



## ارزیابی چند شاخص خشکسالی هواشناسی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه آبخیز هراز

آرش آغچه کندی<sup>۱</sup>، کریم سلیمانی<sup>۲</sup>، محمود حبیب نژاد روشن<sup>۲</sup>، کاکا شاهی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌خیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲ و ۳- استاد و دانشیار گروه مهندسی آب‌خیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

Arashkenedi@yahoo.com

### چکیده

تحقیق حاضر تلاشی است برای ارزیابی کارایی برخی از شاخص‌های متداول هواشناسی (اقلیمی) در حوضه آبخیز هراز، این شاخص‌ها عبارت است از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، درصد بارش نرمال (PNI) و شاخص (ZSI). این شاخص‌ها در طی یک دوره ۴۰ ساله بر روی ۳ ایستگاه هواشناسی در حوضه آبخیز هراز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. همچنین نمودارهای مورد نیاز توسط نرم افزارهای SPSS و EXCEL طراحی شدند. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها نشان داد شاخص (SPI) و شاخص (ZSI) مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی رخداد خشکسالی بسیار شدید و شدید را در همه ایستگاه‌های تحت مطالعه به خوبی نشان داده و کارایی بهتری نسبت به شاخص (PNI) از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارد. شاخص (PNI) در یک ایستگاه تحت مطالعه با رخداد خشکسالی شدید در طی سال‌های وقوع کمینه بارندگی انطباق داشته و در دو ایستگاه مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی با خشکسالی شدید و بسیار شدید تطابق نداشته است. فراوانی‌های مقادیر مختلف شاخص (SPI) و (ZSI) رفتار و عملکرد مناسب و تقریباً مشابهی نشان دادند. بر این اساس در انتخاب مناسب‌ترین شاخص جهت تحلیل وضعیت خشکسالی در طی سال‌های یک دوره طولانی مدت آماری در این حوزه، شاخص (SPI) و شاخص (ZSI) در جایگاه نخست و شاخص (PNI) در جایگاه دوم قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: حوضه آبخیز هراز، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص‌های خشکسالی، کمینه بارندگی.

### مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت مکرر در هر نوع آب و هوایی به وقوع می‌پیوندد (مهدویان و همکاران، ۱۳۸۴). کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی، همواره سبب وقوع پدیده خشکسالی در کشور گردیده است (سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۳). با توجه به اهمیت فراسنج‌های اقلیمی، به ویژه بارندگی و تأثیر آن بر منابع آب، لازم است ابتدا خشکسالی هواشناسی به وسیله‌ی یک شاخص مناسب بررسی، سپس تأثیر آن بر منابع آب منطقه‌ی مورد نظر تعیین گردد. نوسان‌های آب و هوایی که بیابان‌زایی را سبب می‌شود، بیشتر به کاهش میزان بارندگی، رطوبت، افزایش دما به و یژه در تابستان، افزایش میزان خشکی، تبخیر و تعرق، وزش باد‌های گرم و سوزان ارتباط می‌یابند (سیوف، ۱۳۸۵). امروزه خشکسالی به یکی از گران‌ترین بلایای طبیعی تبدیل شده است (هرویجر و همکاران، ۲۰۱۳). در بین بلایای طبیعی تهدیدکننده‌ی انسان و محیط زیست، خشکسالی هم از نظر فراوانی رخدادن و هم از جنبه‌ی اندازه‌ی زیان‌های وارده در صدر قرار دارد (کنت، ۲۰۰۳).



