

تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیل با بهره‌گیری از روش گشتاورهای خطی در حوزه هلیل رود (جیرفت)

علی سرحدی^۱، سعید سلطانی^۲، رضا مدرس^۳، سید جمال‌الدین خواجه‌الدین^۴

^۱ کارشناسی ارشد، بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

^۲ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

^۳ کارشناسی ارشد، بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

^۴ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۱۶، تاریخ تصویب: ۸۷/۲/۲)

چکیده

در میان انواع خطرهای طبیعی، سیل شاید به عنوان ویرانگرترین عامل شناخته شود که آسیب‌های زیادی را به جامعه‌های انسانی، تاسیسات، مراکز صنعتی و اراضی کشاورزی تحمیل می‌کند. تحلیل فراوانی و اطلاع از احتمال رخداد و یا دوره بازگشت رخدادهای سیلابی می‌تواند کمک شایانی برای برنامه ریزی و کاهش خطرهای ناشی از این پدیده طبیعی نماید. در این پژوهش روش L-moment برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای در حوزه هلیل رود جیرفت بکار برده شد. همگنی منطقه‌ای و آگاهی از وجود ایستگاه‌های ناجور با بهره‌گیری از آماره‌های H و D مشخص شد. پس از آزمون نکوئی برازش در ایستگاه‌های مورد بررسی و گزینش بهترین توزیع، با بهره‌گیری از آماره Z^{DIST} توزیع LN3 به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای گزینش شد. برای برآورد میزان دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در مناطق بدون آمار از ویژگی‌های اقلیمی و فیزیکی حوزه بهره‌گیری، و با استفاده از رگرسیون خطی، سطح حوزه به عنوان مهم‌ترین مشخصه وارد مدل شد.

کلمات کلیدی: سیل، گشتاورهای خطی، همگنی، تابع توزیع LN3، حوزه هلیل رود

مقدمه

با توجه به تغییرهای مکانی و زمانی بارش و همچنین وجود شرایط سیل خیزی در کشور ما، اطلاع از احتمال رخداد و یا دوره بازگشت سیلاب‌ها و همچنین اطلاع از محدوده گسترش سیل می‌تواند برنامه ریزان کشور را در زمینه راهکارهای کنترل این پدیده مخرب یاری نماید. اگر احداث سازه‌های مختلف و همچنین گسترش شهرها و روستاها بر پایه پیش بینی سیل و اطلاع از بزرگی و محدوده گسترش آن صورت پذیرد، تا حدود زیادی می‌تواند خطر آسیب‌های ناشی از سیل را کاهش دهد. این امر بدون بهره‌گیری از تحلیل فراوانی سیل میسر نخواهد بود. تحلیل فراوانی بیشترین حوزه فعالیت تحقیقات آمار و احتمالات را در **علم هیدرولوژی** در بر می‌گیرد. مهم‌ترین مشکل در مهندسی منابع آب برآورد بزرگی سیلاب برای یک دوره بازگشت معین می‌باشد (۱۹). هدف اولیه تحلیل فراوانی، ارتباط دادن بزرگی رویدادهای حدی به فراوانی رخداد آنان از راه بهره‌گیری از توزیع‌های آماری می‌باشد (۳، ۱۵). در واقع تحلیل فراوانی، برآورد این مساله است که چگونه یک رخداد خاص اتفاق خواهد افتاد (۷).

تاریخچه بهره‌گیری از توزیع‌های آماری به بررسی هیزن و مارکوویچ (۱۱) بر می‌گردد. گوپتا روش‌هایی را برای پیدا کردن توزیع‌های مناسب ارائه کرد و مک کوئین و راولز (۱۹۷۹) روش‌های تحلیل فراوانی را طبقه‌بندی کردند (۱۳). مک کوئین (۱۹۷۹) واژه‌های آماری مورد بهره‌گیری در تحلیل فراوانی را مشخص و تشریح کرد. کمپیل و سیدل (۱۹۸۴) برای طراحی راهکارهای دفع سیلاب از توزیع‌های آماری بهره گرفتند.

از مهم‌ترین روش‌هایی که در تحلیل منطقه‌ای سیلاب بهره‌گیری می‌شود، می‌توان به روش شاخص سیل، رگرسیون چند متغیره، روش ناحیه-اثر، روش تحلیل مولفه‌های اصلی و همبستگی کانونی اشاره کرد. اما این روش‌ها گاهی ممکن است به ایجاد مناطق همگن هیدرولوژیکی نیانجامد بویژه اگر

تغییر پذیری ویژگی‌های هیدرولوژیکی یا فیزیوگرافی زیاد باشد. به علاوه این روش‌ها ممکن است خطاهای قابل توجهی در برآورد میزان برای حوزه‌های کوچک نسبت به نواحی منطقه‌ای ایجاد کنند (هاسکینگ و والیس، ۱۹۹۷).

یک راه آسان برای دست یابی به تابع منطقه‌ای بهره‌گیری از نمودار گشتاورهای خطی^۱ است. نمودار گشتاور خطی (نمودار $L-C_V$ در برابر LC_S و نمودار LC_S در برابر LC_K) یک روش بصری مناسب برای گزینش تابع منطقه‌ای است و همواره به روش‌های معمولی برآورد با بهره‌گیری از ضریب‌های تابع توزیع (ضریب تغییرات، ضریب چولگی و ضریب کشیدگی) ترجیح داده می‌شود (۱۶).

گرین وود و همکاران (۱۹۷۹) مفهوم گشتاورهای وزنی احتمال (PWM)^۲ را معرفی کردند. هاسکینگ (۱۹۸۶)، (۱۹۹۰) گشتاورهای خطی را به عنوان ترکیب‌های خطی PWM تعریف کرد. هاسکینگ و والیس (۱۹۹۷) کاربرد گشتاورهای خطی را گسترش دادند و آماره‌های مفیدی را برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای برای محاسبه ناهمگونی، همگنی ناحیه‌ای و نکوئی برازش بکار بردند.

یکی از مهم‌ترین توزیع‌های آماری توزیع پیرسون است که جزء خانواده توابع نمائی بوده و کاربرد گسترده‌ای در تحلیل فراوانی مجموعه‌های اوج سیلابی دارد. سیسیونی و همکاران (۱۹۷۳) در ایتالیا توزیع‌های $LN3$ ، $LN2$ ، پیرسون نوع III و توزیع GEV را برای ۱۰۸ ایستگاه آسنجی با طول دوره آماری ۲۷ سال را بررسی کردند. و از آزمون‌های χ^2 ، کلموگرف-اسمیرنوف و آزمون اندرسون-دارلینگ برای گزینش توزیع آماری بهره گرفتند و در نهایت توزیع $LN2$ توسط آزمون سای، و توزیع GEV و $LN3$ توسط سایر آزمون‌ها گزینش شد. ببرد (۱۹۷۴) سیل ۱۰۰۰ ساله را در ۳۰۰ ایستگاه آسنجی آمریکا مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که توزیع‌های $LN2$ و $LP3$ بیشترین

۱- L-Moment diagram

۲- Probability Weighted Moments

ایران تشخیص داده و توابع نرمال ۳ پارامتری را برای کل ایران پیشنهاد کرد.

