

## بررسی وضعیت خشکسالی‌ها در استان خراسان رضوی

مریم عرفانیان (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده مسؤل)

m\_erfanian82@yahoo.com

دکتر امین علیزاده (استاد آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد)

alizadeh@gmail.com

### چکیده

خشکسالی دارای سه مشخصه‌ی شدت، مدت و وسعت است و برای بررسی این پدیده‌ی طبیعی لازم است سه مشخصه‌ی مذکور مورد ارزشیابی قرار گیرد. بیشتر شاخص‌های معتبر جهانی مانند شاخص استاندارد بارندگی<sup>۱</sup>، دهک‌ها<sup>۲</sup> و پالمر<sup>۳</sup> به منظور آشکارسازی شدت و مدت خشکسالی طراحی شده‌اند و برای تعیین وسعت خشکسالی‌ها، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup> و پهنه‌بندی مناطق هم‌شدت، بسیار مفید و ضروری است. در این تحقیق، شاخص درصد از بارش میانگین، جهت پهنه‌بندی شدت و خطر خشکسالی استفاده شده است. هم‌چنین به منظور بررسی و محاسبه‌ی وضعیت و اثر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی، سری‌های زمانی طولانی مدت یک‌ساله (۱۳۸۵) و دو ساله (۱۳۸۴-۸۵) برای تعیین شاخص SPI مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین میزان بارندگی هر ایستگاه در دوره‌های برگشت خشکسالی مختلف، جهت بررسی اثر خشکسالی بر بیلان آب استان تعیین شد. به طور کلی، بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص درصد از نرمال، نتیجه گرفته شده است که بیش از نیمی از مساحت استان در ۳۲ تا ۴۰ درصد دوره‌ی آماری دچار خشکسالی بوده‌اند. هم‌چنین، نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین بارش سالانه در دوره‌های بازگشت مختلف نشان

- 
1. Standard Precipitation Index (SPI)
  2. Deciles
  3. Palmer Drought Severity Index (PDSI)
  4. Geographical Information System (GIS)

می‌دهد که قسمت‌هایی از شهرستان‌های تربت‌حیدریه، گناباد، خواف و کاشمر بدترین وضعیت را خواهند داشت. بر اساس مطالعه‌ی سری‌های زمانی یک ساله و دو ساله مشخص شده است که بارندگی‌های مناسب در شش ماهه‌ی پایانی سال ۱۳۸۵، نتوانسته است تأثیر مهمی بر وضعیت آب در استان خراسان رضوی داشته باشد و خشکسالی‌های آن‌را در دوره‌های طولانی‌تر از یک سال برطرف نماید. همچنین، اثرات وقوع یک دوره‌ی خشکسالی با بارندگی‌های بعدی جبران نشده و برای جبران خسارات، به مدیریت ویژه‌ای نیاز است.

**کلید واژه‌ها:** شاخص‌های خشکسالی، سری زمانی، پهنه‌بندی، شدت خشکسالی

## درآمد

خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی است که اثرات آن‌را نه فقط می‌توان در مناطق خشک و نیمه-خشک، بلکه گاهی در مناطق مرطوب نیز مشاهده کرد (سلطانی و مدرس، ۱۳۸۵: ۱۶). اگرچه خشکی یک صفت اقلیمی است که ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است و نوعی ویژگی دائمی آب و هوای منطقه خشک محسوب می‌شود، اما خشکسالی عارضه‌ای است که از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین، در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست، سرچشمه می‌گیرد (کاویانی، ۱۳۸۰: ۷۸).

برای خشکسالی تعریف مشخصی ارائه نشده است، اما می‌توان گفت که بیشتر تعاریف خشکسالی در این نکته مشترک اند که خشکسالی، گسترش یک دوره زمانی است که در آن آب قابل دسترس به طور قابل توجهی کمتر از اندازه طبیعی است (تامسون، ۱۹۹۹). هم‌چنین خشکسالی وابسته به شرایط زمانی بارندگی (مثلاً فصل وقوع، تاخیر در آغاز فصل بارانی، وقوع باران در ارتباط با مراحل اصلی رشد محصولات) و اثرگذاری باران (مثلاً شدت بارندگی، تعداد روزهای همراه با بارندگی) می‌باشد. سایر عوامل اقلیمی هم‌چون دمای بالا، باد شدید و رطوبت

نسبی پایین غالباً در بسیاری از مناطق دنیا این پدیده را همراهی می‌کنند و می‌توانند به‌طور قابل ملاحظه‌ای آن‌را تشدید کنند (هاروود<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹).

