دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تحلیل فراوانی منطقه‌ای خشکسالی هواشناسی در حوزه‌ی کارون یک

سید جواد ساداتی نژاد[۱]، سید حسن علوی‌نیا[۲]، رقیه عابدی[۳]، افشین هنربخش[۴] و خدایار عبدالهی[۵]

۱- دانشیار، دانشگاه تهران
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه کاشان، (نویسنده مسوول: s.h.alavinia@yahoo.com)
۳- کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
۴ و ۵- دانشیار و مربی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۷

چکیده

با توجه به وجود نوسانات شدید بارش‌های مناطق مختلف کشور، خشکسالی‌ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی و یا به عبارتی کاهش بارش‌های جوی نسبت به میانگین دراز مدت رخ می‌دهند و اثرات زیانباری را بر بخش کشاورزی و اقتصاد نواحی تحمیل می‌نمایند. خشکسالی هواشناسی یکی از انواع خشکسالی است که در ابتدایی‌ترین مراحل پدیده‌ی خشکسالی به وقوع می‌پیوندد. در این مطالعه با استفاده از نمایه بارش استاندارد شده وضعیت خشکسالی هواشناسی منطقه بررسی شده و از روش گشتاورهای خطی برای آنالیز فراوانی منطقه‌ای استفاده شده است. برای آنالیز منطقه‌ای به روش گشتاور خطی از برنامه‌ی توسعه داده شده توسط هاسکینگ، استفاده شده است. با بررسی معیار ناجوری و معیار درجه‌ی همگنی، مشخص شد که یکی از ایستگاه‌های موجود در حوزه‌ی کارون یک، دارای معیار ناجوری می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از معیار نکویی برازش نشان داد که توزیع پیرسون نوع سوم می‌تواند برازش ناحیه‌ای خوبی برای کل منطقه داشته باشد. بنابراین می‌توان برای تحلیل منطقه‌ای نمایه‌های خشکسالی در این ناحیه از این توزیع استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هواشناسی، SPI، روش گشتاورهای خطی، توزیع پیرسون نوع سوم

مقدمه

واضح است که شناخت ابعاد مختلف رخداد خشکسالی، در ترسیم راه حل‌های مقتضی در مواجهه با مسئله‌ی خشکسالی بسیار اساسی و کارگشا تلقی می‌شود، از این رو شناخت خصوصیات آماری، علل وقوع و احتمال رخداد آن در آینده از اهم مطالعات مربوط به آب و هواشناسی مناطق، بویژه نواحی خشک محسوب می‌شود. خشکسالی پدیده‌ای است که به‌صورت نامرئی و خیلی بطئی خود را نشان می‌دهد و به همین دلیل به آن بلای خزنده گفته می‌شود (۲). ارتباط خشکسالی با هواشناسی امری بدیهی است اما خشکسالی یک پدیده مطلق نبوده بلکه کمبود نسبی رطوبت می‌باشد. خشکسالی باید در مقایسه با شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی متوسط در دراز مدت مورد ارزیابی قرار گیرد. به علاوه زمان و تاثیر بارش نیز مهم می‌باشد. دیگر پدیده‌های اقلیمی مانند درجه حرارت زیاد، رطوبت نسبی کم نیز در اغلب موارد با خشکسالی در بسیاری از مناطق جهان توام می‌باشد و می‌توانند به‌نحو قابل ملاحظه‌ای شدت آن را افزایش دهند. خشکسالی را نباید تنها به‌عنوان یک پدیده فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت. اثر آن روی اجتماع، حاصل اندرکنش میان یک پدیده طبیعی و نیاز آبی مردم می‌باشد. انسان‌ها موجب تشدید اثرات خشکسالی می‌شوند. خشکسالی‌های اخیر در کشور در حال توسعه بوده است و عواقب اقتصادی و زیست محیطی آنها به وضوح آسیب‌پذیری تمامی جوامع را به یک خطر طبیعی نشان می‌دهد (۱۷). از دیدگاه متخصصان تعاریف گوناگونی برای کلمه خشکسالی ارائه شده است. یکی از جامع‌ترین و کامل‌ترین تعاریف در مورد خشکسالی توسط پالمر در سال ۱۹۶۶ ارائه شده است. به‌نظر وی خشکسالی عبارت است از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی (۸). واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به انحراف نمایه مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود. ویلهایت و گلانتز (۱۱) خشکسالی‌ها را به چهار دسته‌ی هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی-اجتماعی طبقه‌بندی می‌کنند. خشکسالی هواشناسی یکی از مهم‌ترین انواع خشکسالی‌ها می‌باشد که بررسی، پیش‌بینی و برآورد احتمال وقوع آن به‌عنوان سرآغاز پدیده خشکسالی می‌تواند تا حد بسیار زیادی از خسارات این رخداد طبیعی بکاهد و در مدیریت بحران کمک فراوانی به مسئولین امر داشته باشد. خشکسالی هواشناسی به دلیل کمبود و یا کاهش مقدار بارندگی در طی دوره‌ای از زمان بوجود می‌آید. به عبارتی خشکسالی هواشناسی زمانی حادث می‌شود که میزان بارندگی سالانه کمتر از میانگین دراز مدت آن باشد. این کمبود بارندگی ممکن است نسبت به میانگین نرمال یک منطقه اقلیمی و یا طول دوره‌ی خشک ارزیابی گردد.

بارندگی به‌عنوان بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک است که تغییرات آن به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می‌تواند در بررسی خشکسالی به‌ویژه خشکسالی هواشناسی مورد توجه قرار گیرد (۱۳). یکی از روش‌های بررسی خشکسالی هواشناسی، استفاده از نمایه بارش استاندارد شده می‌باشد. *SPI*[1] یا نمایه بارش استاندارد شده در سال ۱۹۹۳ توسط مک‌کی و همکاران (۷) به‌منظور پایش خشکسالی اقلیمی ابداع گردید. نمایه *SPI* در تعیین کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف (۲، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه) طراحی شده است. ویژگی دیگر شاخص *SPI* این است که بر اساس آن می‌توان آستانه خشکسالی را برای هر دوره زمانی تعیین کرد. بنابراین براساس این شاخص علاوه بر محاسبه شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می‌توانیم تعیین نماییم. شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی می‌باشد و به‌منظور هشدار اولیه و پایش شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد. این شاخص برای کمی نمودن کمبود بارش در بازه‌های زمانی چندگانه طراحی شده است (۲).

