

پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی فسا با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش

مریم لبافی، کارشناس ارشد آبخیزداری

فاضل ایرانمنش، استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مسعود گودرزی استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری massoudgoodarzi@yahoo.com

چکیده

در پژوهش حاضر داده‌های بارش، درجه حرارت و تبخیر سالانه ایستگاههای باران‌سنجی، تبخیرسنجی و سینوپتیک فسا برای ۳۰ سال آبی از (۱۳۶۲-۱۳۶۳) تا (۱۳۹۱-۱۳۹۲) مورد استفاده قرار گرفته است. برای سنجش همگنی و تصادفی بودن داده‌ها و نیز نرمال بودن آن‌ها و بررسی تغییرات زمانی از آزمون‌های توالی، کولموگروف اسمیرنوف و من-کندال بهره گرفته شده است. به منظور پهنه‌بندی شدت خشکسالی از روشهای زمین‌آمار شامل کریجینگ ساده، معمولی و عمومی با شبیه‌های کروی، نمایی و گوسین و نیز کوکریجینگ و روش عکس فاصله بهره‌جسته شد بدین منظور نرم افزارهای GS+ و GIS10.3 به کار گرفته شد. از میان روش‌های درونیایی مورد سنجش قرار گرفته برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی در ۵ سال نام برده به ترتیب درونیایی کریجینگ معمولی نمایی، روش درونیایی کریجینگ عمومی گوسین (در دو سال ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸)، روش درونیایی کریجینگ عمومی نمایی و روش درونیایی کریجینگ معمولی گوسین کمترین خطای محاسباتی و روش کوکریجینگ بیشترین خطای محاسباتی را داشتند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، پهنه‌بندی، بارش، شاخص SPI، استان فارس، دما.

مقدمه

می‌توان گفت که خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، گرچه مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً تفاوت می‌کند. خشکسالی یک اختلال موقتی است و با خشکی تفاوت دارد چرا که خشکی صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندک است و حالتی دائمی از اقلیم می‌باشد. خشکسالی جزء بلایای طبیعی نامحسوس است. گرچه تعاریف متفاوتی برای این پدیده ارائه شده لیکن در کل حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می‌باشد. این کمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت‌ها، گروه‌ها و یا یک بخش زیست‌محیطی می‌شود. خشکسالی بایستی در رابطه با برخی شرایط متوسط دراز مدت از موازنه

مابین بارش و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شود، معمولاً در هر منطقه ای یک شرایط خاص بعنوان "نرمال" تعریف می شود. بعلاوه این پدیده با زمان (فصل اصلی وقوع این پدیده، تأخیر در شروع فصل بارانی، وقوع بارش در ارتباط با مراحل اصلی رشد گیاه) و نیز مؤثر بودن بارش ها (شدت، بارش و تعداد رخدادهاى بارندگی) مرتبط است. سایر فاکتورهای اقلیمی نظیر دمای بالا، باد و رطوبت نسبی پایین تر غالباً در بسیاری از نقاط جهان با این پدیده همراه شده و می توانند به طرز قابل ملاحظه بر شدت آن بیافزایند. خشکسالی را نباید صرفاً بعنوان پدیده ای کاملاً فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت. تأثیرات آن در جامعه ماحصل ایفا نقش می بیند یک رخداد طبیعی (بارش کمتر از حد مورد انتظار به دلیل تغییرات اقلیمی) و نیاز مردم به منابع تأمین آب می باشد. انسانها معمولاً از تأثیرات خشکسالی لطمه می بینند، خشکسالی های اخیر در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نتایج اقتصادی، تأثیرات زیست محیطی و دشواریهای شخصی به بار آورده که جملگی باعث شده اند که آسیب پذیری تمامی جوامع به این پدیده زیانبخش طبیعی مدنظر قرار گیرد. تحقیق حاضر نیز درصدد است تا جهت پایش و پهنه بندی خشکسالی های هواشناسی با بکارگیری شاخص های مختلف آن در محدوده ی مورد مطالعه، لزوم و اهمیت استفاده از درون یابی مکانی را مبتنی بر بکارگیری نرم افزار قدرتمند ArcGIS را بیش از پیش روشن تر و کاربردی تر جلوه دهد. شایان ذکر است با توجه به قرارگیری ایران بر روی کمربند خشک جهانی موجب شده تا نوسانات بارندگی در کشور ما شدید باشد. به همین دلیل در برخی سال ها، در اثر طغیان آبی رودخانه ها، سیلاب رخ می دهد در حالیکه در مواقعی دیگر وقوع خشکسالی موجب آسیب های شدید می گردد. خشکسالی ها معمولاً یکی از تغییرات معمول اقلیمی می باشند که بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا را با شدت های زیاد هر چند سال یکبار در بر می گیرد. در بسیاری از سال ها هم، رخداد خشکسالی برای مدتی مشخص نیست، از این رو، شناسائی خشکسالی خود یافته ای ارزشمند برای مدیریت منابع آبی مناطقی چون ایران که بخش اعظم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد، محسوب می شود. بنا به سوابق تحقیقی به منظور شناسائی شدت و گسترش خشکسالی عموماً شاخص هائی توسعه داده شده که هر کدام ورودی ها و شرایط استفاده خاص خود را دارا می باشند و با توجه به در دسترس بودن اطلاعات اقلیمی، بسیاری از این شاخص ها متغیرهای هواشناختی را بعنوان ورودی در نظر می گیرند. از بین متغیرهای اقلیمی نیز بارش بعنوان مهمترین متغیر تعیین کننده در شرایط خشکسالی است و بارندگی مهمترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک و جریان های سطحی، تغییرات مخازن زیرزمینی آب و غیره منعکس می شود. مطالعات زیادی در دنیا به بررسی کمی و کیفی مدیریت خشکسالی پرداخته اند که به برخی از آنها اشاره می شود.

