مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در استان یزد

الهام شایق* و سعید سلطانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶)

چکیده

در این تحقیق جهت بررسی خشک‌سالی در ایستگاه سینوپتیک یزد و ۳۱ ایستگاه غیر سینوپتیک در سطح استان از ۵ شاخص درصد از نرمال بارندگی(PNPI)، دهک‌های بارندگی (DPI)، ناهنجاری بارندگی(RAI)، بالم و مولی(BMDI) و بارش استاندارد شده(SPI) استفاده شد. بدین منظور پس از جمع‌آوری داده‌های بارش ایستگاه‌های مورد بررسی، نواقص آماری موجود از طریق روش هم‌بستگی بین ایستگاه‌ها بازسازی شد. سپس محاسبه شاخص‌های PNPI، DPI و RAI در مقیاس ماهانه و سالانه، شاخص BMDI در طی دوره ارزیابی ۱۲ ماهه و شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه انجام گرفت و بر اساس مقادیر حاصل از محاسبه هر یک از شاخص‌های مورد نظر، طبق جداول مربوط به طبقات مختلف خشک‌سالی هر یک از شاخص‌ها اقدام به تعیین وضعیت خشک‌سالی هر یک از ایستگاه‌ها در مقیاس‌های مورد نظر در طول دوره آماری موجود شد و بر این اساس ۵ شاخص مورد نظر با یکدیگر مقایسه شدند و جهت برآورد خشک‌سالی درصد تفاوت و تشابه هر کدام از شاخص‌ها با ۴ شاخص دیگر مورد محاسبه و بررسی قرار گرفت. هم‌چنین پس از تعیین وضعیت خشک‌سالی هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه، درصد وضعیت‌های مختلف خشک‌سالی توسط هر کدام از شاخص‌های درصد از نرمال بارندگی(PNPI)، ناهنجاری بارندگی(RAI) و دهک‌های بارندگی (DPI) در مقیاس سالانه، شاخص بالم و مولی در طی دوره ارزیابی ۱۲ ماهه(BMDI) و بارش استاندارد شده در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه(SPI۱۲) در ۳۳ ایستگاه تحت مطالعه تعیین شد. پس از طی مراحل مذکور مشخص شد، بیشترین درصد تشابه بین دو شاخص RAI و DPI وجود دارد، چنانکه هر دو شاخص در ایستگاه‌های مورد مطالعه وضعیت مشابه خشک‌سالی شدید را نشان دادند و از بین ۵ شاخص مورد بررسی (نسبت به سه شاخص خشک‌سالی PNPI، SPI وBMDI) این دو شاخص بیشترین کارآیی را جهت پایش خشک‌سالی هواشناسی دارا هستند و هر دو شاخص جهت پایش خشک‌سالی استاتیک استفاده می‌شوند. ولی نظر به این‌که شاخص‌های استاتیک در مقیاس ماهانه و در ایستگاه‌های مناطق خشک جهت پایش خشک‌سالی با مشکل محاسبه مواجه می‌شوند توصیه می‌شود که از شاخص‌های دینامیک SPI و BMDI که درصد تشابه قابل قبولی نیز با یکدیگر دارند، استفاده شود. شاخص SPI با مقیاس‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماهه ارجحیت دارد زیرا در این مقیاس‌ها با مشکل محاسبه مواجه نبوده و قادر است ارزیابی‌های ماهانه از خشک‌سالی را در اختیار قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، شاخص‌های خشک‌سالی، PNPI، DPI، RAI، BMDI،SPI، درصد وضعیت خشک‌سالی، استان یزد

۱. به ترتیب دانش آموخته و دانشیار بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ssoltani@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

همه مناطق دنیا ممکن است هر از گاهی اسیر پدیده خشک‌سالی شوند، اما این وضعیت در مناطقی که از نظر اقلیمی به طور نامنظم و تصادفی توسط سامانه‌های مختلف آب و هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرند، بیشتر مشاهده می‌شود(۳). نمود اصلی پیدایش خشک‌سالی هواشناسی، کاهش بارندگی به پایین‌تر از حد نرمال (میانگین دراز مدت) است. کاهش رطوبت خاک و کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی از پیامدهای بعدی کاهش بارندگی است. برای تعیین ویژگی‌های خشک‌سالی هواشناسی، تاکنون نمایه‌های بسیاری ارائه شده است. نمایه‌های خشک‌سالی بر مبنای یک یا چند متغیر اقلیمی محاسبه می‌شوند. نمایه درصد از نرمال بارندگی و RAI، دهک‌ها، BMDI و SPI نمایه‌هایی هستند که تنها بر مبنای استفاده از متغیر بارندگی استوارند. حسنی‌ها و صالحی (۲) از چهار شاخص درصد از بارندگی میانگین، شاخص انحراف معیار، شاخص کلاسه‌بندی بارندگی و شاخص توزیع استاندارد برای بررسی وضعیت خشک‌سالی در استان زنجان استفاده نمودند. ایشان نتیجه گرفتند که شاخص‌های درصد از بارندگی میانگین، انحراف معیار و کلاسه‌بندی بارندگی هم‌بستگی بالایی با هم دارند. هم‌چنین، براساس روند میانگین‌های متحرک ۳ ساله و ۵ ساله که شدت خشک‌سالی در استان زنجان رو به افزایش بوده و به تدریج بر دوره تداوم آن نیز افزوده می‌شود (۲). بذرافشان (۱) به مطالعه برخی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی پرداخت و از آمار بارش ۹ ایستگاه طی دورهٔ آماری (۱۹۹۹-۱۹۶۱) استفاده کرد و به این نتیجه رسید که شاخص‌های SIAP و DPI در ارزیابی‌های خشک‌سالی نتایج تقریباً مشابهی می‌دهند و هم‌چنین شاخص‌های BMDI، SPI، EPI و PNPI از نقطه نظر هر سه معیار آماری مشابه بوده و ارزیابی‌های تقریباً یکسانی از نظر توالی، شدت و احتمال وقوع خشک‌سالی ارائه می‌دهند(۱). مقدسی و همکاران (۶) تحقیقی تحت عنوان "پایش مکانی خشک‌سالی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۷۹-۱۳۸۰ استان تهران با استفاده از شاخص‌های SPI ، EDI و DI و سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS " انجام دادند. در این تحقیق برای پایش خشک‌سالی این دوره و تهیه نقشه‌های آن از سه شاخص DI , SPI , EDI و تکنیکGIS استفاده گردید و به این منظور اطلاعات ۴۳ ایستگاه در سطح استان به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که DI نسبت به بارندگی نوسان‌های شدیدی داشت، ضمن آن‌که هم‌آهنگی زمانی و مکانی مناسبی بین نتایج آن قابل مشاهده نمی‌باشد. هم‌چنین شاخص SPI در مقیاس ماهانه واکنش کافی به کمبود ریزش‌ها از خود نشان نمی‌دهد. ولی شاخص جدید EDI در مجموع عکس‌العمل مناسبی را نسبت به خشک‌سالی‌ها داشت و پیوستگی منطقی بین نتایج آن قابل مشاهده بود(۶). سرحدی و همکاران (۴) به منظور برآورد گستره تحت تأثیر خشک‌سالی در استان اصفهان، بارندگی سالانه ۱۲ ایستگاه مهم استان اصفهان شامل مراکز شهرستان‌ها در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۷۳ را مورد استفاده قرار دادند. در آغاز با بهره‌گیری از آزمون روند و همگنی، مشخص شد ایستگاه اصفهان دارای روند معنی‌داری است. سپس وضعیت خشک‌سالی در هر سال با بهره‌گیری از چهار شاخص PNPI، DPI، RAI و SPI محاسبه شد. نتایج این بررسی نشان داد بر پایه چهار شاخص فوق، خشک‌سالی در مقیاس منطقه‌ای به طور میانگین به ترتیب ۳۱، ۳۷، ۲۳ و ۵۲ درصد منطقه را فرا می‌گیرد. این بررسی هم‌چنین نشان داد که از بین شاخص‌های مختلف، تنها شاخص DPI که وضعیت خشک‌سالی را نشان می‌دهند با طول جغرافیایی رابطه دارد. به عبارت دیگر خشک‌سالی با افزایش طول جغرافیایی و حرکت به سمت شرق استان با تناوب و شدت بیشتر رخ می‌دهد. در حالی که شاخص‌های دیگر چنین رابطه‌ای را نشان نمی‌دهند. هم‌چنین با توجه به شاخص SPI به عنوان مهم‌ترین شاخص، در دوره آماری ۳۰ ساله به طور میانگین همواره نیمی از استان اصفهان در معرض خشک‌سالی قرار داشته است. این موضوع اهمیت ایجاد یک نظام پایش و مدیریت منطقه‌ای را به منظور کاهش آثار خشک‌سالی نمایان می‌سازد(۴). گات من در سال (۱۹۹۸) مقایسه‌ای بین شاخص SPI و PDSI انجام داد و در این مقایسه

Archive of SID
www.SID.ir

از آنالیزهای طیفی استفاده کرد.نتایج نشان داد که خصوصیات طیفی پالمر در سراسر آمریکا از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر تغییر می‌یابد، ولی در مورد بارش استاندارد این چنین نیست و این شاخص یک روش ساده و با تغییر آسان است(۱۱). اسمیت اظهار نمود که روش دهک‌ها از نظر محاسبه نسبتاً ساده بوده و به داده‌ها و فرضیات کمتری نسبت به شاخص شدت خشک‌سالی پالمر نیاز دارد(۱۶). هانگ و هایز (۱۳) شاخص‌های SPI، China-z Index(CZI) و statistical Z-Score را در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برای چهار ایالت در کشور چین از ژانویه ۱۹۵۱ الی دسامبر ۱۹۹۸ برای نشان دادن اقالیم خشک، مرطوب و وقایع سیل و زلزله بررسی کردند. در این مطالعه محاسن و معایب کاربرد هر شاخص مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌های CZI و Z-Score می‌توانند نتایج مشابه با SPI را برای همه مقیاس‌های زمانی داشته باشند. محاسبات CZI و Z-Score در مقایسه با SPI راحت‌تر است و شاید شاخص‌های بهتری جهت پایش اقالیم مرطوب باشند(۱۳). آرون و همکاران (۷) در کارولینای شمالی آمریکا نشان دادند که شاخص‌های خشک‌سالی قادرند برای تخمین رطوبت خاک توسعه یابند. آنها پیشنهاد کردند که از بین این شاخص‌ها، شاخص بارش استاندارد نمایش بهتری از تغییرات کوتاه مدت و رطوبت خاک ارائه می‌دهد و نیز برای برآورد رطوبت خاک، بسیار خوب ظاهر می‌شود(۷).

