تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبریز کشف‌رود غربی (گلستان)

دکتر علیرضا بنی واهب
استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه
E-mail: abanivaheb@yahoo.com

عباس مهرافروز
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 ـ حصار، ذهبار ـ حصار و جاغرق ـ 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 موثر بر سیلاب، سه عامل مساحت (A)، متوسط حداکثر بارش‌های ۲٤ 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، به‌خصوص 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 شـــاخه‌ها و انشعاب‌های رودخانه‌ای تأسیس نشده و ایجاد و تأسیس آن‌ها مستلـزم 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 یـا سـازه‌ای روی انشعاب‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری با مشکل همراه است. حوضه رودخانه گلسـتـان بـا وسعتی بالغ بر ۳۱۹ کیلومتر مربع، در شمال شرقی کشور یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریـز کشف رود و قره قوم به شمار می‌رود. همچنین سطح آن بین ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۹ درجـه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شـمـالـی واقـع 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 زیـاد و نـیـز دارا بـودن انشعاب‌ها و شاخه‌های فرعی زیاد، از مشکلات فوق به دور نبوده و ایستگاه‌های هـیـدرومـتـری موجود در حوضه در مقایسه با شاخه‌های مختلف رودخانه‌ای اندک و عمدتاً بسـیـاری از زیـر حوضه‌ها فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشند.

۲. هدف تحقیق

از آن‌جا که پیش‌بینی دبی‌های حداکثر سیلاب سالانه و تناوب وقوع آن‌ها در محـاسـبـات مربوط به پژوهش‌های آبی نظیر سرریز سدها و نیز مخازن آن‌ها، تاسیس شبکه‌های انتقال آب و نیز در طرح‌های گسترش سیلاب به منظور محاسبه ظرفیت تاسیسات آبی و سطح شبکه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است و از طرفی تاکنون مطالعه‌ای جامع درباره پیش‌بـیـنـی مـوضـوع سیلاب در نقاط فاقد آمار در حوضه مورد مطالعه انجام نشده است؛ این تحقیق در صدد است تـا با ایجاد روابطی بین دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف به‌عنوان متغیـرهـای وابسته و عوامل موثر بر ایجاد سیلاب (نظیر مساحت حوضه، شیب حوضه، متوسط بـارنـدگـی سالانه، ضریب شکل حوضه و ...) به‌عنوان متغیرهای مستقل، روابطی را به‌صورت معـادلـه یـا منحنی برای حوضه مورد نظر ارائه نماید که با استفاده از این روابط بتوان در زیر حـوضـه‌هـای فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری، در حوضه مورد مطالعه یا هر نقطه دلخواه از حوضه کـه فـاقـد ایستگاه هیدورمتری 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 به‌شیوه زیر تقسیم‌بندی کرد:
۱ـ تبدیل و انتقال اطلاعات[1] ۲ـ استفاده از معادلات تجربی[2] ۳ـ هیدروگراف واحد سنتتیک[3]
۴ـ روندیابی سیل[4] ۵ـ استفاده از روابط بین رواناب و باران ۶ـ تحلیل منطقه‌ای سیلاب[5]

٤. 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 متاسفانه 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 این‌جا دبی‌های حداکثر لحظه‌ای) و خصوصیات مؤثر بر آن‌ها روابطی به‌صورت 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. به‌طور کلی تحلیل منطقه‌ای، عمدتا به‌عنوان ابزاری مورد استفاده قرار می‌گیرد که اطلاعات ایستگاه‌های اندازه‌گیری را به مناطق فاقد ایستگاه انتقال دهد. به علاوه آنالیز منطقه‌ای به‌منظور کنترل اطلاعات مناطق دارای ایستگاه نیز دارای کاربرد است. (زارع، ۱۳۷۹: ۱۵)

همچنین به‌کار 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:

۱ـ روش معیار سیلاب (IFM)[6] ۲ ـ روش شبکه‌های مربعی (SGM)[7]
۳ـ روش هیبرید[8] ۴ـ روش رگرسیون چند گانه (M.R.M)[9]

از آن‌جا 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 HYDROGAPH
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 روش‌های تحلیل منطقه‌ای، به منابع شماره‌ی۳، ۵، ۶ ، ۱۱، ۱۳ و ۱۸ ذکر شده در پایان مقاله مراجعه نمایند).

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

۵. فرایند روش رگرسیون چندگانه در حوزه مورد مطالعه

مدل‌های رگرسیون منطقه‌ای مدت‌هاست که برای پیش‌بینی مقادیر سیلاب در محل‌های فاقد ایستگاه اندازه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس یک تست گسترده این روش، از بیشتر مدل‌های پیچیده باران ـ رواناب بهتر بوده است. (استدینی، ۱۹۹۲، ص ۱۸۰۱)

گراف[1] و رانتز[2] پس از مطالعه روش‌های گوناگون تحلیل منطقه‌ای سیلاب دریافتند که تکنیک رگرسیون پیش‌بینی کننده بهتری نسبت به روش شاخص سیلاب یا برازش توزیع‌های فراوانی نظری بر داده‌های ثبت شده تاریخی می‌باشد. (وایس من، ۱۹۶۹)

در هیدرولوژی روش همبستگی چندگانه غالباً به منظور به‌دست آوردن مدل خطی برای پیش‌بینی مقادیر مشاهده شده متغیر وابسته (در این تحقیق دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه در زیر حوضه‌های فاقد آمار) به‌کار می‌رود. شکل کلی مدل‌های به‌کار رفته در تحلیل منطقه‌ای مشابه رابطه زیر است: (مولازاده، ۱۳۷۷، ص۱۴۳)

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + ... + B_KX_K + E$$

و در صورتی که شکل لگاریتم متغیرهای مستقل به‌کار روند، مدل فوق به شکل زیر تبدیل می‌شود.