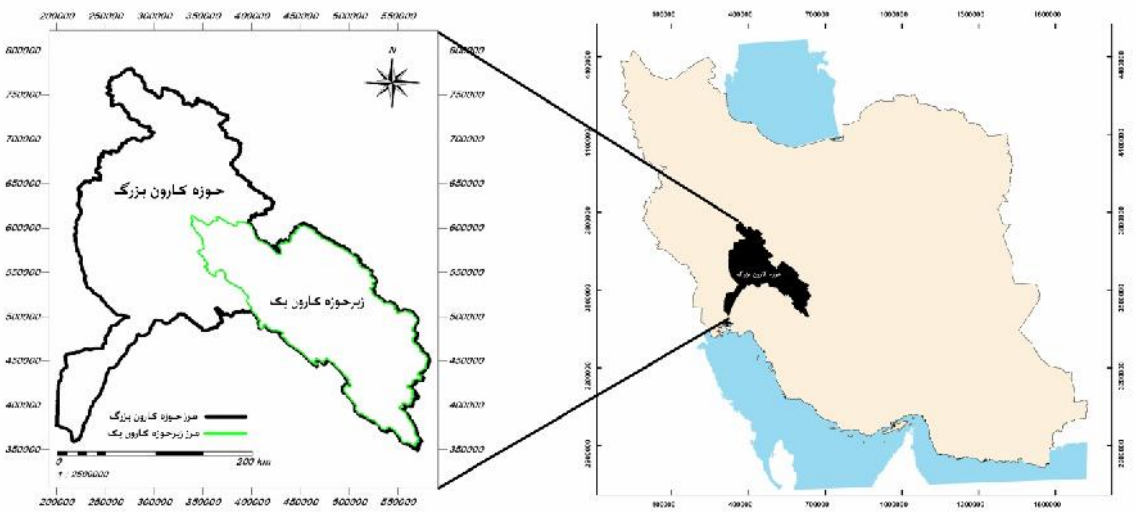
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کارون یک بخشی از حوزه آبخیز کارون بزرگ و تقریباً قسمت اعظمی از سرشاخه‌های رود کارون را تشکیل می‌دهد که از نقطه نظر موقعیت جغرافیایی با توجه به سیستم تصویر UTM[2] در محدوده‌ی عرض‌های شمالی ۳۳۵۰۵۱۰ تا ۳۶۱۲۱۱۲/۱ و طول‌های شرقی ۳۴۴۴۰۸/۶ تا ۵۹۵۳۳۹/۶ واقع شده است (شکل ۱).

حوزه‌ی آبخیز کارون یک با مساحتی بالغ بر ۲/۷۰۷/۲۰۰ هکتار (تا محل سد شهید عباسپور) یکی از حوزه‌های بزرگ آبریز خلیج فارس است که به‌ترتیب استان‌های چهارمحال و بختیاری (۵۴/۰۲ درصد)، اصفهان (۱۹/۵۳ درصد)، کهگیلویه و بویراحمد (۱۶/۰۹ درصد)، خوزستان (۹/۳۶ درصد) و فارس (۱ درصد) از سطح حوزه را در بر می‌گیرند.

داده‌های مورد استفاده

با توجه به اینکه در این مطالعه به بررسی خشکسالی پرداخته شده است، نیاز به داده‌های طولانی مدت احساس می‌شد. بر این اساس ۲۵ ایستگاه باران‌سنجی انتخاب گردید که مشخصات آنها در جدول ۲ نشان داده شده است (شکل ۲). دوره‌ی آماری مورد مطالعه، یک دوره آماری ۳۴ ساله (سال‌های آماری ۵۱-۵۰ تا ۸۴-۸۳) می‌باشد. سپس با استفاده از نمایه SPI وضعیت خشکسالی هواشناسی در هر سال مشخص گردید که با حذف ترسالی‌ها، تعداد سال‌های خشک در هر ایستگاه معین گردید (جدول ۲).



شکل ۱- موقعیت حوزه کارون بزرگ در ایران و حوزه کارون یک نسبت به حوزه کارون بزرگ

مواد و روش‌ها

نمایه استاندار شده بارش (*SPI*) یک ابزار قوی در آنالیز داده‌های بارندگی می‌باشد. هدف اصلی *SPI* اختصاص ارزش عددی به هر حادثه بارندگی در مقیاس زمانی معین می‌باشد که بتوان نواحی با آب و هوای کاملاً متفاوت را مقایسه کرد.

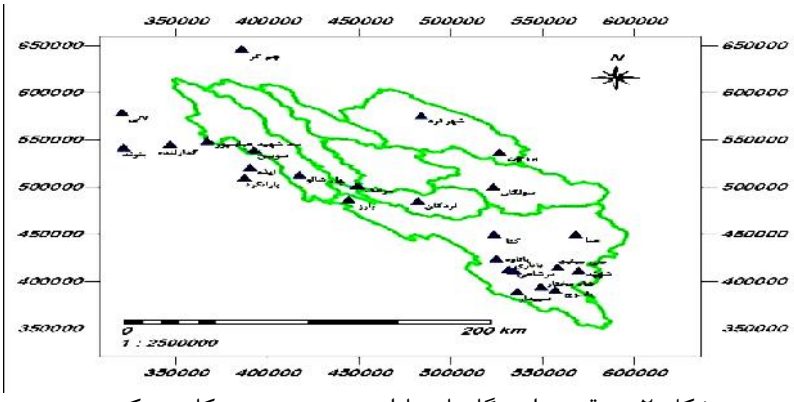
1- Standardized Precipitation Index

2- Universal Transverse Mercator

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

جدول ۲- مشخصات، تعداد سال‌های خشک و میانگین نمایه SPI ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه‌ی کارون یک

