تحلیل فراوانی سیلاب به روش رگرسیونی هیبرید جهت ارائه مدل منطقه‌ای (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

سیدهاشم حسینی[1*]، مجید عباسی زاده[2] و محمدرضا خالقی[1]

[1] استادیار گروه منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام، ایران.
[2] استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، ایران.

(تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۶/۲۹ - تاریخ تصویب:۱۳۹۱/۶/۲۵)

چکیده

در مناطق دارای فاقد آمار یا با آمار ناچیز، برای برآورد دبی باید از روش‌های غیر مستقیم استفاده نمود. در بین روش‌های غیر مستقیم، روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب، بیشترین کاربرد را دارا می‌باشند. یکی از روش‌های ارائه شده برای تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک روش هیبرید است. این روش بر اساس روش ایستگاه- سال بوده و در آن از تمام آمار قابل دسترس ایستگاه‌ها جهت غلبه بر مشکلات کمبود آمار استفاده می‌شود. روش هیبرید شامل دو بخش است که در بخش اول منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش تجزیه تحلیل عاملی و بر اساس مهمترین پارامترهای حوزه به مناطق همگن تقسیم و آمار سیلاب‌های اوج در هر طبقه با هم ترکیب می‌شوند. در بخش دوم، آمار دبی‌های اوج سیلاب سالیانه بر اساس یک فاکتور تقریبی، استاندارد می‌شوند و سپس در مرحله نهایی فرآیند هیبرید، عامل تقریبی استاندارد بر اساس تکنیکی مرکب از رگرسیون و تحلیل فراوانی سیل اصلاح می‌شود. نتایج بدست آمده نشان می دهد که کمترین میزان خطاهای نسبی برای مدل‌های بدست آمده مربوط به دوره بازگشت ۵۰ ساله بوده و هر چه میزان دوره بازگشت کاهش و یا افزایش یابد، میزان خطاهای نسبی نیز افزایش می‌یابد. به طوریکه در دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ سال میزان خطاهای نسبی به ترتیب ۱/۰۳ و ۰/۷۹ می‌باشد. این امر بیانگر این است که در منطقه مورد مطالعه روش هیبرید برای دوره بازگشت‌های ۲۰ تا ۵۰ سال مناسب است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز فراوانی سیلاب، روش هیبرید، تجزیه تحلیل عاملی، خراسان رضوی

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۵۱۰۵۸۵۹۳ فاکس: ۰۵۲۸۲۲۱۰۰۸۰ E-mail: hhosseini2008@ yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

سیل یکی از مهمترین بلایای طبیعی در جهان بوده است که مشکلات عمده‌ای را در توسعه و عمران بسیاری از کشورها به وجود آورده است، این پدیدهٔ طبیعی، اکنون به یک پدیدهٔ مداوم تبدیل گشته و پیوسته سرمایه و امکانات مالی کشورها را به نابودی می‌کشاند. تعیین دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف امری ضروری برای اجرای طرح‌های مهار سیلاب، طراحی سازه‌های آبی، جلوگیری از فرسایش و طراحی حوضچه ذخیره در یک منطقه است. به همین دلیل است که روش‌های مختلفی از جمله تحلیل منطقه‌ای سیلاب، برای تعیین آن ارائه شده است. شکل‌گیری همه این روش‌ها بر اساس شناخت عوامل مؤثر بر سیلاب‌ها است. جالمارسون و توماس در مطالعه‌ای در حوزه‌های واقع در منطقه خشک ایالت نوادا، روش جدیدی به نام روش هیبرید را برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای در مناطق فاقد آمار ارائه نمودند (Hjalmarson &Thomas, 1992). این روش در ایران و در حوزه آبخیز کارده به کارگیری و نتیجه گرفته شده است که مدل هیبرید نسبت به سیل شاخص در تمامی دوره بازگشت‌ها دقت کمتری دارد و مدل هیبرید فقط در یک طبقه مساحتی کوچک و تا دوره بازگشت ۵۰ سال اعتبار دارد (Nejati, 1998). در البرز جنوبی برای آنالیز منطقه‌ای سیلاب از سه روش هیبرید، رگرسیون چند متغیره و سیل شاخص استفاده و نتیجه گیری شده است که با افزایش دوره بازگشت میزان خطاها در هر سه روش افزایش می یابد و روش هیبرید در دوره‌های بازگشت۲۵،۱۰ و۵۰ ساله نسبت به روش سیل شاخص نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد (Abbasizadeh, 2003). م در شمالشرق کشور، از دو روش هیبرید و سیل شاخص برای تحلیل منطقه‌ای استفاده و نتیجه‌گیری شده است که روش هیبرید در تمامی دوره بازگشت‌ها نسبت به سیل شاخص دقت بیشتری دارد (Saravi *et al.*, 2003). همچنین محققین در منطقه جنوب شرق ایالات متحده برای تخمین جریان اوج ۵۰ساله از روش رگرسیون هیبرید ه استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که این روش در مقایسه با روش‌های جغرافیایی و یا روش‌های مبتنی بر متغییرهای پیش بینی‌کننده، دارای خطای کمتری است (Ken *et al.*, 2007). ع، محققینی نیز در منطقه البرز مرکزی با استفاده از روش استوکاستیک و روش مبتنی بر رگرسیون اقدام به تخمین دبی اوج لحظه ای نموده و به این نتیجه رسیدند که روش مبتنی بر رگرسیون دارای صحت بیشتری است (Salajegheh *et al.*, 2010).

در این مطالعه از روش رگرسیونی هیبرید برای تحلیل منطقه‌ای سیلاب استفاده و نتایج حاصل از این مدل با آمار مشاهده‌ای ایستگاه‌های شاهد مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال شرق کشور مساحتی بالغ بر۴۷۵۷۰کیلومترمربع را شامل می‌شود. از نظر زمین شناسی حوزه‌های رسوبی هزارمسجد- کپه داغ و بینالود به عنوان دو واحد زمین ساختی مجزا بخش عمده منطقه مورد مطالعه را شامل می شود. اقلیم منطقه مورد مطالعه بر اساس روش دمارتن خشک و نیمه خشک و بر اساس روش آمبرژه خشک سرد میباشد. در منطقه مورد مطالعه بیش از ۲۵ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که پس از تهیه آمار مربوط به دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌ها و با توجه به در دسترس بودن خصوصیات اقلیمی و فیزیوگرافی نسبت به انتخاب ایستگاه‌های مناسب اقدام و در روش هیبرید استفاده شد. شکل(۱) موقعیت ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

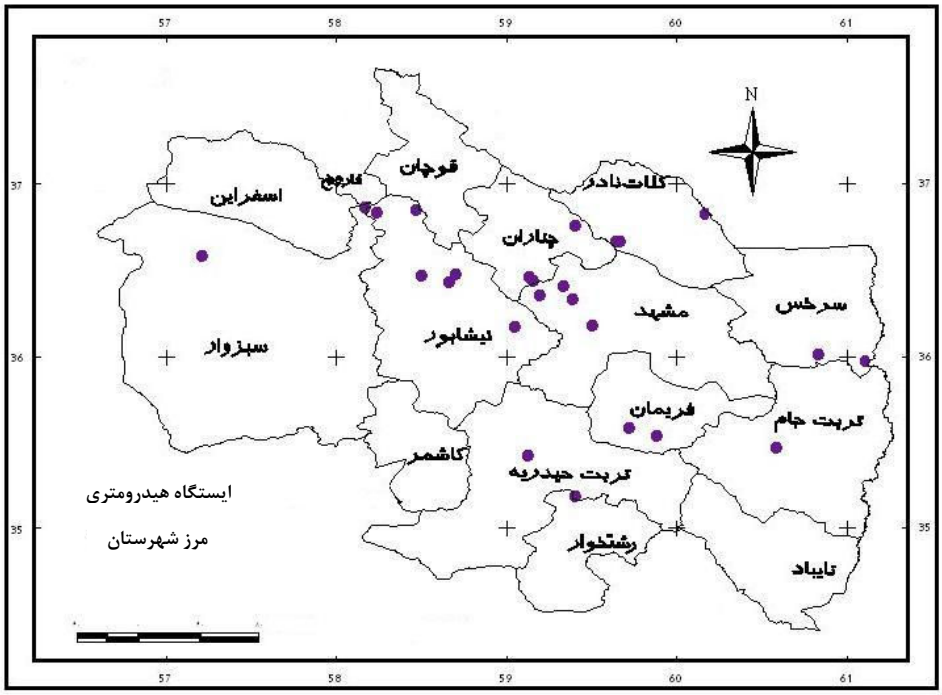
۲- تعیین خصوصیات متمایز کننده مناطق همگن

در این مطالعه تجزیه و تحلیل عاملی برای ۱۶ متغیر اندازه‌گیری شده در حوزه‌های منتخب با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. ابتدا متغیرها که شامل خصوصیات مختلف نظیر، مساحت، محیط، شیب متوسط حوزه، شیب آبراهه اصلی، طول حوزه، طول رودخانه اصلی، ارتفاع متوسط، بارندگی متوسط سالانه، بارش حداکثر ۲۴ ساعته، تراکم زهکشی، ضریب گراولیوس، هورتون، میلر، شیوم، ارتفاع حداکثر و حداقل می‌باشند با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و در محیط GIS تعیین شد. همچنین بارندگی متوسط سالانه و ۲۴ ساعته با توجه به نقشه‌های گرادیان بارش تعیین گردیدند. سپس جهت مقایسهٔ صحیح متغیرها با یکدیگر، کلیه آن‌ها به نمرات Z استاندارد تبدیل شدند تا آنکه به صورت هم واحد درآیند. با توجه به آن که نتایج حاصل از تحلیل عاملی در ابتدا پیچیده بوده و راه‌حل بهینه‌ای به دست نمی‌دهد، لذا به منظور به حداکثر رساندن واریانس بارهای هر یک از عامل‌ها و تسهیل در متغیرهای ساختار عاملی، محورهای عاملی با دوران واریماکس (Varimax) که یکی از روش‌های مرسوم است، دوران یافته تا آن که عامل‌ها به صورت مستقل درآیند. ضمن آن که نامگذاری عامل‌ها نیز بر اساس بارهای عاملی دوران یافته

Archive of SID

www.SID.ir

صورت می‌گیرد. سپس با استفاده از روش برآورد رگرسیونی، ماتریس امتیازات عاملی ایستگاه‌ها استخراج شدند. برای محدود نمودن تعداد عامل‌ها از آمارهٔ KMO (Kaiser-Meyer-Oklin Measure of sampling Adequency) استفاده شد که تعیین‌کنندهٔ میزان تناسب تعداد عامل‌های انتخابی است. در این مرحله با ۰/۷۲۱ = KMO متغیرها انتخاب شدند. این متغیرها به همراه آمارهٔ میزان کفایت داده‌ها MSA(Measure of sampling Adequacy) در جدول (۱) نمایش داده شده‌اند. برای خارج کردن متغیرهای غیرضروری از ماتریس همبستگی ضد تصویر (Anti-Image) کمک گرفته شد. معیار تشخیص این متغیرها، آمارهٔ MSA است که عناصر قطری ماتریس همبستگی هستند، بدین صورت که هر متغیر که دارای کمترین مقدار MSA بود با در نظر گرفتن سطوح معنی‌داری ماتریس ضرایب همبستگی میان متغیرها، از مجموعه متغیرها حذف شدند. در حذف داده‌ها باید میزان KMO و درصد واریانس توجیه کننده را مدنظر داشت، چرا که با حذف یک متغیر، مقدار KMO و درصد واریانس توجیه شده افزایش یا کاهش می‌یابد. پس از انتخاب متغیرهای ضروری، تجزیه عاملی بر اساس این متغیرها صورت گرفت.

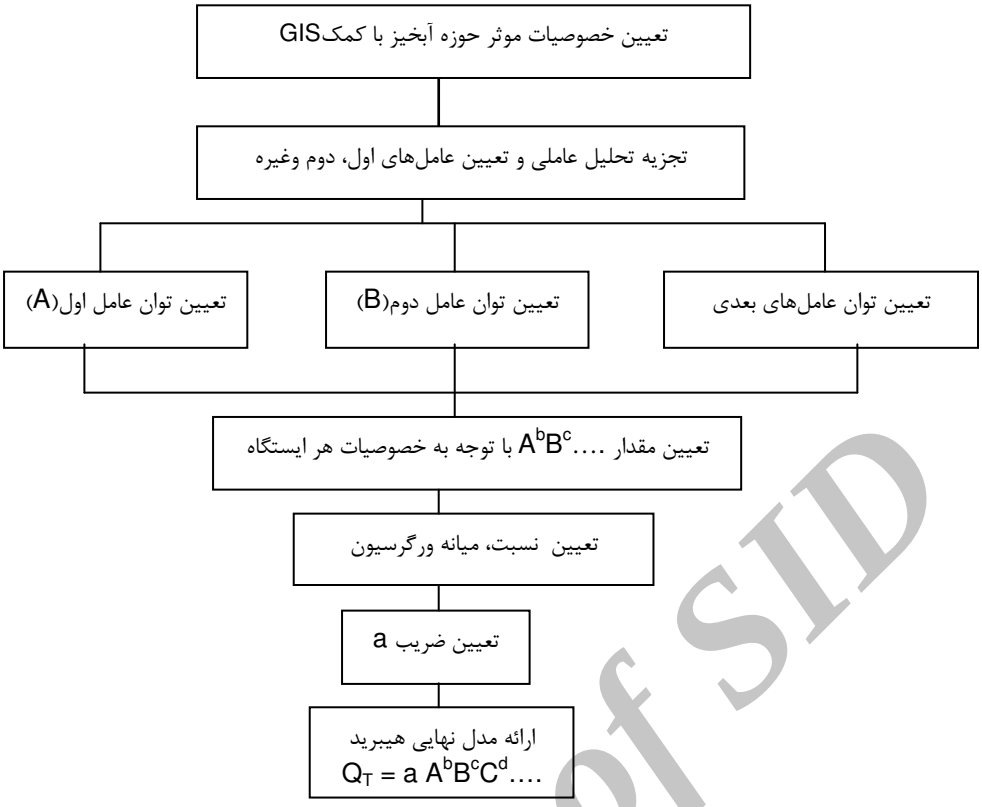


شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در استان خراسان رضوی

۳- روش هیبرید

روش هیبرید یکی از روش‌های تحلیل منطقه‌ای است که بر اساس روش ایستگاه- سال می باشد. در این روش از تمام آمار قابل دسترس ایستگاه‌ها جهت رفع مشکلات کمبود آمار استفاده می‌شود. در مناطق خشک بدلیل مشکلاتی از قبیل سال‌های خشک و کمبود آمار، تعیین آمار تناوب سیل در مناطق دارای ایستگاه میسر نمی‌باشد، زیرا تغییرات دبی‌های اوج لحظه‌ای سالیانه مشاهده شده زیاد بوده و برون‌یابی آن برای تخمین دبی‌های اوج لحظه‌ای بزرگ مثل ۱۰۰ سال منجر به خطای بزرگی می‌شود. در روش هیبرید استاندارد کردن با تقسیم هر داده آماری به توانی از پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه انجام می‌گیرد و سپس آمارهای هر طبقه با یکدیگر ترکیب می‌شوند. روش هیبرید شامل دو بخش است: در بخش اول منطقه براساس مهمترین پارامتر حوزه به حداقل سه منطقه همگن تقسیم می‌گردد و آمار سیلاب‌های اوج در هر طبقه با هم ترکیب می‌شوند. در بخش دوم، آمار دبی‌های اوج سیلاب سالیانه بر اساس یک فاکتور تقریبی، استاندارد می‌شوند و سپس در اواخر فرآیند هیبرید، عامل تقریبی استاندارد بر اساس تکنیکی مرکب از رگرسیون و تحلیل فراوانی سیل اصلاح می‌شود (Abbasizade, 2003 & Sarami, 2003). فرآیند استاندارد کردن بر اساس یکی از پارامترهای حوزه در هر تکرار انجام می‌گیرد (شکل۲).

www.SID.ir



شکل۲- دیاگرام روش هیبرید در تحلیل منطقه‌ای سیلاب

مدل استفاده شده در روش هیبرید مثل انواع مدل‌هایی اکه در روش‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای سیل مورد استفاده است به صورت فرمول(۱) می باشد.

$$Q_T = aA^bB^cC^d.... \qquad (۱)$$

که در این رابطه: Q_T دبی اوج در دوره بازگشت Tساله، A ، B ، و C پارامترهای مستقل حوزه، b، c، d، نماها در معادلهٔ رگرسیون و a مقدار ثابت معادله است.

تقسیم منطقه همگن بر اساس مهمترین پارامتر حوزه که بر خصوصیات سیلاب مؤثر است صورت می‌گیرد، بنابراین سطح حوزه که مهمترین پارامتر حوزه است در اولین فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد. تقسیم‌بندی باید طوری صورت گیرد که در هر طبقه مجموع تعداد داده‌ها حداقل به ۱۰۰ داده برسد و مجموع تعداد داده‌ها در طبقات مختلف به هم نزدیک باشد و در غیر این صورت با وزن‌دادن به طبقات تا حدامکان تعداد داده‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم. از فرمول (۲) می‌توان حداکثر تعداد طبقات را با توجه به فرض حداقل صد داده در هر طبقه تعیین کرد:

$$J \le \frac{Nf}{100} \qquad (۲)$$

در این رابطه J: حداکثر تعداد طبقات است که کمترین مقدار آن سه طبقه است. Nf: تعداد کل داده‌های آماری در هر طبقه است.

سپس میانگین وزنی سطح حوزه (اولین پارامتر) طبق فرمول(۳) تعیین می‌گردد:

$$\overline{A}_j = \text{antilog}\ \frac{\sum_{j=1}^{g}\sum_{k=1}^{h} \log\ A_{ijk}}{gh} \qquad (۳)$$

که در این رابطه: $\bar{A}_i$ = میانگین وزنی سطح حوزه در طبقه i و A_{ijk} = سطح حوزه در طبقه i و در ایستگاه j و در ایستگاه سال k و i = ۱,۲,۳,..f : تعداد طبقات g، j = ۱,۲,۳,..; تعداد ایستگاه‌ها درطبقهٔ i ام و k = ۱,۲,۳,...,h: تعداد سال‌ها در ایستگاه j ام است.

باید خاطر نشان کرد که تعیین تعداد طبقات باید بر اساس دومین و n امین پارامتر فیزیوگرافی به ترتیب صورت گیرد و مقادیر میانگین وزنی آنها نیز محاسبه گردد. مراحل تکرار برای

Archive of SID

www.SID.ir

استاندارد کردن دبی اوج از فرمول (۴) شروع می‌شود و استاندارد کردن با تقسیم دبی اوج به میانگین وزنی سطح در هر طبقه انجام می‌گیرد و در تکرار اول مقدار b، برابر یک درنظر گرفته می‌شود:

$$S_{ijk} = \frac{Q_{ijk}}{A_{ijk}^{b}} \qquad (۴)$$

در این رابطه، S_{ijk} : دبی اوج سالیانه استاندارد k در طبقهٔ i و در ایستگاه j وQ_{ijk} : دبی اوج سالیانه ایستگاه j در طبقهٔ i و در ایستگاه سال k ام و A_{ijk} : مساحت در ایستگاه j در طبقهٔ i ودرایستگاه سال k.

سپس S_{ijk}های هر طبقه با منحنی تناوب سیل یا با استفاده از یک فرمول تجربی برازش داده شده و برای هر طبقه توزیع احتمال مناسب انتخاب می‌شود و بعد از آن S_{ijk}های با دورهٔ بازگشت‌های مختلف برای هر طبقه با استفاده از توزیع مناسب به دست می‌آید (S_{ti}). برای به دست آوردن دبی اوج با دورهٔ بازگشت t ساله، مقادیر S_{ti} به دست آمده بر اساس فرمول (۵) غیر استاندارد می‌شود.

$$Q_{ti}=S_{ti}\,(\bar{A}_i)^{b} \qquad (۵)$$

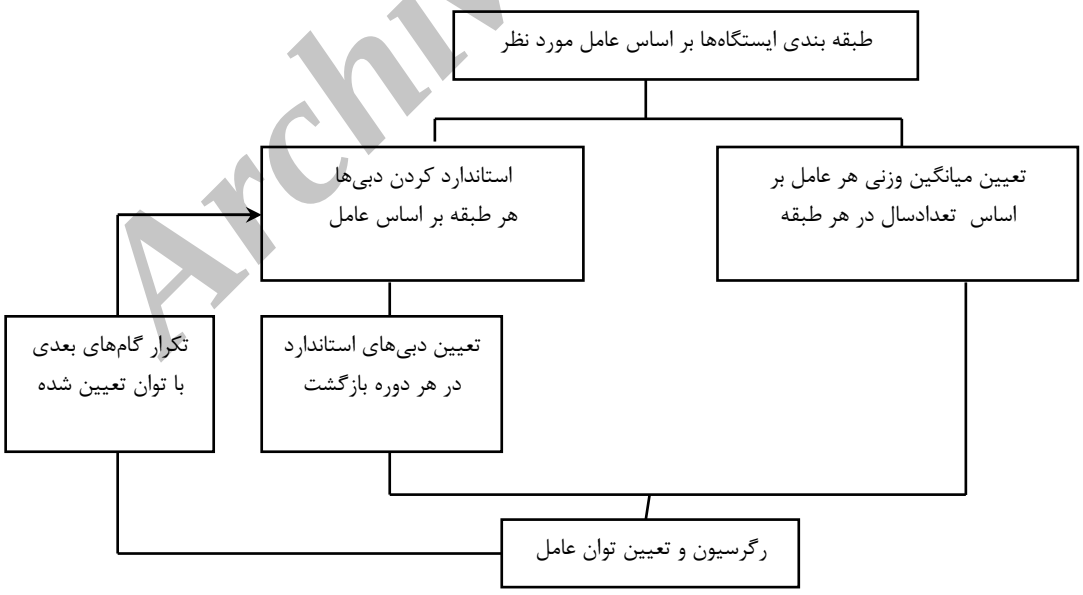
که در این رابطه: Q_{ti} : دبی سیلاب با دورهٔ بازگشت t در طبقهٔ i ام و $\bar{A}_i$: میانگین وزنی مساحت در طبقه i ام

S_{ti}: دبی سیلاب استاندارد شده با دورهٔ بازگشت t در طبقهٔ i ام

میانگین وزنی سطح در طول تکرار ثابت است اما مقادیر b تغییر می‌کند تا این که b ثابت شود. توان جدید در هر دورهٔ بازگشت طبق فرمول(۶) به دست می‌آید:

$$b_t = \frac{\sum_{i=1}^{F} \overline{A}_i Q_{ti} - \sum_{i=1}^{F} A_i \sum_{i=1}^{F} Q_{ti}}{\sum_{i=1}^{F} \overline{A}_i^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^{F} A_i\right]^2}{F}} \qquad (۶)$$

در واقع چنانچه بین Q_{ti}ها و $\bar{A}_i$ها معادلهٔ رگرسیونی ایجاد گردد، b_t شیب معادله و یا به عبارت دیگر ضریب متغیر $\bar{A}_i$ می‌باشد. با توان جدید محاسباتی مرحلهٔ بعد تکرار می‌شود به این نحو که این بار مقادیر Q_{ijk} را با تقسیم کردن بر (A_{ijk}) به توان b_t، استاندارد می‌کنیم و باز مراحل انتخاب توزیع مناسب و محاسبهٔ S_{ti} اجرا می‌گردد تا به bt جدیدتر برسیم. این تکرارها تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تغییرات b_t کمتر از ۰.۱٪ شود و اگر بعد از استفاده از پارامتری، b ثابت نشد نشان دهندهٔ این است که رابطهٔخطی بین پارامتر و دبی اوج وجود نداشته و لذا در مدل وارد نمی‌شود (شکل ۳).



شکل۳- دیاگرام تعیین توان عامل‌های مدل هیبرید

وقتی مهمترین پارامتر حوزه که مساحت حوزه است را وارد مدل کردیم و توان ثابت شده و نهایی b_t را محاسبه کردیم، نوبت به انتخاب دومین پارامتر حوزه مثلاً بارش سالیانه حوزه می‌رسد. پس از انتخاب پارامتر دوم کلیه مراحلی را که برای پارامتر اول انجام دادیم برای این پارامتر نیز انجام می‌دهیم با این تفاوت که برای استاندارد کردن دبی‌های هر

Archive of SID

www.SID.ir

طبقهٔ بارش، باید Q_{ijk}های هر ایستگاه را بر (A^bP^c) تقسیم کنیم تا این مرحله مقدار b به دست آمده است. توان c نیز در تکرار اول برابر واحد است. پس از استاندارد کردن دبی‌ها، دوباره مراحل تعیین S_{ti} و تعیین C_t، تکرار می شوند. فرآیند تکرار تا ثابت شدن توان مربوط به هر پارامتر جدید ادامه می‌یابد. مقدار ضریب a بر اساس همبستگی و بعد از استفاده از تخمین آخرین عامل استفاده شده در مدل، تعیین می شود.

نتایج

۱- تعیین خصوصیات متمایز کننده مناطق همگن

نتایج حاصل از تجزیه تحلیل عاملی برای مشخص کردن متغیرهای مستقل به صورت زیر می باشد.

جدول ۱- ماتریس Anti-Image برای تست کفایت تعداد داده‌ها(MSA) در منطقه مورد مطالعه

ضریب همبستگی ضد تصویر	مساحت حوزه	طول کلیه انشعابات	طول حوزه	طول رودخانه اصلی	شیب متوسط حوزه	شیب خالص رودخانه	شیب ناخالص رودخانه	ضریب گراولیوس	بارش حداکثر ۲۴ ساعته	بارندگی متوسط سالیانه	ارتفاع متوسط حوزه
مساحت حوزه	[a]۰/۷۷										
طول کلیه انشعابات	-۰/۸۷۴	[a]۰/۷۰۵									
طول حوزه	۰/۰۵۵	-۰/۲۷۲	[a]۰/۰۰۹								
طول رودخانه اصلی	-۰/۰۵۹	-۰/۰۲۹	-۰/۰۵۷	[a]۰/۸۵۴							
شیب متوسط حوزه	۰/۱۳۰	-۰/۱۱۸	۰/۰۱۵	۰/۱۵۴	[a]۰/۸۱۷						
شیب خالص رودخانه	۰/۳۴۴	-۰/۵۲۴	۰/۴۴۲	۰/۱۳۳	۰/۵۰۶	[a]۰/۵۶۸					
شیب ناخالص رودخانه	۰/۰۹۴	۰/۱۱۸	-۰/۱۳۴	-۰/۰۳۱	-۰/۰۸۴	-۰/۶۱۱	[a]۰/۸۱۹				
ضریب گراولیوس	-۰/۲۳۲	۰/۴۹۹	-۰/۷۳۹	۰/۱۱۷	۰/۰۴۸	-۰/۴۷۴	۰/۳۴۹	[a]۰/۶۲۸			
بارش حداکثر ۲۴ ساعته	-۰/۲۷۳	۰/۰۸۱	-۰/۱۱۹	۰/۴۲۳	-۰/۲۶۱	-۰/۲۲۳	-۰/۱۸۲	-۰/۱۳۰	[a]۰/۶۶۵		
بارندگی متوسط سالیانه	۰/۲۹۸	-۰/۱۴۶	۰/۲۱۰	-۰/۴۴۷	۰/۲۵۱	۰/۲۵۶	۰/۰۹۴	-۰/۱۶۴	-۰/۸۶۳	[a]۰/۵۵۵	
ارتفاع متوسط حوزه	-۰/۳۵۹	۰/۳۵۱	-۰/۴۸۰	۰/۱۸۲	۰/۰۵۹	-۰/۲۸۹	-۰/۲۴۸	-۰/۱۴۷	۰/۴۵۴	-۰/۳۳۵	[a]۰/۴۷۹

a : متغییرهای یکسان

جدول ۲- مقادیر و درصد واریانس عوامل

مولفه (فاکتور)	مقادیر ویژه اولیه		کل	درصد واریانس	مقادیر تجمعی واریانس
	کل	درصد واریانس	مقادیر تجمعی واریانس		
مساحت حوزه	۶/۵۸۱	۵۴/۸۳۹	۵۴/۸۳۹	۴/۴۰۱	۳۶/۶۷
بارندگی متوسط سالیانه	۱/۹۶۶	۱۶/۳۸۵	۷۱/۲۲۳	۲/۷۶۶	۵۹/۷۲
ارتفاع متوسط حوضه	۱/۳۱۳	۱۰/۹۴۱	۸۲/۱۶۴	۲/۵۳۶	۸۰/۸۶
ضریب گراویلیوس	۱/۰۸۳	۹/۰۲۳	۹۱/۱۸۷	۱/۲۳۹	۹۱/۱۸۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- ماتریس دورانی به روش دورانی واریماکس

متغیر / فاکتور	۱	۲	۳	۴
مساحت حوزه	۰/۹۳۳	-۰/۱۵۲	۰/۱۵۵	۰/۰۲۸
طول کلیه انشعابات	۰/۸۰۹	-۰/۲۸۷	۰/۲۰۴	۰/۰۵۰
طول حوضه	۰/۷۰۹	-۰/۵۳۶	۰/۲۵۵	۰/۲۱۸
طول رودخانه اصلی	۰/۶۹۳	-۰/۵۱۲	۰/۱۳۱	-۰/۱۰۴
اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل	۰/۸۸۴	۰/۰۳۵	۰/۲۴۵	-۰/۲۳۹
شیب متوسط حوزه	۰/۷۷۰	-۰/۴۳۲	۰/۱۸۰	-۰/۲۸۲
شیب خالص رودخانه	-۰/۱۱۵	۰/۲۸۹	-۰/۱۰۳	-۰/۱۸۵
شیب ناخالص رودخانه	-۰/۲۵۸	۰/۹۲۰	-۰/۰۹۸	۰/۱۴۳
ضریب گراولیوس	۰/۲۰۸	-۰/۳۲۴	۰/۷۹۹	۰/۳۱۲
بارش حداکثر ۲۴ ساعته	۰/۴۲۱	۰/۰۹۲	۰/۸۵۳	-۰/۱۹۱
بارندگی متوسط سالیانه	-۰/۱۸۵	۰/۹۳۸	۰/۰۲۰	۰/۱۹۴
ارتفاع متوسط حوزه	۰/۱۱۰	-۰/۰۲۰	۰/۹۲۲	-۰/۱۸۵

پس از انجام تجزیه و تحلیل عاملی، عامل مساحت به عنوان مهمترین عامل و پس از آن بارندگی به عنوان دومین عامل و ارتفاع متوسط به عنوان سومین عامل تأثیرگذار بر دبی حداکثر لحظه‌ای شناخته شد. لذا در گام اول همگن‌بندی منطقه بر اساس مساحت حوزه‌ها انجام شد.

۲- روش هیبرید

در منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۹ حوزه آبخیز انتخاب شدند که حداقل ۱۰ سال آمار دبی حداکثر لحظه‌ای داشتند. این ۱۹ حوزه مجموعاً ۳۲۸ سال آمار دبی داشتند. پس از انجام تجزیه و تحلیل عاملی، عامل مساحت به عنوان مهمترین عامل و پس از آن بارندگی به عنوان دومین عامل تأثیرگذار بر دبی حداکثر لحظه‌ای شناخته شد. لذا در گام اول اقدام به همگن‌بندی منطقه بر اساس مساحت حوزه‌ها شد. سپس برای محاسبهٔ میانگین وزنی مساحت هر طبقه از رابطهٔ (۳) استفاده شد. در ادامه فرآیند هیبرید، سیلاب‌های لحظه‌ای مشاهداتی طبقات مورد مطالعات طبق رابطه (۴) استاندارد می‌شوند و مقدار b در اولین تکرار معادل یک در نظر گرفته می‌شود اما در تکرارهای بعدی توان مساحت (b) تغییر خواهد کرد. بدین ترتیب در هر طبقه یک آمار مرکب درازمدت استاندارد شده جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب به دست می‌آید. سپس بر اساس توزیع لوگ نرمال سه پارامتره (بهترین توزیع منطقه‌ای)، سیلاب‌های استاندارد در دورهٔ بازگشت‌های، ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای هر طبقه استخراج گردید (جدول۴). بعد از این مرحله به منظور تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای t ساله در هر طبقه (Q_{ti}) از رابطه (۵) استفاده شده و مقادیر بدست آمده در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول۴- مقادیر تخمینی سیلاب‌های استاندارد شده در طبقات و در دوره بازگشت‌های مختلف (گام اول)

طبقات همگن	میانگین وزنی مساحت (km^2)	مقادیر سیلاب‌های استاندارد شده در دوره بازگشت‌های مختلف (S_{ti})					
		$S_{۲}$	$S_{۵}$	$S_{۱۰}$	$S_{۲۵}$	$S_{۵۰}$	$S_{۱۰۰}$
طبقه یک	۲۷۶/۲	۰/۳۲۲	۰/۸۲۹	۱/۲۵۸	۱/۹۰۹	۲/۴۷۴	۳/۱۰۷
طبقه دو	۹۱۵	۰/۱۷۳	۰/۲۸۶	۰/۵۴۶	۰/۷۶۷	۰/۹۴۴	۱/۱۳۲
طبقه سه	۲۵۷۷	۰/۱۷۵	۰/۳۲۹	۰/۴۳۱	۰/۵۶۱	۰/۶۵۹	۰/۷۵۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- مقادیر تخمینی سیلاب‌های استاندارد نشده در طبقات و در دوره بازگشت‌های مختلف (گام اول)

طبقات همگن	میانگین وزنی مساحت (km^2)	مقادیر سیلاب‌های استاندارد نشده در دوره بازگشت‌های مختلف (Q_{ti})(m^3/s)					
		$Q_۲$	$Q_۵$	$Q_{۱۰}$	$Q_{۲۰}$	$Q_{۵۰}$	$Q_{۱۰۰}$
طبقه یک	۲۷۶/۲	۸۹	۲۲۹	۳۴۷	۵۲۷	۶۸۳	۸۵۸
طبقه دو	۹۱۵	۱۵۷	۶۵۳	۵۰۰	۷۰۲	۸۶۴	۱۰۳۶
طبقه سه	۲۵۷۷	۴۵۱	۸۴۸	۱۱۱۱	۱۴۴۶	۱۶۹۸	۱۹۴۸

بر اساس رابطه (۶) مقدار وزنی b، در هر دورهٔ بازگشت، برای تکرار اول مشخص گردید (جدول۶).

تکرار دوم روش هیبرید از رابطه (۴) شروع می‌شود. دراین مرحله به جای مقدار b که در مرحله اول برابر واحد در نظر گرفته شده بود از مقادیر جدول (۶) که برای هر دورهٔ بازگشت مشخص شده است استفاده می‌شود و فرآیند تکرار ادامه پیدا می‌کند تا توان b ثابت شود، و در صورت ثابت نشدن توان (b)، متغیر مربوطه کنار گذاشته شده و نتیجه گرفته می‌شود که بین عامل مربوطه و دبی، رابطهٔ خطی وجود ندارد. در این تحقیق مؤلفهٔ b در تکرارسوم یعنی گام چهارم ثابت شد. این مقادیر در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول۶ - مقادیر ضریب رگرسیونی عامل مساحت حوزه(b) برای تکرار دوم در منطقه مورد مطالعه

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
مقدار b	۰/۱۶۱۲	۰/۲۷۴۷	۰/۳۳۸۹	۰/۴۰۸۹	۰/۴۵۳۴	۰/۴۸۸۹

جدول ۷- مقادیر ضریب رگرسیونی عامل مساحت حوزه(b) برای تکرارهای مختلف در منطقه مورد مطالعه

دوره بازگشت	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال
گام اول	۱	۱	۱	۱	۱	۱
گام دوم	۰/۱۶۱۲	۰/۲۷۴۷	۰/۳۳۸۹	۰/۴۰۸۹	۰/۴۵۳۴	۰/۴۸۸۹
گام سوم	۰/۱۳۷۳	۰/۲۴۹۸	۰/۳۳۹۱	۰/۴۵۸۷	۰/۵۳۳۹	۰/۶۱۵۸
گام چهارم	۰/۱۴۰۱	۰/۲۵۱۸	۰/۳۳۹۱	۰/۴۴۶۱	۰/۵۱۸۴	۰/۵۷۸۸

بعد از عامل مساحت حوزه، از عامل بارندگی متوسط سالیانه استفاده شد. در نخستین گام تعداد طبقات را انتخاب نموده و همان مراحل انجام شده در مورد مساحت تکرار خواهد شد به طوری که ایستگاه‌ها بر اساس میزان بارندگی متوسط سالانه مرتب می‌شوند (صعودی) و با توجه به تعداد داده‌ها و ۳ طبقه همگن، ایستگاه‌های هر طبقه انتخاب می شود (تعداد داده‌های دبی در هریک از طبقات باید تقریباً برابر هم باشند). سپس با استفاده از رابطهٔ (۳) میانگین وزنی بارندگی در هر طبقه به دست آمد. طبقهٔ اول دارای ۱۱۲ ایستگاه سال بود و متوسط وزنی بارندگی آن ۲۵۱/۷ میلی‌متر در سال به دست آمد. طبقه دوم دارای ۱۰۳ ایستگاه سال و متوسط وزنی بارندگی ۳۶۵/۷ میلی‌متر در سال و طبقه سوم دارای ۱۱۳ ایستگاه سال و متوسط وزنی بارندگی ۴۴۹ میلی‌متر در سال بود. در ادامه فرآیند هیبرید، سیلاب‌های لحظه‌ای مشاهداتی هر طبقه استاندارد شده و مقدار c در مرحلهٔ اول برابر یک در نظر گرفته می‌شود. همانطور که در رابطه (۴) دیده می‌شود نحوهٔ به دست آوردن دبی‌های استاندارد شده برای عامل اول (مساحت) و عامل دوم (بارندگی) متفاوت است. برای عامل‌های بعدی نیز همین طور خواهد بود. با توجه به این که ضرایب رگرسیونی مساحت در دوره‌های بازگشت مختلف (جدول۷) به دست آمده‌اند پس تا این مرحله رابطهٔ هیبرید در دوره‌های بازگشت مختلف به صورت فرمول‌های (۷)، (۸)، (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) می‌باشد:

$$Q_۲ = a\,A^{۰/۱۴۰۱} \quad (۷)$$

$$Q_۵ = a\,A^{۰/۲۵۱۸} \quad (۸)$$

$$Q_{۱۰} = a\,A^{۰/۳۳۹۱} \quad (۹)$$

$$Q_{۲۵} = a\,A^{۰/۴۴۶۱} \quad (۱۰)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$Q_{۵۰} = a\, A^{۰/۵۱۸۴} \quad (۱۱)$$

$$Q_{۱۰۰} = a\, A^{۰/۵۷۸۸} \quad (۱۲)$$

برای تکمیل روابط بالا می بایست مراحل تکراری برای عامل‌های مهم بعدی نیز صورت گیرد. برای دبی‌های با دورهٔ بازگشت مختلف باید مراحل تکراری گفته شده برای عامل بارندگی نیز صورت گیرد و هنگامی که ضریب رگرسیونی بارندگی به مقدار ثابت رسید عملیات تکرار را متوقف کرده و ضرایب را در معادله جاگذاری کنیم. در این مطالعه مقادیر c در دوره‌های بازگشت مختلف پس از چهار گام ثابت شدند که در جدول (۸) نشان داده شده‌اند.

جدول ۸- مقادیر ضریب رگرسیونی عامل بارندگی متوسط سالیانه حوزه (c) در تکرارها ودوره‌های بازگشت مختلف

دوره بازگشت	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال
گام اول	۱	۱	۱	۱	۱	۱
گام دوم	۰/۰۷۱۶	۰/۰۴۳۶	۰/۰۷۱۶	-۰/۰۰۸۹	-۰/۰۱۴۶	-۰/۰۱۲۴
گام سوم	۰/۰۹۰۸	۰/۰۸۰۶	۰/۰۵۷	۰/۰۱	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۱۲
گام چهارم	۰/۰۹	۰/۰۷۰۹	۰/۰۵۷۸	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱

با توجه به ضرایب c که در جدول (۸) به دست آمده‌اند روابط هیبرید کامل تر را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد:

$$Q_{۲} = a\, A^{۰/۱۴۰۱} P^{۰/۰۹} \quad (۱۳)$$

$$Q_{۵} = a\, A^{۰/۲۵۱۸} P^{۰/۰۷۹۴} \quad (۱۴)$$

$$Q_{۱۰} = a\, A^{۰/۳۳۹۱} P^{۰/۰۵۷۸} \quad (۱۵)$$

$$Q_{۲۵} = a\, A^{۰/۴۴۶۱} P^{۰/۰۰۹۵} \quad (۱۶)$$

$$Q_{۵۰} = a\, A^{۰/۵۱۸۴} P^{۰/۰۰۳۲} \quad (۱۷)$$

$$Q_{۱۰۰} = a\, A^{۰/۵۷۸۸} P^{۰/۰۰۱} \quad (۱۸)$$

بعد از عامل بارندگی عوامل ارتفاع متوسط حوزه و شیب متوسط حوزه انتخاب شدند که به دلیل این که ضرایب رگرسیونی هر یک از آنها هیچگاه به عدد ثابت و منطقی نرسید وارد مدل نشدند و کنار گذاشته شدند. پس از این که مقادیر b و c تعیین شد و عوامل دیگر (شیب متوسط حوزه، ارتفاع متوسط حوزه) نتوانستند در مدل وارد شوند، مقدار ثابت a تعیین گردید. برای تعیین a ابتدا در هر ایستگاه با استفاده از توزیع غالب منطقه مقادیر Q_t به دست آمد و در همان هنگام با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی که وارد مدل شده‌اند، مقادیر $(A^b P^c L^d)_t$ در دورهٔ بازگشت‌های مختلف برای هر ایستگاه به طور جداگانه محاسبه گردید. سپس نسبت Q_t به $(A^b P^c L^d)_t$ برای هر ایستگاه به دست آمد و در نهایت میانهٔ این نسبت‌ها در دورهٔ بازگشت‌های مختلف عنوان ثابت رگرسیون (a) در مدل وارد گردیدند. این مقادیر در جدول(۹) نشان داده شده‌اند.

جدول - ۹ : مقادیر ثابت رگرسیونی مدل هیبرید در دوره بازگشت‌های مختلف

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
ثابت رگرسیون	۵۴/۱۷	۵۷/۹۶	۴۴/۴۹	۳۵/۹	۱۱۱/۷	۱۰۰/۹

۳- مقایسه خطای مدل هیبرید

در این تحقیق، مقادیر متوسط خطای نسبی مدل و میانگین قدر مطلق خطاها در ایستگاه‌های شاهد (ایستگاه‌های مورد مطالعه و سه ایستگاه دیگر) تعیین گردید. مقادیر متوسط خطای نسبی ایستگاه‌های شاهد در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۱۰- مقادیر میانگین خطای نسبی روش هیبرید در ایستگاه‌های شاهد در دوره بازگشت‌های مختلف

دوره بازگشت	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال
میانگین خطای نسبی	۰/۷۹	۰/۶	۰/۶۹	۰/۵۲	۰/۴۰	۱/۰۳

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

روش هیبرید از روش‌های جدید تحلیل منطقه‌ای سیلاب است که در این تحقیق به کار گرفته شد. این روش برای غلبه بر معضل کمبود آمار در مناطقی که تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری کم است و یا به هر دلیلی خلاء آماری وجود دارد مناسب است.

اولین گام در تحلیل منطقه سیلاب تعیین مناطق همگن است که برای همگن‌بندی ابتدا با اعمال روش تجزیه و تحلیل عاملی چهار عامل مساحت، بارندگی متوسط سالیانه، ارتفاع متوسط حوزه و شیب حوزه به عنوان مهمترین عوامل شناخته شدند که این عوامل در مجموع ۹۱/۱۸ درصد واریانس را توجیه می‌نمودند. در روش هیبرید همگن‌بندی بر اساس عوامل مهم مؤثر بر سیلاب و به ترتیب اهمیت در طی یک فرآیند تکراری صورت گرفت و به ترتیب در مرحلهٔ اول بر اساس مساحت، در مرحله دوم بر اساس بارندگی و در مرحلهٔ سوم بر اساس ارتفاع متوسط حوزه همگن‌بندی انجام شد. در روش هیبرید خصوصیات فیزیوگرافی تنها زمانی می‌توانند وارد مدل‌ها شوند که ضریب رگرسیونی مربوط به هر متغیر مستقل طی چند تکرار ثابت شوند و تغییر نکنند. به غیر از متغیرهای مساحت و بارندگی متوسط سالیانه سایر متغیرها به ضریب رگرسیونی ثابت نرسیدند و لذا متغیرهای مساحت و بارندگی متوسط سالیانه وارد مدل شد.

در نهایت برای ارزیابی روش هیبرید از آمار مشاهده شده در ایستگاه‌های شاهد استفاده شد و میزان خطاهای نسبی در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاههای مورد مطالعه و سه ایستگاه شاهد محاسبه و پس از میانگین‌گیری از آنها شاخص میانگین خطای نسبی برای روش هیبرید در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شد.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که کمترین میزان خطاهای نسبی مربوط به دوره بازگشت ۵۰ ساله بوده و هرچه میزان دوره بازگشت کاهش ویا افزایش یابد میزان خطاهای نسبی نیز افزایش می یابد. به طوری‌که در دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ سال میزان خطاهای نسبی به ترتیب ۰/۷۹ و ۱/۰۳ است. این امر بیانگر این است که روش هیبرید برای دوره بازگشت‌های ۲۰ تا ۵۰ سال مناسب است. نتایج تحقیقات انجام شده ۷۷) در منطقه اصفهان نشان داده است که روش هیبرید در دوره‌های بازگشت کم تا متوسط دقت بیشتری دارد (Chavoshi, 1998). در جنوبی غربی ایران برای مقایسه روش هیبرید دو روش سیل شاخص و رگرسیون چندگانه استفاده شده و نتایج بدست آمده نشان می دهد که روش هیبرید در دوره‌های بازگشت کوتاه مدت (کمتر از۲۰ سال) دقت بیشتری از دو روش دیگر دارد. علت این امر نیز در روش تعیین مناطق همگن در دو روش مذکور نسبت به روش هیبرید بوده است که در روش هیبرید بر اساس ایستگاه- سال بوده و لی در روش‌های دیگر بر اساس آنالیز خوشه‌ای صورت گرفته است (Seyf, 2001). در البرز جنوبی نیز مطالعات صورت گرفته بیانگر این است که روش هیبرید در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵ و ۵۰ساله نسبت به سیل شاخص ارجحیت دارد و جواب‌های بهتری ارائه خواهد داد(Abbasizadeh, 2003). در این تحقیق پس از تعیین عوامل موثر در دبی‌های حداکثر (با کمک GIS و آنالیز فاکتور) و استخراج فرمول رگرسیونی هیبرید، میزان خطا با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های موجود و سه ایستگاه شاهد برآورد و نتایج بدست آمده نشان داد که در منطقه مورد مطالعه(استان خراسان رضوی) روش هیبرید برای دوره بازگشت‌های۲۰ تا ۵۰ سال مناسب می باشد و برای دوره بازگشت‌های بزرگتر با توجه به اینکه اکثر ایستگاه‌های منطقه دارای آمار دبی کافی نبوده و عملیات بازسازی برای تطویل آمار صورت گرفته است لذا برآورد دبی در دوره بازگشت‌های بزرگتر از دوره آماری تا حد مشخصی قابل قبول است و برای دوره بازگشت‌های بزرگتر میزان خطا بین مقادیر برآوردی و مشاهداتی افزایش می یابد و لذا بهتر است که روش‌های دیگری مورد بررسی قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Abbasizadeh, M. 2003. Efficiency Assessment of hybrid in regional flood frequency. MSc. thesis. University of Tehran. 156 pp.

Arghami, R. and Bozorgnia, A. 1991. Introduction to multivariate statistics. Behnashr Press, Iran, 325 p.

Chavoshi, S. 1998. Regional analysis of maximum moment discharge in Arid and Semi Arid. MSc thesis. University of Isfahan, 190 pp.

Honarbakhsh, A. 1995. Analysis of regional flood. Msc. thesis. University of tehran. 148 pp.

Hjalmarson, H .W. and B.E. Thomas. 1992. New look at regional flood frequency for Arid lands. Journal of Hydrologic Engineering 118, 868-886.

Ken, E., Milly, P.C.D. and Tasker, G.D. 2007. Flood Regionalization: A Hybrid Geographic and Predictor-Variable Region-of-Influence Regression Method. Journal of Hydrologic Engineering 12, 585-591.

Nejati, A. 1998. Using hybrid method in hydrologic units of Karkhe. MSc. Thesis. University of Tehran. 126 pp.

Saravi, M., Rohani, H., Telvari, A. and Zehtabian, G. 2003. Flood frequency analysis using Hybrid method. Journal of Natural Resource of Iran 56, 165-75.- Seyf, A. 2001. Regional analysis on discharge estimate in southwest Iran. MSc. Thesis. Tarbiat modarres university. 188 pp.

Salajegheh, A., Khosravi, M and Mahdavi, M. 2010. Accuracy Assessment of Chow's Regression and Stochastic Methods for Estimating Instantaneous Peak Discharge (Case Study: Central Alborz Region). Journal of Sustainable Development 3(2), 235-241.

Archive of SID

www.SID.ir

Flood frequency analysis based on hybrid regression method for providing regional flood model (Case study: Khorasan Razavi province)

S. H. Hosseini[1*], M. Abbasizadeh[2] and M.R. Khaleghi[1]

[1]Assistant Professor, Islamic Azad University of Torbatjam branch, Torbatjam, I.R.Iran.
[2] Assistant Professor, Islamic Azad University of Arsanjan branch, Arsanjan, I.R. Iran.

(Received: 20-Sep.2010 – Accepted: 15-Sep.2012)

Abstract

In regions with deficient or no data, it is necessary to apply indirect methods to estimate the peak flow. Regional flood analysis is the most accurate and reliable technique in such cases. One of the regional flood methods for flood analysis in arid and semi arid regions is Hybrid technique, which was applied on data of Khorasan Razavi province watersheds to estimate the peak flow. Hybrid method based on station - year method which considers available statistics from all stations to overcome statistics shortage problem. Hybrid method consists of two sections. At first, the most important parameters including area, annual rainfall and height are determined using factor analysis. Annual peak flow was standardized based on an approximate factor and then approximate standard factor was improved based on combined regression and analysis frequency. The results showed that the lowest relative error for the models was related to 50-year return period while relative error increased in other return period. As the relative errors were 1.03 and 0.79, respectively in the return periods of 2 and 100 years. Therefore, according to results, Hybrid method is suitable for return periods 20 to 50 years in the study area.

Keywords: Flood frequency analysis, Hybrid method, Factor analysis, Khorasan Razavi province

Archive of SID

*Corresponding author: Tel: +989151058593 Fax: +985282210080 Email: hhosseini2008@ yahoo.com

www.SID.ir