نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱٤، شماره‌ی ۲۹، پاییز ۱۳۸۸، صفحات ۱٦۲-۱٤۱

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۳۰

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۷/۱۱/۲۰

مدل‌سازی برآورد سیلاب حوضه‌های آبی دامنه‌های شمالی البرز مرکزی با استفاده از ویژگی‌های ژئومورفولوژی کمّی و مورفومتری و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی

عیسی جوکارسرهنگی[۱]

ابوالقاسم امیراحمدی[۲]

اسحاق نیکزاد[۳]

چکیده

شناسایی نقش عوامل ژئومرفولوژی در وقوع سیل از جمله اقدامات بسیار مهم در کنترل و یا کاهش خسارات ناشی از آن محسوب می‌شود. به همین منظور در این تحقیق جهت یافتن مناسب ترین مدل برای تخمین دبی‌های سیلابی با دورهٔ بازگشت‌های مختلف در دامنه‌های شمالی البرز مرکزی از ویژگی‌های ژئومرفولوژی کمّی حوضه‌ها استفاده شده است. برای این منظور با بررسی ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه، آمار دبی حداکثر لحظه‌ای با استفاده از سالنامه‌ها استخراج شد و پس از تکمیل داده‌ها، سیلاب‌ها با دورهٔ بازگشت‌های مختلف به کمک برنامه Smada محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد خصوصیات ژئومرفولوژی کمّی و مورفومتری حوضه‌های آبی و رودخانه‌ها شامل مساحت، محیط، حداکثر و حداقل ارتفاع، ارتفاع متوسط وزنی، شیب حوضه و طول آبراهه‌ها با استفاده از GIS تعیین شد. سپس ارتباط بین مقدار دبی سیلاب‌ها با کمیّت‌های ژئومرفولوژی حوضه ها به کمک برنامه SPSS و روش رگرسیون چند متغیره مورد بررسی آماری قرار گرفت. نتایج حاصله بیانگر آن است که از میان عوامل مستقل، متغیرهای مساحت، طول حداکثر و مستطیل معادل حوضه‌ها بیشترین تأثیر را داشته و توانستند به مدل ها راه یابند.

واژگان کلیدی: سیلاب، ژئومرفولوژی کمّی، دامنه‌های شمالی البرز مرکزی، GIS.

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه مازندران.

۲ - استادیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

مقدمه

وقوع سیل و سیلاب‌ها که حجم زیادی از آب و خاک‌های حاصلخیز را از دسترس خارج می‌کنند، در سال‌های اخیر افزایش یافته و گریبانگیر مناطق بسیار مساعد زیست محیطی یعنی جلگه خزر نیز شده است. از طرفی برآورد دقیق دبی-های حداکثر در تعیین الویت‌ها برای کنترل و یا کاهش خطرات احتمالی وقوع سیل و موفقیت در طرح های اجرایی مثل اندازه‌گیری ابعاد سرریز سدها، طراحی زیرگذر جاده‌ها و پل‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. نادیده انگاشتن حداکثر سیل تولیدی و محاسبات دقیق مربوط به آن سبب برآوردهای زیاد و یا کم از این پدیده می‌شود که خود موجب افزایش هزینه‌ها در طرح‌های عمرانی و یا عدم موفقیت طرح های مهار سیل می‌شود.

تحلیل منطقه‌ای سیلاب یکی از روش‌های برآورد سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار جریان است. در این روش با استفاده از آمار جریان سیلاب در حوضه‌های مجهز به ایستگاه‌های آبسنجی، روابطی بین مقادیر جریان سیلابی و برخی از ویژگی‌های کمّی مرفولوژی و فیزیوگرافی، اقلیم، زمین‌شناسی، خاک، پوشش‌گیاهی و نحوهٔ کاربری اراضی ایجاد می‌شود. سپس با استفاده از آن روابط، مقادیر دبی سیلابی را برای حوضهٔ فاقد آمار مورد نظر برآورد می‌کنند (تلوری و همکار، ۱۳۸۲، ص ۲).

مطالعات نشان می‌دهد که رابطه خطی و مستقیمی بین سیلاب و بارندگی وجود ندارد. از جمله عوامل اصلی برهم زننده این رابطه، شرایط طبیعی و جغرافیایی منطقه است. از همین‌رو است که رابطهٔ بین بارندگی و آب‌های جاری به

طور محسوسی از یک حوضه به حوضه دیگر متغیر است و نه تنها هر حوضه بلکه هر زیر حوضه نیز شرایط ویژه خود را دارد که بایستی مستقلاً مورد بررسی قرار گیرد (غیور، ۱۳۷۱، ص ۸۸).

سابقهٔ تحقیق در این مورد نشان می‌دهد که بین پارامترهای ژئومرفولوژی حوضه‌ها و رفتارهای هیدرولوژیکی آنها رابطه منطقی و قابل بیان به زبان ریاضی وجود دارد. ویژگی‌های خاک و ژئومرفولوژی حوضه‌ها تولید رواناب را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به طوری که ویژگی‌های خاک مقدار نفوذ و ویژگی‌های ژئومرفولوژی کمی، مقدار بارش مازاد باقیمانده را تعیین می‌کنند (جین[1]، ۲۰۰۳، ص ۱۵۹۶). مورفی و همکاران[2] (۱۹۷۷، ص ۲۶) به منظور ارایهٔ مدل‌هایی جهت برآورد خصوصیّات هیدروگراف جریان ازبعضی عوامل فیزیکی و مورفولوژیکی حوضه استفاده نمودند. آنها با توجه به آمار ثبت شده جریان در ۱۱ زیرحوضه واقع در حوضهٔ آبی آزمایشی والنوت گالچ[3] در ایالت آریزونا عواملی مانند سطح حوضه، سطح اشغال شده حوضهٔ توسط استخر و دریاچه، عامل شکل حوضه، شیب آبراهه اصلی، تراکم آبراهه‌ها، نسبت سطح ناهمواری، طول آبراهه اصلی و فراوانی آبراهه را به عنوان پارامترهای مستقل در نظر گرفتند و در مقابل آنها عوامل وابسته‌ای چون زمان اوج، زمان جریان پایه، میانگین جریان حداکثر، حجم رواناب و بده حداکثر را برآورد نمودند. آنها ابتدا مدل‌هایی را براساس پارامترهایی که بیشترین همبستگی با متغیّرهای وابسته را داشته به صورت تک پارامتری به دست آورده و

