

مدیریت بهره برداری از منابع آب در شرایط خشکسالی با به کارگیری چند شاخص خشکسالی پر کاربرد (مطالعه موردی ایستگاه سد شهید عباسپور)

عباس صفائی^{۱*}، مسعود چرامین^۲، کیمیا کرکنی^۳

۱- عضو مرکز تحقیقات علوم آب و محیط زیست، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. a.safaei1991@gmail.com

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه آب، شوشتر، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی عمران، گروه عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

چکیده

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم های طبیعی وارد می آورد و با دیگر حوادث طبیعی تفاوت هایی دارد. عمده این تفاوت ها در تأثیر تدریجی خشکسالی طی یک دوره نسبتاً طولانی، عدم امکان تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه و وسعت جغرافیایی تأثیر آن می باشد. از طرف دیگر نبود تعریف دقیق و قابل قبول جهانی از خشکسالی به پیچیدگی و سردرگمی این پدیده افزوده است. در این مقاله به منظور بررسی وضعیت خشکسالی در ایستگاه سد شهید عباسپور آنالیز آماری بر روی داده های در یک دوره آماری ۴۵ ساله (۱۳۴۵-۱۳۹۰) انجام گرفته است و شدت خشکسالی ها بر اساس شاخص های خشکسالی SPI, PNPI, ZSI مشخص و توصیف گردید. این شاخص ها با یکدیگر همخوانی داشته به گونه ای که بر اساس شاخص های نامبرده نتایج نشان می دهد که در سد شهید عباسپور در سال های آبی (۱۳۸۶-۸۷) شدید ترین خشکسالی در دوره آماری مورد نظر به وقوع پیوسته. شاخص SPI دوره های خشکسالی بیشتری را نشان می دهد، لذا شاخص حساس تری نسبت به دو شاخص ZSI و PNPI می باشد و از حساسیت بالاتر و طبقه بندی کامل تر در بررسی دوره های خشک برخوردار است.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص PNPI، شاخص SPI، شاخص ZSI، سد شهید عباسپور

می‌شوند. نسبت به سایر نمایه‌ها برای پایش و ارزیابی خشکسالی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تلاش برای تعریف دقیق و ارزیابی کمی خشکسالی، نمایه‌ها و مدل‌های متنوعی ارائه شده است در این مطالعه از سه نمایه خشکسالی PNPI، SPI، ZSI استفاده شده است. در زمینه بررسی خشکسالی در ایران و جهان تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است از جمله: ثنائی نژاد (۲۰۰۵)، با استفاده از شاخص SPI کشور مکزیک را پهنه‌بندی کرده و میزان بارش فصلی و سالانه را برای وقوع خشکسالی محاسبه نموده‌اند. مک‌کی و همکاران (۱۹۹۵)، به بررسی میزان خشکسالی در دو منطقه النینجو و آگارو در جنوب پرتغال پرداخته‌اند که به این نتیجه رسیدند که در طول فصل پاییز خشکسالی گسترده شده و تنها در ۲ ماه متغیر SPI نزدیک به دسته خشکسالی شدید شده است. انصاری و داوری (۲۰۰۷)، بداق جمالی و همکاران (۲۰۰۳)، اختری و همکاران (۲۰۰۷)، ویلی کی و همکاران (۱۹۹۴) و (Khajavi et al., 2015) به بررسی میزان خشکسالی و شدت و تداوم آن در مناطق مختلف پرداخته‌اند.

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که در مقایسه با سایر بلایای طبیعی از نقطه نظر میزان، شدت، طول مدت واقعه، گسترش منطقه ای، تلفات جانی، خسارت‌های اقتصادی-اجتماعی، اثرات بلندمدت، غیرمنتظره بودن و وقوع خطرات مرتبط، دارای اهمیت می‌باشد. به علت تعدد عوامل وقوع خشکسالی تعریف آن کارچندان ساده‌ای نمی‌باشد. هواشناسان عموماً خشکسالی را به عنوان دوره‌ای در نظر می‌گیرند که در طول آن بارش بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از میزانی است که به طور متناوب ریزش می‌کند و منجر به کمبود ذخائر آب می‌شود. لذا با توجه به شرایط ویژه جغرافیایی و اقلیمی کشور این مسئله مطرح می‌شود که چگونه می‌توان به ارزیابی دقیق خشکسالی پرداخت، برای شناخت خشکسالی و ارزیابی آن از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌گردد که این شاخص‌ها با استفاده از مجموعه پارامترهای ریزش‌های جوئی نظیر باران و برف و همچنین جریان‌های رودخانه حاصل از ریزش‌های جوئی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا بتواند تصویر روشنی از این پدیده‌ها را ارائه دهد. نمایه‌های خشکسالی هواشناسی که تنها بر اساس داده‌های بارندگی محاسبه

