



بررسی خشکسالی در شمال خوزستان با استفاده از شاخص DM

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 در ابتدا شدت و فراوانی خشکسالی در قالب سری‌های زمانی ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه محاسبه شد و نهایتاً تعداد ماه‌های مواجهه با خشکسالی و بزرگی خشکسالی (DM) استخراج گردید و بر اساس آن پیش‌بینی روند خشکسالی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: فراوانی خشکسالی، میزان بزرگی خشکسالی (DM)، بحران آب

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، می باشد. لذا در صورت همگام نشدن با جهان و کشوری در رابطه با بحران آینده آب علی رغم 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 می آورد. 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 می شوند، 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 می تواند شروع خزنده یک خشکسالی را تشخیص و اعلام نماید. شکیبا و همکاران، (۱۳۸۹) طی تحقیقی که انجام دادند، معیار مجموع بزرگی بزرگی خشکسالی (DM)، معیار مناسبی جهت نشان دادن وضعیت خشکسالی برای مناطق شرق استان کرمانشاه معرفی کردند. یزدانی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه ای که بر روی پایش شدت ومدت 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 سال های 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 ایستگاه های اهواز و هفت تپه از پتانسیل حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی ها در مقایسه با سایر نواحی برخوردار می باشند. شگری 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^۱، ۲۰۰۷). تساکریس 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^۲ و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه خشکسالی که در کشور آمریکا با استفاده از داده های با قدرت بالا پرداخته است. مک کی^۳ 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 مقیاس های زمانی بلند مدت ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه برای هیدرولوژی استفاده کردند.

^۱ Beak consulting

^۲ Kangas et al

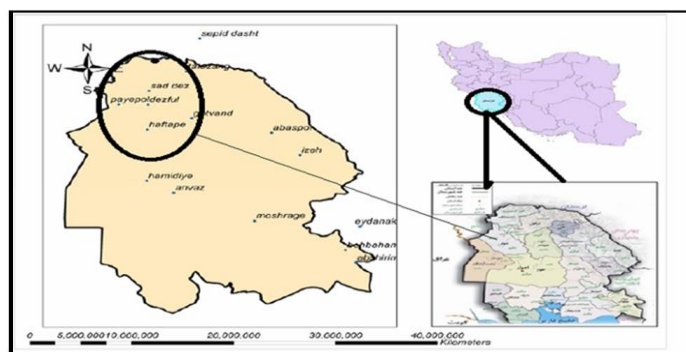
^۳ Makee et al

مواد و روش ها

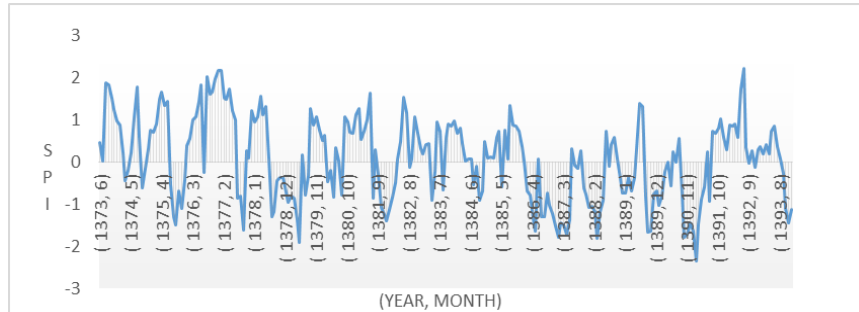
برای انجام این تحقیق از آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک سد دز با طول جغرافیایی $48^{\circ}, 28'$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ}, 36'$ و ارتفاع از سطح دریا ۵۲۵ متر، صفی آباد طول جغرافیایی $48^{\circ}, 25'$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ}, 16'$ و ارتفاع از سطح دریا ۵۲ متر، اسلام آباد طول جغرافیایی $48^{\circ}, 30'$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ}, 28'$ و ارتفاع از سطح دریا ۷۵/۶ متر، هفت تپه طول جغرافیایی $48^{\circ}, 31'$ و عرض جغرافیایی $04^{\circ}, 32'$ و ارتفاع از سطح دریا ۸۰ متر، سدتنظیمی دز طول جغرافیایی $48^{\circ}, 27'$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ}, 25'$ و ارتفاع از سطح دریا ۹۰ متر، در محدوده ی شهرستان های دزفول، اندیمشک، شوش، استفاده شده و از شاخص استاندارد شده بارش SPI به عنوان یکی از رایج ترین 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 وضعیت های 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 حالت های خشکسالی، نرمال و ترسالی گردید. ضمناً در این تحقیق جهت صحت نرمال بودن داده های بارندگی در دوره زمانی ۱۳۷۳-۱۳۹۳ از روش کلموگروف - اسمیرنوف در نرم افزار SPSS استفاده شده پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها، به منظور بررسی روند وقوع خشکسالی در شمال خوزستان با شاخص SPI در مقیاس های زمانی ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ ماهه از نرم افزارهای DIP و excel استفاده گردید. نتایج استخراج شاخص SPI در شکل‌های ۲ الی ۷ نشان داده شده است ضمناً میزان بزرگی خشکسالی در هنگام وقوع خشکسالی نیز براساس فرمول زیر و نتایج شاخص SPI محاسبه شد.

