



سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم

اصفهان - ۲۹ مهر الی اول آبان سال ۱۳۸۲

بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالیهای اقلیمی
در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب کشور
مهران لشنی زند

دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام لرستان

تلفن: ۰۶-۳۴۲۰۵ - کد: ۰۶۶۱، نمابر: ۰۵۷۶۸۴

پست الکترونیکی: lashanizand@yahoo.com

چکیده:

خشکسالی جلوه ای عادی از اقلیم بوده و در نواحی با رژیمهای کاملاً مختلف اقلیمی رخ می دهد. از جمله مهمترین مراحل ارزیابی وضعیت خشکسالی در هر منطقه تعیین شاخصهایی به منظور تحلیل میزان شدت و تداوم خشکسالی در آن منطقه است. در این نوشتار شاخص بارش استاندارد با در نظر گرفتن مزایائی که در تحلیل منطقه ای و ایجاد ارتباط زمانی بین رخداد های خشکسالی در نواحی مختلف یک پهنه دارد انتخاب شده و با بکارگیری نرم افزارهای GIS همچون Arc view و ILwis نقشه های پهنه بندی ماهانه خشکسالی برای یک دوره سی ساله تهیه شد. سپس با استفاده از سری های زمانی شاخص SPI برای تمامی ایستگاهها و سری های زمانی متوسط شدت خشکسالی در هر حوضه، خشکسالی های با تداوم یک ماه به بالا از طریق تئوری RUN استخراج و اقدام به ترسیم منحنی های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی گردید. با بررسی جداول و منحنی های شدت، تداوم و فراوانی تهیه شده برای ایستگاههای هواشناسی منطقه و شش حوضه مورد مطالعه مشخص شد که وقوع خشکسالی با تداوم های یک تا سه ماهه، حتی در ایستگاههای واقع در مناطق نیمه مرطوب پدیده ای معمول و بازگشت کننده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص استاندارد بارش، سطح بحرانی، شدت، تداوم، فراوانی، تئوری RUNS، سری های زمانی استکاستیک.

مقدمه:

تعریف خشکسالی و ویژگی های آن: تعریف خشکسالی چیست؟ چرا تعاریف ژرف و جامعی از این واژه در علوم مختلف وجود ندارد. درک عمومی از واژه خشکسالی به عنوان یک انحراف جدی از شرایط عادی منابع آبی است. بیشتر تعاریف خشکسالی در این نکته اشتراک عقیده دارند که خشکسالی بسط یک دوره زمانی است که طی آن آب در دسترس به طور قابل توجهی پایین تر از حد معمول است. این دوره زمانی ممکن است، هفته ها، ماهها، حتی سالها، بسته به شرایط ویژه مکانی به طول انجامد. خشکسالی وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است که در این میان، تحلیل داده های بارش، از اهمیت برجسته ای برخوردار است، چرا که بارندگی مهمترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریانهای سطحی، تغییرات آب مخازن زیرزمینی، ... منعکس می شود. و از طرف دیگر، در میان متغیرهای اقلیمی، بارش جزء بی ثبات ترین آنها خصوصاً در مناطق خشکسالی و نیمه خشک محسوب می گردد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می تواند در بررسی هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد.

بنابراین در تحقیق حاضر، تعریف ما از خشکسالی اقلیمی، دوره هایی با بارش پایین تر از حد معمول می باشد به عبارت دیگر، میزان کمبود بارش، نسبت به شرایط میانگین دراز مدت آن، تعیین کننده وضعیت خشکسالی در یک منطقه است. تعریف خشکسالی بر پایه یک متغیر تصادفی واحد، نیازمند در اختیار داشتن یک سطح بحرانی (Truncation level) برای تعیین وقوع خشکسالی است. یک خشکسالی، بر پایه یک متغیر تصادفی وقتی حادث می شود که مقدار متغیر تصادفی از سطح بحرانی مورد نظر برای آن متغیر کمتر باشد.

سطح بحرانی، از فعالیتی به فعالیت دیگر، متفاوت است. پس لازم است این سطح در ابتدای تحقیق، توسط طراح یا برنامه ریز از طریق مقایسه بین سری های نیاز آبی و تامین آب تعیین گردد. روش ساده ای که اغلب برای تعیین سطح بحرانی به کار می رود، تعیین سطح بحرانی در شرایط نرمال است که می تواند میانه یا میانگین سری های تاریخی مقادیر متغیر اصلی را در بر گیرد.

مشخصات خشکسالی که در ارزیابی خشکسالی مورد توجه قرار می گیرند، به شرح زیر است:

L: طول دوره خشکسالی (Duration)

S: مجموع کمبودها (Negative run sum)

I: میانگین کمبودها (Average Deficiency)

Xt: متغیر اصلی

T₀: شروع دوره خشکسالی

te: خاتمه دوره خشکسالی

مجموع مشخصات فوق در شکل (۱) آمده است .

