

تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبریز کشف‌رود غربی (گلستان)

دکتر علیرضا بنی‌واهب

استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه

E-mail: abanivaheb@yahoo.com

عباس مهرافرز

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی

چکیده

در این تحقیق روابط و مدل‌هایی به منظور برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف در نقاط فاقد ایستگاه هیدرومتری در حوضه رودخانه گلستان ارائه گردیده است. به همین منظور، پس از بررسی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود، ۳ ایستگاه مایان - حصار، ذهبار - حصار و جاعرق - گلستان که دارای شرایط لازم برای شرکت در تحلیل منطقه‌ای بودند انتخاب گردید. سپس بین مقادیر دبی با دوره برگشت‌های مختلف در محل ایستگاه‌های مذکور و عوامل مؤثر بر سیلاب، با استفاده از روش رگرسیون چندگانه ساده و لگاریتمی روابط و مدل‌هایی ارائه گردید که با استفاده از آن‌ها می‌توان مقادیر دبی با دوره برگشت‌های مختلف را در زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه یا هر نقطه دلخواه از حوضه به دست آورد. بررسی مدل‌های پیشنهادی نشان می‌دهد که از میان سایر عوامل مؤثر بر سیلاب، سه عامل مساحت (A)، متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته (P24) و درصد مساحت پوشیده شده از پوشش گیاهی (FVA) در مقایسه با سایر عوامل تأثیر معنادارتر بر روی مقادیر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف (Qti) دارند. به علاوه ضریب تعیین کلیه الگوها نزدیک به یک بوده و حاکی از این است که نزدیک به صددرصد از تغییرات در میزان Qti به وسیله سه متغیر فوق تبیین می‌گردد.

واژگان کلیدی: رودخانه گلستان، تحلیل منطقه‌ای سیلاب، دوره برگشت.

۱. مقدمه

کمبود یا فقدان داده‌های ثبت شده‌ی مربوط به جریان‌های آبی، یکی از مشکلات عمده در کلیه کشورها، به خصوص کشورهای در حال توسعه است. این کمبود هم جنبه‌ی مکانی دارد و هم زمانی؛ از نظر مکانی با توجه به وسعت زیاد حوضه‌های رودخانه‌ای، ایستگاه‌های هیدرومتری روی تمام شاخه‌ها و انشعاب‌های رودخانه‌ای تأسیس نشده و ایجاد و تأسیس آن‌ها مستلزم صرف هزینه و نیروی انسانی کافی و کارآمد است. از نظر زمانی نیز طول دوره‌ی آماربرداری در اکثر ایستگاه‌های دایر کنونی کمتر از سی سال است که مشکلات خاص خود را دارد و عمدتاً به تعدیل و بازسازی نیازمند است. با توجه به مراتب فوق، اجرای هرگونه طرح یا سازه‌ای روی انشعاب‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری با مشکل همراه است. حوضه رودخانه گلستان با وسعتی بالغ بر ۳۱۹ کیلومتر مربع، در شمال شرقی کشور یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز کشف رود و قره قوم به شمار می‌رود. همچنین سطح آن بین ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. متوسط دبی سالانه این رودخانه طی یک دوره آماری ۲۵ ساله، ۳/۱۳ مترمکعب در ثانیه بوده است. حوضه مورد مطالعه نیز به علت گستردگی و وسعت زیاد و نیز دارا بودن انشعاب‌ها و شاخه‌های فرعی زیاد، از مشکلات فوق به دور نبوده و ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه در مقایسه با شاخه‌های مختلف رودخانه‌ای اندک و عمدتاً بسیاری از زیر حوضه‌ها فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشند.

۲. هدف تحقیق

از آن‌جا که پیش‌بینی دبی‌های حداکثر سیلاب سالانه و تناوب وقوع آن‌ها در محاسبات مربوط به پژوهش‌های آبی نظیر سرریز سدها و نیز مخازن آن‌ها، تأسیس شبکه‌های انتقال آب و نیز در طرح‌های گسترش سیلاب به منظور محاسبه ظرفیت تأسیسات آبی و سطح شبکه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است و از طرفی تاکنون مطالعه‌ای جامع درباره پیش‌بینی موضوع سیلاب در نقاط فاقد آمار در حوضه مورد مطالعه انجام نشده است؛ این تحقیق در صدد است تا با ایجاد روابطی بین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف به‌عنوان متغیرهای وابسته و عوامل موثر بر ایجاد سیلاب (نظیر مساحت حوضه، شیب حوضه، متوسط بارندگی سالانه، ضریب شکل حوضه و ...) به‌عنوان متغیرهای مستقل، روابطی را به‌صورت معادله یا منحنی برای حوضه مورد نظر ارائه نماید که با استفاده از این روابط بتوان در زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری، در حوضه مورد مطالعه یا هر نقطه دلخواه از حوضه که فاقد ایستگاه هیدرومتری باشد دبی با دوره برگشت‌های مختلف را محاسبه نمود.