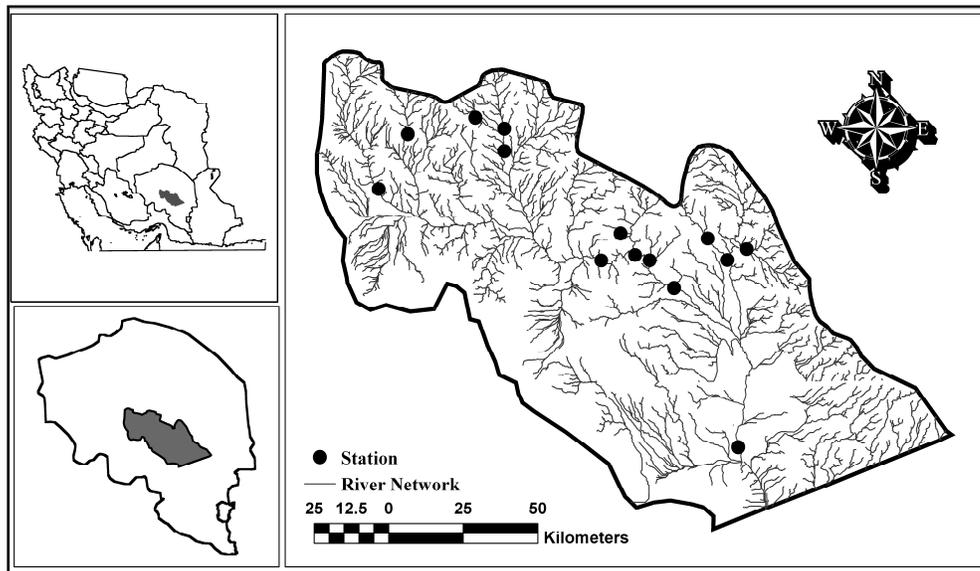
در این بررسی با بهره‌گیری از گشتاورهای خطی، همگنی منطقه مورد بررسی قرار گرفت و بهترین تابع توزیع منطقه‌ای برای منطقه همگن تعیین شد. در پایان نیز رابطه دبی سیلابی-مساحت حوزه با بهره‌گیری از روش رگرسیون برای برآورد دبی بیشینه لحظه‌ای در مناطق بدون آمار بدست آمد.

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی حوزه هلیل رود در منطقه جیرفت می‌باشد. این حوزه با مساحتی بالغ بر ۱/۶ میلیون هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد (شکل ۱). این منطقه با میانگین بارندگی ۲۹۵/۳ میلیمتر و ارتفاع میانگین ۱۷۷۴ متر دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد.

سازگاری را دارند. ووگل و همکاران (۱۹۹۳) داده‌های سیل ۶۱ ایستگاه را در استرالیا با دوره آماری بیشتر از ۲۰ سال مورد تحلیل قرار دادند. آنان منحنی گشتاورهای خطی را برای مقایسه توزیع‌های مختلف بکار بردند. و به این نتیجه رسیدند که *GPA* بهترین توزیع است و توزیع‌های *GEV*، *LN3* و *LP3* سازگاری به نسبت خوبی را نشان می‌دهند.

متاسفانه در کشورمان از روش گشتاورهای خطی به خیلی کم بهره‌گیری شده است. اسلامیان و چاوشی (۱۳۸۲) از روش گشتاورهای خطی به منظور تحلیل فراوانی منطقه ای سیل در دوره‌های برگشت مختلف در حوزه آبریز مرکزی بهره‌گیری کردند. آنان توابع توزیع لجستیک تعمیم یافته، میزان حدی تعمیم یافته و نرمال ۳ پارامتری را به عنوان بهترین توابع مناطق همگن معرفی کردند. همچنین مدرس (۲۰۰۶) به منظور گروه بندی بارش و توابع توزیع فراوانی از روش گشتاورهای خطی بهره‌گیری کرد. وی ۸ گروه بارشی را در



شکل ۱- موقعیت حوزه هلیل رود و ایستگاه‌های مورد بررسی

بهره‌گیری از روش گشتاورهای خطی و آزمون ناجوری در این روش در مورد مجموعه‌های آماری با اندازه مختلف توصیه می‌شود زیرا اندازه نمونه در این روش تأثیری در شناخت یک ایستگاه به عنوان ایستگاه ناجور ندارد (۷).
آماره ناجوری به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (2)$$

$$S = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (3)$$

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (4)$$

که در اینجا $u_i = [\tau_2^i, \tau_3^i, \tau_4^i]^T$ ماتریس گشتاورهای خطی در ایستگاه i و N شمار ایستگاه‌ها و S ماتریس کوواریانس نمونه است (۷، ۸).

آماره همگنی شامل سه معیار H_1 ، H_2 و H_3 است. اگر میزان این آماره کمتر از یک باشد، منطقه همگن، اگر بین ۱ تا ۲ باشد، منطقه تا حدی همگن و اگر بزرگتر از ۳ باشد، منطقه به طور کامل ناهمگن است. در عمل عنوان می‌شود معیار H_1 برای این آزمون مناسب‌تر است (۱۵). میزان این آماره از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H_i = (V_{\text{obs}} - \mu_V) / \sigma_V \quad (5)$$

$$V_{\text{obs}} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\tau_2^i - \tau_2^R)^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\}^{1/2} \quad (6)$$

که در آن n_i اندازه نمونه در ایستگاه i ، τ_2^i گشتاور خطی نمونه $(L-CV)$ ، τ_2^R میانگین نقطه‌ای گشتاور خطی نمونه

مواد و روش‌ها

تحلیل منطقه‌ای سیل

آزمون ناهمگونی

هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) دو آماره را برای آزمون همگنی ناحیه‌ای استنتاج کردند که شامل آماره ناهمگونی (ناجوری) D آماره همگنی H است. آزمون ناهمگونی، مکان‌های ناجور با کل گروه را مشخص می‌کند. گزینش یک میزان برای D_i (معیار ناجوری در ایستگاه i) به عنوان ملاک تصمیم‌گیری حتی برای یک ایستگاه ناجور چندان آسان نیست. هاسکینگ و والیس (۱۹۹۷) پیشنهاد کردند که یک ایستگاه وقتی ناجور است که میزان D_i بالاتر از یک میزان بحرانی باشد. آنان در آغاز ملاک $D_i \geq 3$ را پیشنهاد کردند. اما این میزان برای مناطق کوچک رضایت بخش نیست. D_i را با محدوده جبری می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$D_i \leq (N-1)/3 \quad (1)$$

که در آن N شمار ایستگاه‌ها می‌باشد.

برای بعضی از میزان، برای گزینش ملاک ناجوری بایستی یک تابع افزایشی از شمار ایستگاه‌ها در منطقه وجود داشته باشد. به دلیل اینکه در مناطق بزرگ، احتمال وجود ایستگاه‌های با D_i بالا بیشتر است. بنابراین همچنان پیشنهاد می‌شود که اگر ایستگاهی دارای $D_i > 3$ باشد، آن ایستگاه ناجور به شمار می‌آید (۷).

نکته قابل یادآوری در مورد معیار ناجوری (D) این است که این شاخص به اندازه نمونه وابسته نیست چون این آماره بر پایه گشتاورهای خطی محاسبه می‌شود که نسبت به اندازه نمونه حساسیت کمتری دارد. در حالی که گشتاورهای معمولی مانند میانگین و انحراف معیار وابستگی شدیدی به اندازه نمونه و به ویژه داده‌های پرت دارند. به همین دلیل

۱- Discordancy

۲- Homogeneity

$(L-CV)$ ، میانگین میزان V_{obs} و σ_V انحراف معیار میزان V_{obs} هستند (۷، ۸).

برای گزینش بهترین توزیع در یک منطقه می‌توان توزیعی که در مجموع برازش بهتری نسبت به بقیه توزیع‌ها در منطقه نشان می‌دهد، را گزینش کرد. روش‌های زیادی می‌تواند برای آزمون توزیع‌ها مورد بهره‌گیری قرار گیرد. اما این روش‌ها نمی‌توانند به عنوان آزمون‌های به طور کامل جدا کننده یک توزیع از دیگر توزیع‌ها باشد. آزمون‌هایی که امروزه از آنان برای گزینش توزیع بهره‌گیری می‌شود، می‌توان به آزمون کای وسای χ^2 ، آزمون کلوموگروف و اسمیرنوف، آزمون $PPCC$ ^۱، آزمون ضریب خود همبستگی (به عنوان مثال توزیع نرمال و لوگ نرمال و پیرسون تیپ ۳)، معیار داده‌های آکائیک، آزمون اندرسون-دارلینگ و منحنی گشتاورهای خطی اشاره کرد (۷، ۱۹، ۱۶). در این پژوهش از آماره ارائه شده توسط هاسینگ و والیس بهره‌گیری می‌شود.

