

بررسی شاخص های PNPI, SIAP, RAI در خشک سالی های استان خوزستان با تأکید بر ایستگاه های اهواز، آبادان، دزفول و امیدیه

موسی ملایی^۱، پیمان گراوند^۲

۱- کارشناس ارشد اقلیم شناسی کشاورزی، دانشگاه اصفهان mossamolaye55@gmail.com

۲- کارشناس ارشد جغرافیا و دفاع مقدس، دانشگاه لرستان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۴

چکیده

در این مقاله خشکسالی هواشناسی چهار ایستگاه منتخب در خوزستان بر اساس شاخص معیار بارش سالانه (SIAP)، درصد نرمال بارش (PNPI) و ناهنجاری بارش (RAI) در یک دوره آماری ۳۲ ساله (۱۹۸۳-۲۰۱۴) مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب شاخص های خشکسالی محاسبه و فراوانی و شدت خشکسالی بر اساس هریک از شاخص ها تعیین گردید و هر یک از شاخص ها در ایستگاههای مورد نظر محاسبه شد. نتایج نشان داد که فراوانی و توالی (دوره تداوم) خشکسالی ها با درجات مختلف بر اساس شاخص SIAP در دزفول در دوره آماری مورد نظر بیشتر بود. در بررسی شاخص PNPI فراوانی خشکسالی های آبادان بیشتر از ایستگاه های دیگر بوده است؛ شدیدترین خشکسالی بر اساس این شاخص در اهواز بوقوع پیوست. از نظر شاخص RAI فراوانی خشکسالی در دزفول بیشتر و از نظر شدت خشکسالی در امیدیه بیشترین شدت خشکسالی به وقوع پیوست. در نهایت در بین سه شاخص مورد مطالعه، بیشترین تداوم خشکسالی مربوط به شاخص PNPI می باشد.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص SIAP، شاخص PNPI، شاخص RAI، خوزستان، بحث ۳^{یتم}

مقدمه

آن ها ناشی از فرایندهای آب و هوایی می باشند. محققان زیادی پدیده خشکسالی را به علت تاثیر زیاد آن، در رده ی نخست فهرست پدیده های مخاطره آمیز طبیعی به شمار آوردند (۱۲). (انصافی مقدم، ۱۳۸۶) کارایی شاخصهای خشکسالی هواشناسی ZSI, SPI, PN و DI در ۳۴ ایستگاه حوضه ی دریاچه نمک طی یک دوره ی ۴۴ ساله با استفاده از فرضیه اول خلیلی و بذرافشان بررسی نمود. بر اساس نتایج وی در مقیاس سالانه شاخصهای SPI و DI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید را در تمام ایستگاههای مورد بررسی نشان دادند. شاخص PN در ۲۴ ایستگاه با رخداد خشکسالی

خشکسالی از جمله بلایای طبیعی می باشد که همواره جوامع انسانی، گیاهی و یطور کلی اکولوژی محیط را دچار تغییر و دگرگونی می سازد. مطالعات مختلف نشان می دهد که خشکسالی و بویژه خشکسالی هواشناسی و کشاورزی نتیجه یک عامل مشخص که بتوان از قبل پیش بینی کرد نمی باشد بلکه خشکسالی نتیجه چندین عامل می باشد که به تدریج این عوامل دست به دست هم می دهند و شرایطی را بوجود می آورند که به آن خشکسالی گفته می شود (۹). زندگی بشر در طول تاریخ همواره در معرض انواع مخاطرات طبیعی قرار داشته که برخی از

نرمال است و مابقی تحت اثر خشک‌سالی قرار دارد. (ناصرزاده و احمدی، ۱۳۹۱) به بررسی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ارزیابی خشک‌سالی و پهنه بندی آن در استان قزوین پرداختند. نتایج حاکی از آن است که شاخص Z و شاخص بارندگی استاندارد شده در نشان دادن خشک‌سالی شدید، عملکرد بهتری دارند. همچنین شاخص دهکها با توجه به عملکرد مناسب در مشخص کردن خشک‌سالی شدید، دارای اندکی مبالغه در نمایش خشک‌سالی شدید می باشد. (کوئیرینگ و پاپاکریاکو، 2003) به ارزیابی ۴ شاخص خشک‌سالی کشاورزی PDSI، Z (مشتق شده از شاخص پالمر)، SPI و NOAA جهت تعیین مناسب ترین آنها به منظور پیش بینی محصول گندم بهاره در غرب کانادا پرداختند. آنها با استفاده از آمار سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۶۰، مجموعه ای از روابط رگرسیونی خطی بین مقدار محصول تولیدی گندم و مقادیر شاخص‌های مختلف در هر منطقه ایجاد نمودند. سپس دقت هر مدل در پیش بینی مقادیر گندم تولیدی طی سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۹ را با استفاده از معیارهای آماری خطا، ارزیابی و مناسب ترین شاخص را انتخاب نمودند. بر اساس نتایج آنها مناسب ترین شاخص خشک‌سالی کشاورزی در این منطقه، شاخص Z می باشد.

