نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

تحلیل فراوانی سیل براساس روش‌های تئوری مقادیر حدی (مطالعه موردی: ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه، گلستان)

***فاطمه زاهدیان‌فر[۱]، خلیل قربانی[۲]، مهدی مفتاح‌هلقی[۳]، محمد عبدالحسینی[۲] و امیراحمد دهقانی[۳]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۳/۵

چکیده

سابقه و هدف: سیل از وقایع مهم در هیدرولوژی می‌باشد و یکی از راه‌های مطالعه آن تحلیل فراوانی رخدادهای آن در دوره‌های گذشته می‌باشد. اما داده‌هایی که به‌عنوان مقادیر حدی انتخاب می‌شوند می‌تواند نقش مؤثری در تحلیل فراوانی سیل داشته باشند. روش‌های مختلفی بدین منظور ارائه شده است که می‌توان به روش حداکثر سالانه و روش وقایع حدی فراتر از حد آستانه اشاره کرد. در روش حداکثر سالانه، فقط بیش‌ترین واقعه رخ داده شده در هر سال انتخاب می‌شود. اما در روش حد آستانه صرف‌نظر از زمان رخداد وقایع، آستانه‌ای را تعیین می‌کنند و مقادیر بالاتر از آن را در تحلیل فراوانی شرکت می‌دهند. سؤالی که مطرح می‌شود این است که نقطه بهینه آستانه را چگونه باید تعیین کرد. بدین منظور شروطی مطرح می‌شود تا براساس آن نقطه بهینه تعیین شود. از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعه فرانچسکو (1987) اشاره نمود. وی مدل *POT* را جهت ارزیابی پروسه‌های ریسک سیلاب پیشنهاد کرد و این مدل را نسبت به مدل *AMS* مناسب‌تر دانست. بوردی و همکاران (2006)، جهت تحلیل مقادیر حدی بارندگی ماهانه از هر دو روش *POT* و *AMS* استفاده کردند و برای تعیین مقادیر آستانه روش‌های آماری استاندارد را به‌کار بردند.

مواد و روش‌ها: استان گلستان از مناطق سیل‌خیز در ایران می‌باشد. بر این اساس ایستگاه ارازکوسه در این استان که دارای داده‌های دبی در k مقیاس روزانه طی دوره آماری ٤۵-۱۳٤٤ تا ۸۹-۱۳۸۸ می‌باشد، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. با ترسیم سری زمانی مقادیر دبی، وقایع مستقل انتخاب شدند تا در روش حد آستانه مورد استفاده قرار گیرند. برای یافتن مقدار آستانه بهینه، ابزارهایی وجود دارد. تعیین مقدار آستانه یک رویکرد چندجانبه است. انتخاب بهینه برای مقدار آستانه یعنی ایجاد توازن بین واریانس و اریب‌دار بودن. پس ازانتخاب آستانه و انتخاب دبی‌های اوج بالاتر از آن توزیع پرتوی تعمیم‌یافته به سری داده‌ها برازش داده شد. پس از برآورد پارامترها با استفاده از روش حداکثر درستنمایی، دبی طراحی با دوره بازگشتی خاص تخمین زده شد.

نتایج و یافته‌ها: با انتخاب دبی‌های حداکثر هر سال در ایستگاه ارازکوسه و برازش توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته بر آن‌ها و تخمین پارامترها به روش حداکثر درستنمایی، نمودار سطح بازگشت با دبی‌های حداکثر سالانه به‌دست آمد که

* مسئول مکاتبه: bahare.zahedi@yahoo.com

برای محاسبه حدود اطمینان در آن از روش دلتا استفاده شده است. از طرفی با انتخاب دبی‌های اوج مشاهده شده بالاتر از سطح آستانه ٤٧ مترمکعب بر ثانیه و تخمین پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم‌یافته به روش حداکثر درستنمایی، نمودار دوره بازگشت دبی‌های اوج بالاتر از دبی آستانه منتخب نیز حاصل شد. مقایسه نتایج تحلیل فراوانی مقادیر حدی نشان داد که روش حد آستانه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف، مقادیر بالاتری را نسبت به روش حداکثر سالانه ارائه می‌کند و همچنین با ترسیم فواصل اطمینان دوره بازگشت‌های مختلف، روش حد آستانه‌ها عدم قطعیت کم‌تری را به همراه دارد. در ضمن آستانه بهینه برای تحلیل فراوانی سیل در روش حد آستانه برابر ٤٧ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر آنست که هر دو روش تئوری مقادیر حدی، سطوح بازگشت نزدیکی دارند که در دوره بازگشت‌های بالا، روش پیک‌های بالاتر از دبی آستانه منتخب (٤٧ مترمکعب بر ثانیه)، منجر به سطوح بازگشت و همچنین عدم قطعیت کم‌تری می‌شوند. این بدان معناست که فاصله اطمینان دوره بازگشت‌های تخمین زده شده با روش اوج بالاتر از آستانه، کوچک‌تر و در نتیجه دارای ضریب اطمینان بالاتری می‌باشد، که خود توجیه‌کننده استفاده از این روش خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فراوانی، تئوری مقادیر حدی، دبی‌های اوج بالاتر از آستانه، سیل حداکثر سالانه

مقدمه

در بین مخاطرات طبیعی، سیل از نظر خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. تحلیل فراوانی در صورت وجود آمار کافی و امکان برازش تابع توزیع مناسب، یکی از روش‌های مطمئن در برآورد سیلاب طراحی به حساب می‌آید. در این روش که شامل سری کامل آماری (همه داده‌های در دسترس) می باشد، غالباً از توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال سه پارامتری، توزیع مقادیر حدی، پیرسون، لوگ پیرسون و ویبول استفاده می‌شود (8).

هدف اولیه تحلیل فراوانی، ارتباط دادن وقایع حدی به فراوانی آن‌ها با استفاده از توزیع‌های آماری است. در تحلیل فراوانی، داده‌های مشاهده شده در یک دوره زمانی طولانی مربوط به یک سامانه رودخانه با فرض مستقل و هم‌توزیع بودن مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در واقع فرض بر این است که داده‌های مورد مطالعه از نظر مکانی و زمانی مستقل می‌باشند. در دسترس بودن داده‌ها یکی از جنبه‌های مهم تحلیل فراوانی است. برآورد احتمال وقوع سیلاب‌های حدی یک برون‌یابی براساس داده‌های موجود است. در نتیجه هرچه داده‌های پایه بیش‌تر باشد، صحت برآورد نیز بالاتر خواهد بود. روش‌های تحلیل فراوانی گوناگون بوده، اما همه آن‌ها نیازمند وجود داده‌های حقیقی هستند. اساس کار بدین صورت است که یک توزیع فراوانی به‌عنوان توزیع حاکم بر جامعه در نظر گرفته شده و اطلاعات آماری از روی داده‌های موجود محاسبه می‌گردند. بدیهی است که وجود چنین فرضی جهت برون‌یابی و پیش‌بینی حوادثی است که از نظر زمانی بسیار طولانی‌تر از داده‌های سیل موجود در سطح جهان می‌باشد.