هدف از این تحقیق تحلیل گستره خشک‌سالی در ایستگاه سینوپتیک یزد و ۳۱ ایستگاه غیر سینوپتیک در سطح استان بر اساس پنج شاخص مهم خشک‌سالی درصد از نرمال بارندگی، ناهنجاری بارندگی، دهک‌های بارندگی، شاخص بالم و مولی و بارش استاندارد شده، است. بدین منظور بر اساس مقادیر به دست آمده از محاسبه هر یک از شاخص‌های مورد نظر، طبق جداول مربوط به طبقات مختلف خشک‌سالی هر یک از شاخص‌ها اقدام به تعیین وضعیت خشک‌سالی هر یک از ایستگاه‌ها در مقیاس‌های مورد نظر در طول دوره آماری موجود شد و بر این اساس ۵ شاخص مورد نظر با یکدیگر مقایسه گردید و جهت برآورد خشک‌سالی درصد تفاوت و تشابه هر کدام از شاخص‌ها با ۴ شاخص دیگر مورد محاسبه و بررسی قرار گرفت، و در پایان درصد وضعیت های مختلف خشک‌سالی بر اساس هر شاخص در مقیاس سالانه در ۳۳ ایستگاه تحت مطالعه تعیین شد. چنان که، بیشترین درصد تشابه بین دو شاخص RAI و DPI وجود دارد و از بین ۵ شاخص مورد بررسی (نسبت به سه شاخص خشک‌سالی PNPI، SPI وBMDI) این دو شاخص بیشتربن کارآیی را جهت پایش خشک‌سالی هواشناسی دارا هستند و هر دو شاخص جهت پایش خشک‌سالی استاتیک استفاده می‌شوند. ولی نظر به این‌که شاخص‌های استاتیک در مقیاس ماهانه و در ایستگاه‌های مناطق خشک جهت پایش خشک‌سالی با مشکل محاسبه مواجه می‌شوند توصیه می‌شود که از شاخص‌های دینامیک SPI و BMDI که درصد تشابه قابل قبولی نیز با یکدیگر دارند، استفاده شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

استان یزد با مساحت ۷۳۲۴۰ کیلومتر مربع بین ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی در مرکز ایران قرار دارد. میزان نزولات جوی در سطح استان یزد به طور متوسط ۸۰-۶۰ میلی‌متر است. رطوبت نسبی سالانه استان به طور متوسط حدود ۲۵ تا ۳۰٪ می‌باشد که حداکثر آن در زمستان (در دی ماه حدود ۵۶ تا۷۰٪) و حداقل در تیر ماه (حدود۱۰تا۱۲٪) می‌باشد. بنابراین میزان رطوبت نسبی سالیانه می‌تواند بین ۱۰ تا۷۰٪ نوسان کند. در حالی‌که اختلاف رطوبت نسبی سالانه در نقاط مختلف استان بر خلاف نزولات جوی چندان قابل ملاحظه نیست. میزان تبخیر سالیانه در استان یزد بسیار بالا بوده چنان‌که به طور متوسط به ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ میلی‌متر می‌رسد که این رقم بسیار بالاتر از میزان نزولات جوی است.

Archive of SID

www.SID.ir

بازسازی نواقص آماری

نواقص آماری از جمله مشکلاتی است که در بسیاری از موارد در بین داده‌های ایستگاه‌های مختلف مشاهده می‌شود. در این تحقیق از ۱۰ ایستگاه هواشناسی شامل ایستگاه‌های ابرکوه، اشکذر، مزرعه نو عقدا، حاجی آباد زرین، قطروم، دهشیر، خرو، کذاب، یزد و هم‌چنین ۲۲ ایستگاه شرکت آب منطقه‌ای استان شامل ایستگاه‌های بهاباد، حلوان، ده بالا، دیهوک، مروست، محمدآباد، نیر، هرات، یعقوبیه، بندپایین، تنگ چنار، خودسفلی، دامک علی آباد، دره زرشک، شمس آبادعقدا، طزرجان، طزنج، طبس، علیقلی بردستان، فیض آباد، فخرآباد، سردرب نیاز طبس، استفاده شده است. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. بازسازی نواقص آماری با استفاده از روش هم‌بستگی بین ایستگاه‌ها انجام شد. به این ترتیب ابتدا ماتریس هم‌بستگی بین ۱۰ ایستگاه هواشناسی و هم‌چنین برخی ایستگاه‌های شرکت آب منطقه‌ای که دارای نواقص آماری هستند، تشکیل شد و سپس معنی‌دار بودن نتایج در سطح اعتماد ۱٪ و ۵٪ آزمایش گردید.

موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در این تحقیق در شکل۱ دیده می‌شود.

شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی

به منظور بررسی خشک‌سالی از یکسری شاخص‌ها برای تعین وضعیت این پدیده در منطقه استفاده می‌شود . این شاخص‌ها ترکیبی از پارامترهای متعددی هستند که بر ویژگی‌های مهم خشک‌سالی شامل فراوانی، دوره تداوم، شدت و گستره تأثیر می‌گذارند. از نمونه شاخص‌های که در روش تحلیل داده‌های بارندگی استفاده می‌شود و در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت عبارت‌اند از:

۱- شاخص درصد از نرمال بارندگی(PNPI)

درصد از نرمال بارندگی یکی از ساده‌ترین سنجه‌های خشک‌سالی در یک مکان است. تجزیه و تحلیل‌های درصد از نرمال بارندگی به هنگام استفاده از آنها برای بررسی خشک‌سالی یا ترسالی در یک مکان یا فصل معین بسیار مؤثر است(۱۷). این شاخص از تقسیم بارندگی واقعی بر بارندگی نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ به دست می‌آید:

$$\%PN = \frac{P_i}{\overline{P}} \times ۱۰۰ \qquad [۱]$$

این شاخص در صورتی کاربرد دارد که میانگین بارندگی بر میانه منطبق بوده یا توزیع بارندگی نرمال باشد(۱). استفاده از این شاخص ساده بوده و قابلیت انعطاف‌پذیری زیادی جهت سایر محاسبات دارد و نیز نتایج حاصل از این شاخص، انحراف نسبت به میانگین را به خوبی و به سادگی نشان می‌دهند که اینها از مزایای شاخص PNPI هستند.

۲- شاخص دهک‌های بارندگی(DPI)

این شاخص برای اولین بار توسط گیبس و ماهر در سال ۱۹۶۷ به منظور برطرف کردن نقاط ضعف روش درصد از نرمال بارندگی و بررسی خشک‌سالی های تاریخی در استرالیا استفاده شد(۱۰).

در این روش، وقایع ثبت شده درازمدت را به صورت یک دهم، یک دهم تقسیم‌بندی می‌کنند که هر یک دهک یا Deciles نامیده می‌شود. دهک اول، اندازه بارشی است که از ۱۰ درصد کوچک‌ترین رویدادهای بارش تجاوز نمی‌کند. دومین دهک اندازه بارشی است که از ۲۰ درصد کوچک‌ترین‌ها تجاوز نکند و دهک‌ها به همین صورت ادامه می‌یابند. دهک پنجم، میانه می‌باشد یعنی مقدار بارشی که از ۵۰ درصد داده‌های بارندگی تجاوز نکند و درحد نرمال است.

۳- شاخص ناهنجاری بارندگی(RAI)

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط وان روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شد که اساس آن انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد(۱۵).

و فرمول این شاخص بدین صورت است:

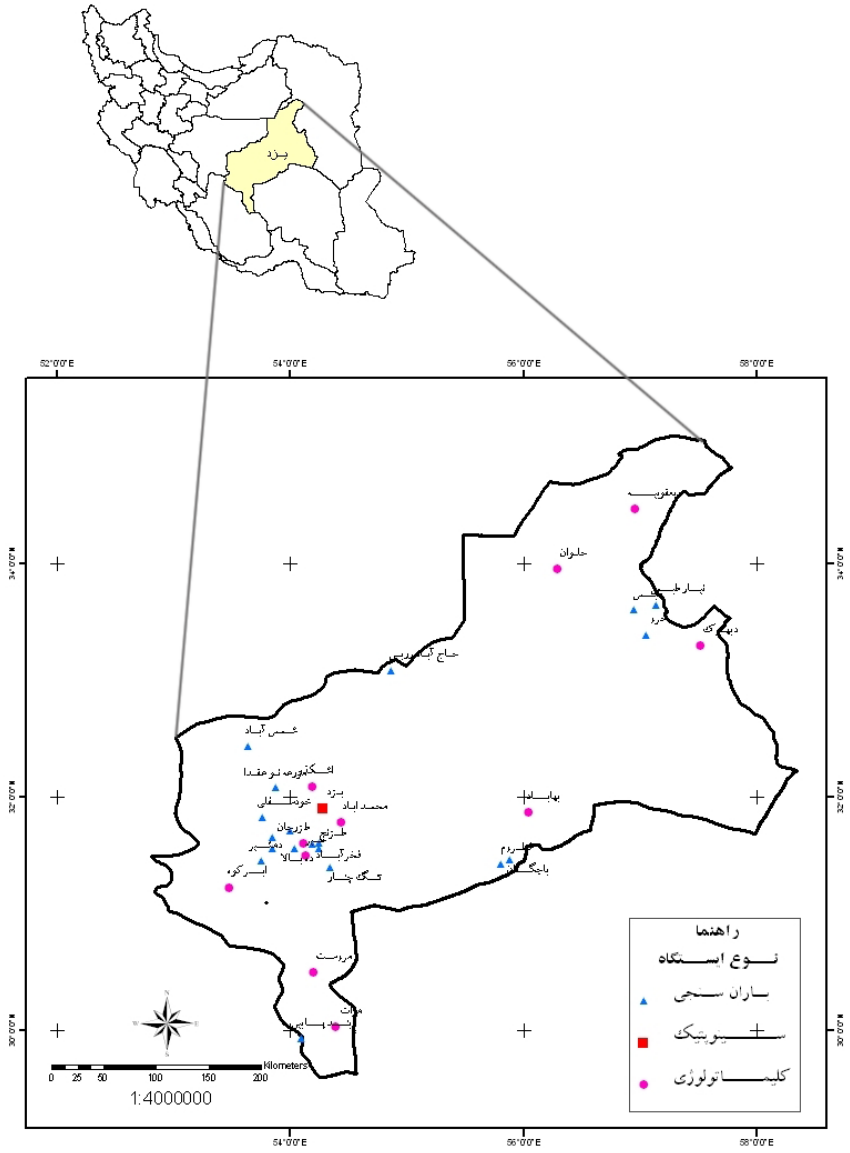
www.SID.ir

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه(استان یزد)

