جغرافیا و توسعه شماره ۳۶ پاییز ۱۳۹۳
وصول مقاله : ۱۳۹۱/۳/۲۱
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۱۱/۱۶
صفحات : ۱۶۰- ۱۴۵

بررسی کارایی روابط تجربی در برآورد دبی اوج سیلاب در مناطق بیابانی ایران مرکزی

دکتر محمدتقی دستورانی[۱]، مهدی حیات‌زاده[۲]، دکتر علی فتح‌زاده[۳]، دکتر محمدعلی حکیمزاده[۴]

چکیده

سیل از جمله پدیده‌های طبیعی است که هر ساله خسارات جانی و مالی زیادی را در دنیا به بار آورده و مشکلات عدیده‌ای را بر سر راه توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی کشورها ایجاد می‌نماید. لذا جهت کاهش خسارات آن پرداختن به این پدیده خصوصاً برآورد دبی حداکثر سیلاب و شناسایی عوامل مؤثر بر آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بطور کلی از جمله شیوه‌های برآورد دبی حداکثر سیل در حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری، استفاده از روش‌های تجربی می‌باشد. این روش‌ها بر پایه‌ی یک یا چند عامل از عوامل مؤثر بر شکل گیری سیلاب استوار بوده و بعضاً برای مناطقی خاص با شرایط فیزیکی و اقلیمی ویژه ارائه شده‌اند. بنابراین برای به کارگیری روش‌های مذکور، بررسی و واسنجی ضرایب منطقه‌ای آنها ضروری می‌نماید. در واقع این ضرایب، منعکس‌کننده‌ی اثر عوامل زمینی و جوی در تبدیل بارش به رواناب و ایجاد دبی حداکثر لحظه‌ای می‌باشد. در این تحقیق سعی شده تا تحلیل دقیق‌تری از روش تجربی فولر و واسنجی ضریب منطقه‌ای آن در حوضه ایران مرکزی به عمل آید. از آنجا که روش نامبرده کاربرد فراوانی در نقاط مختلف کشور جهت برآورد دبی سیل دارد، اهمیت واسنجی آن آشکار است. تاکنون غالباً استفاده از این روش در برآورد دبی‌های سیلابی و طراحی سازه‌ها بدون توجه به واسنجی ضریب منطقه‌ای آن انجام گردیده است. در این تحقیق از آمار ۳۱ ساله ده ایستگاه هیدرومتری در این حوضه استفاده شد تا بر این اساس مقادیر دبی لحظه‌ای سیل در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، محاسبه گردد. تحلیل‌های آماری در مرحله‌ی اول نشان داد که روش تجربی فولر در این محدوده‌ی اقلیمی وسیع، با کیفیت آماری ضعیف موجود، کارایی چندان مناسبی ندارد. البته نتایج آزمون روش تجربی فولر در محدوده‌های اقلیمی دیگر (نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب و مرطوب) از کارایی نسبتاً بالاتر این روش حکایت دارد. تست همگنی لانگبین (که اغلب برای تعیین گروه‌های همگن هیدرولوژیکی استفاده می‌شود) بر اساس یافته‌های این تحقیق، در شرایط ایران مرکزی کارایی بالایی از خود نشان نداد.

کلیدواژه‌ها: رابطه تجربی فولر، ضریب منطقه‌ای، دبی اوج سیل، حوضه ایران مرکزی.

۱- دانشیار آبخیزداری، دانشگاه فردوسی مشهد dastorani@um.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه یزد، (نویسنده مسؤول) mhayatzadeh@stu.yazd.ac.ir
۳- استادیار آبخیزداری، دانشگاه اردکان afathzadeh@yazd.ac.ir
۴- دانشیار خاکشناسی، دانشگاه یزد hakim@yazd.ac.ir

مقدمه

سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به مخاطره می‌افتد. از طرفی روند تغییرات کاربری اراضی و همچنین گسترش حوضه‌های شهری که با ساخت و ساز غیر اصولی و عدم رعایت حریم رودخانه‌ها صورت می‌گیرد، این مناطق را بیشتر در معرض خطرات‌سیلاب قرار می‌دهد.

کلمه‌ی سیل در اذهان معمولاً مترادف با خرابی، خسارت و بی‌خانمانی است، چرا که تقریباً هیچ سالی نیست که وقوع سیل در یک یا چند منطقه از کشور باعث ویرانی خانه‌ها و تاسیسات، تخریب مزارع، تلفات احشام و از دست رفتن جان عده‌ای از انسان‌ها نگردد. به عنوان نمونه در کشور ایران در طول سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱، ۴۸۱ مورد سیلاب مهم به وقوع پیوسته که بالغ بر ۶۳۰ نفر تلفات انسانی به همراه داشته است. همچنین در بررسی سیل‌های خسارت آفرین ۵۰ سال گذشته (۱۳۸۰-۱۳۳۰) بیش از ۳۷۰۰ مورد سیل خسار تبار به ثبت رسیده است *(خسروشاهی،۱۳۷۶: ۸)*. علاوه بر خسارات معمول، با وقوع هر سیل حجم عظیمی از آب به همراه خاک‌های حاصل‌خیز که از مراتع و اراضی زراعی شسته شده از دسترس استفاده خارج شده و به دریاها و دریاچه‌ها و کفه‌های کویری سرازیر می‌گردد و جالب اینجاست که میزان وقوع سیلاب‌ها و خسارات مربوطه در طیّ ۵۰ سال گذشته در کشور بیش از ۲۵۰ درصد رشد داشته است *(جلالی، ۱۳۶۸: ۴۲)*. آثار ناشی از وقوع سیلاب‌ها نهایتاً منجر به تخریب ساختار اجتماعی و اقتصادی جوامع می‌گردد و موجب خسارات اقتصادی و اجتماعی فراوانی می‌شود که جبران آنها نه تنها نیاز به اعتبار بسیار بالا دارد، بلکه در اکثر موارد غیرممکن است. البته مدیریت سیلاب به لحاظ وجود منابع مختلف و همچنین توسعه‌ی شهرنشینی در دشت‌های سیلابی مبحثی پیچیده است. از این جهت توسعه‌ی چنین مناطقی می‌بایست با توجه به نگرش جامع و دقیق به منابع موجود و عوامل وابسته صورت گیرد. ولی به هر حال جهت کاهش خسارات‌سیل و همچنین امکان طراحی بهینه سازه‌های آبی قطعاً اولین چیزی که نیاز است پیش‌بینی و برآورد مقادیر سیلاب با دقت قابل قبول است *(Patrick, 2002: 734)* در این رابطه روش‌های مختلفی بسته به شرایط و داده‌های موجود به کار گرفته شده است که البته هر کدام نقاط قوت و ضعف مربوط به خود را داشته و لذا تحقیق و بررسی در این‌خصوص ادامه دارد *(مؤسسه اکولوژی و هیدرولوژی انگلستان ۱۹۹۹: ۲)*. برخی از تحقیقات به انجام رسیده در این زمینه در خارج و همچنین داخل کشور شرح زیر است:

تاسکر بر اساس خصوصیات حوضه از جمله مساحت، بارندگی متوسط سالانه، ارتفاع، حوضه و شاخص خاک، دبی‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های ۲، ۱۰، ۲۵ سال را برای ایالت آریزونا برآورد کرد. *(Tasker,1982:568)*.

وارتون روشی را پیشنهاد نمود که بر اساس روابط به دست آمده از ابعاد و خصوصیات هندسی کانال‌های رودخانه‌ای در رودخانه‌های انگلستان می‌توان دبی سیلاب را برای حوضه‌های فاقد آمار به دست آورد *(Wharton, 1992: 352)*.

