

# تحلیل کمی شدت و تداوم خشکسالی‌های روزانه در ایستگاه شهرکرد

زهرا حجازی‌زاده

دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران

ابراهیم فتاحی

دکتری آب و هواشناسی و عضو پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو کشور

## چکیده:

بیشتر شاخص‌های خشکسالی در تعیین زمان شروع، خاتمه و تنش  
تجمعی خشکسالی به اندازه کافی دقیق نیستند، به علاوه اثرات تخریبی روان آب  
و تبخیر و تعرق را که با زمان افزایش می‌یابد، تعیین نمی‌کنند، همچنین بیش‌تر  
آن‌ها در تعیین و بررسی پایش خشکسالی‌ها محدودیت دارند، زیرا بر اساس گام  
زمانی ماهانه و سالانه طراحی شده‌اند، و در نهایت در تعیین اثرات خشکسالی بر  
روی منابع آب سطحی و زیرزمینی ناتوانند. در شاخص جدید ( شاخص بارش  
مؤثر ) کاستی‌های پایش خشکسالی برطرف شده است. در این شاخص مقیاس  
زمانی روزانه جایگزین مقیاس‌های ماهانه و سالانه شده است. در این روش سه  
شاخص آماری که بارش مؤثر را تعیین می‌کند، به کار رفته است. اولین شاخص،  
میانگین بارش مؤثر روزانه است؛ این شاخص خصوصیات اقلیمی بارش یک ایستگاه  
و یا یک ناحیه را نشان می‌دهد. شاخص دوم انحراف بارش مؤثر را از میانگین  
بارش مؤثر بیان می‌کند و شاخص سوم مقدار استاندارد شده انحراف از میانگین  
بارش مؤثر می‌باشد. با کمک این سه شاخص آماری تاریخ شروع، خاتمه و تداوم  
خشکسالی‌ها مشخص شد. در نهایت چهار شاخص دیگر که بیانگر کمیت شدت  
خشکسالی است نیز بررسی شد، که شامل ۱- شاخص توالی منفی‌های استاندارد  
شده بارش مؤثر، که بیانگر تداوم و شدت تأثیر کمبود بارش است. ۲- شاخص  
کمبود بارش تجمعی که بیانگر انحراف بارش از نرمال در طول مدت تعریف شده

می‌باشد. ۳- شاخص مقدار بارش مورد نیاز برای برگشت به حالت نرمال و ۴- شاخص خشک‌سالی مؤثر می‌باشد. در مطالعه حاضر از شاخص جدید بارش مؤثر برای پایش و ارزیابی خشک‌سالی‌های ایستگاه شهرکرد استفاده شد. برنامه‌ای تحت عنوان EP برای محاسبه دقیق‌تر و سریع‌تر شاخص بارش مؤثر نوشته شد. داده‌های بارندگی روزانه ایستگاه شهرکرد طی دوره آماری ۲۰۰۱ - ۱۹۸۰ تحلیل شد و چون حجم خروجی زیاد بود تنها نتایج سال ۲۰۰۱ در مقاله حاضر منعکس گردید.