یکی از اقدامات مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی است که بتوان بر اساس آنها میزان و شدت تداوم خشکسالی را در آن منطقه ارزشیابی کرد. شاخص‌های متعددی بر اساس روش تحلیل داده‌های بارندگی وجود دارد، که از جمله مهمترین و کاربردی‌ترین آنها می‌توان به شاخص دهک‌ها<sup>۲</sup>، درصد از میانگین بارندگی<sup>۳</sup> و شاخص استاندارد بارندگی، اشاره کرد. هنوز هیچ‌کدام از این شاخص‌ها به صورت ذاتی در همه شرایط بر دیگر شاخص‌ها برتری ندارد (هیس<sup>۴</sup>، ۱۹۹۹)، ولی برخی از آنها در شرایط معین و یا برای استفاده‌های مشخص مناسب‌تراند. به عنوان مثال، به منظور پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی در لرستان شاخص‌های مختلفی مورد مقایسه قرار گرفته است و نتیجه شده است که شاخص توزیع استاندارد توصیف‌گر مناسب‌تری بدین منظور است (لشتی‌زند و خرمیان، ۱۳۸۰: ۱۲۰). نتایج به دست آمده از چهار شاخص درصد از نرمال، انحراف از میانگین، کلاسه بندی بارش و SPI مورد بررسی در زنجان، نتایج مشابهی را نشان داده است (حسینی‌ها و صالحی، ۱۳۷۹: ۲۶). اما در تحقیقی دیگر به دلیل مشاهده اختلاف بین شاخص‌های درصد از نرمال و توزیع استاندارد مورد مقایسه در خوزستان، پیشنهاد شده است که شاخص‌های خشکسالی باید برای هر منطقه واسنجی شوند (عباسی، ۱۳۸۰: ۱۶۶).

بوردی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۱) از شاخص SPI جهت رسم نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی ماهانه در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در ایتالیا استفاده کردند. برونینی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که شاخص SPI جهت کمی کردن و پایش خشکسالی می‌تواند بسیار مفید باشد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که این شاخص و معادلات توازن آب در

1. Harwood
2. Deciles
3. Percent of Normal (PN)
4. Hayes
5. Bordi
6. Bronini

مقیاس ماهانه، هم‌خوانی بسیار خوبی با یکدیگر داشته و می‌توان با توجه به ترکیب شاخص SPI و معادلات توازن آب، تاریخ کشت هر محصول را به گونه‌ای تغییر داد تا گیاهان از خشکسالی آسیب نبینند.

استان خراسان رضوی یکی از مناطق مستعد خشکسالی در کشور محسوب می‌شود که هر ساله خسارت‌های زیادی را در اثر بروز این پدیده متحمل می‌شود. لذا در این تحقیق برخی از مسائل خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای در این استان بررسی شده است.

#### مواد و روش‌ها

با توجه به کمبود آب و خشکسالی‌های اخیر در استان خراسان رضوی و هم‌چنین بحرانی بودن منابع آب، این استان به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. استان خراسان رضوی در محدوده‌ی جغرافیایی  $56^{\circ}12'$  تا  $61^{\circ}30'$  طول شرقی و  $33^{\circ}27'$  تا  $37^{\circ}41'$  عرض شمالی واقع شده است.

از میان ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک داخل استان، بیست ایستگاه که دارای سابقه‌ی آماری کافی بوده و جهت مطالعه مناسب تشخیص داده شدند، انتخاب گردیده و داده‌های آن‌ها تا پایان سال ۱۳۸۵ جهت بررسی و مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. پس از اصلاح، بازسازی و کنترل آمار بالا، متوسط بارندگی طولانی مدت سالانه کلیه‌ی ایستگاه‌ها توسط نرم افزار اکسل<sup>۱</sup> تعیین شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcView پهنه‌بندی شد (شکل ۱). با استفاده از شکل ۱، مقدار متوسط وزنی بارندگی با توجه به فرمول زیر در کل استان،  $202/5$  میلی‌متر به دست آمده است.

$$\bar{P} = \frac{\sum(a \times P)}{A} \quad (1)$$

1. Excel 2007

که در فرمول بالا  $\bar{P}$  = متوسط وزنی بارندگی (میلی متر)؛  $a$  = مساحت جزئی بین دو خط تراز بارندگی (کیلومتر مربع)؛  $P$  = متوسط بارش در جزء  $a$  از مساحت (میلی متر، که از جمع کردن خط تراز بالا و پایین و تقسیم آن بر دو به دست می‌آید)؛ و  $A$  = مساحت کل (کیلومتر مربع).