پاریدا و همکارانش در تحقیقی آنالیز فراوانی منطقه‌ای داده‌های سیل ماکزیمم سالانه را بررسی کردند. برای این منظور ۴۰۷ ایستگاه از ۱۱ کشور جنوب آفریقا انتخاب و منطقه همگن شناخته شدند. شبیه‌سازی برای انتخاب مناسب‌ترین روش فراوانی سیل نشان داد که پیرسون نوع دوم، روش احتمالاتی گشتاور وزنی و لوگ پیرسون نوع دوم روش‌های مناسب برای این کار بودند *(Paridia,1998:9)*.

هال و مینز[1] به بررسی روش‌های طبقه‌بندی حوضه‌های همگن (از نظر هیدرولوژیکی) پرداخته و شناسایی و طبقه‌بندی مناسب حوضه‌های فاقد آمار را لازمه استفاده از روش‌های تجربی برآورد سیل ذکر کردند (*Hall & Minns, 1999: 701*).

پاتریک[2] و همکاران شش روش مختلف را جهت برآورد دبی میانگین سیلاب در آنتاریو[3] کانادا مورد استفاده و ارزیابی قرار داده و نتایج را با هم مقایسه نمودند (*Patrick,2002:739*).

جنروکس[4] چهار روش تجربی شامل روش رگرسیونی سازمان زمین‌شناسی آمریکا[5](USGS)، روش استدلالی، روش سرویس حفاظت خاک آمریکا و روش اداره حمل و نقل کالیفرنیای شمالی[6] (NCDOT) را جهت برآورد دبی پیک ۵۰ ساله در حوضه‌ای در کالیفرنیا مورد استفاده و ارزیابی قرار داد. نتایج چهار روش تفاوت زیادی با هم داشت ولی معقول‌ترین نتایج در این مطالعه مربوط به روش استدلالی بود (*Genereux, 2003:55*).

دستورانی[7] از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت برآورد برآورد دبی سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار انگلستان استفاده نمود و نتایج را رضایتبخش اعلام کرد. البته در این بررسی استفاده از یک روش مناسب جهت شناسایی و دسته‌بندی حوضه‌های همگن به عنوان یک ضرورت جهت اخذ نتایج مناسب ذکر گردیده است (*Dastorani, 2010: 409*).

سلاجقه به بررسی سیلاب‌های ۳۸ حوضه آبخیز کوچک در مناطق مختلف ایران که مساحتی کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار داشتند، پرداخت و ضرایب و محدوده‌ی مساحتی بسیاری از فرمول‌های تجربی را در دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ سال تعیین نمود. (سلاجقه، *۱۳۷۳: ۱۱*). دستورانی تأثیر طول دوره‌ی آماری را در دقت پیش‌بینی سیلاب توسط توزیع‌های آماری مختلف و در نقاط مختلف ایران مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که استفاده از آمار کوتاه‌مدت در انجام آنالیز فراوانی منجر به خطاهای فاحشی در برآورد سیلاب می‌گردد. در این تحقیق همچنین مشخص گردید که با تغییر طول دوره‌ی آماری نوع توزیع‌های مناسب نیز دچار تغییر می‌گردد (دستورانی، *۱۳۷۵: ۱۳۱*).

جمالی ده مدل کلی تجربی جهت دبی اوج سیلابی با دوره‌ی بازگشت‌های، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، و ۱۰۰ ساله را برای حوضه‌های آبخیز بزرگ و اصلی ایران شامل حوضه‌های آبخیز خور خلیج‌فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه و کویرهای مرکزی ایران واسنجی و ارائه نمود (*جمالی، ۱۳۸۰: ۱*). نظری روش تجربی فولر را برای حوضه آبخیزمند واقع در استان فارس واسنجی نمود. نتیجه‌ی نهایی این تحقیق، تلفیق دو بخش از مطالعات و دستیابی به نوعی طبقه‌بندی حوضه‌های آبخیز از نقطه‌نظر پتانسیل ایجاد سیلاب و تهیه نقشه‌های مربوطه، بود (*نظری، ۱۳۸۶: ۲*) .

مهدوی اقدام به برآورد دبی میانگین سیلاب با استفاده از عوامل‌فیزیکی حوضه‌های آبخیز فاقد آمار در استان سمنان نمود (*مهدوی و هاشمی، ۱۳۷۶: ۳۳*).

دستورانی و همکاران با استفاده از داده‌های دبی روزانه و به کمک روش‌های تجربی و نیز روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی اقدام به برآورد دبی پیک سیلاب نمودند و کارایی بهتر روش‌های هوش مصنوعی نسبت به روابط تجربی را یادآور شدند (*دستورانی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱*).

وضعیت اقلیمی و عدم پراکنش منظم ریزش‌های جوی در اغلب مناطق کشور سیلاب‌های مخرب و مشکلات زیادی را فراهم می‌کند که هم از نظر

1-Hall & Minns
2-Patrick
3-Ontario
4-Genereux
8-United States Geological Services
9-North California Department of Transport
10-Dastorani

اقتصادی، اجتماعی و هم‌سیاسی قابل ملاحظه می‌باشد. اگر بخواهیم با خطرات سیل مقابله کنیم نیازمند آگاهی و شناخت از پدیده‌ی فوق و پارامترهای مربوط به آن و مدل مناسب در برآورد آن هستیم. فقدان آمار کافی در اغلب حوضه‌های کشور به ناچار ما را به استفاده از روش‌های‌تجربی برآورد سیل که غالب آنها برای مناطق دیگری طراحی شده‌اند سوق می‌دهد. در تحقیق حاضر سعی شده تا تحلیل دقیق‌تری از روش تجربی فولر شود و از آنجا که این روش تا کنون کاربرد فراوانی در نقاط مختلف کشور جهت برآورد دبی سیل داشته، لذا بررسی کارایی و واسنجی ضرائب این روش در حوضه مورد مطالعه، به منظور امکان برآوردهای با درصد خطای کمتر، حائز اهمیت ویژه است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

ایران مرکزی به صورت حوضه پهناور بسته‌ای است که خود از حوضه‌های آبخیز متعدد و مستقلی تشکیل می‌گردد که همگی به صورت واحدهای بسته بزرگ و کوچک دارای ارتباط هیدرولوژیکی هستند. این مجموعه بیش از ۵۰ درصد از مساحت کشور را در برمی‌گیرد و به عنوان بزرگترین زهکش فلات ایران با وسعتی بیش از ۸۰۰ هزار کیلومتر مربع می‌باشد. سطح حوضه ایران مرکزی از شوره‌زارها و باتلاق‌های نمک گرفته تا دریاچه‌های فصلی و دشت‌های پهناور کویری را شامل می‌شود.

از مشخصه‌های این حوضه‌ی آبخیز این‌که بیش از ۵۵ درصد از میزان کل بهره‌برداری سالیانه از منابع آب زیرزمینی کشور در مقابل کمترین میزان ریزش جوی سالیانه را به خود اختصاص داده است.

از لحاظ شرایط اقلیمی این حوضه دارای زمستانی سرد بعضاً با درجه حرارتی تا ۱۵ درجه سانتیگراد زیر صفر می‌باشد. تابستان برخی نقاط این حوضه خشک و سوزان است و درجه حرارت تا ۵۰ درجه سانتیگراد بالای صفر می‌رسد. رطوبت نسبی بخش‌های مرکزی پایین بوده و در دوره‌های گرم سال تا ۱۵ درصد و در مواردی می‌تواند تا ۱۰ درصد و کمتر نیز برسد. نزولات جوی حوضه ایران مرکزی اندک بوده و متوسط سالیانه آن کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و اغلب ۵۰ میلیمتر و در مواردی حتی به ۲۵ میلیمتر در سال می‌رسد. بالعکس تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه در این حوضه بالا بوده و در موارد زیادی به بیش از ۴۰۰۰ میلیمتر در سال هم می‌رسد. به این ترتیب میزان تبخیر می‌تواند به بیش از ۴۰ تا ۸۰ برابر بارندگی سالیانه بالغ گردد. شرایط زیستی در مناطق کویری حوضه ایران مرکزی برخلاف مناطق نیمه‌استپی آن در وضعیتی بسیار نا مساعد و در مواردی حتی می‌توان گفت در بن‌بست قرار دارد *(محمودی، ۱۳۶۷: ۴۴)*.