در این روش آزمون نکوئی برازش تابع توزیع منطقه‌ای به منظور گزینش بهترین تابع توزیع منطقه‌ای انجام می‌شود و شامل محاسبه آماره Z^{DIST} است. تابع توزیع مناسب تابعی است که $|Z^{DIST}| < 1.64$ باشد. این تابع به عنوان تابع منطقه‌ای شناخته شده و میزان دبی ناحیه‌ای در دوره‌های برگشت مختلف با بهره‌گیری از آن بدست می‌آید. این آماره به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - \bar{\tau}_4 + \beta_4) / \sigma_4 \quad (7)$$

$$\beta_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4) \quad (8)$$

(۹)

$$\sigma_4 = \left\{ (N_{sim} - 1)^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4)^2 - N_{sim} \beta_4^2 \right\}^{1/2}$$

در اینجا، $DIST$ به مفهوم توزیع، τ_4^{DIST} گشتاور خطی برجستگی جامعه $(L-C_K)$ ، $\bar{\tau}_4$ میانگین ناحیه‌ای گشتاور خطی برجستگی نمونه، β_4 میزان اریبی ناحیه‌ای از گشتاور فوق، σ_4 انحراف معیار ناحیه‌ای گشتاور یاد شده و N_{sim} شمار نواحی شبیه سازی شده و برابر ۵۰۰ است.

گشتاورهای خطی^۲ و نمودار گشتاورهای خطی^۳

در سال‌های پیش از نمودار گشتاورهای معمولی برای مشخص کردن بهترین توزیع منطقه‌ای بهره‌گیری می‌شد. اما امروزه بهره‌گیری از روش نمودار گشتاورهای خطی به جای گشتاورهای معمولی مورد توجه قرار گرفته است. زیرا گشتاورهای معمولی نه تنها ضریب تغییرات و ضریب اریبی زیاد دارند، بلکه در نمونه‌های کوچک خیلی تغییر می‌کنند. و از طرفی برای لگاریتم‌های نمونه، اهمیت میزان کوچک را خیلی افزایش می‌دهند. در صورتی که برتری گشتاورهای خطی برآورد غیر اریب **آنهاست** (۷، ۵).

هاسکینگ (۱۹۹۰) گشتاورهای خطی را معرفی کرده توابعی از گشتاورهای وزنی احتمال می‌باشند. گشتاورهای خطی مناسب تر و آسان تر از گشتاورهای وزنی احتمال هستند، چون می‌توانند به طور مستقیم به اندازه‌هایی از مقیاس و شکل توزیع‌های احتمال تشریح شوند و از این نظر آنان همانند و قابل قیاس با گشتاورهای متداول می‌باشند.

منحنی نسبت گشتاورهای خطی توسط هاسکینگ (۱۹۹۰) معرفی شد که نشان‌دهنده ارتباط بین $L - \tau_3$ و $L - \tau_4$ (یا $L - \tau$ و $L - \tau_3$) است. در منحنی $L - \tau_4$ در مقابل $L - \tau_3$ هر سه پارامتر توزیع با منحنی نشان داده می‌شوند. یک منحنی نشان دهنده سازگاری چندین توزیع است. اگر چه هیچ آزمون آماری در ارتباط با این منحنی برای گزینش توزیع تعریف نمی‌شود، اما از فاصله نقاط نمونه از منحنی،

۲- L- Moment

۳- Moment Ratio Diagram

۱- Probability Plot Correlation Coefficient

$$\lambda_2 = \alpha_0 - 2\alpha_1 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (14)$$

$$\lambda_3 = \alpha_0 - 6\alpha_1 + 6\alpha_2 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \lambda_4 &= \alpha_0 - 12\alpha_1 + 30\alpha_2 - 20\alpha_3 \\ &= 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \end{aligned} \quad (16)$$

و بطور کلی

$$\lambda_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* \alpha_k = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* \beta_k \quad (17)$$

بدین ترتیب می‌توان انواع بدون بعد گشتاورهای خطی را تعریف کرد که این امر از راه تقسیم گشتاورهای رتبه بالاتر به λ_2 بدست می‌آید. نسبت گشتاورهای خطی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$r = 3, 4, \dots \quad \tau_r = \lambda_r / \lambda_2 \quad (18)$$

هدف گشتاورهای خطی و PWM خلاصه کردن توزیع‌های نظری و نمونه‌های مشاهده شده است. بنابراین گشتاورهای خطی می‌توانند برای برآورد پارامتر، برآورد فاصله و آزمون فرضیه بکار برده شوند (۱۰).

از چندین روش در برآورد پارامترها بهره‌گیری می‌شود که می‌توان به روش گشتاورها (MOM)، روش بیشینه درستنمایی (MLM)، روش گشتاورهای وزنی احتمال (PWM)، روش حداقل مربعات، روش بی‌نظمی بیشینه، روش گشتاورهای مخلوط، روش تعمیم یافته گشتاورها، و روش میانگین‌های ناتمام و گشتاورهای خطی اشاره کرد. درین این روش‌ها سه روش گشتاورها، بیشینه درستنمایی و گشتاور وزنی احتمال کاربرد بیشتری دارند (۱۶).

روش بیشینه درست نمایی یکی از کامل‌ترین روش‌ها در برآورد پارامترهای توزیع بشمار می‌آید. و به علت اینکه

می‌توان به عنوان پایه‌ای برای گزینش یک توزیع بهره‌گیری کرد (۱۸).

گشتاورهای خطی یک سامانه تناوبی از توصیف شکل‌های توزیع احتمال اند که در آغاز توسط گرین وود (۱۹۷۹)، گشتاورهای وزنی احتمال نامیده شدند.

گشتاورهای وزنی احتمال یک متغیر تصادفی X با تابع توزیع تجمعی $F(\cdot)$ توسط گرین وود (۱۹۷۹) این چنین تعریف شدند: (۳،۷)

$$M_{p,r,s} = E[X^p \{F(X)\}^r \{1-F(X)\}^s] \quad (9)$$

جنبه‌های ویژه و مفید گشتاورهای وزنی احتمال دارای تابع میزان $x(u)$ است، α و β به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\beta_r = \int_0^1 x(u) u^r du. \quad \alpha_r = \int_0^1 x(u) (1-u)^r du. \quad (10)$$

این معادله‌ها ممکن است بر پایه تعریف گشتاورهای معمولی تغییر کنند؛ به طوری که می‌توان نوشت:

$$E(X^r) = \int_0^1 \{x(u)\}^r du. \quad (11)$$

برای یک متغیر تصادفی X با تابع میزان $x(u)$ گشتاورهای خطی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\lambda_y = \int_0^1 x(u) p_r^* du. \quad (12)$$

برحسب گشتاورهای وزنی احتمال، گشتاورهای خطی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\lambda_1 = \alpha_0 = \beta_0 \quad (13)$$

کمترین واریانس نمونه گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می‌کند، از این رو چندک‌های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش‌ها می‌باشد، هر چند که روش بیشینه درست‌نمایی در برآورد نمونه‌های کوچک همراه با خطا است (۱۶). در روش گشتاورهای وزنی احتمال برآورد پارامترهای مدل در برخی موارد با روش بیشینه درست‌نمایی قابل مقایسه بوده و صحت بیشتری دارند (۴،۶،۹). تخمین پارامترهای مدل، با بهره‌گیری از روش‌های فوق برای هر مدل متفاوت است. در این بررسی بر پایه خطای استاندارد برآورد چندکها و تطبیق چشمی، روشی که کمترین خطا را دارد و تطبیق بهتری با تابع تجربی داشته باشد، برای تعیین دبی بیشینه لحظه‌ای با دوره بازگشت معین بهره‌گیری می‌شود.