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

به منظور پایش خشکسالی شاخص‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد این شاخص‌ها یا بر اساس تعریف‌های خشکسالی و یا روش‌های محاسبه‌ای که در آن از یک یا چند پارامتر هواشناسی استفاده شده به دست آمده‌اند. در ذیل هر کدام از این شاخص‌ها به صورت جداگانه تعریف می‌شوند

جهت بررسی روند خشکسالی در سد شهید عباسپور از آمار بارندگی ایستگاه سینوپتیک شهید عباسپور با طول دوره آماری ۴۵ سال (۱۳۴۵-۱۳۹۰) استفاده شد. در این تحقیق روند وقوع خشکسالی با استفاده از شاخص درصد نرمال^۱، شاخص بارندگی استاندارد^۲، شاخص بارش استاندارد^۳ در بازه زمانی ۴۵ ساله (۱۳۴۵-۱۳۹۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

³ ZSI

¹ PNPI

² SPI

شاخص ها

شاخص درصد از بارش نرمال^۴

این شاخص یکی از ساده ترین شاخص های خشکسالی است که برای ارزیابی خشکسالی ها مورد استفاده قرار می گیرد در این شاخص با در دست داشتن میانگین دراز مدت به عنوان مبنا می توان تغییرات را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره های ماهانه فصلی و سالانه انجام داد.

جهت تعیین سال های، نرمال، با خشکی ضعیف، متوسط، شدید، بسیار شدید، توسط شاخص درصد از بارش نرمال مطابق روابط زیر اقدام گردید:

$$PNPI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن P_i : بارندگی در سال مفروض، \bar{P} : میانگین بارش بلند مدت و PNPI: شاخص درصد از بارش نرمال می باشد. بر اساس مطالعه مک کی و همکاران (۱۹۹۵)، آستانه ۸۰٪ بارش میانگین را می توان مرز وقوع خشکسالی در کشور تلقی کرد که هر قدر این درصد کاهش یابد، شدت خشکسالی افزایش می یابد، البته شدت خشکسالی ها علاوه بر کاهش نزولات جوئی به دوره تداوم آن نیز ارتباط پیدا می کند به این معنی که با استمرار شرایط خشکسالی، شدت آن بیشتر جلوه می کند. بر این مبنا در این مطالعه وضعیت خشکسالی به صورت جدول (۱) مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول (۱): مقیاس طبقه بندی شدت خشکسالی به روش PNPI (درصد)

خشکسالی			نرمال	شدت
بسیار شدید	شدید	متوسط	ضعیف	شاخص
کمتر از ۴۰	۴۰ تا ۵۵	۵۵ تا ۷۰	۷۰ تا ۸۰	PNPI
				بیشتر از ۸۰

شاخص بارندگی استاندارد شده^۵

این روش توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) با توجه به تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب های زیر زمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شد. این شاخص یک ابزار قوی در آنالیز داده های بارندگی می باشد هدف SPI اختصاص ارزش عددی به بارندگی می باشد که بتوان نواحی با آب و هوای متفاوت را با هم مقایسه نمود از مزایای این شاخص می توان به سادگی آن، چندکاره بودن آن اشاره کرد.

این شاخص دارای توزیع نرمال است و نسبت به مقیاس های زمانی و مکانی متفاوت انعطاف پذیری دارد. این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (2)$$

که در آن SPI: شاخص استاندارد بارندگی، P_i : مقادیر بارش، \bar{P} : میانگین متوسط دراز مدت بارش، SD: انحراف از معیار داده می باشد.