۳. مواد و روش‌ها

روش‌های گوناگونی برای برآورد سیلاب در نقاط و حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری وجود دارد که عمده‌ترین این روش‌ها را می‌توان به‌شيوه زیر تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- تبدیل و انتقال اطلاعات^۱ ۲- استفاده از معادلات تجربی^۲ ۳- هیدروگراف واحد سنتتیک^۳
- ۴- روندیابی سیل^۴ ۵- استفاده از روابط بین رواناب و باران ۶- تحلیل منطقه‌ای سیلاب^۵

۴. تحلیل منطقه‌ای سیلاب و روش‌های آن

در نقاط دارای داده‌های مشاهده‌ای می‌توان با استفاده از توزیع‌های مختلف فراوانی و برآورد پارامترهای آن به سادگی به بسط زمانی مشاهدات پرداخت و مقادیر سیل با دوره‌ی برگشت‌های مختلف را برآورد نمود. اما متأسفانه اغلب در محل اجرای پروژه‌ها، هیدرولوژیست‌ها چنین داده‌هایی را در اختیار ندارند، با روش تحلیل منطقه‌ای می‌توان به حل این مشکل پرداخت. به عبارت دیگر، تحلیل منطقه‌ای روشی است که داده‌های موجود و محدود منطقه مورد نظر را می‌توان به روش‌های مختلف برای تمام منطقه تعمیم داد. بدین صورت که پس از بررسی داده‌های مشاهده شده موجود (در این جا دبی‌های حداکثر لحظه‌ای) و خصوصیات مؤثر بر آن‌ها روابطی به صورت معادلات یا منحنی‌هایی برای منطقه مورد نظر ارائه می‌شود و با استفاده از این گونه روابط می‌توان در هر نقطه مشخص از منطقه، به تولید داده‌های مورد نظر اقدام نمود. به طور کلی تحلیل منطقه‌ای، عمدتاً به‌عنوان ابزاری مورد استفاده قرار می‌گیرد که اطلاعات ایستگاه‌های اندازه‌گیری را به مناطق فاقد ایستگاه انتقال دهد. به علاوه آنالیز منطقه‌ای به منظور کنترل اطلاعات مناطق دارای ایستگاه نیز دارای کاربرد است. (زارع، ۱۳۷۹:

(۱۵)

همچنین به کار بردن بیش از یک سری داده همواره اشتباه نمونه‌برداری را حتی برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر نتایج حاصل از چند ایستگاه همواره مطمئن‌تر از یک ایستگاه اندازه‌گیری می‌باشد.

روش‌های متداول در تحلیل منطقه‌ای سیلاب عبارتند از:

- ۱- روش معیار سیلاب (IFM)^۶
- ۲- روش شبکه‌های مربعی (SGM)^۷
- ۳- روش هیبرید^۸
- ۴- روش رگرسیون چند گانه (M.R.M)^۹

از آن جا که در این تحقیق از روش رگرسیون چند گانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب استفاده گردیده است به تشریح این روش و موانع و مشکلات آن می‌پردازیم. (علاقه‌مندان می‌توانند

1- DATA TRANSFER METHOD

2- EMPIRICAL EQUATIONS

3- SYNTHETIC UNIT HYDROGRAPH

4- FLOOD ROUTING

5- REGIONAL FLOOD FREQUENCY ANALYSIS

6- INDEX FLOOD METHOD

7- SQUARE GRID METHOD

8- HYBRID METHOD

9- MULTIPLE REGRESSION METHOD

برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سایر روش های تحلیل منطقه ای، به منابع شماره ۳، ۵، ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۸ ذکر شده در پایان مقاله مراجعه نمایند).