- معرفی رابطه تجربی فولر[1]

از جمله روش‌های تجربی که عامل دوره بازگشت را در محاسبات برآورد دبی اوج سیل لحاظ می‌کند روابط فولر است که به صورت روابط ۱ و ۲ می‌باشد *(Fuller, 1914:575)*:

$$Q_{max} = CA^{0.8}(1+\beta \log T) \quad (۱)$$

$$Q_p = Q_{max}(1 + 2.66\,A^{-0.3}) \quad (۲)$$

که در آنها Q_{max} و Q_p به ترتیب حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته در دوره‌ی بازگشت T سال و دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب مربوط به آن بر حسب متر مکعب بر ثانیه است.

C ضریبی است که بستگی به شرایط اقلیمی و جغرافیایی و خصوصیات حوضه داشته و می‌توان آن را با استفاده از آمار موجود در ایستگاه‌های یک منطقه به دست آورد و در حوضه‌های فاقد آمار همان منطقه (که

1-Fuller

از نظر هیدرولوژیکی همگنی کافی داشته باشند) به‌کار برد. در حوضه‌های مختلف، مقدار این ضریب (در رابطه‌ی اصلی و برای منطقه‌ای که رابطه تنظیم شده) بین ۰/۰۲۶ و ۲/۷۷ به دست آمده است. A مساحت حوضه به کیلومتر مربع می‌باشد. β نیز ضریب طغیان منطقه‌ای بوده و معمولاً برای حوضه‌های نرمال برابر ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود و در حوضه‌های بزرگ با بارندگی نامنظم می‌تواند مقادیری در حدود ۲ یا حتی بیشتر از آن را هم داشته باشد، بنابراین بهتر است این ضریب نیز با استفاده از آمارهای ایستگاه‌های یک منطقه به دست آمده و در سایر حوضه‌های فاقد آمار آن منطقه به کار گرفته شود. همانطورکه ذکر شد، بررسی و تطبیق فرمول تجربی مورد مطالعه نیاز به تعیین دقیق ضریب C (ضریب خصوصیات حوضه)، ضریب β (ضریب فراوانی سیلاب) و ضریب α (مقدار ۲/۶۶ در رابطه ۲) در حوضه‌های مختلف و برای دوره برگشت‌های متفاوت دارد *(مهدوی، ۱۳۷۸: ۱۵۴)*. از طرفی تعیین ضرایب فوق باید ابتدا در حوضه‌های دارای آمار انجام پذیرد و سپس قابل تعمیم در حوضه‌های همگن و بدون آمار باشد. اساس این کار دستیابی به مقادیر دقیق اندازه‌گیری شده دبی حداکثر سالانه و دبی لحظه‌ای در حوضه یا زیرحوضه‌های مختلف است که با داشتن آنها ضرایب حوضه در فرکانس‌های مختلف حاصل گردیده و در حوضه‌های مشابه همگن بر اساس این ضرایب امکان تعیین دبی لحظه‌ای فراهم می‌گردد *(نظری، ۱۳۸۶: ۲۴)*.

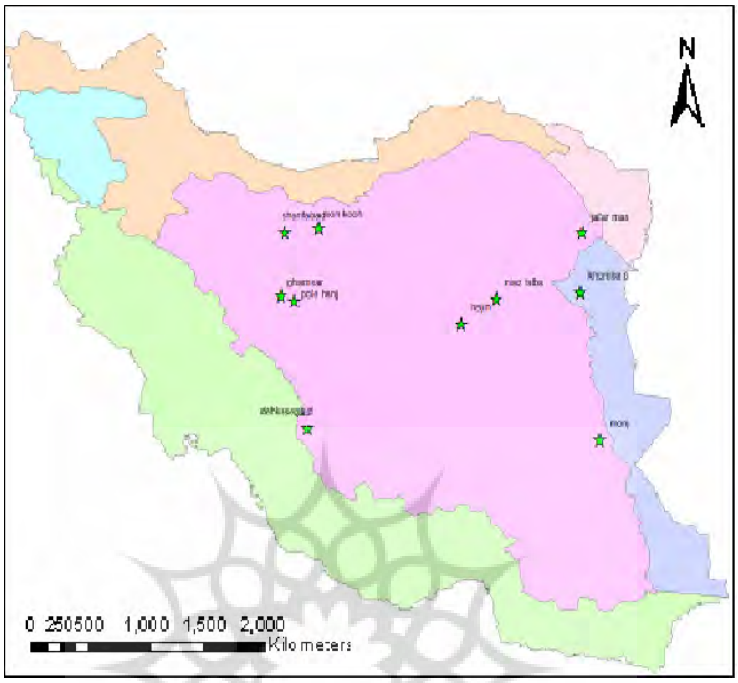
روش بررسی

در این تحقیق پس از مطالعه و بررسی مفصل بر روی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه‌ی مورد مطالعه، در نهایت با توجه به پراکنش زیاد و ناموزون ایستگاه‌ها در سطح منطقه و همچنین معضل پایین بودن کیفیت و کمیّت آمار اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های منطقه تنها ده ایستگاه از بین حدود ۱۳۰ ایستگاه هیدرومتری در این محدوده به شرح جدول ۱ انتخاب گردید. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده ایران مرکزی در شکل ۱ نشان داده شده است. در ادامه مراحل ذیل به منظور دستیابی به مقادیر برآوردی دبی لحظه‌ای سیل در حوضه‌های مختلف انجام گردید.

جدول ۱: مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	مساحت (km^2)
بن کوه	۴۷-۰۱۵	حبله رود	۵۲-۲۵	۳۵-۱۸	۱۰۰۰	۳۲۰۹
پل هنجان	۴۶-۰۰۱	برزه رود	۵۱-۴۷	۳۳-۳۷	۱۴۷۰	۳۶۳
جعفرمشهدی	۴۷-۰۶۹	کل‌سالار	۵۹-۲۵	۲۵-۱۱	۱۲۲۰	۲۰۷۰
حاجین	۴۶-۰۱۳	لاله‌زار	۵۶-۱۳	۲۰-۰۴	۱۸۵۰	۳۷۴۸
خنیک‌علیا	۵۵-۰۰۹	قائن	۵۹-۲۱	۳۳-۴۸	۱۳۴۰	۲۴۰۸
دهکده سفید	۴۳-۰۰۳	سفید	۵۲-۰۷	۳۰-۳۹	۲۱۰۰	۶۶۰
شریف‌آباد	۴۱-۱۲۷	جاجرود	۵۱-۳۲	۳۵-۱۲	۸۴۰	۳۰۰۰
قمصر	۴۱-۰۰۵	بن‌رود	۵۱-۲۵	۳۳-۴۳	۱۹۸۰	۸۵
منج	۴۲-۰۲۷	بوانات	۵۳-۵۴	۳۰-۲۲	۱۹۵۰	۷۸۱
نیاز طبس	۴۵-۰۲۷	سردارب	۵۷-۰۸	۳۳-۳۹	۱۱۱۰	۱۸۹

مأخذ: مطالعه میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷



شکل ۱: موقعیت حوضه‌های مورد مطالعه در حوضه‌ی اصلی ایران مرکزی

مأخذ: مطالعه میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

انتخاب دوره‌ی آماری مشترک

اغلب در تجزیه و تحلیل آمارهای منطقه مشکلاتی ایجاد می‌شود، از جمله اینکه آمار یک ایستگاه ممکن است مربوط به دوره‌های خشک و آمار ایستگاه دیگر مربوط به دوره‌ی پرباران باشد. بنابراین باید پایه‌ی زمانی مشترک در نظر گرفته شود و اقدام به تکمیل آمارهای ناقص شود. برای این کار معمولاً از نمودار میله‌ای (باروگراف) برای تشخیص دوره‌ی آماری مشترک استفاده می‌شود *(عرب خدری، ۱۳۷۰: ۳)*.