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع ازسطح دریا (m)	طول جغرافیایی (UTM)	عرض جغرافیایی (UTM)	سال‌های خشک	میانگین نمایه SPI
۱	بارانگرد	۸۲۵	۵۵°۴۸'	۳۱°۴۳'	۱۶	-۰/۸۹
۲	بارز	۸۱۵	۵۶°۲۴'	۳۱°۳۰'	۱۸	-۰/۷۷
۳	باتاری	۱۵۲۰	۵۶°۳۷'	۳۱°۵۷'	۱۷	-۰/۸۲
۴	بتوند	۱۴۰	۵۵°۰۷'	۳۱°۵۷'	۱۵	-۰/۸۲
۵	بروجن	۲۱۴۰	۵۶°۴۳'	۳۱°۵۸'	۱۵	-۰/۸۳
۶	چم گز	۳۸۰	۵۵°۴۶'	۳۲°۵۷'	۱۸	-۰/۷۷
۷	دره شاهی	۱۵۷۰	۵۶°۳۷'	۳۲°۵۷'	۱۷	۰/۸۶
۸	گدارلنده	۲۶۰	۵۵°۲۲'	۳۱°۰۲'	۱۸	-۰/۷۵
۹	حنا	۲۳۰۰	۵۶°۱۷'	۳۱°۱۰'	۱۷	-۰/۸۱
۱۰	ایذه	۷۶۴	۵۵°۵۰'	۳۱°۴۹ '	۱۶	-۰/۷۸
۱۱	کتا	۱۶۰۰	۵۶°۴۵'	۳۱°۱۰ '	۱۹	-۰/۷۶
۱۲	لالی	۳۹	۵۵°۰۶'	۳۲°۲۰'	۱۶	-۰/۸۸
۱۳	لردجان	۱۵۸۰	۵۶°۴۹'	۳۱°۳۰'	۱۷	-۰/۸۰
۱۴	مرغک	۸۶۰	۵۵°۲۸'	۳۱°۳۹'	۱۵	-۰/۸۶
۱۵	پتاوه	۱۵۴۰	۵۶°۴۴'	۳۰°۵۷'	۲۰	-۰/۶۶
۱۶	پل شالو	۷۰۰	۵۶°۰۸'	۳۱°۴۵'	۱۸	-۰/۷۷
۱۷	سد شهیدعباسپور	۸۲۰	۵۵°۳۶'	۳۲°۰۴ '	۱۶	-۰/۷۹
۱۸	سپیدار	۲۱۰۰	۵۶°۳۷'	۳۱°۳۸'	۲۰	-۰/۷۱
۱۹	شهید	۲۲۲۰	۵۶°۱۶'	۳۰°۵۰'	۲۰	-۰/۷۰
۲۰	شاه‌مختار	۱۷۳۰	۵۶°۲۹'	۳۰°۴۱'	۱۵	-۰/۸۸
۲۱	شهرکرد	۲۰۵۰	۵۶°۵۰'	۳۲°۱۹'	۱۷	-۰/۸۱
۲۲	سی‌سخت	۲۱۴۰	۵۶°۲۳'	۳۰°۵۲'	۱۷	-۰/۸۴
۲۳	سولگان	۲۱۵۰	۵۶°۴۵'	۳۱°۳۸'	۱۷	-۰/۷۶
۲۴	سوسن	۶۰۰	۵۵°۵۲'	۳۱°۵۹'	۱۱	-۰/۸۰
۲۵	یاسوج	۱۸۲۱	۵۶°۲۴ '	۳۰°۳۹ '	۱۵	-۰/۹۰



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی در حوزه کارون یک

به تجربه ثابت شده است که توزیع احتمال بارش در یک ایستگاه غالب از تابع توزیع احتمال گاما پیروی می‌کند. تابع چگالی احتمال این توزیع به‌صورت زیر است (۶):

$$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \qquad x > 0 \qquad (۱)$$

که در این توزیع x مقدار متغیر هواشناسی، α پارامتر شکل و پارامتر مقیاس توزیع و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما است که رابطه آن به‌صورت زیر است:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} dy \qquad (۲)$$

ظرایب α و β بهینه نیز از طریق روابط زیر حساب می شوند:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right] \qquad (۳)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \qquad (۴)$$

که در آن:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \qquad (۵)$$

که n تعداد مشاهدات بارش، $\bar{x}$ میانگین متغیر و $\hat{\alpha}$ و $\hat{\beta}$ به ترتیب مقادیر بهینه شده α و β می باشند.

برای محاسبه نمایه *SPI* ابتدا یک توزیع گاما با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

پارامترهای محاسبه شده به اطلاعات بارش هر ایستگاه برازش داده می‌شود. پارامترهای α و β برای هر سری بارش باید بطور جداگانه محاسبه شود. در محاسبه‌ی نمایه *SPI* از تابع توزیع احتمال تجمعی استفاده می‌شود که احتمال تجمعی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$F(x) = \int_0^x f(x)\,dx = \frac{1}{\beta\Gamma(\hat{\alpha})}\int_0^x x^{\hat{\alpha}-1}e^{-x/\beta}\,dx \quad (۶)$$

گام بعدی در محاسبه *SPI*، انتقال احتمال تجمعی از توزیع گامای بدست آمده به توزیع نرمال استاندارد تجمعی با میانگین صفر و انحراف از معیار یک می‌باشد. از این طریق نمایه *SPI* که متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد می‌باشد، از توزیع گاما به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌شود. در واقع *SPI* عبارت است از متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد که مقدار احتمال تجمعی متغیر مورد نظر از تابع توزیع بدست آمده مساوی باشد. بهترین حالت انتقال یک متغیر از یک توزیع آماری به توزیع آماری دیگر، انتقال هم احتمال می‌باشد که در آن احتمال‌های کمتر یا مساوی دو متغیر از دو توزیع برابر با هم فرض می‌شوند. با توجه به نمایه *SPI* که برای هر سری جداگانه محاسبه می‌گردد، در مورد وضعیت خشکسالی اظهارنظر می‌شود. معمولاً از جدولی مانند جدول ۱ به‌عنوان معیار اظهار نظر استفاده می‌گردد (۶).