بیش از ۱۱٪ مخاطرات طبیعی در سطح جهان، به‌ویژه در نواحی روستایی، مرتبط با وقوع خشکسالی‌هاست (کارانگ، ۲۰۰۴). خشکسالی و کمبود ریزش‌های جوی نیز از جمله عوارضی است که همگام با دخالت مطالعه نشده انسان در طبیعت، محدودیت منابع آب را تشدید می‌کند. یکی از بخش‌های مهم سیستم پایش خشکسالی، شاخص‌های خشکسالی است. محققان شاخص‌های مختلفی را برای پایش وضعیت خشکسالی و بررسی آثار کمی ناشی از آن توسعه داده‌اند آن شاخص‌ها عبارتند از شدت خشکسالی پالم (PDSI)، ناهنجاری بارش (RAI)، دهک‌ها (DI)، رطوبت محصول (CMI)، ذخیره‌ی آب سطحی (SWI)، بارش استاندارد شده (SPI)، و درصد نرمال (PN) (هایز ۲۰۰۰). از بین شاخص‌های کمی در تحلیل خشکسالی هواشناسی، شاخص SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس‌های مکانی مختلف، به عنوان شاخصی مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است (قره‌شیخلو و همکاران، ۱۳۸۷). مقایسه شاخص‌های SPI، DI و RDI در منطقه مدیریت‌شده نشان می‌دهد که شاخص RDI<sup>39</sup> از مشابهت رفتاری بالایی با SPI برخوردار است و مزیت آن نسبت به SPI حساسیت بیشتر آن به تغییرات محیطی است (ساکریس و همکاران، ۲۰۰۷). در تحقیقی در منطقه نیمه خشک مدیریت‌شده برای نظارت بر خشکسالی در طی ۱۵ سال از سه شاخص SWI، SPI و SVI استفاده شد و با اعتبارسنجی شاخص‌ها مشخص شد که خشکسالی منطقه بر طبق شاخص SWI بوده و رابطه خوبی بین SPI و SWI پیدا شد. همچنین هماهنگی بین دو شاخص SWI با SVI بیشتر از شاخص‌های SVI و SPI است (آزین و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیقی برای پایش بینی و پهنه بندی خشکسالی در استان کرمان از شاخص DI استفاده شد نتایج نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها بر اساس شاخص دهک‌ها در سال‌های ۷۹-۷۸ رخ داده است و شاخص دهک‌ها کارایی مناسبی در تعیین وضعیت خشکسالی منطقه داشت (بهشتی راد، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای با عنوان تاثیر فعل و انفعالات رودخانه و دریاچه در خشکسالی و منابع آب حوزه دریاچه پویانگ به بررسی توزیع زمانی و مکانی خشکسالی‌های شدید در حوزه پویانگ با استفاده از شاخص SPI و EOF<sup>40</sup> در دوره‌ی ۲۰۰۹-۱۹۵۶ پرداخته شد و نتایج نشان داد خشکسالی‌های شدید در حوزه دریاچه پویانگ در طول ۶۰ سال گذشته منجر به کاهش پنج شاخه پایین دست رودخانه به دریاچه پویانگ شده است (زنگزین و همکاران، ۲۰۱۵). باتوجه به اهمیت بالای پارامترهای اقلیمی در مسائل زیست محیطی، هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی برخی از شاخص‌های متداول اقلیمی در حوضه‌ی آبخیز هراز می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

حوضه‌ی آبخیز رودخانه هراز در شمال کشور و در ارتفاعات البرز قرار دارد. این حوضه از ۱۵ زیر حوضه اصلی و ۲۹ واحد هیدرولوژیکی تشکیل شده است. این حوضه از نظر مختصات جغرافیایی بین ۴۳° ۵۱ تا ۳۶° ۵۲ طول شرقی و ۴۵° ۳۵ تا ۲۲° ۳۶ عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوضه‌ی آبخیز هراز بالغ بر ۳۲۸۵۲۷/۲ هکتار است. حداقل ارتفاع حوضه ۳۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۵۶۰۰ متر است. حوضه‌ی آبخیز هراز به دو قسمت جلگه‌ای و کوهستانی تقسیم می‌شود. از نظر اقلیمی این حوضه دارای بارندگی متوسط ۵۵۰ میلی‌متر و در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله بوه که در بخش کوهستانی آن بارش‌ها به صورت برف و در بخش دشتی به صورت باران است. از شهرهای مهم داخل این حوضه می‌توان آمل، محمودآباد، بابل، را نام برد. در تحقیق حاضر از داده‌های بارندگی ۳ ایستگاه هواشناسی حوضه‌ی آبخیز هراز در طول دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۵۴ استفاده شده است. در این تحقیق از ۳ شاخص SPI، ZSI و PNI استفاده شد. به منظور بررسی و کمی‌سازی شدت خشکسالی برای تعیین تاریخ