در تحقیق حاضر پس از انجام این مرحله در نهایت، دوره‌ی آماری (۱۳۸۰-۱۳۵۰) یعنی یک دوره‌ی ۳۱ ساله به عنوان دوره‌ی آماری مشترک برای ایستگاه‌های مربوطه انتخاب شد و البته تعدادی از سال‌ها نیز در برخی از ایستگاه‌ها بازسازی گردید.

بازسازی نواقص آماری

در این تحقیق از آزمون دنباله‌ها[1] برای بررسی همگنی داده‌ها استفاده شد. نتایج این مرحله نشان از همگنی داده‌های هیدرومتری ایستگاه‌های مذکور در جدول ۱ بود. برای تکمیل آمار دبی پیک در دوره‌ی مشترک، از آمار دبی پیک حوضه‌ای که بیشترین همبستگی را با آمار حوضه‌ی مورد نظر داشته استفاده شد و در غیر این صورت (در حالت عدم وجود همبستگی لازم) از آمار دبی حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه‌ها جهت بازسازی آمار دبی پیک آنها استفاده شده است. ضمناً جهت بازسازی آمار به روش همبستگی، چهار مدل همبستگی خطی، توانی، نمایی و لگاریتمی استفاده شده است.

1- Runs test

یافته‌های تحقیق

-تعیین آمار دبی حداکثر روزانه و لحظه‌ای مشاهداتی برحسب دوره‌ی بازگشت

در این مرحله دبی‌های روزانه و لحظه‌ای در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف بر اساس رابطه‌ی تجربی ویبول[1] (P=m/n+1) محاسبه شدند. در این تحقیق با توجه به طول دوره‌ی آماری مشترک در بین ایستگاه‌های مربوطه، دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ساله مد نظر قرار گرفتند. محدودیت در طول دوره‌ی آماری (۳۱ سال) در حوضه‌های انتخابی مانع از لحاظ کردن دوره‌ی بازگشت‌های بالاتر از ۳۰ سال در آنالیز فراوانی شد. لازم به ذکر است که برآورد مقادیر مربوط به دوره‌ی بازگشت‌های بالا (۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ سال و...) در این تحقیق مستلزم استفاده از توزیع‌های آماری و انجام آنالیز فراوانی سیل بود که خود باعث وارد کردن خطا در محاسبات می‌گردد. لذا چون روش‌های تجربی خود حالت برآورد داشته و گاهی میزان خطای نسبتاً بالایی را در برآورد دبی سیل دارند، بنابراین وارد کردن خطای دیگری به این علت(آنالیز فراوانی) در محاسبات جایز نبود. در پایان این مرحله ارقام دبی حداکثر روزانه و دبی حداکثر لحظه‌ای برای تمامی حوضه‌ها در دوره‌ی بازگشت‌های مذکور به ترتیب طبق جداول ۲ و ۳ محاسبه شدند.

جدول ۲: دبی حداکثر روزانه در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی

دبی حداکثر روزانه مشاهده‌ای (Qmax) به متر مکعب بر ثانیه						
مساحت (km^2)	دوره بازگشت (سال)					ایستگاه
	۳۰	۲۰	۱۰	۵	۲	
۳۲۰۹	۱۳۹/۰۲	۱۳۲/۶۵	۱۰۲/۷۴	۶۵/۹۳	۳۵/۳۸	بن‌کوه
۳۶۳	۱۳/۵۹	۴/۷۱	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۴۷	پل هنجان
۲۰۷۰	۶۵/۷۲	۵۹/۸۷	۵۳/۷۵	۴۶/۱۲	۲۲/۲۸	جعفر مشهدی
۳۷۴۸	۶۴/۷۷	۵۸/۰۵	۳۷/۱۹	۱۵/۵۲	۶/۴۴	حاجین
۲۴۰۸	۵۸/۱	۳۰/۹۲	۱۵/۲۴	۷/۱۹	۴/۶۹	خنیک‌علیا
۱۶۱۰	۱۴۶	۱۴۴/۸	۱۳۱/۷۵	۱۰۲/۱۸	۴۴/۵۶	دهکده سفید
۳۰۰۰	۱۹۹/۳۷	۱۹۶/۴۶	۱۷۸/۵۵	۱۰۶/۹۴	۶۹/۹۶	شریف‌آباد
۸۵	۱/۴۴	۱/۲۹	۱/۰۱	۰/۴۹	۰/۲۶	قمصر
۷۸۱	۳۷/۲۴	۲۹/۰۸	۲۱/۱۶	۹/۱۷	۳/۸۳	منج
۱۸۹	۲۲/۱۸	۱۵/۴۲	۱۲/۸۱	۱۱/۵۴	۶/۰۴	نیاز طبس

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

جدول ۳: دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی

دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهده‌ای (Qp) به متر مکعب بر ثانیه						
مساحت (km^2)	دوره بازگشت (سال)					ایستگاه
	۳۰	۲۰	۱۰	۵	۲	
۳۲۰۹	۳۴۲/۸۶	۲۸۵/۷۱	۲۳۸/۰۹	۲۱۹/۰۴	۸۳/۸	بن‌کوه
۳۶۳	۴۳/۶۵	۳۶/۰۹	۲۹/۷۱	۲/۶۷	۰/۷۶	پل هنجان
۲۰۷۰	۴۵۶/۵۷	۳۲۳/۸	۱۹۴/۲۸	۱۲۶/۳۸	۳۷/۸۲	جعفر مشهدی
۳۷۴۸	۱۸۲/۲۹	۱۵۲/۳۸	۱۲۷/۶۱	۵۵/۷۱	۱۱/۴۲	حاجین
۲۴۰۸	۱۴۲/۸۹	۹۱/۴۲	۳۹/۳۳	۳۰/۴۷	۸/۸۵	خنیک‌علیا
۱۶۱۰	۳۱۲/۳۴	۲۳۴/۲۸	۱۶۰/۵۷	۱۲۲/۸۵	۷۸/۰۹	دهکده سفید
۳۰۰۰	۳۷۵/۰۶	۲۹۸/۰۹	۲۲۹/۱۴	۱۹۹/۲۳	۸۵/۱۴	شریف‌آباد
۸۵	۳/۱۹	½	۱/۳۷	۰/۷۶	۰/۳۸	قمصر
۷۸۱	۴۱۰/۸۵	۲۶۶/۷	۱۲۱/۴	۶۶/۴۶	۱۳/۹۷	منج
۱۸۹	۱۲۳/۲۴	۱۱۱/۳۳	۱۰۴/۲۸	۸۷/۷۱	۴۸/۱۹	نیاز طبس

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

- محاسبه ضریب منطقه‌ای (C) فولر

در این بخش ابتدا در رابطه اول فولر، ضریب طغیان منطقه ای را ثابت در نظر گرفته و مقدار آن معادل ۰/۸ (تمامی حوضه‌ها معمولی در نظر گرفته شد) قرار داده شد. با معلوم بودن مقادیر مساحت حوضه و دبی حداکثر ۲۴ساعته اندازه‌گیری شده و قرار دادن مقادیر مربوط به دوره بازگشت‌های مورد نظر (۲، ۵، ۱۰، ۲۰،۳۰ سال) در رابطه اول فولر مقادیر تقریبی ضریب منطقه‌ای برای تمامی حوضه‌ها طبق جدول ۴ محاسبه شد.