(مرید و همکاران، 2006) به مقایسه ی ۷ شاخص خشک‌سالی EDI، ZSI، PN، MCZI، CZI، DI، SPI در استان تهران بر مبنای نمونه های خشک‌سالی شناسائی شده در ۳۲ سال گذشته به ویژه خشک‌سالی های سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ پرداختند. بر مبنای نتایج آنها شاخصهای SPI و EDI قادر به شناسائی زمان شروع خشک‌سالی ها می باشند و می توانند برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی خشک‌سالی نیز بکار روند هرچند شاخص EDI از کارائی بهتری برخوردار می باشد. (منتصری و همکاران، 2017) در شمال غرب کشور ایران با استفاده از دو شاخص SPI و RAI به بررسی روند تغییرات دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی شمال غرب کشور پرداخته اند. نتایج نشان

بسیار شدید در طی سالهای وقوع کمینه بارندگی انطباق داشته و در ۱۰ ایستگاه دیگر فاقد تطابق است. وی در پایان بیان داشت جهت تحلیل وضعیت خشک‌سالی، شاخصهای SPI و DI در جایگاه نخست، شاخص ZSI در جایگاه دوم و شاخص PN در جایگاه سوم قرار دارند. خشک‌سالی به‌عنوان یکی از پدیده‌های محیطی شناخته‌شده و در واقع بخش جدایی‌ناپذیری از تغییرات اقلیمی است که می‌تواند در هر منطقه‌ی جغرافیایی حادث شود و تأثیرات عمده‌ای بر آن منطقه بگذارد (۱۷). نتایج حاصل از یک بررسی آماری سوانح که از سوی آژانس ملی زمین در ژاپن انجام شده، حاکی از این است که در سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۲ میلادی، خشک‌سالی جدی‌ترین سانحه اتفاق افتاده در جهان بوده است. در طی سال‌های اخیر نیز بخش اعظمی از کشور ماتحت تأثیر این پدیده قرار گرفته است (۶). بخش عمده‌ای از وسعت کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و پدیده خشک‌سالی جزء لاینفک و از ویژگی‌های مناطق خشک می‌باشد (۱). در بررسی خشک‌سالی راهکارهایی وجود دارد که یکی از راهکارهای مهم و اساسی در مطالعات خشک‌سالی هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی است که به توان بر اساس آن‌ها میزان شدت و تداوم خشک‌سالی را ارزیابی کرد (۸). (فتاحی، ۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی الگوهای سینوپتیکی خشک‌سالی‌های فراگیر در استان چهارمحال و بختیاری پرداخت و با ترسیم نقشه‌های ترکیبی فشار سطح دریا و سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال، تیپ‌های هوای باران‌زا و خشکی‌زا را مشخص کرد. (تاز نوریو، 1978) آمار بارش ۵۰ ساله‌ی ایستگاه‌های هواشناسی را در ژاپن تجزیه و تحلیل کرده و بر اساس آن وقوع سال‌های خشک و مرطوب را بررسی کرده است. (بوردی و سوترا، 2007) در مقیاس وسیع در منطقه مداک در ایتالیا، به بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص SPI در مقیاس ۳ ماهه و ۲۴ ماهه پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داده که در مقیاس بلندمدت، منطقه مرکزی و جنوبی ایتالیا در شرایط

نصف‌النهار گرینویچ و $۵۸^{\circ} ۲۹'$ تا $۴' ۳۳^{\circ}$ عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است و حدود ۴ درصد مساحت کشور را در بر گرفته است. وجود قله منگشت با ۳۶۳۳ متر (بلندترین نقطه) و سواحل جنوب استان (ارتفاع نزدیک به ۰ متر از سطح دریا) نیز گویای تنوع توپوگرافی در استان هستند شکل (۱) جدول (۱) موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خوزستان را نشان می‌دهد. آمار بارش سالانه یک دوره آماری ۳۲ ساله (۱۹۸۳-۲۰۱۴) برای چهار ایستگاه منتخب استان خوزستان از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است. برای برآورد خشکسالی‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه از شاخص ناهنجاری بارش (RAI)، شاخص نرمال بارش سالانه (SIAP) و شاخص بارش استاندارد (PN) استفاده شد. برای محاسبات آماری نیز از نرم افزار SPSS و EXLE کمک گرفته شد.

داد که میتوان از هر دو شاخص خشکسالی SPI و RAI صرفاً برای تعیین روند تغییرات دوره‌های خشکسالی و ترسالی به دلیل همبستگی بالای دو شاخص خشکسالی فوق در ارزیابی و تعیین روند تغییرات خشکسالی و ترسالی، استفاده کرد. (حسینی صفا و مرید، ۱۳۷۸) به تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران با استفاده از نمایه SPI و منحنی شدت-مساحت-فراوانی (SAF) پرداختند. نتایج نشان داد که خشکسالی سالهای ۵۰-۱۳۴۹، ۱۳۶۰-۶۱ و ۶۸-۱۳۶۷ دوره ی بازگشتی حدود ۲ تا ۵ سال، ۶۹-۱۳۶۷ سال خشکسالی و سال ۱۳۷۷-۷۸ و ۷۹-۱۳۷۸، دوره بازگشت ۱۰ تا ۲۰ سال و خشکسالی‌های ۷۶-۱۳۷۵ شدیدترین سال خشک با دوره بازگشت ۱۰۰ سال را دارد.

