



آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت با استفاده از مدل دبی آستانه

علی سرحدی^۱، سعید سلطانی^۲، سیدجمال الدین خواجه الدین^۳
و رضا مدرس^۴

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۲

چکیده

امروزه سیل شاید به عنوان ویرانگرترین خطر طبیعی به شمار آید که سالانه در تمام دنیا خسارات هنگفتی را به جوامع انسانی وارد می آورد. در این راستا آگاهی از تغییرات فصلی و مکانی وقوع سیل و احتمال وقوع آن با بزرگی مشخص می تواند کمک شایانی به مدیریت سیل و کاهش خطرهای ناشی از آن نماید. در مطالعه اخیر با استفاده از مدل دبی های اوج بالاتر از آستانه ی (POT) و استفاده از تحلیل فراوانی دبی اوج سالانه و انتخاب دبی اوج با دوره بازگشت ۲ ساله به عنوان سطح آستانه، وقایع سیلابی در ایستگاه های هیدرومتری حوزه ی هلیل رود مشخص گردید. توابع توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳، لوگ نرمال ۳ پارامتری بهترین برازش ها را برای ایستگاه ها نشان دادند. در ادامه جهت نشان دادن تغییرات فصلی سیل در این ایستگاه ها از دو روش ترسیمی استفاده شد. نمودار تغییرات روزانه تعداد وقایع بالاتر از آستانه نشان می دهد که فراوانی یا احتمال وقوع سیل در دو فصل از چهار فصل سال بیشتر است. در نهایت منطقه ی مورد مطالعه بدون بررسی موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها، از لحاظ تغییرات فصلی سیل به دو ناحیه ی همگن تقسیم شد که در آن گروه نخست، مناطق مرتفع و کوهستان های برف گیر بالادست، و گروه دوم منطقه خشک و پست پایین دست حوزه را در بر می گرفت.

واژه های کلیدی: سیل، مدل دبی های اوج بالاتر از آستانه (POT)، تغییرات فصلی سیل، حوزه هلیل رود

مقدمه

سیل در میان انواع خطرهای طبیعی، شاید به عنوان ویرانگرترین عامل شناخته شود که خسارت زیادی را به جوامع انسانی، تاسیسات، مراکز صنعتی و اراضی کشاورزی تحمیل می کند. سالانه سیل در دنیا به طور میانگین، جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را می گیرد و بر زندگی ۷۵ میلیون دیگر تاثیر اقتصادی بسیار بدی می گذارد [۱۰]. خسارات ناشی از سیل در چند دهه ی اخیر به گونه ای فزاینده افزایش یافته است که این نشان دهنده افزایش فراوانی و شدت سیل می باشد [۶].

طراحی موثر سازه های هیدرولیکی و فعالیت های هیدرولوژیکی، نیاز به درک رفتار احتمالی وقایع حدی دارد. تحلیل فراوانی پدیده های حدی هیدرولوژیکی، می تواند جهت تعیین این رفتارها و برآورد مناسب مقادیر سیل به کار گرفته شود.

در ارتباط با مدل های فراوانی سیل، سه نوع مدل را می توان در نظر گرفت؛ ۱- مدل سری های حداکثر سالانه^۵ (AMF)، ۲- مدل سری های مقادیر جزئی^۶ (PD) یا مدل اوج های بالاتر از یک حد آستانه^۷ (POT)، ۳- مدل سری های زمانی^۸ (TS). در سری جریان حداکثر سالانه (AMF)، در هر سال فقط جریان اوج مربوط به آن سال در نظر گرفته می شود. یعنی تنها یک واقعه سیلابی در هر سال باقی می ماند که خود باعث کاهش شمار داده ها می شود. در حالی که مدل POT، تمامی مقادیر اوجی را که از یک سطح آستانه^۹ معین S، که به گونه ی معمول سطح پایه، یا آستانه نامیده می شود، را در نظر می گیرد. بنابراین مدل POT تنها به یک واقعه در سال محدود نمی شود. در واقع مزیت اصلی مدل POT نسبت به سایر مدل ها این است که به ما امکان انتخاب نسبی وقایع، جهت بررسی آنها را می دهد و بر خلاف مدل AMF امکان کنترل شمار وقایع سیلابی را با انتخاب متناسب سطح آستانه فراهم می آورد.

همچنین مدل POT یک مدل دوگانه ناحیه ای است و به دلیل اینکه هم نیاز به تحلیل بزرگی و هم زمان وقوع اوج دارد، بکار می گیرد که در مقایسه با AMF باعث بکارگیری داده های بیشتری در ارتباط با پدیده ی سیل می شود. بنابراین مدل POT بیشتر بر روی

