

# کاربرد نرم افزار DIP در تحلیل و پایش خشکسالی دشت دزفول

بهرنگ کیانی<sup>۱</sup>، محسن سلیمانی با برصاد<sup>۲</sup>

۱- گروه مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۰

## چکیده

خشکسالی یکی از بلاایای 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 شهرستان دزفول 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 شهرستان دزفول در سال های آبی (۱۳۸۷\_۱۳۸۶) و (۱۳۸۸\_۱۳۸۷) شدیدترین خشکسالی در دوره آماری مورد نظر به وقوع پیوسته. در این سال های آبی میزان متوسط سالانه بارندگی به ترتیب ۱۳۲/۰۰ و ۱۴۳/۴۰ میلیمتر بوده است.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص PNPI، شاخص SPI، شاخص ZSI، دزفول

## مقدمه

لذا با توجه به شرایط ویژه جغرافیایی و اقلیمی کشور این مسئله مطرح می شود که چگونه می توان به ارزیابی دقیق خشکسالی پرداخت، برای شناخت خشکسالی و ارزیابی آن از شاخص های خشکسالی استفاده می گردد که این شاخص ها با استفاده از مجموعه پارامترهای ریزش های جوی نظیر باران و برف و همچنین جریان های رودخانه حاصل از ریزش های جوی مورد استفاده قرار می گیرند تا بتواند تصویر روشنی از این پدیده ها را ارائه دهد. نمایه های خشکسالی هواشناسی که تنها بر اساس داده های بارندگی محاسبه می شوند. نسبت به سایر نمایه ها برای پایش و ارزیابی خشکسالی ها مورد استفاده قرار می گیرند. در تلاش برای تعریف دقیق و ارزیابی کمی

خشکسالی یکی از بلاایای طبیعی است که در مقایسه با سایر بلاایای طبیعی از نقطه نظر میزان، شدت، طول مدت واقعه، گسترش منطقه ای، تلفات جانی، خسارت های اقتصادی-اجتماعی، اثرات بلند مدت، غیرمنتظره بودن و وقوع خطرات مرتبط، دارای اهمیت می باشد (بری ابرقوئی و همکاران ۱۳۸۲). به علت تعدد عوامل وقوع خشکسالی تعریف آن کار چندان ساده ای نمی باشد. هواشناسان عموماً خشکسالی را به عنوان دوره ای در نظر می گیرند که در طول آن بارش بطور قابل ملاحظه ای کمتر از میزانی است که به طور متناوب ریزش می کند و منجر به کمبود ذخائر آب می شود (میچلی و استرمن ۲۰۰۳).

در این تحقیق روند وقوع خشکسالی در دشت دزفول با استفاده از شاخص درصد نرمال<sup>۱</sup>، شاخص بارندگی استاندارد<sup>۲</sup>، شاخص بارش استاندارد<sup>۳</sup> در بازه زمانی ۴۵ ساله (۱۳۴۵-۱۳۹۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

به منظور پایش خشکسالی شاخص های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد این شاخص ها یا بر اساس تعریف های خشکسالی و یا روش های محاسبه ای که در آن از یک یا چند پارامتر هواشناسی استفاده شده به دست آمده اند. در ذیل هر کدام از این شاخص ها به صورت جداگانه تعریف می شوند

#### شاخص درصد از بارش نرمال<sup>۴</sup>

این شاخص یکی از ساده ترین شاخص های خشکسالی است که برای ارزیابی خشکسالی ها مورد استفاده قرار می‌گیرد 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 فرج زاده (۱۳۷۶)، 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

خشکسالی، نمایه ها و مدل های متنوعی ارائه شده است در این مطالعه از سه نمایه خشکسالی ZSI، SPI، PNPI استفاده شده است.

در زمینه بررسی خشکسالی در ایران و جهان تحقیقات گسترده ای صورت گرفته است از جمله: گیدینگز و همکاران (۲۰۰۵)، با استفاده از شاخص SPI کشور مکزیک را پهنه بندی کرده و میزان بارش فصلی و سالانه را برای وقوع خشکسالی محاسبه نموده اند. موریرا و همکاران (۲۰۰۸)، به بررسی میزان خشکسالی در دو منطقه النینجو و آگارو در جنوب پرتغال پرداخته اند 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. قویدل رحیمی (۱۳۸۳)، اختری و همکاران (۱۳۸۵)، رضیئی و همکاران (۱۳۸۶)، مقدسی و همکاران (۱۳۸۴)، انصاری و داوری (۱۳۸۶)، به بررسی میزان خشکسالی و شدت و تداوم آن در مناطق مختلف پرداخته اند.