متخصصین هیدرولوژی در تحلیل فراوانی سیل از دبی‌های لحظه‌ای یا در صورت عدم دسترسی به آن‌ها از دبی‌های متوسط روزانه استفاده می‌کنند. بر این اساس می‌بایست رابطه حاکم بین بزرگی چندک و دوره بازگشت سیل استخراج شده تا به کمک آن،

اطلاعات دوره آماری مشاهداتی به برآورد رابطه بین آن‌ها بسط یابد. این تحلیل می‌تواند بر سه قسم باشد: ۱) تحلیل سری کامل داده‌های دبی روزانه، ۲) تحلیل سری داده‌های جزئی که شامل داده‌های فراتر از یک آستانه می‌باشد و ۳) تحلیل سری حداکثر سالانه که در آن بزرگ‌ترین دبی روزانه در سال انتخاب می‌شود. روش اول، به‌دلیل ماهیت وابسته بودن دبی میانگین روزانه، نیازمند مدلی پیچیده با تعدادی زیادی پارامتر می‌باشد. این روش در تحلیل فراوانی سیل به‌علت عدم تأکید روی مقادیر حدی، به‌ندرت استفاده می‌شود. از طرف دیگر، روش سوم تحلیل براساس انتخاب بزرگ‌ترین دبی میانگین سالانه در دو سال متوالی، فرضی معمول و منطقی است. روش دوم روشی مابین روش‌های اول و سوم می‌باشد، که روش دبی‌های اوج بالاترازیک آستانه، (*POT*) نامیده می‌شود. در این روش تمام دبی‌های اوجی که از یک آستانه بالاتر می‌باشد، تحلیل می‌گردند. برتری این روش نسبت به روش اول در این است که این روش با نادیده گرفتن داده‌هایی که اطلاعاتی از مقادیر حدی ندارند بر پیشامدهای سیل تأکید دارد و در مقایسه با روش سوم اجازه می‌دهد طیف وسیع‌تری از سیل‌ها، نه فقط حداکثر هر سال در نظر گرفته شوند.

به‌طور معمول در تحلیل فراوانی سیل به‌منظور برآورد دوره‌های بازگشت مختلف، از روش حداکثر سالانه استفاده می‌شود، که با ضعف‌هایی همراه است. تئوری مقادیر حدی چارچوبی جدید برای این‌گونه برآوردها فراهم کرده است که نیازمند تعیین آستانه‌ای جهت حدی تلقی کردن دبی‌های فراتر از آن است. اما تعیین‌آستانه بهینه نیز خود مسأله مهمی است، چرا که، انتخاب حد آستانه‌ای با مقدار خیلی بزرگ می‌تواند منجر به حذف بسیاری از وقایع حدی و بالعکس، انتخاب یک آستانه کوچک موجب دخیل شدن وقایع غیرحدی در فرایند تحلیل فراوانی گردد. در این انتخاب باید جنبه‌های مختلفی را در نظر گرفت.

در سری *AMS*، در هر سال، تنها حدی‌ترین واقعه در نظر گرفته می‌شود (3). اما شرایط در زمان استفاده از مدل *POT* متفاوت می‌گردد. مدل *POT* تمامی مقادیر حدی‌تر از یک مقدار معین که معمولاً حد آستانه نامیده می‌شود را در نظر می‌گیرد. بر این اساس، این مدل تنها به یک واقعه در سال محدود نمی‌شود. در واقع مزیت اصلی این مدل نسبت به مدل *AMS* در فراهم آوردن امکان کنترل تعداد وقایع حدی با انتخاب سطح آستانه مناسب می‌باشد (10). از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعه فرانچسکو (1987) اشاره نمود. وی مدل *POT* را جهت ارزیابی پروسه‌های ریسک سیلاب پیشنهاد کرد و این مدل را نسبت به مدل *AMS* مناسب‌تر دانست. بوردی و همکاران (2006)، جهت تحلیل مقادیر حدی بارندگی ماهانه از هر دو روش *POT* و *AMS* استفاده کردند و برای تعیین مقادیر آستانه روش‌های آماری استاندارد را به‌کار بردند.

برای توزیع‌های با دنباله سنگین مدل *POT* سازگارتر بوده و بهتر می‌تواند جنبه‌های حدی را برآورد نماید. اما این مدل دارای دو ضعف مفهومی در انتخاب مقدار آستانه و نیز بررسی مقادیر حدی غیرمستقل در تحلیل‌ها می‌باشد که این‌ها بیش‌تر مرتبط با وقایع وابسته به زمان است (11). انتخاب آستانه مناسب در روش *POT* یکی از اساسی‌ترین مراحل تحلیل فراوانی است. به‌طور مثال معیار انتخاب حد آستانه در تحلیل فراوانی‌سیل، ارضای ضوابطی مانند پواسن بودن توزیع وقایع فراتر از آستانه و نمایی بودن دبی‌های اوج سیلاب می‌باشد، زیرا شروط لازم در این بخش از نظر آماری تعیین‌کننده استقلال وقایع است (3). آدوموفسکی (2000)، به این نتیجه رسید که شکل توزیع سری *POT* ممکن است به سطح آستانه

انتخابی بستگی داشته باشد. انتخاب آستانه در روش *POT*، انتخابی شخصی است و این یکی از مزایای این روش می‌باشد. در عمل آستانه‌ای را انتخاب می‌کنند که به‌طور میانگین ۲ یا ۳ فراتری در سال را ارائه نماید (13).

در این زمینه، لانگ و همکاران (1999)، روش‌های انتخاب سطح آستانه را مورد بررسی قرار داده و چندین آزمون آماری مانند میانگین تعداد وقایع آستانه، میانگین تجاوزهای بالاتر از آستانه و شاخص پراکندگی را برای انتخاب سطح آستانه پیشنهاد دادند. باید توجه داشت که در تحلیل فراوانی سیل، اندازه بزرگی وقایع بالاتر از حد آستانه، متغیری تصادفی است که باید آنقدر بزرگ باشد (آستانه بزرگ) تا تابع احتمال این متغیر تصادفی از نوع پواسون باشد (اریبی اندک). از طرفی تعداد داده‌های بالاتر از حد آستانه باید به قدر کافی زیاد باشد (آستانه کوچک) که بتوان پارامترهای تابع توزیع حدی را برآورد نمود (واریانس اندک) (3). برای اطمینان از استقلال وقایع ورودی در تحلیل فراوانی سیل، محدویت‌هایی وجود دارد:

۱) فاصله زمانی بین دو اوج، حداقل برابر $Ln(A)$ باشد (A مساحت حوضه به مایل مربع) و دبی حداقلی مابین دو دبی اوج، از ۷۵٪ دبی کم‌تر، کوچک‌تر باشد (15).

۲) فاصله زمانی بین آن دو بزرگ‌تر از متوسط زمان رسیدن به دبی‌های حداکثر باشد یا دبی حداقل بین آن دو از دوسوم مقدار دبی اوج اول کوچک‌تر باشد (5).