5- Annual Maximum Flow

6- Partial Duration

7- Peak Over Threshold

8- Time Series

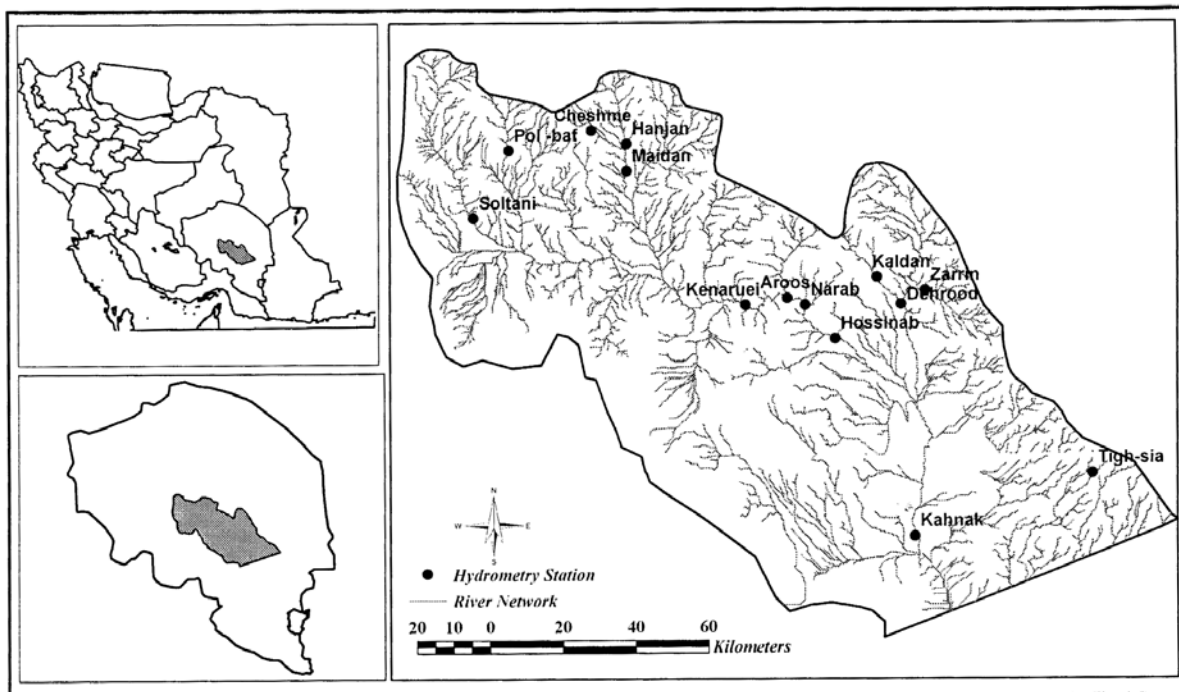
9- Truncation level

۱- نویسنده مسئول و دانش آموخته بیابان زدایی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان asarhadi@na.iut.ac.ir

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- دانش آموخته بیابان زدایی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

مانند میانگین شمار وقایع آستانه، میانگین تجاوزهای بالاتر از آستانه و شاخص پراکندگی را برای انتخاب دبی سطح آستانه پیشنهاد دادند [۸].

آداموفسکی [۱] در مطالعات خود به این نتیجه رسید که شکل توزیع سری جزئی (PD) به دبی سطح آستانه انتخابی بستگی دارد. بطوریکه یک سری جزئی با دبی سطح آستانه بالا ممکن است یک شکل تک نمائی (Unimodal) را از تابع چگالی نشان دهد. در حالی که همان سری با سطح آستانه پایین تر یک شکل چند نمائی (Multimodal) را می‌تواند نشان دهد. همچنین ایشان با بررسی داده‌های سری جزئی و سیل‌های حداکثر سالانه در دو ایالت کبک و اُتاریو بر اساس شکل تابع چگالی و زمان وقوع سیلاب‌ها، ۹ ناحیه همگن از لحاظ مکانیسم تولید سیلاب را بدست آورد [۱].

تاها و همکاران [۱۰] از مدل دبی‌های آستانه جهت بررسی تغییرات فصلی سیل در دو ایالت کبک و نیوبرانزویک کانادا استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که برای هر دو ایالت تنها دو فصل مهم جهت مدل فصلی تغییرات سیل نیاز می‌باشد و براساس فصل‌های مشخص شده، هر ایالت به چهار منطقه همگن تقسیم گردید و فصل‌های مناسب برای هر منطقه پیشنهاد شد [۱۰].

هدف این مطالعه بررسی تغییرات زمانی وقوع سیل با استفاده از دو روش ترسیمی در ارتباط با مدل POT است. به بیان دیگر این مطالعه روندهای تغییرات فصلی وقوع سیل در ایستگاه‌های دارای آمار، در حوزه هلیل رود را بررسی می‌کند. این مطالعه تأکیدی ویژه بر انتخاب فصل‌ها در مدل POT به جای چهار فصل معمولی زمستان، بهار، تابستان و پاییز با توجه به داده‌های موجود دارد.

مقادیر حداکثر که دارای داده‌های بیشتری درباره فرایندهای سیل هستند، تمرکز می‌کند. در حالی که آنالیز سری زمانی (TS) بیشتر بر روی مدل ساختار خود همبستگی، در کل سری تمرکز می‌کند [۱۱]. کوریا [۲] مدل سری‌های جزئی (PD) را جهت ارزیابی فرایندهای ریسک سیلاب برای ایستگاه‌های دارای آمار کوتاه مدت پیشنهاد کرد و به این نتیجه رسید که برای بررسی حجم و تداوم سیلاب، جهت ارزیابی فرایندهای ریسک سیلاب، مدل سری‌های جزئی نسبت به دبی اوج سالانه مناسب تر است [۲].