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

که $X_K, \ldots, X_2, X_1$ متغیرهای مستقل و $B_K, \ldots, B_2, B_1, A$ ضرایب ثابت معادله 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 رگراسیون چندگانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب آن است که می‌توان دبی با دور برگشت‌های مختلف را (به‌عنوان متغیر وابسته) به عوامل موثر بر سیلاب (به‌عنوان متغیر مستقل) نسبت داد.

1- CRUFF 2- RANTZ

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:

۱ـ انتخاب کلیه متغیرهای ممکن ۲ـ انتخاب متغیرها به روش پیش رونده[1]

۳ـ حذف پس رونده[2] ۴ـ انتخاب متغیرها به روش گام به گام[3]

به منظور تشخیص مناسب‌ترین مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب، می‌توان مدل‌های خطی و لگاریتمی را با هر یک از روش‌های پیش رو، پس رو و گام به گام در هر روش با ضریب ثابت و بدون ضریب ثابت مورد مقایسه قرار داد و بر اساس دو اماره‌ی 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، دوره ی آماری ۷۸-۱۳۵۲ به‌عنوان پایه 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 (۷۸ـ۷۷ تا ۵۳ـ۱۳۵۲)

ایستگاه ـ رودخانه	۵۳ـ۵۲	۵۴ـ۵۳	۵۵ـ۵۴	۵۶ـ۵۵	۵۷ـ۵۶	۵۸ـ۵۷	۵۹ـ۵۸	۶۰ـ۵۹
گلستان ـ جاغرق	۸/۶۷	۲/۶۷	۱۴	۶۲/۷۱	۵/۰۳	۴/۵۶	۲/۸	۱۱/۲۶
حصار ـ دهبار	۱۰/۱۴	۱/۷۵	۱۷/۵۸	۵۷/۹۲	۱۱/۲۸	۶/۴۵	۴/۶۶	۱۰/۴۲
حصار ـ مایان	۸/۲۵	۱۹/۶۱	۴۰	۱۷/۲۸	۳/۸۸	۱۸/۱۷	۷/۸۴	۲۵

1- FORWARD SELECTION 2- BACKWARD DELECTION
3- STEP – WISE SELECTION

۶۰_۶۱	۶۱_۶۲	۶۲-۶۳	۶۳-۶۴	۶۴_۶۵	۶۵_۶۶	۶۶-۶۷	۶۷_۶۸	۶۸_۶۹
۷/۱۹	۱۳/۳۹	۱/۹	۳/۳	۷/۱۱	۲/۶۵	۶/۶۸	۲/۹۲	۴/۰۳
۸/۸۶	۱۴/۳۴	۱۰/۹۲	۵/۴۳	۵/۳	۵/۳	۴/۵۸	۵/۰۹	۲/۶۴
۲۲/۰۹	۲۱/۵	۱۱/۳	۱۰/۰۳	۱۳/۱۶	۱۴/۱۳	۱۹/۵	۱۴/۴۱	۵/۷۷

۶۹_۷۰	۷۰-۷۱	۷۱_۷۲	۷۲-۷۳	۷۳-۷۴	۷۴-۷۵	۷۵-۷۶	۷۶-۷۷	۷۷_۷۸
۱۷/۴۵	۲۱/۸۴	۱۲/۹۶	٪۲۸	۴/۷۲	۹/۶۶	۱۳/۶	۴۳/۹	۱۲۷
۱۷/۹۳	۲۱/۸۱	۱۳/۹۶	۲/۷۶	۶/۸۶	۵/۵۲	۱۲/۶۵	۶۹/۸	۴/۸۲
۱۶/۵	۲۳/۴۵	۱۷/۹۹	۳/۲۱	۳/۹۷	۶/۳۰	۱۲/۷	۲۹/۵۳	۱۵/۷۴

همچنین، به‌منظور 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. به‌همین 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 می رسد 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. (بنیگز، ۱۹۵۱، ص۵۲) 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 = ضریب‌گرا ولیوس

SH = شیب حوضه در جهت شرقی ـ غربی (٪)

T.C = زمان تمرکز حوضه

SV = شیب حوضه در جهت شمالی ـ جنوبی (٪)

FVA = مساحت پوشیده از پوشش گیاهی (٪)

$\overline{S}$ = شیب متوسط حوضه (٪)

PA = متوسط بارندگی سالانه (mm)