1 - Jain
2 - Murphey et al
3 - Walnut Gulch

سپس براساس هر متغیّر وابسته مدلی را ارایه نمودند. استمی و همکار[1] (۱۹۹۳، ص ۸۶) روش برآورد جریان سیلابی با دورهٔ بازگشت‌های مختلف برای رودخانه‌های ایالت جورجیا را با استفاده از رگرسیون چندمتغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که سطح حوضه معنی‌دارترین متغیر مرتبط با جریان سیلابی است. قنواتی(۱۳۷۸، ص ۱۶۸) در راستای ساختن مدل سیلاب و رسوب بر اساس متغیرهای هیدروژئومورفولوژیک معنی‌دار و حذف عناصر غیرمعنی‌دار از روش آماری رگرسیون چند متغیره در حوضه رودخانه های زهره و خیرآباد در جنوب غربی ایران استفاده کرد. در این بررسی متغیرهای مساحت، طول و تعداد کل آبراهه‌ها معنی‌دار نشان دادند. نتایج ارزیابی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومرفولوژیکی در حوضه آبخیز کنگیر ایوان غرب توسط محمودی و همکاران (۱۳۸۶، ص ۱۲) نشان داد که اشکال خاص ژئومرفولوژیکی و لندفرم‌های کارستی حوضه و روابط پیچیده آنها با ویژگی‌های بارش، مورفومتری و آب‌های سطحی و زیرزمینی، کارایی مدل را در پیش‌بینی هیدروگراف سیل کاهش داده است. داودی راد و مهدوی (۱۳۷۸، ص ۱۲) برای ارایهٔ مناسب‌ترین مدل‌های تخمین سیلاب از ۲۳ ایستگاه آبسنجی در حوضهٔ دریاچه نمک استفاده کرده و از بین عوامل آب و هوا، زمین شناسی و مورفولوژی ۶ عامل را انتخاب کردند که توانستند ۹۲ درصد تغییرات را در داده‌های اصلی تبیین نمایند.

مطالعات متعددی با استفاده از روش تحلیل منطقه ای سیلاب‌های حداکثر در جهان و ایران انجام شده است که به عنوان نمونه می‌توان به کارهای ریمرز[2]

1 - Stamey et al
2 - Reimers

(۱۹۹۰)، میمیکو[1](۱۹۹۰)، درایتون و همکاران[2] (۱۹۸۰)، میلر و نوسون[3] (۱۹۷۵)، ویلی و همکاران[4](۲۰۰۰)، موحد دانش و فاخری (۱۳۶۸)، هنربخش(۱۳۷٤) و عرب‌خدری (۱۳۷٤) اشاره کرد. با توجه به تحقیقات انجام شده در بررسی‌های مربوط به حداکثر سیل سالانه در حوضه‌ها می‌توان پارامترهای ژئومرفولوژی را دخالت داد و با آگاهی از تأثیر ویژگی‌های ژئومرفولوژی حوضه‌ها، عوامل اصلی موثر در سیلاب‌ها را تعیین کرد. در این رابطه ضروری است به دلیل متفاوت بودن این پارامترها در سطح ایران تحقیقات بیشتری انجام گیرد. هدف از این تحقیق یافتن مدلی مناسب جهت تخمین دبی های حداکثر برای استفاده در حوضه‌های مشابه فاقد آمار است. با ارایهٔ مدل مناسب جهت پیش‌بینی سیلاب می‌توان بهترین روش‌ها را در برنامه‌های حفاظتی تشخیص داد و مسایل ناشی از آن را برطرف کرد. همچنین در این تحقیق سعی شد اطلاعات مورد نیاز ژئومرفولوژی کمّی حوضه‌ها از پردازش GIS [5] تعیین شود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شامل حوضه‌ها و زیر حوضه‌های آبی دامنهٔ شمالی البرز مرکزی در استان مازندران است. از نظر موقعیّت، این منطقه در حد فاصل بین خط الراس اصلی البرز و دریای خزر، در عرض جغرافیایی ˝۳۵°٤۵ تا ˝۳٦°٤۲ شمالی و

1 - Mimikou
2 - Draiton et al
3 - Miller and Newson
4 - Wiley et al
5 - Geographic Information System

طول ۵۱°۱۵´ تا ۵۲°٤۰´ شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه با مساحت حدود ۱۰۲۲۲ کیلومترمربع از نظر توپوگرافی شامل کوه و جلگه است و طیف ارتفاعی ٥٦۷۱ تا ۲٦- متر را در بر می‌گیرد. آب‌های جاری عمده‌ترین عامل فرسایشی و عهده‌دار تحولات ناهمواری‌های منطقه است.

مهم‌ترین رودخانه‌ها در منطقه از شرق به غرب عبارتند از: تالار، بابلرود، هراز و چالوس. تالار از رودخانه‌های مستقل زیرحوضه تالار- بابلرود است که در غرب شهرستان قائم‌شهر و شرق شهرستان های بابل و بابلسر جریان دارد. منبع تغذیه رودخانه نزولات جوی و در جهت جنوب به شمال جریان دارد. همچنین دو رودخانه کرسنگ و بابلکان در غرب آبادی دهکلان واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب غربی قائم‌شهر به هم پیوسته و رودخانه بابلرود را تشکیل می‌دهند. این رودخانه پس از آنکه آبادی‌های زیادی را مشروب می‌سازد، از شهر بابلسر عبور کرده و به دریای خزر می‌ریزد. زیرحوضه هراز نیز در جنوب دریای خزر واقع شده است. دو رودخانه لاسم و لار در شمال شرق آبادی پلور به هم پیوسته و رودخانه هراز را تشکیل می‌دهند. از ارتفاعات مهمی که رودخانه‌های این زیرحوضه از آنها سرچشمه می‌گیرد، عبارتند از کوه‌های دماوند (٥٦۷۱ متر) و دوآب خرسنگ (٤۳۲٥ متر). رودخانه چالوس در جنوب شهرستان چالوس جریان دارد. شاخه‌های آن از کوه حصارچال با ارتفاع ۳۸۸٦ متر واقع در ٥٥ کیلومتری جنوب شرقی شهر تنکابن و کوه گوکدل با ارتفاع ۳٤۱۲ متر واقع در ٥٥ کیلومتری جنوب شهر چالوس سرچشمه می‌گیرد، در شمال‌آبادی انارک به هم پیوسته و رودخانه چالوس را تشکیل می‌دهند (فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور، ۱۳۸۲، ص ۱۸۹). این رودها که حوضه‌های آبی وسیع و کوهستانی دارند، در فصل بهار پرآب هستند. به

دلیل شیب زیاد دامنه شمالی البرز مرکزی و فاصله کم این رشته کوه از دریا، وجه مشخصه غالب رودخانه‌هایی که به دریای خزر می‌ریزند، کوتاهی، مستقیم بودن و بریدگی عمیق بستر آنها درحد فاصل سرچشمه تا مصب است. این رودخانه‌ها در طول تاریخ طغیان‌های قابل توجه داشته‌اند، به گونه‌ای که براثر جریان‌های عادی یا طغیانی خود بطور متناوب رس و آبرفتهای درشت را با خود آورده و در پایکوه به صورت مخروط افکنه‌هایی بر جای نهاده‌اند.