لازم به ذکر است در تمامی روش های تحلیل منطقه ای، چه در تحلیل منطقه ای سیلاب و چه در روش های تحلیل منطقه ای داده های بارندگی، باید همگنی منطقه از نظر آماری مشخص باشد و اگر بخشی از منطقه فاقد همگنی لازم باشد از تحلیل حذف گردد. در هیدرولوژی، روش های مختلفی برای جداسازی نواحی همگن ارائه گردیده است. (چاو ونت، ۱۹۶۴، ص ۱۲). در این تحقیق از روش دنباله ها استفاده شده است.

۵. فرایند روش رگرسیون چندگانه در حوزه مورد مطالعه

مدل های رگرسیون منطقه ای مدت ها است که برای پیش بینی مقادیر سیلاب در محل های فاقد ایستگاه اندازه گیری مورد استفاده قرار می گیرد. بر اساس یک تست گسترده این روش، از بیشتر مدل های پیچیده باران - رواناب بهتر بوده است. (استدینی، ۱۹۹۲، ص ۱۸۰۱) گراف^۱ و رانتز^۲ پس از مطالعه روش های گوناگون تحلیل منطقه ای سیلاب دریافتند که تکنیک رگرسیون پیش بینی کننده بهتری نسبت به روش شاخص سیلاب یا برازش توزیع های فراوانی نظری بر داده های ثبت شده تاریخی می باشد. (وایس من، ۱۹۶۹) در هیدرولوژی روش همبستگی چندگانه غالباً به منظور به دست آوردن مدل خطی برای پیش بینی مقادیر مشاهده شده متغیر وابسته (در این تحقیق دبی های حداکثر لحظه ای سالانه در زیر حوضه های فاقد آمار) به کار می رود. شکل کلی مدل های به کار رفته در تحلیل منطقه ای مشابه رابطه زیر است: (مولازاده، ۱۳۷۷، ص ۱۴۳)

$$Y = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_K X_K + E$$

و در صورتی که شکل لگاریتم متغیرهای مستقل به کار روند، مدل فوق به شکل زیر تبدیل می شود.

$$Y = AX_1^{B_1} + AX_2^{B_2} + \dots + AX_K^{B_K}$$

که A, B_1, B_2, \dots, B_K ضرایب ثابت معادله و X_1, X_2, \dots, X_K متغیرهای مستقل بوده، و E نیز متغیر تصادفی است با توزیع نرمال که میانگین صفر و واریانس برابر با واریانس متغیرهای مستقل است. (معاون هاشمی، ۱۳۶۹) مزیت استفاده از روش رگرسیون چندگانه در تحلیل منطقه ای سیلاب آن است که می توان دبی با دور برگشت های مختلف را (به عنوان متغیر وابسته) به عوامل موثر بر سیلاب (به عنوان متغیر مستقل) نسبت داد.

انتخاب آن دسته از خصوصیات حوضه به‌عنوان متغیرهای مستقل که نقش اساسی را در مقادیر سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف دارند از مراحل عمده تحلیل منطقه‌ای سیلاب در روش رگرسیون چندگانه می‌باشد.

به منظور انتخاب مؤثرترین متغیرهای مستقل در روش رگرسیون چندگانه روش‌های مختلفی وجود دارد که عمده‌ترین این روش‌ها عبارتند از:

- ۱- انتخاب کلیه متغیرهای ممکن
- ۲- انتخاب متغیرها به روش پیش‌رونده^۱
- ۳- حذف پس‌رونده^۲
- ۴- انتخاب متغیرها به روش گام به گام^۳

به منظور تشخیص مناسب‌ترین مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب، می‌توان مدل‌های خطی و لگاریتمی را با هر یک از روش‌های پیش‌رو، پس‌رو و گام به گام در هر روش با ضریب ثابت و بدون ضریب ثابت مورد مقایسه قرار داد و بر اساس دو آماره‌ی R^2 (ضریب تعیین که مربع ضریب همبستگی است) و SE (خطای استاندارد برآورد) بهترین مدل را تشخیص داد.