#### مواد و روش ها

##### مشخصات منطقه مورد مطالعه

جهت بررسی روند خشکسالی در دشت دزفول از آمار بارندگی ایستگاه سینوپتیک دزفول با طول دوره آماری ۴۵ سال (۱۳۴۵-۱۳۹۰) استفاده شد. ایستگاه سینوپتیک دزفول در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی واقع شده است. کمترین بارش سالانه دزفول در سال آبی (۱۳۸۶-۸۷) به مقدار ۱۳۲ میلیمتر و بیشترین بارش سالانه در سال آبی (۱۳۷۶-۷۷) به مقدار ۶۸۷/۷ میلیمتر رخ داده است. متوسط بارش سالانه دزفول (۴۵ ساله) ۳۸۸/۲ میلیمتر می باشد.

استمرار شرایط خشکسالی، شدت آن بیشتر جلوه می‌کند. بر این مبنا در این مطالعه وضعیت خشکسالی به صورت جدول (۱) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

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

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

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

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

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 می‌شود که نمایه SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و کمتر برسد و زمانی پایان می‌یابد که شاخص SPI مثبت شود.

### شاخص بارندگی استاندارد شده<sup>۱</sup>

این روش توسط مک کی و همکارانش (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 می‌گردد:

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-

### شاخص ZSI (Z-SCORE)

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

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3)$$

که در آن، Z نمره استاندارد بارش یا متغیر استاندارد شده،  $X_i$  میانگین ماهانه بارش، X میانگین

بارش کل دوره، S انحراف از معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی.

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

جدول ۳- طبقات شدت دوره های خشک بر اساس مقادیر ZSI

ZSI	وضعیت خشکسالی
۰/۲۵	نرمال
-۰/۵۲ تا -۰/۲۵	ضعیف
-۰/۸۴ تا -۰/۵۲	متوسط
-۱/۲۸ تا -۰/۸۴	شدید
< -۱/۲۸	بسیار شدید

نتایج و بحث

سالهای خشک بر اساس هر کدام از شاخص های خشکسالی در جدول به صورت خانه هایی با رنگ تیره تر مشخص شده اند.

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

جدول ۴- نتایج پایش خشکسالی بر اساس سه شاخص ZSI، PNPI و SPI

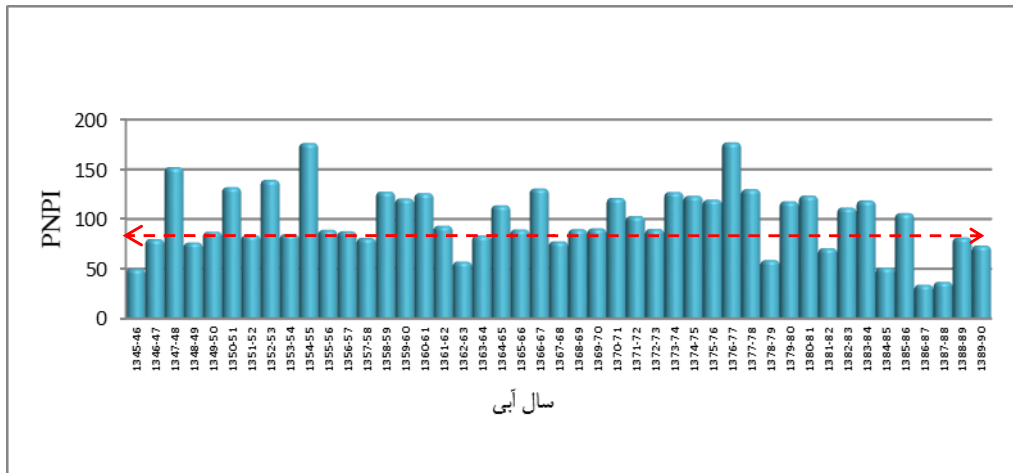
سال آبی	SPI		PNPI		ZSI	
	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی	مقدار شاخص	وضعیت خشکسالی
1345-46	-1.53	بسیار شدید	50.03	شدید	-1.71	شدید
1346-47	-0.62	متوسط	79.89	ضعیف	-0.52	ضعیف
1347-48	1.61	نرمال	152.28	نرمال	1.44	نرمال
1348-49	-0.72	متوسط	76.49	ضعیف	-0.64	ضعیف
1349-50	-0.39	ضعیف	87.39	نرمال	-0.27	ضعیف
1350-51	0.99	نرمال	132.14	نرمال	0.97	نرمال
1351-52	-0.49	ضعیف	83.99	نرمال	-0.38	ضعیف
1352-53	1.21	نرمال	139.48	نرمال	1.15	نرمال
1353-54	-0.46	ضعیف	84.91	نرمال	-0.35	ضعیف
1354-55	2.35	نرمال	176.6	نرمال	1.96	نرمال
1355-56	-0.33	ضعیف	89.22	نرمال	-0.21	ضعیف
1356-57	-0.37	ضعیف	87.8	نرمال	-0.26	ضعیف
1357-58	-0.58	متوسط	81.13	نرمال	-0.48	ضعیف
1358-59	0.85	نرمال	127.65	نرمال	0.86	نرمال
1359-60	0.64	نرمال	120.72	نرمال	0.68	نرمال
1360-61	0.8	نرمال	126.16	نرمال	0.82	نرمال
1361-62	-0.2	نرمال	93.36	نرمال	-0.09	ضعیف
1362-63	-1.31	بسیار شدید	57.32	متوسط	-1.38	متوسط
1363-64	-0.5	ضعیف	83.68	نرمال	-0.39	ضعیف
1364-65	0.43	نرمال	113.85	نرمال	0.5	نرمال

