

بررسی آنالیز حساسیت پارامترهای سیل نسبت به تغییرات زبری (مطالعه موردی: منطقه شیروان)

مهران صابری تنسوان^۱، زهرا گنجی نوروژی^{۲*}، مهدی دلقندی^۳، سعید نیک‌قلب عاشوری^۴، وجیهه درستکار^۵

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸

مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد

چکیده

یکی از منابع خطا در شبیه‌سازی سیل تخمین زبری است. در این مطالعه به کمک نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS و HEC-GEORAS سیل بر روی رودخانه‌های اترک علیا، چایلق، گلپان و بخشی از رودخانه اترک با زبری‌های مختلف شبیه‌سازی شد و آنالیز حساسیت پارامترهای سیل از قبیل سطح سیل‌گیر، عمق و سرعت، نسبت به تغییر ضریب زبری برای سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد به عنوان نمونه برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به ازای افزایش ۱۰ درصدی ضریب زبری، عمق و سطح سیل‌گیر هر کدام حدود ۱/۱ درصد افزایش یافته و سرعت حدود ۴ درصد کاهش یافته است. همچنین به ازای کاهش ۱۰ درصدی ضریب زبری، تغییرات عمق، بسیار ناچیز بوده اما سطح سیل‌گیر ۱/۱ درصد کاهش یافته و سرعت حدود ۸/۳ درصد افزایش یافته است. همچنین مشخص شد که پارامتر سرعت جریان به تغییر زبری واکنش بیشتری نسبت به عمق و سطح سیل‌گیر دارد و عمق جریان کمترین وابستگی به میزان تغییر ضریب زبری را داشت، به طوری که به ازای کاهش ضریب زبری بیش از ۱۰ درصد، تغییرات عمق بسیار اندک بود. این روند برای همه دوره بازگشت‌ها تقریباً مشابه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی سیلاب، روندیابی، سرعت جریان، HEC-RAS

^۱ کارشناسی ارشد گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، شماره تماس: ۰۹۱۵۱۸۴۳۲۹۱ ایمیل: mehran.saberi.t.68@gmail.com

^۲ استادیار گروه آب و خاک، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، شماره تماس: ۰۹۱۹۳۸۲۸۲۱۰ ایمیل: z_ganji@shahroodut.ac.ir (نویسنده مسؤول)

^۳ استادیار گروه آب و خاک، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، شماره تماس: ۰۹۱۵۱۷۳۵۸۵۴ ایمیل: delghandi@gmail.com

^۴ کارشناس ارشد مهندسی آب، شرکت صنعتی دیلیم، تهران، ایران، شماره تماس: ۰۹۱۲۴۱۵۰۶۵۲ ایمیل: mailto:nikghalb.s@gmail.com

^۵ استادیار گروه آب و خاک، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، شماره تماس: ۰۹۱۳۱۲۸۶۰۷۱ ایمیل: v.dorostkar83@yahoo.com



مقدمه

ایران علیرغم اینکه در منطقه خشک جهان واقع شده است جزو مناطق سیل خیز است و سطح مناطق سیل خیز کشور حدود ۹۱ میلیون هکتار برآورد گردیده است. به طوریکه ۵۹۲ شهر، ۶۶ هزار روستا، ۲ هزار رشته قنات، یک میلیون هکتار از اراضی زراعی و بخش عظیمی از جاده‌های کشور و تأسیسات صنعتی در معرض خطر سیل‌گیری و تخریب قرار دارند (غیور، ۱۳۷۵). بنابراین مدیریت سیلاب یکی از اقدامات ضروری در این مناطق است. انجام مطالعات جامع و برنامه‌ریزی شده جهت پهنه‌بندی سیلاب و تهیه نقشه‌های خطر با دقت مناسب برای شناسایی و دسته‌بندی مناطق پرخطر بر حسب شدت خطرات ناشی از سیل می‌تواند مدیران را در مدیریت سیل یاری نماید. اما همواره این نقشه‌ها دارای عدم قطعیت‌های فراوانی می‌باشند. یکی از مهمترین منابع عدم قطعیت در این نقشه‌ها، برآورد ضریب زبری می‌باشد. عدم برآورد صحیح عمق و سرعت سیل، منجر به تصمیمات اشتباه در زمینه مدیریت سیل می‌گردد، بنابراین بررسی تأثیر پارامترهای مؤثر در عدم قطعیت، می‌تواند در کاهش این عدم قطعیت‌ها و درک درست تصمیم‌گیران کمک شایانی نماید. در ادامه به برخی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه اشاره شده است.