برآورد مقادیر و نکوئی برازش

مهم‌ترین قسمت در تحلیل فراوانی سیل برآورد مقادیر می‌باشد. برای گزینش بهترین توزیع در یک منطقه می‌توان توزیعی که در کل برازش بهتری نسبت به بقیه توزیع‌ها در منطقه نشان می‌دهد، را گزینش کرد. روش‌های زیادی می‌تواند برای آزمون توزیع‌ها مورد بهره‌گیری قرار گیرد. اما این روش‌ها نمی‌توانند به عنوان آزمون‌های به طور کامل جدا کننده یک توزیع از دیگر توزیع‌ها باشد. آزمون‌هایی که امروزه از آنان برای گزینش توزیع بهره‌گیری می‌شود، می‌توان به آزمون کای وسای χ^2 ، آزمون کلموگروف و اسمیرنوف، آزمون $PPCC^1$ ، آزمون ضریب خود همبستگی (به عنوان مثال توزیع نرمال و لوگ نرمال و پیرسون تیپ ۳)، معیار داده های آکائیک، آزمون اندرسون-دارلینگ و منحنی گشتاورهای خطی اشاره کرد (۷، ۱۶ و ۱۹).

در این بررسی برای انجام تحلیل فراوانی منطقه‌ای و همچنین در محل ایستگاه‌ها توزیع‌های بیشماری بکار برده شد. برای برآورد چندک‌های توزیع از روش بیشینه درست‌نمایی و برای گزینش بهترین توزیع در هر ایستگاه، از

بررسی رابطه دبی با دوره بازگشت‌های مختلف و ویژگی‌های حوزه

مجذور میانگین خطای مربعات^۲ بهره‌گیری شد. از آماره Z^{DIST} هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) با بهره‌گیری از سابقه اجرایی برنامه FORTRAN برای گزینش بهترین توزیع منطقه‌ای بهره‌گیری شد.

به منظور تعیین دبی سیل در دوره‌های برگشت مختلف در حوزه‌های بدون آمار و توسعه مدل منطقه ای سیل از روش رگرسیون چند متغیره بهره‌گیری شد. برای برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه‌های بدون آمار، مشخصه‌هایی چون سطح حوزه، میزان و شدت بارندگی، تراکم زهکشی، شیب میانگین حوزه، ارتفاع میانگین و بیشینه حوزه، طول بزرگترین آبراهه و زمان تمرکز در حوزه‌های مختلف تعیین و به عنوان متغیر مستقل به کار گرفته شد. دبی با دوره‌های برگشت مختلف نیز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود.

نتایج

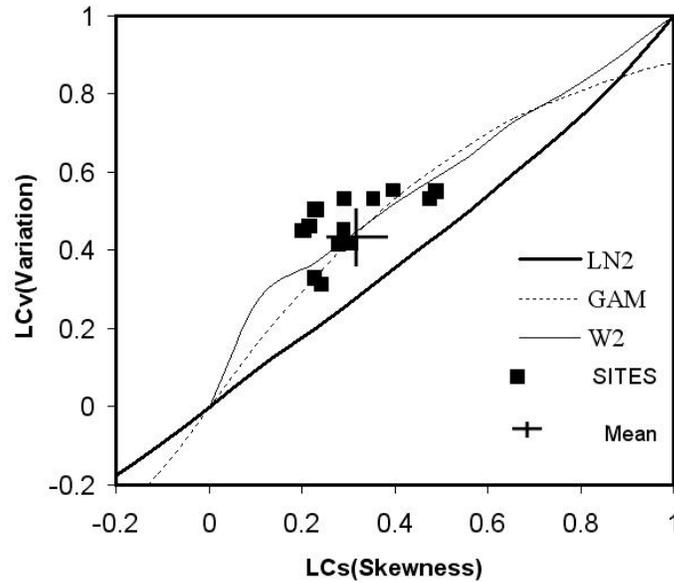
در این بررسی دبی بیشینه لحظه‌ای ۱۳ ایستگاه آبسنجی در حوزه هلیل رود مورد بررسی قرار گرفت و میزان دبی پیک در هر سال برای انجام تحلیل فراوانی بکار برده شد. اولین مرحله در تحلیل فراوانی منطقه‌ای، مشخص کردن مناطق همگن است. در منطقه همگن مجموعه ایستگاه‌ها از لحاظ توزیع فراوانی بایستی به تقریب همانند باشند. منطقه همگن، واحد اصلی تحلیل فراوانی منطقه‌ای را تشکیل می‌دهد. در مناطق همگن، نیاز نیست که منطقه از لحاظ جغرافیایی همگن باشد، اما بایستی ایستگاه‌ها دارای میزان‌های همانند باشند. زیرا ویژگی‌های ایستگاه‌ها توزیع فراوانی را مشخص خواهد کرد. شکل ۲ و ۳ نمودار گشتاورهای خطی را برای ایستگاه‌های منطقه نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشخص است

۲- Root mean square error

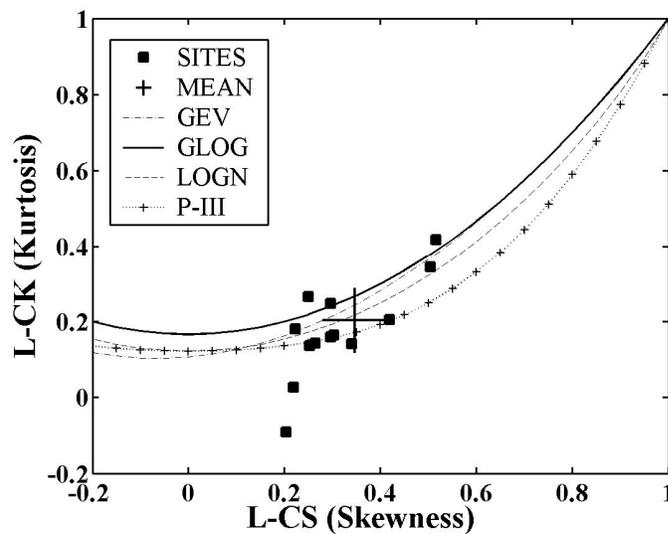
۱- Probability Plot Correlation Coefficient

نشان داده شده است. همان گونه که در جدول مشخص است میزان آماره D در همه ایستگاه‌ها کمتر از ۳ می‌باشد و بیانگر این واقعیت است که ایستگاه ناهمگن و ناجوری در منطقه وجود ندارد. همچنین با توجه به میزان آماره H (کمتر از ۱) مشخص شد منطقه به طور کامل همگن می‌باشد.

این گشتاورها در پیرامون میانگین دارای پراکندگی مناسبی‌اند. که خود بیان کننده آن است که این ایستگاه‌ها از یک توزیع واحد تبعیت می‌کنند. اما با این وجود از آماره D برای اطمینان از نبود ایستگاه‌های ناهمگن در منطقه بهره‌گیری شد. در جدول ۱ محاسبه‌های آمار توصیفی و گشتاورهای خطی نمونه برای ایستگاه‌های مورد بررسی را