طول دوره خشکسالی (L): یوجویچ در سال ۱۹۶۷ طول دوره خشکسالی را به صورت فاصله زمانی تعریف کرد که در طول آن ، خشکسالی اتفاق افتاده است . یعنی طول دوره ای که طی آن مقدار متغیر اصلی از سطح بحرانی مورد نظر کمتر شود . مقدار این پارامتر برابر است با :

$$l = t_e - t_0 \quad (1)$$

مجموع کمبودها: این پارامتر نیز توسط یوجویچ ۱۹۶۷ به این صورت تعریف شده که مقدار مجموع کمبودها برابر است با مجموع کمبودهای متغیر اصلی از سطح بحرانی مورد نظر در طول دوره خشکسالی . این پارامتر ، با عناوین مختلفی بیان می شود ، که در اینجا از واژه وخامت (severity) و بزرگی خشکسالی استفاده شده که عبارت است از :

$$s = \sum_{t=t_0}^{te} (t_t - x_t) \quad (2)$$

میانگین کمبودها: این پارامتر نیز در سال ۱۹۶۷ توسط یوجویچ معرفی شده و مقدار آن برابر است با نسبت مجموع کمبودها به طول دوره خشکسالی . این پارامتر معرف میانگین کمبود یا شدت متوسط (intensity) در واحد زمان است . مشاهده می شود که با استفاده از دو پارامتر اول و دوم ، پارامتر سوم ، قابل محاسبه است . از سه ویژگی بالا ، معمولاً طول دوره خشکسالی و مجموع کمبودها متداول ترند .

فراوانی خشکسالی (Drought frequency) : با توجه به وقوع خشکسالی با شدت های بسیار متفاوت ، بررسی فراوانی ها برای هر یک از این رخدادها می تواند به تفکیک صورت گیرد . محاسبه توزیع فراوانی وقایع خشکسالی با شدت های مختلف می تواند در ارزیابی قابلیت منطقه مورد بررسی نسبت به شدت های متفاوت خشکسالی کاربرد داشته باشد . این محاسبه می تواند ، از طریق توابع توزیع احتمال فراوانی ، برای بررسی احتمال یا دوره های بازگشت خشکسالی ، جهت پیش بینی های آتی ، مورد استفاده قرار گیرد .

وسعت منطقه خشکسالی (Area Coverage) : رخداد خشکسالی می تواند در وسعت ها و شدت های مختلفی رخ می دهد . که نسبت مستقیمی با اثرات ناشی از خشکسالی دارد خشکسالی های قاره ای خصوصاً در مناطق خشک ، گاهی هزاران کیلومترمربع را تحت تاثیر خود قرار می دهد .

یکی از قدمهای مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی در هر منطقه تعیین شاخص هایی است که بتوان براساس آنها میزان شدت و تداوم خشکسالی را در یک منطقه ارزیابی کرد . شاخص خشکسالی در واقع تابعی از عوامل مختلف محیطی است که بر پدیده خشکسالی اثر می گذارند . در نهایت ، حاصل فرایند تابع یک عدد است که در ارزیابی خشکسالی ها و تصمیم گیری های آینده ، به مراتب مفیدتر از ردیف های متعدد داده های مرتبط با خشکسالی ، عمل می کند .

از جمله مهمترین شاخص های بکار گرفته شده در بررسی خشکسالی اقلیمی ، شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI) ، استاندارد بارش (SPI) ، تفاضل درصدی بارش (BMDI) ، درصد از نرمال (PN) و روش دهکها (DECILES) می باشد .

در میان شاخص هایی که از تحلیل داده های بارش ، برای مطالعه خشکسالی استفاده می شود ، شاخص SPI در تحلیل منطقه ای خشکسالی و مطالعات تطبیقی و مقایسه ای میان مناطق مختلف ، متداول تر است . چرا که این شاخص استاندارد بوده و می توان از آن در مطالعات منطقه ای و ایجاد ارتباط زمانی بین رخدادهای خشکسالی ، در نواحی مختلف یک پهنه ، استفاده کرد .

از جمله مزایای شاخص SPI می توان به موارد زیر اشاره کرد : نخستین مزیت سادگی این شاخص است ، چرا که SPI فقط بر پایه بارش قرار دارد ، در حالیکه شاخص های دیگر از جمله شاخص PDSI پیچیده بوده و محاسبات مربوط به آنها مستلزم انجام فرآیند های طولانی است .

دومین مزیت SPI ، قابلیت بالای شاخص یا به عبارتی چند بعدی بودن آن است . چرا که در هر مقیاس زمانی قابل محاسبه است . این ویژگی باعث شده تا spi قابلیت پایش شرایط توام اقلیمی ، هیدرولوژیکی و کشاورزی را داشته باشد . این تنوع عملکرد شاخص spi در پایش شرایط پویایی خشکسالی که دربرگیرنده افت و خیز این پدیده می باشد ، بسیار حیاتی است

سومین مزیت spi ، این است که بعلاوه تبعیت این شاخص از توزیع نرمال ، می توان وقایع خشکسالی شدید و حدی را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه بندی نمود .