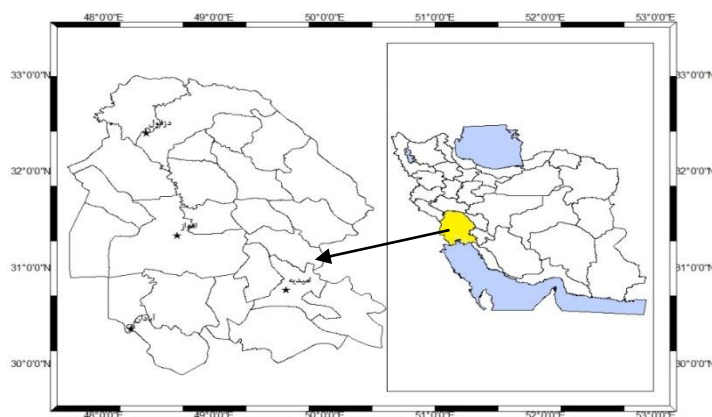
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۳۶۳۳ کیلومترمربع و در محدوده $۳۱^{\circ} ۴۷'$ تا $۳۹^{\circ} ۵۰'$ طول شرقی از

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان

نام شهرستان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	دوره آماری
آبادان	۴۸-۱۵	۲۲-۳۰	۶/۶	۳۲
امیدیه	۴۹-۳۹	۳۰-۴۶	۹/۳۴	۳۲
اهواز	۴۸-۴۰	۳۱-۲۰	۵/۲۲	۳۲
دزفول	۴۸-۲۳	۳۲-۲۴	۱۴۳	۳۲



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

بحث و نتایج

۱- شاخص نرمال بارش سالانه (SIAP)

اساس این شاخص نیز محاسبه انحراف داده‌های بارش از نرمال است. این شاخص از طریق فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\text{SIAP} = (P_{(i)} - \bar{p}) / \text{SD} \quad \text{رابطه ۱}$$

P_i : بارندگی سال هیدرولوژی i ام (مجموع بارش در سال معین).
 \bar{P} : میانگین بارش در طول دوره آماری
 SD: انحراف معیار بارش
 طبقه‌بندی شاخص SIAP در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲- طبقات مختلف شاخص SIAP

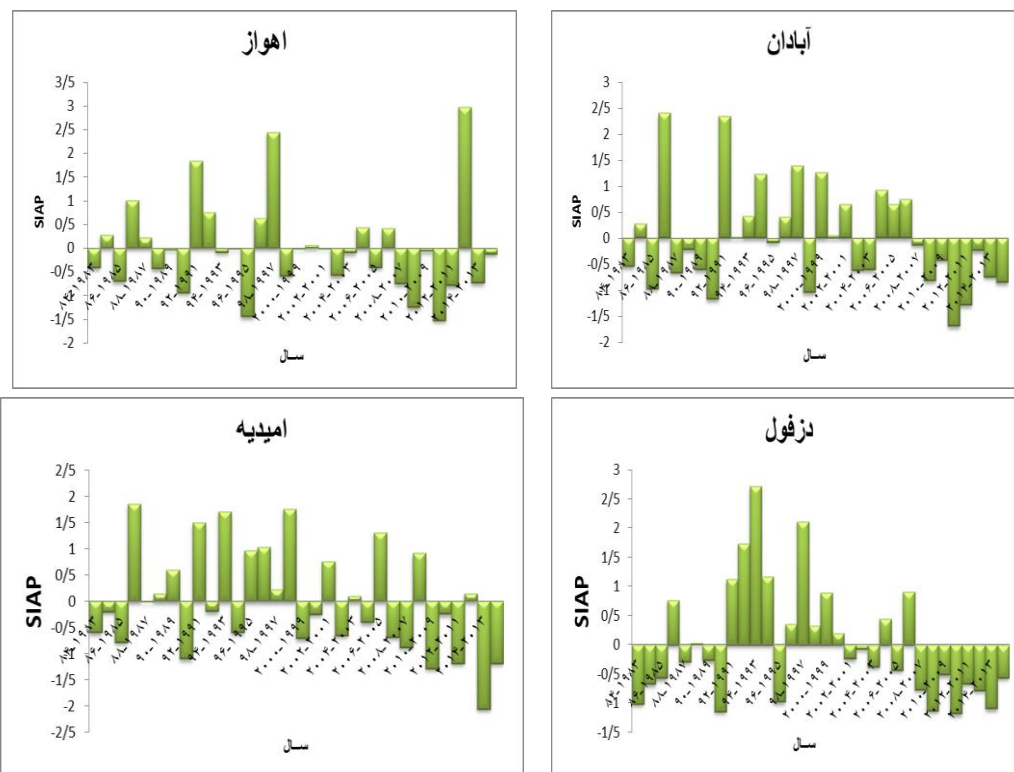
شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP)	طبقات شدت خشک‌سالی
+۰/۲۵ تا -۰/۲۵	نرمال
-۰/۲۵ تا -۰/۵۲	خشک‌سالی ضعیف
-۰/۵۲ تا -۰/۸۴	خشک‌سالی متوسط
-۰/۸۴ تا -۱/۲۸	خشک‌سالی شدید
کمتر از -۱/۲۸	خشک‌سالی بسیار شدید