⁴ PNPI

⁵ SPI

شود که نمایه SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و کمتر برسد و زمانی پایان می یابد که شاخص SPI مثبت شود که در آن، Z نمره استاندارد بارش یا متغیر استاندارد شده، X_i میانگین ماهانه بارش، X میانگین بارش کل دوره، S انحراف ازمعیار بارندگی در هر مقیاس زمانی.

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (3)$$

در جدول شماره (۳)، طبقات شدت درجه خشکسالی براساس مقادیر ZSI نشان داده شده است.

مک کی و همکاران (۱۹۹۳) با توجه به ارزش حاصل از این شاخص و با توجه به خصوصیات شاخص و زمان وقوع آن در یک دوره آماری طولانی مدت (حداقل ۳۰ ساله)، شدت دوره های خشک را به صورت جدول ۲ طبقه بندی کردند. در این طبقه بندی، خشکسالی برای یک دوره زمانی وقتی ظاهر می شود شاخص (Z-SCORE) ZSI

رابطه زیر برای محاسبه شاخص به نقل از مرید قابل استفاده است (۱۹۹۵)

جدول (۲): طبقات شدت دوره های خشک براساس مقادیر SPI

طبقه	نرمال	دوره خشک ضعیف	دوره خشک متوسط	دوره خشک شدید	دوره خشک بسیار شدید
مقدار SPI	کمتر از ۰	از ۰ تا ۰/۹۹ -	از ۱- تا ۱/۴۹ -	از ۱/۵- تا ۱/۹۹ -	کوچکتر و مساوی ۲-

جدول (۳): طبقات شدت دوره های خشک براساس مقادیر ZSI

ZSI	وضعیت خشکسالی
۰/۳۵	نرمال
-۰/۵۲ تا -۰/۳۵	ضعیف
-۰/۸۴ تا -۰/۵۲	متوسط
-۱/۲۸ تا -۰/۸۴	شدید
<-۱/۲۸	بسیار شدید

نتایج و بحث

ایستگاه سینوپتیک شهید عباسپور برای بازه زمانی (۱۳۹۰-۱۳۴۵) محاسبه گردید و نتایج آن در جدول شماره (۴) ارائه شده است.

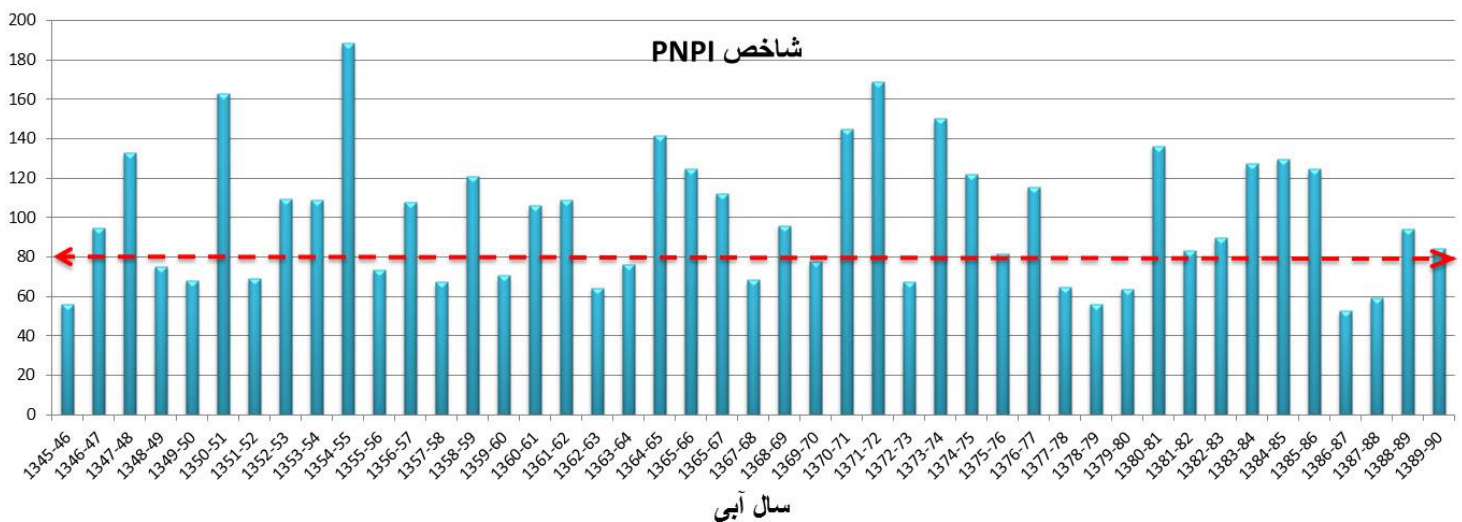
با توجه به موارد ذکر شده در بخش مواد و روش ها هر سه شاخص مورد نظر با استفاده از داده های بارندگی مربوط به