$$\bar{P} = \text{متوسط وزنی بارندگی (میلی متر)}؛$$

$$a = \text{مساحت جزئی بین دو خط تراز بارندگی (کیلومتر مربع)}؛$$

$P$  = متوسط بارش در جزء  $a$  از مساحت (میلی متر، که از جمع کردن خط تراز بالا و پایین و تقسیم آن بر دو به دست می‌آید)؛

$$\text{و } A = \text{مساحت کل (کیلومتر مربع)}.$$

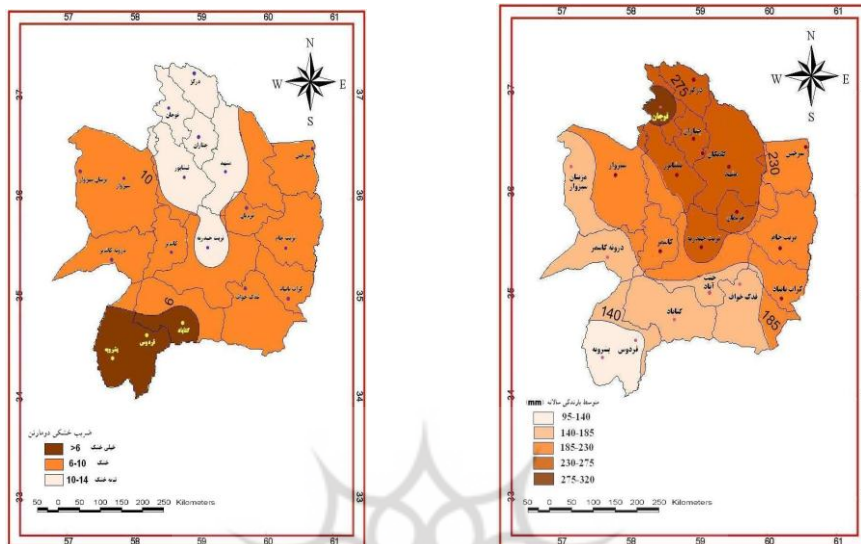
علاوه بر آن برای مطالعه‌ی تطبیقی اقلیمی استان خراسان با بارندگی و خشکسالی، پهنه-بندی اقلیمی به روش دومارتن<sup>۱</sup>، که از رابطه ۲ قابل محاسبه است، انجام گرفته است (شکل ۲).

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad (2)$$

که در آن:

$I$  = ضریب خشکی دومارتن؛  
 $P$  = متوسط بارندگی سالانه (mm)  
 $T$  = متوسط دمای سالانه (°C).  
 پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 پتال جامع علوم انسانی

شکل ۱. پهنه‌بندی متوسط بارندگی سالانه در دوره آماری شکل ۲. پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان رضوی به روش دومارتن



لازم به ذکر است که به منظور تعیین دقیق‌تر شدت خشکی، محدوده‌های اقلیمی دومارتن به سه زیر ناحیه تقسیم شد که در شکل شماره ۲ قابل مشاهده است. در حقیقت نواحی اقلیمی با ضریب خشکی  $I < 6$  و  $6 < I < 10$  در یک طبقه‌ی اقلیمی خشک قرار می‌گیرند. به طور کلی با استفاده از این شکل، حدود ۲۶ درصد از مساحت استان نیمه خشک و ۷۴ درصد خشک و بسیار خشک هستند.

با مقایسه‌ی دو شکل پهنه‌بندی اقلیمی و متوسط بارندگی سالانه‌ی استان مشخص می‌شود که هر چه به سمت جنوب استان پیش رویم، از میزان بارندگی کاسته شده و بر شدت خشکی منطقه افزوده می‌شود. به گونه‌ای که بدترین شرایط در شهرهای گناباد، فردوس و بشرویه رخ داده است.

جهت بررسی و پهنه‌بندی خشکسالی، از شاخص درصد از نرمال (PN) برای تبدیل داده‌های بارندگی به یک شاخص خشکسالی با توجه به کاربرد ساده و مقبولیت عمومی و گسترده آن استفاده گردید. این شاخص از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$PN = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (3)$$

که در آن:

$P_i$  = میزان بارندگی در سال مورد نظر؛

$\bar{P}$  = میانگین بارش سالانه دوره آماری.