جدول ۱- وضعیت خشکسالی متناظر با مقادیر نمایه SPI

وضعیت خشکسالی هواشناسی	نمایه SPI
شدیداً مرطوب	۲ و بیشتر
بسیار مرطوب	بین ۱/۵ تا ۱/۹۹
مرطوب متوسط	بین ۱ تا ۱/۴۹
نزدیک نرمال	بین ۰/۹۹- تا ۰/۹۹
خشک متوسط	بین ۱/۰- تا ۱/۴۹-
بسیار خشک	بین ۱/۵- تا ۱/۹۹-
شدیداً خشک	۲- و کمتر

علم آمار به ما کمک خواهد کرد تا نمایه‌های مختلفی که نشان‌دهنده‌ی خصوصیات حوزه می‌باشند محاسبه شوند. سپس به کمک علم احتمالات از این نمایه‌ها استفاده شده و احتمال وقوع آنها در آینده محاسبه می‌شود. یکی از روش‌های جدید که برای برآورد این نمایه‌ها استفاده می‌شود روش گشتاورهای خطی می‌باشد.

در سال‌های اخیر روش گشتاورهای خطی توسط هاسکینگ معرفی شد (۴) که این روش در بسیاری از موارد برای آنالیز فراوانی منطقه‌ای در زمینه‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. از این روش در علم هیدرولوژی برای تعیین نمایه‌های توزیع آماری، تشخیص توزیع‌های آماری مناسب برای داده‌های نمونه (برازش نکویی)، تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک و تحلیل منطقه‌ای استفاده می‌شود.

گشتاورهای خطی:

روش گشتاورهای خطی اصلاح شده روش گشتاورهای وزنی احتمال (*PWM*)[1] می‌باشد که توسط گرین وود و همکاران معرفی شد (۲). گشتاورهای خطی توابعی از گشتاورهای وزنی احتمال می‌باشند. گشتاورهای خطی مناسب‌تر و آسان‌تر از گشتاورهای وزنی احتمال هستند، چون می‌توانند مستقیماً به‌عنوان اندازه‌هایی از مقیاس و شکل توزیع‌های احتمال تشریح شوند و از این نظر آنها مشابه و قابل قیاس با گشتاورهای متداول می‌باشند. هاسکینگ و والیس (۵) به شرح زیر روابط را ارائه کردند:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (۷)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (۸)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (۹)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (۱۰)$$

در اینجا λr گشتاورهای خطی و βr گشتاورهای وزنی است که به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\beta_r = \int_0^1 x(F)\,F^r\,dF \quad (۱۱)$$

که در اینجا x متغیر مورد نظر و F احتمال عدم تجاوز و r عدد حقیقی و مرتبه‌ی F می‌باشد.

نسبت گشتاورهای خطی که قابل مقایسه با نسبت گشتاورهای متداول می‌باشند، توسط هاسکینگ به‌صورت معادله‌های زیر ارائه شده است (۴):

$$\tau = \lambda/\lambda_1 \quad (۱۲)$$

$$\tau_r = \lambda_r/\lambda_2 \qquad r \geq 3 \quad (۱۳)$$

که در آن λ_1 اندازه یا معیار موقعیت، λ_2 به‌عنوان اندازه‌هایی از مقیاس یا پراکندگی متغیرهای تصادفی است، τ اندازه یا معیار مقیاس و پراکنش (LC_V)، τ_3 اندازه یا معیار چولگی (LC_S) و τ_4 اندازه یا معیار گشیدگی (LC_K) می‌باشد.

هاسکینگ نشان داد که برای r بزرگتر یا مساوی ۳، قدرمطلق τ_r کمتر از یک خواهد بود. علاوه براین اگر

1- Probability Weighted Moments

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

$x \geq 0$ باشد، بطور حتم τ یا ضریب تغییرات خطی x رابطه‌ی $0 < \tau < 1$ را ارضا می‌کند (۴).
محدود شدن نسبت گشتاورهای خطی یک مزیت است (۴)، چون تفسیر معیارهایی نظیر τ_3 بخاطر اینکه در فاصله‌ی (۱ و ۱-) قرار می‌گیرد خیلی آسان‌تر است نسبت به ضریب چولگی متداول که مقادیر بیشتری را نیز می‌توان اختیار کند.

تعیین مناطق همگن

این مناطق شامل ایستگاه‌هایی هستند که در یک گروه قرار می‌گیرند. اعضای این گروه دارای خصوصیات مشابهی می‌باشند. در شکل‌گیری و ادغام یک گروه تمام ایستگاه‌هایی که خصوصیات مشابه زیادی دارند دخیل هستند. یکی از این تشابهات بر اساس محاسبه‌ی فاصله‌ی هندسی در یک فضای چند بعدی می‌باشد (۹،۱). در این مطالعه برای همگنی ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه‌ی کارون یک از روش گشتاور خطی هاسکینگ و والیس استفاده شده است.

معیار ناجوری

برآوردهای معیار ناجوری، D_i ، چگونگی دوری یک مکان معین از مرکز گروه را مشخص می‌کند. معیار ناجوری یا ناهماهنگی (D_i) بوسیله‌ی معادله‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$D_i = \frac{1}{3}(u_i - \bar{u})^T S^{-1}(u_i - \bar{u}) \quad (۱۴)$$

اگر بردار u_i شامل مقادیر LC_V، LC_S و LC_K برای مکان (i) باشد، بنابراین متوسط گروه برای N_S مکان توسط معادله‌ی زیر مشخص می‌شود.

$$\bar{u} = \frac{1}{N_S}\sum_{i=1}^{N_S} u_i \quad (۱۵)$$

$$S = (N_S - 1)^{-1}\sum_{i=1}^{N_S}(u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (۱۶)$$

که N_S تعداد ایستگاه‌ها در گروه می‌باشد.
اگر D_i بزرگ باشد مکان i را غیرعادی اظهار می‌کنیم. بطور کلی یک معیار مناسب برای طبقه‌بندی اینکه یک ایستگاه ناجور است یا نه، این است که D_i بزرگتر یا مساوی ۳ باشد.

