Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۹/ شماره ۲/ پیاپی ۱۷/ تابستان ۱۳۹۴ (۱۶۹ ۱۷۴)

## یادداشت فنی

# تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز کارون بزرگ به کمک گشتاورهای خطی

مهدی رادفر[۱*]، علی اکبر شهرباف[۲]، روح الله فتاحی[۳] و افشین هنربخش[۴]

## چکیده

یکی از روش‌های برآورد سیلاب طرح در حوضه‌های دارای کمبود آمار، استفاده از روش‌های تحلیل فراوانی منطقه‌ای است. در این پژوهش، تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از تحلیل خوشه‌ای انجام شده است. ابتدا ایستگاه‌های منطقه بررسی و تعداد ۴۴ ایستگاه که آمار مناسبی داشتند، انتخاب شد و سپس براساس مشخصات فیزیوگرافی حوضه به ۳ منطقه تقسیم و با استفاده از معیار همگنی هاسکینگ و والیس و حذف و جابجایی ایستگاه‌ها در نهایت حوضه به چهار منطقه همگن تقسیم‌بندی شد. برای تشخیص بهترین تابع توزیع منطقه‌ای از کردار نسبت گشتاورهای خطی و آزمون نکویی برازش هاسکینگ و والیس استفاده شد. سپس پارامترهای توابع توزیع با استفاده از روش گشتاورهای وزنی برآورد شد. بدین ترتیب برای مناطق بدون آمار با محاسبه دبی میانگین حوضه می‌توان حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت دلخواه را تعیین کرد. بنابراین کلیه نقاط بدون آمار که از نظر طراحی تأسیسات آبی و محاسبه بیلان آبی در کشاورزی نیاز به آمار دارند، تحت سیطره اطلاعات منطقه‌ای قرار می‌گیرد.

**واژه‌های کلیدی**: تحلیل فراوانی منطقه‌ای، گشتاورهای خطی، مناطق همگن.

**ارجاع**: رادفر م. شهرباف ع. ا. فتاحی ر. و هنربخش ا. ۱۳۹۴. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز کارون بزرگ به کمک گشتاورهای خطی. مجله پژوهش آب ایران. ۱۷:۱۶۹-۱۷۴.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۴- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد.
* نویسنده مسئول: radfar@agr.sku.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۹/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID



## مقدمه

اطلاعات مربوط به بزرگی و فراوانی سیلاب برای طراحی سازه‌های آبی مانند سدها، سرریزها، پل‌ها، آب‌گذرها، سیستم‌های زهکش شهری، پهنه‌بندی دشت‌های سیلابی، ارزیابی اقتصادی طرح‌های کنترل سیل و غیره مورد نیاز است. در صورتی که در یک حوضه آبخیز تعداد و طول دوره آماری ایستگاه‌های آب سنجی زیاد باشد تحلیل فراوانی می‌تواند کارایی لازم را داشته باشد وگرنه تحلیل فراوانی باید به‌صورت منطقه‌ای و در نواحی همگن انجام شود. این نواحی دارای ایستگاه‌های هم‌رفتار از نظر تولید سیلاب بوده و می‌توان آمار منطقه‌ای ناحیه همگن را به کل نقاط موجود در آن بسط داد. یکی از روش‌های رایج در دو دهه اخیر برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب استفاده از روش گشتاورهای خطی پیشنهادی توسط هاسکینگ و والیس (۱۹۹۷) است. تحلیل فراوانی منطقه‌ای به روش گشتاورهای خطی را درحوضه آبخیز رودخانه مندرس ترکیه بررسی کرد. غنی‌پور (۱۳۷۹) جهت تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیل در استان آذربایجان غربی از روش سیلاب شاخص استفاده کرد. او از روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی وارد برای تعیین نواحی همگن هیدرولوژیک استفاده کرد. رستمی (۱۳۸۲) برای تحلیل فراوانی سیل در حوضه رودخانه هلیل‌رود جیرفت و حوضه‌های استان آذربایجان غربی روش گشتاورهای خطی را با روش‌های گشتاورهای معمولی و حداکثر درست‌نمایی مقایسه و نتیجه گرفت که این روش نسبت به دو روش دیگر برتری نسبی دارد. ذوقی (۱۳۸۸) تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب را در حوضه آبخیز کارون شمالی با استفاده از داده های ۱۲ ایستگاه هیدرومتری انجام داد. هدف از این پژوهش تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب برای تعمیم نتایج برای کل مناطق بدون آمار درسطح حوضه آبخیزکارون بزرگ است. بدین ترتیب برای مناطق بدون آمار با محاسبه دبی میانگین حوضه می‌توان حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت دلخواه را تعیین کرد. بنابراین برای تمام نقاط بدون آمار که از نظر طراحی تأسیسات آبی و محاسبه بیلان آبی در کشاورزی نیاز مبرم به آمار دارند، می‌توان از اطلاعات منطقه‌ای استفاده کرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز کارون بزرگ شامل استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان، کهکیلویه و بویراحمد، خوزستان، فارس، لرستان و استان مرکزی است. حوضه آبخیزکارون بزرگ متشکل از رودخانه‌های دز و کارون بوده که درداخل ارتفاعات زاگرس میانی و محدود به مشخصات جغرافیایی ´۴۸°۰۰ تا ´۵۲°۳۰ درجه طول شرقی و ´۳۰°۰۰ تا ´۳۴°۰۵ درجه عرض شمالی است (شکل ۱). مجموع مساحت حوضه آبخیز معادل ۶۷۱۶۷ کیلومترمربع است که ۶۷ درصد آن را کوهستان و ۳۳ درصد آن را دشت و کوهپایه تشکیل می‌دهد. در این حوضه به‌دلیل بارندگی‌های با شدت، مدت و مقدار زیاد و همچنین وجود توپوگرافی شدید و متغیر، گاهی وقوع سیل سبب وارد آمدن تلفات و خسارات سنگینی می‌شود. از طرفی اجرای هرگونه فعالیت مهندسی در زمینه بهره برداری اصولی و علمی از منابع آب و کنترل هرز آب‌های سطحی و سیلاب‌ها بدون مطالعه دقیق و شناخت عمیق خصوصیات هیدرولوژیکی این حوضه آبخیز غیرممکن است. برای محاسبه دبی طراحی با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاه‌های آب‌سنجی منطقه و نیزکافی نبودن سال‌های آماری در بعضی از ایستگاه‌ها، تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب می‌تواند راه حل مناسبی باشد.