جدول ۴: ضریب منطقه‌ای (C) محاسبه شده در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی

ایستگاه	دوره بازگشت (سال)					مساحت (km^2)
	۲	۵	۱۰	۲۰	۳۰	
بن‌کوه	۰/۰۴۵	۰/۰۶۷	۰/۰۸۹	۰/۱۰۲	۰/۱	۳۲۰۹
پل هنجان	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۱	۰/۰۵۶	۳۶۳
جعفرمشهدی	۰/۰۴	۰/۰۶۶	۰/۰۶۶	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷	۲۰۷۰
حاجین	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴۱	۳۷۴۸
خنیک علیا	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۳	۰/۰۵۳	۲۴۰۸
دهکده سفید	۰/۰۹۸	۰/۱۷۹	۰/۱۹۹	۰/۱۹۳	۰/۱۸۲	۱۶۱۰
شریف‌آباد	۰/۰۹۳	۰/۱۱۴	۰/۱۶۴	۰/۱۵۹	۰/۱۵۱	۳۰۰۰
قمصر	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۸۵
منج	۰/۰۱۵	۰/۰۲۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۰۸۳	۷۸۱
نیاز طبس	۰/۰۷۴	۰/۱۱۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴	۰/۱۵۴	۱۸۹

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

پس از این مرحله، مقایسه مقادیر مشاهداتی و برآوردی دبی حداکثر لحظه‌ای، با لحاظ ضریب منطقه‌ای محاسبه شده جدول ۴ در رابطه فولر نشان از همبستگی پایین این مقادیر با یکدیگر بود. محاسبات انجام شده بر اساس ضریب کارایی[1] (R2) به منظور تعیین همبستگی بین مقادیر مشاهده شده و برآورد شده مورد ارزیابی قرار گرفت که مقادیر R2 در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: R^2 محاسبه شده بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی دبی لحظه‌ای در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف ضریب کارایی

R^2			
Tr =2	Tr =5	Tr =10	Tr =20
0.60	0.15	0.37	0.01

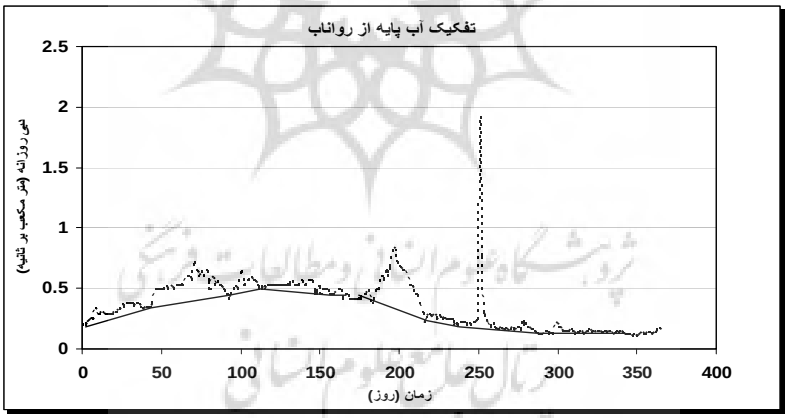
مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

- برآورد ضریب طغیان منطقه‌ای (β)

لازم به ذکر است که روش‌های مختلفی بـه منظـور بـرآورد ضـریب طغیـانی (β) وجـود دارد، لـذا در ایـن تحقیق چهار روش ممکن برای برآورد این ضریب مورد آزمون قرار گرفتـه و در نهایـت روش مناسـب انتخـاب گردیـد. در دو روش اول تفکیـک آب پایـه از رواناـب سطحی بر روی هیدروگراف موج سیل‌های اتفاق افتاده در هر سال انجام شد که در روش اول مقـادیر ضـریب طغیانی از طریق تقسیم حجم رواناب بر حجم آب پایـه محاسبه شـد. در روش دوم ضـریب طغیـانی از طریـق

1-Coefficient of efficiency

تقسیم حجم آب پایه به کل حجم زیر هیدروگراف به دست آمد. روش‌های سوم و چهارم مانند دو روش قبل بود، با این تفاوت که محاسبات در این مرحله بر روی هیدروگراف سالانه انجام شد. در نهایت پس از تجزیه و تحلیل نتایج، روش چهارم یعنی تقسیم حجم رواناب سطحی بر حجم کل زیر هیدروگراف سالانه به عنوان روش مناسب انتخاب شد. مقادیر ضریب طغیانی برآورد شده از روش چهارم و ضرایب منطقه‌ای مربوطه در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به ترتیب در جداول ۶ و ۷ نشان داده شده است. ضمناً در این تحقیق برای جدا کردن آب پایه از رواناب سطحی از تلفیق روش اول و دوم برروی هیدروگراف سالانه استفاده شده است. به عبارتی در این روش علاوه بر نقاط شروع و پایان هیدروگراف، شیب شاخه‌های نزولی نیز مورد توجه قرار گرفت (شکل ۲). علی رغم اینکه در بسیاری از منابع دقیق‌ترین روش برای جدا کردن آب پایه از رواناب سطحی، روش استفاده از محور مختصات نیمه لگاریتمی معرفی شده، ولی بر اساس یافته‌های این تحقیق فراهم کردن شرایط نیمه لگاریتمی تنها برای یک موج سیل امکان‌پذیر بوده و برای هیدروگراف سالانه قابل استفاده نمی‌باشد. زیرا در تفکیک هیدروگراف سالانه در این روش هیچ‌گونه شکستگی بارزی بر روی شاخه نزولی آن حاصل نمی‌شود. در نهایت تغییرات ضریب طغیانی در تمامی ایستگاه‌ها در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در محدوده‌ی ۰/۳ تا ۰/۸۵ قرار گرفته است. در این حالت مقادیر ضریب منطقه‌ای نیز در تمامی ایستگاه‌ها در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، در بازه‌ی ۰/۰۰۴ تا ۰/۲۴ قرار گرفت.



شکل ۲: تفکیک آب پایه از رواناب سطحی بر روی هیدروگراف سالانه

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

لازم به یادآوری است که کاربرد ضرایب برآورد شده در رابطه‌ی فولر این است که می‌توان با به کار بردن ضرایب برآورد شده یک حوضه، در حوضه‌ی همگن با آن که به علت فقدان آمار کافی برآورد دبی لحظه‌ای در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، امکان‌پذیر نمی‌باشد، به نتایج معقولی رسید. در این صورت لازمه به کار بردن این ضریب برای حوضه‌های فاقد آمار هیدرومتری این است که این حوضه‌ها از لحاظ شرایط مختلف هیدرولوژیکی تا حد زیادی با هم مشابه باشند به عبارت دیگر با یکدیگر همگن باشند.