ادواردز و مک کی (۱۹۹۷)، شاخص استاندارد شده بارندگی را به عنوان پایش دوره های خشک با مقیاس زمانی (۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) مورد محاسبه قرار دادند.

های^۲ (۱۹۹۹)، شدت و مدت خشکسالی را مورد ارزیابی قرار داده و اشکالات شاخص های خشکسالی رایج را برای شروع و پایان تنش تجمعی خشکسالی بیان داشته و در نهایت شاخص های جدید خشکسالی با فواصل زمانی روزانه به جای ماهانه پیشنهاد داده اند. همچنین هیز و همکاران (۱۹۹۹)، کموسکو (۱۹۹۹)، اکی نرمی (۲۰۰۱)، چو و همکاران (۲۰۰۵) و پیکارتا و همکاران (۲۰۰۵) در موضوعات مشابه پژوهش هایی را ارائه نموده اند.

به اعتقاد ویلهایت^۳ (۲۰۰۳)، کشورهای مستعد خشکسالی می بایست سیاست های ملی خشکسالی و برنامه های آمادگی در مقابل این پدیده را با تأکید بر مدیریت ریسک نسبت به رهیافت سنتی مدیریت بحران که وابستگی به دولت و کمک های سایرین را افزایش می دهد، توسعه دهند.

ایگلسیاس^۴ و همکاران (۲۰۰۳)، پیامدهای اقتصادی خشکسالی هیدرولوژیکی بر بخش آبیاری در سه منطقه از کشور اسپانیا را طی

^۲ Edwards&Mckee

^۳ Hi

^۳ Wilhite

^۴ Iglesias

دوره زمانی ۹۷-۱۹۹۱ بررسی نمودند. بر اساس نتایج، کشاورزانی از بالاترین ظرفیت تطبیق با خشکسالی برخوردار بودند که از طریق ذخیره آب در سال‌های قبل، با عرضه محدود آب طی دوره خشکسالی مواجه نبودند.

پک^۵ (۲۰۰۶) در رساله دکتری خود با عنوان «اقتصاد آمادگی و پاسخ به خشکسالی در کشت آبی» به منظور بررسی ماهیت آمادگی و پاسخ بهینه خشکسالی، از یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی با بهره‌گیری از جنبه تصادفی و پویای یک سیستم کشت آبی استفاده نمود. نتایج حاصل از الگو نشان داد که خشکسالی اثر متفاوتی را حتی در مزارع همگن ایجاد می‌نماید و در یک سیستم کشت با پویایی بین سالی، اثرات خشکسالی در یک سال می‌تواند اثر خشکسالی سال‌های آتی را فزونی بخشد. همچنین، تأثیر مهم و اصلی نااطمینانی از عرضه آب، متروک قرار دادن زمین‌های آماده‌شده برای کشت در فصل پاییز می‌باشد.