بدین ترتیب، در این تحقیق از روش رگرسیون (MRM) استفاده شد و مدل‌هایی برای تخمین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دور برگشت‌های مختلف در حوضه‌ی رودخانه‌ی گلستان ارائه گردید. به همین منظور، همه‌ی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه مورد بررسی قرار گرفت و ایستگاه‌هایی که علاوه بر دارا بودن شرایط لازم برای شرکت در تحلیل، دارای حداقل یک دوره‌ی یازده ساله آماری بودند، دوره‌ی آماری ۷۸-۱۳۵۲ به‌عنوان پایه‌ی زمانی مشترک جهت مطالعه دبی‌های حداکثر لحظه‌ای انتخاب گردید. (جدول ۱) سپس برای حصول اطمینان از صحت و همگنی داده‌ها و نیز بازسازی و تطویل آن‌ها، داده‌های موجود مورد کنترل و بررسی قرار گرفت و پس از آزمون همگنی به روش دنباله‌ها، داده‌های موجود همگن تشخیص داده شد. (جدول ۲)

جدول ۱: مقادیر تکمیل شده دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در دوره مشترک آماری مورد مطالعه (۷۷-۷۸ تا ۱۳۵۲-۵۳)

ایستگاه - رودخانه	۵۲-۵۳	۵۳-۵۴	۵۴-۵۵	۵۵-۵۶	۵۶-۵۷	۵۷-۵۸	۵۸-۵۹	۵۹-۶۰
گلستان - جاغرق	۸/۶۷	۲/۶۷	۱۴	۶۲/۷۱	۵/۰۳	۴/۵۶	۲/۸	۱۱/۲۶
حصار - دهبار	۱۰/۱۴	۱/۷۵	۱۷/۵۸	۵۷/۹۲	۱۱/۲۸	۶/۴۵	۴/۶۶	۱۰/۴۲
حصار - مایان	۸/۲۵	۱۹/۶۱	۴۰	۱۷/۲۸	۳/۸۸	۱۸/۱۷	۷/۸۴	۲۵

۶۸-۶۹	۶۷-۶۸	۶۶-۶۷	۶۵-۶۶	۶۴-۶۵	۶۳-۶۴	۶۲-۶۳	۶۱-۶۲	۶۰-۶۱
۴/۰۳	۲/۹۲	۶/۶۸	۲/۶۵	۷/۱۱	۳/۳	۱/۹	۱۳/۳۹	۷/۱۹
۲/۶۴	۵/۰۹	۴/۵۸	۵/۳	۵/۳	۵/۴۳	۱۰/۹۲	۱۴/۳۴	۸/۸۶
۵/۷۷	۱۴/۴۱	۱۹/۵	۱۴/۱۳	۱۳/۱۶	۱۰/۰۳	۱۱/۳	۲۱/۵	۲۲/۰۹

۷۷-۷۸	۷۶-۷۷	۷۵-۷۶	۷۴-۷۵	۷۳-۷۴	۷۲-۷۳	۷۱-۷۲	۷۰-۷۱	۶۹-۷۰
۱۲۷	۴۳/۹	۱۳/۶	۹/۶۶	۴/۷۲	٪۲۸	۱۲/۹۶	۲۱/۸۴	۱۷/۴۵
۴/۸۲	۶۹/۸	۱۲/۶۵	۵/۵۲	۶/۸۶	۲/۷۶	۱۳/۹۶	۲۱/۸۱	۱۷/۹۳
۱۵/۷۴	۲۹/۵۳	۱۲/۷	۶/۳۰	۳/۹۷	۳/۲۱	۱۷/۹۹	۲۳/۴۵	۱۶/۵

همچنین، به منظور شناسایی داده‌های مشکوک، مقادیر ثبت شده دبی‌های حداکثر سالانه در ایستگاه‌های مختلف حوضه، داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های بالا دست و پایین دست حوضه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. به همین منظور اگر در ایستگاه‌های بالادست سیلابی گزارش شده باشد که در ایستگاه‌های پایین دست حوضه در همان روز یا حداکثر روز بعد از آن به ثبت نرسیده باشد، داده‌های مربوط به سیلاب مذکور مشکوک به نظر می‌رسد و اصلاح می‌شود.

همچنین از آن‌جا که مطالعات تجربی در سطح جهان و ایران نشان می‌دهد نسبت بین دبی سیل ماکزیمم لحظه‌ای و ماکزیمم روزانه گزارش شده در محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری برای حوضه‌های مختلف از ۱/۱ تا ۲ و حداکثر ۳ در تغییر می‌باشد. (بنیگن، ۱۹۵۱، ص ۵۲) بنابراین در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه در مواردی که این نسبت مقادیر نامعقولی را نشان می‌داد آمار فوق مشکوک تلقی گردیده و نسبت به اصلاح آن اقدام گردید.

جدول ۲: نتایج کنترل همگنی به روش دنباله‌ها در حوضه مورد مطالعه

سال	بارندگی	دنباله‌ها بر اساس میانگین
۶۲_۶۳	۳۶۲	a
۶۳_۶۴	۳۶۰	a
۶۴_۶۵	۳۵۸	a
۶۵_۶۶	۲۹۰	b
۶۶_۶۷	۳۵۷	a
۶۷_۶۸	۲۰۰	b
۶۸_۶۹	۲۱۱	b
۶۹_۷۰	۴۰۴	a
۷۰_۷۱	۴۸۶	a
۷۱_۷۲	۴۸۷	a
۷۲_۷۳	۲۱۵	b
۷۳_۷۴	۳۱۹	b
۷۴_۷۵	۲۷۸	b
۷۵_۷۶	۲۸۷	b
۷۶_۷۷	۴۸۰	a
۷۷_۷۸	۲۸۲	b
۷۸_۷۹	۳۷۰	a
۷۹_۸۰	۲۰۳	b

همچنین، آن دسته از خصوصیات فیزیکی، اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز که به نظر می‌رسید از نظر تئوری در میزان دبی سیلاب حوضه موثر باشند، به‌عنوان عوامل موثر بر سیلاب منظور گردید و به تفکیک در زیر حوضه‌های بالا دست هر یک از ایستگاه‌های شرکت‌کننده در تحلیل محاسبه گردید که عوامل مذکور عبارتند از:

$A =$ مساحت حوضه (km^2)	$C.C =$ ضریب گرا ولیوس
$SH =$ شیب حوضه در جهت شرقی - غربی (%)	$T.C =$ زمان تمرکز حوضه
$SV =$ شیب حوضه در جهت شمالی - جنوبی (%)	$FVA =$ مساحت پوشیده از پوشش گیاهی (%)
$\bar{S} =$ شیب متوسط حوضه (%)	$PA =$ متوسط بارندگی سالانه (mm)
$\bar{H} =$ ارتفاع متوسط حوضه (m)	$P24 =$ میانگین حداکثر بارش های ۲۴ ساعته (mm)
$LR =$ طول آبراهه اصلی (km)	$PR24 =$ نسبت میانگین حداکثر بارش های ۲۴ ساعته به متوسط بارندگی سالانه (%)
$SR =$ شیب آبراهه اصلی (m / km)	$Dd =$ تراکم زهکش (km^2 / km)

جدول ۳: لگاریتم مقادیر عوامل موثر بر دبی های حداکثر لحظه ای در حوضه بالادست ایستگاه های هیدرومتری مورد مطالعه

Log SR (m/km)	Log LR (km)	Log H(m)	شیب حوضه %			Log A (Km ²)	ایستگاه - رودخانه
			Log \bar{S}	Log SV	Log SH		
۰/۳۹۰	۱/۳۸۰	۳/۱۵۸	۰/۶۶۳	۰/۶۵۸	۰/۶۶۹	۱/۸۹۲	گلستان - جاغرق
۰/۳۸۳	۱/۳۹۷	۳/۱۷۴	۰/۶۹۹	۰/۶۵۹	۰/۷۳۹	۲/۰۷۱	حصار - دهبار
۰/۲۲۰	۱/۴۱۴	۳/۱۶۸	۰/۶۴۴	۰/۵۹۹	۰/۶۸۵	۲/۰۸۹	حصار - مایان

Log PR24 %	Log P24 (mm)	Log PA (mm)	Log FVA%	Log T.C	Log C.C (km/km ²)	Log Dd (km/km ²)
۰/۹۳۰	۱/۴۴	۲/۵۱۰	۱/۳۱۵	۱/۰۴۶	۰/۲۶۰	-۰/۵۱۲
۰/۹۸۶	۱/۴۰۶	۲/۴۱۹	۱/۳۵۷	۱/۱۴۳	۰/۱۳۰	-۰/۶۷۵
۰/۹۷۰	۱/۳۸۵	۲/۴۱۴	۱/۳۳۴	۱/۰۷۱	۰/۱۷۶	-۰/۶۷۵

با توجه به لزوم عدم وجود همبستگی بین متغیرهای مستقل و نیز این‌که در این روش بهتر است تعداد متغیرهای وابسته بیش از متغیرهای مستقل باشد، در ابتدا ماتریس همبستگی بین خصوصیات عوامل موثر بر سیلاب که از این پس به‌عنوان متغیرهای مستقل خوانده می‌شود تشکیل گردید.

