فراوانی وقوع خشک‌سالی در حوضه رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان با استفاده از شاخص‌های مختلف

علی عصاره[1]*
ابراهیم امیری[2]

۱. گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات:
ali_assareh_2003@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹٤۰۲۰۱۳۷
تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۰۷/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۵
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

ایران کشوری است خشک و دچار بحران آب. با توجه به نقش آب‌های سطحی در اکوسیستم منطقه و تأثیر خشک‌سالی بر کمیت و کیفیت این آب‌ها، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی فراوانی وقوع خشک‌سالی در استان خوزستان انجام شد. به این منظور از آمار بارندگی سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک دزفول، شوشتر، بهبهان، آبادان، مسجدسلیمان، اهواز و ایذه برای یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۰) استفاده گردید. آزمون صحت و همگنی داده‌ها به روش ران تست و جرم مضاعف انجام شد. سپس فراوانی وقوع و شدت خشک‌سالی بر اساس ۵ شاخص، تحلیل داده‌های بارندگی (SPI)، روش شاخص آستانه نرمال اقلیمی (RI)، شاخص بارش قابل‌اعتماد (DR)، روش نیچه و روش PNPI موردمطالعه قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از روش SPI نشان داد که در ایستگاه‌های اهواز، دزفول، آبادان، مسجدسلیمان، بهبهان، ایذه و شوشتر به ترتیب ۷، ۶، ۶، ۶، ۷، ۹ و ۸ مورد از انواع خشک‌سالی، بر اساس شاخص RI در ایستگاه‌های منتخب به ترتیب ۳،۴،۱۰، بدون بروز خشک‌سالی،۴،۵ و ۴ مورد خشک‌سالی، بر اساس شاخص DR در ایستگاه‌های اهواز، دزفول، مسجدسلیمان، بهبهان و ایذه ۶ مورد و در ایستگاه‌های آبادان و شوشتر ۵ مورد خشک‌سالی، بر اساس روش نیچه در ایستگاه‌های اهواز و دزفول ۵ مورد در ایستگاه‌های آبادان و بهبهان ۴ مورد، در ایستگاه مسجدسلیمان ۳ مورد، در ایستگاه شوشتر ۲ مورد و در ایستگاه ایذه یک مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است. این در حالی است که نتایج تحقیق بر اساس شاخص PNPI نشان داد در ایستگاه‌های بهبهان و ایذه ۹ مورد خشک‌سالی، در ایستگاه‌های اهواز، مسجدسلیمان و شوشتر ۷ مورد خشک‌سالی و در ایستگاه-های دزفول و آبادان ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است. نتایج نشان می‌دهد که در تمام ایستگاه‌های موردمطالعه در طول سال‌های آماری حداقل ۳۰ درصد خشک‌سالی اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: خشک‌سالی،SPI، شاخص نرمال اقلیمی، شاخص بارش قابل‌اعتماد، روش نیچه، PNPI.

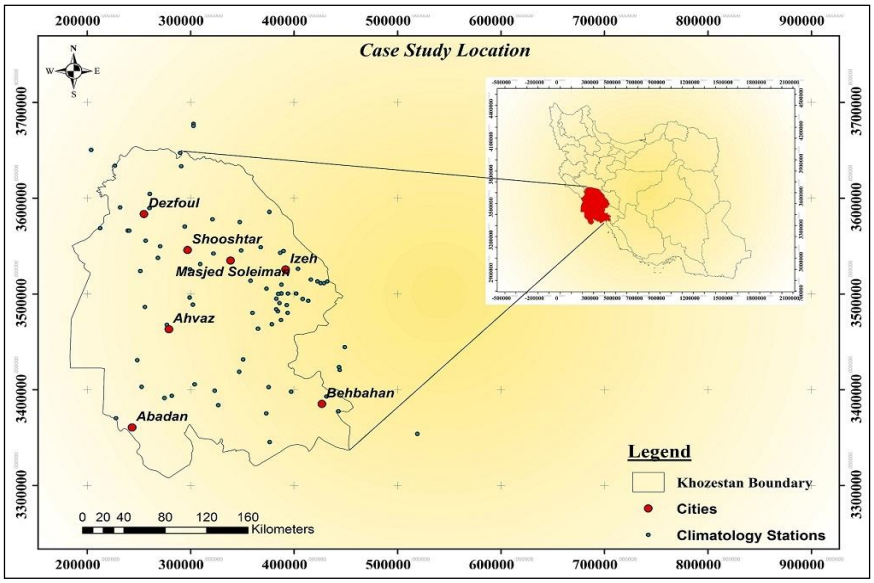
مقدمه

ایران کشوری است خشک و دچار بحران آب و خشک‌سالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی و ازجمله رخدادهای مصیبت باری است که خسارت‌های زیادی را باعث می‌شود. این پدیده منجر به وارد شدن صدمه به محصولات کشاورزی و کاهش عملکرد، کاهش سریع جریان‌های سطحی و افت مخازن زیرزمینی، تغییر در اکوسیستم‌های آبی نظیر رودخانه‌ها و تالاب‌ها و یا کمبود مقدار بارندگی نسبت به میانگین درازمدت می‌شود. پدیده خشک‌سالی با سایر بحران‌های طبیعی متفاوت است زیرا این پدیده به آهستگی و در زمان نسبتاً طولانی به وقوع می‌پیوندد و در