معیار غیرهمگنی

معیار غیرهمگنی آماره‌ای است که قصد برآورد درجه غیرهمگن در یک گروه از مکان‌ها و ارزیابی اینکه آیا آنها می‌توانند بطور معقول به‌عنوان یک گروه همگن قرار بگیرند یا نه را دارد. به‌ویژه اینکه معیار غیرهمگنی، تغییرات بین مکانی گشتاورهای خطی نمونه را برای گروهی از مکان‌ها با مقدار مورد انتظار برای یک ناحیه همگن مقایسه می‌کند. این آماره برای تست همگنی سه معیار ناجوری (H) شامل H_1، H_2 و H_3 که به‌ترتیب به پراکنش LC_V، LC_V-LC_S و LC_V-LC_V وابسته هستند استفاده می‌شود. یک ناحیه هنگامی غیرهمگن است که H_i به اندازه کافی بزرگ باشد. هاسکینگ و والیس پیشنهاد کردند که یک ناحیه وقتی می‌تواند "ناحیه همگن قابل قبول" باشد اگر H_i کمتر از ۱ باشد و می‌تواند "ناحیه نسبتاً غیرهمگن" باشد اگر H_i بین ۱ و ۲ باشد و به‌عنوان "ناحیه مشخصاً غیرهمگن" خواهد بود اگر H_i بزرگتر از ۲ باشد. هاسکینگ و والیس مشاهده کردند که آماره‌های H_2 و H_3 فاقد توان لازم برای تفکیک بین نواحی همگن و غیرهمگن بوده و اینکه آماره‌ی H_1 براساس LC_V بیشترین توان را برای افتراق دارد. بنابراین آماره‌ی H_1 به‌عنوان نمایه اساسی برای غیرهمگنی توصیه شده است (۵).

آزمون نکویی برازش

هاسکینگ و والیس یک معیار نکویی برازش براساس $\bar{t}_r$، متوسط ناحیه‌ای کشیدگی خطی نمونه، ارائه کردند که بیشتر برای توزیع‌های سه پارامتری بکار می‌رود. چون تمام توزیع‌های سه پارامتری برازش داده شده به داده‌ها در نمودار LC_S در مقابل LC_K دارای t_3 مشابه هستند، کیفیت برازش بوسیله‌ی اختلاف بین متوسط ناحیه‌ای $\bar{t}_4$ و مقدار τ_4^{DIST} مربوط به توزیع برازش داده شده می‌تواند مورد قضاوت قرار گیرد. آماره‌ی Z^{DIST} برای انتخاب تابع توزیع به‌صورت زیر مشخص می‌شود (۵):

$$Z^{DIST} = (\bar{t}_4 - \tau_4^{DIST})/\sigma_4 \quad (۱۷)$$

که معیاری برای برازش نکویی می‌باشد و در آن σ_4 انحراف استاندارد $\bar{t}_4$ است. مقدار σ_4 را می‌توان با شبیه‌سازی بعد از برازش دادن یک توزیع کاپا به مشاهدات بدست آورد (۳).
برازش را زمانی می‌توان مناسب و صحیح اعلام کرد که Z^{DIST} به اندازه‌ی کافی به صفر نزدیک باشد. معیار معقول و مناسب برای این امر این است که $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ باشد. Z^{DIST} را می‌توان با استفاده از برنامه‌نویسی فرترن انجام داد که روتین‌های فرترن برای استفاده از روش گشتاورهای خطی توسط هاسکینگ توسعه داده شده است (۵).

نتایج و بحث

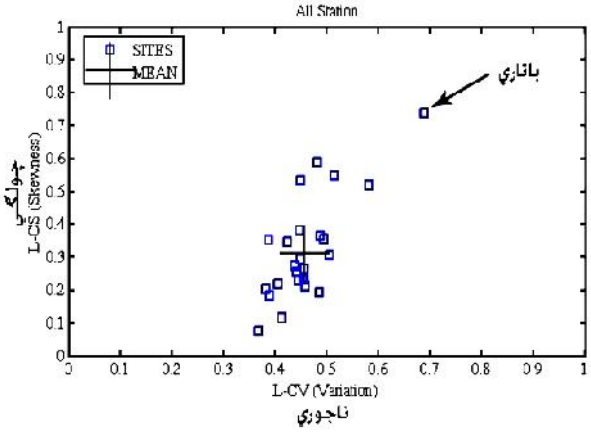
نمودارهای نسبت گشتاورها:

نمودار نسبت گشتاورهای خطی LC_V-LC_s برای ایستگاه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودار نسبت گشتاورهای خطی LC_S-LC_K نیز برای این ایستگاه‌ها به همراه روابط نظری برای چند توزیع سه پارامتری در شکل ۴ نشان داده شده است. نمودار نسبت گشتاورها (*MRD*)[1] یک روش آسان برای شناسایی همگنی ناحیه‌ای یک منطقه می‌باشد (۱۰). با مقایسه و بررسی چشمی نمودار گشتاور خطی و آزمون برازش نکویی آن می‌توان به همگن بودن یا نبودن منطقه پی برد. شکل ۳ و ۴ نمودار نسبت گشتاورها را

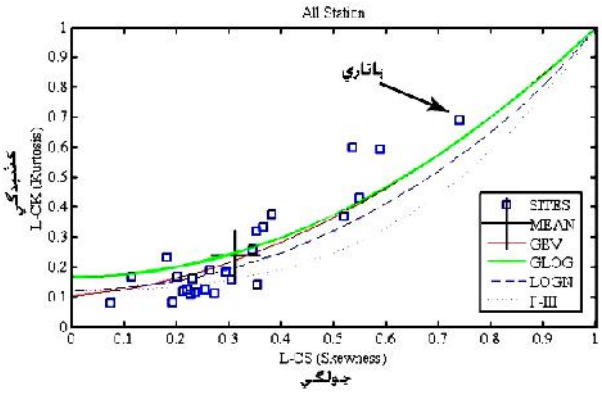
1- Moments Ratio Diagram

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

برای کل ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد و مهم‌ترین تابع توزیع سه پارامتری را بررسی می‌کند. نمودار نسبت گشتاورها یک روش گرافیکی برای بررسی توزیع‌های ناحیه‌ای می‌باشد، ولی روش مناسب و کافی برای شناسایی مناطق همگن نمی‌باشد. روش‌های دیگری برای شناسایی مناطق همگن توسط هاسکینگ و والیس معرفی شده است که در ابتدا به معرفی دو آماره از آنها پرداخته شد.