لانگ و همکاران [۸]، روش‌ها و آزمایش‌های مفیدی را جهت پردازش مقادیر آستانه و همچنین انتخاب سطح آستانه و بازیابی مقادیر آزادی و ثبات پردازش‌ها، مورد بررسی قرار دادند [۸]. آنها روش‌های دبی آستانه را به دلیل استفاده از طول دوره آماری بیشتر و استفاده از مقادیر حدی که به گونه‌ی معمول در استفاده از سری‌های سالانه دیده نمی‌شوند دارای توانمندی بیشتری می‌دانند.

تاها و همکاران [۱۰] جهت تعریف وقایع سیلابی از رگرسیون چند متغیره برای برآورد دبی پایه^۱ (QB) استفاده کردند. استفاده از معادله‌های رگرسیونی، کاربرد توابع مستقل انتقالی و یا غیر انتقالی را نیز در پی خواهد داشت. آنها به این نتیجه رسیدند که شدت جریان سیل دو ساله برآورد شده $(Q_{T=2})$ ، ۹۲/۵ درصد، و سطح زهکش حوزه^۲ (DBA) ۸۳ درصد از تغییرپذیری QB را می‌پوشاند. وجود همبستگی قوی بین QB و (DBA) نشان می‌دهد که تعیین دبی سطح پایه در مناطق فاقد آمار، با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی حوزه امکان پذیر می‌باشد [۱۰]. لانگ و همکاران [۸] چند تست آماری،

1- Base Flow

2- Drainage basin area

مواد و روش‌ها

۱- ویژگی‌های منطقه‌ی مورد بررسی

منطقه‌ی مورد مطالعه حوزه‌ی هلیل رود در استان کرمان است. این حوزه با مساحتی بالغ بر ۱۴۰ هزار هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه و ۶ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد (شکل ۱).

در حوزه مورد مطالعه داده‌های ۱۴ ایستگاه هیدرومتری که در مسیر رود شور و هلیل و سرشاخه‌های هر یک از آنها قرار داشتند، مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱). از این ایستگاه‌ها ۹ ایستگاه که دارای طول دوره آماری بیشتری بودند، به عنوان ایستگاه معرف جهت بررسی تغییرات فصلی سیل انتخاب گردید. به طوری که بیشترین دوره آماری مربوط به ایستگاه سلطانی با ۳۷ سال آمار و کمترین آنها مربوط به ایستگاه کهنک با ۲۰ سال آمار می‌باشد.

۲- مدل POT

اگر X یک متغیر تصادفی باشد، می‌توان X_S را به عنوان بیشترین مقدار X در یک واقعه تعریف کرد. یک حادثه به عنوان عملکردی از یک سطح آستانه S تعریف می‌شود؛ به گونه‌ای که وقتی $X(t)$ بیشتر از سطح آستانه S باشد، واقعه شروع و وقتی که $X(t)$ پایین‌تر از S باشد، واقعه به اتمام می‌رسد.

رابطه‌ی توزیع مدل POT به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$G_S(X) = \text{Prov}(X > X_S) \quad (1)$$

که در آن احتمال وقوع سیل زیادتر از سیل سطح آستانه و دوره بازگشت $T(x)$ ، به عنوان مدت زمان بین دو مقدار متوالی X_S تعریف می‌شود و ارتباط آن با رابطه‌ی توزیع (G_S) به صورت زیر است:

$$G_S(x) = 1 - 1/\{\mu T(x)\} \quad (2)$$

مدل سری‌های دبی آستانه جهت برآورد فراوانی سیل، قادرند تمامی اوج‌های بالاتر از یک دبی سطح معین یا سطح آستانه (Q_B) ، در طول زمان‌های وقوع سیل را تحلیل کنند. این مسئله نشان می‌دهد که ماهیت روندهای فصلی در فرایندهای جریان رودخانه، تأثیری مهم بر روی توزیع بزرگی سیلاب دارد. این تغییرات فصلی به شکل مناسبی می‌توانند توسط مدل‌های POT تحلیل و محاسبه شوند [۹].

روش POT به صورت مدل زیر تعریف می‌شود:

$$\xi_v = \begin{cases} 0; & Q_v \leq Q_B \\ Q_v - Q_B; & Q_v \geq Q_B \end{cases} \quad (3)$$

که در آن Q_B دبی سطح پایه، Q_v دبی رودخانه در زمان τ_v و ξ_v وقوع پدیده در زمان τ_v می‌باشد. دو مدل POT در مطالعه تغییرات فصلی، بزرگی سیلاب وجود دارد. در مدل نخست که می‌توان آنرا "مدل فصلی POT گسسته" نامید، سال به n فصل تقسیم می‌شود به گونه‌ای که بزرگی سیلاب‌های متعلق به K_{th} امین فصل، $K=1, \dots, n$ ، به گونه‌ای مشخص بدون در نظر گرفتن سال وقوع توزیع می‌شوند. بنابراین با n فصل می‌توان n تابع توزیع برای برازش بزرگی

سیلاب‌های ثبت شده بدست آورد. اما مدل دوم که می‌توان آنرا "مدل فصلی POT پیوسته" نامید، جهت محاسبه تغییرات فصلی سیل از مدل بزرگی سیل، به عنوان یک تابع تصادفی پیوسته وابسته به زمان استفاده می‌کند. مدل فصلی گسسته دو فرض را در ارتباط با ویژگی‌های سیل در نظر می‌گیرد: ۱- انواع رگبارهای مختلف از یک فصل به فصل دیگر ویژگی‌های متفاوتی از سیل را ایجاد می‌کند. ۲- در هر فصل، تغییرات بزرگی سیل ناچیز و دارای همگنی بیشتری می‌باشد. بنابراین برآورد آماری پارامترهای مدل گسسته بطور قابل ملاحظه‌ای پیچیدگی کمتری نسبت به مدل پیوسته دارد [۱۰].