برخی مواقع دوره تداوم آن بیش از چند سال است (شاهیان و همکاران، ۱۳۹۰). هنوز یک تعریف پذیرفته‌شده درباره خشک‌سالی وجود ندارد. Wilhite و Glantz (۱۹۸۵) خشک‌سالی را به ۴ دسته خشک‌سالی هواشناسی، خشک‌سالی کشاورزی، خشک‌سالی هیدرولوژیکی و خشک‌سالی اقتصادی- اجتماعی طبقه‌بندی نمودند. در همه این تعاریف خشک‌سالی یک دوره پیوسته و پایدار که در آن مقدار آب موجود در یک منطقه به حد قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، بیان می‌شود. خشک‌سالی هواشناسی اساساً به حالتی از خشک‌سالی که ناشی از کمبود باران است اطلاق می‌شود و اولین نشانه بروز خشک‌سالی، خشک‌سالی هواشناسی می‌باشد. ادامه خشک‌سالی هواشناسی و تداوم آن موجب بروز خشک‌سالی هیدرولوژی می‌گردد که سطح تراز ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی از حالت معمول خود پایین‌تر می‌آید. با کاهش سطح ایستابی رطوبت خاک کاهش‌یافته و باعث بروز خشک‌سالی کشاورزی می‌شود. از دیدگاه اجتماعی –اقتصادی خشک‌سالی یعنی زمانی که کمبود آب برای نیازهای بشر موجب نابهنجاری‌های اجتماعی و اقتصادی شود. این تعاریف گوناگون منجر به تعریف شاخص‌های مختلفی شده است. بارش عمده‌ترین پارامتری است که در تعریف شاخص‌ها بکار گرفته‌شده است. بعضی از تعاریف خشک‌سالی بارش‌های روزانه، هفتگی و یا دوره‌ای را مدنظر قرار می‌دهند که به نظر می‌رسد چنین تعاریفی با شرایط آب و هوایی ایران تناسب نداشته باشد؛ زیرا در اغلب مناطق ایران که یک‌فصل و گاه دو فصل از سال هیچ‌گونه بارشی حادث نمی‌شود، تعیین خشک‌سالی به‌صورت دوره‌های کوتاه‌مدت چندروزه مقدور نیست و معنایی ندارد. پژوهش‌های Palmer (۱۹۶۵) در خصوص خشک‌سالی ازجمله نخستین پژوهش‌هایی است که خشک‌سالی را کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی (منظور انحراف از شرایط طبیعی با میانگین درازمدت پارامترهای هواشناسی) دانسته است. Hong و همکاران (۲۰۰۱) با ارزیابی سه شاخص، بارش استانداردشده (SPI)، نمرات استانداردشده بارش سالیانه (ZSIAP) و روش CZI، مزایا و معایب هر روش را بیان کردند. نتایج نشان داد که محاسبات شاخص‌های ZSIAP و CZI نسبت به شاخص SPI ساده‌تر می‌باشد. همچنین برای زمانی که بارش کمتر از میانگین بارش برای یک دوره باشد، روش CZI نسبت به دو روش دیگر بهتر جواب می‌دهد. Pashiardis و Michaelides (۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردی کیپروس از شاخص SPI و شاخص RDI استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان‌دهنده این واقعیت بود که هر دو شاخص به‌طور مؤثری خشک‌سالی را تحلیل می‌نمایند. ساری صراف و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از شاخص‌های بارش قابل‌اعتماد (DRI)، روش نیچه و نمایه درصد از بارش نرمال (PNPI) به بررسی خشک‌سالی و ترسالی حوضه ارس پرداختند. نتایج نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها وضعیت بارش در حالت نرمال بود و در بین روش‌های استفاده‌شده روش بارش قابل‌اعتماد با داشتن محدودیت‌های کمتر و قابلیت‌های بیشتر برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی، بهتر از دیگر مدل‌ها بود. هاشمی دوین و آهنگر زاده (۱۳۹۲) از داده‌های آمار بارندگی ماهانه ۱۷ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی استان خراسان شمالی با دوره آماری ۲۲ ساله به‌منظور پایش خشک‌سالی هواشناسی استان خراسان شمالی در محیط GIS استفاده نمودند. نتایج حاصل از محاسبات آن‌ها نشان داد که شاخص‌های DI و SPI مقارن با سال وقوع حداقل بارندگی، رخداد خشک‌سالی شدید و بسیار شدید را در تمام ایستگاه‌های تحت مطالعه نشان می‌دهد. امیری و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص‌های SPI، PNPI و روش نیچه به بررسی خشک‌سالی در ۴ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشاد داد که ازنظر تفکیک سال‌های مرطوب و خشک در ایستگاه‌های موردمطالعه، اغلب بارش‌ها نرمال بوده است و سال‌های خشک و مرطوب نیز به‌صورت دوره‌ای مشاهده شد. برنا و همکاران (۱۳۸۹) شاخص‌های SIPA، RN و RAI را در ایستگاه‌های آبادان و دزفول مورد مقایسه قراردادند. نتایج نشان داد که فراوانی و توالی خشک‌سالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول است. شکری کوچک و بهنیا (۱۳۹۲) خشک‌سالی استان خوزستان را با استفاده از شاخص خشک‌سالی SPI و زنجیره مارکوف پیش‌بینی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها وضعیت تقریباً نرمال، بر اساس شاخص SPI با مقیاس زمانی شش‌ماهه، بیشترین فراوانی را دارد. هدف از این تحقیق بررسی فراوانی و شدت وقوع خشک‌سالی در مقیاس سالانه استان خوزستان با استفاده از شاخص‌های مختلف در یک دوره آماری ۲۰ ساله است.