با استفاده از رابطه ۲، مقدار شاخص PN برای کلیه ایستگاه‌ها در هر سال توسط نرم‌افزار اکسل محاسبه و وضعیت کیفی خشکسالی هر سال با توجه به طبقه‌بندی شاخص PN که در جدول شماره ۱ آورده شده است، مشخص گردید. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی شدت و گسترش خشکسالی استان با شاخص PN در هر سال تهیه شده است. نمونه‌ای از این نقشه‌ها، مربوط به سال ۱۳۸۴ در شکل شماره ۳ آورده شده است.

جدول ۱. شاخص PN برای پایش خشکسالی (فرج زاده اصل، ۱۳۷۴)

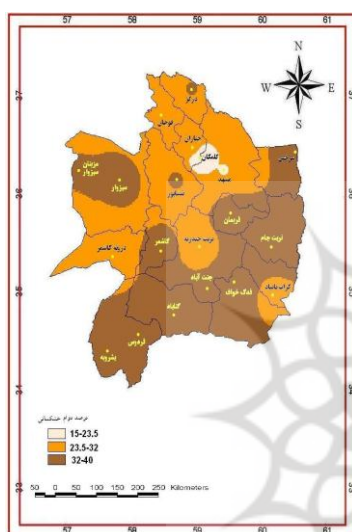
وضعیت آب و هوایی شاخص درصد از نرمال (PN)

خشکسالی ضعیف	٪ (۷۰-۸۰)
خشکسالی متوسط	٪ (۵۵-۷۰)
خشکسالی شدید	٪ (۴۰-۵۵)
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ٪۴۰

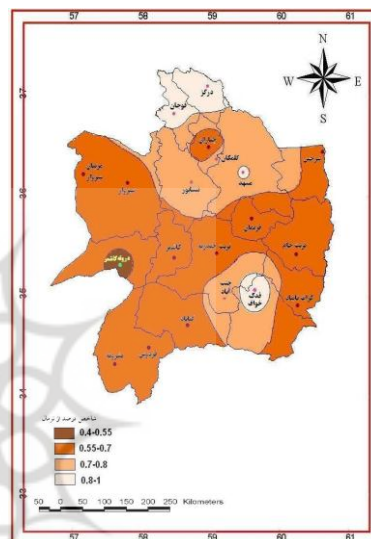
بر اساس طبقه‌بندی بالا، درصد فراوانی خشکسالی‌های هر ایستگاه محاسبه شده و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، نقشه‌ی پهنه‌بندی مجموع درصد خشکسالی‌های هر ایستگاه در شکل ۴ آورده شده است.

همان گونه که در این شکل مشخص است با پیشروی به سمت جنوب و غرب استان بر درصد خشکسالی‌های به دست آمده با شاخص درصد از نرمال افزوده می‌شود. به عبارت دیگر در این مناطق در دوره‌ی بیشتری، خشکسالی رخ داده است.

شکل ۴. مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص  $PN$



شکل ۳. پهنه‌بندی شاخص  $PN$  سال ۱۳۸۴



در ادامه جهت محاسبه دوره بازگشت خشکسالی‌ها با استفاده از نرم‌افزار آنالیز فرکانسی پدیده‌های هیدرولوژیکی<sup>۱</sup> با توجه به پارامترهای میانگین انحراف نسبی<sup>۲</sup> و آزمون کای اسکوئر، بهترین توزیع آماری (گامبل III) و بهترین روش برآورد پارامترها (عموماً روش momentum) معرفی و بر این اساس دوره بازگشت خشکسالی‌ها محاسبه شد. نتایج محاسبات میزان بارندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره بازگشت‌های مختلف در جدول (۳) آورده شده است.

۱. HYFA

۲. Mean Relative Deviation



جدول ۲. درصد خشکسالی‌های هر ایستگاه بر اساس شاخص PN در طول دوره‌ی آماری

ایستگاه	خشکسالی ضعیف (%)	خشکسالی متوسط (%)	خشکسالی شدید (%)	خشکسالی بسیار شدید (%)	مجموع خشکسالی (%)
بشرویه	۱۱	۲۲	۵/۵	-	۳۸/۵
چناران	۴	۲۴	-	-	۲۸
درگز	۲۰	۱۲	-	-	۳۲
درونه کاشمر	۸	-	۸	۸	۲۴
فدک خواف	۲۰	۱۲	۸	-	۴۰
فریمان	۱۹	۱۱/۵	۳/۸	۳/۸	۳۸/۱
فردوس	۵	۱۴	۱۴	-	۳۳
قوچان	۱۸	۹	-	-	۲۷
گلمکان	۵	۱۰	-	-	۱۵
گناباد	-	۲۱	۱۶	-	۳۷
جنت‌آباد	۴	۱۲	۱۶	-	۳۲
کرات تایباد	۴	۱۶	۸	-	۲۸
کاشمر	۵	۲۵	۵	-	۳۵
مشهد	۵	۱۴	۱/۸	۱/۸	۲۲/۶
مزینان	-	۲۸	۴	-	۳۲
نیشابور	۲۰	-	۱۳	-	۳۳
سرخس	۱۸	۱۸	-	-	۳۶
سبزوار	۱۰	۱۷	۶	۲	۳۵
تریت حیدریه	۱۴/۸	۶	۴	۲	۲۶/۸
تریت جام	۱۵	۲۳	-	-	۳۸

