مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال دوم - شماره سوم - بهار ۱۳۸۷ Vol. ۲, No. ۳, Spring ۲۰۰۸

آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت با استفاده از مدل دبی آستانه

علی سرحدی[۱]، سعید سلطانی[۲]، سید جمال الدین خواجه الدین[۳] و رضا مدرس[۴]

چکیده

امروزه سیل شاید بعنوان ویرانگرترین خطر طبیعی محسوب گردد. که سالانه در تمام دنیا خسارات هنگفتی را به جوامع انسانی وارد می‌آورد. در این راستا اطلاع از تغییرات فصلی و مکانی وقوع سیل و احتمال وقوع سیل با بزرگی مشخص می‌تواند کمک شایانی به مدیریت سیل و کاهش خطرات ناشی از نماید. در مطالعه اخیر با استفاده از مدل بالاتر از آستانه(POT) و استفاده از تحلیل فراوانی دبی اوج سالانه و انتخاب دبی اوج با دوره بازگشت ۲ ساله بعنوان سطح آستانه، وقایع سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه هلیل رود مشخص گردید. توابع توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳، لوگ نرمال ۳ پارامتری بهترین برازش‌ها را برای ایستگاه‌ها نشان دادند. در ادامه جهت نشان دادن تغیرات فصلی سیل در این ایستگاه‌ها از دو روش ترسیمی استفاده گردید. نمودار تغییرات روزانه تعداد وقایع بالاتر از آستانه نشان می‌دهد که فراوانی یا احتمال وقوع سیل در دو فصل از چهار فصل سال بیشتر است. در نهایت منطقه مورد مطالعه بدون بررسی موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها به دو ناحیه همگن از لحاظ تغیرات فصلی سیل تقسیم گردید. گروه همگن در مناطق مرتفع تر که دارای بارندگی بالاتر و برف است را تشکیل می‌دهد و گروه دم منطقه خشک و پست پایین دست است.

واژه‌های کلیدی: سیل، مدل اوج بالاتر از یک حد(POT)، تغیرات فصلی سیل، حوزه هلیل رود

مقدمه

در میان انواع خطرهای طبیعی ،سیل شاید بعنوان ویرانگرترین عامل شناخته شود که خسارت زیادی را به جوامع انسانی ،تاسیسات ،مراکز صنعتی ،اراضی کشاورزی تحمیل می‌کند .سالانه سیل در دنیا بطور متوسط، جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را می‌گیرد و بر زندگی ۷۵ میلیون دیگر تاثیر اقتصادی بسیار بدی می‌گذارد[۱۱]. خسارات ناشی از سیل در چند دهه اخیر بطور فزاینده‌ای افزایش یافته است که این نشان دهنده افزایش فراوانی و شدت سیل است [٦].

طراحی موثر سازه‌های هیدرولیکی و فعالیت‌های هیدرولوژیکی، نیاز به درک رفتار احتمالی وقایع حدی دارد. تحلیل فراوانی پدیده‌های حدی هیدرولوژیکی، می‌تواند جهت تعیین این رفتارها و برآورد مناسب مقادیر سیل بکار گرفته شود.

در ارتباط با مدل‌های فراوانی سیل، سه نوع مدل را می‌توان در نظر گرفت؛ ۱- مدل سری‌های حداکثر سالانه[۵](AMF)، ۲- مدل سری‌های مقادیر جزئی[۱](PD)

۱- دانش آموخته بیابان زدائی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
٤- دانش آموخته بیابان زدائی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۵ -Annual Maximum Flow

یا مدل اوج‌های بالاتر از یک حد آستانه[۲](POT)، ۳- مدل سری‌های زمانی[۳](TS). در سری جریان حداکثر سالانه(AMF)، در هر سال فقط جریان اوج مربوط به آن سال در نظر گرفته می‌شود. یعنی تنها یک واقعه سیلابی در هر سال باقی می‌ماند. که خود باعث کاهش تعداد اطلاعات می‌شود. در حالی که مدل POT تمامی مقادیر اوجی را که از یک سطح آستانه[۴] معین S، که معمولاً سطح پایه، یا آستانه نامیده می‌شود، در نظر می‌گیرد. بنابراین مدل POT تنها به یک واقعه در سال محدود نمی‌شود. در واقع مزیت اصلی مدل POT نسبت به سایر مدل‌ها این است که به ما امکان انتخاب نسبی وقایع، جهت بررسی وقایع را می‌دهد. و بر خلاف مدل AMF امکان کنترل تعداد وقایع سیلابی را با انتخاب متناسب سطح آستانه فراهم می‌آورد.