شکل ۲- نمودار گشتاورهای خطی $L-C_S$ $L-C_V$ ایستگاه‌های مورد بررسی



شکل ۳- نمودار گشتاورهای خطی $L-C_S$ $L-C_K$ ایستگاه‌های مورد بررسی

جدول ۱- میزان آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی ایستگاه‌های منطقه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شمار سال‌های آماری	LCv	LCs	LCK	D
۱	عروس	۱۰	۰/۳۱۰	۰/۲۵۰	۰/۲۳۰	۱/۱۹
۲	دهرود	۳۰	۰/۵۰۷	۰/۵	۰/۳۸۴	۱/۵۵
۳	هنجان	۱۴	۰/۵۳۱	۰/۲۲۵	۰	۱/۷
۴	حسین آباد	۳۶	۰/۵۶۳	۰/۵۰۴	۰/۳۲۳	۱/۵۳
۵	کهنک	۱۸	۰/۴۵۰	۰/۲۶۱	۰/۱۴۴	۱/۱۲
۶	کلدان	۱۷	۰/۴۴۳	۰/۲۳۳	۰/۰۶۴	۰/۷۸
۷	کناروئیه	۱۰	۰/۴۰	۰/۲۶۹	۰/۱۵۰	۰/۶
۸	میدان	۱۷	۰/۴۶	۰/۲۹۹	۰/۱۶۲	۰/۰۴
۹	نراب	۱۰	۰/۳۰۴	۰/۲۲۹	۰/۱۸۶	۱/۵۸
۱۰	پل بافت	۲۲	۰/۴۵۴	۰/۳۰۴	۰/۱۶۸	۰/۰۱
۱۱	سلطانی	۳۴	۰/۵۳۸	۰/۳۴	۰/۱۴۷	۰/۴۸
۱۲	تیغ سیاه	۱۶	۰/۵۶۱	۰/۴۰۶	۰/۱۹۶	۰/۶۷
۱۳	زارین	۱۹	۰/۴۲۲	۰/۲۹۸	۰/۲۲۹	۱/۷۷
			H1=۰/۴۴			
			H2=-۰/۰۵			
			H3=-۰/۰۶۱			

است. با توجه به اینکه میزان Z^{DIST} توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتری کمترین مقدار است، توزیع ۳ پارامتری LN3 به عنوان بهترین تابع توزیع منطقه‌ای گزینش شد. هر چند که توزیع‌های GEV و PIII نیز مناسب شناخته شدند. همان طور که در شکل ۲ نیز دیده می‌شود بر خلاف اینکه بیشتر ایستگاه‌ها با توزیع‌های ۲ پارامتری برازش بهتری نشان می‌دهند، شکل ۳ که نمودار نسبی L-CK در مقابل L-Cs را برای ایستگاه‌های همگن نشان می‌دهد نیز این مسئله که پراکندگی نمونه‌ها پیرامون توزیع لوگ نرمال بهتر از دیگر توزیع‌هاست را نشان می‌دهد و نتایج بررسی‌های پیل و همکاران (۲۰۰۱) را که در مناطق همگن میانگین نمونه، یک شاخص مناسب برای گزینش بهترین توزیع منطقه‌ای می‌باشد را تایید می‌کند.

گزینش توزیع فراوانی برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای

جدول ۲- نتایج برآورد میزان دبی با دوره بازگشت‌های مختلف را برای شماری از ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. بهترین تابع توزیع بر پایه حداقل مربعات خطا از بین ۱۵ تابع توزیع گزینش شده‌اند.

در ضمیمه ۱ موقعیت میزان دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در محل ایستگاه‌ها با بهره‌گیری از فرمول تعیین موقعیت $Pi:n = (i-0.35)/n$ نشان داده شده است که در آن بهترین توزیعی که پراکندگی نمونه‌ها پیرامون آن بهتر از سایرین باشد، گزینش شده است.

آماره Z^{DIST} که با بهره‌گیری از سابقه و داده‌های اجرائی برنامه FORTRAN محاسبه شده است و بهترین تابع توزیع منطقه‌ای را نشان می‌دهد در جدول ۳ نشان داده شده

جدول ۲- برآورد میزان جریان کم با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های دهرود، زارین، حسین آباد، کلدان، عروس، سلطان، تیغ سیاه، کهنک.

ایستگاه	عروس	کلدان	حسین آباد	زارین	سلطانی	تیغ سیاه	کهنک
دوره بازگشت (سال)	بهترین توزیع گزینش شده						
	<i>LN2</i>	<i>EVI</i>	<i>LN2</i>	<i>LN3</i>	<i>LPIII</i>	<i>LN2</i>	<i>EVI</i>
۲	۸۸/۵	۱۶/۰۴	۹۷/۳۵	۲۰/۷۱	۲۳/۴۷	۸/۱۵	۱۷۸/۶۷
۵	۱۴۷/۱۵	۲۸/۲۸	۲۶۴/۷	۳۹/۱۴	۶۲/۱۶	۲۳/۳۳	۳۱۷/۳۲
۱۰	۱۹۲	۳۶/۳۸	۴۴۶/۵۳	۵۳/۳۶	۸۹/۴۶	۴۰/۴۴	۴۰۹/۱۲
۲۰	۱۳/۲۳۹	۴۴/۱۶	۶۸۷/۶۸	۶۸/۴۲	۱۱۳/۳۱	۶۳/۶۸	۴۹۷/۱۷
۵۰	۳۰۶/۱۶	۵۴/۲۲	۱۱۱۸/۰۴	۸۹/۹۶	۱۳۹/۰۴	۱۰۶/۱۷	۶۱۱/۱۵
۱۰۰	۳۰۶/۹۸	۶۱/۷۶	۱۵۴۵/۸۷	۱۰۷/۶۸	۱۵۴/۳۸	۱۴۹/۲۷	۶۹۶/۵۶
۲۰۰	۴۱۹/۷۱	۶۹/۲۷	۲۰۷۹/۴۷	۱۲۶/۷۵	۱۶۶/۶	۲۰۳/۸۹	۷۸۱/۶۶
۵۰۰	۵۰۳/۸۴	۷۹/۱۹	۲۹۷۸/۶۳	۱۵۴/۱۸	۱۷۸/۷۱	۲۹۷/۵۲	۸۹۳/۹۳
۱۰۰۰	۵۷۲/۷۳	۸۶/۶۸	۳۸۳۲/۵۴	۱۷۶/۷۴	۱۸۵/۳۸	۳۸۷/۸۳	۹۷۸/۷۹

جدول ۳- آزمون نکوئی برازش آماره (Z^{dist}) برای منطقه مورد بررسی

ناحیه	GLOG	GEV	LN3	P3	GPAR
حوزه هلیل رود	۱/۴۶	۰/۸۲	*۰/۰۵	-۱/۲۸	-۱/۰۹
توزیع منطقه‌ای قابل قبول *					

داراست. همه معادله‌ها به جز دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله در سطح ۱٪ معنی دارند:

$$Q_2 = 0.006(A)^{0.45} \quad (19)$$

$$Q_5 = 0.025(A)^{0.41} \quad (20)$$

$$Q_{10} = 0.047(A)^{0.4} \quad (21)$$

$$Q_{20} = 0.075(A)^{0.38} \quad (22)$$

$$Q_{50} = 0.12(A)^{0.37} \quad (23)$$

بررسی رابطه دبی با دوره بازگشت‌های مختلف و ویژگی‌های حوزه

ترکیب‌های مختلفی از ویژگی‌های حوزه برای ورود به مدل رگرسیون به روش گام به گام مورد بررسی قرار گرفتند. و در نهایت در ترکیب‌هایی که دبی با دوره بازگشت‌های مختلف متغیر وابسته و سطح حوزه (A) متغیر راه‌یافته به مدل است، بیشترین ضریب همبستگی و کمترین خطای استاندارد بدست آمد. در ادامه معادله‌های رگرسیون خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی مدل منطقه‌ای محاسبه شد. برای گزینش بهترین معادله رگرسیون معیار ضریب همبستگی، خطای نسبی و خطای برآورد استاندارد (SEE) برای مقایسه بکار برده شد و نتایج نشان داد که رگرسیون توانی بهترین دقت را

حدی نوع ۱ (گمبل) دارای بیشترین توابع گزینش شده برای ایستگاه‌ها نیز هستند که نشان دهنده قابلیت بالاتر این توابع در منطقه ایران مرکزی است که حوزه‌های این پژوهش و پژوهش اسلامی و چاووشی در آن قرار دارند.