<sup>39</sup> Reconnaissance Drought Index

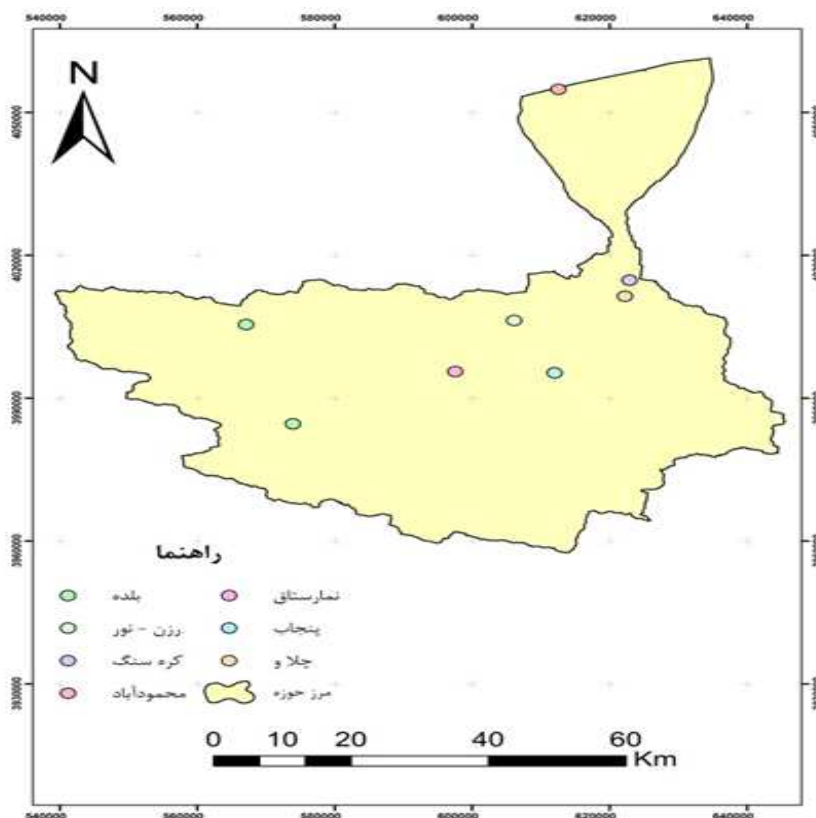
<sup>40</sup> Empirical Orthogonal Function



شروع، خاتمه و طول تداوم خشکسالی با استفاده از نرم افزار اکسل و همچنین با استفاده از لوح فشرده‌ی تخصصی - آموزشی تحت عنوان  $DIP^{41}$  از سه شاخص منتخب اقلیمی استفاده شد. جدول شماره ۱ بیان کننده موقعیت ایستگاه‌های حوضه‌ی آبخیز هراز می‌باشد. ایستگاه‌های باران سنجی منتخب با در نظر گرفتن موارد مختلفی از قبیل: داشتن آمار طولانی مدت بارندگی (حداقل ۳۰ سال) و نواقص آماری کم، انتخاب شده‌اند. ابتدا داده‌های بارندگی سالانه از نظر همگنی به وسیله دو روش جرم مضاعف و ران تست  $^{42}$  مورد بررسی قرار گرفتند. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی حوضه آبخیز هراز را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مشخصات جغرافیایی			سال تاسیس	بارش سالانه (میلیمتر)
		طول	عرض	ارتفاع		
کره سنگ	باران سنجی	۵۹" ۲۱'	۵۲° ۰" ۱۸'	۲۲۰	۹۰۴	
محمودآباد	باران سنجی	۱۳" ۱۵'	۵۲° ۵۷" ۳۷'	-۲۵	۱۰۱۶	
نمارستاق	باران سنجی	۰" ۵'	۵۲° ۰" ۶'	۲۱۲۰	۴۱۳	



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه‌ی آبخیز هراز

<sup>41</sup> Drought Indices Package

<sup>42</sup> -RUN test

شاخص درصد بارش نرمال<sup>۴۳</sup> (PNI)

یکی از داده های ساده و در عین حال جامع و انعطاف پذیر که تقریباً در اکثر پژوهش ها به کار می رود بارش می باشد که در آن بارش ها نسبت به میانگین دراز مدت به صورت زیر محاسبه می شود (انصافی مقدم، ۱۳۸۶).

$$PN = \frac{P_i}{\bar{p}} * 100 \quad (1)$$

که در این رابطه  $p_i$ : بارندگی سالانه یا ماهانه،  $\bar{p}$ : میانگین بارش طولانی مدت در دوره ی مورد نظر می باشد.

شاخص بارش استاندارد<sup>۴۴</sup> (SPI)

شاخص بارش استاندارد بر اساس معادله (۲) تعریف می شود. که در این معادله  $X_i$ : بارندگی در مقیاس زمانی،  $\bar{X}$ : میانگین بارندگی در مقیاس زمانی،  $SD$ : انحراف معیار بارندگی در مقیاس زمانی می باشد. طبق این معادله دوره ی خشکسالی هنگامی اتفاق می افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت گردد و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدت دوره ی خشکسالی و همچنین دوره های مرطوب را نشان می دهد که به صورت زیر محاسبه می شود (انصافی مقدم، ۱۳۸۶).