ادامه جدول ۴- نتایج پایش خشکسالی بر اساس سه شاخص ZSI، PNPI و SPI

ضعیف	-0.2	نرمال	89.63	ضعیف	-0.32	1365-66
نرمال	0.94	نرمال	130.82	نرمال	0.95	1366-67
ضعیف	-0.6	ضعیف	77.67	متوسط	-0.69	1367-68
ضعیف	-0.2	نرمال	89.83	ضعیف	-0.31	1368-69
ضعیف	-0.17	نرمال	90.68	ضعیف	-0.29	1369-70
نرمال	0.7	نرمال	121.34	نرمال	0.66	1370-71
نرمال	0.2	نرمال	103.03	نرمال	0.09	1371-72
ضعیف	-0.19	نرمال	90.09	ضعیف	-0.3	1372-73
نرمال	0.85	نرمال	127.32	نرمال	0.84	1373-74
نرمال	0.76	نرمال	123.56	نرمال	0.72	1374-75
نرمال	0.66	نرمال	119.62	نرمال	0.6	1375-76
نرمال	1.97	نرمال	177.17	نرمال	2.37	1376-77
نرمال	0.92	نرمال	130.15	نرمال	0.93	1377-78
متوسط	-1.32	متوسط	58.82	شدید	-1.26	1378-79
نرمال	0.61	نرمال	117.94	نرمال	0.55	1379-80
نرمال	0.76	نرمال	123.66	نرمال	0.73	1380-81
ضعیف	-0.85	نرمال	70.74	شدید	-0.9	1381-82
نرمال	0.44	نرمال	111.66	نرمال	0.36	1382-83
نرمال	0.63	نرمال	118.79	نرمال	0.58	1383-84
شدید	-1.65	شدید	51.29	بسیار شدید	-1.5	1384-85
نرمال	0.29	نرمال	106.01	نرمال	0.18	1385-86
بسیار شدید	-2.57	بسیار شدید	34.01	بسیار شدید	-2.03	1386-87
بسیار شدید	-2.4	بسیار شدید	36.94	بسیار شدید	-1.94	1387-88
ضعیف	-0.46	نرمال	81.67	متوسط	-0.56	1388-89
ضعیف	-0.75	ضعیف	73.45	متوسط	-0.82	1389-90

مقادیر شاخص‌ها اختصاص دارد می‌توان سال‌های خشک و مرطوب را بصورت گرافیکی نشان داد (شکل ۱).