یکی دیگر از نتایج مهم این پژوهش به منظور برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی حوزه این است که گستره حوزه به عنوان اصلی ترین مشخصه موثر بر دبی سیلابی در این منطقه وارد مدل رگرسیون می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد مشخصه‌های فیزیکی اندکی در تغییرهای مکانی دبی سیل موثر است. به عبارت دیگر مساحت حوزه آبریز در تغییرهای مکانی سیل بیشترین تاثیر را دارد که این موضوع همگن بودن منطقه را به لحاظ عامل‌های موثر بر سیل را نشان می‌دهد. د نهایت معادله‌های رگرسیون خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی مدل منطقه‌ای با بهره‌گیری از روش‌های معیار ضریب همبستگی، خطای نسبی و خطای برآورد استاندارد (SEE) مقایسه شد و رگرسیون توانی بهترین دقت را دارا بود. به طوری که می‌توان با داشتن گستره حوزه دبی در دوره‌های برگشت مختلف را برآورد کرد.

در پایان یادآوری این نکته ضروری است که با توجه به طول دوره آماری کوتاه بیشتر ایستگاه‌های آبنجی کشور و همچنین تغییر پذیری و ضریب اریبی زیاد گشتاورهای معمولی و حساسیت آنان به اندازه نمونه کوچک، و از طرفی قابلیت برآورد غیر اریب گشتاورهای خطی، پیشنهاد می‌شود که تحلیل فراوانی رخدادهای سیلابی با بهره‌گیری از روش گشتاورهای خطی که دارای دقت و اعتبار بیشتری می‌باشند، صورت پذیرد.

$$Q_{100} = 0.16(A)^{0.36} \quad (24)$$

$$Q_{200} = 0.206(A)^{0.36} \quad (25)$$

$$Q_{500} = 0.277(A)^{0.35} \quad (26)$$

بحث

برآورد دبی سیلابی در مناطق بدون آمار مهم‌ترین مشکل برنامه ریزان و مدیران منابع آب است. نبود داده‌ها و یا کمبود داده‌ها، نیاز به بهره‌گیری از روش‌های کارآمد که به داده‌های کم حساس نباشند را ضروری می‌سازد. در این بررسی تحلیل فراوانی سیل به روش گشتاورهای خطی انجام شد که با وجود اهمیت زیاد و مناسب بودن در کشور ما بسیار کم و از آن بهره‌گیری شده است.

در آغاز همگنی منطقه با بهره‌گیری از آماره‌های H و D هاسکینگ و والیس (۱۹۹۳) صورت پذیرفت و مشخص شد ایستگاه ناهمگن و ناجوری در منطقه وجود ندارد و منطقه به لحاظ هیدرولوژیکی به طور کامل همگن می‌باشد. به عبارت دیگر تابع توزیع احتمالی سیل در حوزه مورد بررسی تغییر نمی‌کند و در نتیجه می‌توان اذعان کرد عامل‌های موثر در بروز سیل و تغییرهای مکانی احتمال رخداد سیل به طور یکنواختی در منطقه توزیع شده اند.

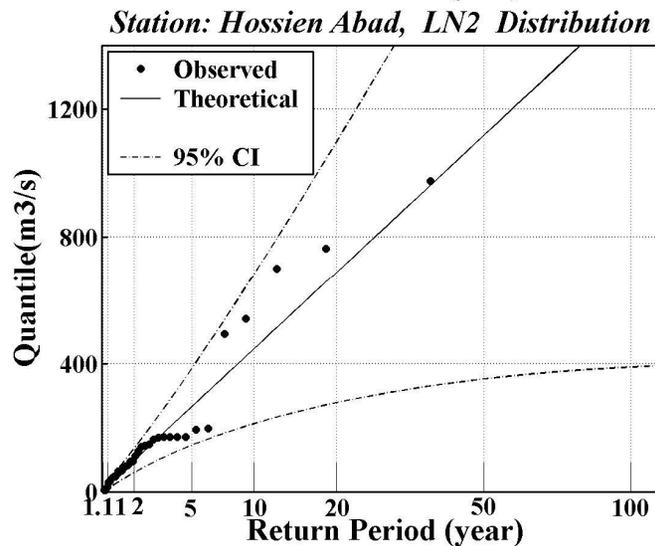
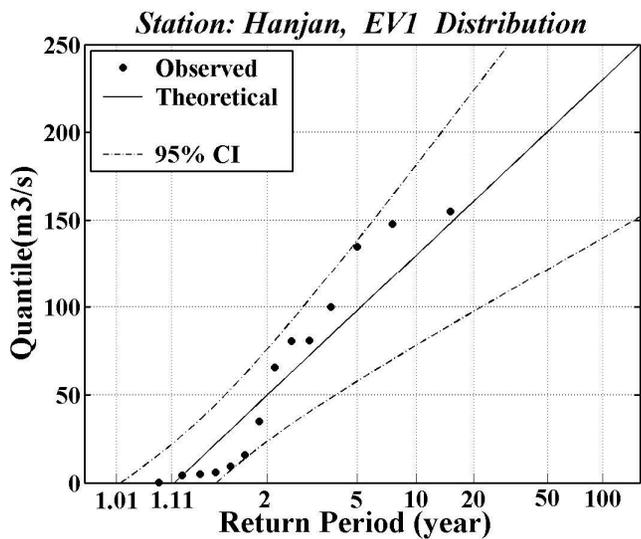
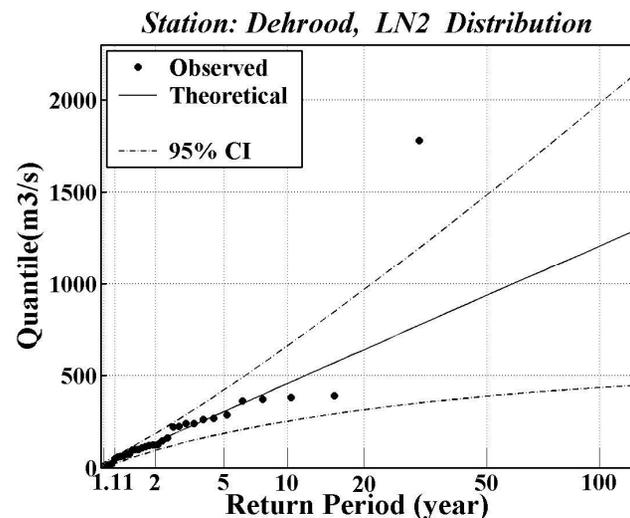
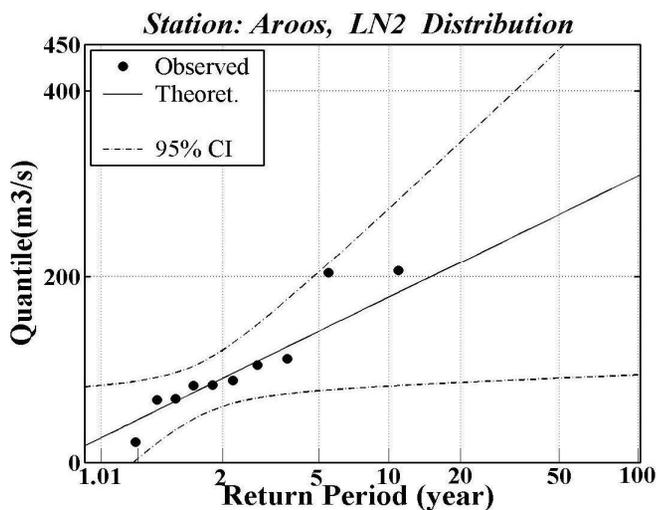
برای گزینش بهترین توزیع در هر ایستگاه، از مجذور میانگین خطای مربعات، و همچنین برای برآورد چندک‌های توزیع از روش بیشینه درستنمائی بهره‌گیری شد. با بهره‌گیری از آماره Z^{DIST} تابع توزیع LN3 به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای گزینش شد که نتایج بررسی‌های ووگل و همکاران (۱۹۹۳) و سیسیونی و همکاران (۱۹۷۳) را تایید می‌کند. همچنین اسلامیان و چاووشی نیز تابع توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتری را به عنوان یکی از توابع برگزیده خود معرفی کرده بودند. تابع توزیع لوگ نرمال به همراه توزیع