همچنین مدل POT یک مدل دو گانه ناحیه‌ای است و بعلت اینکه هم نیاز به تحلیل بزرگی و هم زمان وقوع اوج دارد، بکار می‌گیرد، که در مقایسه با AMF باعث بکارگیری اطلاعات بیشتری در ارتباط با پدیده سیل می‌شود. بنابراین مدل POT بیشتر بر روی مقادیر حداکثر که دارای اطلاعات بیشتری درباره فرایندهای سیل می‌باشند، تمرکز می‌کند. در حالی که آنالیز سری زمانی(TS) بیشتر بر روی مدل ساختار خود همبستگی، درکل سری تمرکز می‌کند[۱۰].

کوریا [۲] مدل سری‌های جزئی(PD) راجهت 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 آزمایشات مفیدی را جهت پردازش مقادیر آستانه و همچنین انتخاب سطح آستانه و بازبینی مقادیر آزادی و ثبات پردازش‌ها، مورد بررسی قرار دادند[۸]. آنها روش‌های دبی آستانه را به علت استفاده از طول دوره آماری بیشتر و استفاده از مقادیر حدی که معمولا در استفاده از سری‌های سالانه دیده نمی‌شوند دارای قابلیت بیشتری می‌دانند.

تاها و همکاران [۱۱] جهت تعریف وقایع سیلابی از رگرسیون چند متغیره برای برآورد دبی پایه[۵](QB) استفاده کردند. استفاده از معادلات رگرسیونی،کاربرد توابع مستقل انتقالی و یا غیر انتقالی را نیز به دنبال 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[۶](DBA) ۸۳ درصد از تغییر پذیریQ_B را می‌پوشاند. وجود همبستگی قوی بینQ_B و(DBA) نشان می‌دهد که تعیین دبی سطح پایه در مناطق فاقد آمار، با استفاده از خصوصیات فیزیکی حوزه امکان پذیر می‌باشد[۱۱]. لانگ و همکاران [۸] چند تست آماری، مانند میانگین تعداد وقایع آستانه، میانگین تجاوزهای بالاتر از آستانه و شاخص پراکندگی را برای انتخاب دبی سطح آستانه پیشنهاد دادند[۸].

آداموفسکی [۱] ر 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 حالیکه همان سری با سطح آستانه پائین تر یک شکل چند نمائی(Multimodal) را می‌تواند نشان دهد. همچنین ایشان با بررسی داده‌های سری جزئی و سیل‌های حداکثر سالانه در دو ایالت کِبک و اُنتاریو بر اساس شکل تابع چگالی و زمان وقوع سیلاب‌ها، ۹ ناحیه

---

۱ - Partial Duration

۲ - Peak Over Threshold

۳ - Time Series

٤ - Truncation level

٥ - Base Flow

٦ - Drainage basin area

همگـن از لحـاظ مکانیـسم تولیـد سـیلاب را بدسـت آورد[۱].

تاها و همکاران [۱۱] از مدل دبـی‌هـای آسـتانه جهـت بررسـی تغییـرات فـصلی سـیل در دو ایالـت کِبـک و نیوبرانزویک کانـادا اسـتفاده کردنـد. و بـه ایـن نتیجـه رسیدندکه برای هر دو ایالت تنها دو فـصل مهـم جهـت مدل فصلی تغییرات سیل نیاز می‌باشد. و براساس فصول مشخص شده، هر ایالت به چهار منطقـه همگـن تقـسیم گردید و فصول مناسب برای هر منطقه پیشنهاد شد[۱۱].