روش پژوهش

در این تحقیق به منظور بررسی روابط بین خصوصیات ژئومورفولوژی کمّی حوضه‌ها و حداکثر دبی لحظه‌ای (سیل) ابتدا کلیهٔ ایستگاه‌های آبسنجی منطقه مورد مطالعه از طریق بررسی سالنامه‌های آمار جریان رودخانه (سالنامه‌های سازمان تماب وابسته به وزارت نیرو از بدو تأسیس لغایت سال ۱۳۸٤) شناسایی شد. ایستگاه‌های با طول دورهٔ آماری کوتاه حذف و بقیهٔ ایستگاه‌ها برای ادامه تجزیه و تحلیل انتخاب شدند. ایستگاههای منتخب در شکل ۲ نشان داده شده است. پس از آنکه نواقص آماری موجود رفع گردید، با توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ که بهترین برازش را برای منطقه داشته است، دبی حداکثرلحظه‌ای با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با استفاده از نرم‌افزار Smada محاسبه شد. آنگاه جهت همسان‌سازی و نزدیکی ارقام به یکدیگر از نرم‌افزار Excel استفاده شده است.

در مرحلهٔ بعد جهت مدل‌سازی برآورد سیلاب با استفاده از ویژگی‌های ژئومورفولوژی حوضه‌ها ضرورت داشت ابتدا این خصوصیات کمّی و کاربردی شوند. در این میان با توجه به اینکه بعضی از متغیرهای ژئومورفولوژی مثل جنس

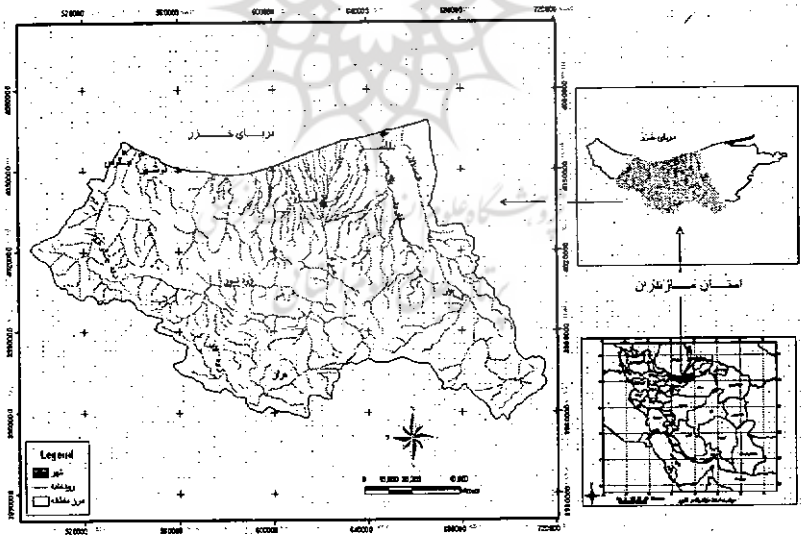
سنگ به صورت کمّی بیان نشدند، در ساخت مدل استفاده نشد. برای تهیهٔ اطلاعات مورد نیاز هر یک از زیرحوضه‌ها که دارای ایستگاه قابل استفاده بودند، ابزار GIS به کار گرفته شد. برای این منظور نقشه‌های توپوگرافی محدودهٔ مورد مطالعه در مقیاس ۵۰/۰۰۰ : ۱ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح اسکن شده و وارد محیط GIS شد. سپس این نقشه‌ها زمین مرجع[1] و رقومی شد. پس از رقومی کردن خطوط تراز، مدل ارتفاعی رقومی سطح منطقه یا DEM[2] تهیه شد (شکل ۲) و از روی آن لایه شیب حوضه‌ها تهیه شد. پس از تبدیل لایه‌های اطلاعاتی به فرمت رستری[3]، ویژگی‌های ژئومرفولوژی کمّی و مورفومتری حوضه‌ها شامل مساحت، محیط، حداکثر و حداقل ارتفاع، ارتفاع متوسط وزنی، شیب حوضه، حداکثر طول حوضه، طول آبراهه اصلی و همچنین طول کل آبراهه‌ها محاسبه گردید. برای این منظور از الحاقیه Grid Analyst که دارای قابلیت بالایی در انجام محاسبات آماری لایه‌های رستری است، استفاده شده است. مزایای استخراج این اطلاعات از پردازش این سیستم، دقت بالا و صرفه‌جویی در وقت و هزینه بوده است. سایر اطلاعات مورد نیاز حوضه‌ها از قبیل اختلاف ارتفاع، ضریب گراویلیوس، تراکم زهکشی، طول و عرض مستطیل معادل، زمان تمرکز، ضریب شکل هورتن و ضریب کشیدگی با استفاده از داده‌های پایه مذکور و از طریق روابط ریاضی که در منابع مکتوب موجود است (علیزاده، ۱۳۸٤، ص ٤۸- دورنکامپ و همکاران، ۱۳۷۰، ص ۲۳)، حاصل شد. سرانجام از روش تحقیق همبستگی و رگرسیون چندمتغیره جهت تعیین رابطه بین پارامترهای یادشده و

1 - Georefrence
2 - Digital Elevation Model
3 - Raster

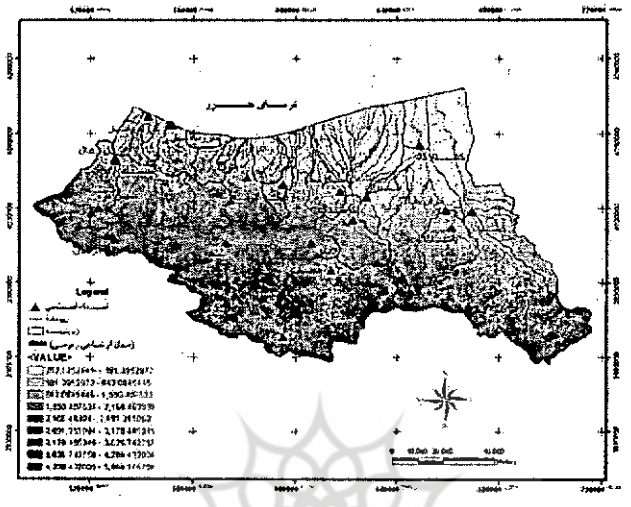
دبی‌های اوج سیلاب برای تجزیه و تحلیل استفاده شده است. در این روش، بین متغیرهای مستقل (خصوصیات حوضه‌ها) و متغیر وابسته (حداکثر دبی لحظه‌ای در دورهٔ بازگشت‌های مختلف) روابطی برقرار می‌شود. مدل رگرسیونی که به طور معمول استفاده می‌شود، به شکل زیر است:

$$Log\,Q_{tr} = A + B_1\,Log\,X_1 + B_2\,Log\,X_2 + \ldots$$

که در آن $Log\,Q_{tr}$ لگاریتم دبی سیلاب با دورهٔ بازگشت معین، A عدد ثابت، $Log\,X_1$, $Log\,X_2$ و ... لگاریتم ویژگی‌های کمّی حوضه و B_1, B_2,... ضرایب هر یک از ویژگی‌ها هستند.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی دامنهٔ شمالی البرز مرکزی در استان مازندران