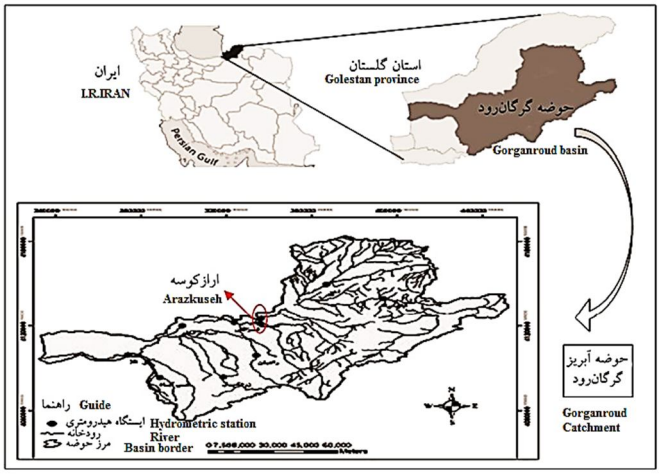
۳) اگر ضریب خودهمبستگی در سطح معنی‌دار معینی، برابر صفر گردد، فرض وابستگی داده‌ها رد می‌گردد (9).

روش سری‌های جزئی به‌دلیل این‌که تحلیل آن زمان‌گیر و به نسبت پیچیده است یک روش رایج و متداول نیست. در این شرایط برای این تحلیل با توجه به این‌که نرم‌افزار خاصی وجود ندارد از کدهای برنامه‌نویسی استفاده شده است. در این پژوهش نیز از جدیدترین کدهای مربوطه در محیط نرم‌افزاری *R* استفاده شده است. همچنین این تحلیل مبتنی بر بررسی هم‌زمان رویکردهای مختلف است که موجب می‌شود نتوان آن را یک روش تکراری دانست زیرا روش مبتنی بر آگاهی پژوهش‌گر و تحلیل هم‌زمان ابعاد مختلف نتایج محاسباتی است.

هدف از این پژوهش انتخاب نقطه بهینه برای تعیین حدآستانه به‌منظور تحلیل فراوانی سیل و مقایسه نتایج آن با روش *AMS* با استفاده از داده‌های روزانه دبی جریان در ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه در استان گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه بر روی رودخانه چهل‌چای از شاخه‌های فرعی گرگانرود در مجاورت شهر گنبد قرار دارد و در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه قرار دارد. ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۳٤/۵ متر و مساحت حوضه آبخیز آن ۱٦۷۸/۸ کیلومترمربع است. شکل ۱ موقعیت ایستگاه مورد مطالعه در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (۱۶).

Figure 1. Location of the study area (16).

تحلیل فراوانی سیل: در این پژوهش وقایع سیلابی در مقیاس زمانی روزانه با درنظر گرفتن دبی اوج به‌عنوان معیار حدی بودن واقعه، با استفاده از دو روش انتخاب داده، یکی انتخاب براساس حداکثر سالانه و دیگری استفاده از حد آستانه مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از این‌که سری زمانی متغیر تصادفی دبی اوج هر واقعه سیلاب در مقیاس روزانه ایجاد گردید نوبت به انتخاب داده‌های این سری‌ها برای تحلیل فراوانی سیلاب می‌رسد. مسأله‌ای که می‌تواند محل اشکال باشد استقلال دبی‌های اوج است چرا که تمام عملیات ریاضی تئوری مقادیر حدی براساس استقلال وقایع حدی می‌باشد. بنابراین باید دبی‌های اوج حدی را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که از استقلال آن‌ها مطمئن بود. در این پژوهش دو دبی اوج، زمانی مستقل به حساب می‌آیند که فاصله زمانی بین آن‌ها ٤ تا ٦ روز باشد.

در این پژوهش توزیع‌های آماری به سری مشاهداتی برازش داده شده‌اند و براساس آن بزرگی و احتمال وقوع متغیر مورد بررسی تعیین می‌شود. از چندین روش جهت برآورد پارامترهای توزیع استفاده می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش گشتاورها (*MOM*)، روش حداکثر درستنمایی (*MLM*) و روش گشتاورهای وزنی احتمال (*PWM*) اشاره کرد. روش حداکثر درستنمایی یکی از کامل‌ترین روش‌ها در براورد پارامترهای توزیع محسوب می‌شود و به‌علت این‌که کم‌ترین واریانس نمونه‌گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می‌کند، از این‌رو چندک‌های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش‌ها می‌باشد (4). در نهایت پس از تعیین بهترین سطح آستانه برای هر سری (با استفاده از آزمون‌های آماری که تشریح خواهند شد)، چندک‌ها برآورد شده و نمودار سطح بازگشت به‌دست آمده است، در ضمن برای محاسبه حدود اطمینان در آن از روش دلتا استفاده شده است.

برآورد چندک‌ها به روش حداکثر سالانه و حدود اطمینان آن‌ها: روش ساختن بلوک‌ها[1] به این صورت است که کل داده‌ها به اندازه‌های یکسان دارای توده‌ای از داده‌ها (مانند نمونه‌های حداکثر سالانه) می‌باشند. چنان‌چه سری زمانی دبی رودخانه با دقت زمانی بالایی در دسترس باشد، آن‌گاه نمونه‌ها به حداکثر

۱- منظور از بلوک یک دوره زمانی مثلاً یک سال آبی یا سال تقویمی می‌باشد. بنابراین داده‌ها براساس این بلوک‌ها دسته‌بندی شده و مقادیر حداکثر داخل هر بلوک استخراج می‌شود.

سیلاب لحظه‌ای نزدیک می‌گردد. اما بیش‌تر دبی‌ها با گام‌های روزانه هستند و در نتیجه دبی مشاهده شده در فاصله زمانی خاصی وجود دارد. سری حداکثر سالانه نماینده سری رخداد سیل است. روابطی بین وقایع سیلاب روزانه و حداکثر سیلاب لحظه‌ای وجود دارد. رابطه سیل (Q) و فراوانی ($F_x(Q)$) با استفاده از نظریه مقدار حدی و تابع توزیع احتمال حداکثر سالانه به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$F_x(\mathrm{Q}) = \mathrm{p_r}(\mathrm{X} < Q) = 1 - \frac{1}{T_{\mathrm{Q_{AM}}}} \qquad (۱)$$

$$T_{\mathrm{Q_{AM}}} = \frac{1}{1-F_x(\mathrm{Q})} \qquad (۲)$$

تحلیل حدی معمولاً براساس دوره بازگشت‌های وقایع حدی است. دوره بازگشت ($T_{\mathrm{Q_{AM}}}$) یک واقعه می‌تواند به‌عنوان متوسط تعداد مشاهداتی که برای به‌دست آوردن یک مشاهده برابر یا بزرگ‌تر از اندازه آن در وقایع سیلابی است، تعریف شود. در این حالت معمولاً یک توزیع آماری به سری مشاهداتی برازش داده شده و براساس آن بزرگی و احتمال وقوع متغیر مورد بررسی تعیین می‌شود.