گاتام^۶ (۲۰۰۶) معتقد است، حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک امری ضروری است و اقدامات پیشگیرانه برای کاهش ریسک خشکسالی در بلندمدت می‌توانند به شناسایی مشکلات مربوط به تخریب محیط زیست، آبیاری و نیز درک بهتر اثرات تغییر اقلیم و نحوه برخورد با آنها کمک نمایند.

کولی و همکاران (۲۰۰۹)، بارندگی حوزه چانیا در شمال شرق یونان را با روش‌های مختلف زمین‌آماری پهنه بندی نموده و با بررسی میزان خطاهای هر روش در نهایت روش کریجینگ معمولی را به عنوان روش بهتر برگزیدند.

سزولگای و همکاران (۲۰۰۹) برای یافتن بهترین روش میانبایی برای پهنه بندی بارش بیشینه با دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ سال از روش‌های کریجینگ، عکس فاصله و نزدیکترین همسایگی بهره جستند. ایشان برای انتخاب بهترین روش ارزیابی مقاطع را مورد استفاده قرار دادند.

آیسون و داهشمه (۲۰۰۹) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌خور پس انتشار خطا تابع رادیکال بیسیک و رگرسیون به پیش‌بینی بارش یک ماه آینده در سه ایستگاه با شرایط اقلیمی مختلف پرداختند و نتایج را با نتایج رگرسیون MLR مقایسه نمودند. به این نتیجه رسیدند که در ایستگاه‌های با شرایط اقلیمی مرطوب پیش‌خور پس انتشار خطا تابع رادیکال بیسیک و در شرایط خشکتر رگرسیون MLR مناسبتر می‌باشد.

باروا و همکاران (۲۰۱۰) برای پیش‌بینی روش ADI و دو نوع از شبکه‌های عصبی RMSNN و DMSNN را به کار بردند. نتایج نشان داد که RMSNN برای پیش‌بینی سه ماهه و DMSNN برای پیش‌بینی در بازه شش ماهه نتایج بهتری دارد.

بر اساس مطالعات طرح جامع آب کشور، ریزش‌های جوئی (بیش از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب)، منشأ اصلی منابع آب ایران را تشکیل می‌دهد. از این میزان، حدود ۷۱ درصد آن به صورت تبخیر از دسترس خارج شده و تنها بخشی از آن (معادل ۸۸/۵ میلیارد مترمکعب) جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و شرب برداشت شده است. ذکر این نکته ضروری است که ۹۴ درصد این مصارف، تنها به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد (وزارت نیرو، ۱۳۷۷)، لیکن به دلیل محدودیت منابع آب، از حدود ۳۷ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی، فقط ۷/۸ میلیون هکتار به صورت آبی کشت می‌شود (بریم‌نژاد و پیکانی، ۱۳۸۳).

محدود بودن مقدار عرضه اقتصادی آب و افزایش مقدار تقاضا همگام با رشد جمعیت و مصرف زیاد آن در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرفی باعث شده است که مشکل کمبود آب نمود عینی پیدا کرده و ذهن بسیاری از صاحب‌نظران را به خود معطوف سازد. این موضوع، طی سال‌های اخیر که کشور با خشکسالی‌های متناوب مواجه بوده، مشهودتر شده است (علیزاده، ۱۳۸۰).