جدول (۴): نتایج پایش خشکسالی بر اساس سه شاخص ZSI، PNPI و SPI

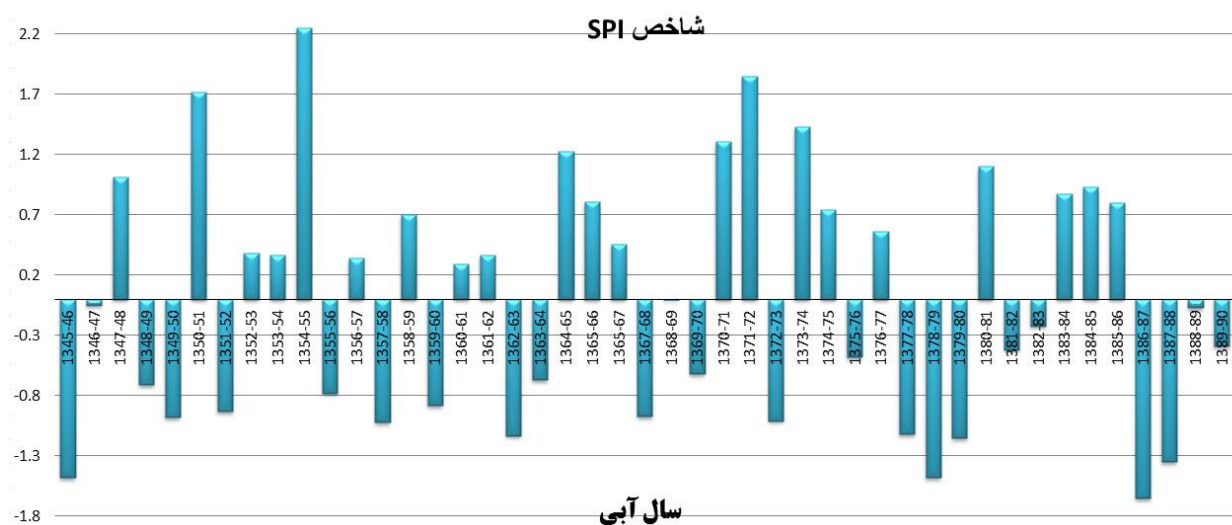
سال آبی	ZSI		SPI		PNPI	
	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی
1345-46	-1.29	خشکسالی بسیار شدید	-1.48	خشکسالی متوسط	56.09	خشکسالی متوسط
1346-47	-0.15	نرمال	-0.05	خشکسالی ضعیف	94.93	نرمال
1347-48	0.97	نرمال	1.01	نرمال	132.79	نرمال
1348-49	-0.73	خشکسالی متوسط	-0.71	خشکسالی ضعیف	75.14	خشکسالی ضعیف
1349-50	-0.94	خشکسالی شدید	-0.98	خشکسالی ضعیف	68.15	خشکسالی متوسط
1350-51	1.86	نرمال	1.72	نرمال	163.06	نرمال
1351-52	-0.9	خشکسالی شدید	-0.93	خشکسالی ضعیف	69.29	خشکسالی متوسط
1352-53	0.28	نرمال	0.38	نرمال	109.37	نرمال
1353-54	0.26	نرمال	0.37	نرمال	108.85	نرمال
1354-55	2.6	نرمال	2.25	نرمال	188.44	نرمال
1355-56	-0.78	خشکسالی متوسط	-0.78	خشکسالی ضعیف	73.48	خشکسالی ضعیف
1356-57	0.23	نرمال	0.34	نرمال	107.9	نرمال
1357-58	-0.97	خشکسالی بسیار شدید	-1.02	خشکسالی متوسط	67.2	خشکسالی متوسط
1358-59	0.61	نرمال	0.7	نرمال	120.81	نرمال
1359-60	-0.86	خشکسالی شدید	-0.88	خشکسالی ضعیف	70.65	خشکسالی ضعیف
1360-61	0.18	نرمال	0.29	نرمال	106.18	نرمال
1361-62	0.26	نرمال	0.37	نرمال	108.82	نرمال
1362-63	-1.05	خشکسالی شدید	-1.13	خشکسالی متوسط	64.45	خشکسالی متوسط
1363-64	-0.7	خشکسالی متوسط	-0.67	خشکسالی ضعیف	76.32	خشکسالی ضعیف
1364-65	1.23	نرمال	1.23	نرمال	141.63	نرمال
1365-66	0.73	نرمال	0.81	نرمال	124.86	نرمال