مواد و روش‌ها

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران در کرانه خلیج‌فارس و اروندرود قرار دارد که علاوه بر برخورداری از ذخایر نفت وگاز در حدود یک‌سوم از آب‌های سطحی کشور را به خود اختصاص داده است. پنج رودخانه بزرگ و پرآب ایران کارون، دز، کرخه، جراحی و هندیجان در آن جاری می‌باشد که با عنایت به شرایط اقلیمی و امکان فعالیت‌های کشاورزی در طول سال و راه داشتن به دریای آزاد و همچنین دسترسی آسان و سریع به بازارهای مصرف داخلی و خارجی به‌موجب برخورداری از کلیه امکانات ارتباطی هوایی، دریایی، ریلی و زمینی در سطح جهانی ممتاز و کم‌نظیر می‌باشد. داده‌هایی که برای تجزیه‌وتحلیل خشک‌سالی در این تحقیق مورداستفاده قرارگرفته است شامل داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک دزفول، شوشتر، بهبهان، آبادان، مسجدسلیمان، اهواز و ایذه بود که از اداره کل هواشناسی استان خوزستان اخذ گردید. همچنین برای بررسی خشک‌سالی استان خوزستان از ۵ روش تحلیل داده‌های بارندگی (SPI)، روش شاخص آستانه نرمال اقلیمی، شاخص بارش قابل‌اعتماد (DR)، روش نیچه و روش PNPI در طول ۲۰ سال آماری (۱۳۹۱-۱۳۷۰) استفاده شد. تصادفی بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون دنباله‌ها واسپیرمن مورد تجزیه قرار گرفت و صحت و درستی و همگنی بروش ران تست کنترل و آمار ناقص به روش رگرسیون جایگزین گردید. همچنین برای تعیین ضریب همبستگی از نرم‌افزار spss بهره‌گیری شده است. در شکل شماره (۱) نمایی از ایستگاه‌های استان خوزستان و در جدول شماره (۱) مشخصات ایستگاه‌های موردمطالعه نشان داده‌شده است.



شکل ۱: نمایی از موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه استان خوزستان

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های موردمطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح آب‌های آزاد (متر)
آبادان	۴۸°۱۸′۲۸′′	۳۰°۲۰′۲۴′′	۳
اهواز	۴۸°۴۱′	۳۱°۱۹′	۱۰
بهبهان	۵۰°۱۵′	۳۰°۳۶′	۳۲۵
ایذه	۴۹°۵۲′	۳۱°۵۰′	۸۲۵
مسجدسلیمان	۴۹°۱۸′	۳۱°۵۹′	۳۷۲
دزفول	۴۸°۲۴′۱۱′′	۳۲°۲۲′۵۵′′	۱۴۰
شوشتر	۴۸°۵۱′	۳۲°۳۰′	۶۵

محاسبه بارش استانداردشده (SPI)

درروش محاسبه مقادیر شدت‌های خشک‌سالی و تر سالی، ابتدا احتمال مقادیر تجمعی بارش در مقیاس زمانی به کمک توزیع گامای ناقص محاسبه و سپس این مقادیر به یک متغیر تصادفی استاندارد نرمال با میانگین صفر و واریانس یک تبدیل می‌شود که این متغیر همان SPI است (Mckee,1993). با توجه به مطالب فوق آمار ماهانه بارندگی ایستگاه‌های شاخص بازسازی و از روی آن آمار بارندگی سالانه هر ایستگاه به‌دست‌آمده آمد. پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار دوره ۲۰ ساله، مقادیر SPI از روی رابطه (۱) محاسبه گردید.

رابطه (۱):

$$SPI = \frac{x - \bar{x}}{sd}$$

که در آن SPI: بارش استانداردشده،X: مجموع بارش در یک سال معین، $\bar{x}$: میانگین مجموع بارش در یک سال معین وSd: انحراف معیار داده‌ها است.

طبق این روش خشک‌سالی زمانی اتفاق می‌افتدکه SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. مقادیر تجمعی SPI بزرگی و شدت دوره خشک‌سالی را نشان می‌دهد. جدول ۲ طبقه‌بندی خشک‌سالی بر اساس این شاخص را نشان می‌دهد.