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{SD} \quad (2)$$

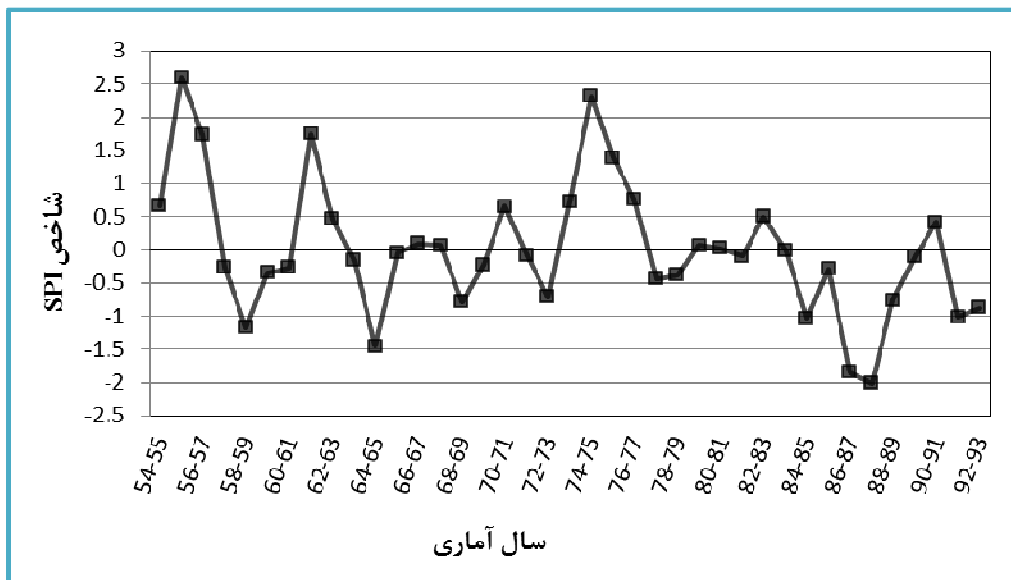
رابطه ی بالا، برای محاسبه ی شاخص Z-SCORE (ZSI) نیز قابل استفاده است (تریولا، ۱۹۹۵ به نقل از مرید و همکاران، ۱۳۸۴).

## نتایج و بحث

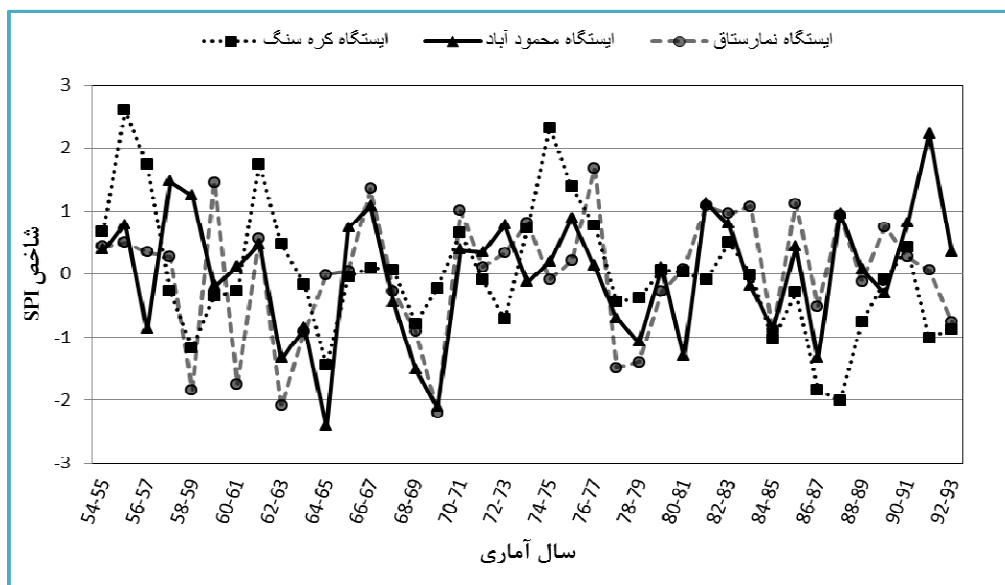
در بررسی شاخص های خشکسالی در منطقه مورد مطالعه اولاً هر یک از این شاخص ها به طور دقیق تعیین کننده طول دوره های مرطوب و خشک بوده اند، ثانیاً خصوصیات یک خشکسالی را از حیث زمان شروع، خاتمه، شدت و طول مدت یا تداوم را به خوبی در منطقه نشان داده اند. می توان با استفاده از شاخص های مورد بررسی وضعیت خشکسالی را برای هر ایستگاه بررسی نمود و وقوع خشکسالی را در منابع آب و خاک نشان داد. در این بخش، نمودار شاخص مورد مطالعه SPI در ایستگاه کره سنگ در شکل شماره ی (۱) به عنوان نمونه ارائه شده است و سپس مقایسه ی هر سه شاخص مورد مطالعه در سه ایستگاه انتخابی در شکل های (۲، ۳ و ۴) نشان داده شده است.