نام ایستگاه	نوع	ارتفاع(متر)	سال تأسیس	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
یزد	سینوپتیک	۱۲۳۰	۱۹۶۱	۵۴° ۱۷' ۰۰"	۳۱° ۵۳' ۵۶"
ابرکوه	باران سنجی	۱۵۰۰	۱۹۶۳	۵۳° ۲۸'	۳۱° ۱۳'
اشکذر	اقلیم شناسی	۱۱۴۰	۱۹۷۳	۵۴° ۱۰' ۵۳"	۳۲° ۰۳' ۲۸"
باجگان	باران سنجی	۲۰۶۰	۱۹۶۵	۵۵° ۵۲' ۵۳"	۳۱° ۲۷' ۳۹"
حاجی آباد	باران سنجی	۱۳۳۸	۱۹۶۶	۵۴° ۵۱' ۵۱"	۳۳° ۰۵' ۰۶"
خرو	باران سنجی	۱۳۴۵	۱۹۷۵	۵۷° ۰۵'	۳۹° ۳۳'
دهشیر	باران سنجی	۱۸۵۰	۱۹۶۸	۵۳° ۴۴' ۴۹"	۳۱° ۲۷' ۲۳"
قطروم	باران سنجی	۱۵۴۰	۱۹۶۵	۵۵° ۴۸' ۰۸"	۳۱° ۲۵' ۴۱"
کذاب	باران سنجی	۱۹۲۰	۱۹۸۶	۵۳° ۵۲' ۱۱"	۳۱° ۵۲' ۰۳"
مزرعه نو عقدا	باران سنجی	۱۳۵۰	۱۹۷۱	۵۳° ۵۲' ۲۴"	۳۲° ۰۴' ۴۹"
بهاباد	کلیماتولوژی	۱۴۵۶	۱۳۶۷	۵۶° ۰۲' ۳۲"	۳۱° ۵۱' ۲۵"
بند پایین	باران سنجی	۱۹۵۷	۱۳۵۹	۵۴° ۰۵' ۲۱"	۲۹° ۵۵' ۴۲"
داماک	کلیماتولوژی	۲۲۹۵	۱۳۶۸	۵۳° ۵۰' ۱۸"	۳۱° ۳۹' ۱۳"
دره زرشک	کلیماتولوژی	۲۳۸۸	۱۳۶۸	۵۳° ۵۰' ۴"	۳۱° ۳۳' ۴۸"
ده بالا	باران سنجی	۲۶۰۶	۱۳۶۷	۵۴° ۰۶' ۴۰"	۳۱° ۳۵' ۳۸"
دیهوک	کلیماتولوژی	۱۳۳۸	۱۳۵۴	۵۷° ۳۱' ۱۷"	۳۳° ۱۷' ۳۴"
علیقلی بردستان	کلیماتولوژی	۲۶۶۷	۱۳۶۸	۵۴° ۰۲' ۰۴"	۳۱° ۳۳' ۴۰"
فخر آباد	کلیماتولوژی	۱۷۸۳	۱۳۵۷	۵۴° ۱۴' ۴۸"	۳۱° ۳۶' ۲۸"
حلوان	کلیماتولوژی	۸۰۰	۱۳۶۱	۵۶° ۱۷' ۳۱"	۳۳° ۵۷' ۱۸"
خودسفلی	باران سنجی	۲۴۹۸	۱۳۶۸	۵۳° ۴۵' ۳۱"	۳۱° ۴۹' ۳۸"
سردرب نیاز ظبس	باران سنجی	۱۲۸۱	۱۳۵۹	۵۷° ۰۸' ۳۴"	۳۳° ۳۸' ۵۵"
شمس آباد عقدا	باران سنجی	۱۱۴۷	۱۳۶۶	۵۳° ۳۸' ۱۱"	۳۲° ۲۶' ۲۴"
فیض آباد	کلیماتولوژی	۱۹۵۳	۱۳۶۸	۵۳° ۵۹' ۲۵"	۳۱° ۴۲' ۵۱"
محمد آباد	کلیماتولوژی	۱۲۷۳	۱۳۵۰	۵۴° ۲۵' ۵۶"	۳۱° ۴۶' ۵۲"
مروست	کلیماتولوژی	۱۵۴۶	۱۳۶۷	۵۴° ۱۱' ۴۴"	۳۰° ۲۹' ۳۱"
نیر	باران سنجی	۲۴۵۱	۱۳۶۴	۵۴° ۰۷' ۴۳"	۳۱° ۲۹' ۲۷"
هرات	کلیماتولوژی	۱۶۰۷	۱۳۶۸	۵۴° ۲۲' ۵۴"	۳۰° ۰۱' ۴۸"
تنگ چنار	باران سنجی	۲۱۸۲	۱۳۶۸	۵۴° ۲۰' ۲۵"	۳۱° ۲۳' ۵۱"
طبس	باران سنجی	۷۳۵	۱۳۶۸	۵۶° ۵۶' ۴۶"	۳۳° ۳۶' ۲۰"
طزرجان	باران سنجی	۲۱۱۰	۱۳۶۸	۵۴° ۱۰' ۵۷"	۳۱° ۳۶' ۰۷"
طزنج	کلیماتولوژی	۱۶۹۰	۱۳۶۸	۵۴° ۱۴' ۴۱"	۳۱° ۳۳' ۲۹"
یعقوبیه	کلیماتولوژی	۷۴۸	۱۳۶۳	۵۶° ۵۷' ۱۴"	۳۴° ۲۷' ۵۸"

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشه موقعیت ایستگاه‌های منتخب در این تحقیق

$$RAI = \pm 3\frac{P-\overline{P}}{\overline{E}-P} \qquad [۲]$$

P: بارندگی واقعی، $\overline{P}$:بارش میانگین، $\overline{E}$:میانگین ۱۰ مورد از شدیدترین ناهنجاری های مثبت و منفی به دست آمده از شاخص ناهنجاری بارش.

برای ناهنجاری مثبت، پیشوند مثبت است و $\overline{E}$ متوسط ۱۰ مورد بیشترین مقادیر بارش می باشد. برای ناهنجاری منفی پیشوند منفی بوده و ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارش محاسبه نشده است.

و نهایتاً با مقیاس‌گذاری روی مقادیر حاصل از شاخص ناهنجاری بارندگی ۹ طبقه بندی ناهنجاری با گستره‌ای از شرایط تر بسیار شدید تا خشک‌سالی بسیار شدید تعیین می‌شود (۱۲).

۴- شاخص خشک‌سالی بالم و مولی(BMDI)

تعیین درصد انحراف داده‌های بارندگی از نرمال اساس محاسبه این شاخص را تشکیل می‌دهد. مقیاس زمانی محاسبه این

www.SID.ir

جدول۲. مقادیر ماهانه وسالانه شاخص درصد از نرمال بارندگی در ایستگاه قطروم طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۴۶

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
۴۶	۱۴۶/۷	۷۶/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۹۵/۰	۱۴۷/۴	۵۰/۶	۱۰/۲	۷۲/۱	۷۶/۸	۷۳/۲
۴۷	۱۸۷/۲	۳۳۶/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷۹/۱	۲۰۴/۲	۸۶/۴	۱۳۹/۱	۱۷/۰	۲۶/۹	۱۰۷/۳
۴۸	۷۰/۹	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۰۴/۶	۰/۰	۴۰/۹	۵۸/۱	۲۹/۵	۴۰/۱
۴۹	۲۱/۱	۲۸/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۱۰/۷	۰/۰	۰/۰	۴۶/۰	۸۴/۸	۲۸/۲	۳۶/۶
۵۰	۲۸۱/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۶۴/۴	۸۵/۹	۵۹/۷	۱۳۱/۱	۱۱۴/۸	۱۱۳/۸
۵۱	۶۸/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۳۴/۴	۵۷/۷	۱۱۴/۵	۱۲۰/۴	۷۰/۲
۵۲	۹۳/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۰/۶	۱۰۶/۴	۶۷/۴	۲۵/۲	۵۳/۲
۵۳	۶۸/۴	۴۳/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۰۳/۱	۲۳/۵	۵۳/۰	۱۰۲/۴	۵۷/۷
۵۴	۲۰۵/۸	۳۷۴/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۹/۹	۶۶/۸	۵۴/۶	۲۹۹/۰	۲۳۴/۸	۱۵۹/۲	
۵۵	۹۶/۴	۱۰۰/۸	۰/۰	۶۶۶/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۶۸/۷	۱۱۹/۰	۰/۰	۲۱/۳	۵۸/۵	
۵۶	۲۵۸/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۶۴/۴	۱۴۷/۳	۲۵۹/۲	۲۶۳/۰	۳۸/۴	۱۷۳/۱
۵۷	۲۲۷/۰	۳۸/۹	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۳۹/۵	۴۹/۱	۱۸۴/۲	۸۰/۶	۵۵/۵	۱۰۹/۹
۵۸	۱۸/۷	۶۶۲/۱	۵۷۱/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۹۱/۵	۱۱۹/۴	۶۳/۶	۱۱۵/۲	۱۲۳/۷
۵۹	۵۶/۰	۲۸/۸	۰/۰	۰/۰	۳۶۳/۶	۰/۰	۰/۰	۲۷۹/۰	۹۳/۳	۴۴/۳	۱۰۳/۵	۰/۰	۷۲/۵
۶۰	۱۸/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۴۹/۴	۶۳/۸	۱۳۳/۰	۱۰۶/۰	۱۷/۱	۷۲/۹
۶۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۳۳۹۳/۹	۴۰۰۰/۰	۳۱۶/۲	۳۱۸/۸	۱۴/۷	۱۴۳/۲	۲۱۶/۳	۰/۰	۱۳۷/۰
۶۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۵۵۳/۴	۲۸۲/۹	۱۴۸/۸	۱۰۰/۳	۱۲۸/۵	۶۴/۰	۱۱۳/۷
۶۳	۳۷/۳	۵۷/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۹/۹	۱۲۷/۷	۱۵۰/۱	۸/۵	۱۱۹/۵	۸۳/۲
۶۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۰/۰	۱۱۷/۸	۱۰/۲	۲۱۶/۳	۲۹۰/۳	۱۰۸/۲
۶۵	۱۲۴/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷۵۷/۲	۴۷۶/۳	۱۰/۲	۳۳/۹	۹۸/۲	۱۶۷/۲
۶۶	۰/۰	۱۲۹/۵	۰/۰	۲۰۰۰/۰	۰/۰	۰/۰	۳۱۶/۲	۰/۰	۰/۰	۱۳۹/۸	۱۶۱/۲	۲۳۴/۸	۱۲۰/۸
۶۷	۶۲/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷۲۷/۳	۱۹/۹	۱۴/۷	۹	۳۸/۲	۱۱۵/۲	۶۳/۰
۶۸	۱۰۵/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۳۹/۵	۲۴/۶	۲۴۹/۰	۱۴۸/۵	۰/۰	۱۰۶/۰
۶۹	۱۸/۷	۲۸/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۰/۰	۲۰۶/۲	۱۹۱/۰	۱۴۴/۲	۲۸۱/۷	۱۵۰/۲
۷۰	۱۴۹/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۱۰/۸	۱۹/۹	۲۰۶/۲	۱۵۶/۹	۰/۰	۱۴۵/۱	۱۱۴/۹
۷۱	۳۴۸/۲	۱۰۶۵/۱	۵۷۱/۴	۰/۰	۱۲۱/۲	۰/۰	۷۲۷/۳	۰/۰	۴۳۷/۰	۳۲۷/۴	۴۴۱/۱	۲۸۱/۷	۳۸۰/۴
۷۲	۲۴/۹	۱۴/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۴۰/۹	۲۱/۲	۷۶/۸	۲۹/۵
۷۳	۲۴/۹	۲۱۵/۹	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۵۸/۱	۲۸۱/۹	۶۸/۷	۵۱/۲	۱۵۶/۹	۱۲۳/۸	۱۰۹/۲
۷۴	۲۹۸/۵	۱۸۷/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۴۴۸/۰	۰/۰	۱۵۷/۱	۱۰۹/۱	۱۳۷/۰	۱۴۳/۰	۱۵۳/۰
۷۵	۱۲۴/۴	۱۰۰/۸	۲۸۵۷/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۴/۶	۴۴/۳	۱۲/۷	۲۵/۶	۵۰/۸
۷۶	۱۶۱/۷	۲۵۹/۱	۰/۰	۱۳۳۳/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۹۹/۶	۱۷۱/۹	۲۳/۹	۱۱۸/۸	۱۲۳/۸	۱۱۷/۱
۷۷	۱۸/۷	۱۴۳/۹	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۹۵/۵	۱۴۸/۵	۴۶۵/۳	۱۳۶/۲
۷۸	۳۱/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۶۶/۵	۵۹/۴	۴/۳	۲۹/۱
۷۹	۱۸/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۵۸/۱	۷۴/۷	۹۳/۳	۳۴/۱	۵۹/۴	۹۳/۹	۶۰/۰
۸۰	۱۵۸/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۴/۹	۲۷۳/۰	۱۱۲/۵	۱۷//۰	۰/۰	۸۸/۱
۸۱	۱۹۵/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۴۹۸/۱	۰/۰	۱۰۲/۳	۸۹/۱	۴۲/۷	۱۰۴/۹
۸۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۲۱/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۹۸/۲	۱۶۳/۷	۴۴/۵	۸/۵	۶۰/۰
۸۳	۱۵۵/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۹/۹	۱۲۲/۸	۱۳۹/۸	۱۷/۰	۹۸/۲	۸۸/۴
۸۴	۰/۰	۵۷/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۹۸/۹	۲۹/۷	۱۱۷/۸	۴۹/۸
۸۵	۱۲۴/۴	۵۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۴۹/۸	۱۵۴/۷	۰/۰	۳۸/۲	۳۹/۳	۵۷/۶	

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص ماهانه وسالانه می‌باشد. شیوه مطالعه بالم ومولی در ارایه شاخص مشابه روش پالمر (۱۹۶۵) است. این شاخص همانند شاخص پالمر به صورت بازگشتی عمل می‌نماید. یعنی در محاسبه شدت خشک‌سالی یک ماه معین ضریبی از شدت خشک‌سالی ماه قبل نیز مداخله می‌نماید(۸). مراحل محاسبه شاخص خشک‌سالی بالم ومولی به صورت زیر است :

محاسبه میانگین درازمدت ($\bar{x}$) وانحراف استاندارد (S) داده‌های ماهانه بارندگی طی دوره ارزیابی در ایستگاه‌های مورد نظر.