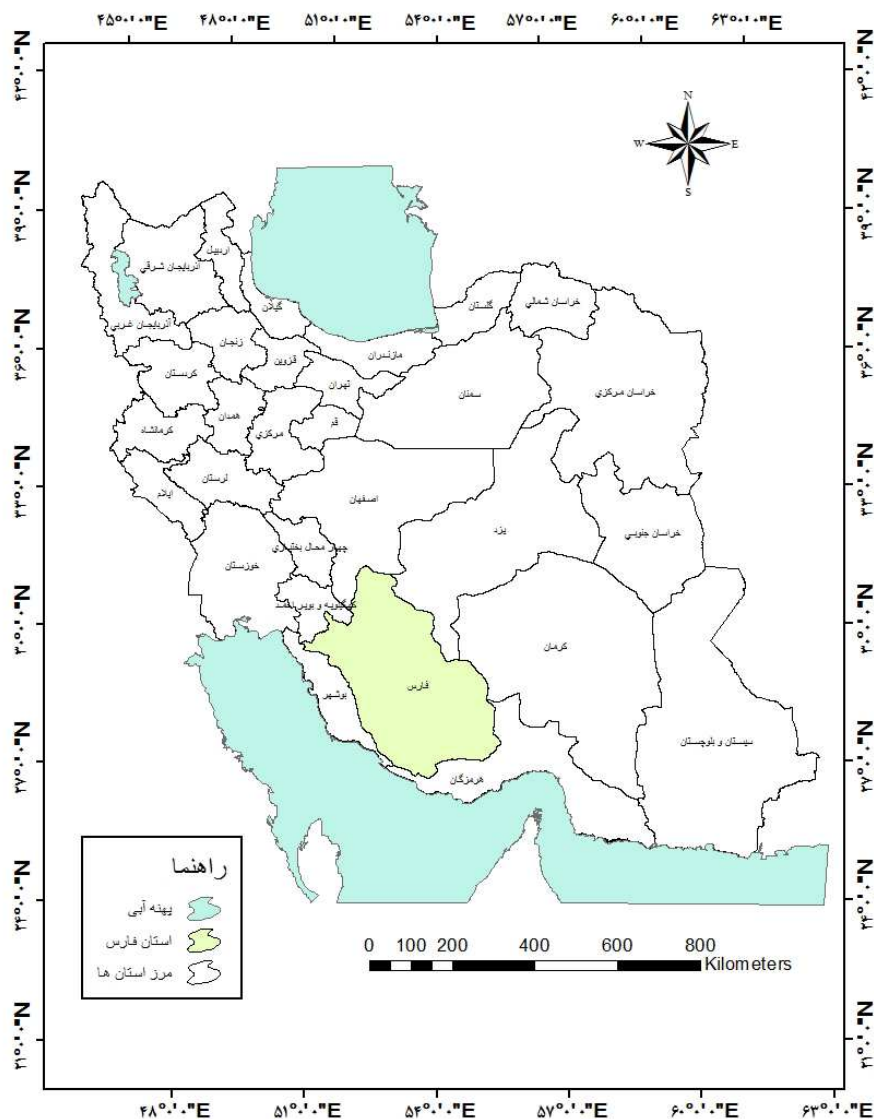
مواد و روشها

⁵ Peck

⁶ Gautam

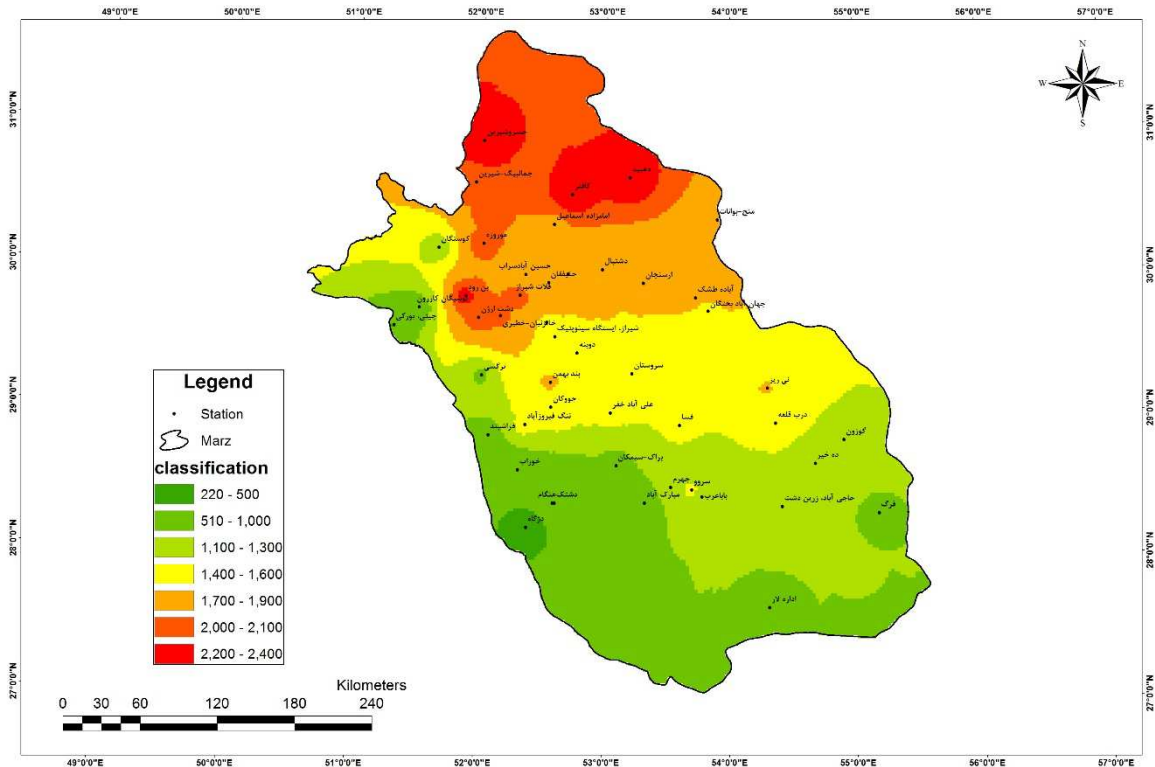
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان فسا در استان فارس واقع در جنوب کشور می باشد. استان فارس با وسعت تقریبی ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع بین مدارهای ۲۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی از خط استوا و نصف النهارهای ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی واقع شده است. که از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان های کرمان و یزد و از غرب به استان های بوشهر و یاسوج محدود شده است. در **Error! Reference source not found.** شکل ۱ موقعیت استان فارس در کشور نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت استان فارس در کشور

یکی از مهمترین عواملی که در میزان بارش موثر است، ارتفاع است. بر اساس تعریف کمبود بارش نسبت به متوسط درازمدت نشان دهنده بروز خشکسالی است. نواحی ارتفاعی استان فارس در نقشه ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نقشه طبقات ارتفاعی استان