شکل (۲) مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و موقعیت ایستگاه‌های آبسنجی منطقه

نتایج

داده‌های هیدرولوژی مورد نیاز در این تحقیق شامل حداکثر دبی‌های لحظه‌ای (سیل) به عنوان متغیر وابسته برای هر یک از ۲۲ ایستگاه مورد مطالعه (شکل ۲) تهیه و دورهٔ بازگشت‌های مختلف آنها به کمک نرم‌افزار Smada تعیین شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. جهت بررسی اثر خصوصیات ژئومرفولوژی و مورفومتری حوضه‌ها بر سیلاب، متغیرهای مستقل شامل مساحت، محیط، اختلاف ارتفاع، ارتفاع متوسط، میانگین شیب، طول کل آبراهه‌ها، طول آبراهه اصلی، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، طول مستطیل معادل، عرض مستطیل معادل، حداکثر طول حوضه، ضریب شکل هورتن و ضریب کشیدگی هر یک از حوضه ها به تفکیک اندازه‌گیری و محاسبه گردید. در این مرحله، از تکنیک GIS

به عنوان ابزاری با قابلیت زیاد برای استخراج داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، تحلیل رگرسیونی بین دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌ها و کمیّت‌های ژئومرفولوژی حوضه‌ها با استفاده از SPSS به عمل آمد و متغیرهایی که حداقل در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نبودند تا دستیابی به مناسب‌ترین رابطهٔ رگرسیونی حذف شدند. بر این اساس متغیرهای مساحت ($Area$)، طول حداکثر ($LBa\sin$) و مستطیل معادل حوضه‌ها (LLo) وارد مدل شدند. در نتیجه مدل‌ها به صورت زیر ساخته شده است:

$$Log\,Q_2 = 16.46 + 110.277\ Log\ Area + 18.143\,Log\,LLo + 111.328\,Log\,LBa\sin \qquad R = .915$$
$$Log\,Q_5 = 15.553 + 124.412\ Log\ Area + 22.592\,Log\,LLo + 125.597\,Log\,LBa\sin \qquad R = .903$$
$$Log\,Q_{10} = 14.832 + 120.957\ Log\ Area + 22.742\,Log\,LLo + 122.11\,Log\,LBa\sin \qquad R = .917$$
$$Log\,Q_{25} = 11.87 + 97.846\ Log\ Area + 22.171\,Log\,LLo + 98.778\,Log\,LBa\sin \qquad R = .929$$
$$Log\,Q_{50} = 9.213 + 71.286\ Log\ Area + 20.231\,Log\,LLo + 71.965\,Log\,LBa\sin \qquad R = .929$$
$$Log\,Q_{100} = 6.203 + 40.822\ Log\ Area + 17.29\,Log\,LLo + 41.21\,Log\,LBa\sin \qquad R = .919$$

در این روابط، $Log\,Q_2, Log\,Q_5, Log\,Q_{10}, Log\,Q_{25}, Log\,Q_{50}$ و $Log\,Q_{100}$ لگاریتم دبی حداکثر لحظه‌ای با دورهٔ بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله بوده و $Log\ Area$ لگاریتم مساحت حوضه، $Log\ LLo$ لگاریتم طول مستطیل معادل حوضه و $Log\ LBa\sin$ طول حداکثر حوضه هستند. غالب مدل‌های به دست آمده برای منطقه، دارای ضریب همبستگی بالا بوده و با توجه به سطح معنی‌داری، بهترین نتایج مربوط به تخمین دبی حداکثر لحظه‌ای با دورهٔ بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله است که نتایج تفصیلی آن در جدول ۳ آمده است. هم‌چنین نتایج عملیات در مورد رابطه همبستگی دبی حداکثر با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله با مساحت، طول حداکثر و طول مستطیل معادل حوضه در شکل‌های ٤ الی ٦ ارائه شده است.

جدول (۱) مقادیردبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره بازگشت‌های مختلف (ارقام برحسب مترمکعب درثانیه)

دورهٔ بازگشت (سال) / نام ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
رزن	۲۶/۳۸	۴۳/۰۴	۵۶/۵۳	۷۶/۵۷	۹۳/۸۲	۱۱۳/۱۸
بلده	۲۰/۱۸	۳۳/۸۹	۴۴/۹۱	۶۱/۱۳	۷۴/۹۳	۹۰/۲۵
لار	۶۹/۷	۱۰۶/۵۰	۱۲۵/۹	۱۵۳/۷	۱۷۳/۹	۱۹۳/۸
کرسنگ	۷۴/۷۲	۹۷/۷۹	۱۱۰/۲۵	۱۲۳/۴۷	۱۳۱/۸۲	۱۳۹/۱۴
پنجاب	۸/۸۵	۱۱/۴۸	۱۲/۷۶	۱۳/۹۷	۱۴/۶۶	۱۵/۲۱
کسیلان	۳۴/۹	۵۶/۱۹	۱۱۱/۵	۱۸۴/۵	۲۶۱/۶	۳۶۴
قران‌طالار	۱۱۴/۱۶	۱۹۱/۲۱	۲۵۶/۲۶	۳۵۶/۵۴	۴۴۵/۷۹	۵۴۸/۷۹
کشتارگاه	۳۰۱/۱۸	۴۳۷/۱۵	۵۲۷/۳۱	۶۴۰/۴۷	۷۲۳/۹۸	۸۰۶/۷۵
تنگه لاویج	۷/۸۱	۱۹/۴۴	۳۵/۳۴	۷۳/۹۴	۱۲۶/۳۲	۲۱۳/۱۸
خیرودکنار	۱۴/۷	۲۸/۴۲	۴۳/۴۶	۷۲/۹۹	۱۰۶/۰۱	۱۵۲/۳۴
پل ذغال	۶۵/۹۷	۱۰۳/۲۴	۱۲۹/۵۵	۱۶۴/۱۴	۱۹۰/۶۹	۲۱۷/۷۸
هنیسک دوآب	۹/۹۹	۱۷/۰۸	۲۳/۱۴	۳۲/۵۷	۴۱/۰۳	۵۰/۸۵
کورکورسر	۲۶/۵۳	۶۱/۴۳	۹۶/۵۳	۱۵۷/۸	۲۱۷/۹۲	۲۹۲/۳۸
واسپول	۲۵/۰۶	۴۲/۶۳	۵۵/۳۶	۷۲/۲۵	۸۵/۲۳	۹۸/۴۶
معین دره	۵۱/۳۸	۷۷/۶۳	۹۰/۹۴	۱۰۳/۶۵	۱۱۰/۷۵	۱۱۶/۲۷
ولی آباد	۱۹/۰۹	۳۵/۳۴	۴۸/۴۱	۶۷/۳۳	۸۳/۰۳	۱۰۰/۱۶
دره هریجان	۵/۵۱	۱۰/۰۸	۱۲/۹۲	۱۶/۰۷	۱۸/۰۸	۱۹/۸۳
پل مرگان	۶/۱۴	۹/۰۴	۱۰/۶۱	۱۲/۲۱	۱۳/۱۷	۱۳/۹۷
بلیران	۲۶/۶۷	۴۹/۷۹	۶۹/۱۵	۹۸/۳۱	۱۲۳/۴۹	۱۵۱/۶۸
پاشاکلا	۶۲/۶۶	۸۸/۹۹	۱۰۷/۹۹	۱۳۳/۷۶	۱۵۴/۲۵	۱۷۵/۸۶
وازک	۷/۹۶	۱۳/۳۹	۲۴/۹۴	۷۰/۱۳	۱۷۴/۳۵	۴۷۶/۳
اسکومحله	۱۵/۳	۳۰/۶۸	۴۵/۵۱	۷۰/۹۷	۹۵/۸۳	۱۲۶/۷