برآورد چندک‌ها به روش دبی‌های اوج بالاتر از آستانه (مدل *POT*): مدل *POT* در تحلیل فراوانی، قادرند تمامی وقایع حدی‌تر از یک سطح مبنای معین یا حد آستانه، در طول زمان را تحلیل کنند. در این روش، اولین گام تعیین آستانه می‌باشد. به‌عنوان مثال در تحلیل سیل برای انتخاب آستانه معیارهایی مانند تبعیت داده‌های وقایع فراتر از آستانه و نمایی بودن دبی‌های اوج سیلاب در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که آستانه کوچک انتخاب شود مشکل عدم استقلال در مقادیر بالاتر از آستانه به‌وجود می‌آید که برای رفع این مشکل شرایطی در نظر گرفته می‌شود تا استقلال فیزیکی و آماری بین داده‌ها برقرار شود. اما با توجه به این‌که میانگین و انحراف معیار تعداد تجاوزهای سالیانه سیلاب‌هایی که از توزیع پواسون تبعیت می‌کنند می‌بایست برابر باشند، با ترسیم نسبت میانگین به انحراف معیار در مقابل آستانه‌ها، آستانه‌ای را انتخاب می‌کنیم که این نسبت در آن برابر یک باشد. البته در این روش ممکن است به توزیع تجاوزها که رکن اساسی مدل‌سازی است توجهی نشود که از معایب این روش نیز به حساب می‌آید و می‌باید به توزیع تجاوزها توجه بیش‌تری شود. با در نظر گرفتن این شرایط بهترین آستانه انتخاب می‌شود. بنابر تئوری مقادیر حدی بهترین توزیع برای برازش به داده‌های بالاتر از یک آستانه معین، توزیع پارتو می‌باشد (3). احتمال تجمعی این توزیع از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{pr}[X < x] \approx \mathrm{G}\left(\mathrm{x}-\mathrm{u}\ ,\mathrm{k}\ ,\alpha\right) = \qquad (۳)$$
$$\begin{cases} 1-\left(1-\frac{\mathrm{k(x-u)}}{\alpha}\right)^{\frac{1}{k}} & k \neq 0 \\ 1-\exp\left(-\frac{\mathrm{x-u}}{\alpha}\right) & k = 0 \end{cases}$$

که در آن، u، k و α به‌ترتیب آستانه، پارامتر شکل و پارامتر مقیاس می‌باشند.

انتخاب آستانه مناسب: برای یافتن مقدار آستانه بهینه، ابزارهایی وجود دارد که شرح آن در ادامه خواهد آمد. ابتدا باید توجه داشت تعیین مقدار آستانه یک رویکرد چندجانبه است. انتخاب بهینه برای مقدار آستانه یعنی ایجاد توازن بین واریانس و اریب‌دار بودن و یا سویه داشتن (3).

آزمون توزیع پوآسن (اندیس پراکندگی): تابع توزیع پوآسن مطابق با رابطه ٤ می‌باشد. که در این توزیع میانگین و واریانس با هم برابر می‌باشند. شاخص پراکندگی به‌صورت رابطه ٦ تعریف می‌شود که نزدیکی آن به عدد ۱، پوآسن بودن وقایع را تصدیق می‌کند.

$$Pr[X = k] = e^{-\lambda}\frac{\lambda^k}{k!}\ , k\epsilon\ N \qquad (٤)$$

$$E[X] = Var[X] \qquad (٥)$$

$$I = \frac{S^2}{\lambda} \qquad (٦)$$

که در آن، S: انحراف معیار و λ: میانگین تعداد وقایع فراتری است. آشکار و روسل (1983) با استفاده از این اصل که اگر سیلاب‌ها ازتوزیع پوآسن پیروی کنند، میانگین و انحراف معیار تعداد تجاوزهای سالیانه آن‌ها برابر می‌شود، نموداری ترسیم کردند و نسبت میانگین به انحراف معیار (شاخص پراکندگی) را در مقابل آستانه نمایش دادند و آستانه‌ای را انتخاب کردند که نسبت میانگین به انحراف معیار آن‌ها برابر یک باشد.

براساس مطالعات کیونان (1979) و همچنین آشکار و روسل (1983) برای تخمین سیلاب‌های بزرگ فرض پوآسن بودن نسبت به توزیع تجاوزها از اهمیت کم‌تری برخوردار است و بنابراین در انتخاب آستانه باید توجه بیش‌تری به توزیع تجاوزها شود. متغیر شمارش تعداد نقاط حداکثر بالای آستانه دارای توزیع پواسون است. در این توزیع مقدار میانگین و واریانس یکسان است. بنابراین نسبت آن‌ها برابر واحد است. البته مقدار واحد، مقداری نظری است و مقدار نمونه‌ای این نسبت حول عدد واحد در نوسان است.

آزمون معیار پارامترها برای انتخاب مقدار آستانه (*Tcplot*): این آزمون مکمل آزمون اول است. براساس تغییرات مقدار آستانه، توابع چگالی احتمال پرتوی متعددی وجود دارد. بنابراین برآوردهای گوناگون حاصل می‌شود. بنابراین پایداری پارامترها برای انتخاب آستانه بهینه مورد نظر است. اگر $X \sim GPD(u_0, \sigma_0, \xi_0)$ باشد و فرض کنید برای آستانه دیگر u_1 رابطه $u_1>u_0$ برقرار است. متغیر تصادفی $X|X>u_1$ دارای توزیع GPD است که پارامترهایش بهنگام شده است.

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \xi_0(u_1 - u_0) \qquad (٧)$$

$$\xi_1 = \xi_0 \qquad (٨)$$

$$\sigma^* = \sigma_1 + \xi_1 u_1 \qquad (٩)$$

ابتدا لازم به ذکر است که پارامتر شکل (ξ_0) بستگی به‌میزان آستانه ندارد. بنابراین مقدار آن باید در آستانه‌های مختلف ثابت بماند. یعنی در این رابطه σ^* مستقل از u_1 است. بنابراین برآورد σ^* و ξ_1 برای تمام آستانه‌های $u_1>u_0$ ثابت هستند اگر u_0 برآورد مناسبی از آستانه در حالت مجانبی باشد. با رسم نمودار تغییرات پارامتر مقیاس اصلاح‌شده (σ^*) در برابر آستانه‌های مختلف، قسمتی از نمودار که تقریباً ثابت می‌باشد، انتخاب مناسبی برای آستانه است.