1365-67	0.35	نرمال	0.46	نرمال	111.95	نرمال
1367-68	-0.93	خشکسالی شدید	-0.97	خشکسالی ضعیف	68.44	خشکسالی متوسط
1368-69	-0.12	نرمال	-0.01	خشکسالی ضعیف	95.98	نرمال
1369-70	-0.66	خشکسالی متوسط	-0.62	خشکسالی ضعیف	77.61	خشکسالی ضعیف
1370-71	1.33	نرمال	1.31	نرمال	145.16	نرمال
1371-72	2.04	نرمال	1.85	نرمال	169.17	نرمال
1372-73	-0.96	خشکسالی شدید	-1.01	خشکسالی متوسط	67.46	خشکسالی متوسط
1373-74	1.48	نرمال	1.43	نرمال	150.24	نرمال
1374-75	0.66	نرمال	0.74	نرمال	122.27	نرمال
1375-76	-0.53	خشکسالی متوسط	-0.48	خشکسالی ضعیف	81.83	خشکسالی ضعیف
1376-77	0.46	نرمال	0.56	نرمال	115.56	نرمال
1377-78	-1.04	خشکسالی شدید	-1.12	خشکسالی متوسط	64.54	خشکسالی متوسط
1378-79	-1.29	خشکسالی بسیار شدید	-1.48	خشکسالی متوسط	56.28	خشکسالی متوسط
1379-80	-1.07	خشکسالی شدید	-1.15	خشکسالی متوسط	63.76	خشکسالی متوسط
1380-81	1.07	نرمال	1.1	نرمال	136.39	نرمال
1381-82	-0.49	خشکسالی ضعیف	-0.42	خشکسالی ضعیف	83.38	نرمال
1382-83	-0.31	خشکسالی ضعیف	-0.22	خشکسالی ضعیف	89.58	نرمال
1383-84	0.81	نرمال	0.87	نرمال	127.44	نرمال
1384-85	0.87	نرمال	0.93	نرمال	129.67	نرمال
1385-86	0.73	نرمال	0.8	نرمال	124.68	نرمال
1386-87	-1.4	خشکسالی بسیار شدید	-1.65	خشکسالی شدید	52.49	خشکسالی شدید
1387-88	-1.2	خشکسالی شدید	-1.35	خشکسالی متوسط	59.11	خشکسالی متوسط
1388-89	-0.17	نرمال	-0.07	خشکسالی ضعیف	94.29	نرمال
1389-90	-0.46	خشکسالی ضعیف	-0.39	خشکسالی ضعیف	84.31	نرمال