منابع

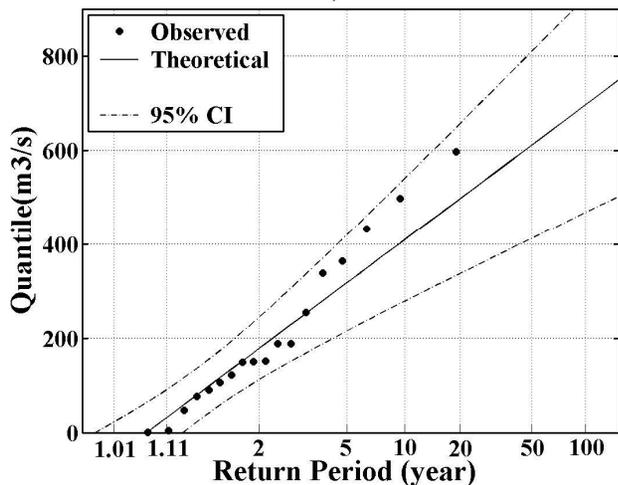
- ۱- اسلامیان، س. س.، چاوشی، س. ۱۳۸۲. کاربرد تئوری گشتاور های خطی در تحلیل تناوب سیل حوزه‌های آبخیز ایران مرکزی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ففتم، شماره اول، ۱-۱۵
- 2- Beard, L.R.1974.Flood frequency techniques.center of Res. In Water Resour., University of Texas, Austin.
- 3- Campbell, A. J., and R. C. Sidel, 1984. "Prediction of peak flows on small watersheds in Oregon for use in culvert design", *Water Resour. Bulletin*, Vol. 20, No.1, pp. 9-14.
- 4- Cicioni, G., Guiliano, G. and Spaziani, F.M. 1973. Best fitting of probability function to a set of data for flood studies. Flood and Droughts, Proc. 2nd Int. Sump. In Hydrol. 11-13 september, Front Collins, CO. Water Resour. Pub., pp.304-314.
- 5- Greenwood, J. A., Landwehr, J. M., Matalas, N. C., Wallis, J. R., 1979. Probanility weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research*, 15 (5), 1049-1054.
- 6- Hosking, J. R. M. 1990. L-moments: analyzing and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of Royal Statistical Society B*, 52, 105-124.
- 7- Hosking, J. R. M., 1986. The theory of probability weighted moments. Res. Rep. RC 12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY. 10598.
- 8- Hosking, J. R. M., and J. R. Wallis.1997."Regional Frequency Analysis An Approach Based on L-Moment. Cambridge University.
- 9- Hosking, J. R. M., and Wallis, J.R.(1993). Some statistical useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*, 29, PP. 271-281.
- 10- Landwehr, J. M., N. C. Matalas and J. R. Wallis, 1979. "Probability weighted moments compared with traditional techniques in estimating gumbel parameters and quantiles", *Water Resour. Res.*, Vol. 15, No. 5, pp. 1055-1064.
- 11- Manuel, a.,Benson(1959) "Channel- slope factor in flood frequency analysis". *Journal of the hydrolics division*. Vol:85, no:HY4,PP.1-9.
- 12- Markovic, R. D., 1965. "Probability functions of best fit distributions of annual precipitation and runoff", Col. State University, Hydrology Paper, No. 8, Fort. Collins, CO.
- 13- McCueen, R. H., 1979. "Statistical terminology: definitions and interpretation for flood peak estimation", *Water Resour. Bulletin*, Vol. 15, No. 4, pp. 1106-1116.
- 14- McCueen, R. H., and W. J. Rawls, 1979. "Classification of evaluation of flood flow frequency estimation techniques", *Water Resour. Bulletin*, Vol. 15, No. 1, pp. 88-93.
- 15- Modarres, R., 2006. Regional precipitation climates of Iran. *Journal of Hydrology- New Zealand*, 45, 13-27

- 16- Peel, M. C., Wang, Q. J., Vogel, R. M., McMahon, T. A., 2001. The utility of Lmoment ratio diagrams for selecting a regional probability distribution. *Hydrol. Sci. J.* 46 (1), 147-155.
- 17- Rao, A. R., Hamed, K. H., 1997. Regional frequency analysis of Wabash river flood data by L-moments. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2 (4): 169-179.
- 18- Rao, A. Ramachandra and Khaled H. Hamed (2000). *Flood Frequency Analysis*, CRC Press LLc, Boca Raton, FL.
- 19- Vogel, R. M., Fennessey, N. M., 1993. L-moment diagram should replace product moment diagram. *Water Resources Research*. 29 (6), 1745-1752.
- 20- Vogel, R.M., McMahon, T.A. and chiew, F.H.S.1993. Flood flow frequency model selection in Australia. *J. Hydrol.*, 146: 421-449.
- 21- Walter,c., Boughton, m. asce.(1976)." Flood estimation from short records " *Journal of the Hhydraulics Division*. Vol: 102, no: HY3, PP.241-253.

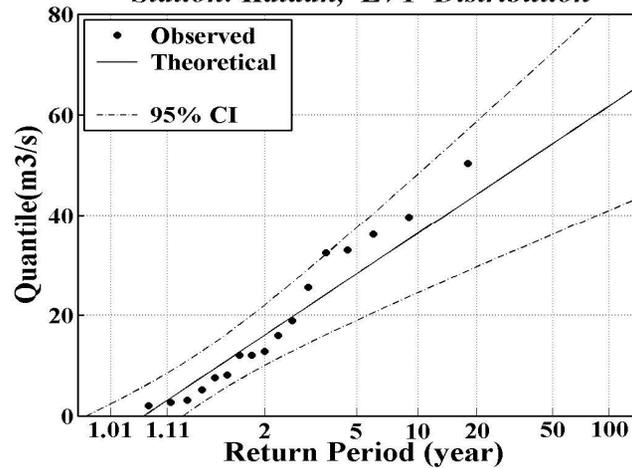
ضمیمه ۱- توابع توزیع فراوانی تجمعی (CDF) ایستگاه‌های منطقه



