Regional Flood Frequency Analysis in Arid Lands Using Hybrid Method

Chavoshi, Boroujeni, S., MSc., Natural and Animal Resources Research Center, Isfahan, Iran

Eslamian, S. S., Assist. Prof., Isfahan University of Technology

Abstract

One of the most important parameters in design of hydraulic structures is the flood peak discharge. There are many ways of estimating peak discharge. Regional flood frequency analysis is the most common procedure which uses the available records in a homogeneous region to relate basin characteristics to flood quantities. Because of the extreme temporal and spatial variability of floods, many years of no flows and short periods of systematic records of annual peaks in arid lands, estimating reliable flood - frequency relation is very difficult. In this paper a new method of regional flood frequency analysis is described which is called the " Hybrid " method. The hybrid method is based on the station - year method of frequency analysis. The main assumption of the method is that independent records of annual peak discharge from a region can be combined to form one long composite record. The hybrid method was firstly used in Iran by Chavoshi (1998) to model regional equations of flood frequency in central part of Iran. Results of this research showed the accuracy of the hybrid method for low periods in comparison with regression equations.

تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک طبق روش هیبرید

ستار چاوشی بروجنی * سید سعید اسلامیان **

چکیده

یکی از پارامترهای اساسی در طراحی سازه‌های آبی دبی اوج لحظه‌ای سیلاب در دوره بازگشت سازه می‌باشد. روش‌های متعددی جهت تعیین این پارامتر ارائه شده است که می‌توان به روابط تجربی، شبیه‌سازی و هیدروگراف‌های سیلاب اشاره کرد. مطالعه تناوب سیلاب در مناطق خشک به دلیل تعداد کم ایستگاه‌های هیدرومتری، کمبود آمار و وجود داده‌های پَرت ناشی از وقوع جریان‌های نادر، بسیار مشکل می‌باشد. در این تحقیق به منظور غلبه بر این مشکلات روش هیبرید معرفی می‌گردد. این روش مبتنی بر روش ایستگاه - سال است. فرضیه اساسی در این روش آن است که در یک منطقه همگن می‌توان آمار ایستگاه‌های موجود را ترکیب و یک آمار واحد درازمدت برای آن منطقه به دست آورد. این روش برای نخستین بار در ایران توسط چاوشی (۱۳۷۷) جهت تحلیل تناوب سیل منطقه مرکزی ایران مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای دوره‌های بازگشت کوتاه، دقت این روش در مقایسه با روش متداول رگرسیون بیشتر است.

مقدمه

بررسی منابع تاریخی نشان دهنده اهمیت آب در زندگی بشر است، به طوری که امروزه از تمدن‌هایی که سرنوشت آنها به گونه‌ای با مسئله آب پیوند خورده است، تنها نامی به یادگار مانده است. جایگاه و اهمیت رودخانه نیل در تاریخ مصر باستان، رودخانه زرد در چین باستان، رودخانه گنگ در هند باستان و یا دجله و فرات در تمدن بین‌النهرین گواهی بر این مدعاست. به علاوه وقوع سیلاب و عواقب آن همچون صدمات جانی و مالی و شیوع انواع بیماری‌ها و نقش آن در تغییر سرنوشت بشر نشان می‌دهد که سیلاب یکی از مهمترین بلایای طبیعی بوده که در برخی موارد حتی موجب تأثیر بر سرنوشت بشر شده است. به استناد منابع تاریخی که در فرهنگ بریتانیکا گردآوری شده است، سیلاب‌های پاریس (۱۹۵۱ و ۱۹۵۸)، ورشو (۱۸۶۱ و ۱۹۶۴)، فرانکفورت (۱۸۵۴ و ۱۹۳۰) و رُم (۱۵۳۰ و ۱۵۵۷) مهم‌ترین وقایع سیلابی در اروپا می‌باشد [۶].

* کارشناس ارشد بیابان‌زدایی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام اصفهان
** استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

اهمیت سیلاب و نقش آن در زندگی بشر باعث توجه بشر به این پدیده طبیعی شده و تحقیقات متعددی در راستای شناخت عظمت و زمان وقوع سیل در مناطق مختلف انجام گرفته است. تیلور و شوارتز [۱۲] به بررسی خصوصیات جریان آب و ارتباط آن با مشخصات حوضه‌های آبخیز پرداختند. توماس و بنسون [۱۳] با استفاده از ۷۰ پارامتر جریان رودخانه‌ای و ۳۱ مشخصه حوضه‌های آبخیز به بررسی مهمترین عوامل فیزیکی و اقلیمی مؤثر در مدل‌های منطقه‌ای سیلاب پرداخته و نتیجه گرفتند که سطح حوضه، شاخص‌های ذخیره، مقدار نزولات جوی و شدت و تواتر آن‌ها، تبخیر و درجه حرارت مهمترین مشخصه‌های یک حوضه آبخیز می‌باشد که می‌تواند در تدوین معادلات تناوب سیل حوضه نقش داشته باشد.

جالمارسون [۱۱] در مطالعه حوضه‌های واقع در منطقه خشک ایالت نوادا به مشکلات تحلیل تناوب سیل در مناطق خشک آمریکا اشاره کرده و به منظور غلبه بر این مشکلات روش هیبرید را پیشنهاد می‌کند. این روش برای نخستین بار در ایران توسط چاوشی [۴] جهت تحلیل تناوب سیل حوضه‌های آبخیز سد زاینده‌رود و کارون شمالی مورد استفاده قرار گرفته است.

باقری [۲] به منظور تعیین روابطی جهت تخمین دبی ماکزیمم لحظه‌ای با دوره‌های بازگشت مختلف برای حوضه‌های آبخیز فاقد آمار دبی سد زاینده‌رود، از چند حوضه آبریز دارای آمار در منطقه، شامل حوضه آبریز شاخه اصلی زاینده‌رود در ایستگاه قلعه شاهرخ، حوضه آبریز رودخانه پلاسجان در ایستگاه اسکندری، حوضه آبریز رودخانه سواران در ایستگاه سواران و حوضه آبریز رودخانه سمندگان در ایستگاه مندرجان، استفاده کرد.

اسدی [۱] به منظور بررسی هیدرولوژی سرشاخه‌های کارون، از خصوصیات آب و هوایی منطقه استفاده کرد. او با استفاده از مطالعه بارش منطقه مورد مطالعه، حداکثر سیل محتمل[1] و تغییرات آب‌های سطحی حوضه‌های آبریز کوهرنگ، بازفت، ماربران و ارمند پارامترهای هیدرواقلیم حوضه رودخانه کارون را تعیین کرد.

جلالی [۳] در تحقیق خود به بررسی همبستگی دبی حداکثر متوسط روزانه و دبی ماکزیمم لحظه‌ای رودخانه دز در محل تله‌زنگ، کارون در محل سد کارون و مارون در بهبهان پرداخت و مدلی را جهت برآورد دبی اوج سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف ارائه داد.

دستورانی [۵] در تحقیق خود به بررسی تأثیر طول آمار در پیش‌بینی سیل در آبخیزهای ایران پرداخته و چنین نتیجه گرفت که با افزایش طول دوره آماری، دقت پیش‌بینی‌ها در ایستگاه‌ها و اقلیم‌های مختلف با روند خاصی افزایش می‌یابد و استفاده از آمار کوتاه مدت به خصوص برای پیش‌بینی سیلاب‌های با دوره بازگشت بالا امکان خطاهای بسیار بالایی را به دنبال دارد و این مسئله با خشک‌تر شدن شرایط اقلیمی شدت بیشتری می‌یابد.

روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب[2]

متداول‌ترین روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب را می‌توان در دو قالب کلی به شرح زیر عنوان کرد [۸ و ۱۴]:

الف - مناطقی که دارای داده‌های مشاهده‌ای کافی و دقیق هستند:

۱) حداکثر سیل محتمل
۲) هیدروگراف واحد[3]
۳) تخمین آماری[4]

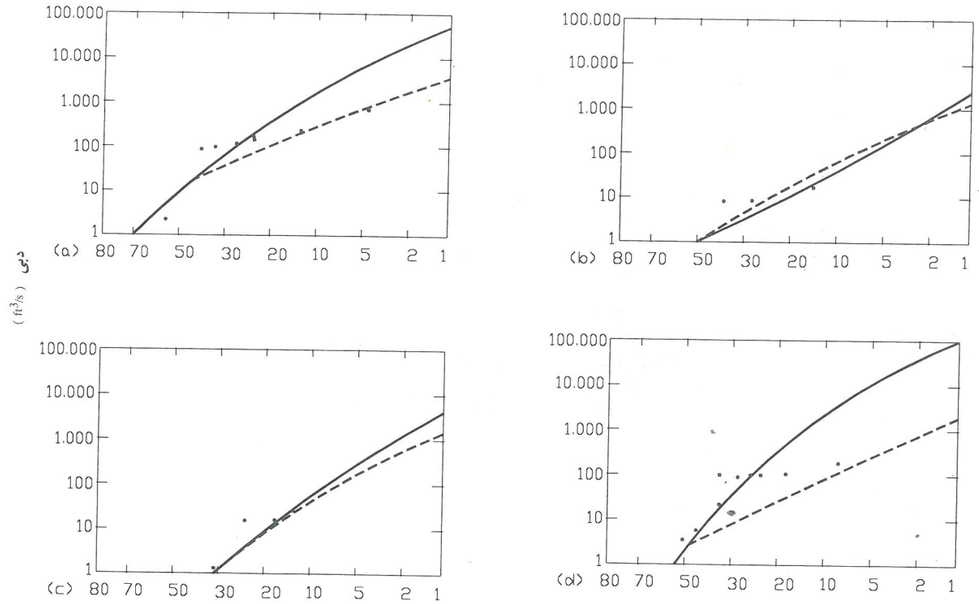
ب - مناطقی که فاقد داده‌های مشاهده‌ای کافی و دقیق هستند:

۱) تبدیل و انتقال اطلاعات[5]
۲) معادلات تجربی[6]
۳) مدل‌های شبیه‌سازی[7]
۴) روش‌های آماری[8]

روش‌های متداول در تحلیل منطقه‌ای سیلاب[9]

یکی از روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب،

1- Probable Maximum Flood (PMF)
2- Flood Peak Instantaneous Discharge
3- Unit Hydrograph
4- Statistical Estimation of Peak Flows
5- Data Transfer Method
6- Empirical Equations
7- Simulation Models
8- Statistical Methods
9- Regional Flood Frequency Analysis



نمودار ۱- برازش توزیع‌های آماری به داده‌های ایستگاه‌های واقع در منطقه خشک امریکا

تحلیل منطقه‌ای سیلاب می‌باشد که به نوبه خود دارای چندین زیر روش می‌باشد [۷]. هنگامی که هدف تعیین دبی‌های اوج لحظه‌ای با دوره بازگشت مختلف در یک نقطه دارای آمار مشاهده‌ای باشد، به راحتی می‌توان از توزیع‌های مختلف آماری استفاده نمود. لیکن در بیشتر مواقع تعیین سیلاب در ناحیه‌ای مورد نظر می‌باشد که هیچگونه آمار ثبت شده‌ای ندارد. در چنین مواردی تحلیل منطقه‌ای سیلاب می‌تواند بیشتر مفید واقع شود. چون در این مقاله یکی از روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب مورد بررسی قرار می‌گیرد، به چند نمونه از روش‌های متداول تحلیل منطقه‌ای سیلاب اشاره می‌گردد:

۱- روش رگرسیون چندگانه[1]

۲- روش شبکه‌های مربعی[2]

۳- روش استاندارد توزیع تناوب[3]

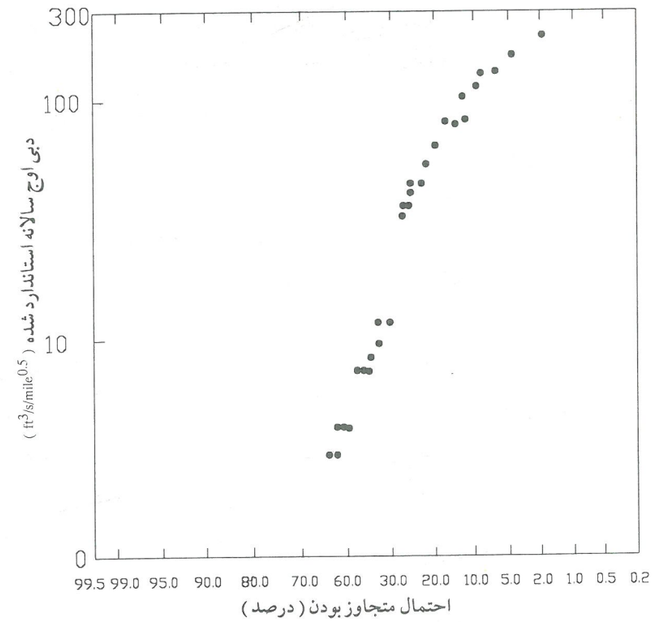
۴- روش سیلاب معیار[4]

روش پیشنهادی هیبرید[5]

روش هیبرید مبتنی بر روش ایستگاه - سال[6] می‌باشد که توسط فولر [۱۰] در مطالعه سیلاب‌ها و توسط کلارک [۹] جهت مطالعه بارندگی مورد استفاده قرار گرفت. روش ایستگاه- سال مبتنی بر این فرضیه است که گزارشات مستقل دبی‌های اوج لحظه‌ای سالانه یک منطقه را می‌توان ترکیب کرده و یک گزارش مرکب درازمدت جهت استفاده در معادلات تناوب سیل منطقه‌ای به دست آورد [۱۰].

این روش برای نخستین بار توسط جالمارسون [۱۱]

1- Multiple Regression Analysis
2- Square Grid Method
3- Standard Frequency Distribution
4- Index Flood Method
5- Hybrid Method
6- Station - Year Method



نمودار ۲- ترکیب آمار ایستگاه‌ها و تهیه گزارش درازمدت جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب

برای نواحی خشک جنوب غربی ایالات متحده آمریکا ابداع گردید. در مناطق خشک ایالت‌های نوادا، یوتای غربی، آریزونای غربی و کالیفرنیای شرقی وقایع سیلابی بسیار متغیر می‌باشد، به طوری که ضریب تغییرات دبی متوسط سالانه عموماً بیش از یک می‌باشد. در این مناطق میانگین تعداد سال‌های آماری ثبت شده حدود ۲۰سال می‌باشد. در حدود ۲۸درصد از ایستگاه‌های فوق دارای حداقل ۲۵درصد سال‌های بدون جریان می‌باشند. چنین ترکیبی از تغییرپذیری شدید، سال‌های بدون جریان و دوره آماری کوتاه مدت، تخمین روابط تناوب سیل را با استفاده از روش‌های رایج فعلی غیر ممکن می‌کند. همان گونه که در نمودار ۱ دیده می‌شود چهار ایستگاه مورد مطالعه در منطقه خشک نوادا با چنین مشکلاتی مواجه می‌باشد. یکی از روش‌های معمول در تخمین روابط تناوب سیل در چنین مناطقی، استفاده از روابط منطقه‌ای تناوب سیل جهت انتقال و تبدیل اطلاعات مناطق دارای ایستگاه به مناطق فاقد ایستگاه است. در این راستا در مناطق دارای ایستگاه با برازش یکی از توزیع‌های احتمالی تجربی با مقادیر مشاهده شده و در سطح اعتماد مورد نظر، روابط تناوب سیل تعیین می‌گردد و سپس به منظور تعیین دبی در دوره‌های بازگشت طولانی این روابط با دبی‌های فوق، برون‌یابی می‌شود و دبی‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از روش‌های رگرسیون چند متغیره به خصوصیات اقلیمی و فیزیکی حوضه نسبت داده شده و نهایتاً روابط منطقه‌ای تناوب سیل به دست می‌آید. بدین ترتیب در مناطقی که فاقد آمار و اطلاعات هیدرومتری باشد، می‌توان با تعیین پارامترهای مورد استفاده در این روابط، مقادیر دبی‌های لحظه‌ای با دوره بازگشت مورد نظر را تعیین کرد. در مناطق خشک به دلیل مشکلاتی که در بالا ذکر شد، تعیین روابط تناوب سیل در مناطق دارای ایستگاه میسر نمی‌باشد، زیرا تغییرات دبی‌های اوج لحظه‌ای سالانه مشاهده شده زیاد بوده و برون‌یابی آن با دبی‌های اوج لحظه‌ای نادر مثل دبی ۱۰۰ ساله منجر به خطاهای بزرگی می‌گردد. در روش پیشنهادی (روش هیبرید) جهت غلبه بر این مشکلات با ترکیب آمار ایستگاه‌های فوق یک آمار واحد درازمدت به دست می‌آید که نقاط ضعیف مربوط به کوتاه مدت بودن طول

آمار و وجود داده‌های پَرت را می‌پوشاند. همان گونه که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، به راحتی می‌توان منحنی‌های مناسب تناوب سیل را به آمار ترکیبی به دست آمده از چهار ایستگاه قبل برازش داد.

با توجه به آنچه در بالا گذشت روش هیبرید جهت غلبه بر مشکلات فوق در مناطق خشک معرفی گردیده است [۱۱]. مهمترین مزایای این روش در مقایسه با سایر روش‌های معمول عبارت است از:

۱) در این روش تمامی داده‌های مشاهده‌ای موجود در سطح اعتماد مورد نظر، استفاده می‌شود.

۲) با ترکیب داده‌های مشاهده شده در ایستگاه‌های همگن یک آمار طولانی به دست می‌آید که برازش توزیع‌های آماری با آن بهتر انجام گرفته و از دقت بیشتری برخوردار است.

۳) استفاده از طول آماری بلند مدت، نیاز به برون‌یابی روابط به دست آمده برای برآورد دبی‌های نادر مثل دبی ۱۰۰ ساله را برطرف می‌نماید.

۴) تأثیر قضاوت‌های شخصی[1] در تطبیق روابط فوق با مقادیر مشاهده شده به حداقل می‌رسد.

جالمارسون در تحقیق خود از ۴۲ ایستگاه هیدرومتری واقع در ایالت نوادای آمریکا استفاده کرد. در اولین مرحله از آزمون همگنی[2]، وی این منطقه را بر اساس نوع ریزش جوی به دو منطقه تقسیم کرد که عبارت بودند از منطقه‌ای که ریزش‌های جوی آن عمدتاً به صورت باران است و منطقه‌ای که عمده ریزش‌های جوی آن به صورت برف است. مرز بین این دو منطقه بر اساس وضعیت جغرافیایی و ارتفاعی تعیین گردید، به طوری که منطقه‌ای که ریزش‌های جوی آن به صورت باران است در ارتفاعات پایین‌تر و جنوبی‌تر قرار دارد. سپس منطقه بارندگی به دو منطقهٔ حوضه‌های واقع در شمال عرض جغرافیایی ۳۷° و حوضه‌های واقع در جنوب عرض جغرافیایی ۳۷° تقسیم گردید. مهمترین علت این تقسیم آن بود که حوضه‌های واقع در جنوب عرض ۳۷°، دارای دبی‌های جریان بزرگتر و سال‌های فاقد جریان کمتری نسبت به حوضه‌های واقع در شمال عرض ۳۷° بودند. با استفاده از روش هیبرید و در نظر گرفتن دو عامل سطح و ارتفاع متوسط حوضه، روابط منطقه‌ای سیلاب در هر منطقه همگن تعیین گردیدند.

فرایند روش هیبرید

این روش شامل دو بخش می‌باشد. در بخش نخست حوضه‌های مورد مطالعه بر اساس یکی از روش‌های آزمون همگنی به دو یا چند طبقه تقسیم می‌شوند. دبی‌های لحظه‌ای سالانه در هر طبقه با استفاده از یک فاکتور تقریبی، استاندارد شده و با هم ترکیب می‌شوند تا یک گزارش مرکب طولانی برای آن طبقه به دست آید. در بخش دوم عامل تقریبی استاندارد طی یک فرایند تکراری مرکب از رگرسیون و تحلیل تناوب سیل اصلاح می‌گردد. در هر تکرار و بر اساس هر یک از پارامترهای منتخب (سطح، ارتفاع، حوضه، بارش و غیره) روابط تناوب سیل در هر طبقه تعیین و معادلات نهایی تناوب سیل منطقه در آخرین تکرار به دست می‌آید. قبل از ترکیب رکوردهای هر ایستگاه بایستی آنها را به یک پایه عمومی تبدیل کرد. در مطالعات گذشته رکوردهای سیلاب سالانه با تقسیم هر داده به میانگین داده‌های ایستگاه مربوطه، استاندارد می‌گردید. در این رهیافت جدید می‌توان از تقسیم هر داده به انحراف معیار داده‌ها استفاده کرد. در چنین مواقعی معمولاً این پرسش پیش می‌آید که کدامیک از توزیع‌های تجربی می‌تواند با سری‌های آماری به دست آمده برازش داده شود. همان طوری که قبلاً هم ذکر شد، در مناطق خشک که اکثر ایستگاه‌های موجود دارای درصد قابل توجهی از سالهای فاقد جریان می‌باشند، نمی‌توان به طور قطع و یقین به معرفی یک توزیع مشخص پرداخت، لیکن در روش هیبرید هر یک از توزیع‌های آماری می‌تواند جهت برازش با رکوردهای ترکیبی، مورد استفاده قرار گیرد. در واقع به لحاظ آن که بیشتر از صد داده در یک مجموعه ترکیبی وجود دارد می‌توان حتی با یک روش نقطه‌یابی[3] ساده دبی‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله را نیز (با دقت پایین) تخمین زد. در روش هیبرید داده‌های بزرگ با داده‌های کوچک ترکیب شده و یک گزارش ترکیبی پایدارتر به دست می‌آید که برازش توزیع‌های آماری با آن بهتر انجام می‌گیرد.

1- Engineeing Judgement
2- Homogeneity Test
3- Plotting Postition

معادله عمومی مدل مورد استفاده در روش هیبرید همانند انواع مدل‌هایی است که در تحلیل تناوب سیل مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$Q_T = aA^bB^cC^d \ldots \qquad (۱)$$

که در آن:

Q = دبی اوج با دوره بازگشت T سال

a = مقدار ثابت رگرسیون

A، B و C = پارامترهای مستقل فیزیکی و اقلیمی مورد استفاده

b، c و d = مؤلفه‌های رگرسیون

مطالعات گذشته نشان داده است که سطح حوضه بهترین و پرمعناترین متغیر مستقلی است که بر خصوصیات سیلاب در حوضه‌های آبخیز جنوب غرب آمریکا اثر می‌گذارد [۱۱]. بنابراین سطح حوضه، در اولین فرایند استاندارد کردن پارامترها و جهت تعیین مؤلفه b مورد استفاده قرار می‌گیرد و سایر پارامترها (B و C و ...) معادل با یک در نظر گرفته می‌شود. از آنجاکه روابط تناوب سیل در هر طبقه محاسبه می‌شود، حداقل تعداد ۱۰۰ ایستگاه – سال دبی لحظه‌ای سالانه در هر طبقه مورد نیاز می‌باشد تا به برون‌یابی با دبی ۱۰۰ ساله نیاز نباشد. بنابراین طبق رابطه زیر تعداد حداکثر طبقات منتخب منطقه به دست می‌آید. در این فرمول j حداکثر تعداد طبقات و Nf مجموع تعداد داده‌های ایستگاه‌های منتخب می‌باشد:

$$j \leq Nf/100 \qquad (۲)$$

میانگین وزنی سطح حوضه در هر طبقه طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\bar{A}_t = \text{antilog}\left[\frac{\sum_{j=1}^{g}\sum_{k=1}^{h} \text{Log } A_{ijk}}{gh}\right] \qquad (۳)$$

در این معادله :

$\bar{A}_t$ = میانگین وزنی سطح حوضه در طبقه i

A_{ijk} = سطح حوضه در ایستگاه j، طبقه i و ایستگاه – سال k

i = تعداد طبقات (i=۱,۲,...f)

j = تعداد ایستگاه‌های موجود در طبقه i (j = ۱,۲,...g)

k = تعداد سال‌های ایستگاه j در طبقه i (k =۱,۲,...h)

اولین مرحله از فرایند تکراری برای پارامتر سطح حوضه با استاندارد کردن دبی‌های اوج لحظه‌ای سالانه شروع می‌شود.

طبق رابطه زیر با تقسیم هر دبی به سطح حوضه مربوطه، دبی‌های سالانه استاندارد می‌شوند. مقدار اولیه b برای تکرار اول معادل با یک در نظر گرفته می‌شود.

$$S_{ijk} = \frac{Q_{ijk}}{\bar{A}^{-b}_{ijk}} \qquad (۴)$$

در این رابطه :

S_{ijk} = دبی اوج استاندارد k در ایستگاه j و طبقه i

Q_{ijk} = دبی اوج سالانه k در ایستگاه j و طبقه i

$\bar{A}_{ijk}$ = میانگین وزنی سطح k در ایستگاه j و طبقه i

b = مولفه رگرسیون در رابطه ۱

مقادیر S_{ti} (یعنی سیلاب با دوره بازگشت t) در هر طبقه با برازش منحنی‌های تناوب سیل با دبی‌های اوج استاندارد شده و یا با استفاده از یک فرمول توزیع تجربی تعیین می‌شود. جهت به دست آوردن مقادیر دبی اوج در دوره بازگشت t در هر طبقه می‌بایستی مقادیر S_{ti} به دست آمده، طبق رابطه زیر غیر استاندارد شود :

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

در این رابطه :

Q_{ti} = دبی سیلاب با دوره بازگشت t در طبقه i

S_{ti} = دبی اوج استاندارد طبقه i با دوره بازگشت t

A_i = میانگین وزنی سطح طبق رابطه ۳

مؤلفه b در نخستین تکرار مساوی یک در نظر گرفته می‌شود. متغیر وابسته Q_{ti} در هر مرحله از فرایند تکراری تغییر می‌کند تا زمانی که مؤلفه b به مقدار ثابت برسد. مؤلفه جدید b_t برای دوره بازگشت مورد نظر عبارت است از:

$$b_t = \frac{\sum_{i=1}^{f}\bar{A}_i Q_{ti} - \frac{[\sum_{i=1}^{f}\bar{A}_i \sum_{i=1}^{f} Q_{ti}]}{f}}{\sum_{i=1}^{f}\bar{A}_i^{2} - \frac{[\sum_{i=1}^{f}\bar{A}_i]^2}{f}} \qquad (۶)$$

مراحل بعدی فرایند با قراردادن b طبق این رابطه و از معادله ۴ آغاز می‌شود و آن قدر این فرایند تکرار می‌شود تا مقدار b ثابت شود. معمولاً مؤلفه b پس از یک یا دو تکرار ثابت می‌شود. در صورتی که پس از چند بار تکرار مقدار b ثابت

نشود، نشان دهنده آن است که رابطه خطی بین این پارامتر و دبی اوج وجود ندارد و لذا از این پارامتر در مدل استفاده نمی‌شود.

به جای عامل سطح می‌توان از پارامترهای دیگر نظیر ارتفاع و شیب حوضه نیز استفاده کرد. بدین ترتیب که فرایند تکراری از رابطه ۱ آغاز می‌شود و در این حالت جهت تعیین مؤلفه C سایر مؤلفه‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شود.

آزمون هیبرید در ایران

این روش برای نخستین بار در ایران توسط چاوشی [۴] جهت تحلیل سیلاب در حوضه‌ای آبخیز غرب استان اصفهان به کار گرفته شد. با توجه به کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری در این منطقه از آمار و اطلاعات حوضه‌های مجاور استفاده شد. در مجموع ۲۵ ایستگاه هیدرومتری واقع در سه حوضه زاینده‌رود، کارون شمالی و دریاچه نمک انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. در نخستین گام و به منظور بررسی شباهت هیدرولوژیکی حوضه‌های منتخب، آزمون همگنی انجام گرفت. با توجه به این که تاکنون روش شاخص و منحصر به فردی در دنیا جهت این آزمون ارائه نشده است، لذا از چند روش متداول استفاد شده است و قضاوت نهایی در خصوص شباهت هیدرولوژیکی حوضه‌های مورد مطالعه با مقایسه نتایج به دست آمده از روش‌های فوق انجام گرفت. نخستین روش، بررسی پراکنش حوضه‌های آبخیز از لحاظ وضعیت اقلیمی بود. در این خصوص از روش پیشنهادی گوسن جهت گروه‌بندی حوضه‌های همگن استفاده شد و حوضه‌های مورد مطالعه به سه گروه نیمه بیابانی، استپی سرد و مدیترانه‌ای گرم تقسیم گردید. در ادامه از روش آزمون کلاستر در فضای اقلیدسی خصوصیات فیزیکی، اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز استفاده شد. به این منظور نخست تعاریفی از همگنی از ابعاد مختلف ارائه و سپس عواملی که در ارتباط با یکدیگر بیانگر آن تعریف ویژه باشند در آزمون کلاستر مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان مثال به منظور بررسی شباهت حوضه‌های مورد مطالعه از لحاظ سیل‌خیزی از دو عامل دبی اوج سالانه حوضه (به عنوان معیاری از عظمت دبی) و زمان تمرکز حوضه (به عنوان معیاری از سرعت تخلیه رواناب) استفاده شده است. همچنین روش منحنی‌های اندرو به عنوان معیاری از شباهت هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز مورد بررسی قرار گرفت. در این روش پس از تعیین مهمترین متغیرهای مستقل مرتبط با دبی اوج لحظه‌ای، منحنی‌های اندرو مربوط به کلیه حوضه‌های مورد مطالعه در یک دستگاه مختصات ترسیم و با یکدیگر مقایسه و نهایتاً حوضه‌های ناهمگن از سایرین تفکیک گردید. در پایان پس از مقایسه نتایج حاصله از آزمون‌های ذکر شده، تعداد ۱۷ حوضه انتخاب و جهت آزمون هیبرید مورد استفاده قرار گرفت. در نخستین مرحله از آزمون هیبرید، حوضه‌های منتخب بر اساس عامل سطح به سه ناحیه زیر تقسیم گردید :

ناحیه ۱ - با وسعت ۱۲ تا ۶۱۹ کیلومترمربع شامل زیر حوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های ماربران، باباحیدر، تنگ‌اسفرجان، چهلگرد، مندرجان و انشان و گدارکبک.

ناحیه ۲- با وسعت ۷۱۲ تا ۱۴۲۷ کیلومترمربع شامل زیر حوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های حنا، سواران، سراب هنده، تنگ درکش، تنگ زردآلو و قلعه شاهرخ.

ناحیه ۳- با وسعت ۱۶۴۲ تا ۳۸۲۰ کیلومتر مربع شامل زیر حوضه‌های آبخیز ایستگاه‌های سولگان، اسکندری، کتا و بهشت‌آباد.

فرایند تکراری هیبرید با ترکیب آمار موجود در هر ناحیه و تهیه گزارش درازمدت برای هر ناحیه آغاز گردید. آمار ترکیبی به دست آمده از هر ناحیه وارد مدل هیبرید شده و مؤلفه b (توان سطح در معادله عمومی هیبرید) پس از سه بار تکرار به دست آمد. دومین عامل مورد استفاده در مدل هیبرید، ارتفاع متوسط حوضه می‌باشد و مؤلفه مربوطه (c) نیز پس از سه بار تکرار به مقدار ثابت رسید. در نهایت، مدل‌های تناوب سیل منطقه مورد مطالعه به صورت زیر به دست آمد:

$$Q_{۲}=۳۰A^{۰/۱}H^{-۰/۰۳۷} \quad (۷)$$

$$Q_{۵}=۳۵A^{۰/۲۶۶}H^{-۰/۱۲۱} \quad (۸)$$

$$Q_{۱۰}=۳۰A^{۰/۴۱۲}H^{-۰/۱۸۴} \quad (۹)$$

$$Q_{۲۵}=۲۰A^{۰/۶۳۶}H^{-۰/۲۴۷} \quad (۱۰)$$

$$Q_{۵۰}=۲۲A^{۰/۸۳}H^{-۰/۲۶۶} \quad (۱۱)$$

$$Q_{۱۰۰}=۱۰A^{۱/۰۳}H^{-۰/۲۴۸} \quad (۱۲)$$

به منظور بررسی دقت مدل‌های به دست آمده، نخست

جدول ۱- مقایسه مقادیر نسبی خطای مدل‌های رگرسیون و هیبرید

ایستگاه	مدل انتخابی	دوره بازگشت (سال) ۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
ارمند	رگرسیون	۳۴	۵۲	۷۲	۹۴	۱۲۷	۲۴۷
	هیبرید	۲۳	۳۸	۶۷	۸۶	۱۶۵	۳۲۲
مرغک	رگرسیون	۲۳	۳۷	۵۵	۷۸	۱۱۴	۲۲۵
	هیبرید	۱۸	۳۲	۴۵	۸۹	۱۷۹	۲۹۴

مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی تناوب سیل برای منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. بدین منظور آمار مشاهداتی ایستگاه‌های مورد مطالعه با توزیع‌های مختلف آماری، برازش و مناسب‌ترین توزیع، انتخاب و سپس مقادیر دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف استخراج شد. با استفاده از رگرسیون چندگانه بین این مقادیر و پارامترهای سطح و متوسط ارتفاع حوضه، مدل‌های رگرسیون به دست آمد. در ادامه مقادیر خطای نسبی مدل‌های هیبرید با مقادیر نسبی خطای مدل‌های فوق مقایسه گردید. به این منظور از آمار دو ایستگاه واقع در منطقه که قبلاً در معادلات منطقه‌ای هیبرید و رگرسیون مورد استفاده قرار نگرفته و تعداد داده‌های مشاهده‌ای کافی دارند، یعنی ایستگاه‌های ارمند و مرغک، استفاده شده است. بدین ترتیب مقادیر تخمینی دبی در دو ایستگاه فوق طبق مدل‌های هیبرید و رگرسیون تعیین و با مقادیر مشاهده‌ای دبی ایستگاه‌های فوق مقایسه و مقادیر خطای مدل‌های فوق تعیین گردید (جدول ۱).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در دوره‌های بازگشت کوتاه، روش هیبرید در مقایسه با روش متداول رگرسیون از دقت بالاتری برخوردار است.