امیدیه (-۲/۰۶) در سال ۲۰۱۳ بوده است. ایستگاه‌های آبادان و دزفول تداوم خشک‌سالی ۸ ساله و اهواز و امیدیه تداوم خشک‌سالی ۶ ساله را تجربه کرده‌اند.

طبق جدول (۳)، شکل شماره (۲) این شاخص ۵ مورد خشک‌سالی بسیار شدید، ۱۷ مورد خشک‌سالی شدید برای ایستگاه‌های منتخب، طی دوره موردنظر نشان می‌دهد. شدیدترین خشک‌سالی مربوط به ایستگاه

جدول شماره ۳- فراوانی و درصد طبقات خشک‌سالی طبق شاخص SIAP

کل	بسیار شدید		شدید		متوسط		ضعیف		نرمال		ایستگاه	شاخص
	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی		
۲۳	۶/۲۵	۲	۶/۲۵	۲	۱۸/۸	۶	۹/۳۷	۳	۳۱/۲۵	۱۰	اهواز	
۲۰	۶/۲۵	۲	۱۲/۵	۴	۲۱/۸۷	۷	۳/۱۳	۱	۱۸/۸	۶	آبادان	
۲۱	۰	۰	۱۸/۸	۶	۱۸/۸	۶	۱۵/۶	۵	۱۲/۵	۴	دزفول	
۲۲	۶/۲۵	۲	۱۲/۵	۴	۱۸/۸	۶	۶/۲۵	۲	۲۵	۸	امیدیه	SIAP
۸۶	=	-۵	=	۱۷	-	۲۵	-	۱۱	-	۲۸	کل	



شکل ۲- مقدار شاخص SIAP ایستگاه‌های استان خوزستان در طول دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۱۴

P_i : مجموع بارندگی در سال مفروض به میلی‌متر

\bar{P} : میانگین بارش درازمدت به میلی‌متر هست. بر اساس مطالعات (فرج زاده، ۱۳۷۶) آستانه ۸۰ درصد بارش میانگین را می‌توان مرز وقوع خشک‌سالی در کشور تلقی کرد که هر قدر این درصد کاهش یابد، شدت خشک‌سالی افزایش می‌یابد، البته شدت خشک‌سالی‌ها علاوه بر کاهش نزولات جوی به دوره تداوم آن نیز ارتباط پیدا می‌کند به این معنی که با استمرار شرایط خشک‌سالی، شدت آن بیشتر جلوه می‌کند. این شاخص بر اساس جدول (۴) مورد بررسی قرار گرفت.

(۲) شاخص درصد نرمال بارش (PNPI)

این شاخص از ساده‌ترین روش‌های تعیین خشک‌سالی هست که برای ارزیابی خشک‌سالی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در این شاخص با در دست داشتن میانگین درازمدت به‌عنوان مبدأ می‌توان تغییرات را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره‌های ماهانه، فصلی و سالانه انجام داد. در این روش بارش نرمال برای هر منطقه ۱۰۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. شاخص PNPI از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$PNPI = P_i / \bar{P} \times 100$$

رابطه (۲)