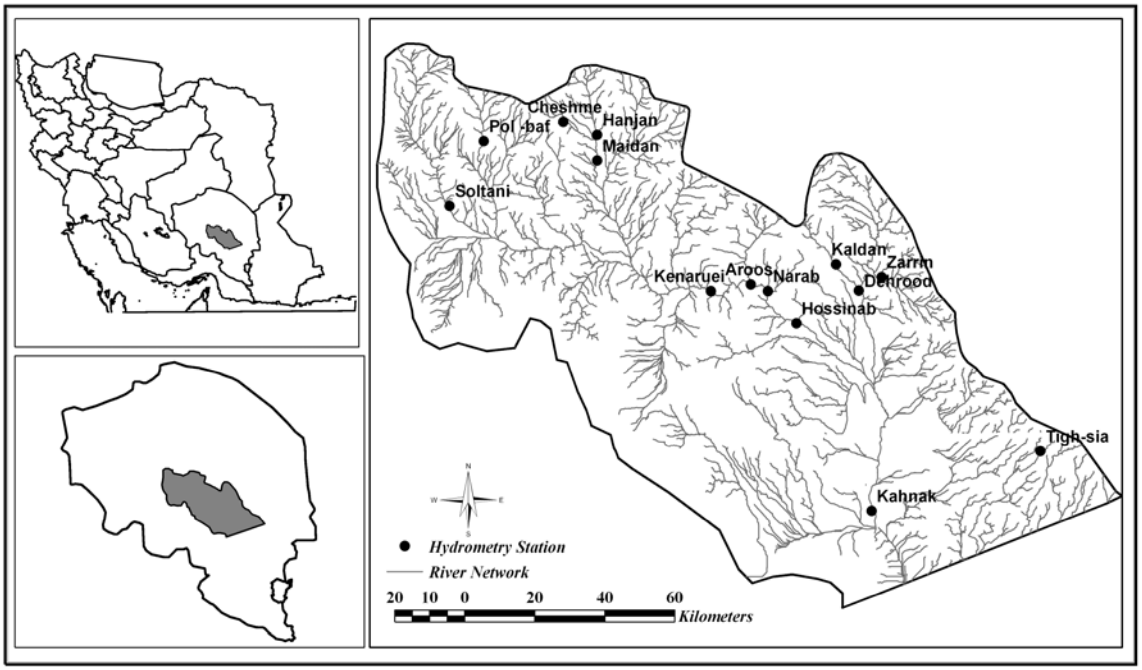
در این مطالعه از دو روش ترسیمی در ارتباط با مـدل POT جهت مطالعه روندهای فصلی تغییرات سـیل در ایستگاه‌های دارای آمار، در حـوزه هلیـل رود بررسـی گردید. این مطالعه تاکید خاصی بر انتخـاب فـصول در مدل POT به جای چهار فصل معمولی زمستان، بهـار، تابستان و پائیز با توجه به داده‌های موجود دارد.

مواد و روش‌ها

۱- مشخصات منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه حوزه هلیـل رود در اسـتان کرمـان می‌باشد. این حوزه با مساحتی بالغ بر ۱٤۰ هزار هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه و ٦ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه عـرض شـمالی و ٥٦ درجـه و ۳۲ دقیقـه تـا ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی در جنوب شـرقی ایـران قرار دارد (شکل۱).

در حوزه مورد مطالعه داده‌های ۱٤ ایستگاه هیدرومتری که در مسیر دو رود شور و هلیل، و سر شاخه‌های هـر یک از آنها قـرار داشـتند، مـورد مطالعـه قـرار گرفـت (شکل۱). از این ایستگاه‌ها ۹ ایستگاه کـه دارای طـول دوره آماری بیـشتری بودنـد، بعنـوان ایـستگاه معـرف جهت بررسی تغیـرات فـصلی سـیل انتخـاب گردیـد. بطوری که بیـشترین دوره آمـاری مربـوط بـه ایـستگاه سلطانی با ۳۷ سـال آمـار، و کمتـرین آنهـا مربـوط بـه ایستگاه کهنک با ۲۰ سال آمار می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیائی منطقه و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

۲-مدل POT :

اگر X یک متغیر تصادفی باشد، می‌تـوان X_S را بعنـوان بیشترین مقـدار X در یـک واقعـه تعریـف کـرد. یـک حادثه بعنوان عملکردی از یک سطح آستانه S تعریـف می‌شود؛ بطوری که وقتی X(t) بیشتر از سطح آستانه S باشد، واقعه شروع و وقتی که X(t) پائین تر از S باشد،

واقعه به اتمام می‌رسد.

رابطه توزیع مدل POT به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$G_s(x) = \text{Prob}\{X > X_s\} \quad (۱)$$

که در آن $G_s(x)$ احتمال وقوع سیل زیادتر از سیل سطح آستانه (X_s) و دوره بازگشت T(x)، بعنوان مدت زمان بین دو مقدار متوالی X_S تعریف می‌شود وارتباط آن با رابطه توزیع (G_S) بصورت زیر است:

$$G_S(x)=۱-۱/\{\mu T(x)\} \quad (۲)$$

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، تاثیر مهمی بر روی توزیع بزرگی سیلاب دارد. این تغیرات فصلی بشکل مناسبی می‌توانند توسط مدل‌های POT تحلیل و محاسبه شوند[۹].

روش POT بصورت مدل زیر تعریف می‌شود؛

$$\xi_v = \begin{cases} 0; & Q_v \le Q_B \\ Q_v - Q_B; & Q_\upsilon \ge Q_B \end{cases} \quad (۳)$$

که در آن Q_B دبی سطح پایه، Q_υ دبی رودخانه در زمان τ_υ وξ_υ وقوع پدیده در زمان τ_υ می‌باشد. دو مدل POT در بررسی جهت مطالعه تغیرات فصلی، بزرگی سیلاب وجود دارد. در مدل اول که می‌توان آنرا "مدل فصلی POT گسسته"[۱] نامید، سال به n فصل تقسیم می‌شود بطوری که بزرگی سیلاب‌های متعلق به K^{th} امین فصل، K= ۱,...,n بطور مشخصی 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"[۲] نامید، جهت محاسبه تغییرات فصلی سیل از مدل بزرگی سیل، بعنوان یک تابع تصادفی پیوسته وابسته به زمان استفاده می‌کند. مدل فصلی گسسته دو فرض را در ارتباط با خصوصیات سیل در نظر می‌گیرد:۱-انواع رگبارهای مختلف از یک فصل به فصل دیگر خصوصیات 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[۱۱].