شکل۳- نمودار نسبت گشتاورها (LC_V-LC_s) برای ایستگاه‌های منتخب باران‌سنجی حوزه‌ی کارون یک



شکل۴- نمودار نسبت گشتاورها (LC_S-LC_K) برای ایستگاه‌های منتخب بارانسنجی حوزه‌ی کارون یک

پس از محاسبه نمایه خشکسالی *SPI* برای هر ایستگاه که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است، گشتاورهای وزنی احتمال به‌همراه گشتاورهای خطی برای سال‌های خشک هر ایستگاه محاسبه شد. برای به‌دست آوردن گشتاورهای بدون بعد، گشتاورهای خطی هر مکان به میانگین داده‌ها در همان مکان تقسیم شده است. همچنین نسبت گشتاورهای خطی به‌همراه متوسط ناحیه‌ای آنها محاسبه شده است (جدول ۳). در ادامه مشخص گردید ایستگاه باتاری، معیار ناجوری را شامل می‌شود و به همین دلیل حذف گردید. پس از حذف ایستگاه باتاری که معیار ناجوری را شامل می‌شد، نتایج نشان از همگن بودن منطقه دارد. مقادیر معیار ناجوری مکان، D_i، معیار همگنی H، معیار آزمون نکویی برازش Z^{DIST} برای کل منطقه با استفاده از برنامه رایانه‌ای فرترن، توسعه داده شده توسط هاسکینگ محاسبه شده است (۵) که با توجه به آن بهترین تابع توزیع برای کل منطقه، تابع توزیع *PIII*[1] می‌باشد (جدول ۴). به همین دلیل منطقه دارای برازش نکویی مناسب و همگن می‌باشد. در ادامه، تابع توزیع‌های مناسب برای سری‌های زمانی هر ایستگاه با روش بیشینه درستنمایی (MLM)[2] محاسبه گردید، که برای نمونه نمودار دو ایستگاه در شکل ۵ و به تفصیل تمام ایستگاه‌ها در جدول ۴ ارائه گردیده است. با استفاده از روش بیشینه درستنمایی، چندک‌ها برای هر ایستگاه برآورد شد و از آن برای تخمین نمایه‌های خشکسالی هواشناسی ناحیه‌ای با دوره بازگشت‌های متفاوت برای ایستگاه‌های منطقه استفاده گردید (جدول ۵).

1- Pearson Type III

2- Maximum Likelihood Method

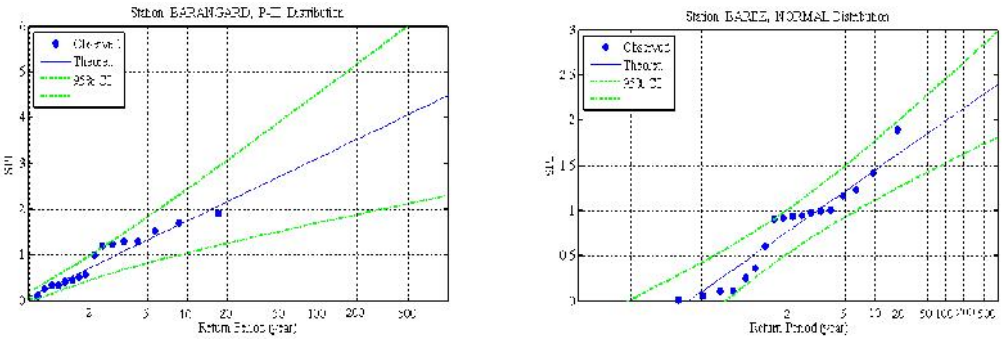
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

جدول ۳- نسبت‌های گشتاور خطی و معیار ناجوری برای ایستگاه‌های منتخب در منطقه

ردیف	نام ایستگاه	LC_V	LC_S	LC_K	D(I)
۱	بارانگرد	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۲۶
۲	بارز	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۱۷	۲/۴۳
۳	بتوند	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۳	۱/۳۶
۴	بروجن	۰/۴۵	۰/۲۵	۰/۱۰	۱/۵۰
۵	چم گز	۰/۱۷	۰/۲۹	۰/۰۰۲	۰/۶۰
۶	دره شاهی	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۱/۱۰
۷	گدارلنده	۰/۵۰	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۹۰
۸	حنا	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۵۷
۹	ایذه	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۳۳	۱/۴۸
۱۰	کتا	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۱/۰۴
۱۱	لالی	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۱۳	۱/۲۰
۱۲	لردجان	۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۳۳
۱۳	مرغک	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۴
۱۴	پتاوه	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۱/۳۳
۱۵	پلشالو	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۷
۱۶	سد شهیدعباسپور	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۳۶	۱/۹۷
۱۷	سپیدار	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۲۴
۱۸	شهید	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۴۱
۱۹	شاه‌مختار	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۱۱	۱/۴۷
۲۰	شهرکرد	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۴۰
۲۱	سی‌سخت	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۴۶
۲۲	سولگان	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۶۹
۲۳	سوسن	۰/۶۵	۰/۵۰	۰/۳۵	۲/۶۰
۲۴	یاسوج	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۱/۲۴

جدول ۴- معیار آزمون برازش نکویی (Z^{DIST}) برای منطقه‌ی مورد مطالعه

توزیع‌های آماری	GLOG	GEV	LN3	PIII	GPAR
Z^{DIST}	۴/۲۹	۱/۸۵	۱/۷۹	۱/۲۵	-۳/۲۵



شکل ۵- نمودارهای احتمال مشاهداتی و نظری نمایه SPI دو ایستگاه بارانگرد و بارز از منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

جدول ۵- مقدار فراوانی منطقه‌ای نمایه SPI در دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های منطقه