جدول شماره ۴- طبقات مختلف شاخص PNPI

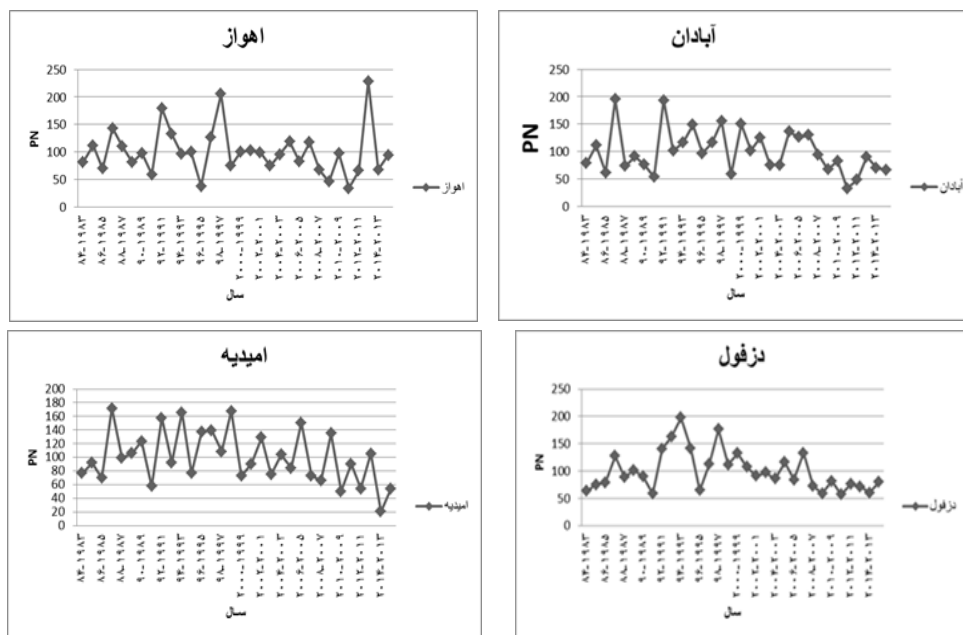
طبقه بندی شاخص PNPI	
بیشتر از ۸۰ درصد	آستانه نرمال
۷۰ تا ۸۰ درصد	خشک سالی ضعیف
۵۵ تا ۷۰ درصد	خشک سالی متوسط
۴۰ تا ۵۵ درصد	خشک سالی شدید
کمتر از ۴۰ درصد	خشک سالی بسیار شدید

درصد) و (۳۴/۳ درصد) به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰ بوده است؛ و در ایستگاه دزفول خشک سالی بسیار شدید مشاهده نشده است. طبق جدول (۷) بیشترین تداوم خشک سالی در بین شاخص‌های مورد مطالعه مربوط به این شاخص می‌باشد

بر اساس جدول (۵) شکل (۳) این شاخص ۴ خشک سالی بسیار شدید و ۶ خشک سالی شدید در طی دوره ۳۲ ساله در ایستگاه‌های مورد نظر اتفاق افتاده است. فراوانی خشک سالی در ایستگاه آبادان (با ۱۳ سال) و دزفول و امیدیه (با ۱۲ سال) و اهواز (با ۱۱ سال) به ترتیب دارای بیشترین خشک سالی را داشتند. شدیدترین خشک سالی مربوط به ایستگاه اهواز (۳۷/۷

جدول شماره ۵- فراوانی و درصد طبقات خشک سالی طبق شاخص PNPI

شاخص ایستگاه	نرمال		ضعیف		متوسط		شدید		بسیار شدید		کل
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	
اهواز	-	-	۳	۹/۳۷	۵	۱۵/۶	۱	۳/۱۳	۲	۶/۲۵	۱۱
آبادان	-	-	۵	۱۵/۶	۵	۱۵/۶	۲	۶/۲۵	۱	۳/۱۳	۱۳
دزفول	-	-	۶	۱۸/۷۵	۶	۱۸/۸	۰	۰	۰	۰	۱۲
امیدیه	-	-	۵	۱۵/۶۲	۳	۹/۴	۳	۹/۴	۱	۳/۱۳	۱۲
کل	-	-	۱۹	-	۱۹	-	۶	-	۴	-	۴۸



شکل ۳- مقدار شاخص PN ایستگاه های استان خوزستان در طول دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۱۴

۳) شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

شاخص ناهنجاری بارش توسط ون روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس این شاخص محاسبه انحراف مقادیر بارش از نرمال هست (۹). این شاخص از طریق رابطه های زیر به دست می آید (۴). برای تعیین RAI، اگر $P > \bar{P}$ شد از رابطه (۱) و اگر $P < \bar{P}$ بشد از رابطه (۲) استفاده می شود.

$$\text{رابطه (۳)} \quad = 3 [(P - P^-) / (m^- - P^-)]$$

RAI

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{RAI} = -3[(P - P^-) / (X^- - P^-)]$$

P_i : بارش سال مورد نظر

\bar{P} : میانگین بارش دوره مورد نظر

\bar{m} : میانگین ۱۰ مورد از بیشترین مقادیر بارش رخ داده در دوره مورد نظر

\bar{x} : میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارش رخ داده در دوره مورد نظر

در نهایت، مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول

شماره (۶) طبقه بندی می شوند.

جدول شماره ۶- طبقات مختلف شاخص RAI

RAI	شدت خشک سالی
+۰/۳ تا -۰/۳	نزدیک نرمال
-۱/۲ تا -۰/۳	خشک سالی ضعیف
-۲/۱ تا -۱/۲	خشک سالی متوسط
-۳ تا -۲/۱	خشک سالی شدید
≤ -۳	خشک سالی بسیار شدید

(۸۷/۵-) و سال ۲۰۱۰ مربوط به ایستگاه آبادان

(۱۴/۵-) اتفاق افتاده است. بر اساس جدول (۹)