آگاهی از سطح پایه،Q_B، جهت کاربرد مدل ضروری می‌باشد. اما معمولاً تکنیک علمی، جهت تعیین سطح آستانه Q_B وجود ندارد. بطور کلی دو روش جهت انتخاب آستانه وجود دارد؛ روش اول 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. بعبارتی 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 طریق استفاده از توزیع‌های آماری می‌باشد. درتحلیل فراوانی سیل یک توزیع احتمال به داده‌های مشاهده شده مربوط به یک سیستم رودخانه جهت برآورد بزرگی سیل با دوره بازگشت‌هایی که معمولاً خیلی بالاتر از طول دوره ثبت می‌باشند، برازش داده می‌شوند.

تحلیل فراوانی در واقع، رابطه واحدی بین بزرگی و دوره بازگشت مربوط به آن را بیان می‌کند. دوره بازگشت، متوسط زمان بین رویدادهای هیدرولوژیک است. در این حالت معمولاً یک توزیع آماری به سری مشاهداتی برازش داده شده و بر اساس آن بزرگی و احتمال وقوع متغیر مورد بررسی تعیین می‌شود.

---

۱ – Discrete Seasonal POT Model

۲ – Continuous Seasonal POT Model

توزیعهای آماری زیادی به منظور پیدا کردن توزیع مناسب پیشنهاد شده است. از جمله مهمترین توزیع‌هائی 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 است و کاربرد وسیعی در تحلیل فراوانی سریهای اوج سیلابی دارد، اشاره کرد[۷، ۵].

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 – اسیمرنوف اشاره کرد.

یکی از مهمترین توزیعهای آماری توزیع پیرسون است که جزء خانواده توابع نمائی بوده و کاربرد وسیعی در تحلیل فراوانی سریهای اوج سیلابی دارد.

چندین روش جهت برآورد پارامترهای توزیع استفاده می‌شود که از مهمترین آنها می‌توان به روش گشتاورها[۱] (MOM)، روش حداکثر درست نمائی[۲] (MLM) و روش گشتاورهای وزنی احتمال[۳] (PWM) اشاره کرد[۳، ۱۲، ٤]. روش حداکثر درست نمائی یکی از کاملترین روش‌ها در برآورد پارامترهای توزیع محسوب می‌شود. و بعلت اینکه کمترین واریانس نمونه‌گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می‌کند، از این رو چندک‌های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش‌ها می‌باشد. در بعضی از حالت‌های خاص بهینه بودن روش (MLM) بصورت مجانب است. و برآوردهای حاصل از نمونه‌های کوچک باعث برآوردهای با کیفیت پائین و همراه با خطا می‌شود. و از طرفی (MLM) اغلب مشکل برآوردهای اریب را دارد و بدست آوردن برآوردهای (MLM) وقتی که نمونه‌ها کوچک باشد ممکن است امکان پذیر نباشد، بویژه اگر تعداد پارامترها زیاد باشد[۱۰، ۷].

نتایج

در این مطالعه جهت تعیین وقایع سیلابی در فصول مختلف از تحلیل فراوانی سیلاب برای برآورد سطح آستانه استفاده گردید. سطح آستانه بر اساس مقدار دبی جریان با احتمال وقوع‌های مختلف تعیین می‌شود. در صورتیکه سطح آستانه بر اساس دبی جریان با احتمال وقوع بالا (دوره بازگشت کم) در نظر گرفته شود، می‌توان 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 ایستگاه‌ها، تحلیل فراوانی دبی اوج سالانه صورت گرفت. شکل ۲ نمودار تابع توزیع تجمعی احتمال برای توزیع‌های برازش شده به دبی اوج سالانه(AMF) بصورت جداگانه در هر ایستگاه را نشان می‌دهد.