نمودار متوسط مقادیر بالاتر از آستانه بر حسب آستانه‌ها: اگر متغیر تصادفی X فراترهای آستانه u_0 را نشان دهد و تقریب توزیع پارتو به قدر کافی خوب باشد. داریم:

$$E[X - u_0\ |X >\ u_0] = \frac{\sigma_{u_0}}{1-\xi} \qquad (١٠)$$

برای تمام آستانه‌های مثلاً $u_1>u_0$ فراترهای بالاتر از آستانه جدید نیز با تابع پارتو تقریب زده می‌شود که پارامترهایش اصلاح شده است. بنابراین:

$$E[X - u_1\ |X >\ u_1] = \frac{\sigma_{u_1}}{1-\xi} = \frac{\sigma_{u_0} + \xi u_1}{1-\xi} \qquad (١١)$$

رابطه $E[X - u_1\ |X >\ u_1]$ بر حسب u_1 خطی است و متوسط مقادیر بالاتر از آستانه u_1 را نشان می‌دهد. برای تمام دبی‌های بالاتر از آستانه توزیع میانگین تجاوزها نسبت به آستانه ثابت خواهد

بود، بنابراین نمودار تغییرات میانگین تجاوزها در برابر آستانه، در محدوده آستانه مناسب تقریباً خطی صاف است. لازم به ذکر است که قسمت خطی شکل با چشم تشخیص داده شده است و یک محدوده را در بر می‌گیرد.

نمودار گشتاورهای خطی چولگی و کشیدگی مقادیر آستانه: برای متغیر تصادفی x که دارای توزیع GPD است، رابطه زیر وجود دارد.

$$\tau_4 = \tau_3 \frac{1+5\tau_3-3}{5+\tau_3} \quad (۱۲)$$

که در آن، τ_3: گشتاور خطی چولگی و τ_4: گشتاور خطی کشیدگی است. اگر فرض اریبی اندک محقق نگردد، آن‌گاه توزیع حدی[1] GPD برای مقادیر بالاتر از آستانه رخ نخواهد داد و اگر تعداد داده‌های بالاتر از حد آستانه بقدر کافی زیاد نباشد، نمی‌توان پارامترهای تابع توزیع حدی را برآورد نمود. تحقق این مفروضات را می‌توان با نمودار گشتاورهای خطی ضرایب چولگی- کشیدگی مقادیر آستانه نمایش داد.

برآورد پارامترهای توزیع و تعیین فاصله اطمینان: چقدر می‌توان به چندک‌ها اطمینان داشت. برای نشان دادن این امر باید فاصله اطمینان را به‌دست آورد. می‌توان برآورد پارامترهای توزیع را به روش‌های گوناگون داشت از جمله روش گشتاورها، روش حداکثر درستنمایی، گشتاورهای وزنی و... در این پژوهش از روش حداکثر درستنمایی استفاده شده است. همان‌طورکه قبلاً ذکر شد با افزایش تعداد داده‌های بالاتر از آستانه (انتخاب آستانه کوچک)، فاصله اطمینان پارامترهای برآورد شده توزیع حدی کوچک‌تر و مطمئن‌تر می‌شود.

برآورد چندک‌ها و عدم قطعیت آن‌ها: پس از برآورد پارامترها با استفاده از روش حداکثر درستنمایی، هدف، تخمین دبی طراحی با دوره بازگشتی خاص می‌باشد. بنابراین بعد از اطمینان از مناسب بودن آستانه توسط آزمون‌های تئوری مقادیر حدی، تمام دبی‌های مشاهده شده بالاتر از دبی آستانه منتخب، تحلیل می‌شوند و توزیع پرتوی تعمیم‌یافته به سری داده‌ها برازش داده می‌شود و در برآوردها از آن‌ها استفاده می‌شود. مقادیر مدل شده توسط GPD براساس آستانه به‌صورت زیر است.

$$\mathrm{P_r}\left[X \geq x_p | X > u\right] = \frac{\mathrm{P_r}\left[X \geq x_p\right]}{\mathrm{P_r}\left[X > u\right]} \quad x_p > u \quad (۱۳)$$

رابطه اخیر معادل رابطه زیر است:

$$x_p = u - \sigma\xi^{-1}\{1 - [(1-p)\lambda^{-1}]^{-\xi}\} \quad (۱٤)$$

که درآن، $\lambda = \mathrm{P_r}[X > u]$ است. اگر n سال از T متوسط تعداد دبی‌های اوج بالاتر از آستانه در سال باشد، احتمال تجمعی دبی با دوره بازگشت از رابطه ۱۵ قابل محاسبه است و سپس از معکوس رابطه ۳ استفاده شده و دبی متناظر با دوره بازگشت موردنظر تخمین زده می‌شود.

$$\mathrm{F} = 1 - \frac{1}{\mathrm{nT}} \quad (۱۵)$$

از داده‌های مشاهداتی می‌توان پارامترهای توزیع پرتو و در پی آن دبی مورد نظر را تخمین زد. این تخمین تحت‌تأثیر خطاهای زیادی می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان خطای ناشی از انتخاب نامناسب مدل و خطای ذاتی ناشی از تصادفی بودن دبی‌های سیل نام برد. بنابراین برآورد فاصله‌ای چندک‌ها لازم می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور محاسبه عدم قطعیت برآوردها از روش دلتا استفاده شده است.

1- Generalized Pareto Distribution

عدم قطعیت: نظریه مقادیر حدی چارچوب کافی را به‌دست می‌دهد. اما موارد زیر نیز مطرح است.

- تقریب در پارامترهای برآورد شده
- تقریب در مقادیر برآورد شده با دوره بازگشت‌های مختلف
- تا چه اندازه برون‌یابی توجیه‌پذیر است.

شایان ذکر است تمامی تحلیل‌های آماری صورت گرفته در این پژوهش در محیط *R* صورت می‌گیرد، بسته‌های *extRemes*، *POT* و *Lmomco* بدین منظور قابل استفاده است. پروژه *R* از سال ۱۹۹۵ در گروه آمار دانشگاه آکلند توسط رابرت جنتلمن و راس ایهاکا شروع شد. این زبان را یک تیم بین‌المللی نگهداری می‌کند و داوطلبانه توسعه می‌یابد، *R* یک زبان برنامه‌نویسی ریاضی شی‌گراست که بسیار شبیه *S-plus* و برای محاسبات آماری طراحی شده است و شامل تعداد زیادی تابع برای محاسبات آماری، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی آماری است.

نتایج و بحث

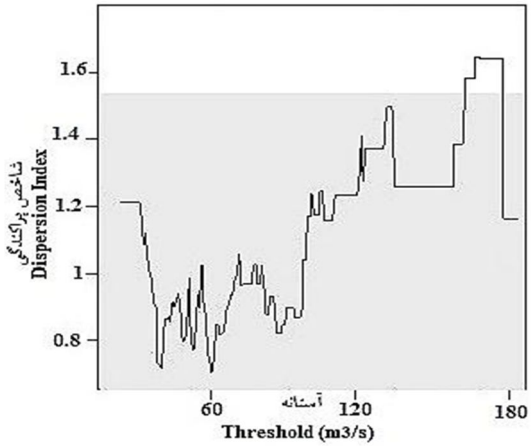
با بررسی جنبه‌های مختلف و انتخاب مناسب‌ترین آستانه، چندک‌ها و حدود اطمینان آن‌ها به دو روش حداکثر سالانه و روش *POT* محاسبه و مقایسه شده‌اند. برای تعیین بهترین آستانه در تحلیل فراوانی سیل، با ترسیم سه نمودار (شکل‌های ۲، ۳ و ٤) نقطه بهینه آستانه تعیین شد.