اختلاف فاحشی در مقادیر متوسط دما و بارش شمال و جنوب و نیز غرب و شرق استان فارس دیده می شود. مطابق مطالعات صورت گرفته در ارتباط با تفکیک نواحی دمایی کشور پهنه استان فارس دارای سه نوع دمای معتدل (متوسط دما ۱۷ درجه سانتی گراد)، گرم (متوسط دما ۲۰/۵ درجه سانتی گراد)، بسیار گرم (متوسط دما ۲۵ درجه سانتی گراد)، و نیمه سرد (متوسط دما ۱۵ درجه سانتی گراد) می باشد (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۹۳). چنانچه مشاهده می گردد شمال استان دارای دمای نیمه سرد بوده البته در چند ایستگاه حنیفان، بندبهنم و جره نیز این طیف دمایی مشاهده می گردد. سپس با حرکت از شمال استان به جنوب آن به ترتیب دماهای معتدل، گرم و بسیار گرم مشاهده می شود. در نواحی غربی استان در همسایگی و هممرزی با استان بوشهر کانون هایی از بیشینه دمایی استان دیده می شود. همانگونه که دیده می شود کم ترین دماها منطبق بر مرتفع ترین نقاط و بیشترین دماها منطبق بر پستترین نقاط می باشد. فسا در منطقه نسبتا گرم استان واقع شده است.

ادواردز و مک کی (۱۹۹۷) شدت خشکسالی و ترسالی را بر اساس مقادیر SPI به صورت **Error! Reference source not found.** جدول ۱ طبقه بندی نمودند؛ به گونه ای که مقادیر مثبت SPI نمایانگر بارش بیش از میانگین و مقادیر منفی آن نشان دهنده بارش کمتر از میانگین می باشد. زمانی که مقدار SPI منفی باشد، نشانه شروع خشکسالی است و هنگامی که مقدار این شاخص مثبت باشد، پایان خشکسالی و آغاز ترسالی را نوید می دهد.