محاسبه شاخص رطوبت (MI)ماهانه، یعنی درصد انحراف بارندگی ماهانه از میانگین دراز مدت، از رابطه زیر:

$$MI = (x - \bar{x}) \times ۱۰۰ / S \qquad [۳]$$

تعیین کمترین مقادیر شاخص رطوبت ماهانه در دوره مورد بررسی ومحاسبه مقادیر تجمعی آنها.

برازش خط رگرسیون بر کمترین مقادیر شاخص رطوبت تجمعی ماهانه با استفاده از اصل کمترین مربعات، که معادله کلی آن به صورت زیر است:

$$\sum_{t=۱}^{k} MI_t = a + bk \qquad [۴]$$

که در این معادله MI_t : شاخص رطوبت تجمعی در ماه‌tام، K: تعداد ماه‌ها و a , b ثابت‌های معادله هستند.

نهایتاً، شکل کلی شاخص خشک‌سالی بالم و مولی برای هر ماه به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$I_k = (M_k / d) + (۱ + c) I_{k-۱} \qquad [۵]$$

و برای کل دوره ارزیابی (K) ، BMDI از رابطه زیرتعیین می‌شود:

$$BMDI = \frac{\sum_{K-۱}^{K} I_K}{K} \qquad [۶]$$

۵- شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ از مرکز اقلیمی کلرادو و مرکز ملی کاهش خشک‌سالی ایالات متحده آمریکا به منظور تعریف و پایش وضعیت فعلی خشک‌سالی، از شاخص بارش استاندارد استفاده کردند(۱۴). تغییرپذیری SPI باعث می‌شود که در مقیاس‌های کوتاه مدت برای اهداف کشاورزی و در مقیاس‌های بلندمدت برای اهداف هیدرولوژی مثل منابع آب زیرزمینی، جریان‌های رودخانه‌ای، سطح دریاچه‌ها و منابع سطحی استفاده شود(۹).

تام (۱۹۶۶) دریافت که توزیع گاما برای سری‌های زمانی بارش‌های کلیماتولوژی بهترین برازش را داشته است به همین جهت مک کی و همکارن شاخص SPI را بر مبنای توزیع گاما قرار دادند. تام (۱۹۶۶) از جدول تابع گامای ناقص برای تعیین احتمالات تجمعی G(X) استفاده نمود. پس از محاسبه تابع تجمعی کل، H(x)، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z (یا SPI) با میانگین صفر و واریانس ۱ صورت می‌گیرد.

مک کی و همکاران یک روش آنالیزی را به همراه کد نرم‌افزاری برای برآورد احتمال تجمعی به کار بردند سپس احتمال تجمعی H(X) به متغیر تصادفی استاندارد نرمال Z با میانگین صفر و واریانس یک تبدیل می‌شود، که این متغیر هم همان مقادیر SPI می‌باشد که یک تبدیل با احتمال یکسان است (۱۴).

نتایج

۱- شاخص درصد از نرمال بارندگی

در ایستگاه‌های مناطق مرطوب(مانند بندر انزلی) امکان استفاده از این سنجه برای مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی وجود دارد ولی در ایستگاه‌های مناطق خشک (مانند قطروم) در ماه‌های کم باران سال به دلیل تشابه اعداد محاسبه شده توسط این سنجه، امکان مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی وجود ندارد. به عنوان نمونه، مقادیر درصد از نرمال بارندگی ایستگاه قطروم را مورد توجه قرار می‌دهیم (جدول ۲). کثرت مقادیر بارندگی صفر در طی دوره آماری موردنظر که نشان‌دهنده عدم وقوع بارندگی در بعضی ماه‌های سال‌های مورد نظر است، سبب شباهت سال‌های آماری

www.SID.ir

از نظر شدت خشک‌سالی شده است. چنین وضعیتی در مقیاس سالانه در هیچ یک از ایستگاه‌های تحت بررسی مشاهده نمی‌شود.

۲- شاخص دهک‌های بارندگی

با توجه به این‌که شاخص دهک‌های بارندگی کمیت خاصی را برای تعیین شدت خشک‌سالی محاسبه نمی کند و صرفاً به دسته‌بندی داده‌های بارندگی می‌پردازد، تعیین بیشینه شدت خشک‌سالی حادث شده در منطقه امکان‌پذیر نیست. بنابراین، از روی فراوانی ماه‌هایی که یک سال معین در هر دهک قرار گرفته است، می‌توان سال یا سال‌هایی که خشک‌سالی بسیار شدیدی را تجربه نموده‌اند، تعیین نمود. به عنوان مثال، سال‌های ۱۳۴۱و۱۳۴۳سال‌هایی هستند که نه ماه از سال خشک‌سالی بسیار شدیدی در ایستگاه یزد اتفاق افتاده است.

جدول ۳ طبقه‌بندی سال‌های آماری را از نظر قرار گرفتن در یک فاصله دهکی در هر یک از ماه‌های سال در ایستگاه یزد نشان می‌دهد.

با توجه به این‌که عملاً هیچ مقدار بارندگی در ایستگاه یزد طی دوره آماری موجود در ماه شهریور اتفاق نیافتاده است شاخص دهک‌های بارندگی قادر به تفکیک سال‌های مختلف از نظر شدت خشک‌سالی نیست و احتمال عدم وقوع بارندگی در این ماه را ۱۰۰٪ اعلام می‌نماید.

۳- شاخص ناهنجاری بارندگی

این شاخص قابلیت مقایسه مناطق مختلف را از نظر شدت خشک‌سالی(بویژه در ماه‌های پرباران) داراست. متفاوت بودن حدوث بیشینه شدت خشک‌سالی و ترسالی و توالی مقادیر RAI در ایستگاه‌های مورد مطالعه گواه خوبی بر این مدعاست. در ایستگاه‌های مناطق خشک (مانند یزد) به دلیل عدم وقوع بارندگی در تعداد زیادی از سال‌های یک دوره آماری، امکان مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی در یک ماه معین(به خصوص ماه‌های کم باران سال) وجود ندارد.

۴- شاخص خشک‌سالی بالم و مولی

در ایستگاه‌های مناطق خشک به علت وجود یک فصل کم باران، محاسبات شاخص در مقیاس ماهانه در اکثر سال‌ها به اعداد یکسانی از نظر شدت خشک‌سالی منتج می‌شود که تصمیم‌گیری از نظر شدت خشک‌سالی را با مشکل مواجه می‌سازد. چنان‌که این وضعیت در ایستگاه یزد در طی دوره ارزیابی ۱۲ ماهه در طی ماه‌های تیر تا مهر به خوبی آشکار است (جدول ۴) .البته در بعد سالانه هیچ‌گونه مشکلی از نظر محاسبه BMDI در دوره ارزیابی مورد نظر وجود ندارد.

۵- شاخص بارش استاندارد شده

شاخص SPI بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و مقیاس دارد و برای مقیاس‌های زمانی مختلف بلند مدت و کوتاه مدت قابل محاسبه است. این شاخص برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه از طریق بسته محاسباتی SPI محاسبه شد. نمونه محاسبات SPI در مقیاس‌های زمانی مذکور طی ماه‌های فروردین و شهریور(ماه پایانی چهار مقیاس زمانی)در ایستگاه یزد در جدول ۵ منعکس شده است. بررسی محاسبات SPI نشان می‌دهد که در مقیاس‌های زمانی ۶، ۹ و۱۲ ماهه امکان مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی در ایستگاه‌های مختلف وجود دارد، ولی در مقیاس ۳ ماهه به دلیل افت بارندگی در ماه‌های خشک سال، امکان مقایسه ایستگاه‌ها از نظر شدت خشک‌سالی وجود ندارد و محاسبات SPI با مشکل مواجه می‌شود به طوری‌که، به تمام سال‌های آماری در یک ماه معین مقادیر مثبت واگذار می‌شود. به عنوان نمونه در ایستگاه یزد و در مقیاس ۳ ماهه SPI همواره اعداد مشابه و مثبتی را طی ماه‌های تیر تا شهریور محاسبه می‌نماید. مقادیر موجود در جدول ۵ در مقیاس زمانی ۳ ماهه طی ماه شهریور نشان‌دهنده این مسأله است. بدین سبب، حتی امکان مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی در یک ایستگاه معین نیز وجود نخواهد داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳. طبقه‌بندی سال‌های آماری که بارندگی ماهانه آنها در دهک‌های مختلفی قرار گرفته است(ایستگاه یزد)