نتایج و پیشنهادات

کشور ایران بر روی کمربند خشک زمین واقع بوده و قسمت اعظم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. یکی از مشخصه‌های بارز این مناطق توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش می‌باشد به نحوی که قسمت اعظم ریزش‌های جوی محدود به فصل کوتاه مدت مرطوب سال است. عمده بارش در این مناطق محدود به چند رگبار کوتاه مدت و شدید بوده و شبکه زهکشی غالب حوضه‌ها شامل مجموعه‌ای از آبراهه‌های فصلی و موقتی است. با توجه به کمبود منابع آب در کشور، هرگونه برنامه‌ریزی توسعه بایستی بر محور استفاده بهینه از منابع آب استوار باشد. به این ترتیب طرح‌های آبخیزداری همچون پخش سیلاب، انحراف جریان و ذخیره نزولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل این که طراحی چنین سازه‌هایی مبتنی بر براورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب با دوره بازگشت سازه می‌باشد، تخمین دقیق آن بسیار حائز اهمیت است. با توجه به این که اکثر حوضه‌های آبخیز کشور در منطقه خشک واقع و در برخی از سال‌ها فاقد جریان بوده و همچنین به علت کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری، پراکنش نامناسب آنها، کوتاه بودن دوره آماری موجود و وجود داده‌های پَرت در دوره آماری موجود، تحلیل جریان سیلاب در این مناطق بسیار مشکل می‌باشد. بنابراین جهت غلبه بر این مشکلات می‌بایست از شیوه‌هایی استفاده کرد که از آمار و اطلاعات موجود به نحو بهینه استفاده نماید. روش هیبرید جهت غلبه بر این مشکلات از رهیافت ایستگاه - سال بهره می‌برد. در این رهیافت چنین فرض می‌شود که می‌توان داده‌های چند ایستگاه واقع در یک منطقه همگن را ترکیب نموده و یک آمار واحد درازمدت جهت آن منطقه به دست آورد. به عبارت دیگر نمونه گیری مکانی می‌تواند مشکل کمبود نمونه زمانی را مرتفع

کند. با این وجود قبل از استفاده از این تحقیق، نخست می‌بایست همگنی هیدرولوژیک منطقه از جهات گوناگون بررسی گردد. با توجه به این که در روش پیشنهادی هیبرید حداقل ۳ ناحیه همگن جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب مورد نیاز می‌باشد و با افزایش تعداد طبقات، دقت مدل‌های به دست آمده افزایش می‌یابد، لذا پیشنهاد می‌گردد که از تعداد ایستگاه‌های بیشتری جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب استفاده شود. به علاوه در استفاده از توزیع‌های متداول آماری همچون پیرسون و گامبل بایستی دقت کرد زیرا هرگونه اشتباه می‌تواند منجر به خطاهای بزرگی شود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در کنار این روش، آزمون‌های دیگر نیز بررسی و نتایج با یکدیگر مقایسه گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین محترم مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام اصفهان که امکانات لازم جهت تهیه این مقاله را در اختیار اینجانبان قرار دادند تشکر می‌کنیم. همچنین از جناب آقای دکتر فرهاد موسوی، استاد محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، که در تهیه این مقاله اینجانبان را راهنمایی نمودند صمیمانه قدردانی می‌کنیم.

منابع و مراجع

۱-اسدی، ع. (۱۳۶۷)، "بررسی هیدرولوژی سرشاخه‌های کارون"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته منابع آب، دانشگاه تهران.

۲-باقری، ر. (۱۳۷۲)، "تعیین دبی ماکزیمم لحظه‌ای در حوضه‌های آبریز فاقد آمار سد زاینده‌رود"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳-جلالی، م. (۱۳۶۸)، "گزارش هواشناسی حوضه‌های کرخه، دز، کارون و زاینده‌رود"، طرح جامع آب کشور.

۴-چاوشی، س. (۱۳۷۷)، "منطقه‌ای کردن برآورد دبی حداکثر سیلاب در مناطق خشک طبق روش هیبرید"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵-دستورانی، م. (۱۳۷۵)، "بررسی تأثیر طول آمار در پیش‌بینی سیل در ایران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۶-فرهنگ بریتانیکا. (۱۹۴۷)، "تاریخچه وقوع سیلاب در جهان".

۷-کایت، ج. د. (۱۳۶۹)، "تحلیل وقایع و ریسک در هیدرولوژی"، ترجمه: ابوالقاسم بزرگ‌نیا، امین علیزاده و محمود نقیب‌زاده. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۲۱۱.

۸-نجمایی، م. (۱۳۶۸)، "هیدرولوژی مهندسی"، انتشارات سارا، جلد دوم، ص ۸۷.

9- Clarke - Hafstad, K. (1942). " *Reliability of Station - Year Rainfall - Frequency Determinations,* " Trans., ASCE, 107 (2142): 633 - 652.

10- Fuller, W.E. (1914). " *Flood Flows,* " Trans., ASCE, 77 (1293): 564-617.

11- Hjalmarson, H. W. and Thomas, B. E. (1992). " *New Look at Regional Flood - Frequency Relations for Arid Lands,*" J. of Hydraulic Engineering, 118 (6): 868-886.

12- Taylor, A.B., and Schwartz, H.E. (1952). " *Unit Hydrograph, Log and Peak Flow as Related to Basins Characteristics,* " Trans. Am. Geophs. Union, pp : 235-246.

13- Thomas, W.O., and Benson, M.A. (1968). " *Uniform Flood Frequency Estimating Methods for Federal Agencies,* " Water Resources Res., 4(5) : 891-908.

14- U.S. Army Corps of Engineers. (1990). " *Adoption of Flood Flow Frequency Estimates at Ungaged Locations,* " Training Document (11).