جدول ۲: طبقه‌بندی خشک‌سالی بر اساس شاخص بارش استاندارد

طبقه	مقادیر SPI
ترسالی خیلی شدید	>۲
ترسالی شدید	۱/۹۹ تا ۱/۵
ترسالی متوسط	۱/۴۹ تا ۱
ترسالی خفیف	۰/۹۹ تا ۰/۵
نرمال	۰/۴۹ تا ۰/۴۹-
خشک‌سالی خفیف	۰/۵- تا ۰/۹۹-
خشک‌سالی متوسط	۱-تا ۱/۴۹-
خشک‌سالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشک‌سالی خیلی شدید	<۲-

محاسبه شاخص آستانه نرمال اقلیمی

در این شاخص میانگین درازمدت بارش‌های ثبت‌شده فصلی و سالیانه در نظر گرفته می‌شود. درصورتی‌که بارش هرسال آماری ((Ri از ۶۰ درصد میانگین درازمدت ($0.6\overline{R}$) کمتر شود، آن سال، سال خشک تلقی می‌گردد و چنانچه خشکی حداقل در دو سال متوالی تکرار گردد خشک‌سالی به وقوع پیوسته است. همچنین اگر ۵۰ درصد وسعت ناحیه‌ای در طی دو سال متوالی بارش کمتر از ۶۰ درصد میانگین درازمدت را دریافت کند خشک‌سالی رخ‌داده است.

محاسبه شاخص قابل‌اعتماد (DR)

به‌منظور محاسبه میزان بارش قابل‌اعتماد و تعیین سال‌های مرطوب و خشک از رابطه (۲) استفاده شد.

رابطه ۲: $DR = 0.8\sqrt[n]{p1 \times p2 \times pn}$

مقادیر ارائه‌شده برای طبقه‌بندی و تعیین کیفیت بارش از طریق نمایه DR بر اساس روابط ۳ الی ۵ می‌باشد.

رابطه ۳: محدوده نرمال $DR \leq P \leq GM$

رابطه ۴: شرایط خشک‌سالی $P < DR$

رابطه ۵: شرایط تر سالی $P > GM$

در روابط فوق، DR: نمایه بارش قابل‌اعتماد، ، GM: میانگین هندسی بارش در طول دوره آماری و P: بارش در سال موردنظر می‌باشد (Popov *et al*., 2002).

با استفاده از داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان در طول دوره آماری و با استفاده از روابط ۶ الی ۸ که توسط نیچه ارائه‌شده است ،اقدام به تعیین دوره‌های تر سالی و خشک‌سالی خواهد شد .

رابطه ۶: شرایط نرمال $(Pmean - SD) \leq PI \leq (Pmean + SD)$

رابطه ۷: شرایط تر سالی $PI \geq (Pmean + SD)$

رابطه ۸: شرایط خشک‌سالی $PI \leq (Pmean - SD)$

در آن P_{mean} : میانگین بارش در سال‌های آماری، PI : بارش سال موردنظر، SD: انحراف از معیار می‌باشد (Mckee ,1993) .

در روش PNPI با استفاده از رابطه ۹ اقدام به برآورد ترسالی و خشک‌سالی می‌نماید (WMO, 2004) .

رابطه ۹: $PNPI = \frac{PI}{Pmean} \times 100$

در این روش خواهیم داشت:

شرایط خشک‌سالی $PNPI < 80$

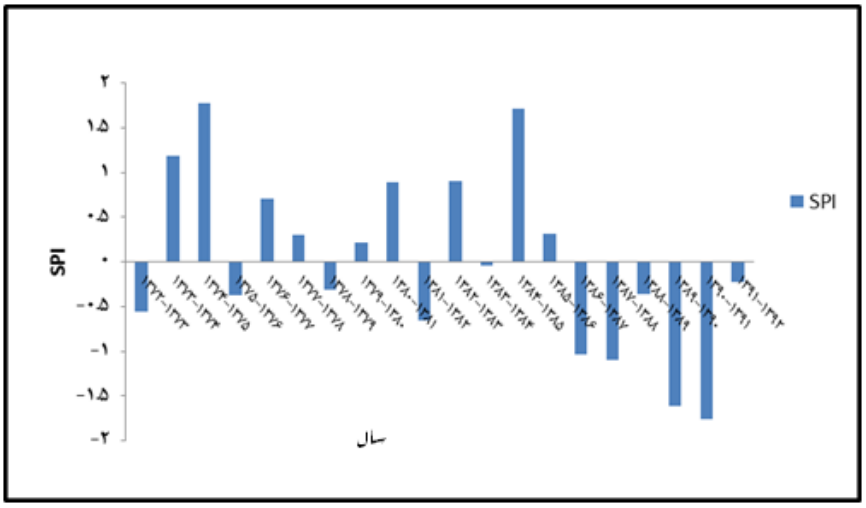
شرایط نرمال $80 < PNPI < 120$

شرایط تر سالی $PNPI > 120$

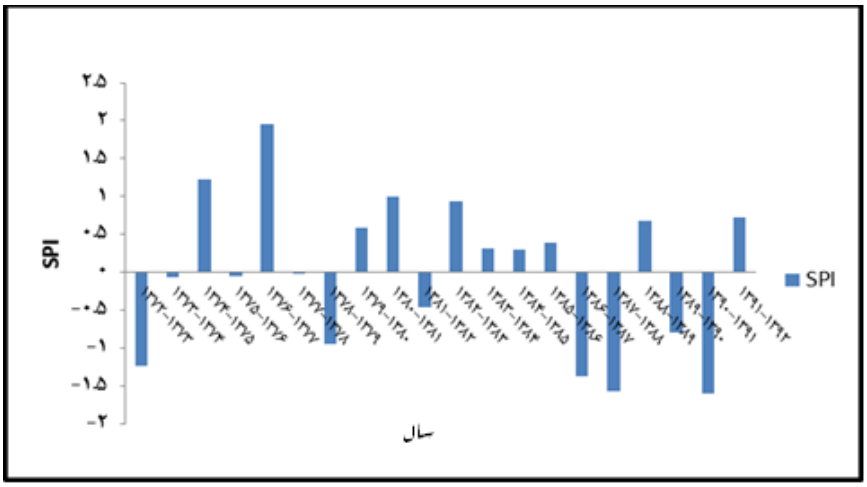
نتایج

در بررسی فراوانی خشک‌سالی با استفاده از شاخصSPI، همان‌طور که بیان گردید، طبق این روش خشک‌سالی زمانی اتفاق می‌افتدکه SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. مقادیر تجمعی SPI بزرگی و شدت دوره خشک‌سالی را نشان می‌دهد. درشکل‌های ۲ تا ۸ روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری و به تفکیک ایستگاه‌ها نشان داده‌شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص SPI و با توجه به محدوده‌های تعیین‌شده در جدول ۲، در ایستگاه اهواز ۷ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده

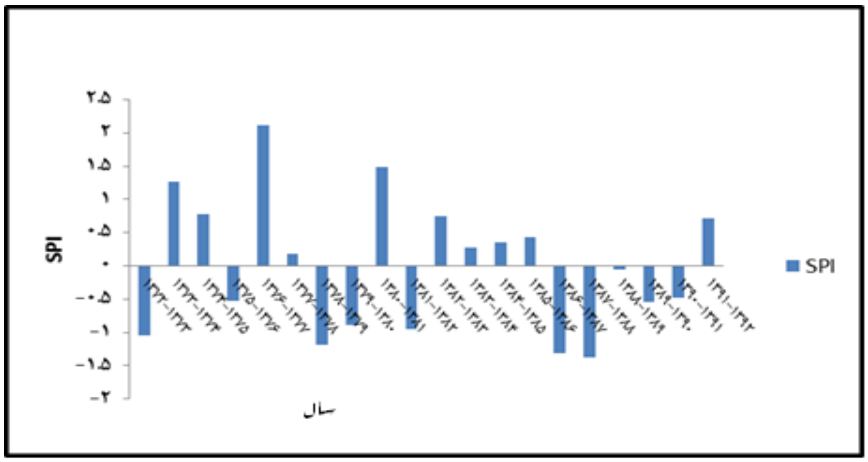
است که ۳ مورد آن خشک‌سالی از نوع خفیف ، ۲ مورد خشک‌سالی متوسط و ۲ مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. در ایستگاه دزفول ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که یک مورد آن خشک‌سالی از نوع خفیف،۴ مورد خشک‌سالی متوسط و یک مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. در ایستگاه آبادان نیز ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که۲ مورد آن خشک‌سالی از نوع خفیف، ۳ مورد خشک‌سالی متوسط و یک مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. نتایج سایر ایستگاه‌ها در جدول۳ ارائه‌شده است.نتایج این تحقیق حاکی از آن است که شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه اهواز مربوط به سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ می‌باشد که میانگین بارندگی در این سال ۸۳/۲ میلی‌متر می‌باشد. در ایستگاه آبادان و ایذه نیز شدیدترین خشک‌سالی مربوط به همین سال با متوسط بارندگی به ترتیب ۵۳/۲ میلی‌متر و۳۵۲/۵ میلی‌متر می‌باشد. این در حالی است که شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه‌های بهبهان و مسجدسلیمان مربوط به سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ با مقادیر به ترتیب ۱۳۰/۹میلی‌متر و ۱۷۶ میلی‌متر و شدیدترین خشک‌سالی رخداده در طول دوره آماری در ایستگاه دزفول مربوط به سال ۸۷-۱۳۸۶ به میزان ۱۳۲ میلی‌متر و شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه شوشتر مربوط به سال ۱۳۷۹-۱۳۷۸ به میزان ۱۳۱/۸ میلی‌متر به‌دست آمد.



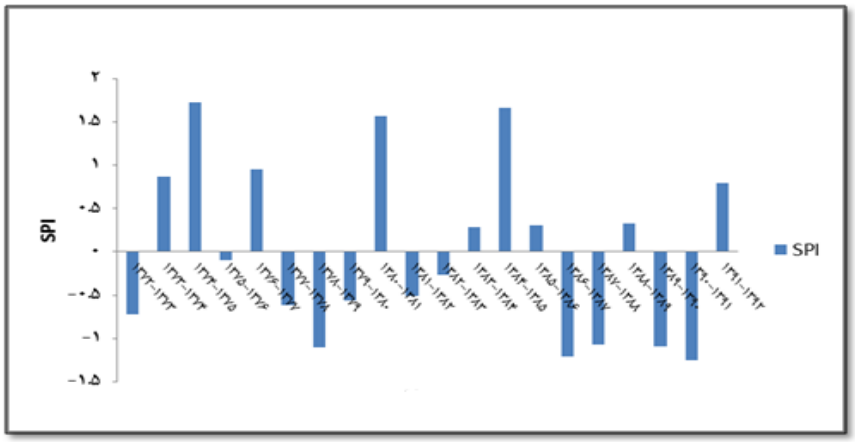
شکل۲: روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه آبادان.