جدول ۱: طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص SPI

مقادیر SPI	طبقه خشکسالی
۲ و بیشتر	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط

۰ تا ۰/۹۹	ترسالی ملایم
۰ تا ۰/۹۹ -	خشکسالی ملایم
۱- تا ۱/۴۹ -	خشکسالی متوسط
۱/۵- تا ۱/۹۹ -	خشکسالی شدید
۲- و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

مأخذ: ادواردز و مک کی (۱۹۹۷)

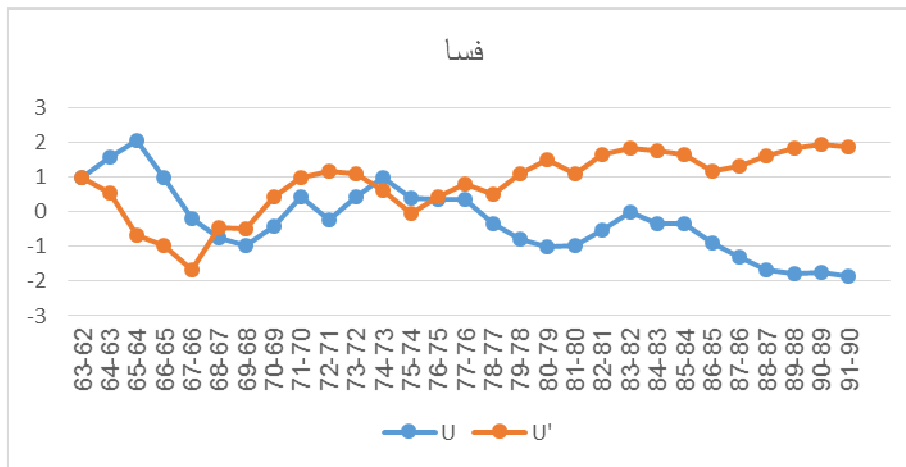
این نمایه از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$SPI = \frac{p_i - \bar{P}}{SD} \quad (1)$$

در این رابطه SPI شاخص استاندارد بارش، P_i معادل بارش سال مفروض به میلیمتر، \bar{P} میانگین بارش دراز مدت ایستگاه و SD انحراف معیار بارش است.

نتیجه:

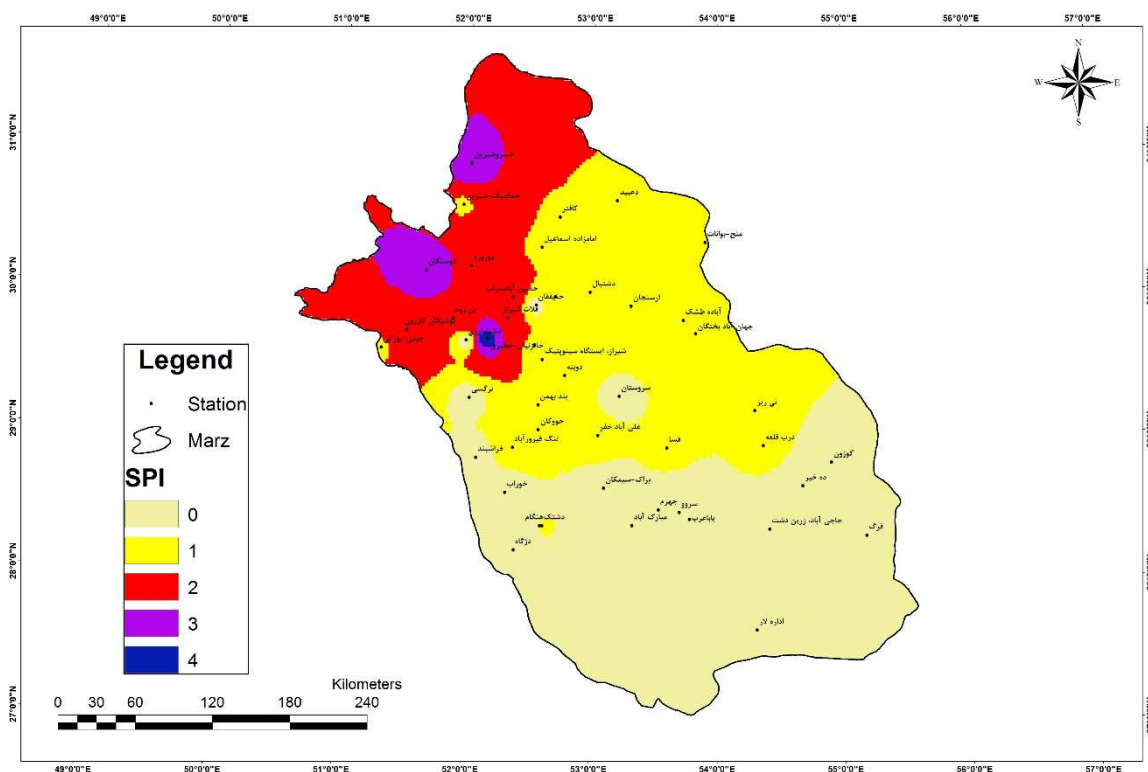
بررسی و آنالیزهای آماری نشان می دهد که در ایستگاه فسا: از سال آبی ۷۶-۷۵ تغییرات منفی در بارش پدیدار گشته است ولیکن این تغییرات فاقد معنی داری آماری می باشند. نمودار ۱ نشان دهنده تغییرات مذکور بر اساس آماره من کندال می باشد.