دهک‌ها	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱	۱۳۴۴	۱۳۴۱	۱۳۴۱	۱۳۴۱	۱۳۴۱	–	۱۳۴۱	۱۳۴۱	۱۳۴۶	۱۳۴۱	۱۳۴۱	۱۳۴۵
	۱۳۵۲	۱۳۴۳	۱۳۴۲	۱۳۴۲	۱۳۴۲		۱۳۴۳	۱۳۴۳	۱۳۴۸	۱۳۴۲	۱۳۵۵	۱۳۵۹
	۱۳۷۲	۱۳۴۸	۱۳۴۳	۱۳۴۳	۱۳۴۳		۱۳۴۷	۱۳۴۴	۱۳۶۶	۱۳۴۴	۱۳۷۰	۱۳۶۰
		۱۳۵۰	۱۳۴۴	۱۳۴۴	۱۳۴۴		۱۳۴۸	۱۳۴۵	۱۳۶۷	۱۳۴۹	۱۳۸۳	۱۳۸۴
۲	۱۳۴۵	۱۳۵۸	۱۳۴۶	۱۳۴۶	۱۳۴۵	–	۱۳۴۹	۱۳۴۹	۱۳۷۲	۱۳۴۶	۱۳۶۱	۱۳۵۵
	۱۳۶۳	۱۳۶۱	۱۳۴۷	۱۳۴۷	۱۳۴۶		۱۳۵۰	۱۳۵۱	۱۳۷۸	۱۳۶۵	۱۳۶۹	۱۳۷۸
	۱۳۶۶	۱۳۶۴	۱۳۴۸	۱۳۴۸	۱۳۴۷		۱۳۵۱	۱۳۵۲		۱۳۷۵	۱۳۷۳	۱۳۸۱
	۱۳۷۰	۱۳۶۷	۱۳۴۹	۱۳۴۹	۱۳۴۸		۱۳۵۲	۱۳۵۳		۱۳۷۸	۱۳۸۰	۱۳۸۳
۳	۱۳۴۳	۱۳۸۵	۱۳۵۱	۱۳۵۱	۱۳۴۹	–	۱۳۵۳	۱۳۵۸	۱۳۷۷	۱۳۵۱	۱۳۵۳	۱۳۴۲
	۱۳۶۴		۱۳۵۲	۱۳۵۲	۱۳۵۰		۱۳۵۴	۱۳۵۹	۱۳۷۹	۱۳۶۴	۱۳۶۷	۱۳۴۳
			۱۳۵۳	۱۳۵۳	۱۳۵۱		۱۳۵۸	۱۳۶۲	۱۳۸۱	۱۳۷۲	۱۳۷۲	۱۳۶۸
			۱۳۵۴	۱۳۵۴	۱۳۵۲		۱۳۶۲	۱۳۶۳		۱۳۷۶	۱۳۸۲	۱۳۸۰
۴	۱۳۴۲	۱۳۵۶	۱۳۵۶	۱۳۵۶	۱۳۵۳	–	۱۳۶۳	۱۳۶۷	۱۳۴۱	۱۳۴۵	۱۳۴۸	۱۳۵۲
	۱۳۴۹	۱۳۶۰	۱۳۵۷	۱۳۵۷	۱۳۵۴		۱۳۶۴	۱۳۷۱	۱۳۴۵	۱۳۵۷	۱۳۵۷	۱۳۵۳
	۱۳۵۷	۱۳۷۰	۱۳۵۸	۱۳۵۸	۱۳۵۵		۱۳۶۵	۱۳۷۴	۱۳۵۲	۱۳۵۹	۱۳۶۳	۱۳۷۶
	۱۳۷۵		۱۳۵۹	۱۳۵۹	۱۳۵۶		۱۳۶۸	۱۳۷۷	۱۳۵۵	۱۳۶۰	۱۳۶۵	
۵	۱۳۶۰	۱۳۴۵	۱۳۶۱	۱۳۶۱	۱۳۵۷	–	۱۳۶۹	۱۳۴۲	۱۳۴۳	۱۳۵۳	۱۳۵۱	۱۳۴۴
	۱۳۶۱	۱۳۶۲	۱۳۶۲	۱۳۶۲	۱۳۵۸		۱۳۷۱	۱۳۶۶	۱۳۴۴	۱۳۶۳	۱۳۷۵	۱۳۵۱
	۱۳۶۹	۱۳۶۸	۱۳۶۳	۱۳۶۳	۱۳۵۹		۱۳۷۲	۱۳۷۲	۱۳۵۱	۱۳۶۷	۱۳۷۸	۱۳۵۷
	۱۳۸۲	۱۳۷۶	۱۳۶۴	۱۳۶۴	۱۳۶۰		۱۳۷۵	۱۳۸۳	۱۳۶۴	۱۳۷۳	۱۳۷۹	۱۳۶۷
۶	۱۳۵۹	۱۳۴۴	۱۳۶۸	۱۳۶۷	۱۳۶۱	–	۱۳۷۶	۱۳۴۸	۱۳۴۷	۱۳۴۷	۱۳۴۷	۱۳۴۶
	۱۳۶۸	۱۳۴۹	۱۳۶۹	۱۳۶۸	۱۳۶۲		۱۳۷۷	۱۳۵۶	۱۳۵۶	۱۳۴۸	۱۳۵۰	۱۳۶۵
	۱۳۷۶	۱۳۵۷	۱۳۷۰	۱۳۶۹	۱۳۶۳		۱۳۷۸	۱۳۶۰	۱۳۵۷	۱۳۵۴	۱۳۵۴	۱۳۶۶
	۱۳۸۰	۱۳۶۳	۱۳۷۱	۱۳۷۰	۱۳۶۴		۱۳۸۰	۱۳۶۴	۱۳۶۰	۱۳۷۰	۱۳۷۴	۱۳۷۰
۷	۱۳۴۸	۱۳۵۱	۱۳۷۳	۱۳۷۲	۱۳۶۶	–	۱۳۴۲	۱۳۷۶	۱۳۴۲	۱۳۵۲	۱۳۵۲	۱۳۴۸
	۱۳۵۳	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۳	۱۳۶۷		۱۳۵۵	۱۳۷۸	۱۳۵۴	۱۳۶۱	۱۳۶۲	۱۳۴۹
	۱۳۶۷	۱۳۸۱	۱۳۷۵	۱۳۷۴	۱۳۶۸		۱۳۶۷	۱۳۸۴	۱۳۷۱	۱۳۶۸	۱۳۷۱	۱۳۵۰
			۱۳۷۷	۱۳۷۵	۱۳۶۹			۱۳۸۵	۱۳۸۲	۱۳۶۹	۱۳۸۱	۱۳۵۸
۸	۱۳۵۴	۱۳۴۶	۱۳۷۹	۱۳۷۷	۱۳۷۰	–	۱۳۴۴	۱۳۴۶	۱۳۶۱	۱۳۶۲	۱۳۴۳	۱۳۴۷
	۱۳۵۸	۱۳۵۳	۱۳۸۱		۱۳۷۱		۱۳۷۴	۱۳۵۴	۱۳۶۳	۱۳۷۴	۱۳۴۵	۱۳۶۳
	۱۳۶۵	۱۳۶۵	۱۳۸۳		۱۳۷۲			۱۳۵۷	۱۳۷۴	۱۳۷۷	۱۳۴۶	۱۳۷۴
	۱۳۷۱	۱۳۶۶	۱۳۸۵		۱۳۷۳			۱۳۷۳	۱۳۷۵	۱۳۸۲	۱۳۴۹	۱۳۷۹
۹	۱۳۴۱	۱۳۵۴	۱۳۴۵	۱۳۵۰	۱۳۷۴	–	۱۳۴۵	۱۳۴۷	۱۳۵۰	۱۳۵۰	۱۳۴۲	۱۳۴۱
	۱۳۵۰	۱۳۵۹	۱۳۵۰	۱۳۵۵	۱۳۷۵		۱۳۵۷	۱۳۵۰	۱۳۵۹	۱۳۵۶	۱۳۵۹	۱۳۵۴
	۱۳۵۱	۱۳۷۱	۱۳۵۵	۱۳۶۰	۱۳۷۶		۱۳۵۹	۱۳۶۵	۱۳۶۲	۱۳۵۸	۱۳۶۴	۱۳۵۶
	۱۳۵۵	۱۳۷۲	۱۳۶۰	۱۳۶۵	۱۳۷۷		۱۳۶۰	۱۳۶۸	۱۳۶۹	۱۳۸۱	۱۳۶۸	۱۳۶۱
۱۰	۱۳۴۶	۱۳۴۲	۱۳۶۵	۱۳۶۶	۱۳۶۵	–	۱۳۴۶	۱۳۵۵	۱۳۵۸	۱۳۴۳	۱۳۴۴	۱۳۶۲
	۱۳۴۷	۱۳۴۷	۱۳۷۶	۱۳۷۸			۱۳۵۶	۱۳۶۱	۱۳۶۵	۱۳۵۵	۱۳۵۶	۱۳۶۴
	۱۳۵۶	۱۳۵۵	۱۳۸۰	۱۳۷۹			۱۳۶۱	۱۳۷۹	۱۳۷۰	۱۳۷۱	۱۳۶۰	۱۳۶۹
	۱۳۶۲	۱۳۷۴	۱۳۸۴	۱۳۸۳			۱۳۷۳	۱۳۸۱	۱۳۸۰	۱۳۸۳	۱۳۶۶	۱۳۷۷

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۴. محاسبات شاخص رطوبت ماهانه مربوط به BMDI در ایستگاه یزد برای دوره ارزیابی ۱۲ ماهه