بر اساس جدول (۷)، شکل (۴)، این روش شدیدترین

خشک سالی در سال ۲۰۱۳ مربوط به ایستگاه امیدیه

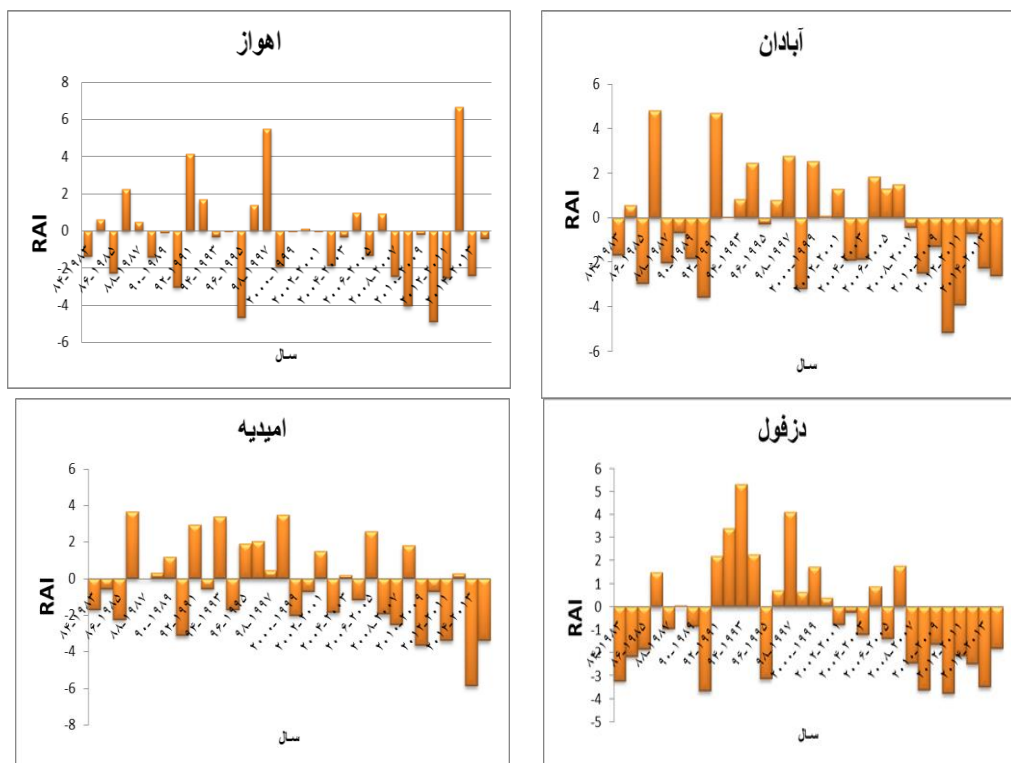
انجامیده است. در پایان جدول شماره (۸ و ۹) دوره تداوم خشکسالی و شدت خشکسالی ایستگاههای منتخب بر اساس شاخصهای مورد نظر محاسبه گردید.

بیشترین خشکسالی اتفاق افتاده در ایستگاه منتخب، از نوع متوسط می باشد. بیشترین تداوم خشکسالی مربوط به ایستگاههای آبادان و دزفول بوده است که هر دو ایستگاه از سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴ به طول

جدول شماره ۷- فراوانی و درصد طبقات خشکسالی طبق شاخص PNPI

شاخص ایستگاه	نرمال فراوانی	ضعیف فراوانی	متوسط		شدید		بسیار شدید		کل	
			درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی		
اهواز	۶	۴	۱۲/۵	۵	۱۵/۶	۴	۱۲/۵	۳	۹/۴	۲۲
آبادان	۳	۳	۱۲/۵	۶	۱۸/۸	۴	۱۲/۵	۴	۹/۴	۲۰
دزفول	۲	۳	۹/۳۷	۵	۱۵/۶	۴	۱۲/۵	۶	۱۸/۸	۲۰
امیدیه	۴	۴	۱۲/۵	۶	۱۸/۸	۲	۶/۲۵	۵	۱۵/۶	۲۱
کل	۱۵	۱۵	-	۲۲	-	۱۴	-	۱۷	-	۸۳

RAI



شکل ۴- مقدار شاخص RAI در ایستگاه‌های استان خوزستان در طول دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۱۴

جدول شماره ۸- دوره تداوم خشک‌سالی به تفکیک شاخص‌های مورد استفاده

شاخص	ایستگاه	ساله ۱	ساله ۲	ساله ۳	ساله ۴	ساله ۵	ساله ۶	ساله ۸
RAI	اهواز	۵	۱	۱	-	۱	۱	-
	امیدیه	۳	۳	۲	-	-	۱	-
	آبادان	۶	۱	-	۱	-	-	۱
	دزفول	۲	-	۲	۱	-	-	۱
SIAP	اهواز	۲	۱	۱	۱	۱	۱	-
	امیدیه	۴	۳	۲	-	-	۱	-
	آبادان	۶	۱	-	۱	-	-	۱
	دزفول	۲	-	۱	۲	-	-	۱
PNPI	اهواز	۷	۲	-	-	-	-	-
	امیدیه	۷	۲	-	-	-	-	-
	آبادان	۵	۴	-	-	-	-	-
	دزفول	۲	۱	۱	-	۱	-	-