با توجه به توضیحات فوق و هدف اصلی این تحقیق که بررسی مکانی خشکسالی و تعیین شدت ، تداوم و فراوانی این پدیده در حوضه های شش گانه غرب کشور است ، شاخص SPI برای انجام تحقیق ، انتخاب گردید . چون مقادیر SPI تابع توزیع نرمال است ، بنابراین مقادیر آن با یک انحراف استاندارد تقریباً ۶۸ درصد موارد ، با دو انحراف استاندارد ، ۹۵ درصد موارد و با سه انحراف استاندارد ۹۹ درصد موارد را شامل می شوند . مک کی و همکارانش (۱۹۹۳) جدول ذیل را برای طبقه بندی SPI پیشنهاد نمودند .

یک خشکسالی بسیار شدید بر پایه طبقه بندی فوق ($SPI < -2$) دو یا سه مرتبه در هر یک صد سال رخ می دهد و این تناوب از دید برنامه ریزی مدیریت آب، قابل قبول است. آقای مک کی و همکارانش طبقه بندی ارائه شده را برای تعیین و پایش خشکسالی در منطقه کلرادو به کار بردند که به لحاظ اقلیمی، تفاوت‌های قابل ملاحظه ای با محدوده مورد نظر در تحقیق اخیر دارد. بنابراین جهت دستیابی به طبقه بندی منطبق بر شرایط اقلیمی منطقه، اقدام به بررسی آماری داده های بارش گردید. به این شکل که مقادیر کاهش بارندگی به ازای SPI های مختلف برای هر ایستگاه محاسبه شده و مشخص گردید که به ازای (-0.5) SPI ، به طور متوسط ۱۵ درصد کاهش، به ازای (-0.75) SPI ، ۲۲ درصد کاهش و به ازای (-1) SPI ، ۲۹ درصد کاهش در میزان بارش ایستگاههای منطقه، رخ میدهد.

همچنین با این بررسی آشکار گردید که مقادیر با یک انحراف استاندارد نسبت به میانگین تقریباً ۷۱ درصد موارد، با 0.75 انحراف استاندارد، تقریباً ۶۰ درصد موارد با 0.5 انحراف استاندارد، تقریباً $42/5$ درصد موارد از رخ دادهای بارندگی را شامل می شوند.

بنابراین بررسی ها، اگر طبقه بندی آقای مک کی و همکارانش را برای مقادیر SPI در منطقه مورد مطالعه هم، ملاک قرار دهیم، بیش از ۷۰ درصد داده ها در محدوده نرمال قرار می گیرند و در پاره ای از ایستگاهها کاهش هایی در حد ۳۰ درصد نیز نرمال فرض می شوند، در صورتیکه وقوع آنومالی های منفی بارش به مقدار بسیار کمتر از این حد نیز، با توجه به حاکمیت شرایط خشک و نیمه خشک در منطقه، و ویژگیهای هیدرولوژیکی آن، بسیار مخرب خواهد بود. لذا اصلاحاتی در طبقه بندی آقای مک کی، جهت استفاده در منطقه مورد مطالعه انجام شده و نتایج آن به صورت جدول زیر جهت کاربرد در منطقه مورد بحث ارائه گردید.

براساس طبقه بندی فوق، (-0.5) SPI به عنوان آستانه وقوع خشکسالی در این تحقیق، تعیین گردید تا بتوان به نحو دقیق تری، تمامی رخدادهای ماهانه خشکسالی را طی دوره آماری مورد نظر، تعیین و مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.

موقعیت منطقه و آمار و اطلاعات مورد استفاده:

محدوده مورد بررسی در این تحقیق، بخش غربی کشور از اذربایجان تا خوزستان را در بر می گیرد و براساس تقسیم بندی ارائه شده توسط شرکت جاماب، از حاشیه شمال غربی کشور به ترتیب حوضه های ارس، ارومیه، سفیدرود مرزی غرب، کرخه و دز را شامل می شود.

از میان ایستگاههای هواشناسی موجود در منطقه از آمار بارش ماهانه ۴۶ ایستگاه تبخیرسنجی وزارت نیرو که بهترین موقعیت مکانی و طولانی ترین دوره آماری را دارا بوده اند استفاده شده است. دوره آماری برگزیده با توجه به توصیه سازمان هواشناسی جهانی یک دوره سی ساله (۷۷-۱۳۷۶ تا ۴۸-۱۳۴۷) می باشد. به منظور بهره گیری از آمارهای اشاره شده ابتدا داده های بارش ماهانه کلیه ایستگاهها بلحاظ صحت و همگنی از طریق روش آماری (RUN TEST) مورد بررسی قرار گرفتند و با اطمینان از همگنی آنها، داده های مفقود شده هر ایستگاه با استفاده از داده های نزدیکترین ایستگاه مینا و بکارگیری روش نسبتها بازسازی شدند.