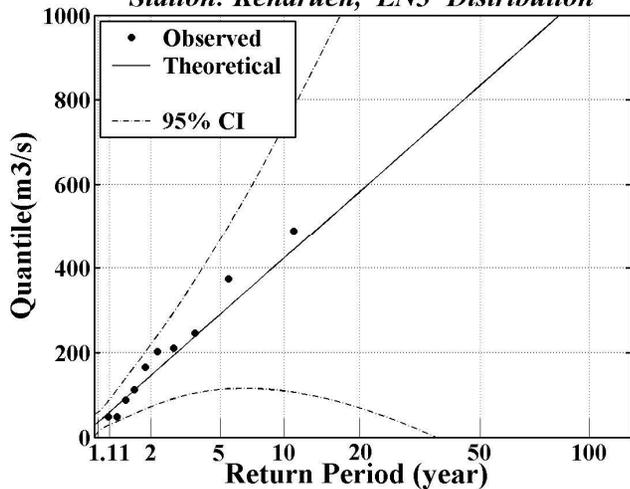
Station: Kahnak, EVI Distribution



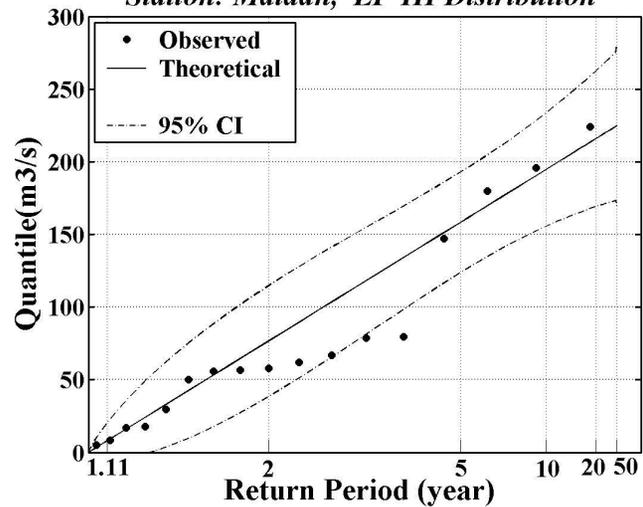
Station: Kaldan, EVI Distribution

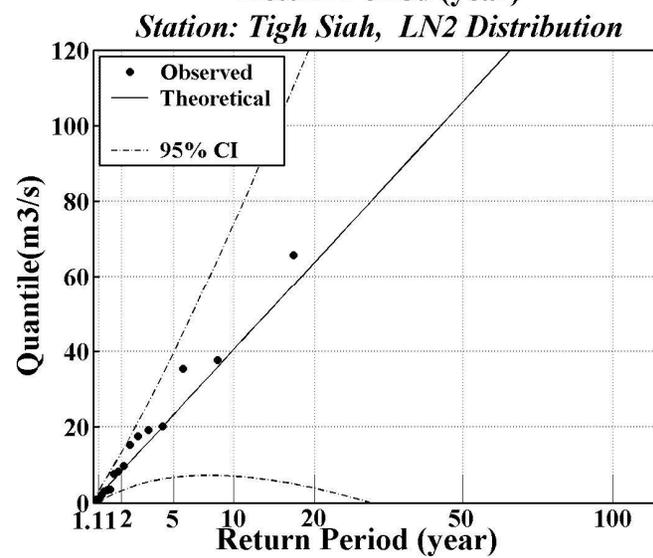
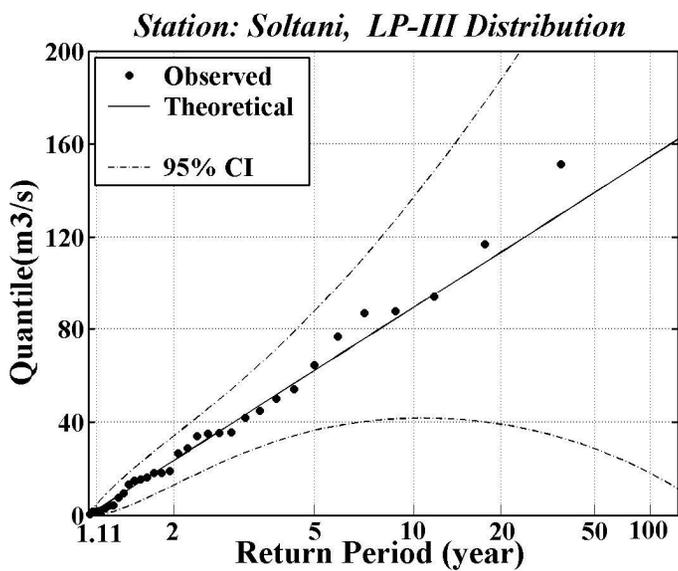
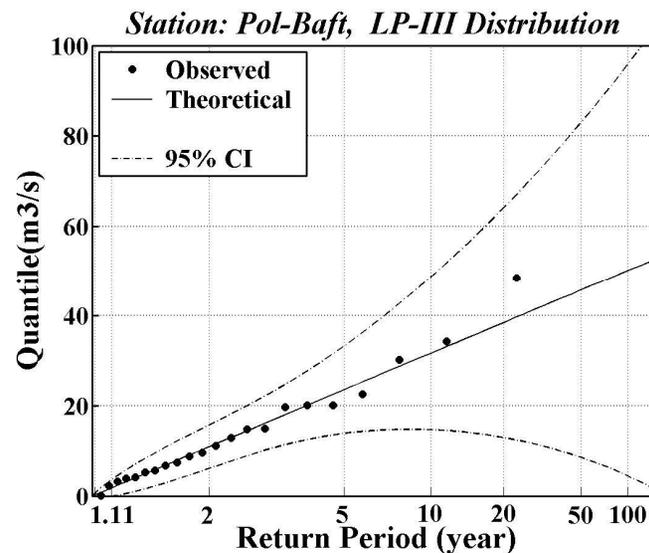
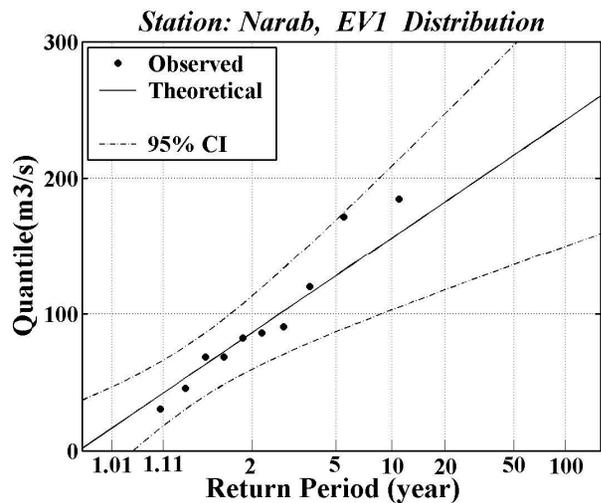


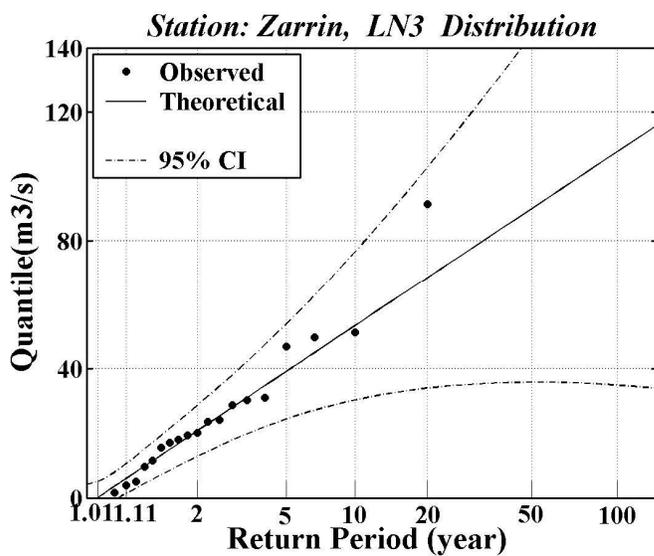
Station: Kenarueh, LN3 Distribution



Station: Maidan, LP-III Distribution







Regional flood frequency analysis by L-Moments method in Halil Roud Basin (Jiroft)

A. Sarhadi^{*1}, S. Soltani², R. Modarres³ and S. Jamalaldin Khajedin²

¹ MSc. Graduate, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I. R. Iran

² Associate Prof, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I. R. Iran

³ MSc. Graduate, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I. R. Iran

⁴ Associate Prof, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I. R. Iran

(Received: 6 June 2007, Accepted: 21 April 2008)

Abstract

Among natural hazards, flood is perhaps the most destructive one which imposes high damage to human communities, facilities, industrial and agricultural areas. Frequency analysis and our knowledge of the probability of occurrence or return period of floods will help us in planning and risk reduction of the floods. In this study, the method of L-moments was applied for regional flood frequency analysis in Halil Roud basin, Jiroft. For regional homogeneity and finding discordant stations, two H and D measurements showed that the region is homogeneous without discordant station. After selecting at-site distribution, the goodness-of-fit-test, Z^{DIST} showed the LN3 distribution to be the best regional distribution. The area of watershed was also found the parameter of multiple regressions which is used for estimation of flood with different return periods at ungauged watersheds.

Key words: Flood, L-Moment, Homogeneity, LN3 function of distribution, Halil Roud basin