جهت بررسی اثرات خشکسالی بر بیلان آب در مقیاس استانی با توجه به میزان بارندگی در دوره‌های برگشت مختلف، نقشه‌های هم باران استان خراسان رضوی با دوره برگشت‌های دو تا هزار ساله تهیه شده است. شکل‌های ۵ و ۶ (به ترتیب برای دوره بازگشت‌های پنج و بیست ساله) نمونه‌ای از این اشکال اند.

جدول ۳. میزان بارندگی ایستگاه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف (میلی متر)

دوره بازگشت (سال)									ایستگاه
1000	500	200	100	50	20	10	5	2	
79/4	84/1	91/1	97/3	104	116	128	144	181	بشرویه
71/6	76/7	84/3	91	98/9	112	124	141	182	چناران
117	122	129	136	144	156	169	186	226	درگز
46/4	51/5	59/3	66/1	74/1	87/1	99/9	117	158	درونه کاشمر
42	46/7	53/7	59/9	67/1	78/9	90/6	106	144	فدک خواف
95/1	99/5	106	112	119	130	140	155	190	فریمان
34/4	39/2	46/5	52/8	60/2	72/3	84/3	101	139	جنت آباد
69/1	74/6	83	90/4	99	113	127	146	190	کرات تایباد
45/6	50	56/7	62/6	69/5	80/7	91/8	107	142	مزینان
69/4	76/3	86/6	95/4	106	124	141	164	218	نیشابور
62/1	69/4	80/4	90	101	120	138	162	220	ترت جام
73/4	78/3	85/8	92/3	100	112	125	141	181	سرخس
73/9	78/9	86/6	93/3	101	114	126	144	184	کاشمر
36	40/6	47/6	53/7	60/8	72/5	84	99/6	136	فردوس
154	161	171	179	189	206	222	244	296	قوچان
91/6	96/3	103	110	117	129	141	157	194	گلمکان
26/6	31/6	39/2	45/9	53/6	66/3	78/8	95/9	136	گناباد
108	114	124	132	142	157	173	194	243	مشهد
62/4	67/8	75/9	83	91/2	105	118	136	179	سبزوار
98/6	106	117	127	138	156	174	199	257	ترت حیدریه

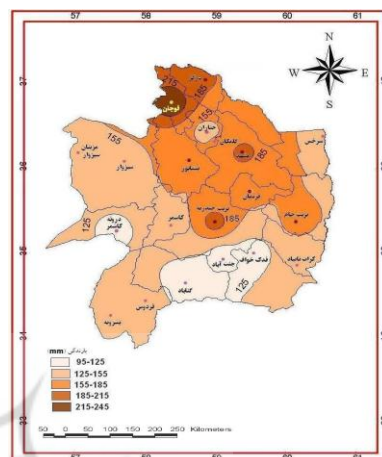
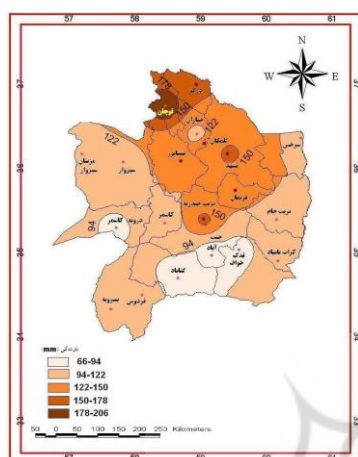
با توجه به رابطه‌ی تعیین مقدار وزنی بارندگی (رابطه ۱)، مقدار متوسط وزنی بارش استان در خشکسالی‌های دو تا هزار ساله تعیین شد که نتیجه‌ی این محاسبات برای دوره‌های بازگشت پنج و بیست ساله (شکل‌های ۵ و ۶) به ترتیب ۱۵۰/۳ و ۱۱۷ میلی‌متر است.