<sup>43</sup> Percent of Normal Index

<sup>44</sup> Standard Precipitation Index

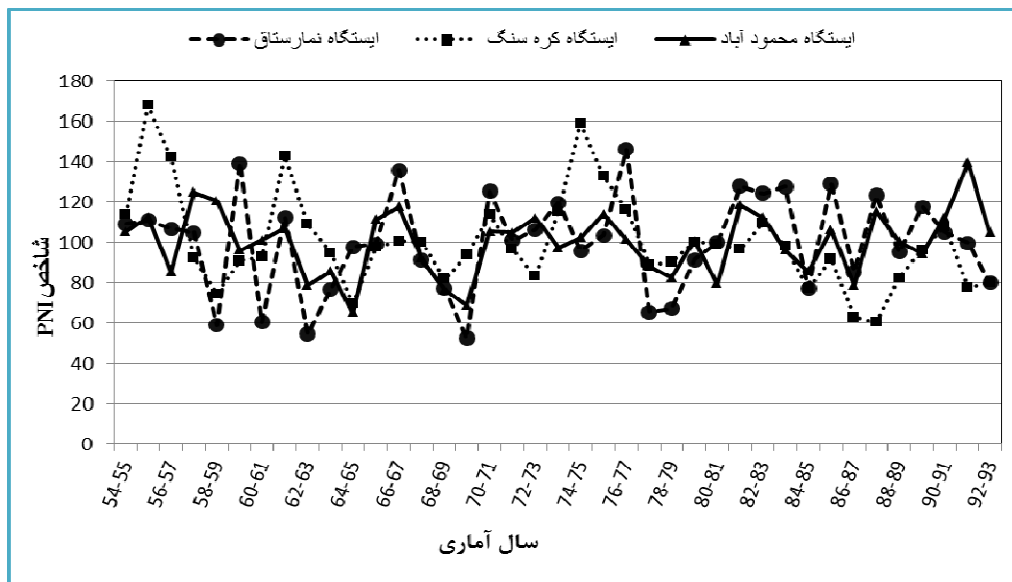


شکل ۱- تغییرات سال به سال شاخص SPI در ایستگاه کره سنگ در طول دوره آماری (۱۳۹۳-۱۳۵۴)