جدول ۶: مقادیر ضریب طغیانی (β) برآورد شده از روش چهارم

حوضه‌ها	دوره بازگشت (سال)				
	۲	۵	۱۰	۲۰	۳۰
بن کوه	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۶۴
پل هنجان	۰/۶۶	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۵
جعفر مشهدی	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۴
حاجین	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۵
خنیک علیا	۰/۵	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۳
دهکده سفید	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۵
شریف آباد	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۷۹
قمصر	۰/۵۱	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۸
منج	۰/۵۷	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۵
نیاز طبس	۰/۳	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۵۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

جدول ۷: مقادیر ضریب منطقه‌ای (C) محاسبه شده بر اساس مقادیر ضریب طغیانی برآورد شده از روش چهارم

حوضه‌ها	دوره‌ی بازگشت (سال)				
	۲	۵	۱۰	۲۰	۳۰
بن‌کوه	۰/۰۴۹	۰/۰۷۵	۰/۱۰۳	۰/۱۱۵	۰/۱۱۲
پل هنجان	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵۴
جعفر مشهدی	۰/۰۴۳	۰/۰۷۴	۰/۰۷۵	۰/۰۷۳	۰/۰۷۵
حاجین	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳
خنیک‌علیا	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۳	۰/۰۵۱
دهکده سفید	۰/۱۰۷	۰/۲۰۵	۰/۲۳۶	۰/۲۳۱	۰/۲۱۹
شریف‌آباد	۰/۰۹۹	۰/۱۲۳	۰/۱۷۸	۰/۱۶۸	۰/۱۵۲
قمصر	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹
منج	۰/۰۱۶	۰/۰۳	۰/۰۵۹	۰/۰۷۲	۰/۰۸۶
نیاز طبس	۰/۰۸۴	۰/۱۳۷	۰/۱۳۲	۰/۱۴	۰/۱۸۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

- تعیین حوضه‌های همگن از طریق تست همگنی لانگبین[1]

در این مرحله باید ایستگاه‌هایی را که نسبت به مجموعه ایستگاه‌های مورد مطالعه ناهمگن هستند تشخیص داده و کنار گذاشت. بدین منظور باید بررسی نمود که شیب هر یک از منحنی‌های توزیع به‌دست آمده اختلاف زیادی با شیب به‌دست آمده از منحنی ترکیبی تمامی ایستگاه‌ها نداشته باشد. در غیر این صورت باید از مجموعه ایستگاه‌های منطقه حذف گردد. یکی از روش‌های مرسوم جهت آزمون همگنی ایستگاه‌ها استفاده از تست همگنی لانگبین است که در این تحقیق نیز این روش بکار گرفته شد. در این روش دبی یکنواخت شده[2] برای هر ایستگاه از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد *(مهدوی، ۱۳۷۸: ۱۵۴)*:

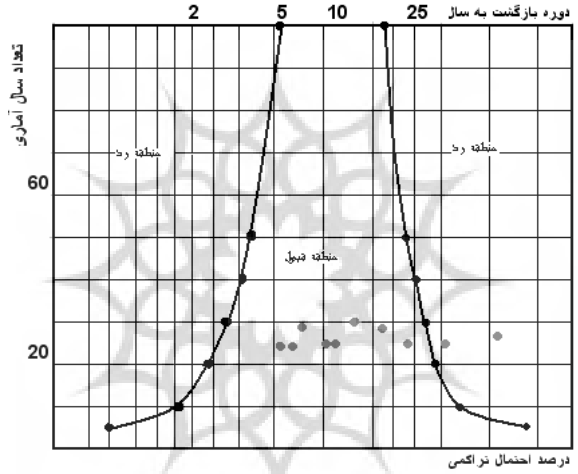
$$Q_K = K.Q_{2.33} \quad \text{رابطه (۳)}$$

پس از آن، دوره‌ی بازگشت دبی یکنواخت شده‌ی هر ایستگاه با استفاده از کاغذهای احتمالی همان

1- Longbin homogeneity test

2-Uniform Discharge

ایستگاه‌ها تعیین می‌گردد. با انتقال دوره‌ی بازگشت دبی‌های یکنواخت شده و تعداد سال آماری موجود در هر ایستگاه در دوره شاخص (قبل از بازسازی) روی کاغذ مخصوص آزمون همگنی، نقاط مختلفی به دست می‌آیند. شکل ۳ محدوده‌ی همگنی با اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد. چنانچه این نقاط در محدوده‌ی بین دو منحنی رسم شده قرار داشته باشند حوزه‌های آنها در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیل، همگن در نظر گرفته می‌شود و در غیر این صورت ناهمگن می‌باشند و باید از محاسبات حذف گردند. پس از انجام تست همگنی لانگبین همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده، دو عدد از حوضه‌ها از محدوده‌ی مجاز خارج شدند که این دو حوضه در جدول ۸ تحت عنوان گروه چهارم مشخص شده‌اند (حوضه جعفر مشهدی و حوضه شریف‌آباد). در این رابطه براساس نزدیکی و دوری حوضه‌ها در روی کاغذ گمبل حوضه‌ها به چهار گروه همگن به صورت جدول ۸ تقسیم شدند.



شکل ۳: حوضه‌های همگن بر روی کاغذ گمبل با استفاده از حدود اطمینان ۹۵ درصد در روش لانگبین

مأخذ: کتاب هیدرولوژی کاربردی محمد مهدوی، ۱۳۷۸

جدول ۸: گروه‌بندی زیرحوضه‌های همگن بر اساس تست همگنی لانگبین

گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
حاجین	بن کوه	دهکده سفید	جعفر مشهدی
قمصر	پل هنجان	نیاز طبس	شریف‌آباد
منج	خنیک علیا	.....	.....

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

با توجه به گروه‌بندی فوق و همچنین در حالت نرمال و پیرو مطالب قبلی، باید بتوان با استفاده از ضرایب یک حوضه، مقادیر دبی لحظه‌ای را با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در حوضه‌ی همگن متناظر با آن برآورد کرد. در حالت عادی باید ضرایب حوضه‌های واقع در یک گروه همگن، همخوانی بیشتری نسبت به حوضه‌های خارج از گروه داشته باشند ولی همان‌طور که در ادامه مبحث خواهیم دید نتایج کار در این مرحله تا حد زیادی مغایر با انتظارات شد. برای نمونه جدول ۹ عدم وجود همبستگی مناسب بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی در دو حوضه منج و قمصر که از لحاظ تست لانگبین همگن هستند را نشان می‌دهد.

جدول ۹: مقادیر دبی حداکثر روزانه برآوردی حوضه منج با استفاده از ضرائب حوضه قمصر

مساحت منج (km^2)	C	β	دبی برآوردی منج با ضرایب قمصر	دبی مشاهده‌ای منج	Tr
۷۸۱	۰/۰۰۶	۱/۰۴	۱/۵۱	۳/۸۳	۲
۷۸۱	۰/۰۰۵	۱/۶۷	۲/۳۵	۹/۱۷	۵
۷۸۱	۰/۰۱۰	۱/۹۵	۶/۳۱	۲۱/۱۶	۱۰
۷۸۱	۰/۰۰۸	۲/۷	۷/۶۱	۲۹/۰۸	۲۰
۷۸۱	۰/۰۰۷	۳/۵۴	۸/۴۹	۳۷/۲۴	۳۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

علت غیر طبیعی بودن نتایج در این مرحله را می‌توان در سه مورد زیر جستجو کرد:

۱- مشکل در کیفیت آمار و اطلاعات پایه هر حوضه، شرایط‌خاص جغرافیایی و اقلیمی حوضه‌ی‌ایران مرکزی و همچنین وسعت و پراکنش نامنظم ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه، کیفیت و کمیت آمار ایستگاه‌ها را تحت شعاع قرار داده است و امکان وجود خطا در آمار را به شدت افزایش می‌دهد.

۲- امکان اینکه این روش (روش فولر) در مناطق با شرایط اقلیمی خشک مثل حوضه ایران مرکزی، کارایی مناسبی نداشته باشد نیز وجود دارد.