شکل ۵. میانگین بارش سالانه در خشکسالی با

شکل ۶. میانگین بارش سالانه در خشکسالی با دوره

دوره بازگشت پنج ساله

بازگشت بیست ساله



به منظور بررسی تأثیر بارش‌ها بر منابع آب زیرزمینی، که تقریباً تنها منبع تأمین آب در استان خراسان رضوی به شمار می‌رود، بررسی سری‌های زمانی طولانی‌تر از یک‌سال برای بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب توصیه می‌شود. جهت بررسی وضعیت خشکسالی در سری‌های زمانی مختلف از شاخص SPI استفاده شده است. این شاخص که توسط مک‌کی<sup>۱</sup> و همکارانش (۱۹۹۳) با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است، در هر منطقه بر اساس بارندگی‌های طولانی‌مدت از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (4)$$

که در آن:

$Z$ : شاخص استاندارد بارش؛

$X_i$ : مقدار بارندگی در سال مورد نظر؛

$\bar{X}$ : میانگین طولانی مدت بارندگی سالانه؛

$S$ : انحراف از معیار.

در جدول ۴ مقیاس عددی شاخص SPI آورده شده است.

جدول ۴. شاخص SPI برای پایش خشکسالی (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۸۷)

شاخص SPI	وضعیت آب و هوایی
$SPI \leq -2$	شدیداً خشک
$-1/5 \leq SPI \leq -1/99$	بسیار خشک
$-1 \leq SPI \leq -1/49$	خشک متوسط
$-0/99 \leq SPI \leq +0/99$	نزدیک نرمال
$1 \leq SPI \leq 1/49$	مرطوب متوسط
$1/5 \leq SPI \leq 1/99$	بسیار مرطوب
$SPI \geq 2$	شدیداً مرطوب

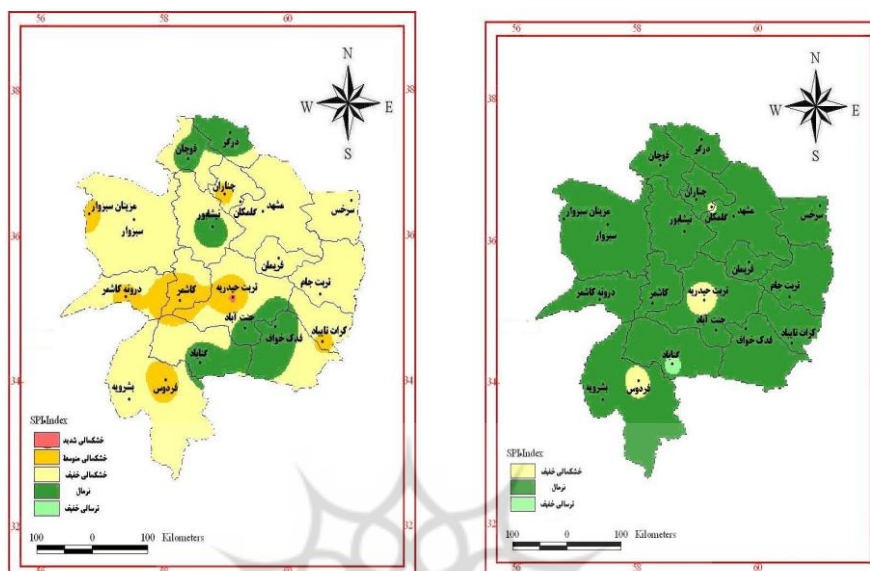
سری‌های زمانی یک‌ساله (سال ۱۳۸۵) و دوساله (سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵) خشکسالی‌های استان خراسان رضوی با استفاده از نرم‌افزار SPI\_SL\_6 محاسبه شده و نتایج آن در جدول شماره ۵ آمده است. این نرم‌افزار پس از برازش داده‌های بارندگی بر یک توزیع احتمالاتی مناسب (گاما) و سپس تبدیل به توزیع نرمال، مقدار شاخص SPI را برای سری زمانی خواسته شده محاسبه می‌کند، به گونه‌ای که میانگین SPI برای دوره و منطقه‌ی مورد نظر صفر شود. این موضوع یکی از مهمترین امتیازات این شاخص به شمار می‌رود، زیرا SPI نرمال شده است (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۸۷). از دیگر امتیازات این شاخص می‌توان به حساسیت بیشتر آن نسبت به نوسانات بارش، امکان مراقبت و پایش خشکسالی، مقیاس طبقه‌بندی دقیق‌تر، قابلیت محاسباتی در مقاطع زمانی مختلف اشاره کرد (قویدل رحیمی، ۱۳۸۴: ۵۲۷).