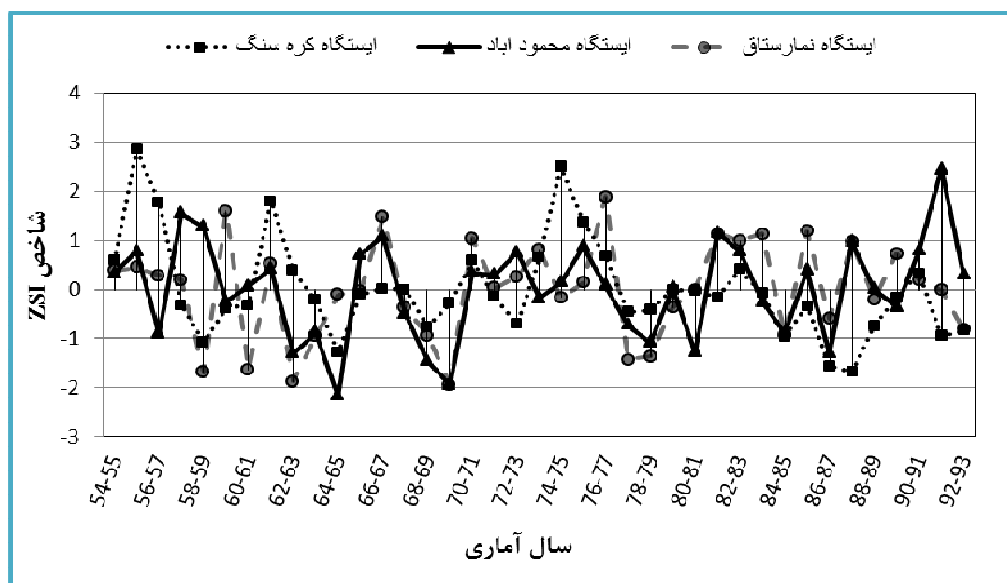


شکل ۲- مقایسه‌ی شاخص خشکسالی SPI در ۳ ایستگاه انتخابی حوضه‌ی هزار در طول دوره آماری

(۱۳۹۳-۱۳۵۴)



شکل ۳- مقایسه‌ی شاخص خشکسالی PNI در ۳ ایستگاه انتخابی حوضه‌ی هزار در طول دوره‌ی آماری (۱۳۹۳-۱۳۵۴).



شکل ۴- مقایسه‌ی شاخص خشکسالی ZSI در ۳ ایستگاه انتخابی حوضه‌ی هزار در طول دوره‌ی آماری (۱۳۹۳-۱۳۵۴)

### ارزیابی شاخص‌های مختلف خشکسالی

به منظور ارزیابی شاخص‌های خشکسالی بکار گرفته شده در این تحقیق و در پاسخ به این سوال که برای ارزیابی شدت خشکسالی در یک منطقه کدام شاخص دقیق تر و گویا تر است بر اساس الگوی تحقیقاتی ارزیابی کارایی چند نمایه‌ی خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی ایران (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۲) از یک فرضیه به



عنوان سنجه کارآمد برای پایش خشکسالی استفاده شد. در این فرضیه کمینه مقدار بارندگی طی یک دوره بلند مدت اقلیمی منعکس کننده‌ی خشکسالی هواشناسی بسیار شدید و شدیدی است که در منطقه اتفاق افتاده است. مطابق ان فرضیه ابتدا کمینه مقادیر بارندگی در هر یک از ایستگاه ها، استخراج، پایش و توسط هریک از شاخص- های خشکسالی ارزیابی شده است. جدول شماره‌ی (۲) کمینه یا حداقل مقادیر بارندگی و سال وقوع آن را به همراه پایش وضعیت خشکسالی از دیدگاه شاخص‌های خشکسالی نشان می دهد.

### جدول ۲- تقارن سال وقوع کمینه بارندگی با خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید در ایستگاه‌های انتخابی حوضه آبخیز هراز

ایستگاه	کمینه بارش	سال وقوع	SPI	PNI	ZSI
کره سنگ	۵۷۷/۵	۸۶-۸۷	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید
محمودآباد	۶۶۸/۵	۶۴-۶۵	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید
نمارستاق	۲۱۹	۶۹-۷۰	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید

### چهار ویژگی مورد بررسی در هر خشکسالی

شدت، مدت یا تداوم، فراوانی و گستره‌ی خشکسالی ها، چهار ویژگی در هر خشکسالی می‌باشد. در جدول شماره‌ی (۳) ضمن ارائه‌ی ویژگی های خشکسالی و شدیدترین تداوم از نظر بزرگی مقادیر SPI و فراوانی وقوع وضعیت خشکسالی ایستگاه های انتخابی، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. بالاترین فراوانی نسبی وقوع خشکسالی ها در منطقه مورد مطالعه به ایستگاه محمود آباد اختصاص دارد. در ایستگاه یاد شده در ۱۷/۹ درصد طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه خشکسالی حاکم بوده است. و دو ایستگاه کره سنگ و نمارستاق کمترین وقوع خشکسالی را بین ایستگاه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه داشته اند. در این دو ایستگاه فقط ۱۵/۳ درصد طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه خشکسالی حاکمیت داشته است. در جدول شماره (۴) نیز طبقات مختلف شاخص های خشکسالی نشان داده شده است.