جدول (۲) مشخصات ژئومرفولوژی کمّی و مورفومتری حوضه‌های آبی دامنه‌های شمالی البرز مرکزی

نام زیرحوضه و رودخانه	نام ایستگاه‌ها	مساحت (به هکتار)	محیط (به متر)	اختلاف ارتفاع	ارتفاع متوسط	میانگین شیب	طول کل آبراهه (به متر)	طول آبراهه اصلی (به متر)
هراز- نور	رزن	۱۱۹۶۸۹,۹۵	۱۸۶۲۲۶,۲۷	۳۵۹۹,۲۶	۲۷۴۱,۷۸	۱۷,۲۳	۳۲۳۸۵۹,۹۶	۷۴۰۸۵,۳۵
هراز- نور	بلده	۷۲۷۱۳,۴۴	۱۲۸۵۵۰,۴۲	۳۵۹۹,۲۶	۲۸۷۳,۱۲	۱۷,۳۱	۲۰۷۶۶۶,۷۸	۳۷۹۶۵,۰۵
هراز- لار	لار	۷۶۶۷۵,۵۸	۱۵۰۹۲۰,۷۰	۳۱۴۹,۷۶	۳۱۵۳,۰۴	۱۱,۲۱	۲۰۵۱۹۸,۴۷	۶۲۶۳۶,۵۰
هراز	کرسنگ	۳۹۸۳۷۱,۹۹	۳۲۸۵۳۶,۶۲	۵۲۰۳,۸۸	۲۶۶۰,۰۷	۱۶,۱۵	۱۰۴۸۴۳۴,۱	۱۴۲۶۹۱,۴
هراز- نمار	پنجاب	۲۵۶۰۴,۲۸	۷۴۲۲۶,۵۲	۳۰۷۳,۴۵	۲۶۵۴,۸۹	۱۹,۲۸	۷۴۳۴۶,۸۱	۳۲۹۱۵,۱۱
تالار- کسیلان	کسیلان	۳۳۵۵۴,۷۴	۱۱۴۲۰۹,۱۰	۲۴۴۸,۹۰	۹۴۶,۴۷	۸,۴۷	۸۲۹۵۲,۱۰	۵۳۱۷۰,۳۱
بابلرود	قران‌طالار	۴۳۸۷۷,۱۳	۹۵۰۶۴,۲۴	۲۹۴۶,۸۲	۱۰۲۶,۵۲	۱۱,۵۲	۱۱۱۸۶۲,۵۰	۳۵۲۳۶,۲۴
تالار- بابلرود	کشتارگاه	۱۵۱۵۴۳,۵۰	۱۷۴۱۲۶,۴۶	۳۵۳۲,۵۲	۶۷۶,۵۶	۸,۳۶	۴۱۳۰۴۰,۵۲	۷۴۷۵۱,۷۴
چالوس- لاویج	تنگه لاویج	۹۶۰۹,۴۶	۴۴۷۸۷,۰۵	۲۵۹۵,۴۱	۱۳۹۴,۱۱	۱۶,۲۲	۲۴۴۱۴,۶۱	۱۷۵۳۱,۶۰
چالوس- خیرودکنار	خیرودکنار	۲۳۹۰۵,۷۵	۷۱۹۹۹,۴۰	۲۱۶۶,۴۲	۱۱۴۸,۸۶	۱۱,۸۵	۶۰۵۲۸,۳۵	۲۸۷۷۷,۲۶
چالوس	پل ذغال	۱۵۸۱۴۵,۴۱	۱۹۷۷۵۱,۹۸	۴۰۱۰,۶۳	۲۰۷۲,۹۳	۱۸,۵۸	۴۲۷۳۰۴,۵۹	۵۴۲۳۸,۱۶
چالوس- هنیسک	هنیسک	۶۳۳۶۶,۲۳	۱۱۳۷۸۰,۶۲	۳۹۷۹,۸۸	۱۸۲۵,۲۵	۱۶,۵۵	۱۶۷۸۵۱,۷۴	۴۵۸۱۵,۶۸
چالوس-کرکرو	کورکورسر	۷۸۵۴,۴۸	۵۲۷۳۴,۹۴	۱۴۳۴,۴۱	۸۶۵,۹۰	۸,۱۵	۲۱۴۱۱,۸۱	۲۱۴۱۱,۸۱
چالوس- انگوران	وا سپول	۳۰۳۲۷,۲۸	۸۰۱۸۲,۴۷	۳۰۷۵,۹۸	۲۵۹۲,۸۷	۲۲,۱۰	۷۴۲۶۱,۹۸	۲۵۳۲۱,۵۳
چالوس	معین دره	۵۸۴۱۱,۴۰	۱۲۰۱۳۲,۹۸	۳۰۹۴,۱۴	۲۶۲۵,۸۵	۲۰,۶۷	۱۴۹۹۴۰,۱۶	۲۷۱۹۴,۴۳
چالوس- ولی- آباد	ولی آباد	۱۷۷۱۵,۳۱	۵۹۱۲۳,۸۵	۱۶۵۱,۷۳	۲۸۴۱,۷۷	۱۵,۶۰	۴۸۷۴۹,۱۰	۱۴۹۷۹,۰۶
چالوس- هریجان	دره هریجان	۸۵۳۴,۹۸	۴۳۸۵۹,۲۹	۱۵۹۹,۷۸	۲۹۴۱,۰۴	۱۴,۷۵	۱۹۸۳۴,۱۷	۱۴۹۷۹,۰۶
چالوس-پل- مرگان	پل مرگان	۶۱۰۸,۶۷	۳۵۵۷۵,۷۲	۱۵۵۱,۱۱	۲۸۱۵,۵۵	۱۵,۴۱	۲۲۱۸۹,۴۸	۱۳۴۳۹,۷۴
بابلرود- گرم- رود	بلیران	۸۰۶۳,۶۰	۳۹۷۳۵,۶۶	۱۴۲۱,۳۵	۵۸۵,۲۶	۱۰,۱۲	۱۲۴۱۱,۵۸	۱۲۴۱۱,۵۸
بابلرود- بابل	پاشا کلا	۳۶۶۵۸,۹۰	۸۳۸۸۹,۶۳	۲۸۲۹,۴۷	۱۱۴۵,۶۱	۱۲,۶۸	۱۱۷۷۷۳,۱۹	۲۵۶۴۸,۷۵
چالوس- وازک	وازک	۳۰۹۰۵,۲۸	۸۶۲۶۷,۴۰	۲۹۲۰,۰۶	۲۰۷۰,۰۵	۱۶,۱۸	۶۰۸۴۹,۱۹	۲۷۱۰۰,۶۵
هراز- آلش‌رود	اسکومحله	۷۴۴۵,۳۳	۳۳۹۱۱,۳۴	۱۷۴۸,۳۲	۷۰۸,۰۵	۱۱,۲۱	۱۸۱۵۰,۴۶	۱۳۵۴۰,۹۶