سال زراعی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۴۱	۱۰۸/۳۲	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۶۴/۱۷	-۱۰۷/۲۲	-۱۱۰/۹۶	۴۸/۶۵
۴۲	-۶۵/۹۹	۳۶۲/۴۳	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۳۴/۲۷	-۵۴/۰۰	۸/۳۲	-۱۰۶/۳۲	۶۱/۲۹	-۶۴/۹۶
۴۳	-۶۹/۸۱	-۵۳/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۴۶/۰۵	۲۶۸/۵۹	۱۹/۰۴	-۷۱/۶۴
۴۴	-۹۵/۲۶	-۳۷/۷۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۲۴/۷۹	-۵۷/۹۹	-۵۵/۱۱	-۱۰۷/۲۲	۲۴۰/۰۴	-۴۴/۲۴
۴۵	-۸۱/۲۶	-۴۳/۴۸	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۸/۹۹	-۵۷/۹۹	-۶۴/۱۷	-۷۸/۳۱	۲۵/۵۴	-۸۵/۰۱
۴۶	۲۰۲/۴۷	-۱۰/۶۱	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	۲۱۲/۲۰	۳/۸۱	-۸۲/۲۹	-۸۹/۱۶	۲۱/۲۱	-۳۴/۲۲
۴۷	۲۳۵/۵۵	۳۱۶/۷۰	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۱۴۵/۳۵	-۲۷/۰۲	۱۵/۶۴	-۱/۵۴	۷/۲۲
۴۸	۲۶/۸۹	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۴۸/۰۲	-۸۲/۲۹	-۱۶/۸۸	-۴۵/۹۶	۳/۲۱
۴۹	-۵۷/۰۹	-۳۷/۷۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۷۷/۷۶	-۱۰۳/۶۱	۱۹/۰۴	-۴/۸۱
۵۰	۱۲۱/۰۴	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۸۱/۵۶	۶۵/۴۰	۱۲۷/۶۶	-۱۳/۴۶	-۰/۱۳
۵۱	۹۰/۵۱	-۲۹/۱۹	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۲۷/۹۳	-۸۰/۱۲	-۲۴/۲۹	-۴۴/۲۴
۵۲	-۹۲/۷۱	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۶۴/۱۷	۴۷/۲۶	۷/۱۳	-۴۶/۹۲
۵۳	۱۱/۶۲	۵/۱۱	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۷۷/۷۶	-۳۳/۱۴	-۶۷/۶۲	-۴۴/۹۱
۵۴	۲۹/۴۳	۳۳/۷۰	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۱/۸۲	۱۳/۷۵	-۱۹/۵۹	-۱۲/۳۷	۱۳۳/۵۳
۵۵	۹۵/۶۰	۱۹۰/۹۲	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۳۴/۲۷	۱۷۳/۲۶	-۶۴/۱۷	۱۵۷/۴۷	-۱۱۰/۹۶	-۷۶/۳۲
۵۶	۳۵۷/۷۰	-۴۶//۳۴	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	۲۵۶/۴۳	-۵۲/۰۱	-۹/۸۱	۱۳۶/۶۹	۳۴۴/۰۴	۱۱۵/۴۹
۵۷	-۶۵/۹۹	-۳۴/۹۱	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۸/۹۹	۱۳/۷۸	-۱۷/۹۶	-۷۵/۶۰	۵۳/۵۴-	-۳۸/۲۳
۵۸	۵۷/۴۳	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۴۳۵/۹۸	۷۷/۹۷	۴۳/۹۶	-۴/۸۱
۵۹	-۴۸/۱۸	۱۹/۴۱	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۸/۹۹	-۵۷/۹۹	۹۶/۲۰	-۷۳/۸۰	۵۹/۱۲	-۸۵/۰۱
۶۰	-۵۳/۲۷	-۴۷/۷۷	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۸/۹۹	۴۲/۰۴-	-۱۵/۲۴	-۵۹/۳۴	۱۴۹/۰۴	۸۵/۰۱-
۶۱	-۵۲/۰۰	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	۴۵۵/۵۰	۳۶۰/۶۶	۲۶/۴۴	۱۶/۵۴	-۱۰۳/۳۷	۹۲/۰۹
۶۲	۱۷۷/۰۳	-۴۳/۴۸	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	-۱۴/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۴۶/۳۷	۵۱/۷۸	۱۶/۸۸	۲۳۴/۴۵
۶۳	-۸۲/۵۳	۳۷/۷۶-	۲۴/۲۰-	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۳۷/۳۱	۴۲/۱۸-	۵۶/۷۹-	۸/۵۵
۶۴	-۶۹/۸۱	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۳۸/۰۶	-۳۱/۵۵	-۸۲/۸۳	۷۲/۱۲	۲۲۹/۱۰
۶۵	۳۵/۸۰	۵/۱۱	۶۷/۶۴	-۲۲/۱۱	۶۵۵/۹۱	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۱۴۷/۳۵	۱۵۴/۱۹	-۹۸/۱۹	-۳۵/۱۲	-۳۵/۵۵
۶۶	-۷۷/۴۴	-۱۰/۶۱	۶۲۳/۲۲	-۲۴/۲۰	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	۱۵۵/۳۲	-۵۶/۰۰	-۸۲/۲۹	۶۷/۴۷-	۲۸۳/۳۷	-۱۳/۵۰
۶۷	-۲۴/۰۱	-۵۲/۰۶	-۱۱/۰۸	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۳۷/۴۳	-۵۷/۹۹	۸۲/۲۹-	-۴۷/۶۰	۷۶/۲۹-	-۴۴/۲۴
۶۸	-۳۰/۳۷	-۴۳/۴۸	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۱۲۳/۴۲	۷۸/۶۷-	۲۱/۰۶	۹۱/۶۲	-۶۵/۶۳
۶۹	-۵۳/۲۷	-۵۲/۰۶	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۴۸/۰۲	۸۴/۴۳	۲۰/۱۶	۸۰/۶۲-	۱۷۶/۳۰
۷۰	-۸۲/۵۳	-۴۹/۲۰	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	۲۵/۷۷	۴۱/۶۹	۱۶۹/۶۰	۰/۲۸	-۱۱۰/۹۶	-۳۱/۵۴
۷۱	۲۹/۴۳	۵۶/۵۷	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۱۳/۷۵	۲۹۹/۳۱	۷/۱۳	۵/۲۱
۷۲	-۹۵/۲۶	۳۰/۸۴	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۶/۰۰	-۸۲/۲۹	-۸۲/۸۳	-۶۷/۶۲	-۳۰/۸۸
۷۳	-۷۱/۰۸	-۱۷/۷۵	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	۱۹۹/۵۶	۱/۸۲	-۶۹/۶۱	-۵۸/۴۴	۹۶/۸۷-	۱۰۰/۱۱
۷۴	۹۰/۵۱	۳۲۲/۴۱	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۲۴/۷۹	-۵۷/۹۹	۲۲/۸۱	۶۵/۳۳	-۱۰/۲۱	۱۷/۲۴
۷۵	-۶۳/۴۵	-۹/۱۸	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۹/۷۹	۷۳/۷۲	-۹۹/۰۹	۳۴/۰۴-	-۴۴/۲۴
۷۶	-۴۹/۴۵	-۴۲/۰۵	۵۹۲/۴۷	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۲۰/۱۱	۱/۰۷	۸۳/۷۴-	-۳۷/۲۹	-۴۴/۹۱
۷۷	-۷۹/۹۹	۲۳/۶۹	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	-۷۳/۲۳	۶۱/۷۱	۸۶/۲۱	۳۸۲/۸۱
۷۸	-۶۵/۹۹	-۳۹/۱۹	-۲۴/۲۰	۴/۷۸	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۳۲/۰۷	-۸۲/۲۹	-۱۰۲/۷۱	-۲۸/۶۲	-۸۳/۶۷
۷۹	-۶۵/۹۹	-۳۹/۱۹	-۲۴/۲۰	۴/۷۸	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	۶۳/۶۹	۳۱۰/۸۲	-۷۰/۵۱	-۲/۴۳	-۲۸/۶۲	۱۱/۲۳
۸۰	-۲۶/۵۵	-۵۲/۰۶	۲۳۸/۲۱	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۲۱۲/۱۸	۴۷/۲۶	-۱۰۸/۷۹	-۶۹/۶۴
۸۱	۲۹/۴۳	-۱۹/۱۸	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	۱۷۵/۲۶	-۷۴/۱۴	۸۶/۱۰	۱۱/۴۶	-۸۱/۰۰
۸۲	-۵۲/۰۰	-۱۰/۶۱	-۱۱/۰۸	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۷/۹۹	۱۷/۳۸	۷۳/۴۶	-۶۳/۲۹	-۳۸/۲۳
۸۳	۵۸/۷۰	-۴۲/۰۵	-۲۴/۲۰	۱۱۲/۳۳	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۵۶/۰۰	۱۶/۴۷	۱۵۶/۵۷	-۱۰۹/۸۷	-۸۲/۳۴
۸۴	-۵۳/۲۷	-۵۲/۰۶	۶۷/۶۴	۱۳۹/۲۲	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۲۰/۱۱	-۶۹/۶۱	۷۶/۱۷	-۸۷/۱۲	-۸۵/۰۱
۸۵	-۳۲/۹۱	-۵۰/۶۳	-۲۴/۲۰	-۲۲/۱۱	۱۴/۹۱-	۰/۰۰	-۴۰/۵۹	-۲۴/۱۰	۱۲۷/۰۱	-۸۹/۱۶	۱۷/۹۶	-۸۴/۳۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵ . محاسبات شاخص بارش استاندارد در مقیاس‌های ۳،۶،۹ و ۱۲ ماهه در ایستگاه یزد برای ماه‌های فروردین و شهریور طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۴۱

فروردین					شهریور				
سال	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	سال	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12
۴۲	-۰/۳۰	-۱/۳۳	-۱/۳۴	-۱/۵۰	۴۱	۱/۱۱	۰/۶۹	-۹۹/۰۰	-۹۹/۰۰
۴۳	-۰/۴۰	-۰/۹۱	-۰/۹۱	۰/۱۸	۴۲	۱/۱۱	۱/۵۸	۰/۳۶	-۰/۰۸
۴۴	-۰/۹۶	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۱۶	۴۳	۱/۱۱	-۱/۱۱	-۱/۲۷	-۱/۰۷
۴۵	۰/۶۵	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۴۵	۴۴	۱/۱۱	-۱/۵۳	۰/۵۷	۰/۱۹
۴۶	۰/۴۸	-۰/۴۰	-۰/۳۸	-۰/۵۱	۴۵	۱/۱۱	-۱/۲۱	-۰/۱۳	-۰/۴۷
۴۷	۰/۹۳	۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۲۳	۴۶	۱/۱۱	۱/۳۳	-۰/۰۴	-۰/۴۱
۴۸	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۴۴	۱/۰۷	۴۷	۱/۱۱	۲/۴۳	۱/۱۷	۰/۹۵
۴۹	-۰/۳۱	-۰/۸۲	-۰/۸۴	-۱/۰۰	۴۸	۱/۱۱	۰/۱۴۴	۰/۱۸	۰/۲۹
۵۰	۰/۷۲	-۰/۳۶	-۰/۳۹	-۰/۵۰	۴۹	۱/۱۱	-۰/۶۲	-۰/۴۹	-۰/۹۵
۵۱	۰/۵۰	۱/۱۹	۱/۱۲	۰/۹۷	۵۰	۱/۱۱	۰/۷۶	-۰/۰۷	-۰/۵۵
۵۲	-۰/۹۳	-۱/۴۰	-۱/۴۰	-۱/۴۶	۵۱	۱/۱۱	۰/۷۱	۰/۸۴	۱/۰۲
۵۳	-۰/۱۲	-۰/۲۶	-۰/۳۰	-۰/۴۵	۵۲	۱/۱۱	-۲/۳۱	-۱/۵۷	-۱/۵۶
۵۴	-۰/۴۸	-۱/۰۷	-۱/۰۸	-۱/۰۱	۵۳	۱/۱۱	۰/۴	۰/۱۴	-۰/۲۸
۵۵	۱/۳۶	۱/۰۳	۰/۹۶	۰/۹۹	۵۴	۱/۱۱	۰/۶۸	-۰/۴۵	-۰/۹
۵۶	۰/۵۳	۱/۰۲	۰/۹۶	۱/۲۸	۵۵	۱/۱۱	۱/۶۲	۱/۴۸	۱/۲۸
۵۷	۱/۹۵	۱/۸۳	۱/۹۵	۱/۸۲	۵۶	۱/۱۱	۱/۸	۰/۹۴	۰/۸۲
۵۸	-۰/۱۷	-۰/۵۲	-۰/۵۰	-۰/۶۰	۵۷	۱/۱۱	-۰/۷۲	۲/۰۱	۱/۸۴
۵۹	۰/۱۷	۱/۷۸	۱/۶۹	۱/۵۵	۵۸	۱/۱۱	۰/۳۷	-۰/۸	-۰/۶۶
۶۰	-۰/۵۴	-۰/۳۴	-۰/۳۳	-۰/۲۷	۵۹	۱/۱۱	۰/۰۴	۰/۵۳	۱/۶۷
۶۱	۰/۰۲	-۰/۴۱	-۰/۳۹	-۰/۵۳	۶۰	۱/۱۱	-۰/۷	-۱/۱۲	-۰/۴۷
۶۲	۱/۰۴	۱/۴۶	۱/۷۷	۱/۶۲	۶۱	۱/۱۱	-۰/۷۴	-۰/۵۲	-۰/۵۵
۶۳	۱/۵۰	۱/۳۸	۱/۳۰	۱/۱۷	۶۲	۱/۱۱	۱/۰۹	۰/۸۱	۱/۶۴
۶۴	-۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۵۲	۶۳	۱/۱۱	-۱/۱۱	۱/۳۵	۱/۱۸
۶۵	۱/۹۴	۱/۱۳	۱/۰۶	۰/۹۱	۶۴	۱/۱۱	-۱/۱۱	-۰/۷۸	-۰/۵۷
۶۶	-۰/۷۹	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۱	۶۵	۱/۴۵	۰/۶۵	۱/۴۳	۱/۰۶
۶۷	۱/۲۱	۰/۲۷	۰/۴۴	۰/۴۶	۶۶	۲/۶۵	-۰/۲	-۱/۱۹	۰/۱۲
۶۸	-۰/۹۲	-۱/۵۷	-۱/۵۶	-۱۷/۱	۶۷	۱/۱۱	-۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۲۹
۶۹	-۰/۱۳	-۰/۰۷	-۰/۱۱	-۰/۲۴	۶۸	۱/۱۱	-۰/۳۴	-۱/۲۲	-۱/۶۸
۷۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۶۹	۶۹	۱/۱۱	-۰/۷۷	-۰/۱۸	-۰/۲۶
۷۱	-۰/۶۳	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۳۴	۷۰	۱/۱۱	-۱/۴۲	۰/۵۹	۰/۷
۷۲	-۰/۱۶	۱/۰۳	۰/۹۶	۱/۰۳	۷۱	۱/۱۱	۰/۷۹	-۰/۲۷	۰/۵۸
۷۳	-۰/۹۶	-۱/۹۱	-۱/۹۰	-۱/۶۱	۷۲	۱/۱۱	-۰/۳۲	۱/۲۲	۰/۹۸
۷۴	۰/۸۳	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۲۹	۷۳	۱/۱۱	-۰/۵۷	-۱/۴۲	-۱/۸۶
۷۵	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۹۴	۷۴	۱/۱۱	۲/۰۱	۱/۲۲	۱/۰۲
۷۶	-۰/۷۱	-۰/۸۲	-۰/۸۴	-۰/۸۴	۷۵	۱/۱۱	-۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۲۲
۷۷	-۰/۹۶	-۱/۱۱	-۱/۱۳	-۰/۹۸	۷۶	۱/۱۱	۰/۰۸	-۱/۱۲	-۰/۷۲
۷۸	۲/۴۲	۱/۸۴	۱/۷۵	۱/۷۳	۷۷	۱/۱۱	-۰/۲۲	-۱/۲	-۰/۹۸
۷۹	-۱/۳۷	-۲/۴۰	-۲/۳۷	-۲/۴۳	۷۸	۱/۲	-۰/۷۷	۲/۲۱	۱/۶۳
۸۰	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۲۸	۷۹	۱/۲	-۰/۷۷	-۲/۱۴	-۲/۴۳
۸۱	-۱/۱۲	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۱	۸۰	۱/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۰۹	۰/۳۱
۸۲	-۰/۸۴	-۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۱۴	۸۱	۱/۱۱	۰/۳۸	-۰/۵۷	۰/۳۲
۸۳	-۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۸	۸۲	۱/۱۱	-۰/۲۴	-۰/۱۵	-۰/۱۱
۸۴	-۲/۴۱	-۰/۲۷	-۰/۳۰	-۰/۴۰	۸۳	۱/۵۲	۰/۴۸	۰/۰۸	۰/۰۱
۸۵	-۱/۷۷	-۰/۹۴	-۰/۹۵	-۱/۰۴	۸۴	۱/۶	-۰/۵۱	-۰/۴۳	-۰/۴
					۸۵	۱/۱۱	-۰/۴۵	-۰/۸۲	-۱/۱