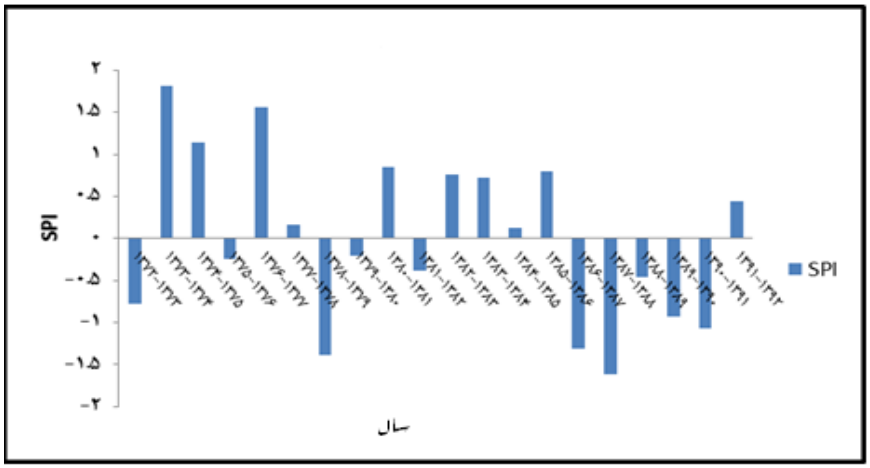
شکل۳: روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه اهواز.



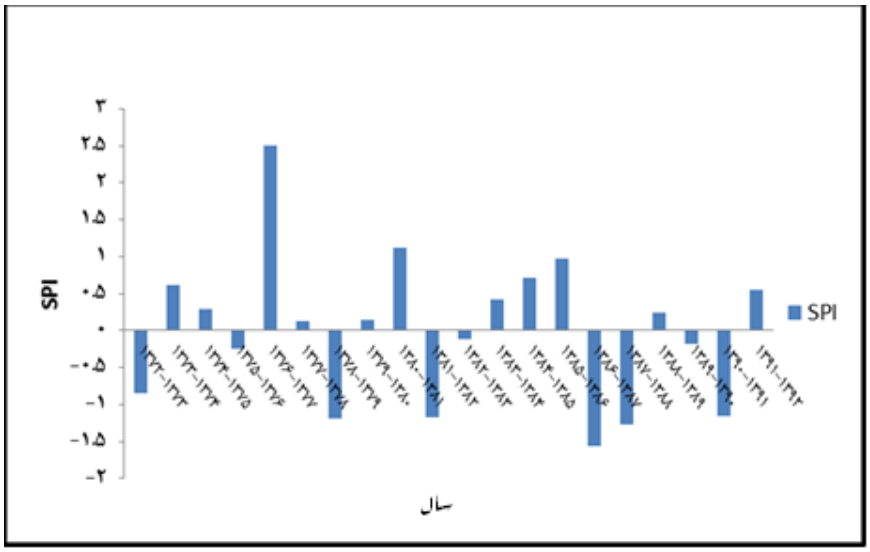
شکل٤: روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه بهبهان.



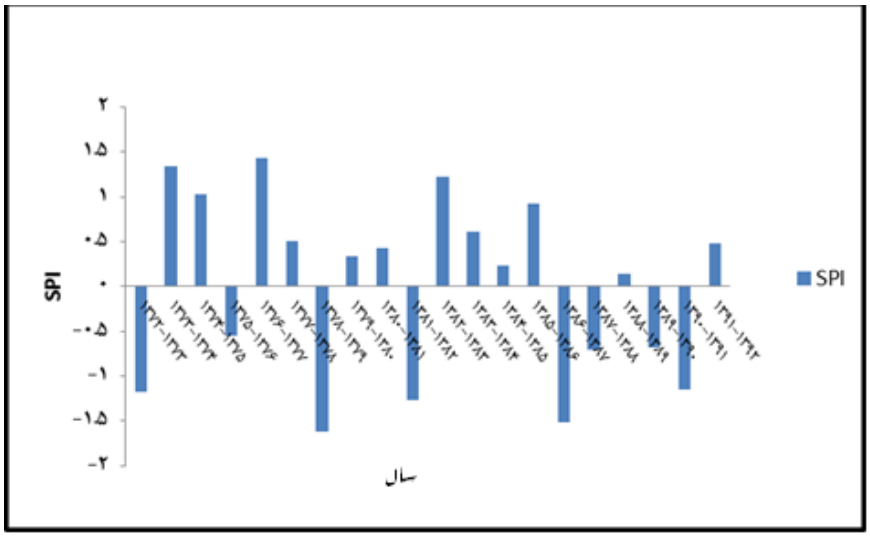
شکل٥ : روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه ایذه.



شکل٦ : روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه مسجدسلیمان.



شکل۷ : روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه دزفول.



شکل ۸ : روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری (۱۳۹۱-۱۳۷۰) در ایستگاه شوشتر.

جدول۳ : فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) بر اساس شاخص SPI.