ضعف و خطای ممکن در تست همگنی لانگبین و توانایی آن در گروه بندی حوضه‌های همگن با توجه به طبیعت کلی آن و عواملی که در این روش مورد استفاده قرار می گیرد، بویژه در مناطق خشک مثل حوزه مورد مطالعه که پراکنش داده‌ها بسیار زیاد است. بنابراین در ادامه سعی در آزمون رابطه فولر بر روی حوضه‌هایی که از طریق آزمون همگنی دیگری که در اغلب منابع روی دقت بالای آن تأکید شده اقدام شد، بدین‌صورت که روش فولر را برای حوضه‌هایی دیگر در همین منطقه (ایران مرکزی) که همگنی آنها از روش تحلیل خوشه‌ای تعیین شده بود، آزمون کردیم. لازم به توضیح است که در این مرحله از یافته‌های تحقیق مشابه دیگری که در بخش‌هایی از همین حوضه کار شده بود صرفاً جهت تست رابطه فولر، استفاده گردید *(محمدی، ۱۳۸۷: ۱)*. گروه‌های همگن بر اساس روش تحلیل‌خوشه‌ای در جداول ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده‌اند. با توجه به این نتایج در حالت نرمال و با فرض اینکه این روش از کیفیت لازم در آزمون همگنی برخوردار است، ضرائب مربوطه در دو حوضه‌ی گروه اول و همچنین سه حوضه در گروه دوم، به دست آمده و این ضرائب در یکدیگر (در داخل هر یک از گروه‌ها) استفاده شد و نتایج به دست آمده با مقادیر واقعی مقایسه شد. همانگونه که مشاهده می‌گردد کیفیت نتایج در این مرحله نیز رضایت‌بخش نمی‌باشد. جداول ۱۲ و ۱۳ نتایج به دست آمده در این زمینه را نشان می‌دهند.

جدول ۱۰: مشخصات فیزیوگرافی گروه ایستگاه‌های همگن اول بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای

مساحت	عرض	طول	رودخانه	موقعیت	کد
۴۳۰	۳۲-۲۷-۲۴	۵۰-۰۷-۵۱	تونل‌اول‌کوهرنگ	چهلگرد	۴۲-۰۰۱
۱۹۱۷/۵	۳۲-۳۹-۲۹	۵۰-۲۷-۲۹	زاینده‌رود	قلعه شاهرخ	۴۲-۰۰۳

مأخذ: محمدی، ۱۳۸۷

جدول ۱۱: مشخصات فیزیوگرافی گروه ایستگاه‌های همگن دوم بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای

مساحت	عرض	طول	رودخانه	موقعیت	کد
۱۱۹/۵	۳۲-۴۵-۴۲	۵۰-۳۶-۲۲	سمندگان	مندرجان	۴۲-۰۴۷
۲۰۶	۳۱-۳۶-۳۹	۵۴-۱۵-۰۱	فخرآباد	فخرآباد	۴۶-۱۰۱
۶۸/۷۲	۳۱-۳۸-۱۷	۵۴-۰۸-۳۲	باغستان	ده بالا	۴۶-۰۵۱

مأخذ: محمدی، ۱۳۸۷

جدول ۱۲: برآورد دبی حوضه قلعه شاهرخ با استفاده از ضرایب حوضه چهل‌گرد در گروه همگن اول بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای

دبی مشاهداتی		دبی برآوردی		دوره‌ی بازگشت
دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴	دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴	
۳۲۷/۷۱	۲۱۵/۸۶	۸۱/۴۲	۷۹/۴۷	۲
۴۳۲/۸۶	۲۸۲	۱۱۶/۳۱	۱۱۰/۵۷	۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

جدول ۱۳: برآورد دبی حوضه فخرآباد با استفاده از ضرایب حوضه مندرجان در گروه همگن دوم بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای

دبی مشاهداتی		دبی برآوردی		دوره‌ی بازگشت
دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴	دبی لحظه ای	دبی حداکثر ۲۴	
۹/۱۱	۳/۹۷	۱/۳۹	۰/۵۱	۲

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

- بررسی کارایی روش تجربی فولر در محدوده‌ی اقلیمی مرطوب

از آنجا که در این تحقیق نتایج حاصله در منطقه خشک، این تصور را که شاید نوع اقلیم در کارایی روش فولر مؤثر است، قوت بخشید، اقدام به بررسی این روش در شرایط اقلیمی مرطوب‌تر شد. برای ارزیابی کارایی روش تجربی فولر در دو منطقه به ترتیب با اقالیم نیمه‌خشک و مرطوب گردید. در این مرحله روش فولر در منطقه‌ای خارج از ایران مرکزی (حوضه‌ی دریای مازندران و حوضه‌ی خلیج‌فارس) در چهار حوضه‌ای که بر اساس بررسی‌های انجام شده، همگنی دو به دو آنها مسجل شد، مورد آزمون قرار گرفت. بدین منظور دو حوضه‌ی همگن بهبهان و ایدنک در جنوب کشور که ایستگاه‌های هر دو بر روی رودخانه مارون و همچنین دو حوضه‌ی همگن پاشاکلا و قران‌تالار در شمال کشور که هر دو بر روی رودخانه‌ی بابلرود قرار دارند مورد آزمون قرار گرفتند. بعد از انجام محاسبات مربوطه و آزمون کردن ضرایب محاسبه شده فولر در یکی از دو حوضه‌ی همگن (در هر گروه) و استفاده آن در حوضه دیگر آن گروه، در نهایت در این مرحله نتایج قابل قبولی کسب شد. جدول ۱۴ به عنوان نمونه محاسبات دو حوضه انتخاب شده جنوب کشور را نشان می‌دهند.

جدول ۱۴: مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده ایستگاه بهبهان توسط ضرایب ایستگاه ایدنک

	دوره بازگشت (سال)							
	۲		۵		۱۰		۲۰	
پارامتر	Qmax	Qp	Qmax	Qp	Qmax	Qp	Qmax	Qp
مقادیر مشاهده‌ای	۹۶۹/۲۸	۱۷۴۹/۴۷	۱۶۶۷/۵۳	۳۰۵۲/۷۹	۲۱۷۹/۳۷	۵۰۴۹/۸۴	۲۲۷۶	۷۲۰۷
مقادیر برآوردی توسط روش فولر	۸۵۷/۹۸	۱۸۳۵/۲۶	۱۸۴۲/۱۴	۳۳۰۸/۱۲	۲۵۴۵/۸۱	۴۸۷۳/۸۲	۳۴۷۳/۹۰	۶۹۶۲/۶۹
درصد تفاوت دبی پیک مشاهده‌ای و برآوردی	.....	۴/۹	.....	۸/۳۶	.....	۳/۴۸	.....	۳/۳۹

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷

جدول ۱۴ به خوبی نشان می‌دهد که برآورد دبی پیک Qp) با دقت قابل‌قبولی انجام‌شده است بطوری‌که میانگین تفاوت مقادیر دبی پیک مشاهده‌ای و برآوردی حدود ۵ درصد می‌باشد.

نتیجه

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، مقادیر ضریب طغیان منطقه‌ای با دوره‌ی بازگشت سیل ارتباط چندانی ندارد، البته شاید این حالت با شرایط اقلیمی مناطق مرطوب انطباق بیشتری داشته باشد، زیرا تغییرات هیدروگراف سیل در مناطق مرطوب تدریجی و ملایم می‌باشد. بالعکس، مناطق خشک اقلیم ناپایدارتری را داشته و اصولاً هیدروگراف سیل در این مناطق به صورت نقاط اوج با ارتفاع زیاد و اغلب به صورت منفرد در کنار سطوح پایین هیدروگراف که بعضاً در رودخانه‌های دائمی سطح آب پایه هیدروگراف را تشکیل می‌دهد همراه است.

تغییرات ساختار هیدروگراف سیل در مناطق خشک از یک سال آماری تا سال دیگر بسیار زیاد می‌باشد، لذا حجم رواناب سطحی در این مناطق با افزایش دوره‌ی بازگشت سیل تغییرات چشمگیری دارد که به دنبال آن مقادیر ضریب طغیان منطقه‌ای نیز تغییرات زیادی پیدا می‌کند. نکته‌ی دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد نحوه‌ی محاسبه‌ی ضریب‌طغیان منطقه‌ای می‌باشد که شاید خود این روش‌ها خطای موجود در روش تجربی فولر را بالاتر ببرند. محاسبه‌ی این ضریب که لازمه تعیین ضریب‌منطقه‌ای (C) در حوضه‌های مورد مطالعه می‌باشد از حساسیت بالایی برخوردار است.