**واژگان کلیدی:** شدت خشک‌سالی، مدت خشک‌سالی، ضریب مؤثر، بارندگی، پایش خشک‌سالی، شهرکرد.

## مقدمه

خشک‌سالی پدیده جدیدی نیست و در طول تاریخ همواره به اسنادی بر می‌خوریم که گویای خشک‌سالی و مبین عوارض مخرب ناشی از آن است. خشک‌سالی بر زندگی مردم دنیا اثر می‌گذارد و زیان‌های اقتصادی، خسارات محیطی و اجتماعی زیادی را باعث می‌شود. خشک‌سالی نسبت به سایر پدیده‌های هواشناسی کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است. تعریف، تعیین و ارزیابی خشک‌سالی‌ها مشکل است. دانشمندان علم آب و هواشناسی شاخص‌های متعددی را به منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی‌ها توسعه داده‌اند، که تعدادی از شاخص‌های مرسوم ضعف‌هایی دارند. برای نمونه برخی از شاخص‌های موجود برای تعیین زمان شروع، خاتمه و تنش تجمعی خشک‌سالی دقت کافی ندارند. و بیش‌تر این شاخص‌ها بر اساس بازه‌های زمانی ماهانه و سالانه طراحی شده‌اند. همچنین پس از بارش، مقدار رطوبت خاک و سایر منابع آبی با گذشت زمان بصورت تابعی از نسبت رواناب و تبخیر و تعرق کاهش می‌یابند، که در ارزیابی و

پایش خشکسالی‌ها این کاهش بایستی در نظر گرفته شود. در صورتی که شاخص‌های خشکسالی موجود صرفاً از جمع ساده بارندگی برای تحلیل استفاده می‌کنند. بنابراین یک شاخص خشکسالی زمانی مفید و کارا است که بتواند ارزیابی کمی، دقیق و روشنی از خصوصیات اصلی خشکسالی ( زمان شروع، خاتمه، تداوم و شدت خشکسالی ) را ارائه دهد. شاخص بارش مؤثر از جمله شاخص‌هایی است که می‌تواند چنین خصوصیات خشکسالی را بیان دارد. در مقاله حاضر به منظور ارزیابی و تحلیل خشکسالی‌های کوتاه‌مدت ( رطوبت خاک و خشکسالی‌های کشاورزی ) ایستگاه شهرکرد از شاخص بارش مؤثر استفاده گردید .

### پیشینه تحقیق

به منظور ارزیابی و پایش خشکسالی شاخص‌های زیادی به کار گرفته شده است، که هر یک از این شاخص‌ها بر اساس به کارگیری متغیرهای هواشناسی و روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده‌اند، تورنت وایت در سال ۱۹۳۱ شاخص بارش مؤثر را بر اساس تفاوت میزان بارندگی با تبخیر و تعرق ارائه داد، یا تورنت وایت و همکاران در سال ۱۹۵۵ روش محاسبه بیلان آبی را به منظور ارزیابی و پایش رطوبت پیشنهاد دادند، دراین روش از مقادیر ماهانه بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده می‌شود، ایشان اصرار داشتند که به منظور تعیین شدت خشکسالی در یک محل بایستی بین نیاز آبی و منابع آبی در سال‌های غیرنرمال مقایسه‌ای صورت گیرد. مک کویگ ۱۹۵۴ و واگنر ۱۹۵۶ با تلفیق مقدار و زمان بارش، شاخص بارش رخ داده را به منظور بررسی و ارزیابی خشکسالی به کار گرفتند. پالمر ۱۹۶۵ بر اساس متغیرهای بارندگی، دما و

میزان آب در دسترس خاک و معادله موازنه آب از قبیل تبخیر و تعرق، تخلیه آب خاک و رواناب و از دست رفتن آب در لایه‌های سطحی خاک شاخص شدت خشکسالی پالمر را برای کاتراس غربی و آیوای مرکزی پیشنهاد داد، این شاخص بر اساس تولید و تقاضای بیلان آبی طراحی شده است. بالم و مولی در سال ۱۹۸۰ با تعیین درصد انحراف داده‌های بارندگی از نرمال شاخص BMDI را معرفی کردند، مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ شاخص بارش استاندارد را به منظور تعریف و پایش خشکسالی و تعیین کمبود بارش برای مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه توسعه دادند.