روش تحقیق: همانطور که اشاره شده در این نوشتار، به منظور ارزیابی وضعیت خشکسالی، شاخص SPI بکار گرفته شده است. در این روش فقط از آمار بارندگی در دوره های زمانی هفته، ماه، فصل و سال استفاده می شود. آمار مشاهده ای، می بایست طولانی مدت باشد تا دقت مورد نظر به دست آید. علاوه بر اینها، مشاهدات باید از توزیع نرمال پیروی کنند، در غیر اینصورت باید تبدیلات مناسب ارقام به جهت نرمال شدن، صورت گیرد. یکی از روشهای مفید، جهت تبدیل داده های غیر نرمال به تقریباً نرمال، روش باکس-کاکس است. این روش در سال ۱۹۶۱ معرفی شده است. در این تحقیق نیز، از همین روش در نرم افزار MINITAB، برای نرمال نمودن داده های بارش ماهانه ایستگاهها استفاده گردید. بعد از نرمال نمودن داده های ماهانه، در محیط برنامه ILWIS، برای هر ماه از طول دوره آماری، یک نقشه نقطه ای (POINT MAP) تهیه گردید و با بهره گیری از این نقشه ها در محیط ARC VIEW و با استفاده از روش میانپایی TPSS با توان ۲ (که بر پایه تحقیقات انجام یافته توسط مهدیان و همکاران در سال ۱۳۸۱، بهترین روش به منظور برآورد این متغیر می باشد) اقدام به تهیه نقشه های کنطوری گردید. مجدداً با استفاده از نرم افزار ILWIS، نقشه های کنطوری تهیه شده به نقشه های RASTER (رستری) تبدیل شده و با تعریف طبقات شاخص SPI ، نقشه های پهنه بندی خشکسالی بدست آمد.

به منظور مساحت یابی گسترده های خشکسالی در هر ماه، از نقشه های رستری با پیکسل هایی به مساحت یک کیلومتر مربع استفاده شده است. با مساحتی ۳۶۰ نقشه تهیه شده، جهت بهره برداری از جداول خروجی حاصله، اقدام به تهیه یک برنامه کامپیوتری در محیط FOXPRO گردید. با استفاده از این برنامه، امکان تعیین شدت متوسط خشکسالی در هر حوضه، فراهم آمد و برای هر حوضه یک سری زمانی جدید از متوسط شدت خشکسالی و یک سری زمانی از مساحتهای دچار خشکسالی حاصل گردید.

شایان توجه است که جهت محاسبه شدت متوسط خشکسالی، مساحت برآورد شده برای هر طبقه شاخص SPI در میانه شدت همان طبقه، ضرب گردیده است.

از روشهای متداول تحلیل و بررسی خشکسالی، روش *RUNS THEORY* است که در سال ۱۹۶۷ توسط یوجویچ بکار گرفته شد. روش *RUNS*، خشکسالی را با بکاربردن خواص سری های زمانی استکاستیک، تعریف و تشریح می کند

تحلیل RUNS از خشکسالی بر پایه تئوری RUNS که مربوط به متغیرهای گسسته است، قرارداد. گرچه این تئوری برای متغیرهای پیوسته نیز کاربرد دارد. تئوری RUNS بر پایه دو مفهوم کلی از فرایندهایی که با هم در ارتباطند، شکل گرفته است:

الف) فرایندهای هیدرولوژیکی که آنها را ایستا می نامند.

ب) سری های زمانی استکاستیک برای هر متغیر هیدرولوژیکی.

سری های زمانی بارش ماهانه، فرآیند های بارش را نمایش می دهند و ایستا بودن، به این معناست که پارامترهای پراکندگی (واریانس و معدل) در این فرآیندها طی زمان تغییر نمی کنند. هنگامیکه کمیت های این تئوری در تحلیل خشکسالی بکاربرده می شوند، چگونگی وقوع فرآیندهای هیدرولوژیکی را در بالا و پایین مقادیر سطح بحرانی تشریح می نمایند. در ابتدای کار، داده های اصلی می بایست، استاندارد شوند یعنی به درصدهایی از میانگین، انحراف از میانگین یا به عبارتی به مقادیر Z استاندارد شده، تبدیل گردند. مقادیر استاندارد شده بارش علاوه بر این مزیت که بی بعد هستند. قابلیت مقایسه مستقیم با مقادیر استاندارد شده جریان را نیز دارا می باشند.

شکل (۲) یک سری زمانی گویا از متغیرهای هیدرولوژیکی ناپیوسته (X) را نشان میدهد. فاصله های زمانی معادل (t) در نظر گرفته شده است که افزایش زمان (t) می تواند در قالب هفته ها، ماهها و یا سالها به تناسب شرایط و موقعیت، صورت گیرد. سطح بحرانی (X) مقداری از متغیر X است که مقادیر منفی نسبت به آن تعیین می گردد. برای تحلیل خشکسالی فقط انحرافات منفی بکار می رود اما برای انحراف مثبت جهت تحلیل ماههای تر، نیز صفات مشابهی وجود دارد. یک انحراف منفی $(X - X_0) < 0$ بیانگر وقوع خشکسالی است. سطح بحرانی هر جایی (در هر سطحی) می تواند قرار گیرد. واقع شدن سطح بحرانی، کمی پایین تر از میانگین، به این معناست که انحراف جزئی از میانگین دو محدوده نرمال تعریف شده، قرارداد. هنگامیکه در زمان $t - 1$ ، $(X - X_0) > 0$ و در زمان t ، $(X - X_0) < 0$ باشد، عبور از حد پایین رخ داده و این علامت نشانگر آغاز خشکسالی است که سطح بحرانی آنرا تعیین نموده است.