دوره بازگشت ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
بارانگرد	۰/۶۹	۱/۳۸	۱/۸۸	۲/۳۶	۳	۳/۴۹	۳/۹۸	۴/۶۳
بارز	۰/۷۷	۱/۳۱	۱/۵۹	۱/۸۲	۲/۰۸	۲/۲۶	۲/۴۲	۲/۶۱
بتوند	۰/۹۱	۱/۵۴	۱/۸۷	۲/۱۵	۲/۴۵	۲/۶۶	۲/۸۴	۳/۰۷
بروجن	۰/۶۶	۱/۳۰	۱/۷۶	۲/۲۱	۲/۸۰	۳/۲۵	۳/۷۰	۴/۳۰
چم گز	۰/۶۱	۱/۲۰	۱/۶۳	۲/۰۵	۲/۶۰	۳/۰۱	۳/۴۳	۳/۹۸
درشاهی	۰/۷۸	۱/۲۸	۱/۵۸	۱/۸۵	۲/۲۰	۲/۴۶	۲/۷۱	۳/۰۵
گدارلندر	۰/۵۹	۱/۱۴	۱/۵۸	۲/۰۶	۲/۷۵	۳/۳۲	۳/۹۵	۴/۸۶
حنا	۰/۶۲	۱/۲۲	۱/۶۹	۲/۱۹	۲/۹۳	۳/۵۴	۴/۲۰	۵/۱۷
ایذه	۰/۵۲	۱/۲۵	۱/۹۷	۲/۸۸	۴/۴۰	۵/۸۴	۷/۵۶	۱۰/۳۵
کتا	۰/۶۰	۱/۱۹	۱/۶۱	۲/۰۳	۲/۵۸	۳	۳/۴۲	۳/۹۷
لالی	۰/۷۵	۱/۴۴	۱/۸۷	۲/۲۴	۲/۶۹	۳/۰۱	۳/۳۰	۳/۶۷
لردجان	۰/۵۶	۱/۲۹	۱/۸۵	۲/۴۰	۳/۱۳	۳/۶۹	۴/۲۴	۴/۹۷
مرغک	۰/۶۰	۱/۳۷	۱/۹۶	۲/۵۵	۳/۳۳	۳/۹۲	۴/۵۰	۵/۲۸
پتاوه	۰/۴۶	۱/۰۷	۱/۵۲	۱/۹۸	۲/۵۸	۳/۰۳	۳/۴۹	۴/۰۹
پل‌شالو	۰/۶۰	۱/۱۹	۱/۶۱	۲/۰۳	۲/۵۷	۲/۹۸	۳/۳۹	۳/۹۴
سد شهید عباسپور	۰/۵۳	۱/۲۸	۲/۰۲	۲/۹۴	۴/۵۰	۵/۹۷	۷/۷۳	۱۰/۵۸
سپیدار	۰/۵۵	۱/۰۷	۱/۴۸	۱/۹۳	۲/۵۸	۳/۱۱	۳/۷۰	۴/۵۵
شهید	۰/۶۳	۱/۰۵	۱/۲۹	۱/۵۱	۱/۷۹	۲/۰۰	۲/۲۱	۲/۴۹
شاه مختار	۰/۶۸	۱/۳۴	۱/۸۵	۲/۴۱	۳/۲۱	۳/۸۹	۴/۶۲	۵/۶۸
شهرکرد	۰/۵۷	۱/۳۶	۲/۱۵	۳/۱۳	۴/۷۸	۶/۳۵	۸/۲۲	۱۱/۲۵
سی‌سخت	۰/۵۹	۱/۱۸	۱/۶۰	۲/۰۱	۲/۵۶	۲/۹۷	۳/۳۹	۳/۹۴
سولگان	۰/۵۸	۱/۱۴	۱/۵۸	۲/۰۵	۲/۷۳	۳/۳۱	۳/۹۳	۴/۸۳
سوسن	۰/۵۴	۱/۲۹	۲/۰۴	۲/۹۸	۴/۵۵	۶/۰۴	۷/۸۳	۱۰/۷۱
یاسوج	۰/۷۷	۱/۳۴	۱/۷۲	۲/۰۸	۲/۵۵	۲/۹۰	۳/۲۵	۳/۷۲
ماکزیمم	۰/۹۱	۱/۵۴	۲/۱۵	۳/۱۳	۴/۷۸	۶/۳۵	۸/۲۲	۱۰/۷۱
میانگین	۰/۶۳	۱/۱۱	۱/۷۳	۲/۲۴	۲/۹۷	۳/۵۸	۴/۲۵	۵/۲۳

پیش‌بینی، تحلیل و مدیریت خشکسالی می‌تواند تا حد زیادی از خسارات ناشی از این پدیده مخرب طبیعی بکاهد. به‌علاوه بررسی تأثیرات خشکسالی برای تحلیل ریسک، فراوانی یا احتمال وقوع آن از مهم‌ترین موارد تحلیل خشکسالی‌ها می‌باشد. در این مطالعه برای بررسی احتمال ناحیه‌ای خشکسالی با دوره بازگشت‌های متفاوت در حوزه‌ی کارون یک فراوانی ناحیه‌ای به روش گشتاور خطی انجام شد. پس از محاسبه‌ی نمایه‌ی SPI برای هر ایستگاه مشخص گردید که در کل منطقه خشکسالی هواشناسی شدیدی رخ نداده است و وضعیت متناظر خشکسالی، حداکثر در حد خشکی کم و نسبتاً خشک می‌باشد که در اکثریت قریب به اتفاق ایستگاه‌ها در سال‌های ۸۰-۷۹ به‌وقوع پیوسته است. یکی از مواردی که می‌تواند دلیلی بر نبود خشکسالی هواشناسی شدید در منطقه باشد این است که حوزه‌ی کارون یک، سرشاخه‌های رود بزرگ کارون را تشکیل می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که منطقه‌ی مورد مطالعه، ناحیه‌ای همگن است و بهترین تابع توزیع برای تحلیل منطقه‌ای آن، توزیع پیرسون نوع سوم (*PIII*) می‌باشد. در آنالیز فراوانی منطقه‌ای بارش‌های ماکزیمم سالانه در منطقه موسمی پاکستان با استفاده از روش گشتاور خطی که در ۲۳ ایستگاه صورت گرفت، برای دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال بهترین برازش را تابع GNO و برای دوره بازگشت‌های ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ سال تابع توزیع *GEV*[1] داشت (۱۶). در بررسی دیگری که در منطقه نیل غربی انجام شد، ماکزیمم سالانه سیل آنی در ۷ ایستگاه مورد بررسی آنالیز فراوانی سیل به روش گشتاور خطی قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که برای تمام ۷ ایستگاه بهترین تابع توزیع برازش شده تابع لوگ نرمال سه پارامتری می‌باشد (۴). در مطالعه دیگری که آنالیز فراوانی بارش منطقه‌ای برای ۱۷ ایستگاه حوزه آبخیز *Luanhe* چین با استفاده از روش گشتاور خطی صورت پذیرفت، آزمون همگنی گشتاور خطی نشان داد که برخی از این مناطق همگن می‌باشند. در این تحقیق ۵ تابع توزیع سه پارامتری *GLO*[2]، *GEV*، *GNO*[3]، *PEIII* و *GPA*[4] برای چهار منطقه همگن برازش شده بودند و نتایج نشان داد که بهترین تابع توزیع برای بیشتر مناطق بارشی، غیر از منطقه خشک مرکزی حوزه تابع *GPA* می‌باشد و بری مناطق حاشیه‌ای حوزه تابع *GEV* بهترین برازش را دارد (۱). نتایج تحقیقی دیگر که آنالیز فراونی سیل در رابطه با داده‌های ماکزیمم سالانه جریان آبراهه ایستگاه‌های حوزه *Negeri Sembilan* مالزی با استفاده از روش گشتاور خطی مورد آزمایش واقع شد نشان می‌دهد که توزیع *GLO* بهترین برازش را بر داده‌ها دارد (۱۸). همچنین مطالعه دیگری در ایستگاه *Lampao* حوزه