در سال ۱۹۹۷ پایان و ۱۹۹۹ پایان و ویلهایت ضعف‌های عمومی مربوط به شاخص‌های پایش خشکسالی را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند و در نهایت یک شاخص جدید بارش مؤثر روزانه EP (مقدار تجمعی بارش مؤثر) را به منظور پایش خشکسالی ارائه دادند. از جمله قابلیت‌های اصلی روش بررسی حاضر تعیین تاریخ شروع خشکسالی، تاریخ خاتمه خشکسالی، تداوم و شدت خشکسالی و هم‌چنین سنجه مربوط به مقدار بارندگی موردنیاز منطقه برای بازگشت به حالت نرمال از مقدار کمبود اتفاق افتاده می‌باشد.

در سطح کشور به منظور پایش خشکسالی‌ها از روش‌هایی نظیر شاخص توزیع استاندارد، شاخص دهک‌ها و شاخص درصد از نرمال در بازه‌های زمانی ماهانه و سالانه در سطح زمین استفاده شده است. بذرافشان ۱۳۸۱، در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تطبیقی شاخص‌های خشکسالی، هفت شاخص را موردبررسی قرار داده و در نهایت شاخص بارش مؤثر را به عنوان شاخص قابل اطمینان برای ارزیابی و پایش خشکسالی معرفی کرده است.

در تحقیق حاضر به منظور پایش خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت ( خشک‌سالی‌های کشاورزی ) ایستگاه شهرکرد از شاخص بارش مؤثر استفاده شد. با به کارگیری شاخص فوق و سنجه‌های مربوط به این روش تاریخ شروع خشک‌سالی، تاریخ خاتمه، تداوم، شدت خشک‌سالی و همچنین کمبود بارش روزانه و در نهایت مقدار بارندگی موردنیاز برای برگشت به حالت نرمال محاسبه شد. از آنجایی که محاسبات تک‌تک سنجه‌های مربوط به شاخص بارش مؤثر طولانی و وقت‌گیر بود، برنامه کامپیوتری تحت عنوان EP تهیه شد؛ تا بدین‌وسیله محاسبات مربوط به شاخص‌های بارش مؤثر با دقت و سرعت بیش‌تری محاسبه شود.

### داده‌ها و روش‌ها

داده‌های ۲۲ سال بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک شهرکرد طی دوره آماری ۲۰۰۱ - ۱۹۸۰ انتخاب شد و پس از اطمینان از صحت اطلاعات محاسبات مربوطه انجام گردید، داده‌های بارش، متغیر بسیار مهمی در تحلیل خشک‌سالی است. بارش‌های جوی در واقع مهم‌ترین متغیری است که تغییرات آن بطور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی، مخازن زیرزمینی و ... بازتاب می‌یابد، بنابراین اولین مؤلفه است که می‌تواند در مطالعه هر حالتی از خشک‌سالی مورد توجه قرار گیرد.

جزئیات محاسبات شاخص بارش مؤثر در زیر آمده است:

۳-۱- محاسبه مقدار بارش مؤثر روزانه<sup>(۱)</sup> (EP)

برای ارائه کمبود روزانه منابع آب مفهوم جدیدی بنام بارش مؤثر EP (بایان و ویلهایت ۱۹۹۷) پیشنهاد شده که بوسیله سه معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$EP_i = \sum_{n=1}^i P_m - i \quad (۱)$$

$$EP_i = \sum_{n=1}^i [( \sum_{n=1}^n P_m ) / n] \quad (۲)$$

$$EP_i = \sum_{n=1}^i [a(i - m + 1)P_m / ( \sum_{n=1}^1 n)] \quad (۳)$$

در اینجا  $i$  = تداوم کل یا  $DS^{(۲)}$  می‌باشد و (DS) تعداد روزهای فرضی است که برای محاسبه شدت خشکسالی در نظر گرفته شده است.

$P_m$  = بارش  $m$  روز قبل

$a$  = مقدار ثابت اگر  $i$  برابر با ۳۶۵ یا ۱۰۰ استفاده شود به عنوان یک مقداری برابر با هم ظرفیت یک می‌باشد.