آگاهی از سطح پایه، Q_B ، جهت کاربرد مدل ضروری می‌باشد. اما به گونه‌ی معمول تکنیک علمی خاصی، جهت تعیین سطح آستانه Q_B وجود ندارد. بطور کلی دو روش جهت انتخاب آستانه وجود دارد؛ روش نخست بر اساس ملاک‌های فیزیکی، مانند تشخیص ارتفاع سیل برای یک رودخانه خاص می‌باشد و روش دوم بر اساس ریاضیات محض و بررسی‌های آماری بوده که در آنها مقادیر آستانه برای اینکه با فرض آستانه مطابقت داشته باشند، بایستی به اندازه کافی بالا انتخاب شوند. به بیان دیگر وقایع اوج بایستی از هم مستقل باشند و فرایندهای وقوع نیز بایستی توسط روش پواسون تشریح شوند [۸].

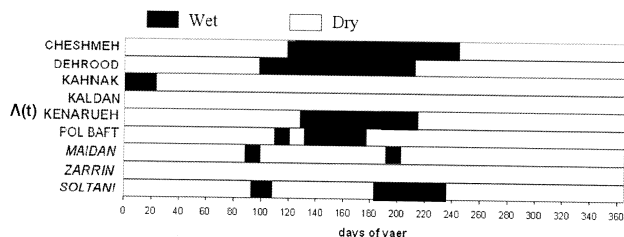
۳- تحلیل فراوانی سیل

هدف اولیه تحلیل فراوانی، ارتباط دادن بزرگی حوادث حدی به فراوانی وقوع آنها از راه استفاده از توزیع‌های آماری می‌باشد. در تحلیل فراوانی سیل یک توزیع احتمال به داده‌های مشاهده شده مربوط به یک سیستم رودخانه جهت برآورد بزرگی سیل با دوره بازگشت‌هایی که به گونه‌ی معمول خیلی بالاتر از طول دوره ثبت می‌باشند، برازش داده می‌شوند.

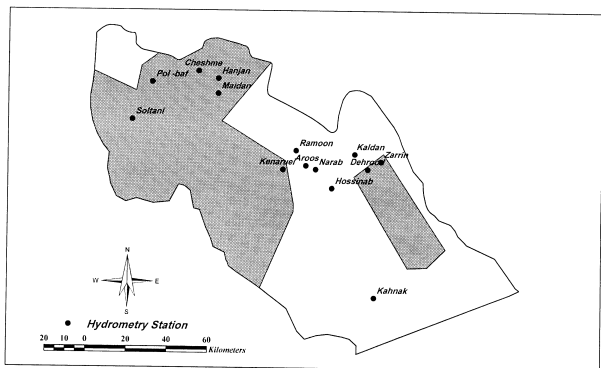
تحلیل فراوانی در واقع، رابطه واحدی بین بزرگی و دوره‌ی بازگشت مربوط به آن را بیان می‌کند. دوره بازگشت، میانگین زمان بین رویدادهای هیدرولوژیک است. در این حالت یک توزیع آماری به سری مشاهداتی برازش داده شده و بر اساس آن بزرگی و احتمال وقوع متغیر مورد بررسی تعیین می‌شود. توزیع‌های آماری زیادی به منظور یافتن توزیع مناسب پیشنهاد شده است. از جمله مهمترین توزیع‌هایی که در هیدرولوژی بکار می‌رود، می‌توان به توزیع‌های گامبل، نرمال، لوگ نرمال، نمائی، مقادیر حدی و توزیع پیرسون و لوگ پیرسون که جزء خانواده توابع نمائی می‌باشند و کاربردی گسترده در تحلیل فراوانی سری‌های اوج سیلابی دارند، اشاره کرد [۵، ۷].

برای انتخاب توزیع آماری مناسب روش‌های زیادی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به آزمون همبستگی، آزمون ضریب خود همبستگی (به عنوان مثال توزیع نرمال، لوگ نرمال و پیرسون تیپ ۳)، معیار اطلاعات آکائیک، آزمون مربع کای و آزمون کلموگروف-اسمیرنوف اشاره کرد.

یکی از مهمترین توزیع‌های آماری توزیع پیرسون است که جزء



شکل ۴ - تغییرات فصلی دوره های مرطوب و خشک در ایستگاه های منتخب



شکل ۵ - گروه بندی ایستگاه های همگن منطقه بر اساس دوره های تر و خشک

نشان می دهد. برای هر ایستگاه یک سطح دبی پایه نسبتاً بالایی، متناظر با میانگین تعداد وقایع سیلابی در هر سال، به ترتیب ۰/۳ تا ۱ انتخاب شد. و زمان حادث شدن این وقایع جهت تعریف فصل های هیدرولوژیکی مهم در سال، تعریف گردید. شکل (۴) فرم دوم روش گرافیکی را شرح می دهد. تغییرات در سطح پایه (که به شکل رنگ های مختلف نشان داده شده است) یک تقسیم بندی فصلی را در سال برای هر ایستگاه نشان می دهد که به ما اجازه گروه بندی کردن ایستگاه ها به مناطق جغرافیایی همگن در توزیع فصلی سیل را می دهد.