نتایج این محاسبه نشان داد که بین سه عامل مساحت حوضه $A(\text{km}^2)$ ، طول آبراهه اصلی $LR(\text{km})$ و زمان تمرکز (T_c) ، همبستگی بیش از ۸۰٪ وجود دارد.

از سه عامل فوق، عامل مساحت حوضه انتخاب می‌شود و دو عامل دیگر حذف می‌گردد. همچنین با توجه به همبستگی معنی‌دار بین سه عامل شیب متوسط \bar{S} و شیب در جهت شمالی - جنوبی $(S.V)$ و شیب در جهت شرقی - غربی $(S.H)$ عامل شیب متوسط \bar{S} انتخاب شد و دو عامل دیگر حذف گردید. سرانجام پس از ۴ حذف عامل فوق‌الذکر $(T.C, S.V, S.H)$ و LR ۱۰ عامل باقی مانده به‌عنوان متغیرهای مستقل برای شرکت در تحلیل منطقه‌ای انتخاب گردیدند. در میان عامل‌های بالا دو عامل متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته $(P24)$ و نسبت متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته به متوسط بارندگی سالانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب کم‌تر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بدین ترتیب، پس از انتخاب و محاسبه‌ی عواملی که به‌عنوان عوامل موثر بر سیلاب مورد بررسی قرار گرفت، سرانجام بین مقادیر واقعی و لگاریتمی دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دور برگشت‌های مختلف به‌عنوان متغیر وابسته و مقادیر واقعی و لگاریتمی عوامل موثر بر سیلاب به‌عنوان متغیرهای مستقل روابط رگرسیون چندگانه با روش‌های گام به گام و پیش رو، پس‌رو در هر روش با ضریب ثابت و بدون ضریب ثابت و همچنین روابط رگرسیون چندگانه لگاریتمی با ضریب ثابت و بدون آن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس مقادیر آماره‌های ضریب تعیین (R^2) و اشتباه استاندارد (SE) و نیز سایر آماره‌های موثر در انتخاب مدل‌ها، سرانجام مدل لگاریتمی بدون ضریب ثابت برای دبی با دوره برگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله از قدرت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار بود. بدین ترتیب، مدل‌های زیر برای حوضه مورد مطالعه ارائه گردید:

$$QT2 = \text{Anti log} \left[0 / 290 \text{LOGA} + 0 / 349 \text{LOGP}_{24} \right]$$

$$QT5 = \text{Anti log} \left[-1 / 409 \text{LOGA} + 3 / 192 \text{LOGFVA} \right]$$

$$QT10 = \text{Anti log} \left[-1 / 784 \text{LOGA} + 3 / 853 \text{LOGFVA} \right]$$

$$QT25 = \text{Anti log} \left[-2 / 065 \text{LOGA} + 4 / 369 \text{LOGFVA} \right]$$

$$QT50 = \text{Anti log} \left[-2 / 201 \text{LOGA} + 4 / 628 \text{LOGFVA} \right]$$

$$QT100 = \text{Anti log}[-2 / 296 \text{LOGA} + 4 / 818 \text{LOGFVA}]$$

$$QT200 = \text{Anti log}[-2 / 536 \text{LOGA} + 5 / 316 \text{LOGFVA}]$$

در روابط فوق QT_i مقادیر دبی با دوره برگشت‌های مختلف ۲ ساله تا ۲۰۰ ساله و LogA و LogFVA لگاریتم مساحت حوضه و LogP_{24} لگاریتم متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه و LogFVA لگاریتم مساحت پوشیده از پوشش گیاهی می‌باشد.

بررسی آماری مدل‌های پیشنهادی نشان می‌دهد که ضریب تعیین چندگانه‌ی (R^2) کلیه‌ی مدل‌ها بسیار نزدیک به ۱ و حاکی از این است که نزدیک به ۱۰۰ درصد از تغییرات در میزان QT_i به وسیله‌ی متغیرهای مستقل تبیین می‌گردد و اثر سایر عوامل موثر بر مقادیر QT_i که در مدل به کار نرفته است، به نحوی در متغیرهای مستقل به کار رفته در مدل، مستتر می‌باشد. همچنین، مقادیر اشتباه استاندارد برآورد الگوها (SE) نیز عمدتاً پایین می‌باشد.