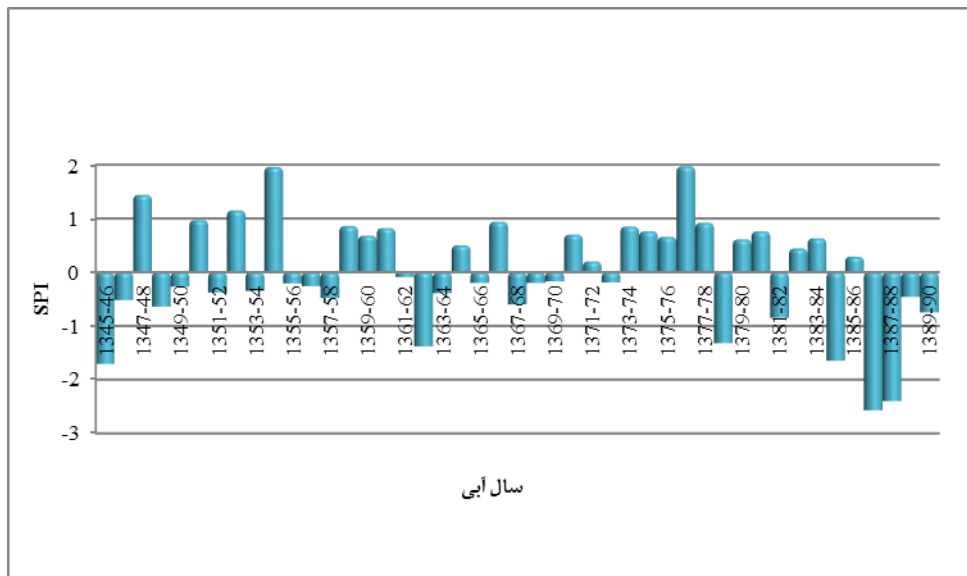
پس از محاسبه شاخص‌های سالانه برای سال‌های آماری موجود، در یک دستگاه محدود مختصات که محور افقی به تعداد سال آماری و محور عمودی به



شکل ۱- نمایش PNPI سالانه در ایستگاه سینوپتیک دزفول

داده است. شدید ترین خشکسالی در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ رخ داده که ۲ سال به طول انجامیده است.

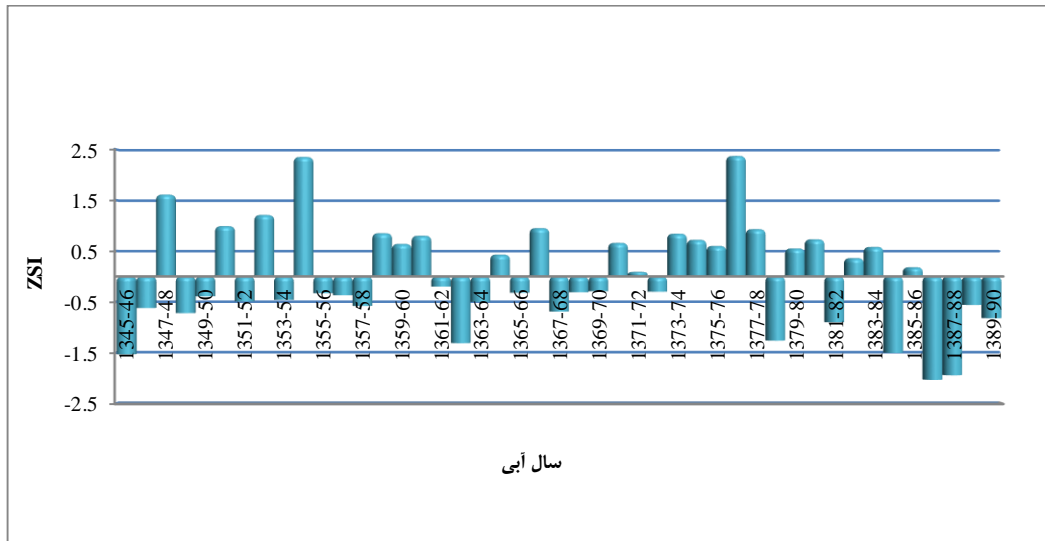
بر اساس شاخص PNPI و در سال های آبی (۸۷-۱۳۸۶، ۱۳۸۷-۸۸) خشکسالی بسیار شدید رخ



شکل ۲- نمایش SPI سالانه در ایستگاه سینوپتیک دزفول

بسیار شدید رخ داده است. شدید ترین خشکسالی در سال آبی (۸۷-۱۳۸۶) رخ به طول انجامیده است.

بر اساس شاخص بارش استاندارد (SPI) در سال های آبی (۸۷-۱۳۸۶)، (۸۸-۱۳۸۷) خشکسالی



شکل ۳- نمایش ZSI سالانه در ایستگاه سینوپتیک دزفول

همانطور که مشاهده می شود شاخص ZSI دوره خشکسالی بیشتری را نشان می دهد، لذا شاخص حساس تری نسبت به 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.

براساس شاخص ZSI در سال های آبی (۴۶-۱۳۴۵)، (۶۳-۱۳۶۲)، (۸۵-۱۳۸۴)، (۸۸-۱۳۸۷)، (۸۷-۱۳۸۶) خشکسالی بسیار شدید رخ داده است. شدید ترین خشکسالی در سال آبی (۸۷-۱۳۸۶) رخ داده که ۴ سال به طول انجامیده است. در جدول ۵ مدت زمان مربوط به هر طبقه از خشکسالی برای هر سه شاخص ارائه شده است.