بر اساس روش های شرح داده شد، حوزه ی هلیل رود به دو منطقه همگن تقسیم بندی گردید. جهت ترسیم مناطق همگن فصلی تغییرات سیل و تعیین محدوده ی هر ایستگاه، از پلی گون های تیسن^۱ استفاده شد و در نهایت جهت گروه بندی ایستگاه های همگن از آنالیز تفکیک تار^۲ در نرم افزارهای Idrisi klimanjarو Erdas Imaging استفاده گردید. شکل (۵) موقعیت جغرافیایی مناطق همگن را برای این حوزه نشان می دهد.

لازم به ذکر است هر دو روش گرافیکی بر اساس یک ایده بنا شده اند، و برای بررسی دقیق گرافیکی رفتار فصلی سیلاب ها در ایستگاه های مختلف بکار می روند.

خانواده توابع نمائی بوده و کاربردی گسترده در تحلیل فراوانی سری های اوج سیلابی دارد.

چندین روش جهت برآورد پارامترهای توزیع استفاده می شود که از مهمترین آنها می توان به روش گشتاورها^۱ (MOM)، روش حداکثر درست نمائی^۲ (MLM) و روش گشتاورهای وزنی احتمال^۳ (PWM) اشاره کرد [۳، ۱۲، ۴]. روش حداکثر درست نمائی یکی از کامل ترین روش ها در برآورد پارامترهای توزیع به شمار می آید و به این دلیل که کمترین واریانس نمونه گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می کند، چندک های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش ها می باشد. در بعضی از حالت های خاص، بهینه بودن روش (MLM) به صورت مجانب است و برآوردهای حاصل از نمونه های کوچک باعث برآوردهای با کیفیت پایین و همراه با خطا می شود. از طرفی (MLM) اغلب مشکل برآوردهای اریب را دارد و بدست آوردن برآوردهای (MLM) وقتی که نمونه ها کوچک باشد ممکن است امکان پذیر نباشد، به ویژه اگر شمار پارامترها زیاد باشد [۷، ۱۱].

نتایج

در این مطالعه جهت تعیین وقایع سیلابی در فصل های گوناگون از تحلیل فراوانی سیلاب برای برآورد سطح آستانه استفاده گردید. سطح آستانه بر اساس مقدار دبی جریان با احتمال وقوع های مختلف تعیین می شود. در صورتی که سطح آستانه بر اساس دبی جریان با احتمال وقوع بالا (دوره بازگشت کم) در نظر گرفته شود، می توان وقایع سیلابی را که احتمال وقوع آنها زیاد است، مشخص کرد.

به منظور تعیین دبی با بزرگی و احتمال وقوع مشخص جهت انتخاب سطح آستانه در ایستگاه ها، تحلیل فراوانی دبی اوج سالانه صورت گرفت. شکل (۲) نمودار تابع توزیع تجمعی احتمال برای توزیع های برازش شده به دبی اوج سالانه (AMF) به صورت جداگانه در هر ایستگاه را نشان می دهد.

با در نظر گرفتن دبی با احتمال وقوع ۲ ساله (دوره های برگشت پائین) توزیع نمائی برای هر ایستگاه، تعداد وقایع سیلابی در طول دوره آماری تعیین گردید.

جهت بررسی تغییرات فصلی سیل در منطقه مورد مطالعه از دو روش گرافیکی استفاده گردید. روش نخست برای ۷ ایستگاه در شکل (۳) شرح داده شده است. به گونه ای که از میانگین تعداد وقایع سیلابی $\Lambda(t)$ در فاصله زمانی یک سال برای هر ایستگاه، استفاده گردید. رفتار مقادیر تجمعی میانگین شمار وقایع سیلابی $\Lambda(t)$ برای هر ایستگاه نشان دهنده فصل های مهم برای هر ایستگاه می باشد.

روش دوم گرافیکی نیز برای ۹ ایستگاه در منطقه مورد بررسی بکار برده شد. این روش تغییرات ناچیزی را نسبت به روش نخست