برپایه توضیحاتی که در رابطه با اصول تئوری RUNS داده شده و تعاریفی که از ویژگیها و مشخصات خشکسالی در بخش قبل ارائه گردید، به منظور استخراج منحنی هاتی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی (Serverty - Duration - Frequency)، برای تمامی ایستگاههای منطقه و سری های زمانی متوسط شدت خشکسالی در هر حوضه، برنامه کامپیوتری در محیط FOXPRO تهیه گردید. با بکارگیری این برنامه کامپیوتری برای هر ایستگاه و هر حوضه، خشکسالی با تداوم یک ماهه با بالا استخراج شد.

جدول (۳) شدت خشکسالی با تداوم های مختلف را نشان می دهد.

پس از تعیین شدت خشکسالی با تداوم های مختلف برای هر ایستگاه و حوضه به منظور تحلیل فراوانی وقوع رخدادهای خشکسالی در دوره بازگشت های مختلف از توزیع های آماری مناسب استفاده گردید. برپایه تحقیقات و بررسی های انجام شده (تامپسون ۱۹۹۹) توزیع احتمالی تیپ سه گمبل (که توزیع ویبول نیز نامیده می شود) با ارقام سری های حداقل سالانه، مطابقت مناسبی دارد. به همین دلیل با بکاربردن نرم افزار Minitab، مقادیر شدت خشکسالی هر یک از تداوم ها، برای دوره بازگشت های ۲،۵،۱۰،۲۵،۵۰ و ۱۰۰ ساله از طریق توزیع احتمالی ویبول محاسبه و اقدام به ترسیم منحنی های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی برای تمامی ایستگاهها و حوضه های منطقه گردید. شایان ذکر است که به علت محدودیت تعداد داده های مربوط به خشکسالی، با تداوم سه ماهه به بالا امکان رسم این منحنی ها برای تداوم های بالاتر از سه ماه وجود نداشت. اشکال (۵، ۴، ۳، ۲) منحنی های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی را برای حوضه های سپیدرود، دز و ارس نمایش می دهند.

به منظور تهیه نقشه های پهنه بندی خشکسالی، به همان شیوه ای که نقشه های ماهانه خشکسالی ترسیم گردیدند، عمل شد. بدین طریق که ابتدا برای تداوم های یک ماهه و دو ماهه نقشه های نقطه ای (point map) که مختصات دار شده و حاوی اطلاعات شدت خشکسالی در دوره بازگشت های مختلف بودند، تهیه و سپس با بهره گیری از این نقشه ها در محیط Arc view (با استفاده از روش Tpss با توان ۲) اقدام به تهیه نقشه های کنتوری گردید. مجدداً با استفاده از نرم افزار ILWIS، نقشه های کنتوری به دست آمده را به نقشه های رستری تبدیل کرده و با تعریف طبقات شدت شاخص SPI، نقشه های پهنه بندی شدت خشکسالی برای تداوم های یک ماهه و دو ماهه در دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ سال ترسیم شد. اشکال (۶ و ۷) نمونه هایی از نقشه های پهنه بندی شدت خشکسالی را نمایش می دهند.

نتیجه گیری:

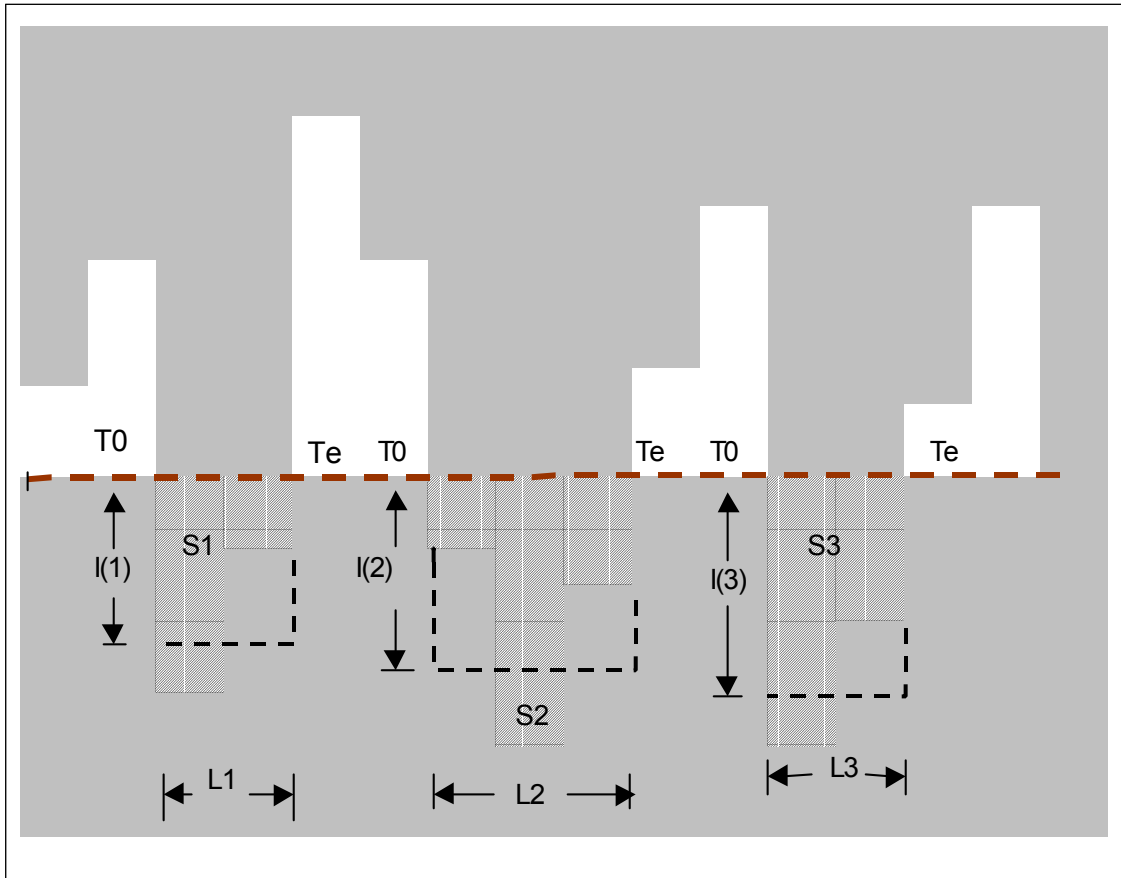
طی اقدامات انجام شده در این تحقیق مشخص شده که شاخص بارش استاندارد، به علت تبعیت از توزیع نرمال، تناوب وقوع خشکسالی های حدی را برای بخشهای مختلف منطقه به خوبی نشان میدهد. در صورت استخراج یک سری زمانی از شدت متوسط ماهانه این شاخص، می توان با بکارگیری تئوری RUNS، منحنی های شدت، تداوم و فراوانی را برای حوضه های آبریز، نیز رسم نمود. با بررسی های منحنی بدست آمده از شش حوضه غرب و شمال غرب کشور، مشخص گردید که حوضه های سپیدرود، دز و ارس به ترتیب بیش از حوضه های دیگر در معرض وقوع خشکسالی های حدی و فراگیر قرار دارند.