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی

در این تحقیق پس از محاسبه شاخص‌های خشک‌سالی مورد نظر بر اساس مقادیر به دست آمده از محاسبه هر یک از شاخص‌ها، طبق جداول مربوط به طبقات مختلف خشک‌سالی شاخص‌های مورد نظر، اقدام به تعیین وضعیت خشک‌سالی در طول دوره آماری موجود در مقیاس‌های ماهانه و سالانه برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه شد. سپس با توجه به وضعیت خشک‌سالی تعیین شده برای هر کدام از ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی مورد نظر، هر کدام از شاخص‌ها با یکدیگر مقایسه شدند و درصد تفاوت و تشابه هر شاخص با چهار شاخص دیگر محاسبه شد. بر اساس نتایج به دست آمده موارد زیر قابل تبیین است:

- شاخص درصد از نرمال بارندگی تشابه بیشتری با شاخصRAI (ناهنجاری بارندگی) و شاخص SPI (شاخص بارش استاندارد شده) در مقیاس زمانی ۶ ماهه داشته است. علت تشابه شاخص‌های PNPI و RAI سنجش مقدار بارندگی نسبت به میانگین درازمدت آن می‌باشد.
- شاخص ناهنجاری بارندگی تشابه بیشتری با شاخص DPI (دهک‌های بارندگی) و هم‌چنین شاخص PNPI (درصد از نرمال بارندگی) داشته است.
- شاخص بالم و مولی تشابه بیشتری را با شاخص SPI در مقیاس زمانی ۶ ماهه منتهی به ماه‌های بارش داشته است و این تشابه به علت هم‌زمانی با دوره بارش می‌باشد.
- در ایستگاه‌های مورد مطالعه به دلیل عدم وقوع بارندگی در طی ماه‌های گرم سال که شامل ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر است و به طور متوسط ۸۶٪ فاقد بارندگی هستند، تنها امکان مقایسه شاخص درصد از نرمال بارندگی(PNPI) و شاخص بالم و مولی(BMDI) با شاخص بارش استاندارد شده(SPI) وجود دارد.

بحث

مقایسه دهک‌های اول و دهم از نظر وضعیت خشک‌سالی در تمام شاخص‌ها

به منظور مقایسه پنج شاخص خشک‌سالی مورد مطالعه، دهک‌های اول و دهم که به ترتیب بیانگر وقوع وضعیت‌های خشک‌سالی بسیار شدید و ترسالی بسیار شدید هستند، به عنوان مبنایی برای مقایسه سایر شاخص‌های خشک‌سالی مورد مطالعه از نظر وضعیت‌های مختلف تعیین شده توسط هریک از آنها، در طی سال‌های آماری مورد نظر در مقیاس‌های زمانی مختلف، مورد بررسی و مطالعه قرارگرفت. جداول ۶ و ۷ به ترتیب مقایسه دهک‌های اول و دهم از نظر وضعیت خشک‌سالی در تمام شاخص‌های خشک‌سالی مذکور در مقیاس‌های زمانی مختلف برای ماه فروردین و در مقیاس سالانه در ایستگاه یزد نشان می‌دهند. مطابق با این جداول موارد زیر قابل تأمل است:

در مقایسه پنج شاخص خشک‌سالی بر مبنای دهک‌های اول و دهم، در اولویت اول شاخص‌های درصد از نرمال بارندگی(PNPI)، ناهنجاری بارندگی(RAI) مقارن با سال‌های وقوع خشک‌سالی بسیار شدید و ترسالی بسیار شدید، بیانگر وضعیت مشابه بوده‌اند. سپس شاخص بارش استاندارد شده(SPI) در مقیاس‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماهه و در اولویت آخر شاخص بالم و مولی، هم زمان با وقوع وضعیت‌های نام برده، بیانگر شرایط مشابه بوده‌اند.

بررسی کارآیی شاخص‌های خشک‌سالی

در این پژوهش کارآیی شاخص‌های خشک‌سالی در پایش خشک‌سالی هواشناسی بررسی شد. برای حصول به چنین مقصودی کمینه مقدار بارندگی طی یک دوره بلند مدت اقلیمی که منعکس کننده خشک‌سالی هواشناسی بسیار شدید یا شدیدی است که در منطقه تحت بررسی حادث شده است، استخراج و پایش صورت گرفته توسط شاخص‌های خشک‌سالی ارزیابی گردید. هم‌چنین این ارزیابی بر اساس

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۶. مقایسه دهک‌های اول و دهم از نظر وضعیت خشک‌سالی در شاخص‌های مورد مطالعه در ایستگاه یزد مربوط به ماه فروردین

(نکته: توصیف کیفی وضعیت‌های مختلف عبارت‌انداز:خ(خشکسالی) بسیارشدید، خ.شدید، خ.متوسط و ت(ترسالی) بسیار شدید، ت.شدید، ت.متوسط).

فروردین	دهک	PNPI	RAI	BMDI	BMDI مهر تا خرداد	BMDI آبان تا اردیبهشت	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12
۱۳۴۴	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.شدید	خ.شدید	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۲	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ .شدید	خ.شدید	نرمال	خ.متوسط	خ.متوسط	خ.متوسط
۱۳۷۲	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.متوسط	خ.متوسط	نرمال	ت.متوسط	نرمال	ت.متوسط
۱۳۴۶	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۴۷	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۶	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	نرمال	ت.متوسط	نرمال	ت.متوسط
۱۳۶۲	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت.متوسط	ت.متوسط	ت.شدید	ت.شدید

جدول۷. مقایسه دهک‌های اول و دهم از نظر وضعیت خشک‌سالی در شاخص‌های مورد مطالعه در ایستگاه یزد مربوط به مقیاس سالانه

سالانه	دهک	PNPI	RAI	BMDI	BMDI مهر تا خرداد	BMDI آبان تا اردیبهشت	SPI12
۱۳۴۵	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.متوسط	نرمال	نرمال	خ.شدید
۱۳۶۷	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.شدید	نرمال	نرمال	خ.شدید
۱۳۷۲	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.شدید	نرمال	نرمال	خ.شدید
۱۳۷۸	۱	خ. بسیارشدید	خ. بسیارشدید	خ.شدید	نرمال	نرمال	خ. بسیارشدید
۱۳۵۶	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت.بسیارشدید	نرمال	ت.متوسط	ت. بسیارشدید
۱۳۵۸	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	ت.متوسط	نرمال	نرمال	ت.شدید
۱۳۶۲	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	نرمال	ت. بسیارشدید	ت.شدید	ت.شدید
۱۳۷۷	۱۰	ت. بسیارشدید	ت. بسیارشدید	نرمال	نرمال	نرمال	ت.شدید

دهک‌های اول و آخر نیز به عنوان مبنایی برای مقایسه شاخص‌های مورد مطالعه از نظر تقارن با سال‌های وقوع خشک‌سالی یا ترسالی‌های بسیار شدید و شدید انجام گرفت. جدول ۸ کمینه مقادیر بارندگی و سال وقوع آن را به همراه پایش وضعیت جوی از دیدگاه شاخص‌های خشک‌سالی منتخب نشان می‌دهد و جداول ۹ و ۱۰ به ترتیب مقایسه سال‌های وقوع خشک‌سالی یا ترسالی‌های بسیار شدید و شدید از دیدگاه شاخص‌های مورد مطالعه برمبنای دهک‌های اول و آخر را نشان می‌دهند. هم‌چنین با توجه به این‌که از میان ۳۳ ایستگاه مورد مطالعه، در۲۰ ایستگاه سال وقوع کمینه بارندگی مقارن با سال ۱۳۷۸ است، می‌توان این سال را به عنوان یک سال خشک در نظر گرفت. در این تحقیق مقایسه‌ای بر مبنای سال مذکور از نظر تقارن این سال با خشک‌سالی‌های بسیار شدید وشدید از دیدگاه شاخص‌های مورد مطالعه انجام گرفت. جدول ۱۱ تقارن سال ۱۳۷۸ با خشک‌سالی‌های بسیار شدید و شدید از دیدگاه شاخص‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج حاصل، شاخص‌های RAI و DPI بیشترین کارآیی را جهت پایش خشک‌سالی هواشناسی دارا هستند. چنانکه بذرافشان (۱) نیز به نتایج مشابهی در این مورد رسید.

در نهایت پس از بررسی کارآیی شاخص‌های خشک‌سالی و تعیین شاخص مناسب برای ارزیابی هدفمند خشک‌سالی، در

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۸ . تقارن سال وقوع کمینه بارندگی با خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید هواشناسی در ایستگاه‌های تحت مطالعه (عدد ۳:خشک‌سالی شدید و عدد ۴:خشک‌سالی بسیار شدید را نشان می‌دهد).

ایستگاه	کمینه بارش	سال وقوع	PNPI	RAI	DPI	BMDI	SPI
یزد	۱۲/۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
ابرکوه	۱۳	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
اشکذر	۱۲	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
دهشیر	۱۷/۵	۱۳۷۲	۴	۴	۴	۳	۴
حاجی آباد	۱۴/۳	۱۳۴۹	۴	۴	۴	۳	۴
باجگان	۴۴/۲	۱۳۷۰	۴	۴	۴	–	۴
خرو	۶۰/۹	۱۳۷۵	۴	۴	۴	۳	۴
کذاب	۵۵/۵	۱۳۷۵	۴	۴	۴	–	۴
مزرعه نو عقدا	۱۵/۵	۱۳۴۹	۴	۴	۴	۳	۴
قطروم	۳۹/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
بهاباد	۲۱/۵	۱۳۷۲	۴	۴	۴	۳	۳
بند پایین	۵۸/۵	۱۳۶۲	۴	۴	۴	۳	۴
داماک علی آباد	۱۰۶/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
دره زرشک	۵۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
ده بالا	۱۸۳	۱۳۷۲	۳	۴	۴	–	۳
دیهوک	۳۰	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
بردستان	۸۲/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
فخر آباد	۶۱/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۴
حلوان	۸	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
خود سفلی	۸۶	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
سردرب نیاز طبس	۷۱/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
شمس آباد عقدا	۳۶	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
فیض آباد	۳۰/۵	۱۳۷۲	۴	۴	۴	۳	۴
محمد آباد	۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
مروست	۱۸/۵	۱۳۷۲	۴	۴	۴	۳	۴
نیر	۱۰۴/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
هرات	۲۶/۴	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
تنگ چنار	۷۸/۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
طبس	۳۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۳
طزرجان	۱۳۰	۱۳۷۵	۳	۴	۴	–	۳
طزنج	۳۰	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
یعقوبیه	۴۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
رتبه شاخص			۳	۱	۱	۵	۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۹. مقایسه سال‌های وقوع خشک‌سالی‌های شدید و بسیار شدید از دیدگاه شاخص‌های مورد مطالعه برمبنای دهک‌های اول