جدول (۳) نتایج تحلیل رگرسیونی دبی‌های حداکثر سیلاب منطقه با دوره بازگشت ۲۵ ساله

نام ایستگاه‌ها	ضریب گراولیوس	تراکم زهکشی (به کیلومتر بر کیلومترمربع)	زمان تمرکز (به ساعت)	طول مستطیل‌معادل (به کیلومتر)	عرض مستطیل‌معادل (به کیلومتر)	حداکثر طول حوضه (به کیلومتر)	ضریب شکل هورتن	ضریب کشیدگی
رزن	۱,۵۰	۰/۲۷	۵,۸٦	۷۷,۰٦	۱۵,۷۵	٦۷,۵۰	۰/۲۷	۰/۵۸
بلده	۱,۳۳	۰/۲۸	۲,۷۰	٤۹,۵۵	۱٤,۷۲	۵۰,۷۰	۰/٦٤	۰/٦۰
لار	۱,۵۲	۰/۲٦	۵,۰۸	٦۲,۷۹	۱۲,٤۰	۵۱,۹۷	۰/۳۳	۰/٦۰
کرسنگ	۱,٤۵	۰/۲٦	۱۰,۸	۱۳۳,٤	۳۰,۲۳	۱۱۱,۲٦	۰/۵۸	۰/٦٤
پنجاب	۱,۳۰	۰/۱۳	۲,٤٤	۲۷,۸۵	۹,۲۷	۳۰,۵۵	۰/۳۱	۰/۵۹
کسیلان	۱,۷٤	۰/۲۵	٤,٦۳	۵۰,۰۷	٦,۸۳	٤٦,٤۰	۰/۱۸	۰/٤۵
قران‌طالار	۱,۲۷	۰/۲۵	۲,٦۸	۳٤,۹۱	۱۲,۵۸	۳۱,۹۲	۰/۵۸	۰/۷٤
کشتارگاه	۱,۲۵	۰/۲۷	۵,۹٦	٦۲,۵۵	۲٤,۳۲	٦۰,٤٤	۰/٤۷	۰/۷۳
تنگه لاویج	۱,۲۸	۰/۲۵	۱,۲٦	۱٦,٤٦	۵,۹۳	۱٦,٦۸	۰/۵٤	۰/٦٦
خیرودکنار	۱,۳۰	۰/۲۵	۲,۲۷	۲٦,۹۱	۸,۹۷	۲۵,۱٦	۰/۵۱	۰/٦۹
پل ذغال	۱,۳۹	۰/۲۷	۳,۹۲	۷۸,٤٦	۲۰,۲۳	٤۹,٦۹	۱,۰٤	۰/۹۰
هنیسک	۱,۲٦	۰/۲٦	۳,۲٤	٤۱,٦۳	۱۵,۰۰	۳۹,۲٤	۰/٤٦	۰/۷۲
کورکورسر	۱,٦٦	۰/۲۷	۱,۹۹	۲۲,۷۱	۳,۵٤	۱۹,٤۷	۰/۲۸	۰/۵۱
واسپول	۱,۲۹	۰/۲٤	۱,۸۰	۲۹,۸۷	۱۰,۲۲	۳۰,۰۳	۰/٦۲	۰/٦۵
معین دره	۱,۳۹	۰/۲۵	۱,۹۵	٤۷,٦۸	۱۲,۲۹	٤۷,۷۹	۱,۰۸	۰/۵۷
ولی آباد	۱,۲٤	۰/۲۷	۱,۹۳	۲۱,۰٦	۸,۳۹	۲۷,۵۳	۰/۳۳	۰/۵۵
دره هریجان	۱,۳۳	۰/۲۳	۱,۲٦	۱٦,۷۸	۵,۱۵	۱٦,۲۳	۰/٤۹	۰/٦٤
پل مرگان	۱,۲۷	۰/۳٦	۱,۱۳	۱۳,۱۱	٤,٦۰	۱۱,۷۷	۰/٦۹	۰/۷۵
بلیران	۱,۲٤	۰/۱۵	۱,۰٦	۱٤,۱۱	۵,۷٦	۱٦,۱۰	۰/۹۰	۰/٦۳
پاشا کلا	۱,۲۲	۰/۳۲	۱,۸۸	۲۹,۱۹	۱۲,۵۱	۲۷,۵٦	۰/۷۷	۰/۷۸
وازک	۱,۳۷	۰/۱۹	۱,۹۸	۳۳,۷۵	۹,۲٤	۲۸,٤۳	۰/٦٤	۰/۷۰
اسکومحله	۱,۱۰	۰/۲٤	۱,۰۸	۸,۷۲	۸,۲۱	۱۲,۵٦	۰/۵۳	۰/۷۸

ادامه جدول (۲) کمیت‌های ژئومرفولوژی حوضه های آبی دامنه های شمالی البرز مرکزی

ضریب همبستگی و ضرائب تعیین مربوط به معادله رگرسیون(**Model Summary**)

Model	(ضریب همبستگی) R	(ضریب تعیین) R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.929(a)	.862	.679	.23615

a Predictors: (Constant), ضریب کشیدگی، محیط ،شیب، تراکم زهکشی، ضریب شکل هورتنز، ضریب گراولیوس، ارتفاع متوسط، اختلاف ارتفاع ،طول آبراهه اصلی، طول کل آبراهه‌ها،پ زمان تمرکز، طول مستطیل معادل