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

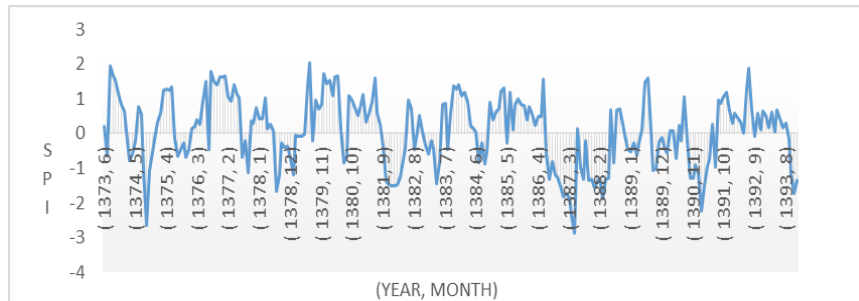
J = پارامتری که مقدار آن براساس اولین ماه خشکسالی از یک شروع و به تعداد ماه های یک رویداد خشکسالی افزایش می یابد.
 SPI_{ij} = شاخص خشکسالی ماه های کمتر از ۱- بر اساس مقیاس زمانی I در ماه J ام خشکسالی با توجه به اینکه در هر ایستگاه امکان رخداد دوره های مختلف خشکسالی در طول دوره ۱۳۷۳-۱۳۹۳ وجود دارد. لذا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



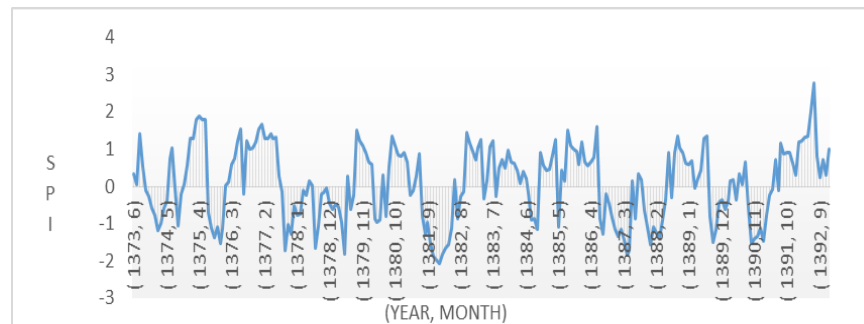
شکل (۱): منطقه مورد مطالعه



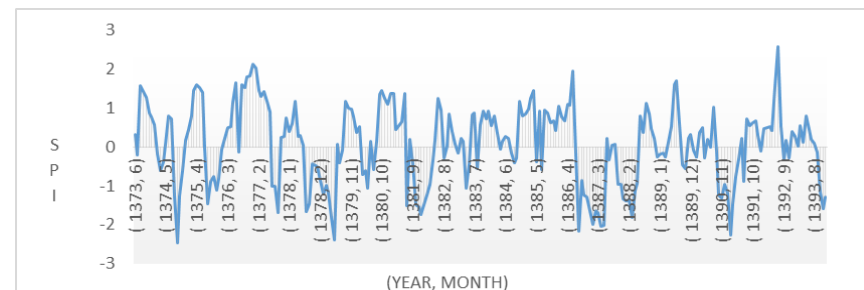
شکل (۲): سری زمانی شاخص SPI شش ماهه در ایستگاه سد تنظیمی دزفول برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳



شکل (۳): سری زمانی شاخص SPI شش ماهه در ایستگاه هفت تپه برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳



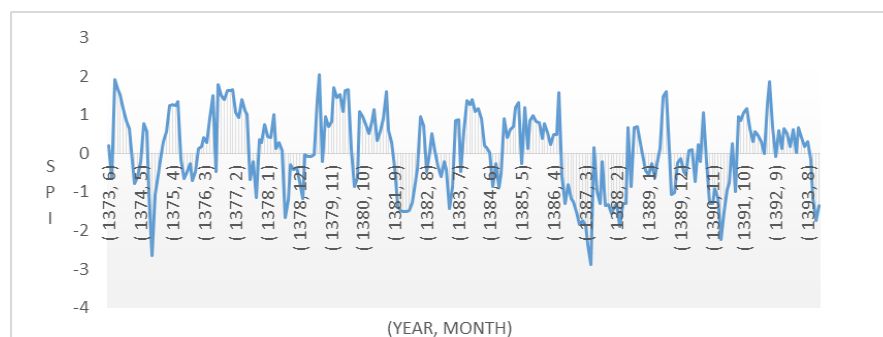
شکل (۴): سری زمانی شاخص SPI شش ماهه در ایستگاه پای پل برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳



شکل (۵): سری زمانی شاخص SPI شش ماهه در ایستگاه صفی آباد برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳



شکل (۶): سری زمانی شاخص SPI، شش ماهه در ایستگاه سد دز برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳



شکل (۷): سری زمانی شاخص SPI شش ماهه در ایستگاه اسلام آباد برای دوره آماری ۹۳-۱۳۷۳

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این تحقیق معیار های خشکسالی در مقیاس زمانی ۶ ماهه در جدول ۱ مشاهده می گردد ، ایستگاه صفی آباد با مجموع ۶۵/۴۳ بیشترین مجموع DM و ایستگاه دزفول با مجموع ۵۸/۱۹ کمترین مجموع DM را دارد. در رابطه با تعداد ماه هایی که مواجه با خشکسالی هستند ، ایستگاه های صفی آباد و پای پل هرکدام با ۴۳ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه هفت تپه با ۴۰ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را نشان میدهد . همچنین معیار های بررسی خشکسالی در مقیاس زمانی ۹ ماهه در جدول ۲ نشان داده شده است ، ایستگاه صفی آباد با مجموع ۷۴/۱۲ بیشترین مجموع DM و ایستگاه پای پل با مجموع ۶۱/۸۹ کمترین مجموع DM را داراست. در رابطه با تعداد ماه هایی که مواجه با خشکسالی هستند، ایستگاه های صفی آباد با ۵۰ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه پای پل با ۴۳ ماه کمترین تعداد ماه مواجه



با خشکسالی را بیان می‌کند. نتایج معیار های بررسی خشکسالی در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه نشان داد که، ایستگاه صفی آباد با مجموع ۷۴/۳۴ بیشترین مجموع DM و ایستگاه پای پل با مجموع ۶۰/۶۳ کمترین مجموع DM را دارد. در رابطه با تعداد ماه هایی که مواجه با خشکسالی هستند، ایستگاه های دزفول با ۵۱ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه اسلام آباد با ۴۰ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را دارا می باشد. مطابق جدول ۴ معیار های بررسی خشکسالی در مقیاس زمانی ۱۸ ماهه، نشان می دهد که ایستگاه هفت تپه با مجموع ۶۲/۸۲ بیشترین مجموع DM و ایستگاه صفی آباد با مجموع ۵۰/۲۶ کمترین مجموع DM را دارد. در رابطه با تعداد ماه هایی که مواجه با خشکسالی هستند، ایستگاه هفت تپه با ۴۱ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه صفی آباد با ۳۰ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را نشان میدهد. ضمناً نتایج معیار های بررسی خشکسالی در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه مطابق جدول ۵ نشان داد که ایستگاه سد دز با مجموع ۵۹/۷۹ بیشترین مجموع DM و ایستگاه صفی آباد با مجموع ۴۱/۷۴ کمترین مجموع DM را دارد. در رابطه با تعداد ماه هایی که مواجه با خشکسالی هستند، ایستگاه های هفت تپه و پای پل هر کدام با ۳۴ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه صفی آباد با ۲۰ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را نشان میدهد. نتایج معیار های بررسی خشکسالی در مقیاس زمانی ۴۸ ماهه مطابق جدول ۶ نشان داد که، ایستگاه دزفول با مجموع ۶۴/۱۹ بیشترین مجموع DM و ایستگاه سد دز با مجموع ۴۴/۷ کمترین مجموع DM را داشته و ایستگاه های دزفول با ۴۴ ماه بیشترین تعداد ماه های مواجه با خشکسالی و ایستگاه سد دز با ۲۶ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را نشان میدهد.