$\overline{H}$ = ارتفاع متوسط حوضه (m)

P24 = میانگین حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته (mm)

LR = طول آبراهه اصلی (km)

PR24 = نسبت میانگین حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته به متوسط بارندگی سالانه (٪)

SR = شیب آبراهه اصلی (m / km)

Dd = تراکم زهکش (km / km^2)

جدول ۳: لگاریتم مقادیر عوامل موثر بر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در حوضه بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

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

Log Dd (km/km^2)	LogC.C (km/km2)	Log T.C	Log FVA%	Log PA (mm)	Log P24 (mm)	Log PR24 %
-۰/۵۱۲	۰/۲۶۰	۱/۰۴۶	۱/۳۱۵	۲/۵۱۰	۱/۴۴	۰/۹۳۰
-۰/۶۷۵	۰/۱۳۰	۱/۱۴۳	۱/۳۵۷	۲/۴۱۹	۱/۴۰۶	۰/۹۸۶
-۰/۶۷۵	۰/۱۷۶	۱/۰۷۱	۱/۳۳۴	۲/۴۱۴	۱/۳۸۵	۰/۹۷۰

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 ($A(km^2)$)، طول آبراهه اصلی (LR(km)) و زمان تمرکز (Tc)، 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 ـ جنوبی (S.V) و شیب در جهت شرقی ـ غربی (S.H) عامل شیب متوسط $\bar{S}$ انتخاب شد و دو عامل دیگر حذف گردید. سرانجام پس از ۴ حذف عامل فوق‌الذکر (S.H، S.V، T.C 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 لگارتیمی 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:

$$QT2 = Anti\log[0/290LOGA + 0/349LOGP_{24}]$$

$$QT5 = Anti\log[-1/409LOGA + 3/192LOGFVA]$$

$$QT10 = Anti\log[-1/784LOGA + 3/853LOGFVA]$$

$$QT25 = Anti\log[-2/065LOGA + 4/369LOGFVA]$$

$$QT50 = Anti\log[-2/201LOGA + 4/628LOGFVA]$$

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

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

در روابط فوق QT_i مقادیر دبی با دوره برگشت‌های مختلف ۲ ساله تا ۲۰۰ ساله و LogA لگاریتم مساحت حوضه و $LogP_{۲۴}$ 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 QTi 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 QTi و هر یک از سه عامل یاد شده معنادار و مبیّن وجود همبستگی قوی بین مقادیر QTi 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 ٤ : مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت دو ساله (QT2)

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

جدول ٥ : مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۵ ساله (QT5)

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

جدول ٦: مشخصات آماری مدل تخمین دبی حداکثر سیلاب با دوره برگشت ۱۰ ساله (QT10)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در جدول‌های شماره ۴ تا ۱۰:

B = ضریب رگرسیون

SIGT = سطح معنی‌دار بودن ضریب رگرسیون

R^2 = ضریب تعیین

SE = خطای استاندارد

SIGNIFF = سطح معنی‌دار بودن مدل

LOG-A = لگاریتم مساحت حوضه (km2)

LOG-FVA = لگاریتم درصد مساحت پوشیده از پوشش گیاهی

$LogP_{24}$= لگاریتم متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته حوضه (mm).

۶. نتیجه‌گیری

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

همچنین در رابطه با عامل بارندگی، از آن‌جا که در این تحقیق علاوه بر متوسط بارنـدگـی سالانه از دو عامل دیگر شامل متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه (P_{24}) و نیز نسـبـت متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) استفاده گردیـده است، بررسی مدل‌های دبی با دوره برگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله و نیز خروجی برنامه کامپیوتری هـر یک از مدل‌های مذکور نشان داد که در هر مورد که عامل بارندگی به‌عنوان متغیر مستقـل وارد مدل گردیده است، تاثیر متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته روی مـقـادیـر دبـی بـا دوره برگشت‌های مختلف معنی‌دارتر از متوسط بارندگی سالانه (PA) و نیز نسبت متوسط حـداکـثـر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه به متوسط بارندگی سالانه (PR_{24}) بوده است. بنابرایـن، مـی‌تـوان تاثیر متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه روی مقادیر سیلاب در سایرحوضه‌های کشـور را توسط اهل فن مورد مطالعه قرار داد.

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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 طـبـق روش هیبرید، نشریه آب و فاضلاب، شماره ۳۰.
۴- ج . دبلیو کایت، ترجمه امین علیزاده و همکاران، (۱۳۷۹): تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هـیـدرولـوژی، چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
۵- زارع، داریوش، (۱۳۷۹): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه روخانه زهره، (پایان نامه کارشـنـاسـی ارشـد)، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۶- زارع، داریوش و لشکری، حسین، (۱۳۸۲): تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه رودخانه زهـره، فصـل‌نـامـه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۰.
۷- سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی (۱۳۸۵).
۸- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان، گروه GIS (۱۳۸۵).
۹- علیزاده، 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 ـ حسین‌زاده، محمدمهدی ـ 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 ¾.

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 Wilcy 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.