### انجام آزمون همگنی و تکمیل و بازسازی داده‌ها

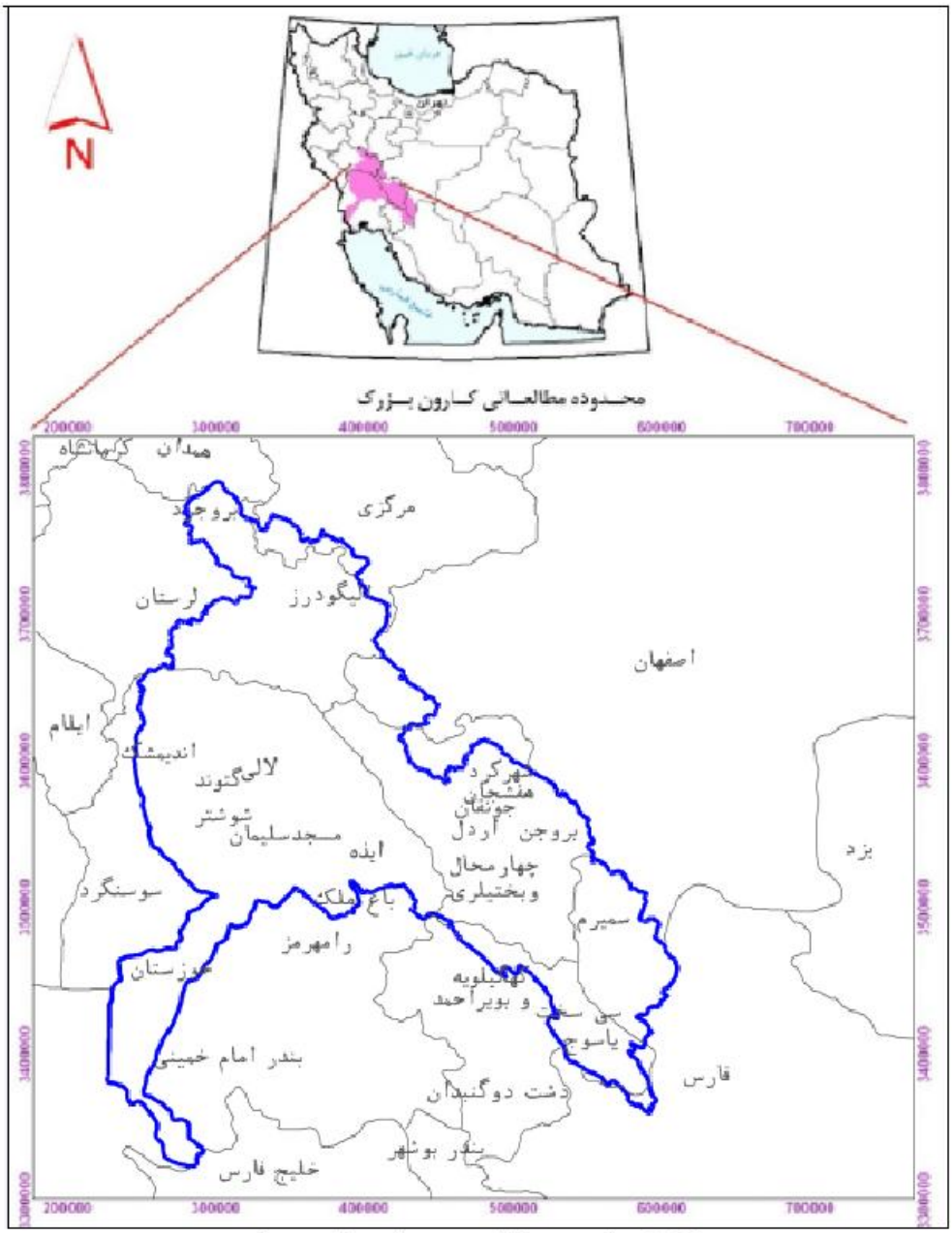
تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه آبخیز کارون بزرگ ۷۰ ایستگاه است. تقریباً تمامی ایستگاه‌های بالا از نظر آماری ناقص بوده و نیاز به بازسازی آماری دارد. همچنین اکثر آن‌ها دارای سال‌های آماری کمی هستند. ایستگاه‌هایی برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب انتخاب شدند که دارای حداقل ۱۰ سال آمار هستند و به این دلیل ۴۴ ایستگاه انتخاب شد. سپس همگنی داده‌های ایستگاه‌ها با استفاده از دو روش مجانب و روش شبیه‌سازی مونته‌کارلو انجام و همگنی و تصادفی بودن داده‌های ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید شد. برای انتخاب بهترین دوره زمانی که در آن ایستگاه‌ها نیاز به بازسازی آماری محدودی داشته باشند، دوره زمانی ۲۲ سال (سال‌های آبی ۶۵-۱۳۶۴تا ۸۶-۱۳۸۵) به‌عنوان دوره آماری مشترک، انتخاب شد. آنگاه با استفاده از روش

www.SID.ir

Archive of SID



همبستگی بین ایستگاه‌ها و تشکیل ماتریس ضرایب همبستگی، نواقص آماری ایستگاه‌ها برطرف شد.




شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز کارون بزرگ

**تحلیل خوشه‌ای و تعیین مناطق همگن**

تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیل بایستی در مناطق همگن انجام شود. تعیین مناطق همگن با استفاده از خصوصیات فیزیکی و اقلیمی نسبت به بقیه روش‌ها دارای استدلال بیشتری است. ویژگی‌های فیزیکی حوضه بر ضریب رواناب، شدت و ضعف دبی سیلاب و بیلان آبی یک حوضه تأثیر فراوانی دارد. هر چقدر این پارامترها بیشتر باشد ناحیه‌بندی دقیق‌تر و قابل اعتمادتر خواهد بود. در این پژوهش برای تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها، با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، سه مشخصه حوضه‌های بالادست ایستگاه‌ها شامل شیب آبراهه اصلی، ضریب شکل و ضریب کشیدگی محاسبه شد. سپس همراه طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع ایستگاه، متوسط حداکثر دبی لحظه‌ای سالانه و مساحت تحت پوشش ایستگاه در تجزیه و تحلیل خوشه‌ای حوضه استفاده شد.

جهت تحلیل، از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد استفاده شد. این روش براساس شباهت بین متغیرهای مستقل در حوضه‌های مستقل استوار است. شباهت بین

www.SID.ir

Archive of SID



حوضه‌ها براساس فاصله اقلیدسی بین آن‌هاست. فاصله اقلیدسی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$d_{ij} = \left( \sum_{k=1}^{p} \left( x_{ik} - x_{jk} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (۱)$$

که در آن $d_{ij}$ فاصله اقلیدسی حوضه i با حوضه j، $x_{ik}$ مقدار متغیر $x_k$ برای عضو i، $x_{jk}$ مقدار متغیر $x_k$ برای عضو j و p تعداد متغیرهای به کار رفته در بررسی شباهت بین حوضه‌ها است.

برای تعیین تعداد مناطق همگن، نیاز به انتخاب یک فاصله بهینه به نام ارزش آستانه است و تعیین آن نیاز به قضاوت مهندسی دارد. این مقدار توازنی بین کمیت و کیفیت داده های مورد استفاده است. این فاصله بر روی محور عمودی کردار درختی درنظر گرفته شده و از آنجا خطی به موازات محور افقی ترسیم می‌شود. تعداد تلاقی با شاخه‌های درختی، تعداد مناطق را نشان می‌دهد. این عملیات با نرم‌افزار SPSS انجام و پس از بررسی کردار تهیه شده در منطقه سه خوشه انتخاب شد.

میزان همگنی مناطق با استفاده از معیار ناجوری ایستگاه‌ها و آزمون نکویی برازش هاسکینگ و والیس که براساس گشتاورهای خطی است، تعیین شد. گشتاورهای خطی یک ترکیبی خطی از گشتاورهای وزنی احتمال هستند. فرم کلی تخمین‌گرهای گشتاورهای وزنی احتمال به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\beta_r = \frac{1}{n} \binom{n-1}{r}^{-1} \sum_{j=r+1}^{n} x_j \quad (۲)$$

که در آن $x_j$ مقادیر مرتب شده (نزولی) و n تعداد داده‌های ایستگاه و $\beta_r$ گشتاور وزنی مرتبه r داده‌های ایستگاه است. فرم کلی تخمین‌گرهای گشتاورهای خطی به‌صورت زیر مطرح می‌شود:

$$\lambda_{r+1} = \sum_{k=0}^{r} \beta_r (-1)^{r-k} \binom{k}{r} \binom{r+k}{k} \quad (۳)$$

که در آن $\lambda_{r+1}$ گشتاور خطی مرتبه r+1 داده‌های ایستگاه است. نسبت گشتاورهای خطی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$L-Cv = \tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (۴)$$

$$L-Cs = \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad (۵)$$

$$L-Ck = \tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad (۶)$$

که در آن $\lambda_1$ اندازه یا معیار موقعیت، $\lambda_2$ اندازه مقیاس، $\tau_2$ ضریب تغییرات خطی ($L$-$C_v$)، $\tau_3$ ضریب چولگی خطی ($L$-$C_s$) و $\tau_4$ ضریب کشیدگی خطی ($L$-$C_k$) است. کمیت‌های $t_4$ ,$t_3$ ,$L_2$ ,$L_1$ (برای نمونه) که معادل $\tau_4$ ,$\tau_3$ ,$\lambda_2$ ,$\lambda_1$ (برای توزیع) هستند آمار مفید برای یک نمونه داده هستند. این کمیت‌ها می‌توانند برای قضاوت اینکه توزیع‌ها سازگار با داده‌های ثبت شده هستند یا نه، به کار برده شوند. براساس $LC_{V(t)}$ انحراف استاندارد وزنی شده نسبت گشتاور خطی (t) به‌صورت زیر است:

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^{NS} N_i (t^{(i)} - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^{NS} N_i} \quad (۷)$$

که در آن NS تعداد ایستگاهها، $N_i$ طول دوره آماری در هر ایستگاه، $t^{(i)}$ ضریب تغییرات خطی ایستگاه i و $\bar{t}$ متوسط ناحیه‌ای ضریب تغییرات خطی است که با معادله (۸) به دست می‌آید:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{NS} N_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^{NS} N_i} \quad (۸)$$

ابتدا محاسبه $V_1$ برای $N_{sim}$ ناحیه همگن که از طریق برازش یک توزیع کاپا به گروه گشتاورهای خطی متوسط شبیه‌سازی شده‌اند، انجام می‌شود. سپس میانگین ($\mu_V$) و انحراف معیار ($\sigma_V$) مربوط به این سری داده به دست آمده محاسبه می‌شود. معیار غیرهمگنی به‌صورت معادله زیر مشخص می‌شود:

$$H_1 = \frac{(V_1 - \mu_V)}{\sigma_V} \quad (۹)$$

یک ناحیه غیرهمگن است اگر $H_1$ به اندازه کافی بزرگ باشد. هاسکینگ و والیس (۱۹۹۶) پیشنهاد کردند که یک ناحیه وقتی می‌تواند ناحیه همگن باشد اگر $H_1$ کمتر از یک باشد. ناحیه به نسبت غیرهمگن است اگر $H_1$ بین ۱ و ۲ باشد و به‌عنوان ناحیه کاملاً غیرهمگن خواهد بود اگر $H_1$ بزرگ‌تر از ۲ باشد. جهت بهبود مقدار $H_1$ می‌توان از یک خوشه ایستگاه‌هایی را حذف و یا به یک خوشه دیگر انتقال و یا یک خوشه جدید ایجاد کرد.

کلیه محاسبات مربوط به گشتاورهای خطی با برنامه‌ای که هاسکینگ و والیس (۱۹۹۶) به زبان فرترن ارائه کرده‌اند، انجام می‌شود. در ابتدا میزان ناهمگنی ($H_1$) برای هر یک از سه منطقه بزرگ‌تر از ۲ محاسبه و مناطق ناهمگن شناخته شدند. درنهایت پس از حذف تعدادی از مناطق و

www.SID.ir

Archive of SID



ایستگاه‌های ایجاد یک خوشه جدید مقدار $H_1$ کمتر از ۱ محاسبه و مناطق همگن شناخته شدند. به این ترتیب حوضه آبخیز کارون بزرگ به چهار منطقه همگن طبق جدول ۱ ارائه شد.