### جدول ۳- ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز هراز در مقیاس زمانی سالانه (۱۳۹۳-۱۳۵۴)

ایستگاه	شدید ترین مقدار SPI	سال	مدت به سال	طولانی ترین تداوم در طی دوره‌ی آماری	طولانی ترین تداوم در سال	فراوانی وقوع نسبی	فراوانی نسبی
کره سنگ	-۲/۰۱	۸۸	۲	(۸۷-۸۸)، (۸۶-۸۷)	(۸۷-۸۸)	۶	۱۵/۳
محمود آباد	-۲/۴۱	۶۵	۲	(۶۹-۷۰)، (۶۸-۶۹)	(۶۹-۷۰)	۷	۱۷/۹
نمارستاق	-۲/۲	۷۰	۲	(۷۸-۷۹)، (۷۷-۷۸)	(۷۷-۷۸)	۶	۱۵/۳



جدول ۴- طبقات مربوط به شاخص های مختلف خشکسالی (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۲)

شاخص Z-SCORE (ZSI)	شاخص درصد بارش نرمال (PNI)	شاخص بارش استاندارد (SPI)	طبقات شدت خشکسالی
۰/۲۵ - تا ۰/۲۵	۸۰ تا ۱۲۰٪	۰/۹۹ - تا ۰/۹۹	نرمال
۰/۲۵ - تا ۰/۵۲	۷۰ تا ۸۰٪	*	خشکسالی ضعیف
۰/۵۲ - تا ۰/۸۴	۵۵ تا ۷۰٪	-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
۰/۸۴ - تا ۱/۲۸	۴۰ تا ۵۵٪	-۱/۴۹ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
کمتر از ۱/۲۸	کمتر ۴۰٪	کوچکتر یا مساوی -۲	خشکسالی بسیار شدید

\* تعریف نشده

جدول شماره‌ی (۴) در واقع سه شاخص SPI، PNI و ZSI را نشان می‌دهد که هر کدام شدت‌های مختلف خشکسالی را در بازه های مربوط به آن نشان می‌دهد.

### نتیجه گیری

شاخص‌های خشکسالی در واقع بیان‌کننده‌ی حدود طبیعی خشکسالی‌های رخ داده هستند تا امکان ارزیابی آن‌ها را در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی ممکن سازند. مطابق جدول شماره‌ی (۳) شدیدترین مقدار مشاهده شده خشکسالی حوضه‌ی آبخیز هراز با توجه به محاسبات شاخص SPI در سال ۱۳۶۵ با ۲/۴۱- درجه در ایستگاه محمود آباد رخ داده است. تحقیق نشان داد که شاخص PNI عکس العمل کافی به کمبود ریزش‌ها در مقیاس سالانه از خود نشان نمی‌دهد. از مجموع شاخص‌های ارزیابی شده در این تحقیق شامل: شاخص درصد نرمال PNI، شاخص SPI و شاخص ZSI، دو شاخص SPI و ZSI با فاصله‌ی بسیار کم، بیشترین بیشترین رتبه را در آزمون فرضیه‌ها در سطح حوضه‌ی رودخانه هراز به خود اختصاص داده‌اند. شاخص SPI در دو ایستگاه محمود آباد و نمارستاق خشکسالی بسیار شدید و ایستگاه کره سنگ خشکسالی شدید را نشان می‌دهد. شاخص ZSI در دو ایستگاه کره سنگ و نمارستاق خشکسالی شدید و در ایستگاه محمود آباد خشکسالی بسیار شدید را نشان می‌دهد. شاخص PNI در دو ایستگاه کره سنگ و محمود آباد خشکسالی متوسط و در ایستگاه نمارستاق خشکسالی شدید را نشان می‌دهد. همچنین آزمون فرضیه‌ی سنجش نشان داد شاخص SPI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی رخداد خشکسالی بسیار شدید را در همه‌ی ایستگاه‌ها به غیر از یک ایستگاه نشان می‌دهد. شاخص ZSI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی رخداد خشکسالی شدید را در همه‌ی ایستگاه‌ها به غیر از یک ایستگاه نشان می‌دهد. شاخص PNI مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی رخداد خشکسالی متوسط را در همه‌ی ایستگاه‌ها به غیر از یک ایستگاه نشان می‌دهد. بنابراین شاخص SPI کارایی بیشتری نسبت به دو شاخص دیگر در نمایش خشکسالی بسیار شدید دارد. فراوانی مقادیر مختلف شاخص SPI و ZSI رفتار و عملکرد مناسب و تقریباً مشابه تری، خروجی بهتر و مناسب تری را نشان می‌دهد. اگرچه هیچ شاخص عمده‌ای از نظر کم و کیفیت بالاتر از بقیه شاخص‌ها نیست، اما بعضی از شاخص‌ها ممکن است برای بعضی از کاربران مفید تر و مناسب تر باشد. به عنوان مثال از جمله ویژگی‌های متمایز کننده‌ی شاخص (SPI)، یکی، شناسایی و مشخص شدن ماه‌های خشکسالی





زودتر از شاخص های دیگر و دیگری محاسبه ی آن برای مقیاس های زمانی متفاوت است. بر این اساس در انتخاب مناسب ترین شاخص جهت تحلیل خشکسالی حوضه ی آبخیز هراز در طول دوره ی آماری مورد نظر شاخص (SPI) و شاخص (ZSI) به علت تعیین فراوانی خشکسالی در دوره ی آماری و نشان دادن دقیق سال های با خشکسالی با شدت های مختلف در جایگاه نخست و شاخص (PNI) در جایگاه دوم قرار می گیرد.