در هیچ یک از منابع یا حتی مطالعات مشابهی که قبلاً در نقاط مختلف کشور یا حتی خارج از کشور انجام شده، بطور مستقیم به نحوه‌ی محاسبه این ضریب اشاره خاصی نشده است. در هر حال در این تحقیق با آزمون کردن تمام روش‌های ممکن جهت برآورد این ضریب در نهایت به نتیجه‌ی مطلوبی جهت محاسبه آن منجر شد. همانطور که در بخش‌های قبلی اشاره شد مقادیر حجم رواناب سطحی در هیدروگراف سالانه به مجموع رواناب سطحی و آب پایه تقسیم نماییم تا مقادیر ضریب طغیانی برای آن سال محاسبه گردد.

قابل ذکر است همانطور که از نتایج آزمون این روش در مناطق دیگر (حوضه‌ی دریای خزر و حوضه‌ی خلیج‌فارس) که متفاوت با شرایط اقلیمی حوضه‌ی خشک ایران مرکزی است برمی‌آید، این سؤال که آیا نوع شرایط اقلیمی در کارآیی این روش تأثیر دارد؟ به صورت جدی مطرح می‌گردد و همچنین اینکه در صورت وجود تأثیر، میزان این تأثیر تا چه اندازه می‌باشد؟ در این خصوص می‌توان بیان داشت استفاده از روش فولر برای برآورد دبی سیلاب در حوزه‌های مناطق مرطوب خصوصاً با وسعت کم‌کارآیی نسبی

خوبی داشته درحالی‌که همین روش برای محدوده اقلیمی خشک، مانند حوضه‌ی ایران مرکزی، کارآیی مناسبی ندارد. آزمون روش فولر در حوضه‌هایی با وسعت کمتر از حوضه‌ی مورد مطالعه که تنها جزئی از این حوضه‌ی اصلی (ایران مرکزی) بوده و از روش آزمون تحلیل خوشه‌ای همگنی آنها مشخص شده بود، نیز نشان داد که این روش تجربی با کمتر شدن وسعت محدوده‌ی مطالعاتی، هم کارآیی قابل قبول را نشان نمی‌دهد.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که روش تجربی فولر با توجه به ساختار و ماهیّت آن (از لحاظ شرایط منطقه‌ای که مدل برای اولین بار ارائه شده است) همچنین با توجه به کیفیت آمار ایستگاه‌ها در منطقه ایران مرکزی و تا حدی وضعیت ناپایداری کلیماتیکی این منطقه وسیع جغرافیایی کارایی پایینی برای مناطق خشک مثل ایران مرکزی داشته است. هر چه وسعت این مناطق افزایش یابد، باز هم از کارایی این روش کاسته می‌شود. ضمناً این تصور مطرح است که شاید به نوعی روش‌های تجربی برآورد دبی سیل مانند این روش، نسبت به کیفیت آمار پایه حساسیت بالایی داشته باشند. از آنجا که کیفیت آمارهای هیدررمتری ایستگاه‌ها، نقش بسزایی در صحت و دقت نتایج نهایی روش‌های تجربی برآورد دبی سیلاب دارد، انتخاب داده‌های با کیفیت مناسب بااهمیت می‌باشد. این بدین علت است که روش‌های تجربی بسته به ذات و اصل مدل دارای خطاهای نسبی بالایی می‌باشند و چنانچه بتوان خطاهای بعدی وارده در محاسبات یا حتی خطاهای ناشی از کیفیت پایین داده‌ها را کاهش داد، اعتبار و کارایی این روش‌ها بالاتر خواهد رفت.

بر اساس نتایج، نکته‌ای که می‌توان بیان داشت این است که اگر برای برآورد دبی‌های لحظه‌ای سیل با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در حوضه ایران مرکزی از روش‌های تجربی استفاده می‌شود، با توجه به پراکنش ایستگاه‌ها و همچنین کیفیت آمارهای هیدرومتری این منطقه، جانب احتیاط را در نظر داشته و ترجیحاً از روش تجربی فولر برای این شرایط اقلیمی استفاده نگردد تا از هدر رفت هزینه و همچنین زمان در امور مربوط به طراحی و اجرای اقدامات مدیریتی و سازه‌ای در آینده جلوگیری شود.

منابع

- جمالی، علی‌اکبر (۱۳۸۰). بررسی حساسیت تعدادی از روش‌های تجربی هیدرولوژیکی برآورد دبی اوج سیلاب نسبت به سطح حوضه در برخی از حوضه‌های آبخیز ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
- جلالی، حسین (۱۳۶۸). بررسی سیلاب‌های ایران، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران. انتشارات وزارت نیرو .
- خسروشاهی، محمد (۱۳۷۶). بهسازی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها. انجمن هیدرولیک ایران.
- دستورانی، محمدتقی (۱۳۸۶). بررسی کاربرد مدل‌های هوش محاسباتی در شبیه‌سازی و پیش‌بینی بهنگام جریان‌های سیلابی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. سال یازدهم. شماره ۴۰ (الف).
- دستورانی، محمدتقی (۱۳۷۵). بررسی تأثیر طول آمار هیدرولوژیکی در پیش‌بینی سیلاب در حوضه‌های آبخیز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس.
- سلاجقه، علی (۱۳۷۳). برآورد دبی‌های پیک سیلابی در حوضه‌های کوچک ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- عرب‌خدری، محمود (۱۳۷۰). بررسی رابطه سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه، مجله آب. انتشارات وزارت نیرو. شماره ۱۰.
- مهدوی، محمد (۱۳۷۸). هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

- مهدوی، محمد؛ علی هاشمی (۱۳۷۶). تعیین بده متوسط سیل از روی عوامل فیزیکی حوضه‌ها در استان‌سمنان،فصلنامه‌پژوهش سازندگی. شماره ۱۸.
- محمودی، فرج‌الله (۱۳۶۷). جغرافیای طبیعی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدی، مژده (۱۳۸۷). آنالیز منطقه‌ای سیل با استفاده از روش گشتاورها در حوضه‌های اصفهان- سیرجان و یزد- اردکان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته آبخیزداری دانشگاه یزد.
- نظری،محمد (۱۳۸۶). کالیبراسیون روش تجربی فولر در حوضه‌مند استان شیراز، پایان‌نامه کارشناسی. ارشد رشته آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی تهران.
- Dastorani, M.T., A. Talebi and M. Dastorani (2010). Using Neural Networks to Predict Run off from Ungauged Catchments, Asian Journal of Applied Sciences 3(6).
- Fuller, W. E (1914). Flood flows, Transactions of the American Society of Civil Engineers, 77.
- Genereux, D. P (2003). Comparison of methods for estimation of 50-year peak discharge from a small, rural watershed in North Carolina, Environmental Geology, 44.
- Hall, M. J. and A. W. Minns (1999). The classification of hydrologically homogeneous regions. Hydrological Sciences, 44(5).
- Pardia,B.P.,and R, K. Kacckroo and D. B.Shrestha (1998). Regional, flood frequency analysis of Mahi-Sabarmati Basin using index flood procedure with L-moments. Water Resources Management. 12:1-12
- Patrick L. Grover, Donald H. Burn, and Juraj M. Cunderlik (2002). A comparison of index flood estimation procedures for ungauged catchments, Can. J. Civ. Eng. 29(5).
- Tasker, G.D (1982). Comparing methods of hydrologic regionalization. Water Resources Bulletin. 18 (6).
- Wharton G (1992). Flood estimation from channel size: guidelines for using the channel-geometry method, Applied geography, V. 12, No. 4.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی