

منطقه بندی و برآورد دبی سیلابی در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار جنوب شرق ایران با ترکیب

روش شاخص سیلاب و رگرسیون چند متغیره

(استان‌های کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان و هرمزگان)

حامد خدمتی^{۱*} - محمد منشوری^۲ - مجید حیدری زاده^۳ - حسین صدقی^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۲

چکیده

جنوب شرق ایران که شامل استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، یزد و هرمزگان است در خود، بیابان وسیع لوت را جای داده و از گرمترین و خشکترین نواحی کشور می‌باشد. تعداد کم و عدم یکنواختی در پراکندگی ایستگاه‌های هیدرومتری از شاخصه‌های این منطقه بوده و مسئله دیگر، وجود داده‌های کوتاه مدت در این منطقه و در نتیجه وجود حوضه‌های آبخیز فاقد آمار است. با بازسازی و تطویل آمار در این منطقه، حداکثر امکان داشتن تعداد ۴۳ ایستگاه هیدرومتری با داده‌های ۲۰ ساله و تعداد ۱۰ ایستگاه با داده‌های دوره ۳۰ ساله فراهم شده است. از طرفی در هیدرولوژی برای برآزش توزیع‌های آماری بر بارش و رواناب، حداقل به داشتن یک دوره ۳۰ ساله و بیشتر داده اشاره شده است، لذا به منظور بررسی و تحلیل روش‌های مختلف برآورد سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار و ارائه روابط مناسب در زیر حوضه‌های آبخیز جنوب شرق ایران، نخست داده‌ها و اطلاعات هواشناسی، آبشناسی و ویژگی‌های اکولوژیکی جمع آوری و مورفومتری زیرحوضه‌ها اندازه‌گیری گردید. آزمون همگنی بر روی داده‌ها صورت گرفته و نسبت به تکمیل آنها در دوره ۲۰ سال اقدام شد. به کمک روش‌هایی نظیر شاخص سیلاب، تحلیل خوشه‌ای و رگرسیون چند متغیره، با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی و گشتاورهای متعارف و خطی، گروه زیر حوضه‌های همگن تعیین شد. توزیع‌های احتمالاتی مرسوم آزمون شده و در نهایت توزیع احتمالاتی غالب منطقه توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ تعیین گردید و بر اساس آن دبی اوج با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد و مدل‌های ریاضی تولید شد. سپس مدل‌های بدست آمده با استفاده از سه زیر حوضه دیگر که در پیدایش مدل‌های ریاضی مشارکت نداشته، آزمون شدند. در نهایت مناسب‌ترین روابط ریاضی برای برآورد دبی سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار در منطقه جنوب شرق ایران بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل منطقه‌ای سیلاب، حوضه‌های فاقد آمار، شاخص سیلاب، تحلیل خوشه‌ای، رگرسیون چند متغیره

مقدمه

رودخانه و طراحی سامانه پخش سیلاب، برآورد دبی جریان سیلابی با احتمالات مختلف می‌باشد، بطوری که برآورد دقیق تر این عامل طراحی، دارای نقش تعیین کننده از نظر کاهش خسارات اقتصادی و تأمین سلامت سازه‌های آبی می‌باشد. استفاده از روش‌های برآورد سیلاب در حوضه‌های آبخیز کوچک، مسیل‌ها و خشکه رودها به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های آبنسجی و بعضاً کوتاه بودن طول دوره آماری آنها، اجتناب ناپذیر است. تحلیل منطقه‌ای سیلاب و تعیین روابط رگرسیون بین دبی جریان سیلابی و ویژگی‌های کمی (مورفومتری) حوضه در هر منطقه و بر پایه داده‌های محلی، یکی از روش‌های آسان و قابل اعتماد در برآورد دبی جریان‌های سیلابی است. تحقیق در زمینه

به دلیل رخداد سیلاب‌های شدید، عموماً خسارات فراوان مالی و بعضاً جانی، در کشور از جمله در حوضه‌های آبخیز جنوب شرق ایران بروز می‌نماید. یکی از اطلاعات مورد نیاز و اثر گذار در طراحی عملیات آبخیزداری، حفاظت خاک، کنترل سیلاب، ساماندهی

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، استادیار و استاد گروه آبیاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
*نویسنده مسئول: (Email: hamed.khedmati@gmail.com)
۳- استادیار و رئیس بخش تحقیقات هیدرولوژی و منابع آب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

بنابراین، اهداف این پژوهش شامل: تعیین روابط ریاضی برآورد دبی اوج سالانه در زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه آبنجی با احتمالات مختلف، توسعه مدل‌های رگرسیونی ساده خطی در مناطق همگن هیدرولوژیکی و یا کل منطقه تحقیق با احتمالات مختلف بر مبنای ویژگی‌های کمی و اقلیمی زیر حوضه‌ها و بررسی و تعیین زیر حوضه‌های همگن هیدرولوژیکی می‌باشد.

مبانی تئوری روش تحقیق

تحلیل فراوانی سیلاب‌ها و مدل‌های منطقه ای جریان

داده‌های هیدرولوژیکی مجموعه ای از متغیرها و پارامترهایی است که به نحوی در سیکل هیدرولوژی مؤثرند. هر گونه برنامه ریزی، عملیات اجرایی و مدیریت در حوضه‌های آبخیز بر پایه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این داده‌ها صورت می‌گیرد. این داده‌ها در چهار گروه دسته بندی کرد.

۱- متغیرهای اقلیمی، ۲- متغیرهای هیدرولیکی، ۳- متغیرهای فیزیوگرافی حوضه، ۴- متغیرهای مربوط به خاک، پوشش گیاهی و زمین شناسی

با اندازه گیری و ثبت عوامل و متغیرهای فوق الذکر و تجزیه و تحلیل داده‌ها و سپس تعمیم رفتار آماری آنها از گذشته و حال به آینده می‌توان احتمال وقوع حوادث را پیش بینی نمود و در برنامه ریزی‌های مربوط به مدیریت منابع آب، کنترل سیلاب، ساماندهی رودخانه و یا کاهش سیل خیزی در یک حوضه از آنها بهره گرفت. در تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژیکی مربوط به وقوع یک متغیر در گذشته و پیش بینی چگونگی وقوع آن در آینده از روش‌ها و تکنیک‌های علم آمار و احتمالات استفاده می‌شود. این ابزار علمی کمک خواهد کرد تا با ایجاد روابط همبستگی بین متغیر مورد نظر با برخی از متغیرها و پارامترهای قابل اندازه گیری در زمان حال بتوان احتمال وقوع و اندازه یا بزرگی آن متغیر را برآورد نمود. در انجام چنین تجزیه و تحلیل‌های آماری افزون بر در اختیار داشتن مقدار عوامل (پارامترها)، باید مجموعه ای از متغیرهای هیدرولوژیکی را که به‌طور تصادفی اتفاق افتاده اند نیز در اختیار داشت. به این مجموعه آماری، سری‌های هیدرولوژیکی گفته می‌شود که ممکن است به صورت سری‌های کامل، جزئی و یا مقادیر حداکثر و حداقل وجود داشته باشند. تجزیه و تحلیل فراوانی وقوع متغیرهای هیدرولوژیکی در چارچوب قوانین آمار و احتمالات سری‌های هیدرولوژیکی و به‌خصوص سری‌های بارش و رواناب صورت می‌گیرد. تحلیل فراوانی سری‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های بزرگ و متوسط، که دارای داده‌های اندازه گیری شده در یک دوره طولانی باشند، امکان پذیر بوده و کاربرد عملی فراوانی در برنامه‌های مختلف منابع آب، کنترل سیلاب، ساماندهی رودخانه و طراحی و اجرای عملیات حفاظت

روش‌های برآورد سیلاب موجب بهینه سازی ابعاد سازه‌ها و طراحی بهینه پروژه‌های عمرانی خواهد شد.

خدمتی (۲)، با بررسی دبی‌های سیلابی با استفاده از روش شاخص سیلاب در منطقه جنوب شرق ایران به این نتیجه رسید که، همبستگی خوبی بین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف وجود دارد، اما بزرگترین مسأله در این منطقه عدم وجود همبستگی مناسب بین دبی دو ساله و مساحت است، بنابراین پیشنهاد داد که اگر بتوان رابطه ای با استفاده از پارامترهای دیگر فیزیوگرافی از جمله مساحت، محیط و ارتفاع متوسط حوضه، طول آبراهه و غیره برای برآورد دبی دو ساله بدست آورد، میتوان دبی دوره بازگشت‌های مختلف را با تخمین خوبی از روش شاخص سیلاب محاسبه کرد.

هنر بخش (۳)، بررسی هایی را بر روی سیلاب‌های حداکثر لحظه ای ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوضه کویر مرکزی انجام داد. وی دبی‌های با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله منتج از بهترین تابع توزیع احتمالی (لوگ نرمال سه پارامتری) را از طریق روش‌های آنالیز منطقه ای سیلاب (شاخص سیلاب و رگرسیون چند متغیره) به برخی عوامل فیزیوگرافی نظیر مساحت و طول آبراهه اصلی ارتباط داد. در این بررسی به کمک معیار جذر میانگین مربع خطا (RMSE) نتایج دو روش تحلیل منطقه ای سیلاب یعنی شاخص سیل و رگرسیون چند متغیره را مورد مقایسه قرار داد. نتیجه گرفت که در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله مدل مربوط به روش رگرسیون چند متغیره از کارایی بیشتری نسبت به روش شاخص سیلاب برخوردار است.

به اعتقاد بارن و ژول (۵)، یک منطقه همگن به جمعی از زیر حوضه‌ها اطلاق می‌گردد که نه تنها از نظر جغرافیائی بلکه از نظر پاسخ هیدرولوژیکی متشابه باشند. از نظر آماری نیز همگنی مکانی بدین معنی است که طبیعت هر رویداد خاص هیدرولوژیکی و هواشناسی در یک منطقه همگن به گونه ای باشد که تشابه آنها قابل قبول و تقریباً دارای عکس العمل یکسانی باشد.

ناتان (۱۰)، روش انتقال شاخص‌های هیدرولیکی را در شمال ایالت ویکتوریا استرالیا بکار برد. وی معتقد بود که انتقال داده‌های جریان از مناطق دارای آمار به مناطق فاقد آمار بر مبنای مناطق و حوضه‌های همگن، دقیق تر از تحلیل رگرسیونی است. وی ابتدا با استفاده از رگرسیون گام به گام مدل هایی را برای برآورد ویژگی‌های جریان در منطقه ارائه نمود. سپس از عوامل بارندگی متوسط سالانه، ارتفاع مرکز ثقل، درصد اراضی جنگلی و تراکم آبراهه‌ها در حوضه‌ها، منحنی‌های اندرو را برای تشابه هیدرولوژیک حوضه‌های دارای آمار با حوضه‌های فاقد آمار بکار گرفت. با استفاده از مدل رگرسیونی و همچنین روش انتقال داده‌ها از حوضه‌های دارای آمار به حوضه‌های فاقد آمار در هر گروه هیدرولوژیک مقادیر جریان در هر دو روش، برآورد و با مقادیر مشاهده شده مقایسه گردید و مشخص شد که روش انتقال داده‌ها از دقت بیشتری برخوردار است.

روش رگرسیون چند متغیره است.

مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه

بر اساس موقعیت جغرافیایی استان‌ها، کشور به هشت منطقه تقسیم می‌شود. شکل شماره (۱) موقعیت منطقه جنوب شرق ایران (منطقه هفت) و اشکال (۲) و (۳) پراکندگی تمام ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی منطقه را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود توزیع و پراکندگی ایستگاه‌ها یکنواخت نیست. اطلاعات مربوط به حداکثر دبی پیک سیلاب و بارش ۲۴ ساعته روزانه از زمان تاسیس ایستگاه‌های هیدرومتری (داده‌های در دسترس تا سال ۱۳۷۸) بدست آمد. در منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۳۳ ایستگاه هیدرومتری و ۴۶۹ ایستگاه هواشناسی وجود داشته است.

کنترل کیفیت آمار

قبل از ورود به بحث تجزیه و تحلیل داده‌ها، لازم است آمار جمع آوری شده از جهات گوناگون مورد بررسی قرار گیرد تا صحت و سقم داده‌ها معین شود. از آنجا که این موضوع پایه و اساس مطالعه برای تحلیل‌های بعدی و سایر موارد مرتبط قرار می‌گیرد پرداختن به این امر و استفاده از انواع آزمون‌ها برای کنترل آمار که یکی از مهمترین بخش‌های هر تحقیق محسوب می‌شود ضروری بوده و به آن توجه کافی شده است. لذا برای پرداختن به این موضوع انواع آزمون‌های لازم و ضروری بکار گرفته شد. ابتدایی‌ترین کار کنترل اعداد خیلی بالا و پایین داده‌ها بوده است که در بسیاری از گزارشات فقط بطور نظری و بصری انجام می‌شود.

آزمون داده‌های پرت^۳

به منظور کنترل آمار و حذف داده‌های پرت از این آزمون استفاده می‌شود. برای ابقاء یا حذف داده‌های پرت ابتدا چولگی داده‌ها محاسبه می‌شود. چنانچه مقدار چولگی از $+0/4$ بیشتر باشد آزمون برای داده‌های پرت بالا و چنانچه از $-0/4$ کمتر باشد آزمون برای داده‌های پرت از پایین انجام می‌شود. اگر مقدار چولگی در دامنه دو حد فوق قرار گیرد آزمون مربوطه برای هر دو وضعیت داده‌ها (بالا و پایین) انجام می‌شود. برای تعیین آستانه داده‌های پرت بالا از رابطه (۱) و برای تعیین آستانه داده‌های پرت پایین از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$Y_H = \bar{Y} + K_n S_y \quad (1)$$

خاک و آبخیزداری دارد.

تحلیل فراوانی را می‌توان در یک ناحیه معرف و شاخص نیز انجام داد و پارامترهای هیدرولوژیکی آن را در دیگر مناطق همگن هیدرولوژیکی تعمیم و مورد بهره برداری قرار داد که در آن صورت به آن تحلیل منطقه ای اطلاق می‌شود. تحلیل منطقه ای سیلاب یکی از روش‌های مورد استفاده برای برآورد دبی‌های سیلابی در حوضه‌های فاقد ایستگاه آبخیز و یا با طول دوره اندازه گیری کوتاه (کمتر از ۱۰ سال) است. از گذشته متخصصین سعی نموده اند که روش هایی را برای حل این مشکل ابداع نمایند. از جمله جارویس (۹) اولین بار روش استفاده از منحنی پوش (Envelope Curve) را ارائه نموده و بعد از آن در تحقیقات و مطالعات زیادی از این روش استفاده نمودند (۶ و ۷). روش دیگر استفاده از روش شاخص سیلاب^۱ است (۸). در این روش برای برآورد دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف در یک حوضه فاقد داده هیدرومتری و با فرض آنکه حوضه‌ها در یک محدوده همگن هیدرولوژیکی واقع شده‌اند، به ترتیب زیر عمل می‌شود:

۱. در هر موقعیت ایستگاه هیدرومتری، دبی‌های اوج با دوره‌های بازگشت مختلف برآورد می‌شود.
 ۲. شاخص بدون بعد سیلاب با تقسیم مقدار دبی‌های اوج (با دوره‌های بازگشت مختلف) به مقدار متوسط دبی‌های اوج سالانه محاسبه می‌شود.
 ۳. برای هر دوره بازگشت میانگین شاخص سیلاب محاسبه می‌شود.
 ۴. منحنی منطقه ای^۲ بین دوره بازگشت به‌عنوان متغیر مستقل و شاخص سیلاب به‌عنوان متغیر وابسته ترسیم می‌شود.
 ۵. مدل ریاضی رابطه بین دبی متوسط سیلاب و مساحت حوضه از طریق رگرسیون محاسبه می‌شود.
- برای هر حوضه فاقد ایستگاه هیدرومتری، ابتدا میزان شاخص سیلاب با توجه به دوره بازگشت مورد نظر محاسبه شده و سپس با انتقال آن بر روی منحنی یا مدل ریاضی بدست آمده از مرحله قبل میزان دبی اوج برآورد می‌شود.
- در حال حاضر روش معمول دیگر، استفاده از رگرسیون برای تبیین رابطه بین متغیر وابسته با متغیر یا متغیرهای مستقل است (۱۱). در این روش فرض بر آن است که می‌توان رابطه بین متغیر وابسته (دبی اوج) را با متغیرهای مستقل (مانند ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی) برقرار نمود. لازم است متغیرهای مستقل مانند اندازه مساحت حوضه، طول آبراهه، ارتفاع متوسط، نوع پوشش گیاهی و غیره و نیز مدل‌های رگرسیونی از قبیل توانی، نمائی، خطی و غیره را مورد استفاده قرار داد، بطوری که روش مورد استفاده در این تحقیق

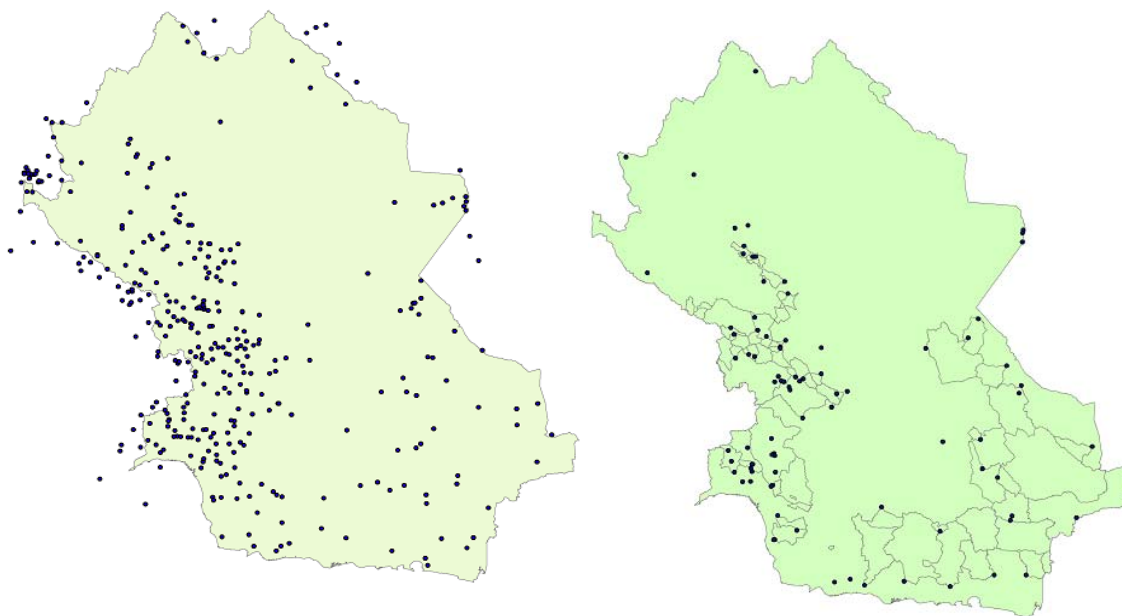
1 - Index flood

2 - Regional Growth Curve

3 - Outlier



شکل ۱- موقعیت منطقه جنوب شرق (منطقه هفت) در کشور



شکل ۲- منطقه جنوب شرق ایران و پراکندگی ایستگاه‌های هیدرومتری

شکل ۳- منطقه جنوب شرق ایران و پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی

$Kn =$ ضریبی است که از جداول مربوطه به تعداد داده‌ها انتخاب می‌شود.

$S_y =$ انحراف از معیار داده‌ها

مقدار به دست آمده پس از آنتی لگاریتم گرفتن با بزرگترین و کوچکترین داده‌ها مقایسه می‌شود، چنانچه داده‌های مشاهده شده

$$Y_L = \bar{Y} + KnS_y \quad (2)$$

$Y_H =$ آستانه داده‌های پرت بالا به صورت لگاریتمی

$Y_L =$ آستانه داده‌های پرت پایین به صورت لگاریتمی

$$V_e = \frac{N_s + N_{ext}}{1 + \left(\frac{N_{ext}}{N_s - 2}\right)(1 - R^2)} \quad (5)$$

Ne = طول سالهای مجاز برای بازسازی (سال)
 N_s = طول دوره آمار ایستگاه با آمار کوتاه مدت (سال)
 N_{ext} = تفاوت طول آمار ایستگاه بلند مدت و کوتاه مدت (سال)
 R = ضریب همبستگی اعداد طبیعی یا لگاریتمی (هر کدام بزرگتر بود)

تطویل و تکمیل داده‌ها

پس از انجام آزمون‌های فوق و تأیید همگنی و عدم یکنواختی و تصادفی بودن داده‌ها برای تطویل و تکمیل آنها، ابتدا از کل آمار موجود از ابتدای تأسیس ایستگاههای مورد مطالعه تا سال پایانی جمع‌آوری آمار صورت گرفته و ماتریس همبستگی ایجاد می‌شود. در این ماتریس، همبستگی سطوح معنی دار بودن دو به دو ایستگاه‌ها مشخص می‌شود. با مشخص شدن ضریب همبستگی و استفاده از فرمول‌های برشمرده فوق تعداد سالهای مجاز برای تطویل آمار تعیین و متعاقب آن با استفاده از روابط رگرسیونی به دست آمده، آمار مربوطه تا سقف مجاز (از بالا یا پایین) گسترش داده می‌شود. در نهایت دوره آماری ۲۰ سال (۱۳۵۸-۱۳۷۸)، انتخاب و از این دوره آماری برای انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع و تعیین همگنی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز استفاده گردید.

تحلیل خوشه‌ای

در این روش حوضه‌ها براساس تشابه خصوصیات فیزیکی از یکدیگر جدا و مناطق همگن تعیین می‌گردند. تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analyzer)، روشی تحلیلی است که برای حل مسائل چند متغیره مناسب است. هرگونه طبقه بندی به معیاری جهت سنجش تشابهات بین نمونه‌ها نیاز دارد. معمولی‌ترین معیار سنجش تشابه، ضریب فاصله (d_{ij}) بین ایستگاههای آم و زام طبق رابطه (۶) می‌باشد.

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^m \left[(X_{ik} - X_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

P = تعداد متغیرها، که در اینجا تعداد خصوصیات حوضه است. در این روش حوضه‌ها دو به دو در نظر گرفته شده و از نظر خصوصیات با هم مقایسه می‌شوند. حوضه‌هایی که کمترین فاصله را از هم داشته باشند، در یک دسته همگن قرار می‌گیرند. این عمل هنگامی که تشابه بین دو خوشه بیش از مقدار معین باشد متوقف شده و مقایسه با خوشه‌های دیگر ادامه می‌یابد. تعداد خوشه‌های اولیه مساوی تعداد حوضه‌ها (m) در نظر گرفته می‌شود و طی $m-1$ بار

بزرگتر از Y_H و کوچکتر از Y_L بود حذف می‌شوند، در غیر این صورت داده‌ها به همان وضعیت اولیه برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی باقی می‌مانند.

آزمون ایستائی داده‌ها

برای انجام این آزمون از روش غیر پارامتریک SROS^۲ که توسط سازمان جهانی هواشناسی در سال ۱۹۸۸ پیشنهاد شد، استفاده گردیده است. بر پایه این روش برای یکسری از داده‌ها که در فاصله زمانی ۱ تا n وجود دارند به صورت زیر عمل می‌شود:

۱. مرتب کردن داده‌ها به صورت نزولی به طوری که بزرگترین عدد در مرتبه $R_{yi} = 1$ و کوچکترین عدد در مرتبه $R_{yi} = n$ قرار گیرد.
۲. محاسبه اختلاف بین مرتبه (R_{yi}) و ردیف سال وقوع رویداد (i) به صورت $d_i = R_{yi} - I$
۳. محاسبه ضریب روند (Coefficient of Trend) از رابطه (۳) و آمار t استیودنت از رابطه (۴) و مقایسه با مقدار آمار t استیودنت استخراج شده از جداول مربوطه برای درجه آزادی $n-2$ و سطح معنی دار $\alpha/2$ برای آزمون دوطرفه.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3)$$

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-1}{1-r_s^2}} \quad (4)$$

فرض صفر ($H=0$) این است که سری داده‌ها فاقد روند (یعنی ایستا) هستند پس در این صورت:
 الف- اگر $t > +t(a/2, n-2)$ و یا $t < -t(a/2, n-2)$ بود در این صورت فرض صفر رد می‌شود یعنی روند وجود دارد و داده‌ها ایستا نیستند.
 ب- در غیر این صورت (شرط الف)، فرض صفر رد نشده و داده‌ها دارای ایستائی می‌باشند و روندی در بین آنها وجود ندارد.

تعیین تعداد سالهای مجاز برای بازسازی نواقص آماری

یکی از مسائلی که کمتر بدان توجه می‌شود تعیین طول مجاز سال‌های تطویل آمار می‌باشد. در هر مطالعه‌ای برای تطویل آمار هیدرومتری یا اقلیمی باید مشخص شود که تا چند سال مجاز به تطویل و تولید آمار هستیم، برای این کار از روش پیشنهادی (WMO) مطابق رابطه (۵) استفاده می‌شود (۱ و ۴).

- 1 - Trend Test
- 2 - Spearman Rank Order Correlation

حوضه‌های همگن را تعیین کرد. برای تعیین حوضه‌های همگن ابتدا در نرم افزار (ARC GIS 9.2) مرز حوضه‌های آبخیز مشخص شده و سپس شبکه آبراهه‌ها ترسیم می‌شود، و در نهایت ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی، شامل: مساحت، محیط و طول حوضه، ارتفاع متوسط حوضه، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، شیب متوسط آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و ضریب گراواییوس استخراج می‌شود (جدول ۱ ملاحظه گردد). در مرحله بعد متغیرهای فوق در نرم‌افزار (SPSS 16) تعریف و برای هر زیر حوضه یک کد شناسه در نظر گرفته شد (جدول ۲). در این روش ابتدا با استفاده از یکی از روش‌های استاندارد کردن داده‌ها (روش Zscores)، عوامل یا متغیرهای مورد نظر استاندارد شده و سپس انتخاب تعداد حوضه‌های همگن با استفاده از گزینه Ward's Method و مربع فاصله اقلیدوسی و بر مبنای روش تحلیل خوشه‌ای، خوشه‌های همگن در داخل کل زیرحوضه‌های انتخابی تعیین شدند (جدول ۳) (شکل ۴).

با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، حوضه‌ها در سه گروه همگن قرار گرفتند. جهت اعتباریابی گروه‌ها با استفاده از روش تابع تشخیص^۲، گروه‌ها ارزیابی شدند. حوضه‌های شماره ۹ و ۴۹ که به ترتیب در گروه‌های ۳ و ۲ قرار گرفته بودند، بر اساس این ارزیابی بایستی به ترتیب در گروه ۲ و ۱ قرار می‌گرفتند. میزان دقت مدل در فرض اول برابر است با ۹۶/۹ درصد (جدول ۴)، که پس از جابجایی حوضه‌ها در گروه پیشنهادی تابع تشخیص با استناد به جدول (۵)، میزان دقت مدل برابر ۱۰۰ درصد گردید، و در نهایت با توجه به جدول (۶) و شکل (۵)، حوضه‌ها در سه گروه با فاصله اقلیدوسی ۹ دسته بندی شدند.

ساخت مدل‌های مبتنی بر روش شاخص سیلاب

در این روش، روابط ریاضی چند متغیره بین دبی سیلاب با دوره برگشت دو سال و عوامل فیزیکی و یا اقلیمی حوضه‌ها ساخته می‌شود. ابتدا زیر حوضه‌های همگن بدست آمده از روش متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد، سپس سری زمانی دبی‌های اوج ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب، با توزیع احتمالاتی غالب منطقه یعنی لوگ پیرسون سه پارامتری برازش داده شده و دبی‌های اوج با دوره‌های بازگشت مختلف برآورد گردید. سپس میانگین و میانه نسبت‌های بی بعد (حاصل تقسیم دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف به دبی اوج با دوره بازگشت ۲ سال) برای هر زیرحوضه محاسبه شد (جدول ۷). در نهایت مقادیر میانگین و میانه در هر دوره بازگشت برای ایستگاه‌های هیدرومتری در هر گروه تعیین شد. پس از آن منحنی فراوانی سیلاب (منحنی رشد منطقه‌ای) این شاخص‌های بی بعد در ایستگاه‌ها در کاغذ نیمه لگاریتمی ترسیم گردید.

مقایسه، حوضه‌های مشابه در هم ادغام شده و این عمل به همین ترتیب تکرار می‌شود. تا زمانی که ادغام دو خوشه در هم غیر ممکن گردد. برای تحلیل خوشه‌ای، نرم افزار آماری (SPSS 16) بکار گرفته می‌شود.

نتیجه کاربرد روش‌های چند متغیره به شیوه استفاده از این فنون وابسته است. به نظر ویلت شایر (۱۲) تحلیل خوشه‌ای شدیداً به مقیاس متغیرهای به کار رفته حساس می‌باشد. به علاوه از آنجا که هر یک از خصوصیات کم اهمیت حوضه نیز می‌تواند باعث تمایز خوشه‌ها از یکدیگر شود، لذا ضرورت دارد تجزیه واریانس برای منطقه بندی حوضه ارائه شود.

به‌طور کلی در این روش، دو آماره به‌عنوان معیارهای منطقه بندی با استفاده از داده‌های حوضه محاسبه می‌شوند.

۱. یک ویژگی حوضه نظیر مساحت در نظر گرفته می‌شود.
 ۲. حدی به عنوان مرز جدایی دو منطقه همگن انتخاب می‌شود.
- مراحل منطقه بندی بدین صورت است که پس از محاسبه دو آماره برای هر یک از مناطق، مرحله ۲ برای حدود دیگر نیز انجام می‌گیرد و سپس آماره‌ها برای حدود مختلف مورد مقایسه قرار گرفته و آنکه معنی دارتر است، به‌عنوان مرز جدایی انتخاب می‌شود. این عمل برای سایر ویژگی‌ها نیز تکرار شده و در نهایت نواحی همگن از همدیگر جدا می‌شوند.

نتایج

تجزیه و تحلیل فراوانی و انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع منطقه‌ای

با استفاده از برنامه کامپیوتری HYFA آمار هیدرومتری (دبی حداکثر سالانه) و هواشناسی (حداکثر بارش ۲۴ ساعته سالانه) در هر یک از ایستگاه‌ها از طریق توابع توزیع احتمالی شامل توزیع نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون، لوگ پیرسون سه پارامتری، گامبل و گامای دو پارامتری مورد تحلیل فراوانی قرار گرفت. جهت انتخاب بهترین تابع توزیع احتمالی برای هر ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری از میان هفت توزیع احتمالی فوق‌الذکر از آزمون نکوئی برازش^۱ (کلموگروف-اسمیرنوف) استفاده می‌شود. براساس این روش تابع توزیع لوگ پیرسون سه پارامتری، مناسب‌ترین توزیع شناخته شد.

تعیین همگنی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز

برای تهیه منحنی توزیع احتمالاتی منطقه‌ای، لازم است ابتدا حوضه‌های آبخیز همگن هیدرولوژیکی تعیین شود. برای پیدا کردن این حوضه‌ها می‌توان بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی و یا محاسبه پارامترهای آماری داده‌های دبی اوج سالانه، مناطق

جدول ۱- ویژگیهای فیزیوگرافی کل زیر حوضه‌های آبخیز انتخابی در حوضه‌های جنوب شرق ایران

بارش با دوره بازگشت ۲ سال (mm)	گرابلیو س	شیب متوسط آبراهه اصلی (%)	طول آبراهه اصلی (km)	تراکم زهکشی (km/km ²)	شیب متوسط حوضه (%)	ارتفاع متوسط ناخالص حوضه (m)	محیط حوضه (km)	مساحت حوضه (km ²)	طول حوضه (km)	کد ایستگاه
۶۵/۴۴	۱/۵۷	۲/۰۳	۷۸/۵۱	-/۳۴	۴/۸۴	۹۰۵	۱۸۴/۲	۱۰۸۱/۳۲	۵۱/۲۲	۲۷-۰۰۳
۴۵/۸۵	۱/۶۸	-/۸۷	۱۷۷/۰۴	-/۱۴	۱/۸۷	۹۰۲/۵	۴۹۱	۶۶۹۵/۴۱	۱۳۴/۳	۲۷-۰۱۳
۴۶/۴۷	-/۷۶	-/۸۶	۱۷۹/۲۴	-/۱۶	۱/۸۴	۸۹۹	۵۲۵	۷۰۱۰/۱۵	۱۳۸/۸۱	۲۷-۰۱۷
۴۸/۸۲	۱/۸۴	۱/۳۴	۱۲۰/۲۵	-/۳۲	۳/۸۷	۸۸۴/۵	۳۷۴/۸۴	۱۷۴۳/۳۷	۷۸/۴۴	۲۷-۰۲۳
۸۹/۱۲	۱/۵۸	۱/۰۴	۴۰/۰۳	-/۷۶	۲/۷۹	۳۱۹	۸۴	۲۲۱/۵۸	۲۵/۸۷	۲۷-۰۲۷
۳۱/۷۳	۲/۱۳	-/۶۵	۱۹۳/۳۱	-/۲۴	۱/۹۷	۶۴۸	۴۸۵	۴۰۷۶/۴۲	۱۱۷/۸۹	۲۸-۰۰۵
۴۲/۷۷	۱/۸۱	۱/۱۸	۱۱۹/۰۶	-/۵	۵/۴۳	۷۷۲	۱۶۷	۶۶۶/۸۱	۵۴/۷۷	۲۸-۰۱۱
۴۶/۳۲	۱/۵۹	۱/۵۵	۸۳/۱۷	-/۳۲	۳/۶	۶۶۱	۲۰۳	۱۲۵۷/۱	۶۵/۷۷	۲۸-۰۱۳
۴۲/۸	۱/۷	۳/۲۶	۴۷/۴۵	-/۶۹	۸/۸	۱۱۱۵/۵	۱۰۶/۸	۳۰۹/۶۹	۴۰/۵	۲۸-۱۲۰
۵۰/۷۷	۱/۵۳	۱/۰۴	۸۶/۰۳	-/۲۱	۱/۶۲	۶۴۶	۳۰۰/۵۴	۳۰۲۸/۲۵	۶۴/۳	۲۸-۲۸۱
۳۰/۱۱۴	۱/۲۷	۲/۸۲	۲۲/۳۵	-/۵۴	۳/۷۷	۲۴۳/۵	۷۵/۸	۲۷۹/۹۱	۱۹/۵۴	۴۲-۰۲۳
۳۱/۱۸	۱/۳۹	۲/۲۱	۲۶/۲۸	-/۳	۳/۵۳	۲۵۵۳	۸۱/۸	۲۷۲/۴۹	۲۴/۶۶	۴۴-۰۰۱
۲۸/۴	۱/۵۳	۱/۶۹	۶۲/۹۲	-/۵۴	۲/۴۹	۲۵۸۴/۵	۱۶۶	۹۲۶/۴۱	۵۶/۰۶	۴۴-۰۰۳
۳۱/۴۸	۲/۱۵	۱/۰۲	۱۸۹/۱۴	-/۱۹	۲/۱۵	۲۱۵۱/۵	۶۹۰/۸	۸۰۶۶/۸۴	۱۳۹/۰۳	۴۴-۰۰۷
۵۴/۰۹	۱/۶۱	۳/۰۶	۶۸/۰۷	-/۳۵	۵/۸	۲۰۴۰/۵	۲۰۶/۶۲	۱۲۹۱/۱۹	۴۲/۸۸	۴۴-۰۰۹
۳۴/۱۱۴	۱/۹۲	۳/۷۶	۶۷/۸۵	-/۰۵	۲/۲۸	۱۸۰۶	۷۶۸	۱۲۵۹۷/۱	۱۹۴/۸۱	۴۴-۰۱۱
۵۳/۳۴	۱/۴۴	۵/۸۸	۲۸/۴۷	-/۷۴	۱۲/۰۸	۲۲۱۹/۵	۷۱/۲۶	۱۹۲/۲۱	۲۵/۷۱	۴۴-۰۲۷
۴۴/۲۱	۱/۴۱	۵/۱۷	۲۷/۸۹	-/۵۳	۷/۶۵	۲۰۹۶/۵	۹۴/۹۲	۳۵۵/۹۹	۲۶/۲۱	۴۴-۰۲۹
۳۱/۳۰	۱/۴	۱۲/۲۴	۸/۶	۱/۰۱	۲۱/۲۴	۲۰۱۱/۵	۲۴/۷۱	۲۴/۵۸	۹/۲۶	۴۴-۰۳۵
۳۴/۲۸	۱/۵۳	۱/۲۶	۶۰/۶۶	-/۳۱	۲/۱۶	۸۹۸/۵	۱۹۴	۱۲۵۳/۵۳	۴۶/۹۸	۴۴-۰۵۱
۳۴/۳۳	۱/۳۲	۴/۲۱	۲۵/۴۳	-/۵۶	۶/۴۲	۲۶۴۷	۷۸/۷۶	۲۷۸/۸۷	۲۳/۰۳	۴۴-۰۵۳
۳۵/۵۸	۱/۴۱	۲/۶	۴۱/۲۹	-/۳۸	۴	۲۴۲۳/۵	۱۳۵/۴	۷۱۸/۱۵	۳۳/۶۶	۴۴-۱۱۱
۳۱/۷۶	۱/۵۳	۱/۶۱	۱۱۷/۳۴	-/۴۹	۶/۴۲	۲۱۴۰	۱۶۰/۶	۸۶۱/۶۱	۴۸/۷۸	۴۵-۰۰۱
۲۵/۷۷	۱/۵۱	۴/۸۷	۲۲/۸	-/۹۱	۹/۳۷	۹۷۷/۵	۶۴	۱۴۰/۴۵	۲۰/۴۴	۴۵-۰۰۵
۲۹/۵۸	۱/۳۹	۵/۹۴	۱۹/۹۴	-/۷۹	۱۰/۲۳	۲۹۸۵/۵	۵۳/۳۵	۱۳۴/۳	۱۹/۳۶	۴۵-۰۰۷
۳۷/۹۸	۱/۳۸	-/۷۹	۶۱/۵	-/۵۹	۲/۹۲	۱۴۰۷/۵	۸۱/۸	۲۷۵/۵۴	۲۱/۴۳	۴۵-۰۱۳
۱۹/۵۶	۱/۳۶	۷/۳۹	۱۹/۱۲	-/۶۲	۱۰/۱۱	۲۳۸۸/۵	۶۸	۱۹۵/۵۹	۱۷/۲۷	۴۵-۰۱۷
۲۰/۵۱	۱/۶۴	۵/۱۴	۴۴/۳۶	-/۶۳	۹/۵۵	۱۹۵۵/۵	۱۳۹/۹	۵۶۹/۷۲	۹۸/۳۶	۴۵-۰۲۱
۱۵/۷۲	۱/۵۴	۴/۲	۴۸/۰۲	-/۴۶	۸/۱۸	۱۸۹۷/۵	۱۳۳	۵۸۴/۳۱	۴۳/۸۶	۴۵-۰۲۳
۲۳/۶۵	۱/۴۱	۱/۸۵	۴۳/۷۳	-/۷۳	۲/۹۴	۱۹۹۳/۵	۱۳۹	۷۶۰/۶۳	۳۷/۱	۴۵-۰۲۹
۱۸/۸۴	۱/۷۵	۴/۱۵	۲۴/۶۳	۱/۶۸	۵/۱۷	۲۲۱۱/۵	۱۲۳/۴	۳۹۰/۹۵	۲۲/۲۲	۴۵-۰۳۳
۱۸/۷۴	۱/۴۲	۳/۰۳	۲۵/۲۳	-/۴۴	۴/۶۸	۲۵۴۹/۵	۱۱۵/۹۷	۵۲۲/۶۵	۳۱/۲۱	۴۵-۰۴۳
۲۰/۴۵	۱/۹۱	۳/۶۳	۱۷/۴۳	۱/۷۵	۴/۹۷	۲۱۱۹/۵	۸۷	۱۶۲/۲۸	۲۰/۰۵	۴۵-۰۴۹
۱۹/۸۷	۱/۵۶	۴/۲	۱۳/۲۸	-/۱۶	۲/۴	۲۴۰۹	۱۲۹/۶۱	۵۳۹/۶۹	۳۱/۹۹	۴۵-۱۰۱
۱۸/۴۶	۱/۵۳	-/۸۸	۱۲۹/۹۹	-/۱۵	۱/۵۳	۱۴۲۷	۴۱۰/۰۷	۵۶۰۶/۲۸	۹۷/۸۲	۴۵-۲۰۳
۳۲/۲۳	۴/۰۲	۳/۴۳	۴۸/۳	-/۴	۶/۱۳	۲۲۵۳	۳۷۸/۶۴	۷۳۰/۸	۱۴۷/۸۷	۴۵-۲۰۵
۱۷/۰۴	۱/۳۱	۶/۷۸	۸/۸۹	۱/۵۲	۹/۷۵	۲۴۲۱/۵	۲۹	۳۸/۲۳	۹/۲۳	۴۵-۲۰۹
۲۰/۴۳	۱/۲۹	۳/۶۶	۱۸/۹۴	-/۷۸	۵/۸۶	۲۱۶۱	۵۴/۷	۱۴/۲۶	۱۶/۲۱	۴۵-۲۳۱
۲۰/۲۹	۱/۵۸	۳/۳۱	۲۵/۱	-/۹۳	۳/۷۵	۲۰۹۳	۱۲۵	۴۸۸/۷۷	۲۶/۸۳	۴۵-۹۸۱

کد ایستگاه	طول حوضه (km)	مساحت حوضه (km ²)	محیط حوضه (km)	ارتفاع متوسط ناخالص حوضه (m)	شیب متوسط حوضه (%)	تراکم زهکشی (km/km ²)	طول آبراهه اصلی (km)	شیب متوسط آبراهه اصلی (%)	گراویلیو س (mm)	بارش با دوره بازگشت ۲ سال
۴۶-۰۰۳	۲۱/۴۹	۲۳۱/۷۱	۷۳/۶۶	۳۱۱۸/۵	۶/۸	-/۲۳	۲۳/۱۴	۴/۴۷	۱/۳۵	۳۲/۲۲
۴۶-۰۰۵	۲۶/۴۷	۸۳۴۹/۲	۹۴/۹۷	۲۶۹۵	۳/۲۴	-/۸۲	۲۵/۸۴	۲/۳۵	۱/۴۲	۲۹/۳۷
۴۶-۰۰۹	۲۹/۹۴	۶۶۸/۷۷	۱۳۳/۵۶	۳۱۰۰/۵	۵/۲۵	-/۳۷	۳۵/۸۴	۳/۷۹	۱/۳۴	۲۳/۵۵
۴۶-۰۱۵	۳۰/۸۱	۳۲۱/۹۴	۹۰/۷	۲۳۱۶/۵	۴/۶۱	-/۸۵	۳۲/۸۸	۲/۵۲	۱/۴۲	۲۳/۳۸
۴۶-۰۱۷	۱۰/۲۴	۲۸/۰۶	۲۷/۳	۲۱۱۸	۶/۸۳	۱/۹۵	۹/۳۱	۳/۸۹	۱/۴۴	۲۲/۵۶
۴۶-۰۲۳	۲۹/۳۲	۴۶۰/۹۴	۱۱۲	۲۳۵۵/۵	۳/۷۱	-/۶۵	۳۵/۴	۲/۲۵	۱/۴۶	۱۸/۵
۴۶-۰۲۹	۶۱/۹۶	۱۷۶۱/۶۴	۲۲۵/۲۵	۲۸۳۷	۳/۸۱	-/۴۱	۷۰/۷۶	۲/۲۶	۱/۵	۲۲/۶۷
۲۹-۰۰۱	۴۹/۷۷	۲۴۰۶/۶	۲۸۲	۴۷۳/۵	۱/۸۱	-/۴۴	۱۶۲/۱۶	۰/۵۵	۱/۶۱	۳۷/۲۷
۲۹-۰۰۵	۱۱۰/۳۷	۴۲۹۳/۳۶	۵۱۷	۷۹۲	۲/۲۵	-/۲۵	۱۷۱/۱۵	۰/۸۹	۲/۱۴	۲۳/۸۵
۲۹-۰۰۷	۷۳/۱۷	۳۶۱/۴۳	۳۵۶	۹۳۳	۱/۹۱	۰/۲	۱۳۹/۰۱	۰/۸۳	۱/۶۶	۳۴/۲۲
۲۹-۰۰۹	۱۲۰/۸۶	۵۹۰۷/۱۱	۵۳۹	۷۷۸	۱/۹	-/۱۷	۲۱۸/۶۷	۰/۶۷	۱/۹۶	۳۵/۱۲
۲۹-۰۱۱	۱۱۸/۶۳	۴۷۱۸/۸۵	۵۲۹	۱۱۷۴	۱/۰۸	-/۱۲	۷۰/۱۸	۱/۰۵	۲/۱۶	۴۰/۱۷
۲۹-۰۱۳	۱۲۳/۲۲	۷۰۱۷/۱۸	۵۳۹/۶۱	۸۹۰/۵	۱/۵۶	-/۱۹	۱۷۵/۱۴	۰/۷۵	۱/۸	۳۸/۸۸
۲۹-۰۱۵	۱۴۸/۳۳	۸۴۷۵/۹۱	۶۳۵	۳۷۱/۵	۰/۷۵	-/۰۵	۶۰/۱۳	۱/۱۴	۱/۹۴	۳۷/۸۳
۲۹-۰۲۷	۲۲/۶۵	۲۹۱/۳۱	۹۳/۲	۱۱۷۴	۴/۴۸	-/۶۴	۳۰/۶۵	۲/۴۹	۱/۵۳	۳۵/۶۶
۴۴-۰۱۵	۷۹/۳۴	۳۴۹۰/۸۱	۳۲۹	۱۱۸۷	۱/۵۷	-/۱۹	۱۱۸/۰۳	۰/۷۸	۱/۵۶	۳۳/۶
۴۴-۰۱۷	۱۰۸/۲۹	۷۴۰۱/۱۹	۵۲۹	۱۰۸۸	۱/۳۱	-/۲۸	۱۶۳/۹۷	۰/۶۹	۱/۷۲	۳۱/۶
۴۴-۰۱۹	۴۳/۸۱	۹۵۹/۴۴	۱۶۴	۱۲۴۱	۲/۲۹	-/۳۴	۵۷/۰۹	۱/۲۴	۱/۴۸	۳۶/۱۷
۵۱-۰۰۹	۱۹۰/۶۴	۱۳۸۸۱/۲۹	۶۷۵	۱۲۶۴	۰/۵۱	-/۱۵	۲۱۰/۹۲	۰/۲۸	۱/۶	۲۸/۷۲
۵۲-۰۰۵	۵۳/۰۵	۱۴۵۲/۰۳	۱۷۹	۱۷۰۲/۵	۳/۲۹	-/۴۹	۶۰/۹۳	۲/۰۶	۱/۳۲	۱۸/۹۱
۵۲-۰۰۷	۸۶/۶۴	۴۴۳۸/۶۳	۳۶۲	۱۲۵۰/۵	۰/۸۶	-/۱۶	۱۱۱/۳۴	۰/۵۱	۱/۵۲	۲۳/۷۷
۵۳-۰۱۳	۶۱/۱۷	۱۷۲۷/۲۵	۱۹۷	۱۵۲۶	۱/۷۶	-/۲۵	۷۴/۱۴	۰/۹۹	۱/۳۳	۱۷/۱۴
۵۳-۲۴۱	۱۰/۴۱	۴۱/۳	۳۲/۵	۱۸۶۳/۵	۴/۳۷	-/۷۹	۹/۶۵	۲/۹۱	۱/۴۲	۱۷/۹۶
۲۱-۰۰۳	۳۱/۹۹	۵۳۹/۶۹	۱۲۹/۶۱	۲۷۸۲	۴/۷۳	-/۷۲	۴۱/۷۳	۲/۶۳	۱/۵۶	۳۸/۹۱
لشکرگاه	۸/۲۷	۴۱/۷	۲۸	۸۶۰/۵	۸/۲۲	۱/۳۷	۱۲/۲۸	۴/۳۳	۱/۲۱	۳۱/۱۹
پشت رود	۴۴/۳۵	۱۰۶۳/۵۷	۱۶۸/۲۵	۳۰۱۶	۴/۶۸	-/۴۲	۵۱/۴۹	۲/۹۶	۱/۴۴	۲۹/۵۶

۰/۹۹۹۸ (رابطه ۱۱) و بر اساس میانه ۰/۹۹۹۸ (رابطه ۱۲)، بدست آمد. در مرحله بعد اقدام به ایجاد رابطه بین میانگین و میانه نسبت‌های بی بعد بدون در نظر گرفتن گروه‌های همگن شد. جدول ۸ میانگین و میانه نسبت‌های بی بعد در کل حوضه‌های مورد مطالعه با دوره بازگشت‌های مختلف را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی رابطه رگرسیونی در این حالت بر اساس میانگین ۰/۹۹۸۲ (رابطه ۱۳)، و بر اساس میانه ۰/۹۹۹۴ (رابطه ۱۴)، نسبت‌های بی بعد، در تمام حوضه‌ها بدون در نظر گرفتن گروه‌های همگن بدست آمد.

برای ساخت مدل پیش بینی دبی اوج سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف، نسبت به تهیه روابط رگرسیونی بین نسبت اندازه دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف به دوره بازگشت ۲ سال و دوره بازگشت برای سری دوره آماری ۲۰ سال اقدام شد.

ضریب همبستگی رابطه رگرسیونی بین نسبت‌های بی بعد در گروه یک بر اساس میانگین ۰/۹۹۶۳ (رابطه ۷) و بر اساس میانه ۰/۹۹۵۱ (رابطه ۸)، در گروه دو بر اساس میانگین ۰/۹۹۶۱ (رابطه ۹) و بر اساس میانه ۰/۹۹۶۴ (رابطه ۱۰)، و در گروه سه بر اساس میانگین،

جدول ۲- کد حوضه اختصاص داده شده در نرم افزار (SPSS 16)

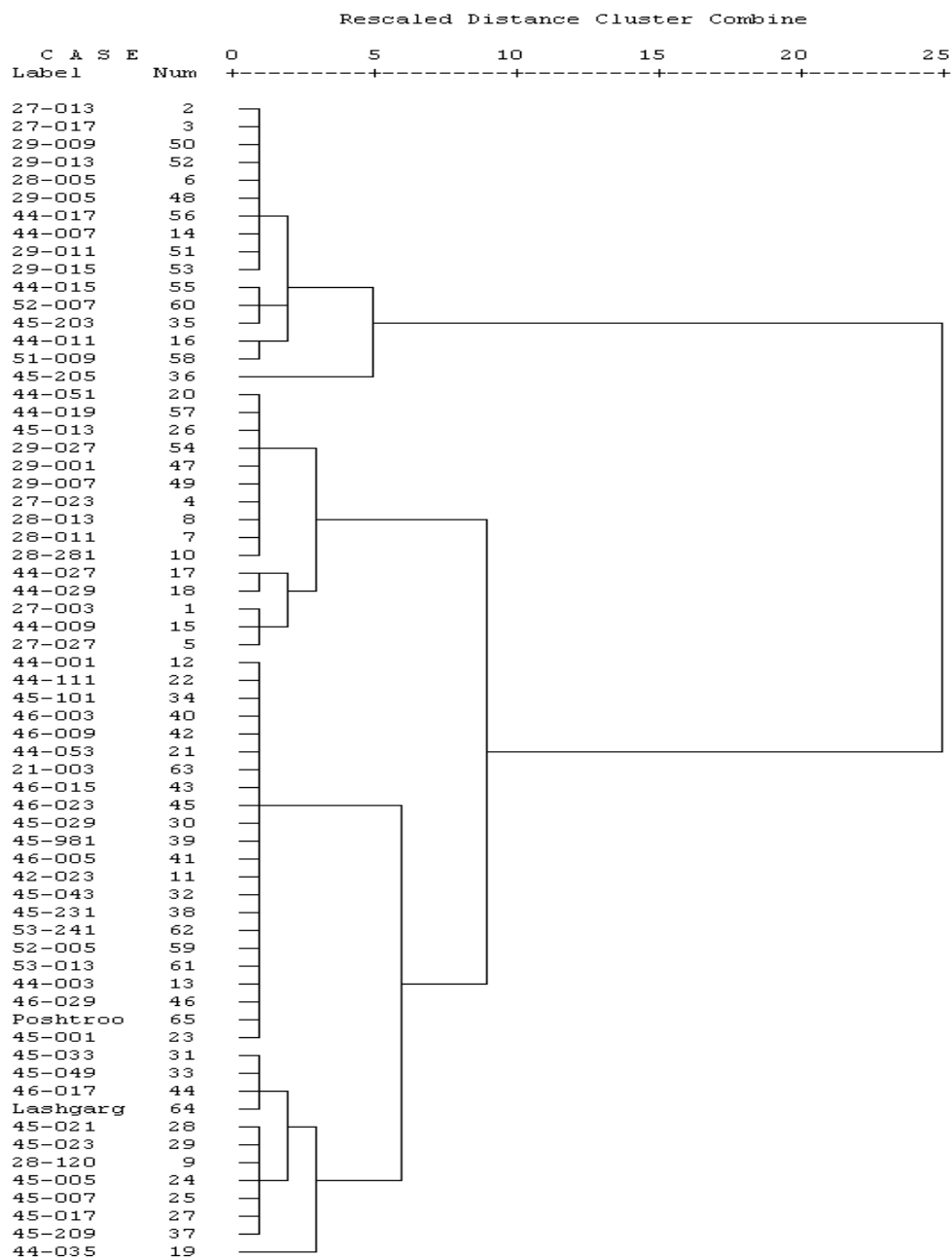
کد حوضه	کد ایستگاه	کد حوضه	کد ایستگاه	کد حوضه	کد ایستگاه	کد حوضه	کد ایستگاه
۵۳-۰۱۳	۶۱	۴۶-۰۰۵	۴۱	۴۴-۰۵۳	۲۱	۲۷-۰۰۳	۱
۵۳-۲۴۱	۶۲	۴۶-۰۰۹	۴۲	۴۴-۱۱۱	۲۲	۲۷-۰۱۳	۲
۲۱-۰۰۳	۶۳	۴۶-۰۱۵	۴۳	۴۵-۰۰۱	۲۳	۲۷-۰۱۷	۳
لشگرگاه	۶۴	۴۶-۰۱۷	۴۴	۴۵-۰۰۵	۲۴	۲۷-۰۲۳	۴
پشت رود	۶۵	۴۶-۰۲۳	۴۵	۴۵-۰۰۷	۲۵	۲۷-۰۲۷	۵
		۴۶-۰۲۹	۴۶	۴۵-۰۱۳	۲۶	۲۸-۰۰۵	۶
		۲۹-۰۰۱	۴۷	۴۵-۰۱۷	۲۷	۲۸-۰۱۱	۷
		۲۹-۰۰۵	۴۸	۴۵-۰۲۱	۲۸	۲۸-۰۱۳	۸
		۲۹-۰۰۷	۴۹	۴۵-۰۲۳	۲۹	۲۸-۱۲۰	۹
		۲۹-۰۰۹	۵۰	۴۵-۰۲۹	۳۰	۲۸-۲۸۱	۱۰
		۲۹-۰۱۱	۵۱	۴۵-۰۳۳	۳۱	۴۲-۰۲۳	۱۱
		۲۹-۰۱۳	۵۲	۴۵-۰۴۳	۳۲	۴۴-۰۰۱	۱۲
		۲۹-۰۱۵	۵۳	۴۵-۰۴۹	۳۳	۴۴-۰۰۳	۱۳
		۲۹-۰۲۷	۵۴	۴۵-۱۰۱	۳۴	۴۴-۰۰۷	۱۴
		۴۴-۰۱۵	۵۵	۴۵-۲۰۳	۳۵	۴۴-۰۰۹	۱۵
		۴۴-۰۱۷	۵۶	۴۵-۲۰۵	۳۶	۴۴-۰۱۱	۱۶
		۴۴-۰۱۹	۵۷	۴۵-۲۰۹	۳۷	۴۴-۰۲۷	۱۷
		۵۱-۰۰۹	۵۸	۴۵-۲۳۱	۳۸	۴۴-۰۲۹	۱۸
		۵۲-۰۰۵	۵۹	۴۵-۹۸۱	۳۹	۴۴-۰۳۵	۱۹
		۵۲-۰۰۷	۶۰	۴۶-۰۰۳	۴۰	۴۴-۰۵۱	۲۰

جدول ۳- کل گروه زیرحوضه‌های همگن بر مبنای ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی در دوره آماری ۲۰ سال

گروه زیرحوضه‌های همگن برای دوره آماری ۲۰ ساله (اعداد مربوطه بیانگر شماره زیر حوضه‌ها می‌باشد.)

گروه هفته	گروه شش	گروه پنج	گروه چهار	گروه سه	گروه دو	گروه یک	فاصله اقلیدوسی
۱۹	۴۴, ۳۳, ۳۱, ۲۹, ۲۸, ۶۴	۴۲, ۴۰, ۳۴, ۲۲, ۱۲, ۳۰, ۴۵, ۴۳, ۶۳, ۲۱, ۳۹, ۲۴, ۹, ۳۷, ۲۷	۵, ۱۵, ۱, ۱۸, ۱۷	۸, ۴, ۴۹, ۴۷, ۵۴, ۲۶, ۵۷, ۲۰, ۱۰, ۷	۳۶	۶, ۵۲, ۵۰, ۳, ۲, ۵۱, ۱۴, ۵۶, ۴۸, ۳۵, ۶۰, ۵۵, ۵۳, ۵۸, ۱۶	۲
-	-	۲۸, ۶۴, ۴۴, ۳۳, ۳۱, ۲۷, ۲۵, ۲۴, ۹, ۲۹, ۱۹, ۳۷	۴۲, ۴۰, ۳۴, ۲۲, ۱۲, ۳۰, ۴۵, ۴۳, ۶۳, ۲۱, ۳۹, ۲۴, ۹, ۳۷, ۲۷	۸, ۴, ۴۹, ۴۷, ۵۴, ۲۶, ۵۷, ۲۰, ۱۰, ۷	۳۶	۶, ۵۲, ۵۰, ۳, ۲, ۵۱, ۱۴, ۵۶, ۴۸, ۳۵, ۶۰, ۵۵, ۵۳, ۵۸, ۱۶	۴
-	-	-	-	۶۳, ۲۱, ۴۲, ۴۰, ۳۴, ۲۲, ۱۲, ۳۳, ۱۱, ۴۱, ۳۹, ۳۰, ۴۵, ۴۳, ۶۳, ۲۱, ۳۹, ۲۴, ۹, ۳۷, ۲۷	۲۶, ۵۷, ۲۰, ۴, ۴۹, ۴۷, ۵۴, ۱۷, ۱۰, ۷, ۸	۶, ۵۲, ۵۰, ۳, ۲, ۵۱, ۱۴, ۵۶, ۴۸, ۳۵, ۶۰, ۵۵, ۵۳, ۳۶, ۵۸, ۱۶	۹

Dendrogram using Ward Method



شکل ۴- نمودار دندانه ای خوشه‌ها بر مبنای ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه‌های آبخیز منطقه

جدول ۵- میزان دقت مدل در فرض دوم

Classification Results ^{b,c}					
	Group	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count	17	0	0	17
	2	0	16	0	16
	3	0	0	32	32
%	1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated ^a	Count	17	0	0	17
	2	0	16	0	16
	3	0	0	32	32
%	1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	.0	.0	100.0	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

جدول ۴- میزان دقت مدل در فرض اول

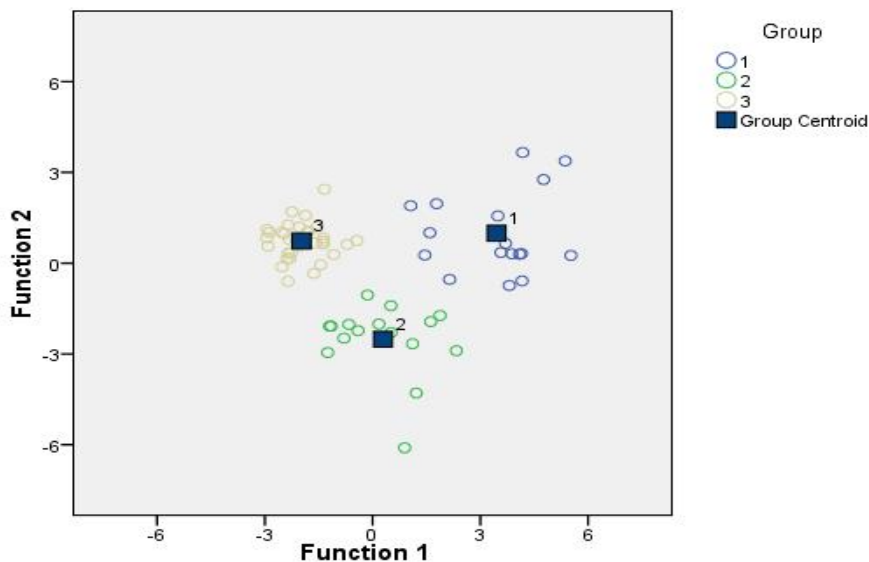
Classification Results ^{b,c}					
	Group	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count	16	0	0	16
	2	1	14	0	15
	3	0	1	33	34
%	1	100.0	.0	.0	100.0
	2	6.7	93.3	.0	100.0
	3	.0	2.9	97.1	100.0
Cross-validated ^a	Count	16	0	0	16
	2	1	14	0	15
	3	0	2	32	34
%	1	100.0	.0	.0	100.0
	2	6.7	93.3	.0	100.0
	3	.0	5.9	94.1	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 96.9% of original grouped cases correctly classified.

c. 95.4% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Canonical Discriminant Functions

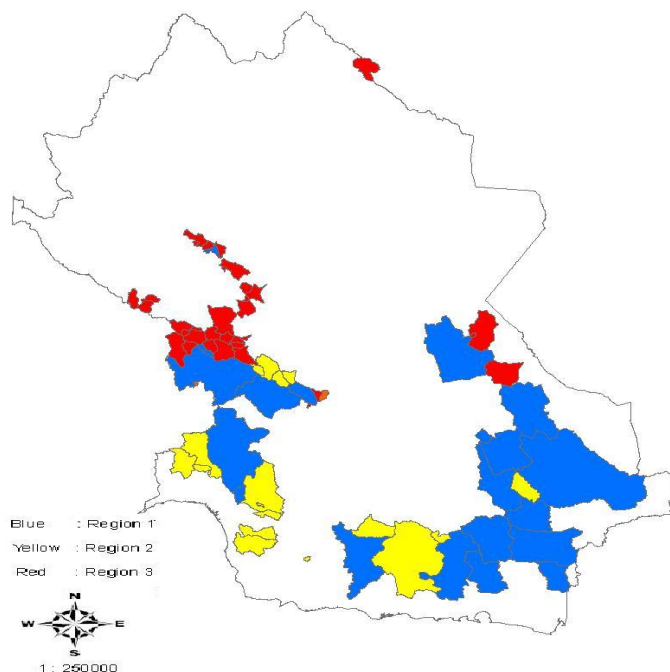


شکل ۵- گروه‌های همگن زیرحوضه‌های انتخابی برای دوره آماری ۲۰ سال به روش توابع تشخیص کانونیک

جدول ۶- گروه زیرحوضه‌های همگن انتخابی برای دوره‌های آماری مختلف بر مبنای گشتاورهای خطی

گروه زیرحوضه‌های همگن				فاصله
گروه سه	گروه دو	گروه یک		اقلیدوسی
۵۹, ۶۲, ۳۸, ۳۲, ۱۱, ۴۱, ۳۹, ۳۰, ۴۵, ۴۳, ۶۳, ۲۱, ۴۲, ۴۰, ۳۴, ۲۲, ۱۲	۷, ۸, ۴, ۴۷, ۵۴, ۲۶, ۵۷, ۲۰	۵۱, ۱۴, ۵۶, ۴۸, ۶, ۵۲, ۵۰, ۳, ۲		۹
۱۹, ۳۷, ۲۷, ۲۵, ۲۴, ۲۹, ۲۸, ۶۴, ۴۴, ۳۳, ۳۱, ۲۳, ۶۵, ۴۶, ۱۳, ۶۱	۹, ۵, ۱۵, ۱, ۱۸, ۱۷, ۱۰	۳۶, ۴۹, ۵۸, ۱۶, ۳۵, ۶۰, ۵۵, ۵۳		

در نهایت با استفاده از نرم افزار (ARC GIS 9.2) حوضه‌های همگن که در یک گروه مشخص شدند ترسیم و در شکل (۶) مشاهده می‌شوند.



شکل ۶- حوضه‌های همگن در منطقه بر اساس فاصله اقلیدوسی ۹

جدول ۷- نسبت‌های بی بعد دبی حداکثر روزانه سیلاب در حوضه‌های آبخیز گروه یک، دو، سه

شماره گروه	کد ایستگاه	Q۲/Q۲	Q۵/Q۲	Q۱۰/Q۲	Q۲۰/Q۲	Q۲۵/Q۲	Q۵۰/Q۲	Q۱۰۰/Q۲
۱	۲۷-۰۱۷	۱	۲/۰۱	۲/۸۱	۳/۶۶	۳/۹۴	۴/۸۸	۵/۸۹
۱	۴۴-۰۰۷	۱	۲/۱۸	۳/۲۷	۴/۵۸	۵/۰۵	۶/۶۹	۸/۶۱
۱	۴۴-۰۱۱	۱	۲/۳۸	۳/۷۵	۵/۴۵	۶/۰۷	۸/۳	۱۰/۹۹
۱	۲۹-۰۰۵	۱	۳/۳۴	۵/۳۹	۷/۶۱	۸/۳۶	۱۰/۷۶	۱۳/۲۷
۱	۲۹-۰۰۷	۱	۳/۴۱	۵/۵۴	۷/۸۵	۸/۶۳	۱۱/۱۴	۱۳/۷۷
۱	۲۹-۰۰۹	۱	۲/۲	۴/۱۲	۵/۵۸	۶/۰۷	۷/۶۱	۹/۱۹
۱	۲۹-۰۱۱	۱	۲/۹۷	۵/۰۲	۷/۶	۸/۵۶	۱۱/۸۴	۱۵/۷۲
۱	۲۹-۰۱۵	۱	۲/۹۱	۴/۵۱	۶/۲	۶/۷۶	۸/۵۵	۱۰/۴۱
۱	۴۴-۰۱۵	۱	۲/۱۶	۲/۶۹	۳	۳/۰۷	۳/۲	۳/۲۷
۱	۴۴-۰۱۷	۱	۲/۳۸	۳/۴۴	۴/۵۲	۴/۸۸	۵/۹۹	۷/۱۳
۱	میانگین	۱	۲/۶۵	۴/۰۵	۵/۶۱	۶/۱۴	۷/۹	۹/۸۳
۱	میانه	۱	۲/۵۵	۳/۹۳	۵/۵۲	۶/۰۷	۷/۹۵	۹/۸
شماره گروه	کد ایستگاه	Q۲/Q۲	Q۵/Q۲	Q۱۰/Q۲	Q۲۰/Q۲	Q۲۵/Q۲	Q۵۰/Q۲	Q۱۰۰/Q۲
۲	۲۷-۰۰۳	۱	۲/۶۲	۳/۹۱	۵/۱۹	۵/۶	۶/۸۲	۷/۹۷
۲	۴۴-۰۰۷	۱	۱/۸۱	۲/۴۶	۳/۰۸	۳/۳	۴/۰۱	۴/۷۶
۲	۲۷-۰۲۷	۱	۲/۳۴	۳/۳۶	۴/۴	۴/۷۴	۵/۸۱	۶/۹
۲	۲۸-۰۱۱	۱	۱/۸	۲/۳۶	۳/۹۳	۳/۱۲	۳/۷۱	۴/۳۲
۲	۴۴-۰۰۹	۱	۲/۸۵	۴/۲۳	۴/۳۶	۷/۱۷	۱۰/۰۸	۱۳/۷
۲	۴۴-۰۲۷	۱	۲/۲۸	۳/۴	۴/۶۵	۵/۰۹	۶/۵۱	۸/۰۶
۲	۴۴-۰۲۹	۱	۲/۲۷	۳/۵	۴/۹۸	۵/۵۳	۷/۴۶	۹/۷
۲	۴۵-۰۱۳	۱	۱/۸	۲/۳۴	۲/۸۷	۳/۰۴	۳/۵۷	۴/۱۱
۲	۲۹-۰۰۱	۱	۲/۹۹	۴/۶۷	۶/۴۶	۷/۰۵	۸/۹۶	۱۰/۹۴
۲	میانگین	۱	۲/۲۸	۳/۳۶	۴/۵۵	۴/۹۶	۶/۳۲	۷/۸۳
۲	میانه	۱	۲/۲۸	۳/۴	۴/۶۵	۵/۰۹	۶/۵۱	۷/۹۷

Q1+0/Q2	Q50/Q2	Q25/Q2	Q20/Q2	Q10/Q2	Q5/Q2	Q2/Q2	کد ایستگاه	شماره گروه
۴/۱۲	۳/۵۶	۳/۰۲	۲/۸۴	۲/۳۱	۱/۷۷	۱	۴۴-۰۳۵	۳
۳/۵۹	۳/۳۶	۳/۰۵	۲/۹۳	۲/۵	۱/۹۵	۱	۴۴-۱۱۱	۳
۴/۹۵	۴/۲۷	۳/۵۸	۳/۳۶	۲/۶۸	۱/۹۸	۱	۴۵-۰۰۱	۳
۴/۷	۴/۰۷	۳/۴۳	۳/۲۲	۲/۵۸	۱/۹۳	۱	۴۵-۰۰۵	۳
۵/۵۸	۴/۶۴	۳/۷۶	۳/۴۹	۲/۷	۱/۹۶	۱	۴۵-۰۰۷	۳
۸/۵۲	۷/۰۸	۵/۶۸	۵/۲۴	۳/۹	۵/۶۱	۱	۴۵-۱۰۱	۳
۳/۶۵	۳/۲۱	۲/۷۷	۲/۶۳	۲/۱۸	۱/۷۱	۱	۴۶-۰۰۳	۳
۳/۹۱	۳/۳۴	۲/۸	۲/۶۴	۲/۱۳	۱/۶۵	۱	۴۶-۰۰۵	۳
۲/۱۸	۲/۰۶	۱/۹۱	۱/۸۶	۱/۶۸	۱/۴۵	۱	۴۶-۰۰۹	۳
۶/۲۵	۵/۴۶	۴/۶	۴/۳	۳/۳۵	۲/۳۵	۱	۴۶-۰۲۳	۳
۶/۹۷	۴/۶۹	۴/۵	۴/۱۴	۳/۰۹	۲/۱۳	۱	۴۴-۰۰۱	۳
۹/۶۵	۸/۳۸	۶/۹۳	۶/۴۴	۴/۸	۳/۰۹	۱	۵۲-۰۰۵	۳
۶/۰۴	۵/۲۳	۴/۳۸	۴/۰۹	۳/۱۹	۲/۲۵	۱	۴۴-۰۰۳	۳
۵/۳۹	۴/۶۴	۳/۸۸	۳/۶۳	۲/۸۵	۲/۰۶	۱	میانگین	۳
۴/۹۵	۴/۲۷	۳/۵۸	۳/۳۶	۲/۶۸	۱/۹۶	۱	میانه	۳

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 2.25Ln(Tr) - 0.9065 \quad R = 0.9963 \quad \text{For Group no 1} \quad (7)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 2.263Ln(Tr) - 0.9904 \quad R = 0.9951 \quad \text{For Group no 1} \quad (8)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.7386Ln(Tr) - 0.4753 \quad R = 0.9961 \quad \text{For Group no 2} \quad (9)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.7877Ln(Tr) - 0.5232 \quad R = 0.9964 \quad \text{For Group no 2} \quad (10)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.123Ln(Tr) - 0.2493 \quad R = 0.9998 \quad \text{For Group no 3} \quad (11)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.0092Ln(Tr) - 0.3266 \quad R = 0.9998 \quad \text{For Group no 3} \quad (12)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.6483Ln(Tr) - 0.3157 \quad R = 0.9982 \quad \text{For Total Basin} \quad (13)$$

$$\frac{Q_{Tr}}{Q_2} = 1.5121Ln(Tr) - 0.1366 \quad R = 0.9994 \quad \text{For Total Basin} \quad (14)$$

جدول ۸- میانگین و میانه نسبت‌های بی بعد دبی حداکثر روزانه سیلاب در کل حوضه‌های آبخیز بدون در نظر گرفتن گروه‌های همگن

نسبت بی بعد در کل حوضه ها	Q۲/Q۲	Q۵/Q۲	Q۱۰/Q۲	Q۲۰/Q۲	Q۲۵/Q۲	Q۵۰/Q۲	Q۱۰۰/Q۲
میانگین	۱	۲/۳	۳/۲۷	۴/۵۳	۴/۹۳	۶/۲۳	۷/۶۴
میانه	۱	۲/۲۵	۳/۲۷	۴/۳	۴/۶	۵/۶۹	۵/۹

$$Q_2 = 0.022A + 46.90 \quad R = 0.65 \quad (15)$$

ساخت مدل‌های مبتنی بر روش رگرسیون چند متغیره

خطی با عوامل فیزیو گرافی

برای ساخت مدل ریاضی رگرسیون چند متغیره خطی تمام ۱۰ عامل فیزیوگرافی و حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره بازگشت ۲ سال که از نقشه بارندگی استخراج شده در مدل قرار گرفته و همچنین از روش‌های پیشرو، پسر و روشی انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار معنی دار بوده و همچنین این مقدار کمتر از ۵ درصد و در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار باشد. در نهایت رابطه ۱۶ در گروه یک، رابطه ۱۷ در گروه دو و رابطه ۱۸ در گروه سه برای برآورد دبی با دوره بازگشت ۲ سال در نرم افزار (SPSS 16) محاسبه شد.

سرانجام اقدام به ایجاد رابطه رگرسیونی بین دبی با دوره بازگشت ۲ سال و مساحت حوضه‌ها در هر گروه شد. مقدار ضریب همبستگی در گروه یک ۰/۲۴ در گروه دو ۰/۸۱ و در گروه سه ۰/۳۸ بدست آمد. با توجه به مقدار ضریب همبستگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد تنها برای گروه دو می‌توان رابطه ای بین دبی با دوره بازگشت دو سال و مساحت حوضه‌ها استخراج نمود، بنابراین از این راه برای برآورد دبی دو ساله صرف نظر و از روش رگرسیون چند متغیره استفاده شد. اما رابطه رگرسیونی بین دبی با دوره بازگشت ۲ سال و مساحت حوضه‌ها بدون استفاده از گروه بندی با ضریب همبستگی برابر ۰/۶۵ بدست آمد، که در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد. در نتیجه مقدار دبی دو ساله با مساحت حوضه‌ها از رابطه (۱۵) محاسبه و در نهایت مقادیر دبی بدست آمده برای دوره بازگشت‌های مختلف از روابط (۱۳) و (۱۴) در جدول (۹) مشاهده می‌شود.

$$Q_2 = 11.783P_a - 0.192H + 0.048A - 1.122L_r + 7.616G + 149.874S_r + 259.93S_b - 438.45, \quad R = 0.964 \quad (16)$$

$$Q_2 = 0.178A + 20.126S_r + 3.708P_a + 3.87L_r - 8.884L_b - 196.199, \quad R = 0.985 \quad (17)$$

$$Q_2 = 1.073L_r + 0.962P - 0.113A + 3.096S_r + 2.258P_a - 0.023H - 72.31, \quad R = 0.968 \quad (18)$$

در این روابط:

$$Q = \text{دبی اوج سیلابی در دوره بازگشت دو سال} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$A = \text{مساحت حوضه آبخیز به کیلومتر مربع}$$

$$P = \text{محیط حوضه (km)}$$

$$L_b = \text{طول حوضه (km)}$$

$$L_r = \text{طول آبراهه اصلی (km)}$$

$$H = \text{ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا (m)}$$

$$S_b = \text{شیب حوضه (\%)}$$

$$S_r = \text{شیب آبراهه اصلی (\%)}$$

$$G = \text{ضریب گراویلیوس (گردی)}$$

$$P_a = \text{بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته در دوره بازگشت دو سال (mm)}$$

برای آزمون معادله‌های ۱۶ تا ۱۸ از آمار سه حوضه که در ایجاد این معادلات نقشی نداشته اند (از هر گروه همگن یک حوضه)

استفاده شد، که در جدول (۹) نتایج این تحلیل آمده است. جهت دستیابی به مقادیر دبی جریان سیلابی بطور پیوسته در داخل شبکه آبراهه‌ها لازم است از مدلی استفاده شود که از کارایی و دقت بهتر و از نظر آماری از اعتبار کافی برخوردار باشد. یکی از معیارهایی که اغلب در بررسی دقت مدل‌های منطقه ای استفاده می‌شود، معیار جذر میانگین مربع خطا (RMSE)، می‌باشد. در این تحقیق نیز پس از برآورد دبی حداکثر روزانه سیلاب حوضه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف از طریق مدل‌های جریان، و مقایسه با دبی‌های بدست آمده از طریق مناسب ترین تابع توزیع احتمال، مقادیر مربع خطای آنها محاسبه گردید. نهایتاً مقادیر جذر میانگین مربع خطا برای هر ایستگاه از طریق معادله (۱۶) بدست آمد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Q_o - Q_{es})^2}{n}} \quad (16)$$

در این رابطه

پرت در ۶۰ ایستگاه هواشناسی و ۱۰ ایستگاه هیدرومتری مشاهده شد. داده‌های پرت در ایستگاه‌های هواشناسی حذف شد، اما برای آنکه صحت و سقم داده‌های پرت در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد تأیید قرار گیرد، داده‌های همزمان ایستگاه‌های بالا دست این ۱۰ ایستگاه نیز بررسی شد و این داده‌ها به عنوان ارقام پرت شناخته نشد. برای بازسازی نواقص آماری، از ایستگاهی که بیشترین ضریب همبستگی در سالهای مشترک با ایستگاهی که نیاز به بازسازی دارد، استفاده شد. حداکثر سالهای مجاز برای بازسازی از روش پیشنهادی توسط سازمان هواشناسی جهانی استفاده شد. در آزمون ایستائی مشخص شد که در ایستگاه‌های هواشناسی ۷ ایستگاه و در ایستگاه‌های هیدرومتری ۲ ایستگاه دارای ترند می‌باشد. ایستگاه‌هایی که دارای ترند بودند از محاسبات حذف شدند. در منطقه مورد مطالعه ۴۶۹ ایستگاه هواشناسی و ۱۳۳ ایستگاه هیدرومتری موجود می‌باشد که از این تعداد ۱۴۶ ایستگاه هواشناسی و ۴۳ ایستگاه هیدرومتری توانست

$$Q_o = \text{دبی مشاهده ای}$$

$$Q_{es} = \text{دبی تخمینی}$$

واضح است، مدلی که مقادیر RMSE کمتری را نتیجه دهد، مناسب تر است. با توجه به جدول (۹) مشاهده می‌شود که مدل جریان حاصل از گروه همگن، مناسب تر از مدل کل منطقه برای حوضه‌های انتخابی این تحقیق می‌باشد. ضمناً ماتریس همبستگی کل متغیرها نشانگر همبستگی معنی دار متغیرهای موجود در معادله‌های رگرسیون پس از اقدام قدم به قدم حذف متغیرها می‌باشد (جدول ۹).