در این تحقیق به دلیل پرهیز از طولانی شدن مطلب، از ذکر جزئیات محاسبات چشم‌پوشی می‌شود. هم‌چنین نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط در شکل‌های ۷ و ۸ به ترتیب برای سری‌های زمانی یک‌ساله و دو‌ساله تهیه شده است.

جدول ۵. مقادیر شاخص *SPI* با سری‌های زمانی یک ساله و دو ساله در استان خراسان رضوی

ایستگاه	سری زمانی یک‌ساله (سال ۱۳۸۵)	سری زمانی ۲۴ ماهه (سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵)
بشرویه	-۰/۰۵	-۰/۸۸
چناران	-۰/۴۵	-۱/۱۹
درگز	-۰/۰۵	-۰/۱۳
دروانه کاشمر	-۰/۰۶	-۱/۰۲
فدک خواف	۰/۴۸	۰/۲۵
فریمان	۰/۱۱	-۰/۶۳
فردوس	-۰/۷۵	-۱/۲۲
قوچان	۰/۰۱	-۰/۴۳
گلمکان	-۰/۵۳	-۰/۸
گناباد	۰/۶۴	-۰/۰۸
جنت‌آباد	۰/۲۴	-۰/۲۹
کرات تایباد	-۰/۰۹	-۱/۰۶
کاشمر	-۰/۴۸	-۱/۳۴
مشهد	-۰/۳۳	-۰/۷
مزینان	-۰/۰۹	-۱/۰۶
نیشابور	۰/۲۷	-۰/۱۴
سرخس	۰/۰۲	-۰/۶۹
سبزوار	۰/۲	-۰/۵۴
ترت‌حیدریه	-۰/۹۴	-۱/۵۳
ترت‌جام	۰/۲۹	-۰/۹۵

شکل ۷. پهنه بندی شاخص SPI در سال ۱۳۸۵



### بحث و نتیجه گیری

میانگین بارندگی استان معادل  $202/4$  میلی متر است که از میانگین بارندگی کل کشور کمتر است. این مقدار در سال ۱۳۸۵ به میزان  $189/8$  میلی متر بوده است که با بررسی آمار بارندگی ایستگاه‌ها در این سال، مشخص می شود در بیشتر مناطق استان خراسان رضوی، بارندگی کاهش داشته است. بیشترین کاهش در فردوس ( $29\%$ ) و تربت حیدریه ( $28\%$ ) و بیشترین افزایش در گناباد ( $24\%$ ) افتاده است. پهنه بندی شاخص PN برای سال ۱۳۸۴، نشان می دهد که بخش وسیعی از استان ( $64\%$ ) در وضعیت خشکسالی متوسط و شدید قرار دارند.  $28\%$  در خشکسالی ضعیف و تنها  $8\%$  در وضعیت نزدیک نرمال به سر می برند. همچنین نقشه‌ی پهنه بندی مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص PN نشان می دهد که به طور کلی،  $54/5\%$  از سطح استان در  $32$  تا  $40\%$  دوره آماری دارای خشکسالی بوده اند. از جمله‌ی این مناطق می توان به شهرستان‌های سبزوار، تربت جام، گناباد، فردوس، بشرویه، فریمان و قسمت‌هایی از شهرستان‌های تربت حیدریه، خواف، تایباد، سرخس و کاشمر اشاره کرد.

نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین بارش سالانه در دوره‌های بازگشت پنج و بیست ساله نشان می‌دهد که بخش‌های جنوبی تربت‌حیدریه، قسمت‌هایی از گناباد، خواف و کاشمر، کمترین میزان بارندگی را در استان تجربه می‌کنند. بیشترین بارش‌ها در قسمت‌های شمالی استان، در شهرهای قوچان، چناران و درگز قابل مشاهده است. البته این موضوع در نقشه‌های پهنه‌بندی برای دوره‌های بازگشت دیگر مطالعه شده نیز مشهود است که در این تحقیق به دلیل پرهیز از طولانی شدن مطلب، از ذکر جزئیات آن‌ها خودداری می‌شود.