معادله شماره یک از رابطه  $(EP) \times C = - d(EP) / dt$  مشتق شده است و در اینجا  $C$  مقدار ثابت و  $t$  زمان (روز) است. این معادله نشان می‌دهد که کمبود بارش روزانه با مقدار بارش مؤثر روزانه متناسب است. معادله ۲ بارش  $m$  روز قبل را به جمع منابع آب اضافه می‌نماید و به عنوان یک شکل از متوسط بارش  $m$  روزه است. معادله ۳ نشان می‌دهد که بارش‌های اخیر اثر بیشتر و بارش‌های

۱- Effective Precipitation.

۲- Duration Summation.

قبلی اثر کمتری بر روی ذخیره منابع آبی دارند و در نهایت معادله ۳ از یک متد تجربی مشتق شده است.

برای درک بهتر این معادلات فرض می‌شود.  $DS$  یا تداوم کل برابر با ۲ است؛ در معادله شماره یک  $EP_2$  از رابطه  $(P_1 \exp(-1/2) + P_2 \exp(-2/2))$  حاصل شده است. در معادله دو  $EP_2$  برابر با  $(P_1 + (P_1 + P_2) / 2)$  است و در معادله سه  $EP_2$  برابر با  $(2P_1 + P_2) / 3$  می‌باشد. بنابراین هر معادله تفاوت‌های وزنی بارش مؤثر را در طول روزهای قبلی نشان می‌دهد.

در مطالعه حاضر به منظور محاسبه بارش مؤثر روزانه از معادله شماره ۲ استفاده شده است. و از آنجایی که هدف مطالعه حاضر بررسی دوره‌های کوتاه مدت خشک‌سالی (کمبود رطوبت خاک و خشک‌سالی کشاورزی) است؛ لذا دوره فرضی یا  $i$  انتخاب شده برابر با ۱۵ روز می‌باشد.

به غیر از این معادلات که در بالا ذکر شد؛ معادلات دیگری نیز مقدار کمبود منابع آب را در طی زمان نشان می‌دهند؛ درحالی که چنین معادلاتی نظیر شاخص پالمر،  $SWSI$  و ... برای محاسبه نیاز به پارامترهای زیادی نظیر توپوگرافی، خصوصیات لایه‌های خاک، دمای هوا، رطوبت، سرعت باد و تبخیر و ... دارند که محاسبه و به دست آوردن این پارامترها در هر منطقه‌ای میسر نیست.

## ۲-۳- محاسبه میانگین بارش مؤثر روزانه $(MEP)^{(1)}$

میانگین بارش مؤثر اولین مزیت شاخص  $EP$  است. این مقادیر میانگین‌ها خصوصیات اقلیمی منابع آب مربوط به یک ایستگاه یا ناحیه‌ای را بیان می‌کنند. به سبب وجود نوسانات شدید روزانه؛ میانگین‌های بارش مؤثر استفاده کاربردی

<sup>۱</sup> - Mean Effective Precipitation.

ندارد، بدین جهت یک میانگین متحرک پنج روزه به کار گرفته شد؛ و بدین وسیله نوسانات شدید روزانه میانگین‌های بارش مؤثر حذف شد.

### ۳-۳- محاسبه مقادیر انحراف بارش مؤثر روزانه <sup>(۱)</sup> (DEP)

برای محاسبه مقادیر انحراف بارش مؤثر روزانه از رابطه زیر استفاده شد.

$$DEP = EP - MEP \quad (۴)$$

مقادیر محاسبه شده DEP میزان کمبود و یا بیش‌بود منابع آبی را برای زمان و مکان مشخص نشان می‌دهد.