**جدول ۱ نحوه قرارگیری ایستگاه‌ها در مناطق چهارگانه**

| منطقه (۱) | | منطقه (۲) | | منطقه (۳) | | منطقه (۴) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نام ایستگاه | کد ایستگاه | نام ایستگاه | کد ایستگاه | نام ایستگاه | کد ایستگاه | نام ایستگاه | کد ایستگاه |
| پل شاوور | ۲۱۱۹۷ | بطاری | ۲۱۲۱۱ | ونایی | ۲۱۲۵۷ | مروک | ۲۱۲۵۵ |
| بتوند | ۲۱۲۴۵ | پاتاوه | ۲۱۲۱۵ | ونایی | ۲۱۲۵۹ | بیاتون | ۲۱۲۶۵ |
| دشت بزرگ | ۲۱۴۴۱ | کتا | ۲۱۲۲۳ | رحیم‌آباد | ۲۱۲۶۱ | چم زمان | ۲۱۲۷۱ |
| دوکوهه | ۲۱۴۵۳ | بارز | ۲۱۲۲۵ | دورود | ۲۱۲۶۷ | دره تخت | ۲۱۲۷۷ |
| زورآباد | ۲۱۴۵۵ | سولگان | ۲۱۲۲۷ | کمندان | ۲۱۲۷۳ | دورود | ۲۱۲۷۹ |
| جلوگیر مرغاب | ۲۱۹۴۵ | تگرگ آب | ۲۱۲۲۹ | دره تخت | ۲۱۲۷۵ | تنگ زردآلو | ۲۱۴۲۳ |
| | | ارمند | ۲۱۲۳۱ | چم چیت | ۲۱۲۸۱ | زرین درخت | ۲۱۴۳۱ |
| | | مرغک | ۲۱۲۳۳ | سپیددشت سزار | ۲۱۲۸۵ | تنگ محمد حاجی | ۲۱۴۶۱ |
| | | پل شالو | ۲۱۲۳۷ | سپیددشت زاز | ۲۱۲۸۷ | کوه سوخته | ۲۱۴۹۷ |
| | | سد شهید عباسپور | ۲۱۲۳۹ | کشور | ۲۱۲۸۹ | پل کره بس | ۲۱۹۳۱ |
| | | بهشت‌آباد | ۲۱۴۲۵ | تنگ پنج سزار | ۲۱۲۹۱ | | |
| | | تنگ درکش ورکش | ۲۱۴۲۹ | تنگ پنج بختیاری | ۲۱۲۹۳ | | |
| | | | | تله زنگ | ۲۱۲۹۵ | | |
| | | | | کاظم‌آباد | ۲۱۴۰۰ | | |
| | | | | چشمه لنگان | ۲۱۴۵۷ | | |
| | | | | سکانه قلیان | ۲۱۹۶۸ | | |

## نتایج و بحث

### تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع احتمالاتی برای مناطق همگن

در این پژوهش جهت انتخاب بهترین تابع توزیع فراوانی از کردار نسبت گشتاورهای خطی و آزمون نکویی برازش هاسکینگ و والیس استفاده شده است. کردار نسبت گشتاورهای خطی برای بررسی و انتخاب چشمی بهترین تابع توزیع با کردار به کار می‌رود. برای یک ناحیه معین، نسبت گشتاورهای خطی نمونه‌ها یعنی $t_3$ و $t_4$ برای هر ایستگاه به همراه متوسط ناحیه‌ای آن‌ها در یک کردار نسبت گشتاورهای خطی ترسیم می‌شوند. توزیع اصلی مناسب توزیعی است که متوسط و پراکنش داده‌ها در اطراف آن به‌صورت خوشه‌ای و حالت شایسته و مناسب در کردار گسترش یافته باشند. نمونه‌ای از این کردارها برای منطقه ۲ در شکل ۲ ارائه شده است.

جهت انتخاب بهترین تابع توزیع فراوانی، هاسکینگ و والیس (۱۹۹۷) یک معیار نکویی برازش براساس $\bar{t}_4$ (متوسط ناحیه‌ای کشیدگی خطی نمونه)، ارائه کردند که بیشتر برای توزیع‌های سه پارامتری به کار می‌رود. چون تمام توزیع‌های سه پارامتری برازش داده‌شده به داده‌ها در کردار $LC_s$ در مقابل $LC_k$ دارای $t_3$ مشابه هستند، کیفیت برازش با اختلاف بین متوسط منطقه‌ای $\bar{t}_4$ و مقدار $\tau_4^{DIST}$ مربوط به توزیع برازش داده شده می‌تواند مورد قضاوت قرار گیرد. آماره $Z^{DIST}$ به‌صورت زیر مشخص می‌شود:

$$Z^{DIST} = \frac{(\bar{t}_4 - \tau_4^{DIST})}{\sigma_4} \qquad (۱۰)$$

برازش را می‌توان مناسب و صحیح اعلام کرد اگر $Z^{DIST}$ به اندازه کافی به صفر نزدیک باشد. شرط معقول و مناسب برای قبول برازش این است که: $|Z^{DIST}| \leq 1.64$

بر این اساس برای مناطق (۱) و (۲) توزیع لجستیک تعمیم یافته (GLO) و برای منطقه (۳) توزیع مقادیر

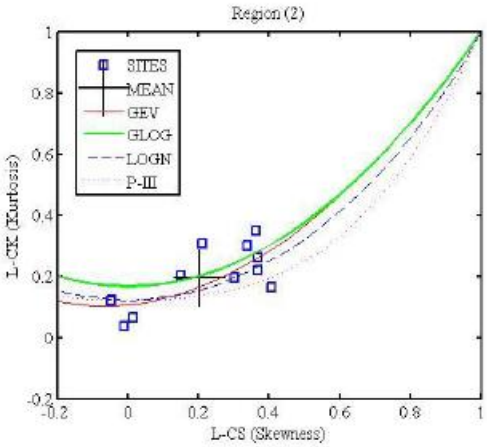
www.SID.ir

Archive of SID



حدی تعمیم یافته (GEV) و برای منطقه (۴) توزیع پارتوی تعمیم یافته (GPA) به عنوان بهترین توابع توزیع انتخاب و پارامترهای آن‌ها با روش گشتاورهای وزنی احتمال برآورد شد.

در این پژوهش تحلیل فراوانی منطقه‌ای وقایع سیلابی براساس روش گشتاورهای خطی نشان داد که کل حوضه کارون بزرگ با توجه به خصوصیات مورد استفاده به ۴ منطقه همگن قابل تقسیم است. میزان دقت و صحت این کار با آماره‌های میزان ناجوری ایستگاه‌ها ($D_i$) و میزان ناهمگنی مناطق ($H_i$) موجود سنجیده و مورد تأیید قرار گرفت.




**شکل ۲ کردار نسبت گشتاورهای خطی برای منطقه (۲)**

## نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش به شرح زیر است:

برای محاسبه دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف برای هر منطقه فاقد آمار، کافیست ابتدا مشخص شود که خصوصیات منطقه مورد مطالعه شباهت به کدامیک از مناطق همگن دارد. سپس میزان همگنی آن منطقه توسط آزمون هاسکینگ و والیس نیز بررسی شده، آنگاه با استفاده از روابط ارائه شده برای آن منطقه میانگین دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه منطقه محاسبه شود. با داشتن مقادیر منحنی رشد منطقه‌ای و میانگین دبی سالانه، مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف قابل محاسبه است.

با تحلیل منطقه‌ای سیلاب کلیه نقاط فاقد آمار که از نظر طراحی تاسیسات آبی و محاسبه بیلان آبی در کشاورزی نیاز مبرمی به آمار دارند، تحت سیطره اطلاعات منطقه‌ای قرار می‌گیرند.

## منابع


۱. ذوقی م. ۱۳۸۸. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز کارون شمالی(با تأکید بر استان چهارمحال و بختیاری). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ۸۹ ص.

۲. رستمی ر. ۱۳۸۲. آنالیز فراوانی سیل منطقه‌ای با استفاده از گشتاورهای خطی (مطالعه موردی حوضه هلیل‌رود و حوضه‌های استان آذربایجان غربی). دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ۹۰ ص.

۳. غنی‌پور ر. ۱۳۷۹. تعیین نواحی همگون و تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیل جهت طرح‌های آبی (مطالعه موردی در آذربایجان غربی). دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ۱۰۵ ص.

4. Hosking J. R. M. 1996. Fortran routines for use with the method of Lmoments. Version 3.04. Research Report RC-20525, IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY 10598.

5. Hosking J. R. M. and Wallis J. R. 1997. Regional frequency analysis—an approach based on L-moments. Cambridge University Press. New York. 224 p.


www.SID.ir