ایستگاه	خشک‌سالی خیلی شدید	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی خفیف	نرمال	ترسالی خفیف	ترسالی متوسط	تر سالی شدید	تر سالی خیلی شدید
اهواز	-	۲	۲	۳	۶	۴	۲	۱	-
دزفول	-	۱	۴	۱	۸	۴	۱	-	۱
آبادان	-	۱	۳	۲	۸	۳	۲	۱	-
مسجد-سلیمان	-	۱	۳	۲	۸	۳	۱	۲	-
بهبهان	-	-	۴	۳	۷	۳	۲	۱	-
ایذه	-	-	۵	۴	۵	۳	-	۳	-
شوشتر	-	۲	۳	۳	۵	۳	۴	-	-

در جدول۴ و با توجه به محدوده‌های تعیین‌شده در قسمت مواد و روش‌ها فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری بر اساس شاخص Ri داده‌شده است. بر اساس این شاخص، در ایستگاه اهواز ۱۰ مورد خشک‌سالی و ۱۰ موردتر سالی اتفاق افتاده است. در ایستگاه‌های دزفول، ایذه و شوشتر ۴ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است و در ایستگاه آبادان نیز ۳ مورد خشک‌سالی و بهبهان ۵ مورد خشک‌سالی مشاهده‌شده است. این در حالی است که بر اساس این شاخص در ایستگاه مسجدسلیمان خشک‌سالی مشاهده نمی‌شود.

جدول٤ : فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) بر اساس شاخص Ri.

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
اهواز	۱۰	-	۱۰
دزفول	۱۶	-	۴
آبادان	۱۷	-	۳
مسجدسلیمان	۱۶	۴	_
بهبهان	۱۵	-	۵
ایذه	۱۶	-	۴
شوشتر	۱۶	-	۴

در جدول۵ و با توجه به محدوده‌های تعیین‌شده ، فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری بر اساس شاخص DR ارائه‌شده است . بر اساس این شاخص، در ایستگاه‌های اهواز ، دزفول، مسجدسلیمان، بهبهان و ایذه ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است. این در حالی است که در ایستگاه‌های آبادان و شوشتر۵ مورد خشک‌سالی مشاهده‌شده است.

جدول۵ : فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) بر اساس شاخص DR.

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
اهواز	۱۰	۴	۶
دزفول	۱۴	-	۶
آبادان	۱۰	۵	۵
مسجدسلیمان	۱۰	۴	۶
بهبهان	۱۱	۳	۶
ایذه	۹	۵	۶
شوشتر	۱۲	۳	۵

در جدول۶ و با توجه به محدوده‌های تعیین‌شده در مواد و روش‌ها فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری بر اساس روش نیچه ارائه‌شده است. بر اساس این شاخص، در ایستگاه‌های اهواز و دزفول ۵ مورد خشک‌سالی، در ایستگاه‌های آبادان و بهبهان ۴ مورد خشک‌سالی، در ایستگاه مسجدسلیمان ۳ مورد، در ایستگاه شوشتر ۲ مورد و ایذه یک مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است.

جدول٦ : فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری (۱۳۹۱-۱۳۷۰) بر اساس روش نیچه.

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
اهواز	۲	۱۳	۵
دزفول	۱	۱۴	۵
آبادان	۳	۱۳	۴
مسجدسلیمان	۲	۱۵	۳
بهبهان	۳	۱۳	۴
ایذه	۴	۱۵	۱
شوشتر	۲	۱۶	۲

در جدول۷ و با توجه به محدوده‌های تعیین‌شده فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری بر اساس روش PNPI نشان داده‌شده است. بر اساس این شاخص، در ایستگاه‌های بهبهان و ایذه ۹ مورد خشک‌سالی، در ایستگاه‌های اهواز، مسجدسلیمان و شوشتر ۷ مورد خشک‌سالی و در ایستگاه‌های دزفول و آبادان ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است.

جدول۷ : فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ایستگاه‌های موردمطالعه در طول ۲۰ سال آماری(۱۳۹۱-۱۳۷۰) بر اساس روشPNPI.

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
اهواز	۵	۸	۷
دزفول	۳	۱۱	۶
آبادان	۶	۸	۶
مسجدسلیمان	۴	۹	۷
بهبهان	۶	۵	۹
ایذه	۶	۵	۹
شوشتر	۶	۷	۷

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام‌شده توسط خلیلی اقدام و همکاران (۱۳۸۶)، زارع ابیانه و محبوبی (۱۳۸۳) در حوضه‌های آبریز کشور، شاخص SPI، شاخص خوبی برای برآورد ویژگی‌های مختلف خشک‌سالی و ترسالی می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بر اساس این شاخص در ایستگاه اهواز ۷ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۳ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم، ۲ مورد خشک‌سالی متوسط و ۲ مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. نتایج تحقیق یزدانی و همکاران (۱۳۸۵) که خشک‌سالی را در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۴۳ در ایستگاه اهواز موردبررسی قراردادند، نشان می‌داد که در سال‌های آماری موردمطالعه آن‌ها تقریباً هر ۲۳ سال یک خشک‌سالی شدید اتفاق افتاده است این در حالی است که نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۷، ۲ خشک‌سالی شدید اتفاق افتاده است . در ایستگاه دزفول ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که یک مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم، ۴ مورد خشک‌سالی متوسط و یک مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد . در ایستگاه آبادان نیز ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۲ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم ، ۳ مورد خشک‌سالی متوسط و یک مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. در ایستگاه بهبهان ۷ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۳ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم و ۴ مورد خشک‌سالی متوسط می‌باشد . در ایستگاه ایذه ۹ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۴ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم و ۵ مورد خشک‌سالی متوسط می‌باشد. . در ایستگاه مسجدسلیمان ۶ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۲ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم ، ۳ مورد خشک‌سالی متوسط و یک مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد. در ایستگاه شوشتر ۸ مورد خشک‌سالی اتفاق افتاده است که ۳ مورد آن خشک‌سالی از نوع ملایم ، ۳ مورد خشک‌سالی متوسط و دو مورد خشک‌سالی شدید می‌باشد . نتایج نشان می‌دهد که در تمام ایستگاه‌های موردمطالعه در طول سال‌های آماری به تمام روش‌ها حداقل ۳۰ درصد خشک‌سالی اتفاق افتاده است. لذا با توجه به تکرر و افزایش تداوم نسبی خشک‌سالی در سال‌های اخیر، بهبود عملیات بهره‌برداری، نگهداری و بهسازی منابع آبی یکی از ابزارهای مؤثر در مقابله با پدیده خشک‌سالی به‌حساب می‌آید.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری بی‌دریغ مسئولین محترم دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، صمیمانه تشکر نمایند.