شکل ۳: تغییرات آماره های U و U' در ایستگاه فسا

به منظور بررسی وضعیت داده‌ها و نرمال بودن آن‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنف (K-S) استفاده شد. مقدار P-Value به دست آمده از سطح $\alpha/2$ بزرگ‌تر است، بنابراین فرض صفر مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌ها پذیرفته می‌شود. برای ترسیم این نقشه در ۳۰ سال مورد مطالعه برای هر ایستگاه با توجه به آستانه مربوط به شاخص بارش استاندارد برای خشکسالی‌های شدید یا خیلی شدید، به استخراج فراوانی این خشکسالی‌ها پرداخته شد. مزیت اصلی نمایش فراوانی این خشکسالی‌ها علاوه بر ایجاد دیدی روشن از وضعیت شدت خشکسالی در کل منطقه ما را از آوردن ۳۰ نقشه برای ۳۰ سال که به علت حجم زیاد کار فاقد نتیجه‌ای مطلوب نیز خواهد بود، می‌رساند. از طرف دیگر در منطقه مناطق خطرپذیر نسبت به مدیریت آب نیز به دست می‌آیند. در مناطق خشک و کم بارش متوسط

بارندگی دوره و انحراف معیار دوره مورد بررسی اعدادی نزدیک تر به هم را نشان می‌دهد و با توجه به رابطه ای که به محاسبه بارش استاندارد می‌پردازد در سال‌های کم بارش نزدیکی اعداد در رابطه سبب می‌شود خروجی عدد کوچکتری شود به عبارتی با توجه به اقلیم خشک این نواحی رخداده خشکسالی نسبت به نواحی پر بارش نمود کمتری می‌یابد. اما در ایستگاه خشکی مثل فسا که متوسط بلند مدت آن ۱۸۸ میلی‌متر و انحراف معیار بارش در ۳۰ سال ۱۲۲ میلی‌متر بوده است وقتی در سال ۸۶-۸۵ تنها ۸۶ میلی‌متر بارش دریافت می‌کند با توجه به رابطه مزبور اتفاق چندان ناخوشایندی که منجر به بروز خشکسالی طبق این شاخص گردد رخ نداده است چرا که خروجی ۰/۸۴- را نشان می‌دهد که خشکسالی شدید به حساب نمی‌آید. برای تمام ایستگاه‌ها این محاسبات برای تک تک سالها انجام شد و به منظور اختصار کار در قالب نقشه فراوانی ارائه گردید.



شکل. فراوانی خشکسالی‌های شدید با استفاده از شاخص SPI

منابع

۱. اختری، روح انگیز و مهدیان، محمد حسین و سعید، مرید، (۱۳۸۵)، تحلیل مکانی شاخص‌های خشکسالی SPI و EDI در استان تهران، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۳، صفحه ۲۷.
۲. انصاری، حسین و داوری، کامران، (۱۳۸۶)، پهنه بندی دوره خشک با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده در محیط GIS «مطالعه موردی: استان خراسان»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، صص ۹۷-۱۰۸.