1- Generalized extreme value 2- Generalized logistic 3- Generalized normal 4- Generalized pareto

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

رودخانه *Chi* در تایلند روی بارش به روش گشتاور خطی انجام شد که نتایج به‌دست آمده حاکی از انتخاب توزیع کاپای چهار پارامتری به‌عنوان بهترین تابع توزیع فراوانی می‌باشد (۱۰).

منابع

1. Badreldin, G.H. and F. Ping. 2012. Regional rainfall frequency analysis for the Luanhe basin by using L-moment and cluster techniques. APCBEE Procedia 1: 126-135.
2. Bazrafshan, J. 2001. Comparative study of some indices of meteorological drought in some regions in Iran. M.Sc. Thesis, University of Tehran, Karaj, Iran. 173 pp. (In Persian)
3. Cunderlik, J.M. and D.H. Burn. 2002. The Use of Flood regime information in regional flood frequency analysis. Hydrological Sciences Journal. 47: 77-92.
4. Gama, M.A. 2013. Development of flood frequency curves for the eastern Nile. University of Khartoum Engineering Journal, Vol. 3(1): 1-6.
5. Greenwood, J.A., J. MLandwahr., N.C. Matalas and J.R.Wallis. 1979. Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distribution models expressible in inverse form. Water Resources Research 15: 1049-1054.
6. Hosking, J.R.M. 1988. The 4-parameter kappa distribution, Res. Rep. RC 13412, *IBM Research Division*, Yorktown Heights, NY. 10598.
7. Hosking, J.R.M. 1990. L-moment:Analysis and estimation of distribution using linear combinations of order statistics.Journal of the Royal Statistical Society. Series B. 52: 105-24.
8. Hosking, J.R.M. and J.R.Wallis .1993. Some statistics useful in regional flood frequency analysis. Water Resources Research. 23: 271-281.
9. Karamouz, M. and Sh. Araghinejad. 2007. Advanced hydrology, 1., University of Amir Kabir Press, Tehran, 464 pp.
10. Kumphon, B., A. Kaew-Man and P. Seenoi. 2012. A regional distribution for the Lampao site in the Chi river basin,Thailand.Journal of Water Resource and Protection, 4: 866-869.
11. Mckee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on applied climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California.
12. Mckee,T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales.Preprints.8thConference on Applied Climatology.17-22 January, Anaheim.179-184 pp.
13. Nohi, K. and A. Asgari. 2005. The study drought and return periods of drought and wet years in Qom. Journal of Drought and Agricultural Drought. 15: 47-64. (In Persian)
14. Palmer, W.C. 1966. Meteological drought.Research Paper, No. 45.
15. Reed, D.W., DJacob, A.J. Robson, D.S. Faulkner and E.J. Stewart. 1999. Regional Frequency Analysis: a new vocabulary. In: Gottschalk, L., Olivry, J.-C., Reed, R. (Eds.), Hydrological extremes: Understanding, predicting, mitigating, proceedings of the birmingham symposium, July 1999, No. 255. IAHS Publication. 237-243.
16. Shahzad, A. 2013. Regional frequency analysis of annual maximum rainfall in monsoon region of pakistan using L-moments. International Journal of Advanced Statistics and Probability, 1: 97-101.
17. TaghvaeiAbrishami, A. 2008. Coexistence with drought, challenges and strategies. Journal of Research Project Coordination Coexistence with Drought. 2: 23-35. (In Persian)
18. UmmiNadiah, A. 2011. Flood frequency analysis of annual maximum stream flows using L-moment and TL-moments approach.Applied Mathematical Sciences. 5: 243-253.
19. Vogel, R.M. and N.M. Fennessey. 1993. L-moment diagram should replace product moment diagram. Water Resources Research 29: 1745-1752.
20. Wilhite, D.A. and M.H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International 10: 111-120.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]

Frequency Analysis of Regional Meteorological Drought in Karun-1 Basin of Iran

Seyed Javad Sadatinejad[1], Seyed Hassan Alavinia[2], Roghayeh Abedi[3], Afshin Honarbakhsh[4] and Khodayar Abdollahi[5]

1- Associate Professor, University of Tehran
2- PhD. Student, University of Kashan (Corresponding author: s.h.alavinia@yahoo.com)
3- M.Sc., Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran
4 and 5- Associate Professor and Instructor, University of Sharekord
Received: June 13, 2012 Accepted: December 28, 2013

Abstract

Due to severe fluctuations in rainfall in different regions of Iran, droughts are amongst natural disasters which occurs in negative fluctuations, when rainfall is lower than long term average and forcing adverse effects on agriculture and economy. Meteorological drought is one of the droughts that occurs in the earliest stages of drought phenomenon. In this study, using standardized precipitation index (SPI) the status of meteorological drought is reviewed and linear moment method is used to analysis regional frequency. For regional analysis, with linear moment method, a computer program, developed by Hosking, is used. After surviving distorted criterion and homogenous degree criterion, it be came clear that one of the stations of Karun basin 1, has distorted criterion. Also, the results of goodness-of-fit criteria showed that the pearson distribution type III, can be fitted regionally for whole region. So this distribution will be used to analysis drought indexes in this area.

Keywords: Meteorological Drought, Standardized Precipitation Index, Linear Moment Method, Pearson Distribution III

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-16]