جدول ۵- مدت زمان مربوط به هر طبقه از خشکسالی برای سه شاخص

ZSI	SPI	PNPI	وضعیت خشکسالی
49%	47%	78%	نرمال
22%	40%	9%	ضعیف
13%	4%	4%	متوسط
4%	4%	4%	شدید
11%	4%	4%	بسیار شدید
100%	100%	100%	مجموع

برآورده سازند. مطابق شاخص های مختلف وقایع خشکسالی متعددی با درجات مختلف طبق دسته بندی خشکسالی در سه شاخص ZSI, SPI, PNPI به شرح زیرمورد بررسی قرار گرفته است.

شاخص ZSI: ۵ واقعه خشکسالی بسیار شدید، ۲ واقعه خشکسالی شدید، ۶ واقعه خشکسالی متوسط، ۱۰ واقعه خشکسالی ضعیف و ۲۲ واقعه بارش نرمال

### نتیجه گیری

وقوع خشکسالی در سال های آبی اجتناب ناپذیر است، در سال های 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 نمی توانند نقش اجتناب ناپذیر آنها را در نوسانات بارش و وقوع خشکسالی

سالهای خشک هستند. شدید ترین خشکسالی در هر سه شاخص PNPI، ZSI و SPI، مربوط به سال آبی (۱۳۸۶-۸۷) می باشد که میزان متوسط سالانه بارندگی آن ۱۳۲ 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.

شاخص PNPI: ۲ واقعه خشکسالی بسیار شدید، ۲ واقعه خشکسالی شدید، ۲ واقعه خشکسالی متوسط، ۴ واقعه خشکسالی ضعیف و ۳۵ واقعه بارش نرمال شاخص SPI: ۲ واقعه خشکسالی بسیار شدید، ۲ واقعه خشکسالی شدید، ۲ واقعه خشکسالی متوسط، ۱۸ واقعه خشکسالی ضعیف و ۲۱ واقعه بارش نرمال براساس تقسیم بندی های مربوط به هر شاخص سالهایی با بارش نرمال دارای تداوم بیشتری نسبت به

### مراجع

۱. علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ بیست و سوم، ۱۳۸۶
۲. ثنائی نژاد، س. ح.، انصاری، ح.، داوری، ک. و مرید، س.، "پایش و ارزیابی دوره های خشک مشهد در مقیاس های زمانی متفاوت با استفاده از شاخص استاندارد شده بارندگی (SPI)"، مجله علوم آب و خاک، جلد ۱۷، شماره ۲، ۱۳۸۲
۳. بذرافشان، ا.، (۱۳۸۶)، "مدیریت و پهنه بندی خطر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI)"، کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با خشکسالی و کم آبی، کرمان.
4. Mckee, T. B., Doseken, N.J. and Kleist, J. (1993). "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". In:proc. 8<sup>th</sup> Conf. On Applied Climatology, January 17-22, 1993. American Meteorological Society, Massachusetts, pp.179-184
5. Mckee, T. B., Doseken, N. J. And Kleist, J. (1995). "Drought Monitoring with Multiple Time Scales". In:Proc. 9<sup>th</sup> Conf. On Applied Climatology, January 15-20, 1995. American Meteorological Society, Massachusetts, pp.233-236
6. Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite D.A. and Vanyarkho, O. V. (1999). "Monitoring the 1996 Drought Using the standardized Precipitation Index". Bullrtin of the American Metrological Society, 80:429-438
7. Edwards, D. C. and Mckee, T. B. (1997). "Characteristies of 20<sup>th</sup> centry drought in the united state at Multiple Time scale". Climatology Report Number 97-2, Department of Atmospheric Science. Colorado State University, Fort Collins.
8. Agnew, C. T. (2000). "Using the SPI to Identify Drought". Issue of Drought Network News [on-line], Vol.12, No. 1, Available: <http://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/1>
9. Komyscu, A. U. (1999). "Using the SPI to analyze Spatial and Temporal Patters of Drought in Turkey". Issue of Drought Network News [on-line], Vol. 11, No. 1, Available: <http://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/49>
10. Szalai, S, Szinell, Cs., Bussay, A., and Szentimrey, T (1998). "Droght Tendencies in Hungary". J. Climatol, 18:1479-1491



11. Bussay, a., Hayes, M., Szinell, Cs. and Svoboda, M.(2000). “Monitoring Drought in Hungary with the Standardized precipitation Index”. Journal of Water International,15:339-345
- 12- Guttman, N. B. (1999). “Accepting the Standardized Precipitation Index”. J. American Water Resour. Assoc. ,35:311-322