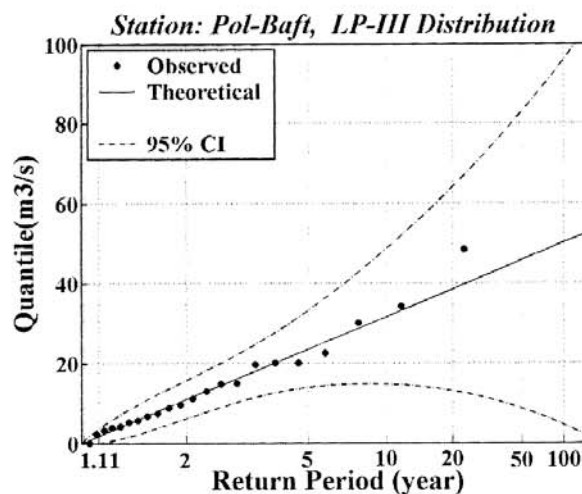
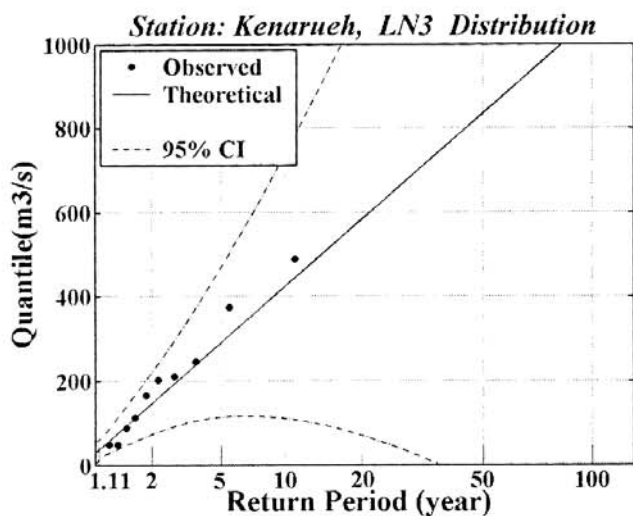
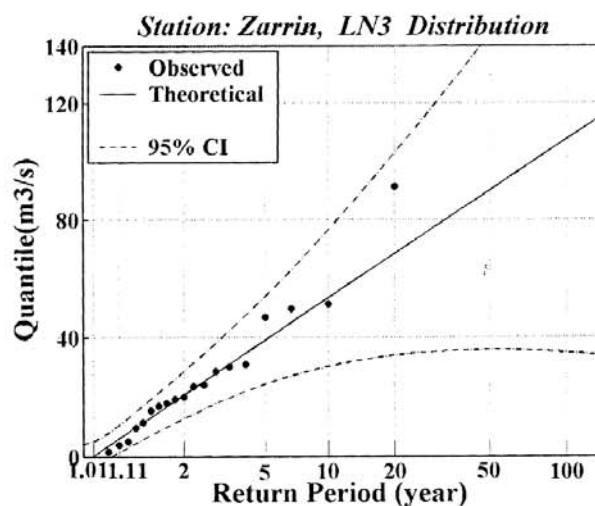
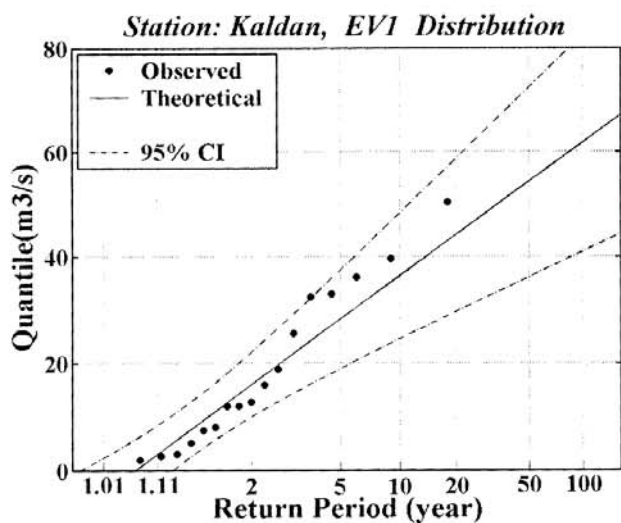
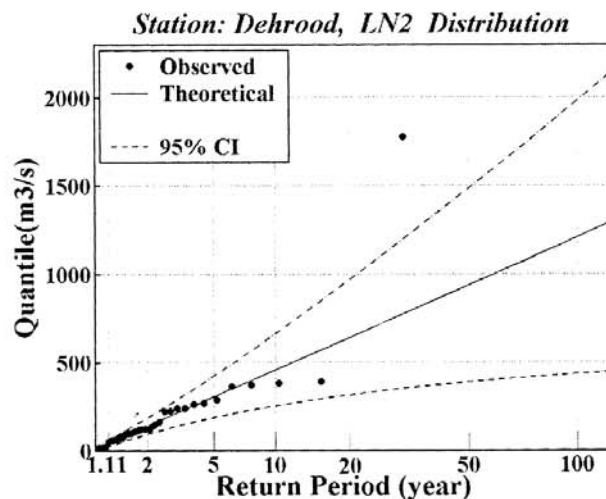
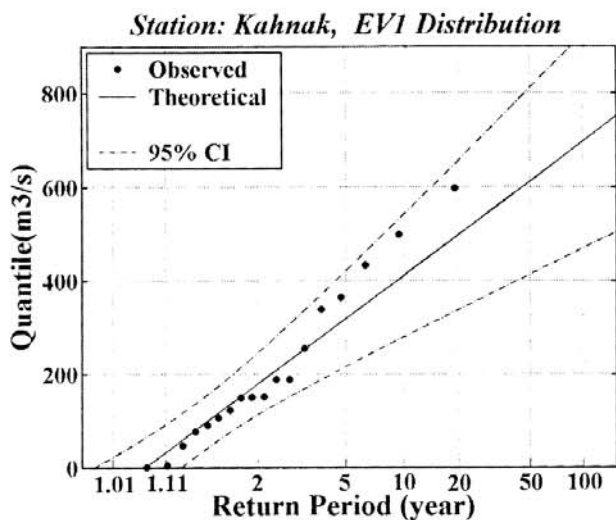
1- Method of Moments