### ۳-۴- محاسبه مقادیر <sup>(۲)</sup> (SEP) یا مقادیر استاندارد شده DEP

به منظور محاسبه مقادیر استاندارد شده از رابطه شماره ۵ استفاده شد.

$$SEP = DEP / ST (EP) \quad (۵)$$

در اینجا ST (EP) مقادیر انحراف استاندارد برای هر روز تقویمی مشخص شده است. در این مورد نیز برای هر تاریخ ( هر روز تقویمی ) وردایی‌های روزانه می‌توان مقادیر استاندارد شده با استفاده از میانگین متحرک ۵ روزه تحلیل شد. بر اساس مقادیر استاندارد شده شدت خشک‌سالی منطقه‌ای را با دیگر مناطق بدون توجه به اختلافات آب و هوایی مقایسه کرد.

### ۳-۵- تعریف تداوم خشکی و تداوم کل

مقادیر منفی DEP و یا SEP بیانگر بارش‌های زیر نرمال یک ایستگاه و یا

یک منطقه است. دوره‌های مقادیر منفی متوالی در سنجه‌های DEP و SEP

۱- Deviation of Mean Effective Precipitation.

۲- Standardized of Value of DEP.

دوره‌های خشک متوالی را نسبت به نرمال نشان می‌دهد. هر دوره خشک می‌تواند به عنوان یک دوره با مقادیر منفی متوالی از SEP تعریف شود. همچنین تداوم کل <sup>(۳)</sup> (DS) به عنوان جمعی از تداوم کل فرضی و تعداد روزهای با تداوم خشک تعریف می‌شود.

### ۳-۶- کمی‌سازی شدت خشک‌سالی

در شاخص بارش مؤثر روزانه؛ به منظور بررسی و ارزیابی شدت خشک‌سالی سنجه‌های متفاوتی تعریف شده است. که در ادامه به تعریف این سنجه‌ها می‌پردازیم.

#### ۳-۶-۱- سنجۀ توالی روزهای منفی <sup>(۱)</sup> SEP

تداوم کمبود بارش اطلاعات خوبی از خشک‌سالی ارائه می‌دهد، توالی روزهای منفی این کمیت از خشک‌سالی را نشان می‌دهد.

#### ۳-۶-۲- سنجۀ تجمع توالی‌های منفی SEP

همه مقادیر مثبت SEP تبدیل به صفر می‌شود و فقط توالی‌های منفی SEP جمع شده و مقادیر تجمع توالی‌های منفی یا <sup>(۲)</sup> (ANES) حاصل می‌شود. یکی از مزیت‌های ANES این است که تداوم دوره‌های خشک براحتی بوسیله سنجه تعیین می‌شود.

۳- Duration Summation.

۱- Consecutive days of Negative SEP (CNS).

۲- Accumulation of Consecutive Negative SEP (ANES).

۳-۶-۳- سنجۀ کمبود بارش تجمع یافته<sup>(۳)</sup> (APD)

کمبود بارش تجمع یافته بوسیله جمع ساده کمبود بارش محاسبه شده است. معادله شماره ۶ روش محاسبه این سنجه را بیان می کند .

$$APD_j = \sum_{n=1}^i P_N - AVG_j \quad (۶)$$

در اینجا  $j$  تداوم کل یا (DS) است، که یک مقدار متفاوتی از مقادیر فرضی (۱۵ یا ۳۶۵ =  $j$ ) می باشد. و  $AVG_j$  متوسط بارش روزانه درازمدت؛ طی یک دوره تداوم کل از قبل تعریف شده می باشد. در تحقیق حاضر تداوم کل ۱۵ روزه به منظور پایش خشک سالی های کوتاه مدت در نظر گرفته شده است. از مزایای کمبود بارش تجمع یافته سادگی درک آن است به عبارتی درک جمع ساده بارندگی به مراتب آسانتر از مقدار بارش مؤثر می باشد. همچنین از شاخص APD می توانیم برای مقایسه خطر وقوع خشک سالی در نواحی که دارای اقلیم مشابه هستند استفاده نمود. اما ضعف های این سنجه، در نمایش شدت خشک سالی در یک دوره زمانی است؛ زیرا تفاوتی بین بارش های امروز و بارش های روز قبل را در نظر نمی گیرد. اگر سنجه APD در طی دوره خشک از پیش تعریف شده به جای تداوم کل محاسبه شود می تواند شاخص شدت خشک سالی را نیز نشان دهد .

۳-۶-۴- شاخص بارش مورد نیاز برای برگشت به حالت نرمال<sup>(۱)</sup>

مقادیر منفی  $DEP_j$  می تواند به عنوان یک روز بارش مورد نیاز برای برگشت به شرایط نرمال مستقیماً بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود .

۳- Accumulated Precipitation Deficit (APD).

۱- Precipitation needed for a Return to Normal (PRN).

$$PRN_j = DEP_j / \sum_{n=1}^i (1/N) \quad (7)$$

### ۵-۶-۳- شاخص خشک‌سالی مؤثر $EDI^{(2)}$

شاخص‌های CNS و ANES اطلاعات خوبی برای ارزیابی و پایش خشک‌سالی ارائه می‌دهند، همچنین APD و PRN برای نشان‌دادن شدت خشک‌سالی سنج‌های ممتازی هستند اما APD و PRN وابستگی شدیدی به شرایط اقلیمی منطقه دارند؛ بنابراین ما نیاز به دیگر شاخص‌هایی نظیر شاخص خشک‌سالی مؤثر (EDI) داریم تا برای مقایسه شدت خشک‌سالی در مناطقی که اقلیم‌های متفاوتی دارند از آن استفاده کنیم. معادله ۹ روش محاسبه شاخص خشک‌سالی مؤثر را بیان می‌کند.

$$EDI_j = PRN_j / ST (PRN_j) \quad \text{یا} \quad EDI_j = DEP_j / ST (DEP_j) \quad (9)$$

در اینجا  $ST (F(N))$  از انحراف استاندارد  $F(N)$  منتج شده است، و  $j$  همان تداوم کل واقعی یا DS است.

این شاخص که از آن به عنوان شاخص بارش استاندارد شده نیز یاد شده است، از نظر شدت خشک‌سالی به ۴ طبقه تقسیم شده است که این طبقه‌بندی در جدول (۱) گنجانده شده است. ( بذرافشان ۱۳۸۱ )

۲- Effective Drought Index.

جدول (۱): طبقه‌بندی شاخص Edi

| طبقات شاخص    | توصیف وضعیت        |
|---------------|--------------------|
| بیشتر از ۰/۷- | خشکسالی خفیف       |
| ۰/۷- تا ۱/۵-  | خشکسالی متوسط      |
| ۱/۵- تا ۲/۵-  | خشکسالی شدید       |
| کمتر از ۲/۵-  | خشکسالی بسیار شدید |

جدول (۲): نتایج خلاصه شده شاخص بارش مؤثر طی سال آماری ۱۴۰۱ ایستگاه شهرکرد

| ردیف | دوره خشک               | ANES   | متوسط شاخص خشکسالی مؤثر دوره | تداوم واقعی دوره خشک (روز) | حداقل شاخص خشکسالی دوره (شدیدترین خشکسالی) |            | توصیف وضعیت شدیدترین خشکسالی دوره | حداقل PRN دوره |
|------|------------------------|--------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------|
|      |                        |        |                              |                            | EDI                                        | تاریخ      |                                   |                |
| ۱    | ۱۷ ژانویه تا ۲۲ ژانویه | -۳/۶۷۱ | -۰/۹۲                        | ۲۱                         | -۱/۳۶۳                                     | ۱۹ ژانویه  | خشکسالی متوسط                     | -۱۸/۴۳         |
| ۲    | ۲۷ ژانویه تا ۱۷ فوریه  | -۱۵/۷  | -۱/۰۴۱                       | ۳۶                         | -۱/۲۳۷                                     | ۲۸ ژانویه  | خشکسالی متوسط                     | -۳۲/۷۸         |
| ۳    | ۱۹ فوریه تا ۶ مارس     | -۱۰/۵۵ | -۰/۸۵۱                       | ۳۰                         | -۰/۸۷۵                                     | ۶ مارس     | خشکسالی ضعیف                      | -۱۲/۸          |
| ۴    | ۱۳ مارس تا ۲۱ مارس     | -۶/۱۳۴ | -۰/۵۱۲                       | ۲۳                         | -۰/۵۷۶                                     | ۲۱ مارس    | خشکسالی ضعیف                      | -۱/۳           |
| ۵    | ۲۴ مارس تا ۲۸ آوریل    | -۳۰/۳۶ | -۰/۸۷۱                       | ۵۰                         | -۱/۰۲۷                                     | ۲۸ آوریل   | خشکسالی متوسط                     | -۶۹/۴۴         |
| ۶    | ۵ می تا ۸ ژوئن         | -۱۸/۴۶ | ۰/۴۴۳                        | ۴۹                         | -۰/۵۷۸                                     | ۵ می       | خشکسالی ضعیف                      | -۲۷/۲۷         |
| ۷    | ۲۴ ژوئن تا ۱۹ اگوست    | -۳۳/۷۶ | -۱/۴۷۶                       | ۱۰۲                        | -۲/۱۷۴                                     | ۱۶ اگوست   | خشکسالی شدید                      | -۱۲۱/۷۲        |
| ۸    | ۲۹ اگوست تا ۳۴ سپتامبر | -۱۰/۲۵ | -۱/۳۲۵                       | ۴۰                         | -۱/۶۲۵                                     | ۱۸ سپتامبر | خشکسالی شدید                      | -۸۷/۲۴۵        |
| ۹    | ۳۰ سپتامبر تا ۱۴ اکتبر | -۶/۳۲  | -۱/۱۱۶                       | ۳۰                         | -۱/۲۱۷                                     | ۸ اکتبر    | خشکسالی متوسط                     | -۴۳/۹۴۱        |
| ۱۰   | ۲۳ دسامبر تا ۲۸ دسامبر | -۲/۴۹  | -۰/۹۸۴                       | ۲۰                         | -۱/۰۲۵                                     | ۲۵ دسامبر  | خشکسالی متوسط                     | -۲۷/۲۱۷        |

ANES = تجمع توالی‌های منفی متوالی دوره

PRN = حداقل بارش مورد نیاز برای برگشت به حالت نرمال

## نتایج

نتایج خلاصه شده محاسبات در جدول (۲) وضعیت رفتارسنجی خشک‌سالی را طی سال ۲۰۰۱ برای ایستگاه شهرکرد بر اساس دوره‌های فرضی کوتاه‌مدت (۱۵ روزه) نشان می‌دهد. بایستی خاطرنشان کرد که در بررسی پدیده‌های حدی نظیر خشک‌سالی همیشه بایستی بیشینه شدت این پدیده‌ها در برنامه‌ریزی‌ها در نظر گرفته شود. محاسبه مقادیر بحرانی پدیده‌هایی نظیر خشک‌سالی، مقدار آسیب‌پذیری مناطق تحت تأثیر را نسبت به خشک‌سالی نمایان می‌سازد، از این‌رو مقادیر بحرانی شدت خشک‌سالی بر اساس محاسبات روزانه شاخص بارش مؤثر و سنجه‌های مربوط به آن محاسبه و نتایج در جدول ۲ منعکس شده است.