جدول (۱): معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۶ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجه با خشکسالی
۱	دزفول	۵۸/۱۹	۴۱
۲	سد دز	۶۳/۰۴	۴۳
۳	صفی آباد	۶۵/۴۳	۴۳
۴	اسلام آباد	۶۲/۵	۴۲
۵	هفت تپه	۶۰/۸۴	۴۰
۶	پای پل	۶۰/۰۹	۴۳

جدول (۲): معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۹ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجه با خشکسالی
۱	دزفول	۶۸/۳۶	۴۸
۲	سد دز	۶۹/۲۵	۴۵
۳	صفی آباد	۷۴/۱۲	۵۰
۴	اسلام آباد	۶۹/۳۱	۴۴
۵	هفت تپه	۷۰/۷۳	۴۷
۶	پای پل	۶۱/۸۹	۴۳



جدول (۳) معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۱۲ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی
۱	دزفول	۷۲/۳۹	۵۱
۲	سد دز	۶۷/۴۸	۴۱
۳	صفی آباد	۷۱/۲۱	۴۶
۴	اسلام آباد	۶۶/۹	۴۰
۵	هفت تپه	۷۴/۳۴	۴۹
۶	پای پل	۶۰/۶۳	۴۱

جدول (۴) معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۱۸ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی
۱	دزفول	۶۲/۰۸	۴۰
۲	سد دز	۶۰/۴۸	۳۵
۳	صفی آباد	۵۰/۲۶	۳۰
۴	اسلام آباد	۵۷/۲۳	۳۷
۵	هفت تپه	۶۲/۸۲	۴۱
۶	پای پل	۵۶/۳۵	۳۴

جدول (۵) معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۲۴ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی
۱	دزفول	۵۷/۶	۳۷
۲	سد دز	۵۹/۷۵	۳۶
۳	صفی آباد	۴۱/۷۴	۲۰
۴	اسلام آباد	۵۴/۸۹	۳۴
۵	هفت تپه	۵۵/۵۷	۳۴
۶	پای پل	۵۶/۷۳	۳۴

جدول (۶): معیار های خشکسالی در هر یک از ایستگاه ها بر اساس مقیاس زمانی ۴۸ ماهه

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی
۱	دزفول	۶۴/۱۹	۴۴
۲	سد دز	۴۴/۷	۲۶
۳	صفی آباد	۵۱/۳	۳۳
۴	اسلام آباد	۵۵/۵۴	۳۲
۵	هفت تپه	۴۹/۲۱	۲۷
۶	پای پل	۴۵/۶۳	۳۰



نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داده 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. مطابق این تحقیق همه ی آمارها 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، و افت 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 در طول سال نیز از جمله ی این موارد به شمار می رود. ضمناً نتایج نشان داد در مقیاس زمانی شش ماهه ایستگاه های مورد مطالعه با بیش از چهل ماه بیشترین تداوم خشکسالی را دارا می باشند. همچنین در مقیاس نه ماهه ایستگاه های صفی آباد، دزفول، هفت تپه با تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی با ۵۰، ۴۸، ۴۷ ماه بیشترین تداوم خشکسالی را نشان می دهند. در مقیاس دوازده ماهه ایستگاه های دزفول، هفت تپه با ۵۱، ۴۹ ماه بیشترین ماه مواجهه با خشکسالی را نشان می دهند. در ادامه بررسی تداوم خشکسالی با مقیاس زمانی هجده ماهه بیشترین ماه های خشکسالی مربوط به ایستگاههای هفت تپه و دزفول با ۴۰ و ۴۱ ماه بوده است. با بررسی مقیاس زمانی بیست و چهار ماه بیشترین تداوم خشکسالی را ایستگاه دزفول با ۳۷ ماه بوده، ضمناً در مقیاس زمانی چهل و هشت ماهه بیشترین تداوم خشکسالی مربوط به ایستگاه دزفول با تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی ۴۴ ماه می باشد.

منابع

- ۱- فرج زاده، 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- فرج زاده، 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 پژوهش های 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.