2- Maximum Likelihood Method

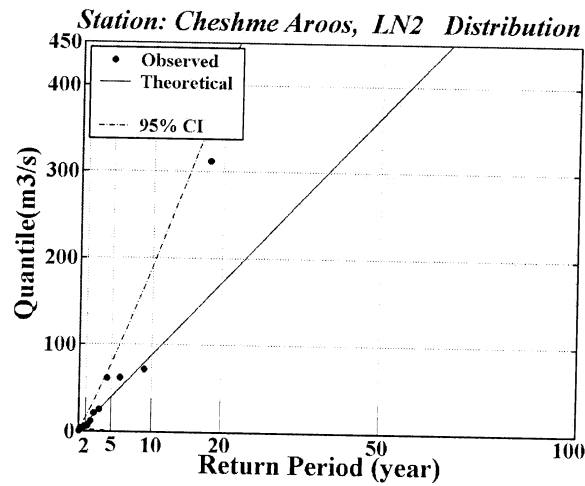
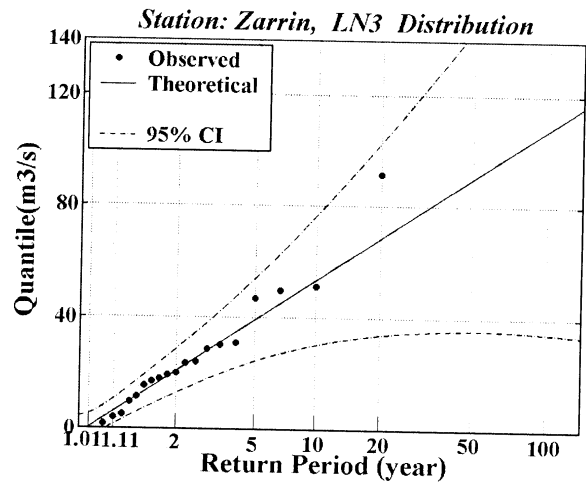
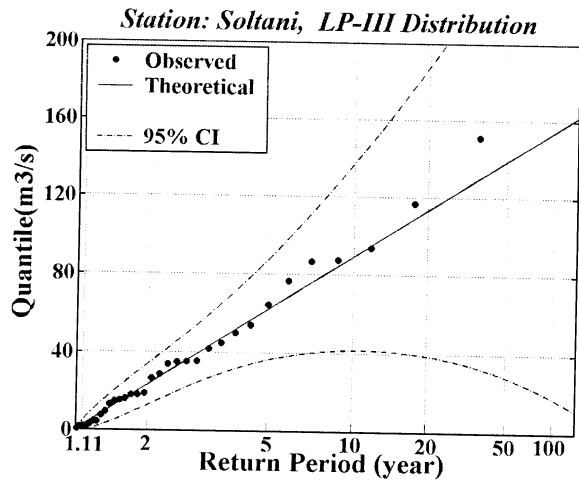
3- Probability Weighted Moments

1- Theissen polygon

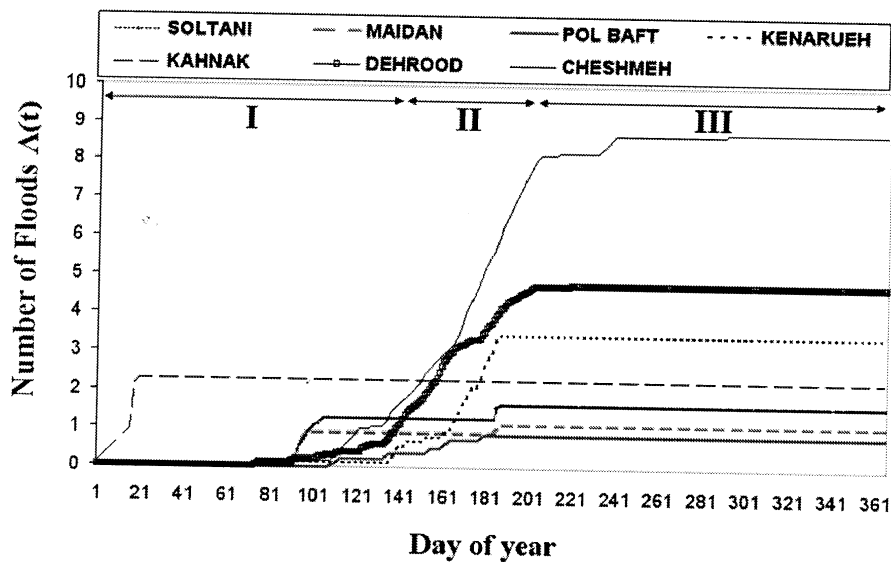
2- Reclass analysis



شکل ۲- نمودارهای توابع توزیع تجمعی احتمال در ایستگاه‌های مختلف (محور افقی دوره بازگشت (سال) و محور عمودی چندک‌های توزیع (دبی اوج بر حسب متر مکعب بر ثانیه) می‌باشند.