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

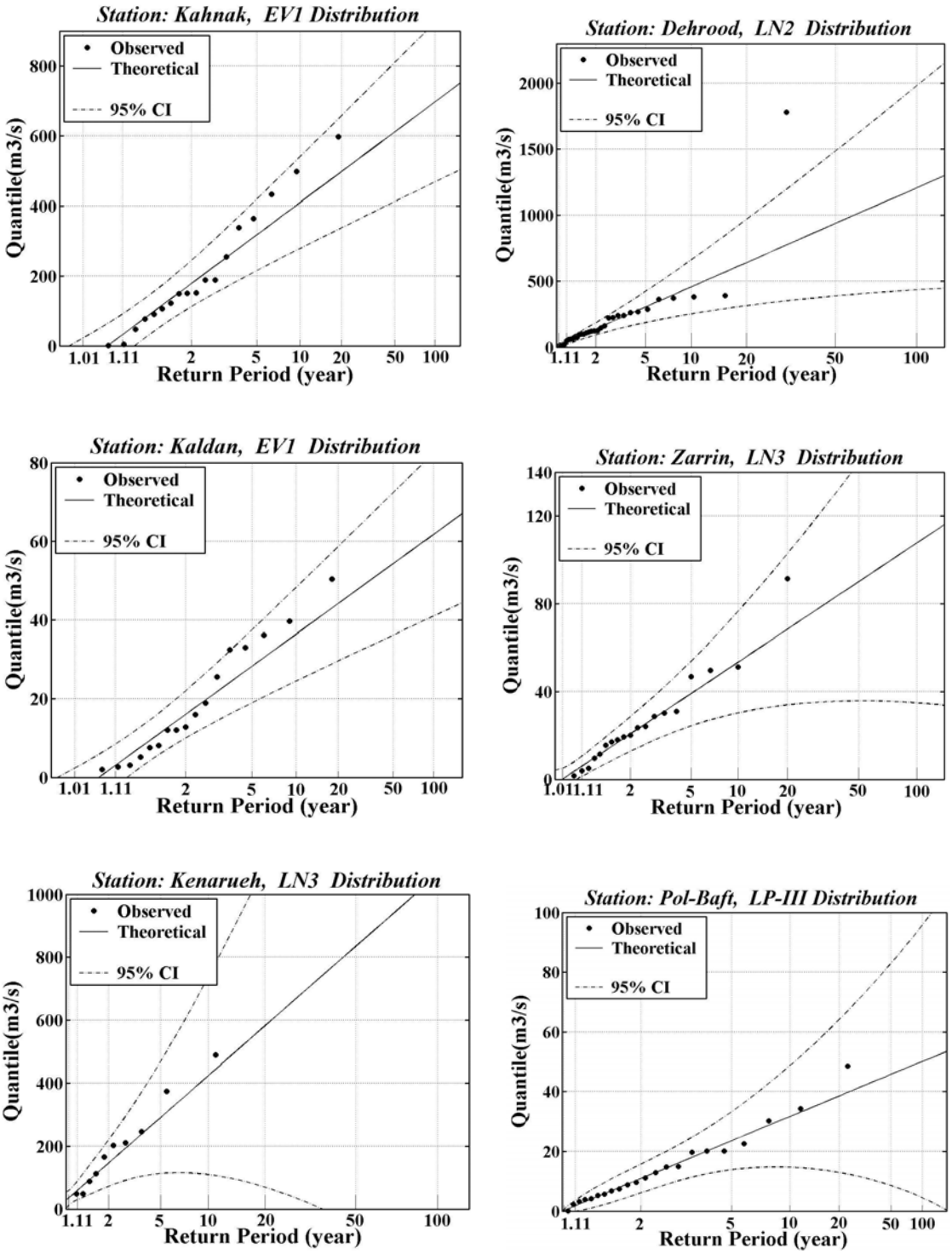
جهت بررسی تغییرات فصلی سیل در منطقه مورد مطالعه از دو روش گرافیکی استفاده گردید. روش اول برای ۷ ایستگاه در شکل ۳ شرح داده شده است. بطوریکه از میانگین تعداد وقایع سیلابی$\Lambda(t)$ در فاصله زمانی یک سال برای هر ایستگاه، استفاده گردید. رفتار مقادیر تجمعی میانگین تعداد وقایع سیلابی$\Lambda(t)$ برای هر ایستگاه نشان دهنده فصول مهم برای هر ایستگاه می‌باشد.