جدول شماره ۹- شدت خشک سالی به تفکیک شاخص ها و ایستگاه های مورد استفاده

سال	ایستگاه اهواز			ایستگاه امیدیه			ایستگاه آبادان			ایستگاه دزفول		
	PNPI	SIAP	RAI	PNPI	SIAP	RAI	PNPI	SIAP	RAI	PNPI	SIAP	RAI
۱۹۸۳	-	۲	۳	-	۳	۳	-	۳	۳	۲	۴	۵
۱۹۸۴	-	-	-	-	۱	۲	-	-	-	-	۳	۴
۱۹۸۵	۳	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۳	۳
۱۹۸۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۹۸۷	-	۱	-	-	۱	۱	-	۱	۳	۲	۲	۲
۱۹۸۸	۲	۲	۳	-	۱	۱	-	۱	۲	-	۱	۱
۱۹۸۹	-	۱	۱	-	-	-	۲	-	۳	۲	۲	۲
۱۹۹۰	۳	۴	۵	-	۴	۵	-	۴	۵	۴	۴	۵
۱۹۹۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۹۹۲	-	-	-	-	۱	۲	-	۱	۲	-	-	-
۱۹۹۳	-	۱	۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۹۹۴	-	۱	-	۲	۳	۳	-	۳	۳	-	-	-
۱۹۹۵	۵	۵	۲	-	-	-	-	-	-	۱	۱	۲
۱۹۹۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۹۹۷	-	-	-	-	-	-	۲	۱	-	-	-	-
۱۹۹۸	۲	۳	۳	-	-	-	-	-	-	۳	۴	۵
۱۹۹۹	-	۱	۱	-	۳	۳	-	۳	۳	-	-	-
۲۰۰۰	-	۱	۱	-	۲	۲	-	۲	۲	-	-	-
۲۰۰۱	-	۱	۱	-	-	-	۲	-	-	-	-	-
۲۰۰۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۳
۲۰۰۳	-	۱	۲	-	۱	۱	-	۱	۱	-	-	-
۲۰۰۴	-	-	-	-	-	-	۴	۲	۳	-	-	-
۲۰۰۵	-	۲	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۲۰۰۶	-	-	-	-	-	-	۴	۳	۳	-	-	-
۲۰۰۷	۳	۳	۴	-	۴	۴	-	۴	۴	۳	۳	۴
۲۰۰۸	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۵	-	-	۴	۴	۵
۲۰۰۹	-	۱	۱	۴	۵	۵	۴	۵	۵	-	-	-
۲۰۱۰	۵	۵	۵	-	۱	۲	-	۱	۲	۵	۵	۵
۲۰۱۱	۳	۳	۴	-	۴	۵	-	۴	۵	۳	۳	۴
۲۰۱۲	-	-	-	۳	۱	۱	۳	۱	۱	-	-	-
۲۰۱۳	۳	۳	۴	-	۵	۵	-	۵	۵	۳	۳	۴
۲۰۱۴	-	۱	۲	-	۴	۵	-	۴	۵	-	-	-

۱- نرمال ۲- ضعیف ۳- متوسط ۴- شدید ۵- بسیار شدید

نتیجه‌گیری

بامطالعه و مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی در ایستگاه‌های منتخب در خوزستان می‌توان نتیجه گرفت که:

۱- بر اساس شاخص SIAP فراوانی خشک‌سالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه دزفول بیشتر بوده است، اما فراوانی و تداوم خشک‌سالی بسیار شدید در ایستگاه آبادان بیشتر است. شدت خشک‌سالی‌ها در ایستگاه دزفول از نوع ضعیف و شدید و در ایستگاه آبادان بیشتر از نوع متوسط هست. شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه امیدیه در سال ۲۰۱۳ با مقدار (۲/۰۶-) به وقوع پیوست.

۲- طبق شاخص‌های مورد استفاده شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه‌های آبادان و اهواز در سال ۲۰۱۰ با ۴۹/۸ و ۷۸/۳ میلی‌متر بارش رخ داده است.

۳- بیشترین خشک‌سالی از نوع نرمال، متوسط و شدید مربوط به شاخص SIAP، بیشترین خشک‌سالی از نوع ضعیف و بسیار شدید مربوط به شاخص RAI می‌باشد.

۴- طبق شاخص RAI و SIAP بیشترین دوره تداوم خشک‌سالی (دوره ۸ ساله) در ایستگاه‌های آبادان و دزفول و (دوره ۶ ساله) همین شاخص‌ها مربوط به اهواز و امیدیه مشاهده شده است.

۵- شاخص SIAP و RAI در این تحقیق، بیشترین حساسیت را به خشک‌سالی دارد.

۶- در بررسی شاخص PNPI، فراوانی خشک‌سالی‌های ایستگاه آبادان تقریباً بیشتر از بقیه ایستگاه‌ها بوده است که به ترتیب آبادان با ۱۳ سال و دزفول و امیدیه با ۱۲ سال و اهواز با ۱۱ سال خشک‌سالی مواجه بوده است. از نظر توالی خشک‌سالی‌ها، متوالی‌ترین خشک‌سالی در ایستگاه دزفول در طی دو دوره متوالی ۳ ساله (۱۹۸۳-۱۹۸۵) و ۵ ساله (۲۰۱۰-۲۰۱۴) بوده است.