با توجه به شکل‌های ۲، ۳ و ٤ محدوده ٤٠ تا ٦٠ مناسب‌ترین محدوده می‌باشد و پس از بررسی هم‌زمان این نمودارها آستانه ٤٧ مترمکعب بر ثانیه برای سری داده‌های ایستگاه مطالعاتی انتخاب شده است. در این آستانه شاخص پراکندگی نزدیک‌ترین مقدار به ۱ را دارد، دبی‌های اوج بالاتر از این آستانه و همچنین آستانه‌های بالاتر از آن از توزیع پارتو تبعیت می‌کنند و در محدوده این آستانه تغییرات میانگین تجاوزها تقریباً ثابت است بنابراین مقدار آستانه ٤٧ مترمکعب بر ثانیه، آستانه‌ای مناسب برای ایستگاه مطالعاتی مورد نظر می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه مقادیر چندک برآورد شده با حدود آستانه مختلف.

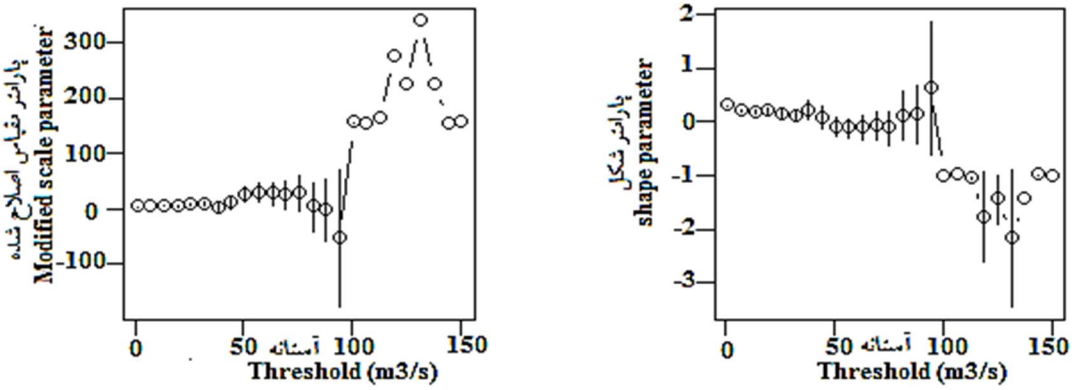
Table 1. Comparison of estimated quantile values with different thresholds.

دوره بازگشت Return period	حد آستانه ٦٥ Threshold 65 (m^3/s)	حد آستانه ٤٧ Threshold 47 (m^3/s)	حد آستانه ٣٥ Threshold 35 (m^3/s)
۲ سال (2 year)	85.571	78.833	49.905
۵ سال (5 year)	104.09	100.5497	76.485
۱۰ سال (10 year)	117.59	113.6188	93.926
۲۰ سال (20 year)	130.67	127.9064	109.238
۲۵ سال (25 year)	134.79	131.7913	114.93
۵۰ سال (50 year)	147.33	145.5258	132.09
۱۰۰ سال (100 year)	161.48	159.5238	151.73
۲۰۰ سال (200 year)	174.25	173.7009	168.18



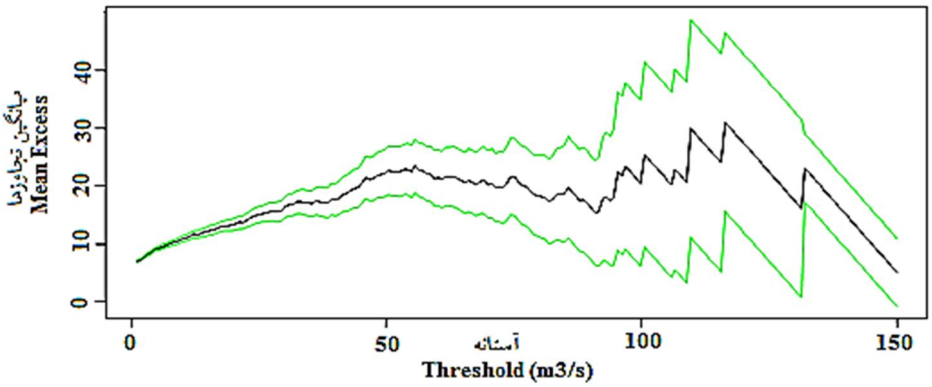
شکل ۲- آزمون توزیع پوآسون.

Figure 2. Poisson distribution test.



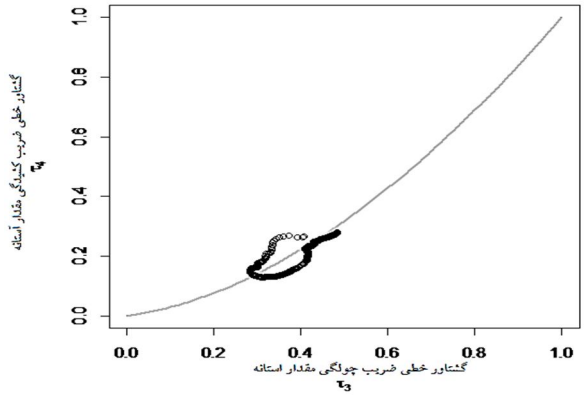
شکل ۳- تغییرات پارامترهای شکل و مقیاس اصلاح‌شده.

Figure 3. shape and modified scale parameters.



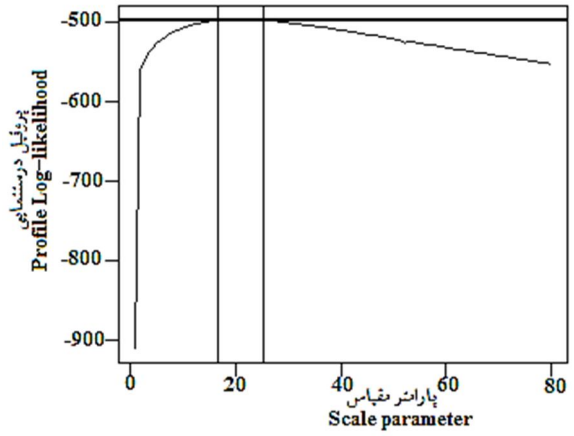
شکل ٤- تغییرات میانگین تجاوزها در برابر آستانه.

Figure 4. Variations of mean exceedance above threshold versus the threshold.