ایستگاه	کمینه بارش	سال وقوع	دهک	PNPI	RAI	BMDI	SPI
یزد	۱۲/۹	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۴	۴
ابرکوه	۱۳	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
اشکذر	۱۲	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
دهشیر	۱۷/۵	۱۳۷۲	۱	۴	۴	۳	۴
حاجی آباد	۱۴/۳	۱۳۴۹	۱	۴	۴	۳	۴
باجگان	۴۴/۲	۱۳۷۰	۱	۴	۴	–	۴
خرو	۶۰/۹	۱۳۷۵	۱	۴	۴	۳	۴
کذاب	۵۵/۵	۱۳۷۵	۱	۴	۴	–	۴
مزرعه نو عقدا	۱۵/۵	۱۳۴۹	۱	۴	۴	۳	۴
قطروم	۳۹/۵	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۳
بهاباد	۲۱/۵	۱۳۷۲	۱	۴	۴	۳	۳
بند پایین	۵۸/۵	۱۳۶۲	۱	۴	۴	۳	۴
داماک علی آباد	۱۰۶/۵	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۳
دره زرشک	۵۰/۵	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۳
ده بالا	۱۸۳	۱۳۷۲	۱	۳	۴	–	۳
دیهوک	۳۰	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
بردستان	۸۲/۵	۱۳۷۸	۱	۴	۴	–	۴
فخر آباد	۶۱/۵	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۴
حلوان	۸	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
خود سفلی	۸۶	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۳
سردرب نیاز طبس	۷۱/۵	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۳
شمس آباد عقدا	۳۶	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۳
فیض آباد	۳۰/۵	۱۳۷۲	۱	۴	۴	۳	۴
محمد آباد	۹	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
مروست	۱۸/۵	۱۳۷۲	۱	۴	۴	۳	۴
نیر	۱۰۴/۵	۱۳۷۸	۱	۳	۴	–	۳
هرات	۲۶/۴	۱۳۷۸	۱	۴	۴	–	۴
تنگ چنار	۷۸/۹	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۳
طبس	۳۰/۵	۱۳۷۸	۱	۴	۴	–	۳
طزرجان	۱۳۰	۱۳۷۵	۱	۳	۴	–	۳
طزنج	۳۰	۱۳۷۸	۱	۴	۴	۳	۴
یعقوبیه	۴۰/۵	۱۳۷۸	۱	۴	۴	–	۴
رتبه شاخص			۱	۳	۱	۵	۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱۰. مقایسه سال‌های وقوع ترسالی‌های شدید و بسیار شدید از دیدگاه شاخص‌های مورد مطالعه برمبنای دهک‌های آخر

ایستگاه	بیشینه بارش	سال وقوع	دهک	PNPI	RAI	BMDI	**SPI**
یزد	۱۵۲/۷	۱۳۵۶	۱۰	۴	۴	۴	۴
ابرکوه	۲۰۱/۴	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	۴	۴
اشکذر	۱۱۲/۵	۱۳۶۱	۱۰	۴	۴	۳	۴
دهشیر	۲۲۳	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	۴	۴
حاجی آباد	۴۷۱/۸	۱۳۸۳	۱۰	۴	۴	۴	۴
باجگان	۶۵۸/۱	۱۳۴۷	۱۰	۴	۴	–	۴
خرو	۳۵۲	۱۳۷۶	۱۰	۴	۴	۳	۳
کذاب	۲۴۹	۱۳۶۶	۱۰	۴	۴	۴	۳
مزرعه نو عقدا	۱۹۴/۳	۱۳۵۶	۱۰	۴	۴	۳	۳
قطروم	۵۱۶/۶	۱۳۷۱	۱۰	۴	۴	۴	۴
بهاباد	۱۶۷	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	۴	۳
بند پایین	۳۸۳	۱۳۷۱	۱۰	۴	۴	۳	۴
داماک علی آباد	۳۵۸/۵	۱۳۷۱	۱۰	۳	۴	–	–
دره زرشک	۳۶۵/۵	۱۳۸۰	۱۰	۴	۴	۴	–
ده بالا	۴۸۲	۱۳۷۱	۱۰	–	۴	–	–
دیهوک	۲۳۹	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	–	۳
بردستان	۴۰۳	۱۳۷۶	۱۰	۴	۴	۴	۳
فخر آباد	۲۳۱	۱۳۶۵	۱۰	۳	۴	۳	۴
حلوان	۱۶۴/۵	۱۳۷۱	۱۰	۴	۴	۳	۳
خود سفلی	۳۴۸/۷	۱۳۸۲	۱۰	۴	۴	–	۳
سردرب نیاز طبس	۲۷۶	۱۳۷۶	۱۰	۴	۴	۳	۳
شمس آباد عقدا	۱۵۹/۵	۱۳۷۷	۱۰	۴	۴	–	۳
فیض آباد	۲۰۱/۲	۱۳۸۲	۱۰	۴	۴	–	–
محمد آباد	۱۲۲	۱۳۷۷	۱۰	۴	۴	۳	۴
مروست	۱۶۳/۵	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	۴	۴
نیر	۳۹۱	۱۳۷۴	۱۰	۳	۴	۴	–
هرات	۲۴۰/۵	۱۳۷۱	۱۰	۴	۴	۳	۴
تنگ چنار	۳۳۴/۳	۱۳۸۳	۱۰	۴	۴	–	–
طبس	۱۷۶/۵	۱۳۷۴	۱۰	۴	۴	۳	۳
طزرجان	۴۴۰/۱	۱۳۷۱	۱۰	۴	۴	–	۴
طزنج	۲۱۶	۱۳۸۲	۱۰	۴	۴	–	۴
یعقوبیه	۲۱۷	۱۳۷۶	۱۰	۴	۴	۳	۴
رتبه شاخص			۱	۳	۱	۵	۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱۱. مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی مورد مطالعه از نظر تقارن سال ۱۳۷۸ با خشک‌سالی‌های شدید و بسیار شدید

ایستگاه	کمینه بارش	سال وقوع	PNPI	RAI	DPI	BMDI	SPI
یزد	۱۲/۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
ابرکوه	۱۳	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
اشکذر	۱۲	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
قطروم	۳۹/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
داماک علی آباد	۱۰۶/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
دره زرشک	۵۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
دیهوک	۳۰	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
بردستان	۸۲/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
فخر آباد	۶۱/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۴
حلوان	۸	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
خود سفلی	۸۶	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
سردرب نیاز طبس	۷۱/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
شمس آباد عقدا	۳۶	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
محمد آباد	۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
نیر	۱۰۴/۵	۱۳۷۸	۳	۴	۴	–	۳
هرات	۲۶/۴	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
تنگ چنار	۷۸/۹	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۳
طبس	۳۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۳
طزنج	۳۰	۱۳۷۸	۴	۴	۴	۳	۴
یعقوبیه	۴۰/۵	۱۳۷۸	۴	۴	۴	–	۴
	رتبه شاخص		۳	۱	۱	۵	۴

ارتباط با انتخاب شاخص مناسب برای ارزیابی‌های ماهانه می‌توان گفت:

- نظر به این‌که شاخص‌های استاتیک مانند RAI، PNPI و DPI در مقیاس ماهانه و در ایستگاه‌های مناطق خشک جهت پایش خشک‌سالی با مشکل محاسبه مواجه می‌شوند توصیه می‌شود که از شاخص‌های دینامیک استفاده شود. از بین شاخص‌های دینامیک، باید گفت شاخص SPI با مقیاس‌های ۶ و ۱۲ ماهه برتری دارند زیرا در این مقیاس‌ها با مشکل محاسبه مواجه نبوده و قادر است ارزیابی‌های ماهانه از خشک‌سالی را در اختیار قرار دهد. البته، این شاخص در مقیاس سه ماهه (چنانچه منطبق بر ماه‌های تابستان باشد) در این مناطق با مشکل داده‌های صفر روبرو می‌شوند و بنابراین برای ارزیابی‌های ماهانه با این مقیاس توصیه نمی‌شود. بذرافشان (۱) و صفدری(۵) نیز به نتایج مشابهی در این مورد رسیدند.

شاخص BMDI برای ارزیابی‌های ماهانه در فصول بارندگی شاخص خوبی است ولی در دوره با بارندگی کم یا فاقد بارندگی از مشکل داده‌های صفر در امان نیست، ولی هنگامی که محاسبه این سنجه(به خصوص در مناطق خشک) محدود به دوران بارش شود، قابلیت بهتری در مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشک‌سالی در یک ماه معین دارد.

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

۱. بذرافشان، ج. ۱۳۸۱. مطالعه تطبیقی برخی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲. حسنی ها، ح. و ز. صالحی. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت خشک‌سالی بر اساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مقابله با کم آبی و خشک‌سالی کرمان ۱: ۱۷– ۲۷.

۳. رضئی، ط.، ع. شکوهی، ب. ثقفیان و پ. دانش کارآسته. ۱۳۸۲. پایش پدیده خشک‌سالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم اصفهان، صفحات ۲۱۶–۲۰۶.

۴. سرحدی، ع.، س. سلطانی و ر. مدرس. ۱۳۸۷. ارزیابی و تحلیل گستره خشک‌سالی در استان اصفهان بر پایه چهار شاخص مهم خشک‌سالی. مجله منابع طبیعی ایران ۳: ۵۵–۵۷.

۵. صفدری، ع. ا. ۱۳۸۲. آنالیزهای منطقه‌ای و شدت مدت فراوانی خشک‌سالی با استفاده از بارش در حوزه کارون. پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۶. مقدسی، م.، ش. پایمزد و س. مرید. ۱۳۸۴. پایش مکانی خشک‌سالی سال های ۱۳۷۸–۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰–۱۳۷۹ استان تهران با استفاده از شاخص‌های SPI، EDI و DI. مدرس علوم انسانی ۱: ۱۹۷–۲۱۷.

7. Aaron, P.N., S.N. Devdutta and R.Sethu. 2002. Adopting drought indices for estimating soil moisture: A North Carolina case study. Geophysical Res. Leters 29(1): 1-40
8. Bahlme, H. N. and D. A. Mooley. 1980. Large-Scale drought/floods and monsoon circulation. Mon. Rev.108:1197-1211.
9. Edward, D.C. and T. B. Mckee. 1997. characteristics of 20th century drought in the United States and multiple time scales. PP.155. In: Climatology Report. Colorado state University.
10. Gibbs, W. J. and J. V. Maher. 1967. Rainfall deciles as drought indicators. PP.37-48. *In*: Australian Bureau of Meteorology.
11. Guttman, N. B. 1998. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index. J. the Amer. Water Resour. Assoc. 131-121.
12. Heddinghause, T. R. and P. Sabol. 1991. A review of the palmer drought severity index and where do we go from here ?. J. Climatol. 2: 313-329.
13. Hong. WW.U., M.J.Hayes, A. Weiss and QI. HU. 2001. An evaluation of the standardized precipitation index, the china a-z index and the statistical z-score. Intl. J. Climatol. 21: 745-758.
14. Mckee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. 1993. Drought monitoring with multiple timescales. Preprints. PP. 179-184. *In*: 8th conference on Applied Climatology.
15. Rooy, M. and P.Van. 1965. A rainfall anomaly index indeoendent of time and space. Notos. 14: 24-43.
16. Smith, K. 2000. Assessment Risk and Reduction Disasters. Environmental Hazards Routledge Pub., London.
17. Willke, G., J.R.M. Hosking, J.R. Wallis and N.B. Guttman. 1994. The national drought atlas. Institute for water resources, report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.

Archive of SID

www.SID.ir