۳. انصافی مقدم، طاهره و رفیعی امام، عمار، (۱۳۸۸)، پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی با استفاده از روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW) (مطالعه موردی: حوضه دریاچه‌نمک)، دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۲۷۴-۲۹۲.
۴. آسیایی، مهدی، (۱۳۸۵)، تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد بارش (SPI) (مطالعه موردی: استان خراسان)، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۲، ۱۴۵-۱۲۲.
۵. باقری، ر. و محمدی، ص. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی خشکسالی با استفاده از زمین‌آمار در استان کرمان در یک دوره آماری سی ساله. تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۸، شماره ۲، صفحه ۲۸۳-۲۹۶.
۶. بداق جمالی، جواد و جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا، (۱۳۸۱)، پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷.
۷. بنی‌وهاب، علیرضا و علیجانی، بهلول، (۱۳۸۴)، بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲.
۸. جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا و بداق جمالی، جواد، (۱۳۸۲)، پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، صفحه ۴.
۹. حجازی‌زاده، زهرا و شیرخانی، علیرضا، (۱۳۸۴)، تحلیل و پیش‌بینی آماری خشکسالی و دوره‌های خشک کوتاه مدت در استان خراسان، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲.
۱۰. خلیلی، علی و بذرافشان، جواد، (۱۳۸۲)، ارزیابی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران، مجله نیوار، شماره ۴۹ و ۴۸.
۱۱. ذبیحی، علیرضا و رادمش، فریدون و جامعی، مهدی، (۱۳۹۲)، بررسی و پایش خشکسالی ایدنکس با استفاده از شاخص‌های خشکسالی، اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران- دانشگاه آزاد واحد خوراسگان، اصفهان- ۲۴ بهمن ۱۳۹۲.
۱۲. رحیمی، (۱۳۹۰)، کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی).
۱۳. عساکره، حسین، (۱۳۹۰)، مبانی اقلیم‌شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان.

۱۴. عیوضی، م. و مساعدی، ا. ۱۳۹۰. پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش های زمین آماری. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴، شماره ۱، ص ۶۵-۷۸.
۱۵. فدایی کرمانی، احسان و بارانی، غلام عباس، (۱۳۹۰)، بررسی چگونگی پایش خشک سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران.
۱۶. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۵)، خشکسالی و روشهای مطالعه آن، مجله جنگل و مرتع شماره ۳۲، ۳۲-۲۲.
۱۷. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۸۹)، تکنیک های اقلیم شناسی، انتشارات سمت.
۱۸. قمرنیا، هوشنگ و قاسمی صاحبی، فخرالدین، (۱۳۸۶)، بررسی خشکسالی و روند آن در استان کرمانشاه، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.
۱۹. محمدی مطلق، رضا و معتضدی، احمد و امیری مهدی پور، ناصر، (۱۳۹۰)، پایش و پیش بینی خشکسالی استان فارس با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران.
۲۰. نسیمی، علیرضا، (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب پذیری استان یزد در برابر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش معیار و روش زمین آماری. دوره ۷. شماره ۲۰.
21. Akinremi, O.O., S.M. McGinn, and H.W. Cutforth. (2001): Seasonal and spatial patterns of rainfall trends on the Canadian prairies. *J. Climate*, 14(9): p. 2177-2182
22. Edwards, D, C and Mckee, T, B 1997, Characteristics of 20 century drought in the united states at multiple time scales". *Climatology report number 97-2 Department of atmospheric Science, Colorado state University, Fort Collin.*
23. Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite D. A, Vanyarkho, O. V., (1999), Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 80, pp: 429-438.
24. Hi-Ryong byon, 1999; Objective quantification of drought severity and duration, Department of atmospheric sciences, Pur Young National University, Republic of Korea
25. Wilhite. D.A. and M.H. Glantz 1985; understanding the drought phenomenon: The role of definition *Water Inter National* 10:111-120.

26. Xu Z. X., K. Takeuchi, H. Ishidaira and J. Y. Li, (2005), Long-term trend analysis for precipitation in Asian Pacific Friend river basins, *Hydrological Processes*, 19, 3517–3532.