---

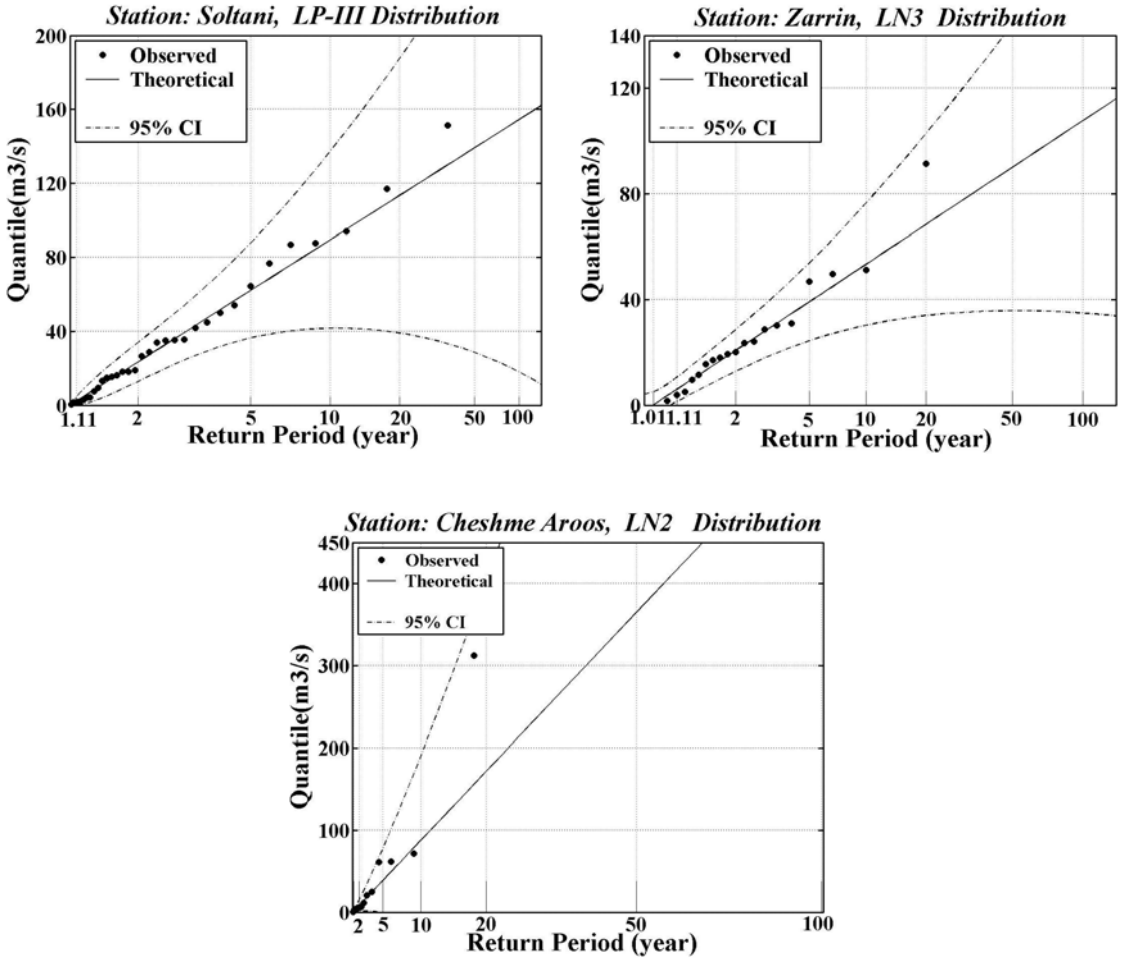
۱ -Method of Moments

۲ - Maximum Likelihood Method

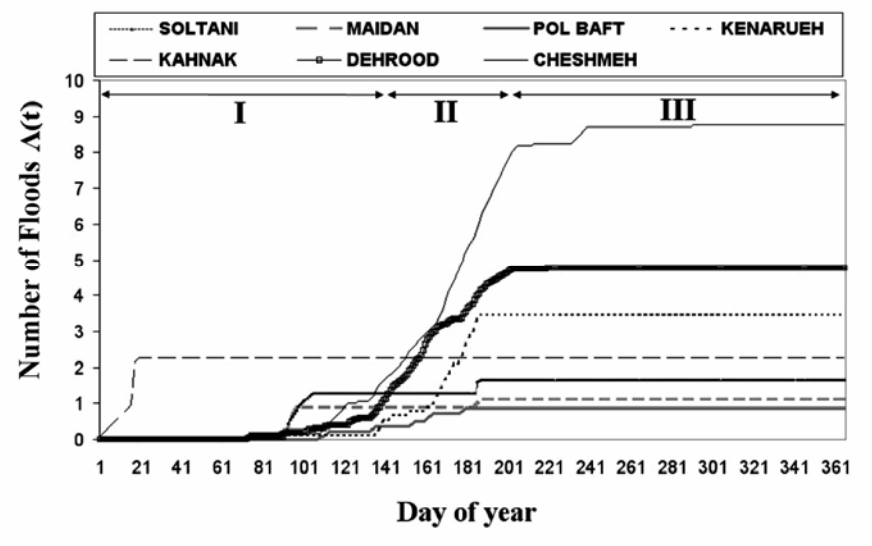
۳ - Probability Weighted Moments



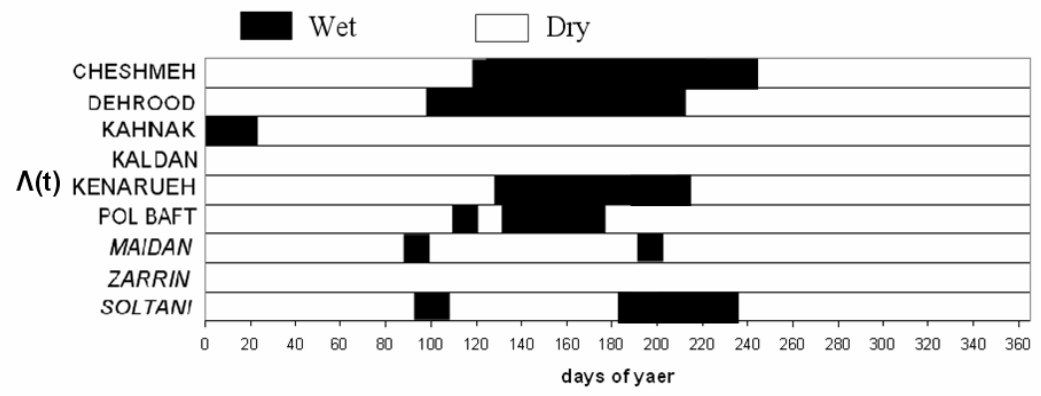
شکل۲- نمودارهای توابع توزیع تجمعی احتمال در ایستگاههای مختلف (محور افقی دوره بازگشت (سال) و محور عمودی چندک‌های توزیع (دبی اوج بر حسب متر مکعب بر ثانیه) می‌باشند.



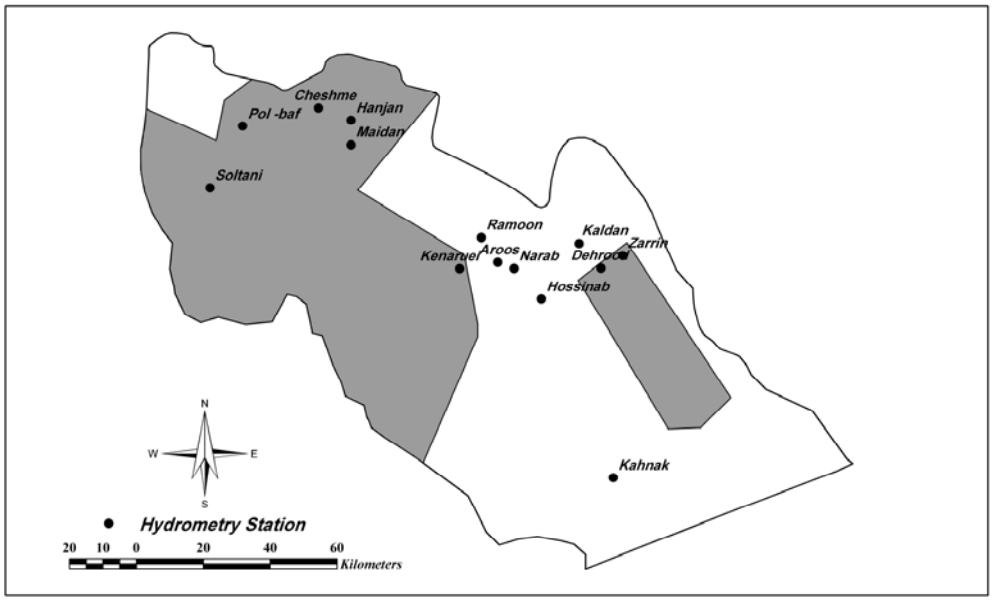
ادامه شکل ۲



شکل ۳- نمودارهای تغییرات فصلی سیل در ایستگاههای منتخب



شکل ٤- تغیرات فصلی دوره‌های مرطوب و خشک در ایستگاه‌های منتخب



شکل٥- گروه‌بندی ایستگاه‌های همگن منطقه بر اساس دوره‌های تر و خشک

روش دوم گرافیکی نیز برای ۹ ایستگاه در منطقه مورد بررسی بکار برده شد. این روش تغییرات ناچیزی را نسبت به روش اول نشان می‌دهد. برای هر ایستگاه یک سطح دبی پایه نسبتاً بالائی، 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 فصول هیدرولوژیکی مهم در سال، تعریف گردید. شکل ٤ فرم دوم روش گرافیکی را شرح می‌دهد.تغییرات در سطح پایه (که بشکل رنگ‌های مختلف نشان داده شده است) یک تقسیم‌بندی فصلی را در سال برای هر ایستگاه نشان می‌دهد که به ما اجازه گروه‌بندی کردن ایستگاه‌ها به مناطق جغرافیایی همگن در توزیع فصلی سیل را می‌دهد.

بر اساس روش‌های شرح داده شد، حوزه هلیل رود به دو منطقه همگن تقسیم‌بندی گردید. جهت ترسیم مناطق همگن فصلی تغییرات سیل و تعیین محدوه هر ایستگاه از پلی گون‌های تیسن[1] استفاده شد. و در نهایت جهت گروه‌بندی ایستگاه‌های همگن از آنالیزتفکیک تاری[2] در نرم افزارهای Erdas imaging و Idrisi klimanjaro استفاده گردید. شکل ٥ موقعیت جغرافیائی مناطق همگن را برای این حوزه نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است هر دو روش گرافیکی بر اساس یک

---

۱ - Theissen polygon

۲ – Reclass analysis

ایده بنا شده اند، و برای بررسی دقیق گرافیکی رفتار فصلی سیلاب‌ها در ایستگاه‌های مختلف بکار می‌روند.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق جهت بررسی تغیرات 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 اطلاعات بیشتر و مفید تری را درباره فرایندهای سیل به ما بدهند، استفاده شده است. در این مطالعه جهت تعیین سطح آستانه، پس از تحلیل فراوانی، دبی با دوره بازگشت ۲ ساله بعنوان آستانه انتخاب گردید.

جهت نشان دادن تغییرات فصلی سیل در حوزه هلیل رود از دو روش گرافیکی استفاده گردید. در روش اول پس از رسم میانگین تعداد وقایع سیلابی $\Lambda(t)$ در مقابل روزهای سال در هر ایستگاه مطالعاتی، دو مشاهده جالب توجه بدست آمد؛ اول اینکه بجز ایستگاه کهنک،که در خروجی حوزه واقع گردیده و دارای شیب 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، شیب 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. در حقیقت جهت نشان دادن تاثیر و جداسازی تغییرات سیل دو فصل نیاز به بررسی دارند. و بعلت اینکه در فصل ۱ هیچ سیلی رخ نداده است، می‌توان آنرا 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 مختلف سال، می‌تواند هم باعث تشخیص مناطق همگن از نظر بزرگی سیلاب شود، و هم می‌تواند در تعیین نیاز، جهت مدل بزرگی سیل بعنوان یک متغیر تصادفی که توزیع آن بصورت پیوسته با زمان تغییر می‌کند، محسوب گردد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که جهت تحلیل فراوانی سیل در منطقه مورد مطالعه، تنها دو فصل از چهار فصل کافی بنظر 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 مقایسه دقیق تقسیم‌بندی فصلی سال، یک منطقه‌بندی همگن براساس فصول جهت نشان دادن تغیرات سیل بدست آمد.

منابع:

۱- Adamowski, k. (۲۰۰۰)."Regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L- moment methods".Journal of Hydrology,۲۲۹,PP.۲۱۹-۳۱.

۲- Correia F. N., (۱۹۸۷)."Multivariate partial duration series in flood risk analysis". Hydrologic frequency modelling, Internatioal symposium on flood frequency and risk analysis, pp:۵٤۱-۵۹٤.

۳- Greenwood, J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas and J. R. Wallis, (۱۹۷۹). Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form", *Water Resour. Res.*, Vol. ۱۵, No. ۵, pp. ۱۰٤۹-۱۰۵٤.

٤- Hosking, J. R. M., (۱۹۸٦). "The Theory of probability weighted moments", *Res. Rep. Rc ۱۲۲۱۰, IBM, Research Division*, York Town Heights, NY, ۱۰۴۸.

۵- Hosking, J. R. M., and Wallis, J.R.(۱۹۹۳). Some statistical useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, ۲۹, PP. ۲۷۱-۲۸۸.

٦- Smith, K., ۲۰۰۱, "*Environmental hazards assessing risk and reducing disaster*", Third edition, Routledge, London.

۷- Kite, G. W., (۱۹۷۷). *Frequency and risk analysis in hydrology*, Water Resources Publications, Fort Colins, Co.

۸- Lang M., T.B.M.J. Ouarda, and B. Bobe´e,(۱۹۹۹)"Towards operational guidelines for over-threshold modeling". Journal of hydrology, vol: ۲۵۵,pp:۱۰۳-۱۱۷.

۹- Naess, A., P.H. Clausen(۲۰۰۱): "Combination of the peak –over- threshold and bootstrapping method for extreme value

prediction".Stactural safety, ۲۳ P.۳۱۵-۳۳۰.

۱۰- Rao, A. Ramachandra and Khaled H. Hamed (۲۰۰۰). *Flood Frequency Analysis,* CRC Press LLc, Boca Raton, FL.

۱۱- Taha B. M. J. Quarda, I. Ashkar, and N.El-Jabi(۱۹۹۳)." Peak over Threshold model for seasonal flood variation".Engineering hydrology, proceedings of the symposium

ASCE, San Francisco, California.

۱۲- Vogel, R. H., and D. E. McMartin, (۱۹۹۱). "Probability plot goodness of fit and skewness estimation procedures for the pearson type ۳ distribution", *Water Resour. Res.*, Vol. ۲۷, No. ۱۲, pp. ۳۱٤۹-۳۱۵۸.