## قدردانی

از کارمندان شرکت آب منطقه ای استان مازندران جهت همکاری و همچنین از آقای مهندس سید حسین روشن و مهندس بهرام چوبین مراتب سپاس و قدردانی بعمل می آید.

## منابع

- انصافی مقدم، ط. (۱۳۸۶)، ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب ترین شاخص در حوزه دریاچه نمک، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۲، جلد ۱۴، ۲۸۸-۲۷۱ ص.
- بهشتی راد، م. (۱۳۹۳). پایش و خشکسالی در استان کرمان با استفاده از شاخص DI و پهنه بندی آن با روش های زمین آماری. فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای، سال چهارم، شماره ۱۶، ۱۵۸-۱۴۹ ص.
- خلیلی، ع.، بذرافشان، ج. (۱۳۸۲)، ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه های اقلیمی مختلف ایران، نشریه نیوار، شماره ی ۴۸ و ۴۹، بهار و تابستان، تهران، ۹۳-۷۹ ص.
- سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور. (۱۳۸۳)، برنامه اقدام ملی بیابان زدایی و کاهش اثرات خشکسالی ایران، نشر پونه، تهران، ۷ ص
- سیوف، س. (۱۳۸۵)، تغییر اقلیم و خشکسالی، دانشگاه هرمزگان، [Seed@cloudysky.ir](mailto:Seed@cloudysky.ir)
- قره شیخلو، ا.ح.، خسروانی شیری، ز.، عربعلی، ع. (۱۳۸۷). پایش و پهنه بندی خشکسالی به منظور مدیریت بهینه منابع آب، سی دی مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، ۲۵-۲۳ ص
- مرید، س.، مقدسی، م.، پامزد، ش و قائمی، ه. (۱۳۸۴)، طراحی سیستم پایش خشکسالی استان تهران؛ پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس و شرکت سهامی مدیریت منابع آب، تهران، ۱۹۵ ص.
- مهدویان، ع.، جوانمردی، س. (۱۳۸۴)، نقش پیش آگاهی های هواشناسی در امنیت غذایی و کاهش ضایعات تولیدات کشاورزی، مجموعه مقالات همایش روش های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، شامل: آب، انرژی، دارو، نان و سایر مواد غذایی، وقت و سایر منابع ملی، تهران، ۲۸۲-۲۷۱ ص.

Ezzine, H., Bouziane, A., Quazar, D. (2014). Seasonal comparisons of meteorological and agriculture drought indices in morocco using open short time series data. journal of applied Earth Observation and Geoinformation, 26:36-48.

Hayes, M.J. (2000) What is Drought? Climate Impact Specialist, Accessible On <http://www.drought.unl.edu>.

Heweijer, C., Seager, R., Cook, R., Emile, J. (2013). North American Drought of the last millennium from a Gridded Network of Tree-Ring Data, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York, Drying Technology: An International Journal, Volume 31, Issue 15, 2013.



یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران  
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز

**11<sup>th</sup>** National Conference on Watershed Management Sciences  
and Engineering of Iran  
Participatory Development in Watershed Management



انجمن آبخیزداری ایران



دانشگاه شاهرود

۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵  
April 19-21, 2016

- Karang, Li. (2004). Drought early Warning and Impact Assessment in China, Proceeding of Export Group meeting.
- Keneth, H.F. (2003). Climate Variation Drought and Desertification, W.M. Annual Report. Jevnva.
- sakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H. (2007). Regional Drought assessment based On the Reconnaissance Drought Index (RDI). Water Resource Manage, 21:821-833.
- Zengxin, z., Xi, Ch., Chong, Y.X., Yang, H., Jill, H., Zhonghua, S. (2015). Examining the influence of river-lake interaction on the drought and water resources in Poyang Lake basin. Journal of hydrology, 522, 510-521.