ضرایب همبستگی جزئی بین مقادیر QT_i و هر یک از سه عامل یاد شده معنادار و مبین وجود همبستگی قوی بین مقادیر QT_i و هر یک از سه عامل فوق با حذف اثر دو عامل دیگر است. جدول‌های (۴ تا ۱۰) مشخصات آماری مدل‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۴: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت دو ساله (QT_2)

SIGN IFF	SE	R^2	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۴۸	۰/۶۲۱	۰/۹۹۸	۵/۸۰۶	-۵/۲۲۵	۰/۶۲۵	۰/۲۹۰	LOG-A
			۸/۲۴۵	-۷/۵۴۶	۰/۶۷۴	۰/۳۴۹	LOG-P24

جدول ۵: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۵ ساله (QT_5)

SIGNIFF	SE	R^2	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۲	۰/۴۱۳	۱	۲/۰۶۳	-۴/۸۸	۰/۱۲۲	-۱/۴۰۹	LOG-A
			۸/۴۴۱	-۲/۰۵۷	۰/۰۸۲	۳/۱۹۲	LOG-FVA

جدول ۶: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب
با دوره برگشت ۱۰ ساله (QT10)

SIGNIFF	SE	R ²	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ۱ ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۵	۰/۱۷۳	۱	-۳/۳۲	-۳/۲۳۵	۰/۰۴۱	-۱/۷۸۴	LOG-A
			۶/۰۴۹	۱/۶۵۸	۰/۰۲۹	۳/۸۵۳	LOG-FVA

جدول ۷: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب
با دوره برگشت ۲۵ ساله (QT25)

SIGNIFF	SE	R ²	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ۱ ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۰	۰/۱۲	۱	-۱/۶۹۰	-۲/۱۶۹	۰/۰۳	-۲/۰۶۵	LOG-A
			۴/۵۲۷	۴/۲۱۱	۰/۰۲	۴/۳۶۹	LOG-FVA

جدول ۸: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب
با دوره برگشت ۵۰ ساله (QT50)

SIGNIFF	SE	R ²	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ۱ ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۳	۰/۱۰۱	۱	-۱/۳۵۱	-۳/۰۵۰	۰/۰۱۹	-۲/۲۰۱	LOG-A
			۵/۹۱۲	۳/۳۴۴	۰/۰۱۴	۴/۶۲۸	LOG-FVA

جدول ۹: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب
با دوره برگشت ۱۰۰ ساله (QT100)

SIGNIFF	SE	R ²	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۴	۰/۱۷۴	۱	-۰/۸۳۴	-۳/۷۵۹	۰/۰۳۲	-۲/۲۹۶	LOG-A
			۷/۰۲۹	۲/۶۰۶	۰/۰۲۳	۴/۸۱۸	LOG-FVA

جدول ۱۰: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب
با دوره برگشت ۲۰۰ ساله (QT200)

SIGNIFF	SE	R ²	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ضرایب مدل		SIGT	B	متغیر
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۷	۰/۳۰۵	۱	۰/۰۲۹	-۵/۱۰۲	۰/۰۵۱	-۲/۵۳۶	LOG-A
			۹/۱۹۴	۱/۴۳۷	۰/۰۳۷	۵/۳۱۶	LOG-FVA

در جدول‌های شماره ۴ تا ۱۰:

B = ضریب رگرسیون

SIGT = سطح معنی دار بودن ضریب رگرسیون

R² = ضریب تعیین

SE = خطای استاندارد

SIGNIFF = سطح معنی دار بودن مدل

LOG-A = لگاریتم مساحت حوضه (km²)

LOG-FVA = لگاریتم درصد مساحت پوشیده از پوشش گیاهی

LogP₂₄ = لگاریتم متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته حوضه (mm).

۶. نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مساحت حوضه از عوامل اساسی موثر بر دبی سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف بوده و به طور مستقیم بر میزان دبی سیلاب موثر است. به طوری که

در کلیه مدل‌های پیشنهادی به‌عنوان مهم‌ترین عامل موثر بر سیلاب شرکت نموده است. به‌علاوه تاثیر درصد مساحت پوشیده شده از پوشش گیاهی پس از عامل مساحت معنی‌دارتر از متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته بوده است.