نتایج و بحث

هدف این پژوهش تخمین مقدار دبی سیلاب در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار با استفاده از ترکیب روش شاخص سیلاب و رگرسیون چند متغیره می‌باشد. برای اطمینان از عدم وجود داده پرت، از آزمون داده‌های پرت استفاده شد. در این آزمون وجود داده

جدول ۹- صحت سنجی مدل، با و بدون گروه بندی در دوره بازگشت‌های مختلف ($\frac{m^3}{s}$)

گروه	نام حوضه	کد ایستگاه	مساحت	دوره بازگشت (سال)	دبی مشاهده ای	دبی برآوردی بر اساس میانگین یا گروه بندی	دبی برآوردی بر اساس میانگین بدون گروه بندی	دبی برآوردی بدون گروه بندی
۱	هلیل - کهنک شیبانی	۴۴-۰۱۱	۱۲۵۹۷.۱	۲	۱۹۲	۱۸۷	۱۸۷	۳۲۴
				۵	۴۵۷	۵۰۸	۴۹۶	۷۴۴
				۱۰	۷۱۹	۷۹۹	۷۸۹	۱۰۸۴
				۲۰	۱۰۴۶	۱۰۹۱	۱۰۸۲	۱۴۲۳
				۲۵	۱۱۶۷	۱۱۸۵	۱۱۷۷	۱۵۳۳
				۵۰	۱۵۹۴	۱۴۷۶	۱۹۸۷	۱۸۷۲
				۱۰۰	۲۱۱۱	۱۷۶۸	۱۷۶۳	۲۲۱۲
				RMSE		۱۴۳	۱۴۴	۲۹۲
				۲	۱۰۴	۱۲۸	۱۲۸	۷۱
				۵	۲۷۲	۲۹۷	۳۰۱	۱۶۳
۲	جاماش - سرمقسم	۲۷-۰۰۳	۱۰۸۱.۳۲	۱۰	۴۰۶	۴۵۱	۴۵۹	۲۳۸
				۲۰	۵۴۰	۶۰۵	۶۱۸	۳۱۲
				۲۵	۵۸۲	۶۵۵	۶۶۹	۳۳۶
				۵۰	۷۰۹	۸۰۹	۸۲۸	۴۱۰
				۱۰۰	۸۲۸	۹۶۳	۹۸۶	۴۸۵
				RMSE		۷۷	۹۰	۲۲۷
				۲	۲۴	۲۳	۲۳	۶۲
				۵	۵۴	۳۶	۳۰	۱۴۲
				۱۰	۷۷	۵۴	۴۵	۲۰۷
				۲۰	۹۸	۷۱	۶۲	۲۷۲
۳	لاله زار - جعفرآباد	۴۶-۰۰۹	۶۶۸.۷۷	۲۵	۱۰۵	۷۷	۶۷	۲۹۳
				۵۰	۱۲۶	۹۵	۸۳	۳۵۸
				۱۰۰	۱۴۵	۱۱۳	۹۹	۴۲۳
				RMSE		۲۵	۳۴	۱۷۸
				۲	۲۴	۲۳	۲۳	۶۲
				۵	۵۴	۳۶	۳۰	۱۴۲

حوضه‌های آبخیز فاقد آمار در این منطقه مشخص گردید. برای صحت سنجی روابط ریاضی بدست آمده از آمار ۳ ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه که در ایجاد معادلات نقشی نداشته اند استفاده شد. مقادیر دبی ۲ سال از روابط رگرسیون چند متغیره بدست آمد و از روابط شاخص سیلاب دبی با دوره بازگشت‌های بالاتر نیز محاسبه گردید. با توجه به مقاسیه میزان RMSE در روابط بدست آمده از همگن بندی و بدون همگن بندی مشخص شد که، استفاده از همگن بندی نتایج قابل قبول تری را از روابط ایجاد شده بدون در نظر گرفتن هر گونه همگن بندی ارائه می‌کند.

تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری که امکان و مراحل تحقیق حاضر را فراهم نموده است، تشکر و قدردانی می‌گردد. از همکاران این مرکز آقایان مهندس نجفقلی غیثی و مهندس باقر قرمزچشمه و خانم مهندس سیده هدی رحمتی قدردانی می‌گردد.

پس از بازسازی و گذر از آزمون‌های ایستائی و داده پرت به دوره آماری ۲۰ سال برسد. با استفاده از نرم افزار HYFA دوره بازگشت حداکثر دبی سیلاب سالانه محاسبه شد. توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ توزیع غالب شناخته و از آن توزیع استفاده گردید. مرز حوضه‌های آبخیز در نرم افزار (ARC GIS 9.2) مشخص و شبکه آبراهه‌ها ترسیم و خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری حوضه استخراج شد و نقشه بارندگی در دوره بازگشت ۲ سال استخراج و مقادیر بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته در هر حوضه مشخص شد. خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری حوضه به‌علاوه مقادیر بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته در نرم افزار (SPSS 16) مورد تحلیل عاملی قرار گرفت و با استفاده از منحنی خوشه ای و تابع تشخیص با فاصله اقلیدوسی ۹ حوضه‌ها در سه گروه همگن قرار گرفتند. در هر منطقه منحنی‌های رشد منطقه ای بین دوره بازگشت به‌عنوان متغیر مستقل و شاخص سیلاب به‌عنوان متغیر وابسته ترسیم و روابط بین دبی با دوره بازگشت ۲ سال و دبی با دوره بازگشت مختلف استخراج شد. در نهایت عوامل فیزیوگرافی با روش رگرسیون چند متغیره خطی در هر گروه مورد تحلیل قرار گرفت و روابط ریاضی برآورد دبی سیلاب در

منابع

- ۱- تلوری ع. ۱۳۸۲. واسنجی و مقایسه کاربرد برخی روشهای تجربی برای برآورد دبی‌های حداکثر لحظه ای در حوضه آبخیز کرخه، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۵۱ صفحه
- ۲- خدمتی ح. ۱۳۸۸. بررسی و تحلیل سیلاب‌های جنوب شرق کشور با روش همگن بندی، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی - دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران.
- ۳- هنربخش ا. ۱۳۷۴. آنالیز منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز دریاچه نمک، پایان نامه کارشناسی ارشد - دانشگاه تهران.
- ۴- مهدوی م ۱۳۸۵ هیدرولوژی کاربردی، جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران شماره ۲۱۲۴، تهران ۱۳۸۵، صفحات ۲۲۳-۲۳۰
- 5- Barn D.H and Goel N.K. 2000. The formation of groups for regional flood frequency analysis, *Hydrological Sciences J*, 45(1)
- 6- Castellarin A. 2005. Probabilistic behavior of a regional envelope curve. *Water Resources Research*, 41, W06018, doi: 10.1029/2004WR003042.
- 7- Castellarin A. 2007. Probabilistic envelope curves for design flood estimation at ungauged sites, *Water Resources Research*, Vol. 43, W04406, doi: 10.1029/2005WR004384
- 8- Dalrymple, T. 1960. Flood-frequency analysis, U.S. Geological Survey Water Supply, Paper 1543-A.
- 9- Jarvis, C. S. 1925. Flood Flow Characteristics. *Trans. ASCE*, 88: 985-1032.
- 10- Nathan R.J. 1993. On the assessment of catchment similarity for the transposition of Hydrologic Indices- *Hydrology and Water Resources Symposium*
- 11- Wang Y. 2000. Development of methods for regional flood estimation in the province of British Colombia, Canada, PhD thesis, University of British Colombia, p: 200.
- 12- Wiltshires S. E. 1986. Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis *J. of hydrology*, 84, 287-302.

Zonation and Estimation of Flood Discharge in Ungauged Sites Located in South-East Basins of Iran Using a Combination of Flood Index and Multi-Variable Regression Methods (Sistan and Baluchistan, Kerman, Yazd and Hormozgan Provinces)

H. Khedmati^{1*}- M. Manshour²- M. Heydarizadeh³- H. Sedghi⁴

Abstract

South-east basins of Iran which is including Sistan and Baluchistan, Kerman, Yazd and Hormozgan provinces has an extensive desert called " Loot " and this region is one of the hottest and driest parts of Iran. Few numbers and the lack of uniformity in scattering of hydrometric stations are main characteristics of this region. Another problem in this region is that data are short-term, so it leads to have ungauged sites. Data generation helped us to have at most 43 hydrometric stations with 20 years data plus 10 stations with 30 years data. On the other hand, in hydrology for fitting statistical distribution on rainfall and runoff, at least we need to have 30 years data and even more. Thus for analyzing different methods of flood estimation and presenting logical relationships in sub-basins, first of all we gathered meteorology, hydrology and ecological features and also morphometric characteristics were measured. Homogeneity test was done for data and they have been completed in a 20 years data. The group of homogeneous sub-basins has been determined using some methods like: Index Flood, cluster analysis and, multi-variable regression while some physiographic properties and ordinary and linear moments were used. Common statistical distributions have been tested and dominant statistical distribution of region was finally determined Log Pearson type III and based on that peak discharge with different return periods have been estimated to present mathematical models. Then, generated models have been tested using three other sub-basins which hadn't participated in presenting mathematical models. At last, the most appropriate mathematical relationships for flood discharge estimation in different return periods have been achieved in ungauged sites of south-east basins of Iran.

Keywords: Regional flood analysis, Ungauged sites, Flood index, Mathematical model, Cluster analysis, Multi-variable regression

1,2,4 - M.Sc. Graduated Student, Assistant Professor and Full Professor, Dept. of Water Sciences and Engineering, Islamic Azad University, Science and Research branch, Tehran, Respectively

(* - Corresponding author Email: hamed.khedmati@gmail.com)

3- Assistant Professor and Head of Hydrology and Water Resources Research, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran