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 اندازهٔ 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 شدهٔ 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 شدهٔ 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 محاسبهٔ دقیق‌تر و سریعتر شاخص بارش مؤثر نوشته شد. داده‌های بارندگی روزانه ایستگاه شهرکرد طی دورهٔ 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 پدیدهٔ 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 سایرمنابع آبی با گذشت زمان بصورت تابعی از نسبت رواناب و تبخیر و تعرق کاهش می‌یابند، که در ارزیابی و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 مقالهٔ 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 هریک 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 محاسبهٔ بیلان آبی را به منظور ارزیابی و پایش رطوبت پیشنهاد دادند، دراین روش از مقادیر ماهانهٔ 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

میزان آب در دسترس خاک و معادلهٔ موازنهٔ آب از قبیل تبخیر و تعرق، تخلیهٔ آب خاک و رواناب و از دست‌رفتن 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 بایان و ۱۹۹۹ بایان 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 سنجهٔ 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 خشک سالی، 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 .

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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، برنامهٔ 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 دورهٔ 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:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۱-۳- محاسبه مقدار بارش مؤثر روزانه[۱] (EP)

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

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

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

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

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.

Pm = 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.

معادلهٔ شماره یک از رابطهٔ $d(EP)/dt = -C \times (EP)$ 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. معادلهٔ ۲ بارش m روز قبل را به جمع منابع آب اضافه می‌نماید و به عنوان یک شکل از متوسط بارش m روزه است. معادلهٔ ۲ نشان می‌دهد که بارش‌های اخیر اثر بیشتر و بارش‌های

۱- Effective Precipitation.

۲- Duration Summation.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

قبلی اثر کمتری بر روی ذخیرهٔ 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 $EP_۲$ ازرابطه $(P_۱ \exp(-۱/۲) + P_۲ \exp(-۲/۲))$ حاصل شده است. درمعادله دو $EP_۲$ برابربا $(P_۱ + (P_۱ + P_۲) / ۲)$ است ودر معادله سه $EP_۲$ برابر با $((۲P_۱ + P_۲) / ۳)$ می‌باشد. بنابراین هر معادله تفاوت‌های وزنی بارش مؤثر را در طول روزهای قبلی نشان می‌دهد .

در مطالعه حاضر به منظور محاسبهٔ بارش مؤثر روزانه از معادلهٔ شمارهٔ ۲ استفاده شده است. و از آنجایی که هدف مطالعه حاضر بررسی دوره‌های کوتاه‌مدت خشک‌سالی (کمبود رطوبت خاک و خشک‌سالی کشاورزی) است؛ لذا دورهٔ 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 دست‌آوردن این پارامترها در هرمنطقه‌ای 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

۱- Mean Effective Precipitation.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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

۳-۳- محاسبه مقادیر انحراف بارش مؤثر روزانه [۱](DEP)

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

$$DEP = EP - MEP \qquad (۴)$$

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

۳-۴- محاسبهٔ مقادیر [۲](SEP) یا مقادیر استاندارد شدهٔ DEP

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

$$SEP = DEP / ST\ (EP) \qquad (۵)$$

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 روزانـه می‌توان مقادیر استاندارد شده با استفاده از میانگین متحرک ۵ روزه تحلیل شد. بر اساس مقادیر استاندارد شده شدت خشک‌سالی منطقه‌ای را بـا دیگـر منـاطق 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 منفـی متـوالی در سـنجه‌هـای DEP و SEP

۱- Devation of Mean Effective Precipitation.

۲- Standardized of Value of DEP.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

دوره‌های خشک متوالی را نسبت بـه نرمـال نـشان مـی‌دهـد. هـر دورهٔ خـشک می‌تواند به عنوان یک دوره با مقادیر منفی متوالی از SEP تعریف شود. همچنین تداوم کل [۳](DS) به عنوان جمعی از تداوم کل فرضی و تعداد روزهای با تـداوم خشک تعریف می‌شود .

۶-۳- کمی‌سازی شدت خشک‌سالی

در شـاخص بـارش مـؤثر روزانـه؛ بـه منظـور بررسـی و ارزیـابی شـدت خشک‌سالی سنجه‌های متفاوتی تعریف شده است. که در ادامـه بـه تعریـف ایـن سنجه‌ها می‌پردازیم .

۱-۶-۳- سنجهٔ توالی روزهای منفی SEP[۱]

تداوم کمبود بارش اطلاعات خوبی از خشک‌سالی ارائـه مـی‌دهـد، تـوالی روزهای منفی این کمیت از خشک‌سالی را نشان می‌دهد .

۲-۶-۳- سنجهٔ تجمع توالی‌های منفی SEP

همه مقادیر مثبت SEP تبدیل به صفر می‌شود و فقط توالی‌هـای منفـی SEP جمع شده و مقادیر تجمع توالی‌های منفی یا [۲](ANES) حاصل می‌شـود. یکی از مزیت‌های ANES این است که تداوم دوره‌های خـشک براحتـی بوسـیله سنجه تعیین می‌شود .

۳- Duration Summation.

۱- Consecutive days of Negative SEP (CNS).

۲- Accumulation of Consecutive Negative SEP (ANES).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۳-۶-۳- سنجهٔ کمبود بارش تجمع یافته [۳] (APD)

کمبود بارش تجمع یافته بوسیله جمع ساده کمبود بارش محاسبه شده است. معادله شمارهٔ ۶ روش محاسبهٔ این سنجه را بیان می‌کند .

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

در اینجا j تداوم کل یا (DS) است، که یک مقدار متفاوتی از مقادیر فرضی (۱۵ یا ۳۶۵ = j) می‌باشد. و AVG_j متوسط بارش روزانه درازمدت؛ طی یک دورهٔ تداوم کل از قبل تعریف شده می‌باشد. در تحقیق حاضر تداوم کل ۱۵ روزه به منظور پایش خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت در نظر گرفته شده است. از مزایای کمبود بارش تجمع‌یافته سادگی درک آن است به عبارتی درک جمع ساده بارندگی به مراتب آسانتر از مقدار بارش مؤثر می‌باشد. همچنین از شاخص APD می‌توانیم برای مقایسه خطر وقوع خشک‌سالی در نواحی که دارای اقلیم مشابه هستند استفاده نمود. اما ضعف‌های این سنجه، در نمایش شدت خشک‌سالی در یک دورهٔ زمانی است؛ زیرا تفاوتی بین بارش‌های امروز و بارش‌های روز قبل را در نظر نمی‌گیرد. اگر سنجه APD در طی دورهٔ خشک از پیش تعریف شده به جای تداوم کل محاسبه شود می‌تواند شاخص شدت خشک‌سالی را نیز نشان دهد .

۴-۶-۳- شاخص بارش موردنیاز برای برگشت به حالت نرمال [۱]

مقادیر منفی DEP_j می‌تواند به عنوان یک روز بارش موردنیاز برای برگشت به شرایط نرمال مستقیماً بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود .

۳- Accumulated Precipitation Deficit (APD).

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

$$PRN_j = DEP_j / \sum_{n=1}^{i}(1/N) \qquad (۷)$$

۵-۶-۳- شاخص خشک‌سالی مؤثر EDI[۲]

شاخص‌های CNS و ANES اطلاعات خوبی برای ارزیابی و پایش خشک‌سالی ارائه می‌دهند، همچنین APD و PRN برای نشان‌دادن شدت خشک‌سالی سنجه‌های 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. معادلهٔ ۹ روش محاسبه شاخص خشک‌سالی مؤثر را بیان می‌کند .

$$EDi_j = PRN_j / ST\,(PRN_j) \quad \text{یا} \quad EDi_j = DEP_j / ST\,(DEP_j) \qquad (۹)$$

در اینجا ((F(N)) ST 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 ۲۰۰۱ ایستگاه شهرکرد

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

ANES = تجمع توالی‌های منفی متوالی دوره

PRN = حداقل بارش مورد نیاز برای برگشت به حالت نرمال

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

نتایج

نتـایج خلاصـه شـدهٔ محاسـبات در جـدول (۲) وضـعیت رفتارسـنجی خشک‌سالی را طی سال ۲۰۰۱ برای ایستگاه شهرکرد بر اساس دوره‌های فرضـی کوتاه‌مدت (۱۵ روزه) نشان می‌دهد. بایستی خاطرنـشان کـرد کـه در بررسـی پدیده‌های حدی نظیر خشک‌سالی همیشه بایستی بیشینه شدت این پدیده‌ها در برنامه‌ریزی‌ها در نظر گرفته شـود. محاسـبهٔ مقـادیر بحرانـی پدیـده‌هـایی نظیـر خشک‌سالی، مقدار آسیب‌پذیری مناطق تحت تـأثیر را نـسبت بـه خـشک‌سـالی نمایان می‌سازد، از این‌رو مقادیر بحرانی شدت خشک‌سالی بر اسـاس محاسـبات روزانهٔ 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 دورهٔ خـشک به وقوع پیوسته است. کمترین تداوم خشک‌سالی مربوط به تاریخ ۱۷ لغایـت ۲۲ ژانویه می‌باشـد. تـداوم واقعـی ایـن دوره ۲۱ روز اسـت. طـی ایـن دوره شـرایط خشک‌سالی متوسط در ایستگاه شهرکرد حاکم بوده است. تجمع توالی‌های منفی متوالی دوره برابر با ۳/۶۷۱- می‌باشد. و بیش‌ترین بارش موردنیاز بـرای برگـشت به حالت نرمال ۱۸/۴۳ میلی‌متر است؛ که این مقـدار مربـوط بـه روز ۱۹ ژانویـه سال ۲۰۰۱ می‌باشد. بیشترین تداوم خشک‌سالی نیز مربوط به تـاریخ ۲۴ ژوئـن لغایت ۱۹ آگوست می‌باشد؛ تداوم واقعی این دوره ۱۰۲ روز اسـت. در ایـن دوره شرایط خشک‌سالی شدید در منطقه به وقوع پیوسـته اسـت. تجمـع تـوالی‌هـای 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

این مقدار مربوط به روز ۸ آگوست سال ۲۰۰۱ می‌باشد. نتایج مربوط به بقیهٔ دوره‌های خشک نیز در جدول (۲) درج شده است .

از آنجایی که محاسبات مربوط به این شاخص بر اساس بازه‌های زمانی متفاوتی می‌تواند طراحی شود، بنابراین با در نظر گرفتن دوره‌های فرضی کوتاه‌مدت، می‌توانیم برای بیان وضعیت رطوبت وخشکی خاک وخشک‌سالی‌های کشاورزی که تحت تأثیر کمبودهای بارندگی‌های اخیر قرار می‌گیرند؛ استفاده کرد. در حالی که افت سطح آبهای سطحی و مخازن آب‌های زیرزمینی و یا دیگر منابع آبی، تحت‌تأثیر مجموع درازمدت بارندگی قرار دارند؛ بنابراین برای پایش این منابع (خشک‌سالی‌های هیدرولوژی) بایستی از دوره‌های فرضی ۳۶۵ روزه استفاده کرد .

با توجه به قابلیت‌های این شاخص که شامل تعیین تاریخ دقیق شروع، خاتمه، تداوم و شدت خشک‌سالی‌های هر دوره و همچنین ارزیابی روزانه خشک‌سالی است. بنابراین این شاخص از جمله روش‌های بسیار مؤثر و مناسب در تعیین و پایش خشک‌سالی می‌باشد. لذا به کارگیری این روش در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، و مدیریت منابع آب و ... در سطح کشور می‌تواند کارآمد و مفید باشد .

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منابع و ماخذ

۱- بذرافشان، جواد، (۱۳۷۹) « بارش مؤثر؛ نگرش تازه بر روند روزانهٔ 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 » پایان‌نامهٔ دکتری جغرافیا؛ دانشگاه تربیت مدرس .

۳- مقدسی، فخری، (۱۳۷۵) « بررسی روند خشکسالی از دیدگاه کشاورزی » نیوار: شمارهٔ 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]