شکل شماره ۷ که با استفاده از سری زمانی دوازده ماهه برای سال ۱۳۸۵ تهیه شده است، نشان می‌دهد که شهرستان‌های فردوس، تربت‌حیدریه و چناران، در مجموع سالی همراه با خشکسالی خفیف را سپری نموده‌اند. در سایر مناطق استان، شرایط طبیعی بوده و شهرستان گناباد دارای ترسالی خفیف بوده است. از آن‌جا که تأثیر بارش‌ها بر منابع آب‌های زیرزمینی طولانی‌مدت است و به منظور تأکید این مطلب، که با مشاهده بارندگی‌های مناسب چند ماه اخیر سال ۱۳۸۵، مسأله‌ی تأمین آب استان و وقوع خشکسالی‌ها فراموش نشود، شکل ۸ با استفاده از سری زمانی ۲۴ ماهه (از ابتدای سال ۱۳۸۴ تا اسفند ماه ۱۳۸۵) تهیه شده است. طی این مدت، تنها در قسمت‌هایی از شهرستان‌های قوچان، درگز، نیشابور، خواف و گناباد شرایط طبیعی حاکم بوده و مشابه با نتایج حاصل از شاخص درصد از نرمال، سایر نقاط استان دچار خشکسالی بوده‌اند. شهرستان‌های مشهد، چناران، سرخس، فریمان، بشرویه و قسمت‌هایی از شهرستان‌های سبزوار، نیشابور، تایباد و فردوس با خشکسالی خفیف روبرو بوده‌اند. در نواحی وسیعی از شهرستان‌های تربت‌حیدریه، کاشمر، درونه، تایباد، سبزوار، چناران و فردوس خشکسالی متوسط وجود داشته و در قسمت‌هایی از شهرستان تربت‌حیدریه خشکسالی شدید رخ داده است. به طور کلی می‌توان گفت که بارندگی‌های مناسب شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۵ اثرات مفیدی بر کشاورزی منطقه داشته است، اما نتوانسته تأثیر مهمی بر منابع آب‌های زیرزمینی بگذارد و خشکسالی منطقه را در دوره‌های طولانی‌تر بیش از یک سال بر طرف نماید. علاوه بر این، با بررسی سایر سری‌های زمانی یک ماهه و شش ماهه به منظور بررسی اثرات خشکسالی بر غلات و محصولات زراعی، مشخص شد که در بسیاری از موارد اثرات وقوع یک دوره‌ی خشکسالی با بارندگی‌های بعدی جبران نشده و برای ترمیم خسارات به مدیریت ویژه‌ای نیاز است.

## منابع و مأخذ

۱. حسنی‌ها، حسینعلی و زهرا صالحی، (۱۳۷۹)، بررسی وضعیت خشکسالی (Drought) بر اساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی، کرمان. جلد ۱: ۲۷-۱۷.
  ۲. سلطانی، سعید و رضا مدرس، (۱۳۸۵)، "تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان"، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۱): ۲۶-۱۵.
  ۳. عباسی، لادن، (۱۳۸۰)، "بررسی و ارزیابی شاخص‌های شدت خشکسالی استان خوزستان در سال آبی ۱۳۷۹-۸۰". اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. دانشگاه زابل: ۱۶۸-۱۵۵.
  ۴. علیزاده، امین، (۱۳۸۵)، اصول هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
  ۵. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۴)، تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران، پایان‌نامه‌ی دکترای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
  ۶. قوبدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸۴)، "آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی"، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۳): ۵۳۰-۵۱۷.
  ۷. کاویانی، محمد رضا، (۱۳۸۰)، "بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۶۰: ۸۹-۷۱.
  ۸. لشتی‌زند، مهران و ناصر خرمیان، (۱۳۸۰)، "پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی در استان لرستان با به‌کارگیری شاخص‌های آماری"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل: ۱۲۱-۱۰۹.
9. Bordi, I., S. Frigio and S. Alfonso, (2001), *The Analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean Area*, Drought Network News, 12(3): 13-18.



10. Bronini, O., H.S. Pinto, J. Zullo, M.T. Barbano, M.B.P. Camargo, R.R. Alfonsi, G.C. Blain, m.J. Pedro and G.Q. Pellegrino, (2001), *Drought Quantification and Preparedness in Brazil*. The example of Sao Paulo State.
11. Harwood, J., (1999), *Local Government, Community and business*, Working Group Draft Report, June 15.
12. Hayes, M.Y., (1999a), *Drought indices*. Climate impacts specialist, National Drought Mitigation Center, U.S.A.
13. Hayes, M.Y. (2001), *Drought indices*. National Drought Mitigation Center, Noaa.
14. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, (1993), *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprints, 8<sup>th</sup> conference on applied climatology, 17-22 January, Anaheim. CA, PP. 179-184.
15. Thompson, S.A., (1999), *Hydrology for water management*, A- BALKEMA, Rotterdam.