منابع

امیری، ع.، زینیوند، ح. و کریمی، ح.،۱۳۹۳ . بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان . مجموعه مقالات دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم ،آب و محیطزیست)،دانشگاه شهرکرد؛ صفحات ۲۷۹-۲۷۰.

برنا، ر.، عظیمی، ف. و سعیدی دهکی، ن.، ۱۳۸۹. مقایسه شاخص‌های SIAP ، PN وRAI در بررسی خشک‌سالی‌های استان خوزستان با تأکید بر ایستگاه‌های آبادان و دزفول . فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۹. صفحات ۸۸-۷۷.

خلیلی اقدام، ن.، مساعدی، ا. و لطیفی، ن.،۱۳۸٦. بررسی خشک‌سالی و روند وقوع آن در ارومیه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی،جلد چهارم ، شماره پنجم ، ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات. صفحات ۱۵۶-۱۴۶.

زارع ابیانه، ح. و محبوبی، ع. ا. ، ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشک‌سالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص‌های آماری خشک‌سالی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۶. صفحات ۷-۱.

ساری صراف، ب.، قلی نژاد، ن. و کمانی، ا.،۱۳۹۰. بررسی خشک‌سالی و ترسالی حوضه ارس با استفاده از نمایه‌های مبتنی بر بارش. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی لار، سال چهارم شماره ۱۲. صفحات ۱۵-۱.

شاهیان، ر.، جامع، ع.، مستمند، ر.، حقیقت، م. و دهقان، ح.،۱۳۹۰. پهنه‌بندی آستانه بحران خشک‌سالی‌های استان فارس با استفاده از شاخص استاندارد بارش (SPI) در جهت نیل به مدیریت ریسک خشک‌سالی. پورتال سازمان هواشناسی کشور.

شکری کوچک، س. و بهنیا، ع.، ۱۳۹۲ . پایش و پیش‌بینی خشک‌سالی استان خوزستان با استفاده از شاخص خشک‌سالی SPI و زنجیره مارکوف. مجله علوم و مهندسی آبیاری ، جلد ۳۶، شماره ۳ . صفحات ۱۲-۱.

هاشمی دوین، م. و آهنگرزاده، ز. ،۱۳۹۲. پایش خشک‌سالی هواشناسی استان خراسان شمالی در محیط GIS . نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، کرمان. صفحات ۲۶-۱۳.

فرج زاده ،م.، موحددانش، ع. ا. و قائمی، ه.، ۱۳۷٤.خشک‌سالی در ایران . مجله دانش کشاورزی،جلد ۵،شماره‌های ۱ و ۲. صفحات ۲۵-۱۲.

یزدانی، و.، بانژاد، ح. و معروفی، ص.، ۱۳۸۵ . پایش شدت و مدت خشک‌سالی استان خوزستان در مقیاس زمانی فصلی و سالانه به‌منظور مدیریت بهتر منابع آب . پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحات ۱۲-۱.

Hong, W. U., Hayesi, J. M., Weiss, A. and Qihn, 2001. An evaluation of the standardized presipitation indx, the china –z index and the statitcal z-score. International journal of climatology, vol. 21, pp.745-758.

Mckee, T. B., 1993. Methodology –SPI defined. National drought mittingation center. Science, clorado state university Collins, co, 155pp.

Palmer, W. C., 1965. Meteorological drought. USWB. Res. Paper no. 45.

Pashiardis, S. and Michaelides, S., 2008. Implementation of the standardized precipitation indx(SPI) and the reconnaissance drought indx (RDI) for regional drought assessment :A case study for cyprus . europen water nol.23/24, pp.57-65.

Popov, G. F., Houesou, L. and See, L., 2002. Agrobioclimatic classification of Africa using Depondable Rainfall (DR) index. Agrometeorology series working paper, NO. 6, FAO, Rom, Italy.

Wilhite, D. A. and Glantz, M. H., 1985. Understanding the droght phenomenon: the role of definitions, water international,vol. 10,pp.111-120.

WMO, 2004. Hydrological aspects of drought. Studies and reports in Hydrology. NO. 39, UNESCO- WMO, Geneva, Switzerland, 149pp.