همچنین با بررسی جداول و منحنی های شدت، تداوم و فراوانی تهیه شده برای ایستگاههای منطقه مشخص شد که وقوع خشکسالی با تداوم های یک تا سه ماهه، حتی در ایستگاههای واقع در مناطق نیمه مرطوب، پدیده ای معمول و بازگشت کننده است که با افزایش تداوم خشکسالی از تعداد رخدادهای آن کاسته می شود و این در حالی است که شدت متوسط رخدادهای افزایش نمی یابد. به عبارت دیگر می توان گفت که شدید ترین خشکسالی ها، تداومی کمتر از سه ماه داشته اند. بنابر مطالب عنوان شده، در یک جمع بندی کلی می توان چنین اظهار نمود که نقشه های پهنه بندی خشکسالی و منحنی های شدت، تداوم و فراوانی ابزارهای کارآمدی در تحلیل وضعیت خشکسالی های اقلیمی بوده و می توان از آنها در برنامه ریزی منابع آب مناطق مختلف کشور در سطح قابل توجهی بهره برد.

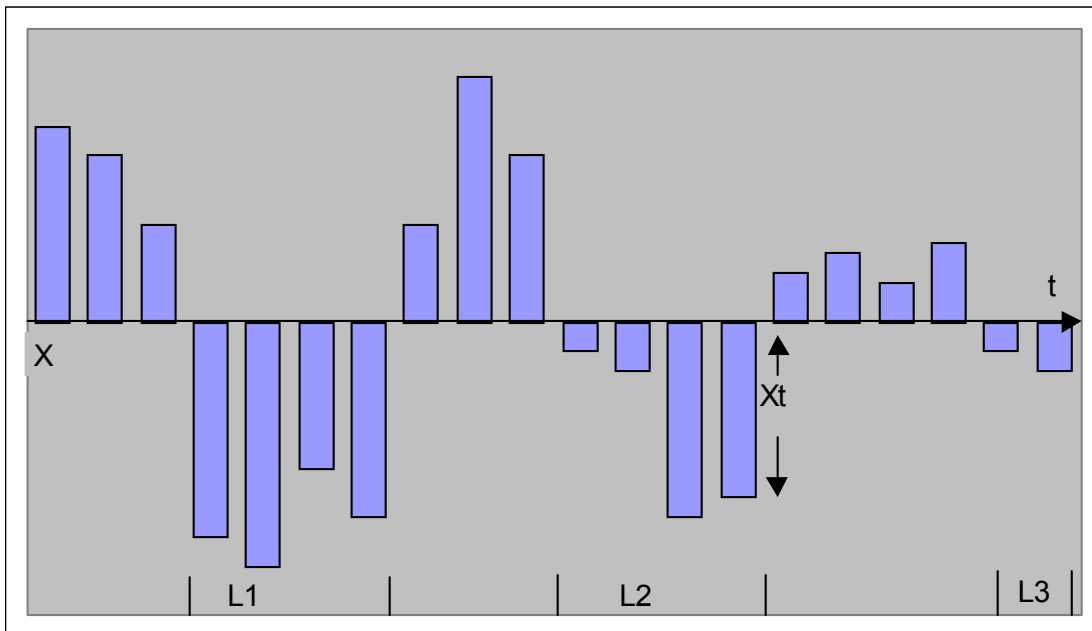
منابع:

- 1- Arved , J . r “An advanced introduction to hydrological processes and modelling pergamon press”, PP . 275-276, 1979.
- 2- Byun ,H . R . and wilhite , D . A ., Daily Quantification of Drought severity and Duration , Articles Reports , national Drought Mitigation center at university of nebraska , 1998
- 3- Hoyes ,M . j , Drought indices , climate impacts specialist , national drought mitigation center , U.S.A , 1999 .
- 4- Hayes ,M .J ., svoboda , M .D ., Wilhite , D . A ., and vanyarkho , O . V ., Monitoring the 1996 Drought using the standardized precipitation Index , Bulletin of the american meteorological society , vol . 80 , NO . 3 , PP.429-438 , March 1999
- 5- Rossi , G ., Bendini , M ., Tsakiris , G ., And Giakoumakis , S ., on Regional drought Estimation and Analysis , water resources management , NO .6,PP.249-277,1992
- 6- Sharma , T . C ., Drought parameters in Relation to Truncation levels , Hydrological processes , NO .14 , PP . 1279-1288 , 2000.
- 7- Thompson , S . A ., Hydrology for water management , A-Balkema , rotterdam , 1999.

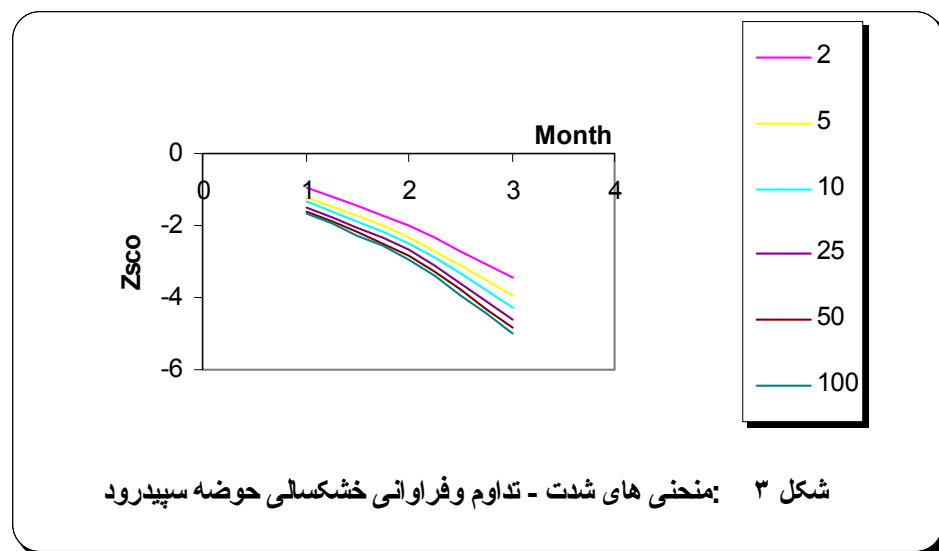
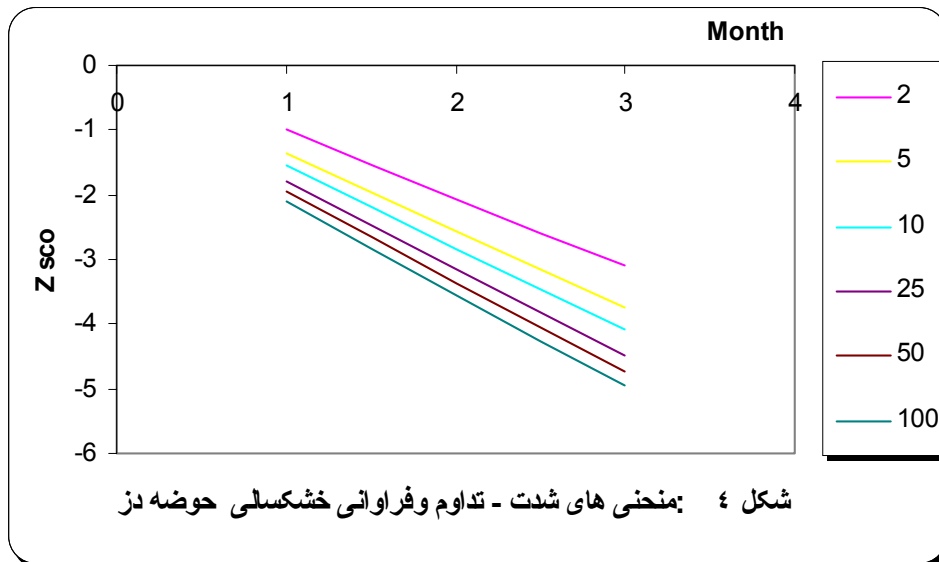
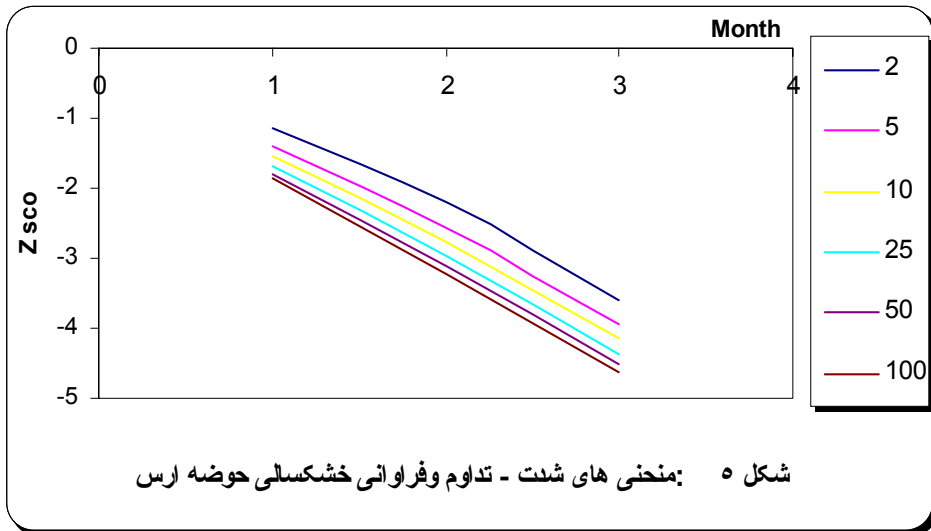
- ۸- تلوری، عبدالرسول، جزوه درسی مدیریت سیلاب و خشکسالی دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۸
- ۹- رضی، طیب، ” استخراج منحنی های شدت — تداوم — فراوانی و نقشه های هم شدت خشکسالی “ مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۱۴۱-۱۲۵، دانشگاه زابل، اسفند ۱۳۸۰
- ۱۰- فرج زاده اصل، منوچهر. تحلیل و پیش بینی خشکسالی در ایران. رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.
- ۱۱- لشنی زند، مهران، ” پهنه بندی خشکسالی های اقلیمی در استان لرستان با بکارگیری شاخص های آماری “ مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۱۳۱-۱۰۹، دانشگاه زابل، اسفند ۱۳۸۰.