۷- نتایج حاصله بر اساس شاخص RAI بیانگر آن است که فراوانی خشک‌سالی‌ها در ایستگاه‌های منتخب خوزستان، ایستگاه دزفول با ۱۸ سال و ایستگاه امیدیه و آبادان با ۱۷ سال و ایستگاه اهواز با ۱۶ سال به ترتیب بیشترین خشک‌سالی را دارا می‌باشند. بیشترین خشک‌سالی از نوع متوسط با فراوانی ۲۲ سال در کل ایستگاه‌ها به ایستگاه‌های آبادان و امیدیه هرکدام ۶ سال و ایستگاه‌های اهواز و دزفول ۵ سال اتفاق افتاده است.

۸- در مجموع با مقایسه سه شاخص SIAP، RAI و PNPI در ایستگاه‌های منتخب، فراوانی و توالی (دوره تداوم) خشک‌سالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه دزفول بیشتر از بقیه ایستگاه‌ها به دست آمد. ۹- در منطقه مورد مطالعه امکان وقوع خشک‌سالی زیاد است. در نتیجه توجه به پدیده خشک‌سالی و نوسانات بارش در برنامه‌ریزی و مطالعات منطقه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

منابع

- ۱- اصغری لقمجانی، ص. ۱۳۸۱. بررسی راهکارهای زیست‌محیطی در پیشگیری از بروز بحران آب. مجموعه مقالات همایش بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. ص ۳۷۵.
- ۲- انصافی مقدم، ت. ۱۳۸۶. (ارزیابی چند شاخص خشک‌سالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک" فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۴، شماره ۲، ص ۲۸۸
- ۳- حسینی صفا، ح. س. مرید. ۱۳۷۸. تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشک‌سالی در استان تهران، مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع، دوره ۵، شماره ۱۱: ۲۰۳-۲۱۲

- ۴-خوش اخلاق، ف. غ. روشن. ۱۳۸۵. سنجش و ارزیابی چند نمونه نمایه خشک‌سالی در سه ایستگاه استان فارس. مجله سپهر. شماره ۵۷
- ۵-زارع ابیانه، ح. ع. محبوبی. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشک‌سالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص‌های آماری خشک‌سالی. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۶۴. صص ۲-۷
- ۶-غلامی، پ. م. نهتانی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات زیست‌محیطی خشک‌سالی در منطقه سیستان. دومین همایش ملی اثرات خشک‌سالی و راهکارهای مدیریت آن. اصفهان. ص ۲
- ۷-فتاحی، ا. ۱۳۸۷. بررسی الگوهای سینوپتیکی خشک‌سالی‌های فراگیر در استان چهارمحال و بختیاری. همایش خشک‌سالی در استان چهارمحال و بختیاری. شهرکرد. ص ۱
- ۸-لشنی زند، م. ع. تلی. ۱۳۸۳. بررسی خشک‌سالی اقلیمی و امکان پیش‌بینی آن در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۲. صص ۸۶ - ۷۳
- ۹-موسوی، م. م. ۱۳۸۶. بررسی سیر خشک‌سالی اقلیمی و اثرات آن بر نظام کشاورزی استان بوشهر طی سال‌های ۱۳۴۰-۱۳۸۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.
- ۱۰-ناصر زاده، م. ا. احمدی. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ارزیابی خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین، نشریه‌ی تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲، شماره ۲۷، ۱۶۲-۱۴۱.
- 11-Bordi, I. Sutera, A. 2007. Drought Monitoring and Forecasting at Large Scale. in: (Rossi, G, Methods and Tools for Drought Analysis and Management). Springer.:3-270.
- 12-Mishra, A. K. and Singh, V. P. (2010). "A review of drought concepts" Journal of Hydrology, 391, 202-216
- 13-Montaseri, M. Amirataee, B. Khalili, K. 2017. Identification of Trend in Spatial and Temporal Dry and Wet Periods in Northwest of Iran Based on SPI and RAI Indices. Majallah-i ab va Khak.;30(2):655-671
- 14-Morid, S., Smakhtin, V. and Moghadasi, M. (2006). "Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran" International journal of climatology, 26, 971-985.
- 15-Quiring, S. M., and Papakryiakou, T. N. (2003). "An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies" Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 118, 1-2, 49-62.
- 16-Richard, R.H. 2000.A Review of Twentieth Century Drought Index Used in The United States American Meteorological Society.: 1149-1159.
- 17-Sharma, T. C. 2000.Drought Parameters in Relation to Truncation Levels. Hydro. Process. 14.:1279-1788.
- 18-Tase, N. 1982. Regional Occurrence of Wet and Dry Years in Japan, Tsukuba Unir-Instit.Of Geosciences. Annul Rep. No, 8.:37-40