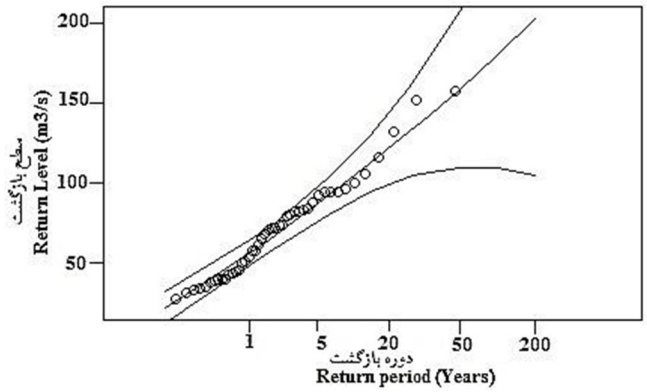
شکل ۵- گشتاورهای خطی ضرایب چولگی (τ_3) و کشیدگی (τ_4).

Figure 5. L-moments of coefficients of skewness (τ_3) and kurtosis(τ_4).



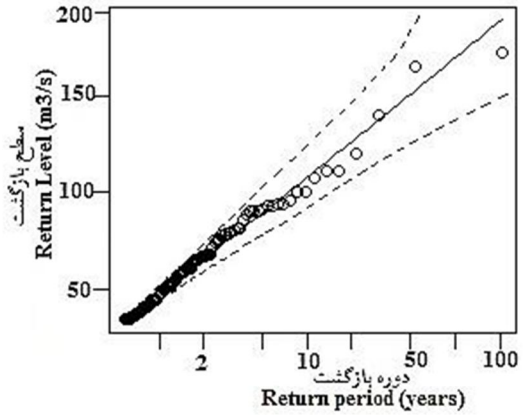
شکل ٦- پروفیل درستنمایی پارامتر مقیاس برآورد شده توزیع حدی پارتو.

Figure 6. likelihood Profile of GPD estimated scale parameter.



شکل ۷- نمودار سطح بازگشت با دبی‌های حداکثر سالانه.

Figure 7. Return level plot with maximum annual discharge.



شکل ۸- نمودار دوره بازگشت دبی‌های اوج بالاتر از دبی آستانه منتخب.

Figure 8. Return level plot with POT discharge.

با توجه به نمودار گشتاورهای خطی ضرایب چولگی- کشیدگی (شکل ۵) و با بررسی و مقایسه سطوح مختلف آستانه در بازه بهینه تعیین شده، مقدار آستانه باید طوری تغییر یابد که نمونه (τ_3, τ_4) به منحنی نظری نزدیک شود. از آنجا که، در سطح آستانه انتخاب شده (٤٧ مترمکعب بر ثانیه)، نمونه (τ_3, τ_4) حاصل، به منحنی نظری نزدیک می‌باشد، پس مفروضات مورد نظر محقق شده‌اند.

اکنون که مقدار مشخص آستانه تعیین شد، می‌توان مقادیر پارامتر شکل و پارامتر مقیاس (μ و σ) و فواصل اطمینان آن‌ها را برآورد نمود. ملاحظه می‌شود که طی تکرارهای مختلف با آستانه‌های مختلف در بازه بهینه تعیین شده، با افزایش تعداد نمونه‌ها، فاصله اطمینان کوچک می‌شود. شکل ٦، نمودار پروفیل درستنمایی پارامتر مقیاس برآورد شده توزیع حدی پارتوی تعمیم‌یافته را نمایش می‌دهد.

براساس تحلیل‌های انجام شده بر روی داده‌های دبی (جدول ۱) و انتخاب مقادیر حد آستانه مختلف، می‌توان نشان داد تعیین حد آستانه مناسب، در مقدار چندک دبی مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف مؤثر می‌باشد. در واقع با انتخاب حدود آستانه مختلف مشاهده شد وقتی حد آستانه تا حدی کوچک در نظر گرفته شد (دبی ۳۵ مترمکعب بر ثانیه)، چندک‌های برآورد شده مقادیر کوچک‌تری نسبت به روش *AMS* داشتند و موجب بروز خطا در محاسبات و تحلیل‌ها می‌گردد، از آنجا که بسیاری از وقایعی را در نظر می‌گیرد که در واقع، حدی نیستند.

از طرفی اگر حد آستانه بزرگ در نظر گرفته شود (٦٥ مترمکعب بر ثانیه)، مقادیر غیرواقعی و بیش از اندازه بزرگ برآورد می‌شود و این بدان علت است که برخی وقایع حدی واقعی حذف شده‌اند و نتایج به اندازه کافی قابل اطمینان نیست. این امر سبب می‌شود علاوه بر نادیده گرفتن وقایع حدی ارزشمند در محاسبات مربوط به تحلیل فراوانی، هزینه بسیار سنگینی بر پروژه‌های عمرانی سازه‌های آبی، که از نتایج این تحلیل‌ها استفاده می‌کنند، تحمیل شود که غیرضروری است.

نتیجه‌گیری

نتیجه به‌دست آمده از این پژوهش در انتخاب مدل POT به‌عنوان مدل مناسب‌تر و کاربردی‌تر نسبت به مدل AMS جهت تحلیل فراوانی سیل با نتایج فرانچسکو (1987) و بوردی و همکاران (2006)، مشابه می‌باشد.

همچنین از آنجا که سطح آستانه بقدر کافی بزرگ انتخاب شده است، بنابراین تابع احتمال این متغیر تصادفی از نوع پواسون است. از طرفی تعداد داده‌های بالاتر از حد آستانه بقدر کافی زیاد می‌باشد، یعنی سطح آستانه به اندازه کافی کوچک انتخاب شده است، به همین علت پارامترهای تابع توزیع حدی قابل برآورد بوده‌اند. نتایج برازش توابع توزیع در هر سری بیانگر آن است که توزیع پارتو تعمیم‌یافته در سری داده‌های بالاتر از حد آستانه معین و توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته در سری ساخته شده به روش *AMS*، برازش خوبی نشان داده است. این نتایج نیز با نتایج بوردی و همکاران (2006) و راسموسن و راسربرگ (1989) مطابقت دارد.

با انتخاب دبی‌های حداکثر هر سال در ایستگاه ارازکوسه و برازش توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته بر آن‌ها و تخمین پارامترها به روش حداکثر درستنمایی، نمودار سطح بازگشت با دبی‌های حداکثر سالانه به‌دست آمد که برای محاسبه حدود اطمینان در آن از روش دلتا استفاده شده است. از طرفی با انتخاب دبی‌های اوج مشاهده شده بالاتر از سطح آستانه ٤٧ مترمکعب بر ثانیه و تخمین پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم‌یافته به روش حداکثر درستنمایی، نمودار دوره بازگشت دبی‌های اوج بالاتر از دبی آستانه منتخب نیز حاصل شد.

تحلیل انجام شده بر روی داده‌های دبی بیانگر آن است که انتخاب مقدار حد آستانه در مقدار چندک برآورد شده مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف مؤثر می‌باشد. در واقع با انتخاب حدود آستانه مختلف مشاهده شد وقتی حد آستانه تا حدی کوچک در نظر گرفته شد چندک‌های برآورد شده مقادیر کوچک‌تری داشتند و این بدان علت است که برخی وقایع وارد محاسبات شده‌اند که درواقع وقایع حدی نبوده‌اند. از طرفی اگر حد آستانه بسیار بزرگ در نظر گرفته شود مقادیر غیرواقعی و بیش از اندازه بزرگ برآورد می‌شود.