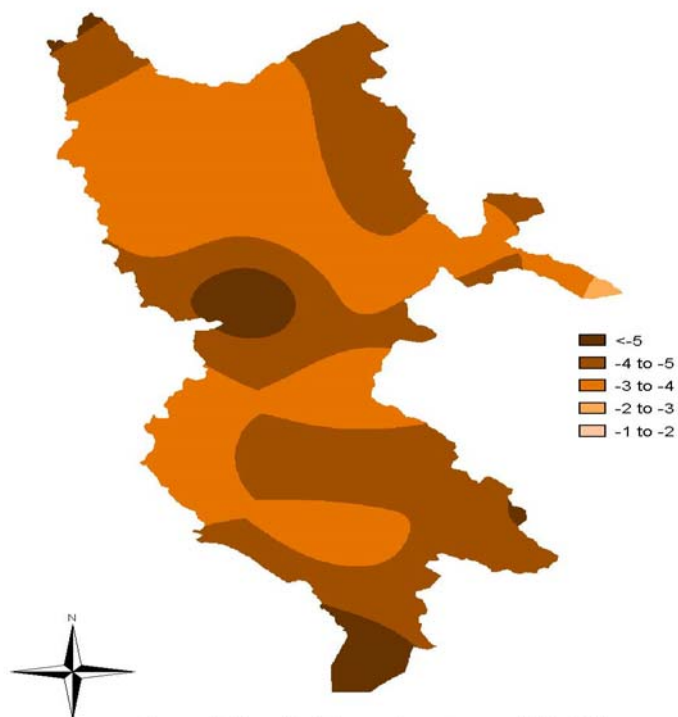


شکل (۱) نمودار ویژگیهای خشکسالی

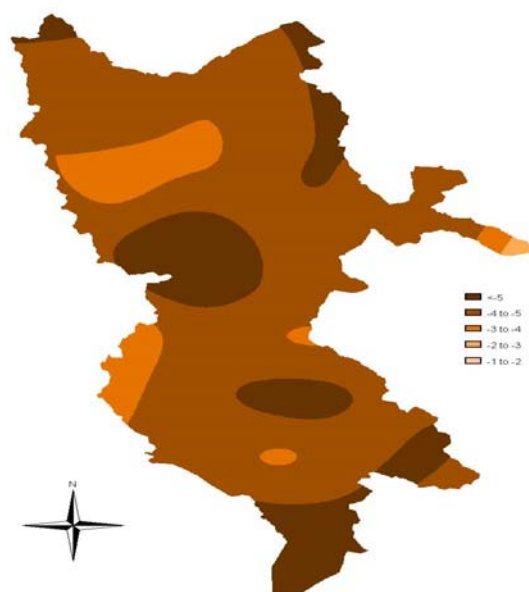


شکل (۲) ویژگیهای تئوری runs برای یک متغیر نا پیوسته هیدرولوژیکی





شکل ۶ نقشه بهنه بندی شدت خشکسالی با تداوم دو ماهه و دوره برگشت ۲۵ سال



شکل ۷ نقشه بهنه بندی شدت خشکسالی با تداوم دو ماهه و دوره برگشت ۱۰۰ سال