همچنین در رابطه با عامل بارندگی، از آن‌جا که در این تحقیق علاوه بر متوسط بارندگی سالانه از دو عامل دیگر شامل متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه (P_{24}) و نیز نسبت متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) استفاده گردیده است، بررسی مدل‌های دبی با دوره برگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله و نیز خروجی برنامه کامپیوتری هر یک از مدل‌های مذکور نشان داد که در هر مورد که عامل بارندگی به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل گردیده است، تاثیر متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته روی مقادیر دبی با دوره برگشت‌های مختلف معنی‌دارتر از متوسط بارندگی سالانه (PA) و نیز نسبت متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) بوده است. بنابراین، می‌توان تاثیر متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه روی مقادیر سیلاب در سایر حوضه‌های کشور را توسط اهل فن مورد مطالعه قرار داد.

در پایان یادآوری می‌شود که مدل‌های ارائه شده در این تحقیق مثل هر مدل منطقه‌ای دیگر فقط در حوضه رودخانه گلستان ارائه گردیده است و استفاده از آن در حوضه‌های دیگر حتی با دارا بودن شرایط مشابه، باید با احتیاط صورت گیرد.

۷. منابع

- ۱- اداره کل منابع طبیعی استان خراسان (اداره فنی مهندسی، ۱۳۸۵).
- ۲- بهبهانی، سیدمحمود رضا، (۱۳۸۰): هیدرولوژی آب‌های سطحی، دانشگاه تهران.
- ۳- چاوش بروجنی، ستار و اسلامیان سعید، (۱۳۷۸): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق خشک طبق روش هیبرید، نشریه آب و فاضلاب، شماره ۳۰.
- ۴- ج. دبلیو کایت، ترجمه امین عزیزاده و همکاران، (۱۳۷۹): تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی، چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- ۵- زارع، داریوش، (۱۳۷۹): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه رودخانه زهره، (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- ۶- زارع، داریوش و لشکری، حسین، (۱۳۸۲): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه رودخانه زهره، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۰.
- ۷- سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی (۱۳۸۵).
- ۸- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان، گروه GIS (۱۳۸۵).
- ۹- عزیزاده، امین، (۱۳۸۲ و ۱۳۷۴): اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی.

- ۱۰- قنواتی، عزت‌ا...، (۱۳۸۰): تحلیل منطقه‌ای فراوانی سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک، نشریه رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۱.
- ۱۱- معاون هاشمی، احمد، (۱۳۷۹): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در خراسان، (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۱۲- منوی اطلاعات پایه‌ی منابع آب www.khrw.ir.
- ۱۳- مهر افروز، عباس، (۱۳۸۵): تحلیل منطقه سیلاب در حوضه آبریز کشت رود غربی (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه آزاد، مشهد.
- ۱۴- نوحه‌گر، احمد - حسین‌زاده، محمدمهدی - صلاحی، برومند، (۱۳۸۴): سیلاب و تمهیدات مدیریتی برای مهار آن در رودخانه میناب، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۸.
- 15- Begin Z. B. (1981): The relationship betwin flow-shear stress and stream pattern, Journal of Hydrology, 1981, Vol 52, No 3/4.
- 16- Chow VENTE, (ed. In chief) (1964): Hand book of applied hydrology 1964, Mc Graw-hill, Inc., N. Y. USA, 1453 p.
- 17- Draper N. R, Smith H, (1981): Applied regression analysis, (2 nd. Ed.) John Wiley and Sons, Inc., N.Y, USA , 109 p.
- 18- Gary D.T.(1982): Comparing method of hydrology regionalization, Water Res. Bulletin, Vol 18, No 6 .
- 19- Kleinbaum D.G, and L.L.Kupper, (1978): Applied regeression andlysis and other multivariable methods, Duxbury press, Inc., North Scituate, Massachusetts, USA, 556 p.
- 20- Neter J., and wasserman W. (1974): Applied linear statistical models, 1974, Richard D. Irwin, Inc., Ontario, USA, 842p.
- 21- Stedinger I. R, Vogel R.M., Foufoula-Georgioue, (1992): Frequncy analysis of extream events, in Maidment D. R. (Ed. Chief), Hand book of hydrology, MC Greaw -Hill, INC., New York USA.
- 22- Viessman W. JR., Lewis G. L. L., Knapp J. W. (1989): Introduction to hydrology, delhi press, H apper and Row publishers.