



بررسی خشکسالی و روند وقوع آن در شمال خوزستان (دزفول، اندیمشک، شوش)

غلامرضا پاک منش

کارشناس ارشد شرکت بهره برداری ناحیه شمال خوزستان، دزفول

سعید طاهری قناد

استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دزفول، ایران

چکیده

بحران آب یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر و یکی از عمده‌ترین مشکلات بشریت در آینده، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به حساب می‌آید سازمان‌های بین‌المللی، هشدار می‌دهند که با روند افزایشی جمعیت در ایران این کشور در سال ۲۰۲۵ درگیر بحران جدی آب خواهد بود. خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی است، که در همه شرایط آب و هوایی اتفاق می‌افتد، به رغم خساراتی که پدیده خشکسالی به کشاورزی منطقه، منابع طبیعی، محیط زیست و ... وارد می‌نماید، هنوز نحوه شکل‌گیری برای عموم مشخص نیست، و همچنین روند وقوع آن جدی گرفته نمی‌شود. تحقیق مورد نظر به منظور بررسی پدیده خشکسالی و روند وقوع آن در شمال خوزستان انجام شده است. در این تحقیق، شاخص استاندارد شده بارش SPI به عنوان یکی از رایج‌ترین شاخص‌ها در تحلیل خشکسالی از نرم افزار (DIP)، جهت تعیین روند وقوع خشکسالی شش ایستگاه، شمال خوزستان در طول آماری (۱۳۹۳-۱۳۷۳) انتخاب گردید. با استفاده از شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی (۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ ماهه) برای ایستگاه‌های شمال خوزستان مورد در این پژوهش محاسبه گردید و نتایج بدست آمده بیانگر این است که خشکسالی در ابعاد مختلف در شمال خوزستان اتفاق افتاده و هنوز هم ادامه دارد، پس از شدت و فراوانی انواع خشکسالی، محاسبه تعداد ماه‌های مواجهه با خشکسالی و بزرگی خشکسالی (DM) انجام گردید، ضمناً در این محاسبه مشخص گردید که مقیاس زمانی شش ماهه به پایین بدلیل زیاد بودن نوسانات آب و هوایی (قابل ملاحظه بودن تعداد ماه‌های بدون بارندگی) در منطقه بهتر است از مقیاس ۱۲ ماهه برای مطالعه دوره‌های تر و خشک استفاده شود. در ضمن این احتمال می‌رود که پس از وقوع خشکسالی هواشناسی منطقه درگیر خشکسالی‌های هیدرولوژی، کشاورزی و اقتصادی شود.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، نرم افزار (DIP)^۱، شاخص استاندارد بارش (SPI)^۲، میزان بزرگی خشکسالی (DM)^۳.

^۱ Drought indices package

^۲ Standardized Precipitation Index

^۳ Drought magnitude



مقدمه

یکی از بزرگترین چالش‌های بشریت در قرن حاضر و حتی آینده بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان بحران آب می‌باشد. این مسائل با وجود مشکلاتی چون افزایش جمعیت، پایین بودن راندمان استفاده از آب، بالا بودن تبخیر و تعرق بالابخاطر بالا بودن دما، اینها عوامل محدود کننده مهمی در رشد اقتصادی و توسعه ملی کشور های بسیاری در سطح جهان بشمار می‌رود. در کشور ما نیز اکثر مناطق از مشکلات کم آبی رنج می‌برند. کم آبی و کمی نزولات جوی و نوسانات شدید بارش ها عواملی هستند که در سالهای اخیر به تشدید این بحران دامن زده و خشکسالی های متعددی را بر این مرز و بوم حاکم نموده اند. در حال حاضر موضوع خشکسالی به عنوان یکی از موضوعات مهم در مطالعه بلایای طبیعی و تاثیرگذار در کشاورزی، مطرح می‌باشد که در چند دهه اخیر از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. وقوع خشکسالی در دهه ی ۹۰ اجتناب ناپذیر بوده است، چرا که در سالهای اخیر عواملی چون گرم شده کره زمین و افزایش گازهای گلخانه ای موجب تغییراتی غیر طبیعی در اقلیم شده اند که هیچ یک از مدل های اقلیمی موجود برای پیش بینی نمی‌توانند نقش اجتناب ناپذیر آنها را در نوسانات بارش و وقوع خشکسالی برآورده سازند. در این رابطه سازمان ملل متحد هشدار داده است که اگر جهان با این جمعیت به مصرف آب ادامه دهد، تا سال ۲۰۲۵ بیش از دو میلیارد و ۷۰۰ میلیون نفر در جهان با کمبود آب مواجه خواهند شد. در گزارشی که به مناسبت "روز جهانی آب" ۲۲ مارس سال گذشته منتشر نمود، هشدار می‌دهد که ۲ میلیارد و ۵۰۰ میلیون نفر دیگر نیز در نقاطی زندگی خواهند کرد که یافتن آب شیرین برای برطرف کردن نیازهای روزمره با دشوار مواجه هستند. با روند افزایشی جمعیت در ایران و داشتن اقلیم خشک و نیمه خشک این کشور در سال ۲۰۲۵ درگیر بحران جدی آب خواهد بود. این بحران شامل منطقه شمال خوزستان که تنها محور اقتصاد آن کشاورزی و درآمد های منطبق با کشاورزی است، می‌باشد. لذا در صورت همگام نشدن با جهان و کشوری در رابطه با بحران آینده آب علی‌رغم وجود سد هایی مانند دز و کرخه که در بالادست قرار دارند و همچنین جریان عبوری آب از وسط شهرها که فراوانی آب را نشان میدهد، خشکسالی عملاً "پنهان مانده و ظاهر شدن آن مشکلاتی را بوجود می‌آورد. افزایش روزافزون جمعیت و کاهش منابع آبی، در قرن حاضر باعث شده خشکسالی بعنوان معضلی بزرگ در پیش روی مردم و مسئولین قرار گیرد. بطوری که در برنامه ریزی آنها اختلال ایجاد نماید. پروژه حاضر به عنوان یک رسالت ملی در برداشتن گامی به سمت مدیریت این پدیده در ایران به خصوص در شمال خوزستان است. همانطور که گفته شد، هدف اصلی این تحقیق، که مجموعه ای از اهداف کوچک است. جهت مشخص کردن وقوع و روند خشکسالی در جهت تهیه و تامین اطلاعاتی است که مردم و سازمان های مسئول برای فعالیت هایی که باعث افزایش ضریب اطمینان برنامه ریزی و کاهش خسارت های ناشی از خشکسالی می‌شوند، لذا با پایش خشکسالی که شامل سامانه هایی است که به وسیله آنها پارامتر های اقلیمی و هیدرولوژیکی و حتی تغییرات آنها را به طور پیوسته دیده بانی کرد. با ایجاد یک سیستم پایش می‌تواند شروع خزنده یک خشکسالی را تشخیص و اعلام نماید. شاخص بارش استاندارد^۴ (SPI)

این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط مکی^۵ و همکارانش محاسبه شد. این شاخص بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می‌باشد.

ویژگی های شاخص SPI :

۱- یکی از رایج ترین شاخص ها در تحلیل خشکسالی می‌باشد.

۲- سادگی محاسبات ریاضی

⁴-Standardized Percipitation Index

⁵ Makee . et al



۳- شاخص SPI برای مقیاس های زمانی متعدد قابل محاسبه است تا قابلیت پایش شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی و کشاورزی را داشته باشد.

۴- به علت تبعیت این شاخص از توزیع نرمال، میتوان وقایع خشکسالی شدید و حدی را برای هر محل و هر مقیاس طبقه بندی نمود.

۵- میانگین SPI در مقیاس زمانی در یک موقعیت صفر خواهد بود و انحراف معیار آن برابر یک می باشد، این یک مزیت است، زیرا SPI نرمال شده است.

۶- ویژگی شاخص SPI این است که براساس آن روش می توان آستانه ی خشکسالی را برای هر دوره ی زمانی تعیین کرد.

۷- شاخص SPI نسبت به سایر شاخص ها، بهتر قادر است که تفاوت خشکسالی در یک ناحیه خاص نسبت به سایر نواحی دیگر را نشان می دهد. گاتن^۶، (۱۹۹۹).

۸- شاخص SPI وقوع خشکسالی را حداقل یک ماه زودتر از دیگر نواحی نشان می دهد. هیز^۷، (۱۹۹۳)

رضایی و همکاران، (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای که بر روی واکاوی و تبیین تأثیر خشکسالی بر مناطق روستایی شهرستان زنجان مطالعه موردی (روستای حاج آرش) انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که شاخص SPI در خصوص وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ حاکی از آن بود که طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ منطقه مورد مطالعه در وضعیت خشکسالی ملایم و در سال ۱۳۸۷ در وضعیت خشکسالی متوسط بوده است. همچنین یافته‌ها نشان داد که تأثیر خشکسالی در روستای حاج آرش در سه عامل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی - روانشناختی ظاهر شد. یزدانی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای که بر روی پایش شدت و مدت خشکسالی استان خوزستان در مقیاس زمانی فصلی و سالانه به منظور مدیریت بهتر منابع آب انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که می توان از شاخص SPI در ترکیب با طرح های آبخیزداری به منظور کاهش خسارات ناشی از خشکسالی ها در استان، استفاده کرد. با توجه به تکرار و افزایش تداوم نسبی خشکسالی در سال‌های اخیر، بهبود عملیات بهره برداری، نگهداری و بهسازی توزیع و تحویل آب، یکی از ابزارهای بسیار مؤثر در مقابله با پدیده خشکسالی به حساب می-آید. باتوجه به نتایج حاصله ایستگاه‌های اهواز و هفت تپه از پتانسیل حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی ها در مقایسه با سایر نواحی برخوردار می باشند. شکری کوچک، بهنیا، (۱۳۸۸) در تحقیقی که انجام دادند، پیش بینی و گسترش خشکسالی در سطح استان خوزستان نشان دادند که در تمامی ایستگاه ها وضعیت تقریباً نرمال و براساس شاخص SPI با مقیاس زمانی شش ماهه با بیشترین فراوانی را دارا هستند. و SPI با مقیاس زمانی متوسط ۱۲ و ۱۸ ماهه الگوی بارندگی های میان مدت را منعکس می کنند. کاهش جریانات رودخانه ها، مخازن آب، دریاچه ها و سفره های آب زیر زمینی از آشکار ترین نشانه های این مرحله از خشکسالی هستند و خشکسالی اقتصادی - اجتماعی آخرین مرحله خشکسالی محسوب می شوند طوری که کمبود منابع آب، بر زندگی مردم تاثیر منفی می گذارد، (بیک کنسولتینگ^۸، ۲۰۰۷). تساکیریس^۹ و همکاران، (۲۰۰۳)، در تحقیق خود به این نتیجه رسیدن که تعاریف خشکسالی بخصوص در رابطه با میزان تاثیر آن بر محیط طبیعی و اجتماعی دائماً در حال تغییر است. کانگس^{۱۰}

^۶ Guton

^۷ Hize

^۸ Beak consuling

^۹ Tsakiris et al

^{۱۰} Kangas et al



و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه خشکسالی که در کشور آمریکا با استفاده از داده‌های با قدرت بالا پرداخته است. مک کی^{۱۱} و همکاران (۱۹۹۳)، شاخص بارش استاندارد SPI را معرفی و برای اولین بار آن را در ایالت کلرادو مورد استفاده قرار دادند، در این مطالعه آنها از مقیاس زمانی کوتاه مدت ۳، ۶ ماهه برای اهداف کشاورزی و مقیاس‌های زمانی بلند مدت ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه برای هیدرولوژی استفاده کردند.

مواد و روش‌ها

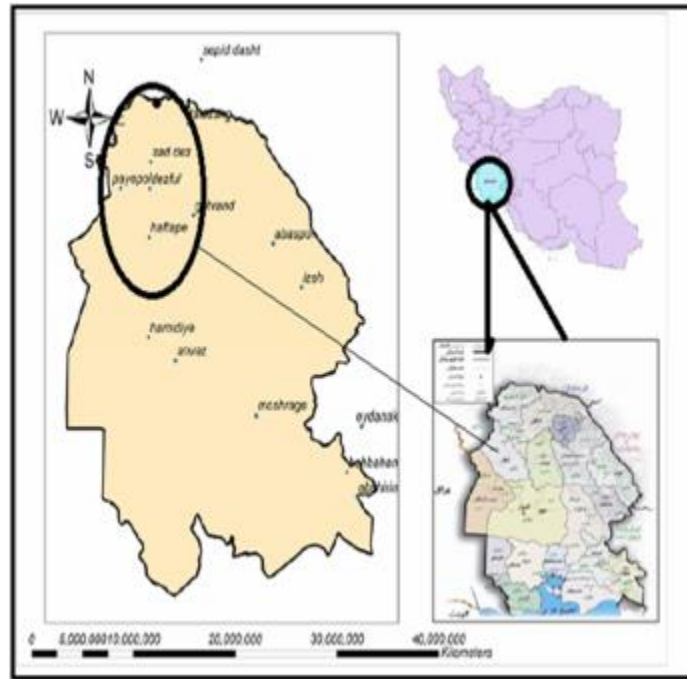
در پژوهش حاضر، روش تحقیق، (قیاسی، توصیفی-تحلیلی) می‌باشد. داده‌ها و اطلاعات از مطالعات منابع کتابخانه‌ای و اسنادی و نوشته‌های مرتبط جمع‌آوری شده‌اند. نمودارهایی در سری‌های ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ ماهه، با استفاده از شاخص SPI در نرم‌افزار DIP بررسی و روند وقوع خشکسالی در سه شهر دزفول، اندیمشک و شوش بدست آمده که با استفاده از این داده‌ها روند خشکسالی در سه شهر موردنظر تجزیه و تحلیل و مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

برای انجام این تحقیق از آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک سد دز با طول جغرافیایی ۲۸°، ۴۸ و عرض جغرافیایی ۳۶°، ۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۵۲۵ متر، صفی‌آباد طول جغرافیایی ۲۵°، ۴۸ و عرض جغرافیایی ۱۶°، ۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۵۲ متر، اسلام‌آباد طول جغرافیایی ۳۰°، ۴۸ و عرض جغرافیایی ۲۸°، ۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۷۵/۶ متر، هفت‌تپه طول جغرافیایی ۳۱°، ۴۸ و عرض جغرافیایی ۳۲°، ۰۴ و ارتفاع از سطح دریا ۸۰ متر، سدتنظیمی دز طول جغرافیایی ۲۷°، ۴۸ و عرض جغرافیایی ۲۵°، ۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۳ متر، پای‌پل طول جغرافیایی ۴۳°، ۴۷ و عرض جغرافیایی ۲۵°، ۳۲، ارتفاع از سطح دریا ۹۰ متر، در محدوده‌ی شهرستان‌های دزفول، اندیمشک، شوش، استفاده شده و از شاخص استاندارد شده بارش SPI به عنوان یکی از رایج‌ترین شاخص‌ها در تحلیل خشکسالی استفاده گردیده است. جهت بررسی و پایش خشکسالی با توجه به داشتن آمار طولانی مدت، نواقص کم و پراکنش مناسب، طول دوره آماری مشترک ۲۰ ساله (۱۳۷۳-۱۳۹۳) انتخاب گردید. جهت بررسی خشکسالی هواشناسی، از ابتدا جهت تعیین مقدار آستانه وضعیت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی از ۸۰ درصد، ۱۰۰ درصد و ۱۲۰ درصد میانگین بارش سالانه استفاده می‌شود. هر سال بر مبنای منفی یا مثبت بودن آن اقدام به تعیین هر یک از حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی گردید. در این تحقیق جهت صحت نرمال بودن داده‌های بارندگی در دوره زمانی ۱۳۷۳-۱۳۹۳ از روش کلموگروف-اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS استفاده شده پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، به منظور بررسی روند وقوع خشکسالی در شمال خوزستان با شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ ماهه از نرم‌افزارهای DIP و excel استفاده گردید. ضمناً میزان بزرگی خشکسالی در هنگام وقوع خشکسالی نیز براساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$DM = - \left(\sum_{j=1}^x SPI_{ij} \right)$$

J= پارامتری که مقدار آن براساس اولین ماه خشکسالی از یک شروع و به تعداد ماه‌های یک رویداد خشکسالی افزایش می‌یابد. SPI_{ij}= شاخص خشکسالی ماه‌های کمتر از ۱- بر اساس مقیاس زمانی I در ماه J ام خشکسالی با توجه به اینکه در هر ایستگاه امکان رخداد دوره‌های مختلف خشکسالی در طول دوره ۱۳۷۳-۱۳۹۳ وجود دارد. لذا برای شناخت و درک بهتر از وضعیت آسیب‌پذیری هر ایستگاه بر اثر خشکسالی مجموع DM های دوره مختلف محاسبه شد.

¹¹ Makee et al



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث

بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از نرم افزار DIP و بر اساس شاخص SPI در مقیاس زمانی ۶ ماهه برای ایستگاه های دزفول، سد دز، صفی آباد، اسلام آباد، هفت تپه، پای پل کرخه محاسبه شد (جدول ۱). بر اساس نتایج محاسبه شده، شدید ترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ با شاخص SPI، $-2/36$ بوده که از آذر ماه ۱۳۹۰ شروع و تا خرداد ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته در ضمن ۱۱ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. و شدید ترین خشکسالی در ایستگاه اسلام آباد، در آذرماه ۱۳۷۴ با شاخص SPI، $-2/64$ بوده که از آبان ماه ۱۳۷۴ شروع و روند وقوع آن تا اسفند ماه ۱۳۷۴ ادامه داشته و همچنین در تیر ماه و مرداد ماه ۱۳۸۷ با شاخص SPI، $-2/36$ و $-2/88$ روی داده و دیگر خشکسالی شدید در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ با شاخص SPI، $-2/23$ بوده که روند وقوع آن از آذر ماه ۱۳۹۰ شروع و تا مهر ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است. ضمناً ۹ مورد خشکسالی متوسط حاصل و در شدید ترین خشکسالی در ایستگاه صفی آباد آذر ماه ۱۳۷۴ با شاخص SPI، $-2/48$ می باشد که از آبان ماه ۱۳۷۴ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۷۴ ادامه داشته و در ادامه روند وقوع خشکسالی شدید در مرداد ماه ۱۳۷۹ با شاخص SPI، $-2/39$ از مهر ماه ۱۳۷۸ آغاز تا مهرماه ۱۳۷۹ انجام شده است و همچنین در تیر ماه و مرداد ماه ۱۳۸۷ با شاخص SPI، $-2/04$ و



۲/۰۲- روی داده و دیگر خشکسالی شدید در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ با شاخص SPI، ۲/۲۸- بوده که از آذر ماه ۱۳۹۰ شروع و تا مرداد ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است و ضمناً ۱۰ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در هفت تپه در مرداد ماه ۱۳۷۷ با شاخص SPI، ۲/۰۸-، بوده که از مهر ماه ۱۳۷۷ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۷۷ ادامه داشته و همچنین در مرداد ماه ۱۳۷۹ با شاخص SPI، ۲/۱- روی داده و دیگر خشکسالی شدید در تیرماه و مرداد ماه ۱۳۸۵ با شاخص SPI ۲/۳۴- و ۲/۶۶- رخ داده و ضمناً ۱۳ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه سد دز در مرداد ماه ۱۳۷۹ با شاخص SPI، ۲/۵۸- بوده که از مهر ماه ۱۳۷۸ شروع و تا مهر ماه ۱۳۷۹ ادامه داشته در ادامه روند وقوع خشکسالی شدید در تیرماه و مرداد ماه ۱۳۸۷ با شاخص SPI، ۲/۲۹- و ۲/۰۴- روی داده و همچنین دیگر خشکسالی شدید در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ با شاخص SPI ۲/۲۱- بوده که از آذر ماه ۱۳۹۰ شروع و تا مردادماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است و ضمناً ۱۴ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه پای پل کرخه در فروردین ماه ۱۳۸۲ با شاخص SPI، ۲/۰۶- بوده که از آبان ماه ۱۳۸۱ شروع و تا آذر ماه ۱۳۸۲ ادامه داشته و ضمناً ۱۵ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید.

جدول (۱): مقادیر فراوانی بارش محاسبه شده از مدل بارش استاندارد شده SPI در مقیاس ۶ ماهه برای شش ایستگاه

نام ایستگاه	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	نرمال	مرطوب ملایم	مرطوب متوسط	مرطوب شدید
دزفول	۱	۱۱	۲۸	۱۶۰	۲۵	۱۳	۴
سد دز	۴	۱۴	۲۵	۱۴۷	۳۳	۱۲	۰
صفی آباد	۵	۱۰	۲۵	۱۵۹	۲۹	۱۱	۳
هفت تپه	۵	۱۳	۲۲	۱۵۹	۳۳	۱۳	۲
اسلام آباد	۴	۹	۲۶	۱۶۴	۲۷	۱۶	۱
پای پل کرخه	۱	۱۵	۲۸	۱۴۴	۳۶	۱۰	۱

۵-۲ نتایج بررسی روند وقوع خشکسالی با مقیاس زمانی نه ماهه :

بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از نرم افزار DIP و بر اساس شاخص SPI در مقیاس زمانی ۹ ماهه برای ایستگاه های دزفول، سد دز، صفی آباد، اسلام آباد، هفت تپه، پای پل کرخه محاسبه شد (جدول ۲). بر اساس نتایج فوق شدیدترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در آبان ماه ۱۳۸۶ با SPI، ۲/۳۲- بوده که از مرداد ماه ۱۳۸۶ شروع و تا آبان ماه ۱۳۸۷ ادامه داشته همچنین دیگر خشکسالی شدید که رخ داده در مردادماه ۱۳۹۱ با SPI، ۲/۳۶- از دی ماه ۱۳۹۰ آغاز تا آبان ماه ۱۳۹۱ این روند ادامه داشته است. ضمناً ۱۳ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه اسلام آباد در ماه های خرداد، تیر، مهر، آبان ۱۳۸۷ با SPI، ۲/۱۳-، ۲/۱۳-، ۲/۴-، ۲/۳۶-، بوده که از دی ماه ۱۳۸۶ شروع و تا مهر ماه ۱۳۸۸ ادامه داشته و همچنین در مردادماه ۱۳۹۱ با SPI، ۲/۲۳-، روی داده است و ضمناً ۱۴ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه صفی آباد در آبان ماه ۱۳۷۹ با SPI، ۲/۲۳-، بوده که از فروردین ماه ۱۳۷۹ شروع و تا آبان ماه ۱۳۷۹ ادامه داشته در خشکسالی شدید دیگر در ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر، مهر، ۱۳۸۷ با SPI، ۲/۱-، ۲/۰۹-، ۲/۱-، ۲/۰۳-، بوده که از دی ماه ۱۳۸۶ شروع و تا مهر ماه ۱۳۸۷ ادامه داشته و همچنین در مرداد ماه ۱۳۹۱ با SPI، ۲/۲۸- روی داده است و



ضمناً ۱۳ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در هفت تپه در آبان ماه ۱۳۷۹ با SPI ، $-۲/۳۹$ - که از اسفند ماه ۱۳۷۸ شروع و تا آبان ۱۳۷۹ بوده و همچنین در ماه های مهر ، آبان ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۳۶$ و $-۲/۱۹$ - روی داده که از اسفند ماه ۱۳۸۶ شروع و تا دی ماه ۱۳۸۷ ادامه داشته و دیگر خشکسالی شدید در مرداد ماه ۱۳۹۱ با SPI ، $-۲/۳۸$ - بوده که از بهمن ماه ۱۳۹۰ شروع و تا مهر ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است و ضمناً " ۱۶ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید . شدیدترین خشکسالی در ایستگاه سد دز در آبان ماه ۱۳۷۹ با SPI ، $-۲/۳۴$ - بوده که از دی ماه ۱۳۷۸ شروع و تا آبان ماه ۱۳۷۹ بوده و دیگر خشکسالی شدید در مهر ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۳۲$ - از دی ماه ۱۳۸۶ شروع و تا آبان ۱۳۸۸ و همچنین در مرداد ماه ۱۳۹۱ با SPI ، $-۲/۲۲$ - که از دی ماه ۱۳۹۰ شروع و تا مهر ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است . ضمناً ۲۲ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه پای پل کرخه در ماه های فروردین ، اردیبهشت ، خرداد ، تیر ۱۳۸۲ با SPI ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۵$ ، $-۲/۰۶$ - بوده که از دی ماه ۱۳۸۱ شروع و تا آبان ماه ۱۳۸۲ ادامه داشته است . ضمناً ۹ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید.

جدول (۲): مقادیر فراوانی بارش محاسبه شده از مدل بارش استاندارد شده SPI در مقیاس زمانی نه ماهه برای شش ایستگاه

نام ایستگاه	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	نرمال	مرطوب ملایم	مرطوب متوسط	مرطوب شدید
دزفول	۱	۱۳	۲۷	۱۶۱	۲۶	۱۵	۴
سد دز	۳	۲۲	۲۱	۱۵۰	۳۰	۵	۱
صفی آباد	۶	۱۳	۳۲	۱۵۵	۲۷	۷	۴
هفت تپه	۴	۱۶	۲۷	۱۵۲	۳۳	۱۲	۰
اسلام آباد	۶	۱۴	۲۴	۱۵۸	۲۸	۱۳	۱
پای پل کرخه	۴	۹	۲۹	۱۴۴	۳۵	۱۱	۰

نتایج بررسی روند وقوع خشکسالی با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه

بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از نرم افزار DIP و بر اساس شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه برای ایستگاه های دزفول، سد دز، صفی آباد، اسلام آباد، هفت تپه، پای پل کرخه محاسبه شد. بر اساس نتایج فوق شدیدترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه وجود ندارد ولی در عوض ۲۱ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه اسلام آباد در ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان، دی، بهمن ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۱۳$ - و $-۲/۱۴$ و $-۲/۲۲$ و $-۲/۵۱$ و $-۲/۴۴$ - روی داده و از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا آبان ماه ۱۳۸۸ ادامه داشته است. ضمناً " ۱۳ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه صفی آباد در آذر ماه ۱۳۷۴ با SPI ، $-۲/۱۸$ - بوده که از آبان ماه ۱۳۷۴ شروع و تا بهمن ۱۳۷۴ ادامه داشته و در دیگر خشکسالی شدید که در ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، بهمن، اسفند ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱$ ، $-۲/۱۲$ ، $-۲/۰۷$ ، $-۲/۱۴$ - از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا مهرماه ۱۳۸۸ ادامه داشته است . و ضمناً ۷ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید.



شدید ترین خشکسالی در هفت تپه در ماه‌های دی و بهمن ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۳۲$ ، $-۲/۰۸$ بوده که از فروردین ۱۳۸۷ شروع و تا بهمن ۱۳۸۸ ادامه داشته است. ضمناً ۱۹ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید شدید ترین خشکسالی در ایستگاه سد دز در ماه های دی و بهمن ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۳۹$ و $-۲/۳۹$ روی داده و از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۸۸ ادامه داشته است و دیگر خشکسالی شدید در بهمن ماه ۱۳۹۰ با SPI ، $-۲/۱۹$ انجام شده که از آذر ماه ۱۳۹۰ شروع و تا آذر ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است. ضمناً ۲۷ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه پای پل کرخه در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آذرماه ۱۳۸۲ با SPI ، $-۲/۱۲$ ، $-۲/۰۷$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۰۶$ روی داده و از فروردین ماه ۱۳۸۲ شروع و تا آذر ماه ۱۳۸۲ ادامه داشته و دیگر خشکسالی شدید در ماه های دی و بهمن ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۱۲$ ، $-۲/۳۱$ انجام شده که از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا آذر ماه ۱۳۸۹ ادامه داشته است، ضمناً ۴ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول (۳): مقادیر فراوانی بارش محاسبه شده از مدل بارش استاندارد شده SPI در مقیاس زمانی دوازده ماهه برای هر ایستگاه

نام ایستگاه	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	نرمال	مرطوب ملایم	مرطوب متوسط	مرطوب شدید
دزفول	۰	۲۱	۳۰	۱۶۴	۱۵	۳	۸
سد دز	۳	۲۷	۱۱	۱۵۳	۲۸	۸	۰
هفت تپه	۲	۱۹	۲۸	۱۵۲	۲۵	۱۳	۲
صفی آباد	۹	۷	۳۱	۱۶۱	۲۰	۱۱	۲
اسلام آباد	۹	۱۳	۱۹	۱۶۷	۱۹	۱۳	۲
پای پل کرخه	۱۰	۴	۲۸	۱۳۴	۲۸	۳	۲

نتایج بررسی روند وقوع خشکسالی با مقیاس زمانی ۱۸ ماهه:

بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از نرم افزار DIP و بر اساس شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۸ ماهه برای ایستگاه های دزفول، سد دز، صفی آباد، اسلام آباد، هفت تپه، پای پل کرخه محاسبه گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج فوق شدید ترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در تیر ماه و مرداد ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۰۳$ و $-۲/۰۸$ روی داده که از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا دی ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است. ضمناً ۲۱ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه اسلام آباد از ماه های مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۱۸$ ، $-۲/۵۷$ ، $-۲/۳۹$ ، $-۲/۰۶$ ، $-۲/۶۷$ ، $-۲/۵۵$ ، $-۲/۵$ روی داده و همچنین در ادامه روند وقوع خشکسالی ها در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد ۱۳۸۸ با SPI ، $-۲/۲۶$ ، $-۲/۳۲$ ، $-۲/۳$ ، $-۲/۴۵$ ، $-۲/۳۷$ اتفاق افتاده که از خرداد ماه ۱۳۸۷ شروع و تا مرداد ماه ۱۳۹۰ ادامه داشته است. و ضمناً ۳ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه صفی آباد از ماه های مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند ماه ۱۳۸۷ با SPI ، $-۲/۰۷$ ، $-۲/۲۶$ ، $-۲/۳۹$ ، $-۲/۷۳$ ، $-۲/۵۴$ ، $-۲/۵۱$ روی داده و همچنین در ادامه روند وقوع خشکسالی ها در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد ۱۳۸۸ با SPI ، $-۲/۳۹$ ، $-۲/۳$ ، $-۲/۳۷$ ، $-۲/۴$ ، $-۲/۲۱$ اتفاق افتاده که از مرداد ماه ۱۳۸۷ شروع و تا خرداد ماه ۱۳۸۹ ادامه داشته است. ضمناً ۵ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در هفت



تپه از ماه های آبان، دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۷ با SPI، $-2/01$ ، $-2/33$ ، $-2/2$ ، $-2/24$ ، روی داده و همچنین در ادامه روند وقوع خشکسالی ها در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد ۱۳۸۸ با SPI، $-2/13$ ، $-2/11$ ، $-2/36$ ، $-2/31$ ، $-2/13$ ، اتفاق افتاده که از مهر ماه ۱۳۸۷ شروع و تا آذر ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است. ضمناً ۶ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه سد دز از ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۷ با SPI، $-2/01$ ، $-2/29$ ، $-2/47$ ، $-2/42$ ، روی داده و همچنین در ادامه روند وقوع خشکسالی ها در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد ۱۳۸۸ با SPI، $-2/05$ ، $-2/02$ ، $-2/32$ ، $-2/34$ ، $-2/13$ ، اتفاق افتاده که از تیر ماه ۱۳۸۷ شروع و تا آذر ماه ۱۳۸۸ ادامه داشته و در خشکسالی شدید دیگر که رخ داده در ماه های دی، بهمن ۱۳۹۰ با SPI، $-2/11$ ، $-2/11$ ، که رخ داده است. که از آبان ماه ۱۳۹۰ شروع و تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ ادامه داشته است. ضمناً ۱۱ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه پای پل کرخه از ماه های مهر، آبان، آذر ۱۳۸۲ با SPI، $-2/14$ ، $-2/28$ ، $-2/28$ ، روی داده که از اسفند ماه ۱۳۸۱ شروع و تا خرداد ماه ۱۳۸۳ ادامه داشته و همچنین خشکسالی شدید در ماه های دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۷ با SPI، $-2/14$ ، $-2/42$ ، $-2/41$ ، روی داده است در دیگر خشکسالی شدید که در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد ۱۳۸۸ با SPI، $-2/14$ ، $-2/13$ ، $-2/01$ ، $-2/01$ ، بوده که از مهر ماه ۱۳۸۷ شروع و تا خرداد ماه ۱۳۸۹ ادامه داشته است. و در ضمن ۸ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول (۴): مقادیر فراوانی بارش محاسبه شده از مدل بارش استاندارد شده SPI در مقیاس هجده ماهه برای هر ایستگاه

نام ایستگاه	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	نرمال	مرطوب ملایم	مرطوب متوسط	مرطوب شدید
دزفول	۲	۲۱	۱۸	۱۵۳	۲۶	۹	۵
سد دز	۱۱	۱۱	۱۳	۱۵۱	۳۴	۳	۰
هفت تپه	۹	۶	۲۷	۱۴۶	۳۹	۷	۱
صفی آباد	۱۱	۵	۱۵	۱۶۳	۲۷	۱۰	۴
اسلام آباد	۱۱	۳	۲۳	۱۵۹	۲۹	۹	۱
پای پل کرخه	۱۰	۸	۱۷	۱۴۷	۳۲	۸	۱

۵-۵ نتایج بررسی روند وقوع خشکسالی با مقیاس زمانی ۲۴ ماهه:

بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از نرم افزار DIP بر اساس شاخص SPI در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه ایستگاه های دزفول، سد دز، صفی آباد، اسلام آباد، هفت تپه، پای پل کرخه محاسبه شد. بر اساس نتایج فوق شدید ترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در ماه های دی، بهمن ۱۳۸۷ با SPI، $-2/01$ ، $-2/06$ ، که از فروردین ماه ۱۳۸۷ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۸۸ ادامه داشته است. ضمناً ۱۹ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. شدید ترین خشکسالی در ایستگاه اسلام آباد در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان، دی ۱۳۸۸ با SPI، $-2/31$ ، $-2/53$ ، $-2/53$ ، $-2/53$ ، $-2/53$ ، $-2/53$ ، $-2/52$ ، $-2/16$ ، $-2/04$ ، بوده که از آبان ماه ۱۳۸۷ شروع و تا اسفند ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته است. و ۵ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید. خشکسالی شدید در ایستگاه صفی آباد در ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، ۱۳۸۸ با SPI، $-2/39$ ، $-2/57$ ، $-2/57$ ، $-2/57$ ، $-2/57$ ، $-2/51$ ، رخ داده که از شهریور ماه ۱۳۸۷ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۸۹ ادامه داشته



کرخه در ماه‌های دی، بهمن ۱۳۹۰ با SPI، ۲/۲۳ - ۲/۱۸ - بوده که از فروردین ماه ۱۳۸۹ شروع و تا بهمن ماه ۱۳۹۱ ادامه داشته ضمناً ۱۷ مورد خشکسالی متوسط مشاهده گردید (جدول ۶).

جدول (۶) مقادیر فراوانی بارش محاسبه شده از مدل بارش استاندارد شده SPI در مقیاس ۴۸ ماهه برای هر ایستگاه

نام ایستگاه	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	نرمال	مرطوب ملایم	مرطوب متوسط	مرطوب شدید
دزفول	۰	۲۲	۱۹	۱۲۴	۱۶	۲۳	۱
سددز	۲	۲۰	۳	۱۲۴	۳۸	۶	۰
هفت تپه	۹	۱۲	۶	۱۴۷	۱۶	۱۵	۰
صفی آباد	۰	۲۰	۱۳	۱۳۳	۲۳	۱۵	۱
اسلام آباد	۸	۱۶	۸	۱۳۷	۳۴	۱	۱
پای پل کرخه	۲	۱۷	۱۲	۱۱۸	۲۲	۲۰	۰

نتایج تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف:

مقیاس‌های زمانی متفاوت شاخص SPI نیاز به تفاسیر متفاوتی دارند، به عنوان مثال SPI با مقیاس زمانی یک ماهه شرایط کوتاه مدت را منعکس می‌کند و از آن می‌توان برای تغییرات رطوبت خاک استفاده کرد. SPI با مقیاس زمانی سه ماهه، تخمین بارندگی فصلی را میسر می‌سازد، با توجه به اینکه در منطقه شمال خوزستان گاهی تا ۵ ماه از سال بارندگی نمی‌باشد، استفاده از این مقیاس زمانی توصیه نمی‌شود. SPI با مقیاس زمانی متوسط ۶ و ۹ ماهه روند الگوی بارش را تعیین می‌کنند. شکری کوچک و بهنیا (۱۳۸۸) در تحقیقی که انجام دادند، پیش‌بینی و گسترش خشکسالی در سطح استان خوزستان نشان دادند که در تمامی ایستگاه‌ها وضعیت تقریباً نرمال و براساس شاخص SPI با مقیاس زمانی شش ماهه با بیشترین فراوانی را دارا هستند. و SPI با مقیاس زمانی متوسط ۱۲ و ۱۸ ماهه الگوی بارندگی‌های میان مدت را منعکس می‌کنند. در واقع وقتی که مقیاس زمانی زیاد می‌شود، تناوب دوره‌های خشک کمتر می‌شود (سرانو و سورنا، ۲۰۰۵). نتایج SPI با مقیاس زمانی ۴۸ ماهه نشان می‌دهد که در دوره آماری موضوع این تحقیق مقادیر فراوانی SPI در شرایط نرمال نسبت به دیگر مقیاس‌های زمانی ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، کمتر شده دارای نوسانات قابل ملاحظه‌ای می‌باشد، این نشان دهنده این است که استفاده از سری زمانی ۴۸ ساعت برای الگوی بارندگی‌های بلند مدت مناسب می‌باشد. شکری کوچک (۱۳۹۲) طی تحقیقی که در بعضی از ایستگاه‌های استان خوزستان داشتن، به این نتیجه رسیدند که در همه ایستگاه‌ها تعداد دوره نرمال، بیشتر از دوره‌های تر و خشک و تعداد رویدادها تر در بیشتر ایستگاه‌ها از رویدادها خشک بیشتر می‌باشد. دوره‌های خشک، نرمال و تر در ایستگاه‌های منطقه دارای تداوم مختلف بوده، برخی از این دوره‌ها کوتاه مدت و برخی بلند مدت می‌باشند. که در ادامه روند وقوع خشکسالی آثار مهمی بر جا می‌گذارند. با بررسی سری‌های زمانی با شاخص SPI، می‌توان پی برد که طول دوره خشک، تر و نرمال در کدام یک از ایستگاه‌ها بیشتر است. این موضوع به ویژه برای برنامه‌ریزی‌های منابع آب و کشاورزی دارای اهمیت است. لذا یک مدیریت صحیح برای مقابله با این بلای طبیعی و ایجاد یک سامانه‌ی مدیریتی خطرپذیری، لزوم اطلاع‌رسانی درست و به موقع، و ارائه‌ی اطلاعات صحیح در هر مقیاس زمانی اجتناب ناپذیر است. پایش خشکسالی با استفاده از نمایه‌های خشکسالی، همچون شاخص SPI به عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر در سامانه‌ی پیش‌آگاهی مدیریت خطرپذیری بلایای طبیعی، این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان مناطقی از



استان را که بر اثر خشکسالی زیان دیده اند، شناسایی کرد و با توجه به بوم نظام شکننده ی این مناطق، باید در سال های کم آبی، بلحاظ نمودن احتمالات و پیش بینی وقوع خشکسالی، به برنامه ریزی و مدیریت صحیح منابع آبی آنجا پرداخت، در این راستا، می توان با استفاده از شاخص و یا شاخص های خشکسالی هواشناسی و آبشناسی شناسایی و اثرات روند وقوع خشکسالی را بر منابع آبی بهتر نشان داد.

نتیجه گیری

۱- نتایج این تحقیق نشان داده که در شمال خوزستان خشکسالی شدید و بسیار شدید اتفاق افتاده است. بیشترین فراوانی در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۳ ایستگاه ها مربوط به درصد فراوانی نرمال با ۶۵ درصد بوده و در این روش فراوانی خشکی حاد کمترین درصد فراوانی را داراست. همانطور که از تجزیه و تحلیل نمودارها و جداول در فصل چهارم تحقیق انجام و مشخص شد که خشکسالی از سال ۱۳۷۴ با فاصله زمانی انجام شده و از دهه ۸۰ به بعد فاصله زمانی خشکسالی هواشناسی بیشتر شده و در دهه ۹۰ هنوز ادامه دارد. نتیجه گیری می شود، عدم مدیریت صحیح، منطقه با مشکل جدی و در نهایت منطقه با تبدیل وضعیت خشکسالی هواشناسی به خشکسالی هیدرولوژی روبرو شود. لذا نیاز است موارد زیر در برنامه ی گسترده ی آینده کشور و منطقه قرار گیرد. هرچند که در این تحقیق همه ی آمار ها نشان دهنده ی فراوانی وضعیت نرمال بودن است اما همین نرمال بودن، زنگ هشدار برای تعجیل در استفاده از راهکارها می باشد، کاهش بده رودها، وافت سطح آب زیر زمینی در دوره ی مورد مطالعه، سازگاری و مطابقت خوبی نشان دادند البته باید این نکته را در نظر داشت که کمبود بارندگی تنها و مهمترین عامل مؤثر خشکسالی نیست، بلکه عدم یکنواختی ریزشها و زمان بارش جوی درطول سال نیز از جمله ی این موارد به شمار می رود.

۲- براساس نتایج این تحقیق؛ مقیاس زمانی شش ماهه با توجه به عدم بارندگی در شش ماه از سال در منطقه شمال خوزستان مناسب نیست، زیرا این مقیاس نوسانات جزئی بارش را نیز به عنوان خشکسالی نشان می دهند.

۳- ارزیابی توالی های وقوع خشکسالی در شمال خوزستان، نشان می دهد که استمرار نوسانات خشکسالی در دهه ۸۰ در شمال خوزستان، به دهه ۹۰ هم کشیده شده است. این مسئله مهمی در مدیریت بحران خشکسالی است. این بدان معنی می باشد که برنامه ریزی ها برای مدیریت و مقابله با بحران خشکسالی برای یک دوره ۵ ساله شدیداً نیاز می باشد.

۴- بررسی دقیق تر با دیدگاه کاربردی، همانطور که شاخص نا هنجاری جریان استاندارد شده در شمال خوزستان نشان می دهد که هیچ اطمینانی به خاتمه خشکسالی پس از وقوع سال پر آب نیست، نوسانات شاخص مذکور در دهه هشتاد و ابتدا دهه نود نمونه بسیار جالبی در این زمینه است.

۵- آمار محاسبه معیار خشکسالی در شمال خوزستان در مقیاس زمانی مختلف بیانگر اینست که بین ۳۰ تا ۵۰ ماه از دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۷۳ مواجه با خشکسالی بوده است.

۷- با توجه به شناسایی خشکسالی هواشناسی و حتی خشکسالی هیدرولوژی، و نظر به اینکه راندمان آبیاری در شمال خوزستان پایین است، پیشنهاد می گردد که مدیران بحران نظر جدی در سال ۱۳۹۶ نسبت به موضوع راندمان آبیاری داشته باشند.



منابع

- ۱- فرج‌زاده، م. ع.، موحد دانش ه. ۱۳۷۴. خشکسالی در ایران (با استفاده از برخی روشهای آماری). نشریه دانش کشاورزی، شماره ۱ و ۲ جلد پنجم ۳۱-۵۱.
 - ۲- فرج‌زاده، م. ۱۳۷۵. خشکسالی و روش های مطالعه آن. نشریه جنگل و مرتع. شماره ۳۲، ۲۲-۲۸.
 - ۳- شکری کوچک و بهنیا، ع. ۱۳۹۲: بررسی پایش و پیش بینی خشکسالی استان خوزستان با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف، مطالعه پژوهشی.
 - ۴- رضایی، ر. حسینی، و. و شریفی، ا. ۱۳۸۹. بررسی واکاوی و تبیین تأثیر خشکسالی بر مناطق روستایی شهرستان زنجان مطالعه موردی (روستای حاج آرش)، مجله پژوهش‌های روستایی، شماره ۳، ۱۰۹ - ۱۳۰.
 - ۵- فاتحی، مرج، او. حیدریان، س.ا. ۱۳۹۲. بررسی خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان، نشریه علمی پژوهشی، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هفتم، شماره ۲۳.
 - ۶- کماسی، م. ۱۳۹۲. پیش بینی خشکسالی با نمایه SPI به روش مدلسازی ANFIS بر مبنای خوشه بندی C-MEAN فازی، آب و فاضلاب، جلد چهارم، ۹۰ - ۱۰۲.
- 7-Byun, H. R., and Wilhite D.A. 1999. Objective quantification of drought severity and duration. Journal of Climate.
- 8- Mckee, T. B., Doseken, N.J. and Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to
- 9- Palmer, W. C. 1965. Meteorological drought. U. S. Dept. of Commerce Weather Bureau Research Paper 45, 58
- 10- 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