنگاب	فیروزآباد	------	۱۵	۵	٦
فراشبند	فراشبند	------	۱۵	۵	۵
فسا	فسا	------	۱۵	٦	۷
استهبان	استهبان	------	۱۰	۱۵	٤
حاجی آباد	زرین دشت	------	۱۵	۷	۵
رستاق	داراب	------	*	۵	٤
لارستان	لارستان	------	-------	۷	٤

(*) مواردی که فراوانی وقوع آنها یکبار در طول دوره آماری بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- آمازیانه، ا. ۱۳۸٤. برنامه عملی مدیریت خشکسالی در بخش کشاورزی و تجارب بین المللی. کارگاه آموزشی منطقه‌ای مدیریت خشکی و خشکسالی در ایران، یزد، ۳۰ صفحه.

۲- امین، س. ۱۳۷۹. بررسی نمایه‌های خشکسالی، مطالعه موردی باجگاه شیراز. مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی تخصصی بررسی مسایل خشکسالی استان فارس. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، مهر ماه، ۱۳-۱.

۳- بی‌نام. ۱۳۸۳. بررسی اثرات نامطلوب خشکسالی سال‌های ۸۲-۱۳۷۹ بر جامعه عشایری و روستایی فارس. اداره کل امور عشایر فارس، سازمان امور عشایر ایران، وزارت جهاد کشاورزی، ٤۰ صفحه.

٤- شمس‌نیا، س. ا. ۱۳۸٦. تعیین طبقه‌بندی بهینه شاخص استاندارد شده بارش(SPI) در ارزیابی خشکسالی‌های استان فارس. سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد، ٤۸ صفحه.

۵- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۳. کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها (مطالعه موردی: استان آذربایجان‌شرقی). نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ٦۵، ٥٦-٤۷.

٦- کریمی، و.، ع. ا. کامکار حقیقی، ع. ر. سپاسخواه و د. خلیلی.۱۳۸۰. بررسی خشکسالی‌های هواشناسی در استان فارس، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره چهارم، ۱۰-۱.

۷- لشنی زند، م. ۱۳۸۲. بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب کشور. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۲۹ مهر ماه الی اول آبان ماه، ۲٦٦-۲۵۷.

۸- مقدم، ح.، ج. بداق جمالی، س. جوانمرد، ع. مهدویان، ل. خزانه داری، م. خسروی و م. ابراهیم پور.۱۳۸۰. پایش خشکسالی براساس نمایه SPI، دهک‌ها و نرمال در استان سیستان و بلوچستان. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، ۸۰-٦۹.

9. Figueiredo, M. A. T. 2004. Lecture notes on the EM algorithm. portugal. instituto de telecomunicacoes. Instituto Superior Tecnico. 1049-001 Lisboa.
10. Guttman, N. B. 1999. Accepting the standardizedized precipitation index: A calculation algorithm. Journal of American water Resources Association 35(2): 311-322.
11. Hayes, M., M. D. Svoboda, D. A. Wilhite and O. V. Vanyarkho. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bulletin of the American Meteorological Society 80(3): 429-438.
12. Mckee, T. B., N. J. Doesken and J. kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, 170-184.
13. Palmer, W. C. 1965. Meteorological drought. U.S. Department of commerce Weather, Bureau Reasearch Paper 45, 58pp.
14. Palmer, W. C. 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture Index. Weather Wise 21: 156-161.
15. Serrano, S. M. and J. I. Moreno. 2005. Hyrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous mediterranean basin. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 2: 1221-1246.

www.SID.ir

Archive of SID

16. Shafer, B. A. and L. E. Dezman. 1982. Development of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snow pack runoff areas. Proceedings of The Western Snow Conference pp: 164-175.
17. Shirvani, A., S. Amin and M. J. Nazemosadat. 2003. Monitoring drought using SPI and Z-score for different time scales for Shiraz station in Iran. European Geophysical Society. Geophysical Research Abstracts 5: 3-12.
18. Tsakiris, G., and H. Vangelis. 2004. Toward a drought watch system based on spatial SPI. Journal of Water Resources Management 18(1): 1-12.
19. Wilhite, D. A., and M. H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International 10: 11-112.

www.SID.ir