بر اساس شاخص PNPI آستانه خشکسالی کمتر از ۸۰٪ می باشد که هرچه کمتر باشد شدت خشکسالی بیشتر است، بر این اساس در سال آبی ۱۳۸۶-۸۷ خشکسالی شدید رخ داده است. شدیدترین خشکسالی در سال آبی ۱۳۸۶-۸۷ رخ داده که ۲ سال به طول انجامیده است.

محاسبه شاخص های سالانه برای سال های آماری موجود، در یک دستگاه محدود مختصات که محور افقی به تعداد سال آماری و محور عمودی به مقادیر شاخص ها اختصاص دارد می توان سال های خشک و مرطوب را بصورت گرافیکی نشان داد (شکل ۱، ۲).



شکل (۱): نمایش PNPI سالانه در ایستگاه شهید عباسپور



شکل (۲): نمایش SPI سالانه در ایستگاه سینوپتیک شهید عباسپور

لذا با توجه به کمبود منابع آب در کلیه مصارف نظیر شهری ، کشاورزی ، صنعتی ، آبخیزداری و همچنین احیای آبهای زیرزمینی و استفاده غیر متعارف لازم است اقدامات مدیریتی مناسب در زمینه های مختلف نظیر ۱- تقاضا (مصرف) ۲- احداث سد ۳- آبخیزداری ۴- بارور کردن ابرها ۵- مدیریت مصارف ۶- ارتباطات و اطلاع رسانی و آموزش همگانی در برنامه آینده قرار گیرد.

ZSI، PNPI، و SPI مربوط به سال آبی (87-1386) می- باشد که میزان متوسط سالانه بارندگی آن ۳۹۸،۱ میلیمتر می باشد. همچنین شاخص ZSI دوره های خشکسالی بیشتری را نشان می دهد، لذا شاخص حساس تری نسبت به دو شاخص SPI و PNPI می باشد. بنابراین شاخص ZSI از حساسیت بالاتر و از طبقه بندی کامل تر در بررسی دوره های خشک برخوردار است.

منابع

1. Abtew, W., Obeysekera, J., and Shih, G. 1993. Spatial Analysis for Monthly Rainfall in South Florida. *Water Resources Bulletin*, 29: 179-188.
2. Akhtari, R., Mahdian, M.H., and Morid, S. 2007. Assessment of spatial analysis of SPI and EDI drought indices in Tehran province. *Tehran, J. Iran-Water Resour. Res.* 2: 3. 27-38. (In Persian)
3. Ansari, H., and Davari, K. 2007. Zonig drought using standardized precipitation index (SPI) in GIS Environment, Case study of Khorasan province. *Tehran, J. Geographi. Res.* 60: 97-108. (In Persian)
4. Bodagh Jamali, J., Javanmard, S., and Shirmohammady, R. 2003. Monitoring and zoning og drought condition in Khorasan province using standardized precipitation index. *Mashhad, J. Geographi. Res.* 17: 4. 11389-11406. (In Persian)
5. Gibbs, W.J., and Maher J.V. 1967. Rainfall Deciles as Drought Indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
6. Hayes, M.J. 2001. *Drought Indices*, National Drought Mitigation Center, Noaa, Press, 11p.
7. Khajavi, S., Choramin, M., Safaei, A., Jamalyan, S.F. and Tanha, M.H.T. (2015). Investigate the effect of drought conditions on potential rate of corrosion and deposition on the Bahmanshir River.
9. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In *Proc, 8th Conf. on Applied Climatology*, January 17-22, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp: 179-184.
10. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In *Proc, 9th Conf. on Applied Climatology*, January 15- 20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp: 233-236.
11. Sanainejad, S.H. 2001. Analysis of drought indices and assessment of standardized precipitation index (SPI) and Percent of normal index (PNI) in some synoptic station of Khorasan province, P 952-960.

Preceding of first national conference on drought mitigation and water shortage, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

12. Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., and Guttman, N.B. 1994. The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94, NDS. 4, U.S., Army Corp of Engineers, 587p.

Using several drought indices in Water resources management in drought condition (Case Study of Shahid Abbaspour Dam Station)

Abbas Safaei^{1*}, Masoud Choramin², Kimiya korkani³

1- Water Science and Environmental Research Center, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

2- Department of Water Sciences, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

3- Department of civil engineering, Faculty of civil engineering, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.

*Correspondence author: a.safaei1991@gmail.com

Abstract

Drought is one of the natural disasters that cause great damage to human life and natural ecosystems and is different from other natural disasters. The main differences in the gradual impact of drought over a relatively long period are the impossibility of determining the exact time of onset and end and the geographical extent of its impact. On the other hand, the lack of an accurate and acceptable global definition of drought has added to the complexity and confusion of this phenomenon. And the severity of droughts was determined and described based on drought indices ZSI, PNPI, SPI. These indicators are consistent with each other so that based on the above indicators. the results show that in Shahid Abbaspour Dam in the wet years (2007-2008) the most severe drought occurred in the statistical period. SPI index of drought periods Shows more, so it is a more sensitive index than ZSI and PNPI and has a higher sensitivity and more complete classification in the study of dry periods.

Keywords: Drought, PNPI Index, SPI Index, ZSI Index, Shahid Abbaspour Dam.