نتایج نشان می‌دهد طی سال ۲۰۰۱ در ایستگاه شهرکرد ۹ دوره خشک به وقوع پیوسته است. کمترین تداوم خشک‌سالی مربوط به تاریخ ۱۷ لغایت ۲۲ ژانویه می‌باشد. تداوم واقعی این دوره ۲۱ روز است. طی این دوره شرایط خشک‌سالی متوسط در ایستگاه شهرکرد حاکم بوده است. تجمع توالی‌های منفی متوالی دوره برابر با ۳/۶۷۱- می‌باشد. و بیش‌ترین بارش موردنیاز برای برگشت به حالت نرمال ۱۸/۴۳ میلی‌متر است؛ که این مقدار مربوط به روز ۱۹ ژانویه سال ۲۰۰۱ می‌باشد. بیشترین تداوم خشک‌سالی نیز مربوط به تاریخ ۲۴ ژوئن لغایت ۱۹ آگوست می‌باشد؛ تداوم واقعی این دوره ۱۰۲ روز است. در این دوره شرایط خشک‌سالی شدید در منطقه به وقوع پیوسته است. تجمع توالی‌های منفی متوالی که بیانگر شدت خشک‌سالی دوره است برابر با ۳۳/۷۶- می‌باشد؛ و حداقل بارش مورد نیاز برای برگشت به شرایط نرمال ۱۲۱/۷۲ میلی‌متر است که

این مقدار مربوط به روز ۸ آگوست سال ۲۰۰۱ می باشد. نتایج مربوط به بقیه دوره های خشک نیز در جدول (۲) درج شده است .

از آنجایی که محاسبات مربوط به این شاخص بر اساس بازه های زمانی متفاوتی می تواند طراحی شود، بنابراین با در نظر گرفتن دوره های فرضی کوتاه مدت، می توانیم برای بیان وضعیت رطوبت و خشکی خاک و خشک سالی های کشاورزی که تحت تأثیر کمبودهای بارندگی های اخیر قرار می گیرند؛ استفاده کرد. در حالی که افت سطح آب های سطحی و مخازن آب های زیرزمینی و یا دیگر منابع آبی، تحت تأثیر مجموع درازمدت بارندگی قرار دارند؛ بنابراین برای پایش این منابع ( خشک سالی های هیدرولوژی ) بایستی از دوره های فرضی ۳۶۵ روزه استفاده کرد .

با توجه به قابلیت های این شاخص که شامل تعیین تاریخ دقیق شروع، خاتمه، تداوم و شدت خشک سالی های هر دوره و همچنین ارزیابی روزانه خشک سالی است. بنابراین این شاخص از جمله روش های بسیار مؤثر و مناسب در تعیین و پایش خشک سالی می باشد. لذا به کارگیری این روش در برنامه ریزی های کشاورزی، و مدیریت منابع آب و ... در سطح کشور می تواند کارآمد و مفید باشد .

## منابع و مآخذ

- ۱- بذرافشان، جواد، (۱۳۷۹) « بارش مؤثر؛ نگرش تازه بر روند روزانه شدت و تداوم خشکسالی‌ها » مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی، کرمان، اسفند ماه ۱۳۷۹ .
- ۲- فرج‌زاده، منوچهر، (۱۳۷۴) « بررسی آماری خشکسالی در ایران » پایان‌نامه دکتري جغرافيا؛ دانشگاه تربيت مدرس .
- ۳- مقدسی، فخری، (۱۳۷۵) « بررسی روند خشکسالی از دیدگاه کشاورزی » نیوار: شماره ۲۹، بهار ۱۳۷۵ .
4. Alley, W.M., (۱۹۸۴) "The palmer drought severity index limitations and assumptions" Journal of climate and Applied meteorology, ۲۳, ۱۱۰۰ - ۱۱۰۹ PP
5. Byun, H . R. (۱۹۹۷) "Daily Quantification of drought severity and duration ۱۰" Conf. Applied climatology American Meteorological Society, oct (۱۹۹۷).
6. Byun, H.R and D.A. Wilhite (۱۹۹۹) "objective quantification of drought severity and duration. Journal of Climate, Vol. ۱۲, ۲۷۴۷ - ۲۷۵۶ pp.
7. Wilhite, D.A (۲۰۰۰) "Drought"
8. WMO (۱۹۷۵) Drought and agriculture. WMO technical Note ۱۳۸ Geneva, switzerland