نتایج بیانگر آنست که هر دو روش تئوری مقادیر حدی، سطوح بازگشت نزدیکی دارند که در دوره بازگشت‌های بالا، روش پیک‌های بالاتر از دبی آستانه منتخب (٤٧ مترمکعب بر ثانیه)، منجر به سطوح بازگشت و همچنین عدم قطعیت کم‌تری می‌شوند. این بدان معناست که فاصله اطمینان دوره بازگشت‌های تخمین زده شده با روش اوج بالاتر از آستانه، کوچک‌تر و در نتیجه دارای ضریب اطمینان بالاتری می‌باشد، که خود توجیه‌کننده استفاده از این روش خواهد بود.

بنابراین طراحی براساس دوره بازگشت روش *POT* با اطمینان‌پذیری بیش‌تری همراه خواهد بود هر چند که انجام پروژه و یا ساخت سازه آبی با هزینه بالایی همراه باشد. برعکس، طراحی براساس دوره بازگشت *AMS* با مقادیر چندک کم‌تر نسبت به *POT* مقرون به صرفه‌تر است هر چند نسبت به آن ریسک‌پذیرتر می‌باشد.

منابع

1.Adamowski, K. 2000. Regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L-moment methods. J. Hydrol. 229: 219-223.
2.Ashkar, F., and Rousselle, J. 1983b. The effect of certain restrictions imposed on interarrival times of flood events on the Poisson distribution used for modeling flood counts. Water Resources Research. 19: 481-485.
3.Bordi, I., Fraedrich, K., Petitta, M., and Sutera, A. 2006. Extreme value analysis of wet and dry periods in Sicily. Theor. Appl. Climatol. 87: 61-71.

4.Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, NY. 588p.
5.Cunnane, C. 1979. A note on the Poisson assumption in partial duration series models Water Resources research. 15: 2. 489-494.
6.Francisco, N. 1987. Multivariate partial duration series in flood risk analysis. Hydrologic frequency modelling, Internatioal symposium on flood frequency and risk analysis, Baton Rouge, USA.
7.Lang, M., Ouarda, T.B.M.J., and Bobe´e, B. 1999. Towards operational guidelines for over-threshold modeling. J. Hydrol. 255: 103-117.
8.Management and Planning Organization. 2001. Handbook of river flood. Publication 242, State Management and Planning Organization, Technical Department, 146p. (In Persian)
9.Miquel, J. 1984. guide pratique d'estimation des probabilities de crue, Ed. Eyrolles, 160p.
10.Parent, E., and Bernier, J. 2003. Encoding prior experts judgment to improve risk analysis of extreme hydrological events via POT modeling. J. Hyrol. 283: 1-18.
11.Rao, A.R., and Hamed, K.H. 2000. Flood Frequency Analysis. CRC Press, Boca Raton, FL.
12.Rasmussen, P.F., and Rosbjerg, D. 1989. Risk estimation in partial duration series. Water Resour. Res. 25: 11. 2319-2330.
13.Rasmussen, P.F., Ashkar, F., Rosbjerg, D., and Bobee, B. 1994. The POT Method for Flood Estimation: A Review. In K.W. Hipel (ed.), Stochastical and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering, Kluwer Academic Publishers, Pp: 15-26.
14.Rosbjerg, D. 1985. Estimation in partial duration series with independent and dependent peak values. J. Hydrol. 76: 183-195.
15.USWRC. 1976. Guidelines for determining flood flow frequency. United states Water Resources Council, Bull. 17, Hydrol. Comm. Washington, D.C., 37p.
16.Zanganeh, M.E., Mosaedi, A., Meftah Halghi, M., and Dehghani, A.A. 2011. Determination of Suitable Method for Estimating Suspended Sediments Discharge in Arazkoose Hydrometric Station (Gorganrood Basin). J. Water Soil Cons. 18: 2.85-103. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(3), 2015
http://jwsc.gau.ac.ir

Flood Frequency Analysis on the basis of extreme values theory (Case study: Arazkuseh hydrometric station, Golestan)

***F. Zahedianfar[1], Kh. Ghorbani[2], M. Meftah Halaghi[3], M. Abdolhosseini[2] and A.A. Dehghani[3]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 10/31/2014; Accepted: 05/26/2015

Abstract

Background and Objective: Flood is an important hydrological event which has considerable outcomes in human's life. The frequency analysis of prior period is one of the ways for assessing this event. However, the selection method of extreme values can have a significant impact on frequency analysis of such events. Several approaches have been proposed for this purpose, including the annual maximum series (AMS) and the peaks over threshold (POT). In the AMS method, only the greatest event occurred in each year will be selected. But in POT method, regardless of the time of occurrence of extreme events, a threshold is determined and the values over threshold are participated in the frequency analysis. The question is that, how to determine the appropriate threshold. For this aim, some constraints have been made, satisfying them, optimal point can be determined. Including studies in this context could be noted Francisco study (1987). He proposed POT model to assess the risk of flood processes and suggested this model is better than the AMS model. Bordi and et al. (2006), used both AMS & POT methods for extreme value analysis of monthly precipitation and standard statistical methods were used to determine the threshold values.

Materials and Methods: Golestan province is one of the major poles of agriculture in Iran. Thus, Arazkuseh station in this province, with longtime daily recorded discharge data during 1344-45 to 1388-89, was selected as the study area. Drawing time-series diagrams for discharge data, individual events were selected to be used in the POT method. There are some tools to finde the appropriate threshold. Determining the threshold value is a multi-pronged approach. The appropriate choice for the threshold means to make balance between variance and bias. The next step involves the threshold and the peaks over threshold selection, the Generalized Pareto Distribution (GPD) was fitted to data series. After parameter estimation using maximum likelihood, designed flood with a specific return period was estimated.

Result: By selecting Annual maximum floods in Arazkuseh station and fitting them the extreme value distribution and estimating parameters using maximum likelihood approach, AMF return level plot was obtained. Delta method is used to calculate confidence intervals. On the other hand, according to selecting the observed peak flows over the threshold of 47 cubic meters per second and maximum likelihood estimation of GPD parameters, peak flows over selected threshold return period plot was obtained. Comparing the results of the extreme values frequency analysis indicated that the POT method provides higher quantiles than the AMS, in different return periods. Also, by plotting confidence intervals for different return periods, POT method presents less uncertainty. The optimal threshold of 47 cubic meters per second was obtained for flood frequency analysis.

Conclusion: Results indicate that both extreme values methods, involve close return levels, while in higher return periods, peaks over selected threshold (47 m^3/s) method, leads to less return levels and also less uncertainty. This means that the confidence intervals of return periods estimated with peak over threshold method, is smaller and thus has a higher confidence coefficient, which justifies the use of this method.

Keywords: Frequency analysis, The extreme values theory, Peaks over threshold, Annual maximum series

* Corresponding Author; Email: bahare.zahedi@yahoo.com