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		(((ضریب رگرسیون)B	(اشتباه استاندارد) Std. Error	Beta		(سطح معنی‌داری)
1	(Constant)	11.870	17.367		.683	.512
	محیط	.960	4.631	.614	.207	.840
	اختلاف ارتفاع	2.790	1.954	1.087	1.428	.187
	ارتفاع متوسط	-.725	.528	-.427	-1.372	.203
	شیب	-1.991	1.273	-.614	-1.565	.152
	طول کل آبراهه‌ها	-.507	1.200	-.630	-.423	.683
	طول آبراهه اصلی	-4.506	2.375	-3.081	-1.897	.090
	ضریب گراولیوس	6.249	10.559	.684	.592	.569
	تراکم زهکشی	.553	.875	.126	.632	.543
	زمان تمرکز	2.424	2.549	1.583	.951	.366
	طول‌مستطیل معادل	1.811	3.312	1.023	.547	.598
	ضریب شکل هورتن	.217	.790	.103	.275	.790
	ضریب کشیدگی	.244	1.509	.040	.162	.875

a Dependent Variable: DEBI25(دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله)

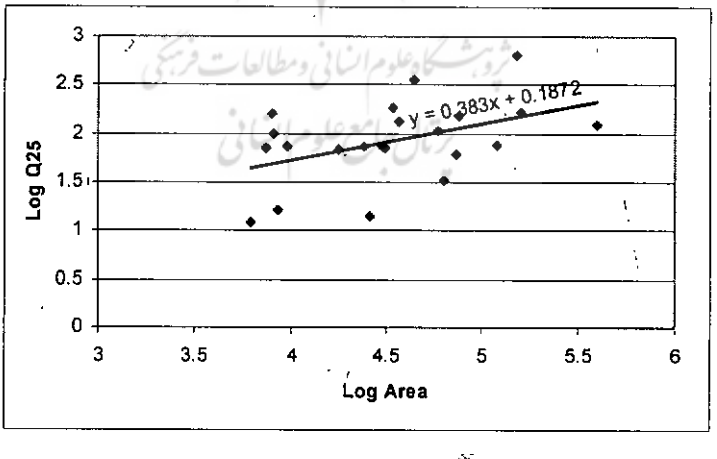
حذف متغیرهای کم اهمیت از مدل با توجه به سطح معنی‌داری(.Sig)

Excluded Variables(b) ضرائب معادلات رگرسیون و شناسایی متغیرهای مهم

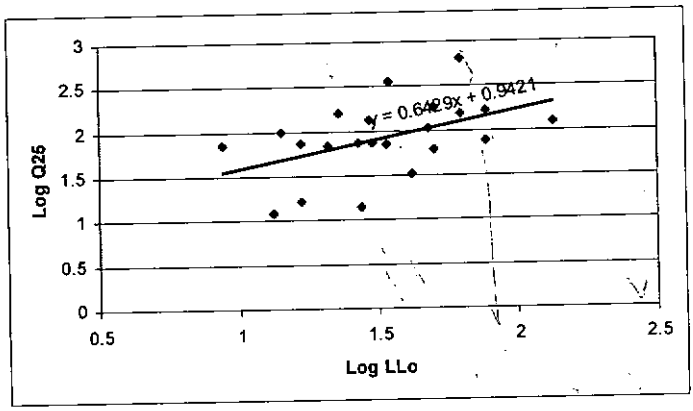
Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	AREA(مساحت)	97.846(a)	2.168	.062	.608	5.324E-06
	LLO(طول حداکثر)	22.171(a)	2.750	.025	.697	.000
	LBASIN(عرض مستطیل معادل)	98.778(a)	2.168	.062	.608	5.224E-06

a Predictors in the Model: (Constant), ضریب کشیدگی، محیط، شیب، تراکم زهکشی، ضریب شکل هورتن، ضریب، گراولیوس، ارتفاع متوسط، اختلاف ارتفاع، طول آبراهه اصلی، طول کل آبراهه‌ها ، زمان تمرکز، ،طول مستطیل معادل

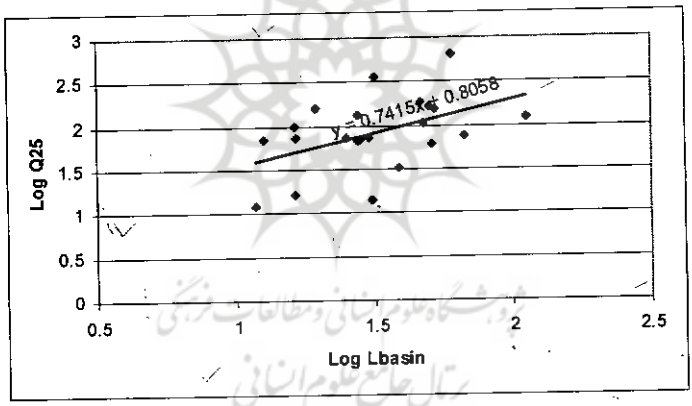
b Dependent Variable: DEBI25 (دبی سیلاب با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله)



شکل (٤) رابطهٔ دبی سیلاب با مساحت حوضه



شکل (۵) رابطهٔ دبی سیلاب با طول مستطیل معادل حوضه



شکل (٦) رابطهٔ دبی سیلاب با طول حداکثر حوضه

بحث و نتیجه گیری

خسارات جبران‌ناپذیر سیل در سال های گذشته ایجاب می‌کند که پیش‌بینی وقوع این پدیده به طور گسترده انجام گیرد. با توجه به عدم کفایت داده‌های هیدرولوژیکی به ویژه دبی حداکثر لحظه‌ای، در این تحقیق از خصوصیات

ژئومرفولوژی کمّی و مورفومتری حوضه‌ها برای کسب اطلاعات و تجزیه و تحلیل سیلاب حوضه‌ها استفاده شده است. علت اصلی توجه به موضوع این است که ویژگی‌های ژئومورفولوژی حوضه‌ها درتولید رواناب نقش مهمّی ایفاء کرده و می‌توانند بر دبی‌های حداکثر نیز تأثیر بگذارند.

به منظور ارایهٔ مدل‌های تخمین سیلاب در این تحقیق با حذف عواملی که تأثیر معنی‌داری نداشتند، رابطه بین کمیّت‌های ژئومورفولوژی حوضه‌ها به دست آمد و مدل‌های نهایی بر اساس متغیرهای معنی‌دار ارایه گردید. با توجه به نتایج نهایی حاصل از تحلیل آماری رگرسیون چندمتغیره، ضریب همبستگی بین متغیر وابسته (دبی حداکثر لحظه‌ای) و متغیرهای مستقل (خصوصیات مساحت، محیط، اختلاف ارتفاع، ارتفاع متوسط، میانگین شیب، طول کل آبراهه‌ها، طول آبراههٔ اصلی، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، طول مستطیل معادل، عرض مستطیل معادل، حداکثر طول حوضه، ضریب شکل هورتن و ضریب کشیدگی حوضه‌ها) بالا بوده و این میزان برای مثال در مورد دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله $r=۰/۹۳$ و $r^2=۰/۸۶$ محاسبه شده است و بیانگر آن است که نتایج حاصل از مدل به میزان ۸۶ درصد با واقعیت همخوانی دارد. بنابراین با استفاده از این روش می‌توان سیلاب را برای حوضه‌های آبی منطقه و دیگر حوضه‌های مشابه فاقد آمار با دقت بالایی پیش‌بینی نمود. از بین ۱۵ متغیر مورد استفاده برای تخمین سیلاب حوض‌ها، تنها سه متغیر مساحت، طول حداکثر و عرض مستطیل معادل حوضه‌ها در وقوع سیل نقش معنی‌دار داشتند. به عبارتی، در بین خصوصیات ژئومورفولوژی کمّی و مورفومتری حوضه‌های آبی دامنه شمالی البرز مرکزی، دبی حداکثر لحظه‌ای بیشتر تابعی از مساحت حوضه، طول حداکثر و عرض مستطیل

معادل حوضه‌ها است و این موارد به ترتیب بیشترین تأثیر را بر دبی اوج سیلاب سالیانه دارند که در تحلیل سیلاب‌ها می‌توان از آنها استفاده کرد.