ادامه شکل ۲



شکل ۳- نمودارهای تغییرات فصلی سیل در ایستگاه‌های منتخب

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت بررسی تغییرات فصلی سیل در منطقه جیرفت، از مدل POT که بیشتر بر روی مقادیر بالاتر از یک حد آستانه تمرکز کرده و نسبت به مدل حداکثر سالانه، می‌تواند داده‌هایی بیشتر و مفیدتر را درباره فرایندهای سیل به ما بدهد، استفاده شده است. در این مطالعه جهت تعیین سطح آستانه، پس از تحلیل فراوانی، دبی با دوره بازگشت ۲ ساله به عنوان آستانه انتخاب گردید.

جهت نشان دادن تغییرات فصلی سیل در حوزه هلیل رود از دو روش گرافیکی استفاده گردید. در روش نخست پس از رسم میانگین تعداد وقایع سیلابی $\Lambda(t)$ در مقابل روزهای سال در هر ایستگاه مطالعاتی، دو مشاهده جالب توجه بدست آمد؛ نخست اینکه بجز ایستگاه کهنک، که در خروجی حوزه واقع گردیده و دارای شب متفاوت نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد و همچنین بدلیل اینکه بیشتر انشعابات بالا دست این ایستگاه به اراضی کشاورزی دشت جیرفت راه می‌یابند، تمامی منحنی‌های رسم شده برای دبی سطح آستانه ۲ ساله، شب آنها تقریباً در یک فاصله زمانی معین تغییر پیدا می‌کنند. دوم اینکه در دوره‌های تعریف شده منحنی‌ها کمتر خطی می‌باشند. این نوع رفتار منحنی‌های فراوانی تجمعی، نشان می‌دهد که برای هر ایستگاه در شکل (۳)، سه فصل مختلف را می‌توان تشخیص داد. با این وجود تنها فصل دوم که از لحاظ زمانی نیمه دوم زمستان و اوایل بهار را در بر می‌گیرد، و تمرکز وقایع سیلابی در آن بالاست، دارای اهمیت بالایی می‌باشد. دو فصل دیگر از اهمیت چندانی به لحاظ نشان دادن تاثیر و جداسازی تغییرات سیل برخوردار نمی‌باشد و می‌توان آنها را نادیده گرفت. بنابراین مدل فصلی گسسته می‌تواند یک مدل متناسب برای این ایستگاه‌ها باشد.

در مجموع بررسی گرافیکی توابع توزیع تجربی بزرگی وقوع سیلاب‌ها، در دوره‌های گوناگون سال، می‌تواند هم باعث تشخیص مناطق همگن از نظر بزرگی سیلاب شود و هم می‌تواند در تعیین نیاز، جهت مدل بزرگی سیل به عنوان یک متغیر تصادفی که توزیع آن به صورت پیوسته با زمان تغییر می‌کند، محسوب گردد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که جهت تحلیل فراوانی سیل در منطقه‌ی مورد مطالعه، تنها دو فصل از چهار فصل کافی به نظر می‌رسد. این نتایج، مطالعات لانگ و همکاران [۸] را در ارتباط با جداسازی تغییرات فصلی سیل تایید می‌کند. در نهایت بدون بررسی موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها، پس از بررسی و مقایسه‌ی دقیق تقسیم‌بندی فصلی سال، یک منطقه‌بندی همگن بر اساس فصل‌ها جهت نشان دادن تغییرات سیل بدست آمد.

منابع

1- Adamowski, k. 2000. Regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L-moment methods. Journal of Hydrology, 229, PP. 219-231.

2- Correia, F.N. 1987. Multivariate partial duration series in flood risk analysis. Hydrologic frequency modelling, Internatioal symposium on flood frequency and risk analysis, pp:541-554.

3- Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R. 1979. Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form", Water Resour. Res., Vol. 15, No. 5, pp. 1049-1054.

4- Hosking, J.R.M. 1986. The Theory of probability weighted moments, Res. Rep. Rc 12210, IBM, Research Division, York Town Heights, N.Y. 10598,

5- Hosking, J.R. M., and Wallis, J.R. 1993. Some statistical useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29, PP. 271-281.

6- Smith, K. 2001. Environmental hazards assessing risk and reducing disaster, Third edition , Routledge, London.

7- Kite, G.W. 1977. Frequency and risk analysis in hydrology, Water Resources Publications, Fort Colins, Co.

8- Lang, M., T.B.M.J. Ouarda, and B. Bobe'e. 1999. Towards operational guidelines for over-threshold modeling". Journal of hydrology, vol: 255, pp:103-117.

9- Naess, A., Clausen, P.H. 2001. Combination of the peak- over- threshold and bootstrapping method for extreme value prediction. Stactural safety, 23 P.315-330.

10- Quarda, T.B.M.J., Ashkar, F., and El-Jabi, N. 1993. Peak over Threshold model for seasonal flood variation. Engineering hydrology, proceedings of the symposium ASCE, San Francisco, California.

11- Rao, A.R. and Khaled H.H. 2000. Flood Frequency Analysis, CRC Press LLc, Boca Raton, FL.

12- Vogel, R. H., and D.E. McMartin. 1991. Probability plot goodness of fit and skewness estimation procedures for the pearson type 3 distribution, Water Resour. Res., Vol. 27, No. 12, pp. 3149-3158.