با وجود ژئومرفولوژی متفاوت حوضه‌ها و همچنین تغییرات بارش که می‌تواند نتایج مدل را تحت تأثیر قرار دهد، مدل‌های ارائه شده در این تحقیق با نتایج مطالعات دیگر محققان مطابقت زیادی دارد. از جمله ریج[1] (۱۹۸۲) در امریکا عوامل مساحت حوضه، شیب آبراههٔ اصلی، درصدی از مساحت که به وسیلهٔ دریاچه یا تالاب پوشیده شده است، بارندگی متوسط سالیانه، رواناب متوسط سالیانه، بارندگی ۲٤ ساعته و شرایط کوهستانی را به عنوان پارامترهای موثر بر سیلاب در نظر گرفت و نتیجه گرفت که سطح حوضه مهم‌ترین پارامتر موثر بوده و پس از آن آبراهه اصلی از اهمیّت بیشتری برخوردار است.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، حوضه‌هایی که مساحت بیشتری داشته و طول حداکثر آن و مستطیل معادل حوضه برای ایجاد سیلاب مساعد است، باید در اولویت عملیات اجرایی آبخیزداری و سایر برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرند. از GIS به عنوان ابزاری با قابلیت زیاد برای مشخص کردن خصوصیات ژئومرفولوژی کمّی و و تعیین مورفومتری حوضه‌ها و رودخانه‌ها استفاده شد که موجب افزایش سرعت و دقت انجام محاسبات گردیده است.

1 - riggs

منابع

۱- تلوری، عبدالرسول و اسلامی، علیرضا (۱۳۸۲)، روش‌های برآورد جریان حداکثر لحظه‌ای سیل در حوزه‌های شمال کشور، ***نشریه پژوهش و سازندگی***، آبخیزداری، شماره ۵۸.

۲- داودی راد، ع و مهدوی، محمد (۱۳۷۸)، بررسی مدل‌های اقلیمی و مورفولوژیکی برآورد دبی‌های سیلابی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی در حوضه آبخیز دریاچه نمک)، ***دومین کنفرانس تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور***.

۳- دورنکامپ ولینک، استرالر، گاردینر و داکومب، چو (۱۳۷۰)، ***تحلیل‌های کمّی در ژئومورفولوژی***، ترجمهٔ جمشید فریفته، انتشارات دانشگاه تهران.

٤- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح(۱۳۸۲)، ***فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور***، حوضه آبریز دریای خزر، جلد دوم

۵- عرب‌خدری، محمود (۱۳۷٤)، *برآورد سیلاب‌های طرح با استفاده از ویژگی‌های حوضهٔ آبخیز*، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، اصفهان.

٦- علیزاده، امین (۱۳۸٤)، ***اصول هیدرولوژی کاربردی***، انتشارات آستان قدس رضوی.

۷- غیور، حسنعلی (۱۳۷۱)، پیش‌بینی سیلاب در مناطق مرطوب، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۲۵.

۸- قنواتی، عزت‌اله (۱۳۷۸): ***مدل‌سازی هیدروژئومرفولوژیک سیلاب و رسوب (نمونهٔ موردی حوضهٔ رودخانه‌های زهره و خیرآباد***، پایان‌نامهٔ دورهٔ دکتری دانشگاه تربیت مدرس.

۹- محمودی، فرج‌اله؛ یمانی، مجتبی و شهرام بهرامی (۱۳۸٦)، ارزیابی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی در حوضه آبخیز کنگیر ایوان غرب، ***پژوهش های جغرافیایی***، شماره ٦۰.

۱۰- موحد دانش، علی اصغر و فاخری، ا. (۱۳٦۸)، مدل‌بندی سیلاب‌های منطقه‌ای شرق دریاچه ارومیه، ***مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس***.

۱۱- نیکزاد، اسحاق (۱۳۸٦)، ***بررسی نقش عوامل فیزیوگرافیک بر روی دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در زیرحوضه‌های دامنه‌های شمالی البرز مرکزی با استفاده از GIS***، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۱۲- هنربخش، افشین (۱۳۷٤)، ***آنالیز منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز دریاچه نمک***، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

13- Draiton, R.S. et al (1980), A Regional Analysis of River Floods and Low Flows in Malawi, ***Malawi Water Resources Division***, Report 72.

14- Jain, V., Sinha, R. (2003), Evaluation of Geomorphic Control on Flood hazard Through Geomorphic Instantaneous Unit Hydrograph, ***Current Science*** 85(11), 1596-1598.

15- Miller, J.B. and M.D. Newson (1975), Flood Estimation from Catchment Characteristics, ***Proceed. Flood Studies Conference***, London, PP. 57-61.

16- Mimikou, M. (1990), ***Regional Analysis of Hydrological Variables in Greece, Regionalization in Hydrology*** (Proceeding), Ed: M. A. Beran, M. Brilly, A. Backer and O. Bonacci, IAHS Publication, No. 190, PP. 195-202.

17- Murphey, D.E. and E. Wallance and L.J. Lanc (1977), Geomorphic Parameters Predict Hydrograph Characteristics in the Southwest, ***Water Resources Bulletin***, 13(1), PP. 23-38.

18- Reimers, W. (1990), ***Estimating Hydrological Parameters from Basin Characteristics for Large Semiarid Catchments, Regionalization in Hydrology*** (Proceeding), Ed: M.A. Beran, M. Brilly, A. Backer and O. Bonacci, IAHS Publication, No. 190, PP. 187-194.

19- Riggs, H.C. (1982), ***Regional Analysis of Stream Flow Characteristics, Hydrologic Analysis and Interpretation***, U.S. Geological Survey.

20- Stamey, T.C. and G.W. Hess (1993), Techniques for Estimating Magnitude and Frequency of floods in Rural Basins in Georgia. U.S.G.S. ***Water Resources Report*** 93-4016.

21- Wiley, J.B., Atkins, J.T., Jr., and G.D. Tasker (2000), Estimating Magnitude and Frequency of Peak Discharges for Rural, Unregulated, Streams in West Virginia: U.S. ***Geological Survey Water-Resources Investigations Report*** 00-4080.