تحقیقی در مورد شبیه‌سازی پهنه بندی سیل بر روی رودخانه کارون با استفاده از مدل HEC-RAS برای دور برگشت‌های مختلف صورت گرفت. نتایج نشان داد که مدل HEC-RAS می‌تواند جهت مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان در رودخانه‌ها و پهنه‌بندی سیلاب با دقت بالا و هزینه اندک مورد استفاده قرار گیرد (حسونی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). در پژوهشی بر روی سیلاب‌های رودخانه زرینه‌رود مشخص گردید که سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف خطر چندان را برای سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی ایجاد نمی‌کند، اما می‌تواند خسارات زیادی به اراضی کشاورزی وارد سازد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). محققین با

استفاده از دو نرم افزار HEC-RAS و MIKE11 بازه‌ای از رودخانه قره‌آغاج واقع در استان فارس را مورد مطالعه قرار دادند و عنوان نمودند نتایج نرم افزار HEC-RAS به عنوان یک نرم افزار رایگان از نظر دقت نه تنها تفاوت قابل ملاحظه‌ای با نرم افزار MIKE11 نداشته بلکه نتایج نزدیک‌تری به واقعیت ارائه کرده است (درخشان و همکاران، ۱۳۹۵). از آن جا که دقت تعیین عمق جریان در تعیین دقیق مشخصه‌های فنی و حقوقی نظیر حدود بستر و حریم رودخانه‌ها، مؤثر می‌باشد، برآورد دقیق ضریب زبری هیدرولیکی علاوه بر ارزش فنی، اهمیت حقوقی نیز پیدا می‌نماید. به طوریکه محاسبه و تخمین ضریب زبری مانینگ موضوع مورد علاقه بسیاری از محققین بوده است (Azamathlla et al., 2013; Li et al., 2017; Ong et al., 2017). مطالعه‌ای بر روی رودخانه کارده با انجام آنالیز حساسیت مشخص شد علاوه بر دانه‌بندی مصالح بستر، رفتار هیدرولیکی جریان نیز در محاسبه ضریب زبری مؤثر بوده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۱). پژوهشی با موضوع ارزیابی پهنه‌بندی سیل با تغییرات ضریب زبری بر روی رودخانه اترک توسط مدل HEC-RAS نشان داد که با افزایش ضریب زبری گستره پهنه سیل افزایش یافته است (افتخاری و همکاران، ۱۳۹۰). در تحقیقی که برای مشخص کردن عدم قطعیت پارامتر عمق جریان نسبت به دو مولفه ضریب زبری جریان و تغییر در دبی جریان در بالادست، انجام شد، نتایج نشان داد که میزان حساسیت عمق سیلاب به تغییر دبی جریان بیشتر از حساسیت آن به تغییر ضریب زبری می‌باشد (Bozziet al, 2015). بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر ضریب زبری کرانه و بستر رودخانه خشک شیراز توسط نرم افزار HEC-RAS نشان داد که اگرچه میزان فرسایش کناره‌های رودخانه در مقاطع فاقد پوشش گیاهی به مراتب بیشتر از مقاطع دارای پوشش گیاهی بوده است، اما به دلیل افزایش ضریب زبری برای دبی عبوری ۱۰۰ تا ۲۵۰ متر مکعب بر ثانیه به مقدار ۱۰ تا ۲۸/۵ درصد کاهش یافته است (نیک‌منش، ۱۳۹۰).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان شمالی در شمال شرق کشور واقع شده است. این منطقه محل تلاقی ۴ حوضه آبریز اترک، قره‌قوم، خزر و کویر مرکزی می‌باشد. شهرستان شیروان در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۹۳ دقیقه با ارتفاع ۱۰۹۷ متری از سطح دریا و مساحت ۳۷۸۹ کیلومتر مربع قرار گرفته است و دومین شهرستان پر جمعیت خراسان شمالی می‌باشد. این شهرستان دارای شش رودخانه است رودخانه اترک، رودخانه قلجق، رودخانه زوارم، رودخانه گلیان، رودخانه هنامه، رودخانه چایلق (وزارت کشور، ۱۳۸۹). اترک رودی سیل‌گیر است که از کوه‌های هزار مسجد روستای یدک سرچشمه گرفته و در طول مسیر پس از گذر از دشتهای قوچان، شیروان و بجنورد در ناحیه چات، مرز ایران و ترکمنستان جاری می‌شود، پس از آن وارد خاک جمهوری ترکمنستان شده و به دریای خزر می‌ریزد. منطقه مورد بررسی این تحقیق رودخانه‌های اترک علیا (رودخانه شیخ امیرانلو-قلجق) و رودخانه چایلق، گلیان و قسمتی از رودخانه اترک را در بر می‌گیرد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی و رودخانه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

سه ایستگاه هیدرومتری بر روی این رودخانه‌ها قرار دارد که در روستاهایی به نام‌های قوردانلو و کورکانلو و قره‌خان‌بندی احداث شده‌اند که هر کدام از ایستگاه‌ها دارای چندین سال آمار متوسط دبی روزانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه می‌باشند که این آمار از اداره آب منطقه‌ای استان خراسان شمالی دریافت گردیده است. جدول شماره (۱).

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود میانگین آمار دبی رودخانه در شاخه کورکانلو از میانگین آمار دبی در شاخه‌های دیگر بیشتر است ولی ایستگاه‌های آب سنجی قوردانلو و قره‌خان‌بندی سیلاب‌هایی با دبی بسیار بزرگتری را ثبت نموده‌اند. در

مطالعه‌ای که بر روی رودخانه هراز صورت گرفت، نشان داد که افزایش پوشش گیاهی و به تبع آن ازدیاد ضریب زبری مانینگ در فصل تابستان سبب می‌گردد در سواحل و دشت سیلابی سرعت، قدرت و دبی جریان به مقدار زیادی نسبت به شرایط مشابه در فصل زمستان کاهش یافت (ذاکر عباسی امیری و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی تغییرات ضریب زبری بر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه، میزان تأثیر افزایش یا کاهش ضریب زبری مانینگ بر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه نظیر (سرعت، تنش برشی و...) مورد بررسی قرار گرفته است (امیری و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقی در رابطه با تأثیر ضریب زبری مانینگ بر روی مؤلفه‌های سیلاب مشخص شد تغییر میزان پوشش گیاهی در بالادست تأثیر کمی بر روی مؤلفه‌های سیلاب گذاشته است. میزان حساسیت مؤلفه‌های جریان نسبت به تغییر ضریب زبری در مقاطع میانی رودخانه بیشتر شد و بیشترین میزان حساسیت مؤلفه‌های جریان سیلاب به تغییر ضریب زبری مانینگ، در مقاطع پایین‌دست و مناطقی که شیب کمتری داشتند، بوده است (Kamaliet al, 2018). نتایج مطالعه ای روی رودخانه Strymonas در شمال یونان نشان داد که تغییرات ضریب زبری در پایین‌دست رودخانه که شیب کمتری دارد میزان تأثیر بیشتری بر روی مؤلفه‌های جریان داشته و در نظر گرفتن یک مقدار ثابت برای ضریب زبری در سراسر مسیر رودخانه نتایج رضایت بخشی را ارائه نداده است (Hatzigiannakiset al, 2016).

بر این اساس در این تحقیق با توجه به قابلیت نرم افزار HEC-RAS جهت شبیه سازی سیلاب و امکان تلفیق با GIS، به پهنه‌بندی خطر سیل برای منطقه شیروان پرداخته شد و در ادامه با تغییر ضریب زبری در اجراهای متعدد مدل، تأثیر تغییر ضریب زبری بر روی مؤلفه‌های عمق، سرعت و پهنه سیل‌گیر مورد بررسی قرار گرفت.

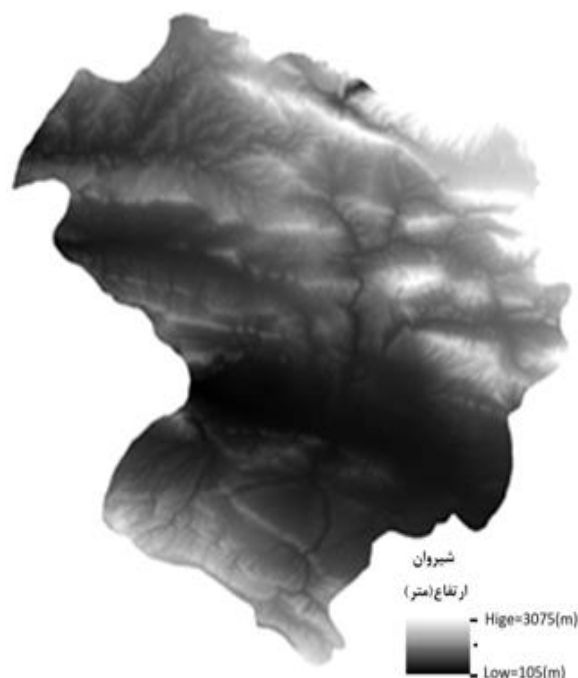
شکل شماره (۲) نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی و رودخانه‌های مورد مطالعه

جدول (۱): خلاصه از آمار موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری

تعداد سالهای آماری (سال)	حداکثر آمار دبی (متر مکعب بر ثانیه)	میانگین آمار دبی (متر مکعب بر ثانیه)	مختصات جغرافیایی UTM		نام ایستگاه هیدرومتری
			عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	
۱۸	۱۱۵/۴۸	۰/۳۴	۴۱۶۵۶۲۹	۵۸۵۱۶۷	قوردانلو
۱۸	۶۶/۱۵	۰/۴۸۵	۴۱۶۵۰۸۷	۵۸۹۹۱۴	کورکانلو
۲۳	۹۱/۳	۰/۳۵	۴۱۴۸۵۰۳	۵۴۸۷۱۷	قره خانبندی



شکل (۲): نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM)

کاربری اراضی

کاربری‌های اصلی اراضی در منطقه مورد مطالعه، عمدتاً اراضی مرتعی، زراعی، باغی می‌باشند. نحوه استفاده از اراضی یکی از فاکتورهای مهم در ایجاد سیل، میزان و شدت سیل و نیز ارزیابی میزان خسارات ناشی از سیلاب به بخش‌های مختلف است. نوع کاربری اراضی و وسعت هر نوع از کاربری‌ها در جدول (۲) آورده شده است. همچنین ضرایب زبری مورد استفاده برای شبیه سازی از ضابطه شماره ۶۸۸ (وزارت نیرو، ۱۳۹۴) که توسط معاونت فنی و امور زیر بنایی وزارت نیرو تحت عنوان راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها منتشر شده، استفاده گردیده است. در این مطالعه، نقشه کاربری اراضی توسط چندین نرم افزار ترسیمی و ماهواره ای مانند Google Earth،

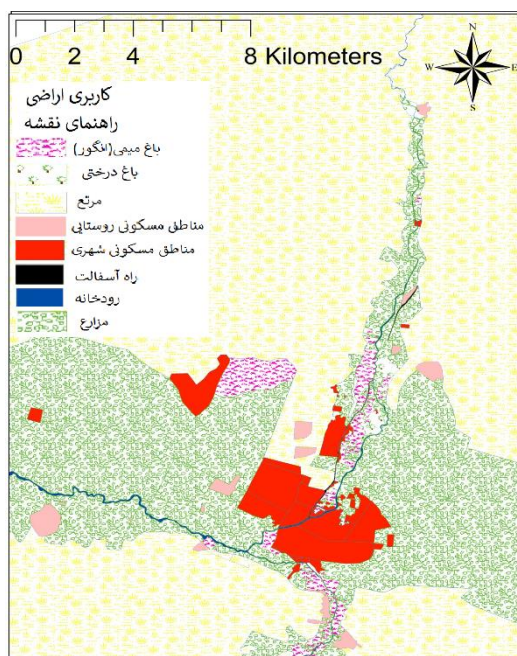
GlobalMapper و افزونه ArcBruTile ترسیم شده

است (شکل ۳).

جهت تهیه نقشه‌های سیلاب نیاز به برآورد دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد. جهت این امر در این تحقیق از نرم‌افزار Easy fit استفاده گردید. همچنین جهت شبیه‌سازی سیلاب از نرم‌افزار HEC-RAS استفاده شد. این نرم افزار یکی از سری مدل‌های Hydrologic Engineering Center است که جهت روندیابی جریان در رودخانه قابل استفاده است. مدل فوق روندیابی در رودخانه را، هم در حالت جریان ماندگار و هم غیرماندگار انجام می‌دهد. چند شاخه‌ای شدن آبراهه‌ها را نیز در این مدل می‌توان تعریف کرد. علاوه بر این می‌توان در این مدل در صورت وجود هرگونه سازه آبی شامل پل، بند، سد، آبگذر (کالورت) و ... را برای مدل تعریف و اضافه نمود و تأثیر آن را در روندیابی مشاهده نمود (USAC, 2006).

جدول (۲): کاربری اراضی

ردیف	نوع کاربری	وسعت (هکتار)	ضریب زبری
۱	اراضی زراعی	۲۱۳۲۰/۲	۰/۰۷
۲	باغ میمی	۱۳۶۵/۹	۰/۱
۳	باغ درختی	۴۱۷/۵	۰/۱
۴	مرتع	۱۲۵۹۷۴/۶	۰/۰۳۵
۵	مسکونی روستایی	۷۲۹/۹	۰/۰۳۵
۶	مسکونی شهری	۱۶۱۹/۵	۰/۰۱۸
۷	بستر رودخانه	۷۹۴/۷	۰/۰۵



شکل (۳): بخشی از نقشه کاربری اراضی منطقه شیروان

با محیط GIS، توسط الحاقیه HEC-GEORAS می-باشد. افزونه HEC-GEORAS یکی از برنامه‌های مجموعه نرم‌افزارهای HEC است که به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد استفاده در نرم‌افزار HEC-RAS تولید گردیده و به عنوان یک الحاقی به ArcMap اضافه می‌شود. به این ترتیب دو نرم‌افزار HEC-RAS و GIS را به هم مرتبط می‌کند. در این تحقیق ابتدا TIN منطقه از روی اطلاعات توپوگرافی نقشه DEM در محیط GIS تهیه شد. سپس در نرم افزار HEC-GEORAS، مقاطع استخراج شده

برای کالیبراسیون نرم‌افزار HEC-RAS، از داده‌های هم‌زمان دبی-اشل استفاده گردید. به این ترتیب که ابتدا به ازای دبی‌های مختلف در بالادست، دبی مورد نظر به مدل معرفی گردید و اشل متناظر با این دبی‌ها توسط نرم‌افزار HEC-RAS برای مقطع پایین دست به دست آمد. سپس اشل‌های مشاهداتی با اشل محاسباتی مورد مقایسه قرار گرفت. با تغییر ضریب زبری در هر مرحله اشل محاسباتی به اشل مشاهداتی نزدیک‌تر شد. از مزایای استفاده از این مدل، ارتباط آسان این نرم‌افزار

که در آن $S_N(x)$: فراوانی‌های مشاهده شده در نمونه $F(x)$: فراوانی‌های نسبی جامعه

مقدار این ضریب بین ۰ تا ۱ متغیر است که هر چه این ضریب کوچکتر باشد نشانه آن است که تابع توزیع، برازش بهتری نسبت به داده‌ها دارد. نتایج برازش تابع توزیع در نرم‌افزار Easy fit نشان داد که بهترین تابع توزیع برای ایستگاه قوردانلو Gen. Extreme Value با میزان ضریب گلموگروف اسمیرنف (D) برابر با ۰/۱۰، برای ایستگاه کورکانلو Gen. Gamma با ضریب ۰/۱۱ = D و برای ایستگاه قره خان‌بندی Gen. Pareto با $D=0/11$ بوده است. پارامترهای توزیع در جدول (۳) آورده شده است. سپس بر اساس توابع توزیع انتخاب شده، دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف برای هر ایستگاه توسط نرم‌افزار Easy Fit محاسبه گردید و نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است.

همانطور که از داده‌های جدول (۱) انتظار می‌رفت، میزان دبی سیلاب پیش‌بینی شده برای ایستگاه‌های هیدرومتری قوردانلو و قره‌خان‌بندی برای دوره بازگشت‌های ۵ سال به بالا بیشتر از میزان دبی قابل انتظار برای ایستگاه کورکانلو بود. بیشترین میزان دبی سیلاب برآورد شده، برای ایستگاه هیدرومتری قوردانلو بود که میزان دبی سیلاب ۵۰۰ ساله آن ۳۹۷/۳۸ متر مکعب بر ثانیه پیش‌بینی گردید.

جدول (۳): پارامترهای توزیع مربوط به هر یک از ایستگاه‌ها

D	پارامترهای تابع توزیع	تابع توزیع	نام ایستگاه
۰/۱۰۱۹۶	$k=0/56334 \quad \delta=6/8505 \quad \mu=6/6927$	Gen. Extreme Value	قوردانلو
۰/۱۱۲۸۸	$k=1/19 \quad \alpha=1/0555 \quad \beta=15/266$	Gen. Gamma	کورکانلو
۰/۱۱۱۰۶	$k=-0/39274 \quad s=44/41 \quad m=2/2472$	Gen. Pareto	قره‌خان‌بندی

و به محیط HEC-RAS وارد گردید. بعد از انجام محاسبات هیدرولیکی و ایجاد سطوح مختلف آب در محیط HEC-RAS، از آنجا که نرم‌افزار HEC-RAS تولید نقشه‌های سیل اعم از پهنه سیل، عمق سیل و سرعت سیل را به صورت رستری ندارد، این داده‌ها مجدداً توسط الحاقیه HECGEO-RAS به محیط GIS وارد گردید. نهایتاً جهت آنالیز حساسیت پارامترهای سیل نسبت به تغییرات ضریب زبری، میزان ضریب زبری در هر مرحله با نسبت ۱۰ درصد و تا میزان ۵۰ درصد کاسته و افزوده گردید و در هر مرحله شبیه‌سازی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف انجام گردید.

نتایج و بحث

دبی رودخانه‌های مورد مطالعه برای دوره بازگشت-های مختلف توسط Easy Fit برای سه ایستگاه هیدرومتری قوردانلو، کورکانلو و قره‌خان‌بندی برآورد گردید. داده‌ها بر اساس آزمون نیکویی برازش کلموگروف اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفتند. تابع توزیع مناسب برای هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری بر حسب کمترین مقدار ضریب D انتخاب شده است. ضریب D از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد.

$$D = |\max F(x) - S_N(x)| \quad (1)$$

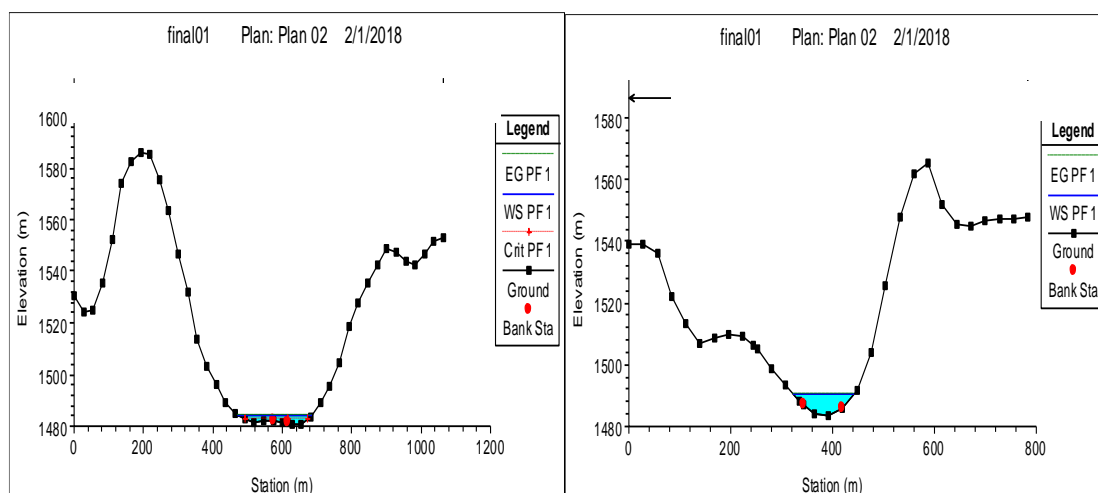
جدول (۴): میزان دبی برآورد شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه

دوره بازگشت (سال)	۱	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
قوردانلو	۲/۱۴	۹/۴۸	۲۲/۸۴	۳۷/۷۳۵	۶۸/۲۴	۱۰۴/۰۷	۱۵۶/۸۶	۲۳۴/۷۴	۳۹۷/۳۸
کورکانلو	۴/۷۱	۱۲/۱۸	۲۵	۳۴/۰۸	۴۵/۶۳	۵۴/۱۴	۶۲/۵۰	۷۰/۷۳	۸۳/۴۵
قره‌خانبندی	۲/۲۴	۲۹/۱۹۵	۵۵/۲۷	۶۹/۵۵	۸۳/۳۸	۹۰/۹۹	۹۶/۷۹	۱۰۱/۲۱	۱۰۵/۴۸

HEC-RAS وارد شده، در مرحله بعد با انتخاب جریان از نوع ماندگار برای دبی‌های با دوره بازگشت‌های مختلف شبیه‌سازی صورت پذیرفت. در شکل (۴) بخشی از نتایج شبیه‌سازی ارائه شده است.

شبیه‌سازی سیلاب توسط HEC-RAS

برای شبیه‌سازی سیلاب، ابتدا نقشه رقمی در محیط GIS فراخوانی شده و پس از استخراج مقاطع توسط HEC-GEORAS مقاطع به عنوان ورودی به نرم افزار



شکل (۴): نتایج شبیه‌سازی جریان در دوره برگشت ۵ ساله در دو مقطع نمونه

شکل (۵) قسمتی از نقشه پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله نشان داده شده است.

پس از انجام شبیه‌سازی توسط HEC-RAS برای نمایش و محاسبه پهنه سیل گیر نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار HECGEO-RAS به محیط GIS فراخوانده شده و نتایج نهایی محاسبه گردید. در



شکل (۵): قسمت هایی از نقشه پهنه بندی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

اجرای مدل و محاسبه میزان مساحت پهنه سیل گیر برای سیلاب با دوره بازگشت های مختلف در جدول (۵) آورده شده است.

همانطور که در شکل بالا مشاهده می شود، در اطراف رودخانه های مورد مطالعه مناطق کشاورزی و ساختمان های مسکونی در سیلاب ۱۰۰ ساله متحمل خسارت سیل خواهند شد. همچنین نتایج حاصل از

جدول (۵): میزان مساحت پهنه سیل گیر برای سیلاب با دوره بازگشت های مختلف

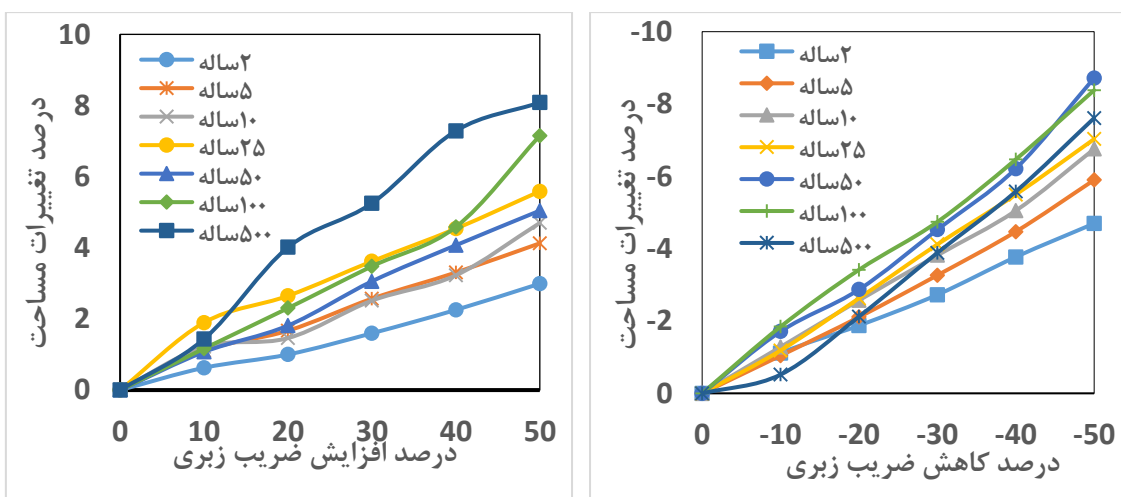
دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
مساحت (هکتار)	۳۱۰	۵۰۸/۸	۶۵۱/۸	۷۰۳/۷	۸۶۷/۶	۹۰۱/۶	۹۲۱/۷	۱۰۲۱/۷

عمق متوسط در پهنه سیل گیر برای سیلاب با دوره برگشت های مختلف در جدول (۶) آورده شده است. همانطور که در جدول (۶) نیز قابل مشاهده است میزان سرعت در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰۰ سال از دو برابر سرعت با دوره برگشت ۱۰ ساله نیز فراتر رفته است. جهت بررسی تأثیر ضریب زبری روی پارامترهای سیل از قبیل عمق، سرعت و مساحت سیل گیر، در مرحله بعد ضریب زبری به میزان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ درصد نسبت به میزان اولیه افزایش و کاهش داده شد و مدل برای هر تغییر اجرا گردید. در شکل شماره (۶) نمودار این تغییرات قابل مشاهده است

همانطور که جدول (۵) نشان می دهد سیلاب ۲۵ ساله حدود ۷۰۴ هکتار از اراضی با کاربری های مختلف را به زیر آب برده است. نقشه پهنه سیل گیر در GIS نشان می دهد که از این مقدار ۶۳/۵ درصد آن متعلق به بخش زمین های زراعی و ۱ درصد آن متعلق به اراضی مسکونی روستایی، ۷/۸ درصد آن متعلق به بخش مسکونی شهری بوده است. همچنین ۵/۶ درصد از اراضی زیر آب رفته باغ های انگور منطقه، ۱۳ درصد آن باغات درختی منطقه و حدود ۸ درصد نیز مراتع موجود در اطراف رودخانه بوده است. میزان سرعت و

جدول (۶): میزان سرعت و عمق متوسط در کل پهنه سیل گیر

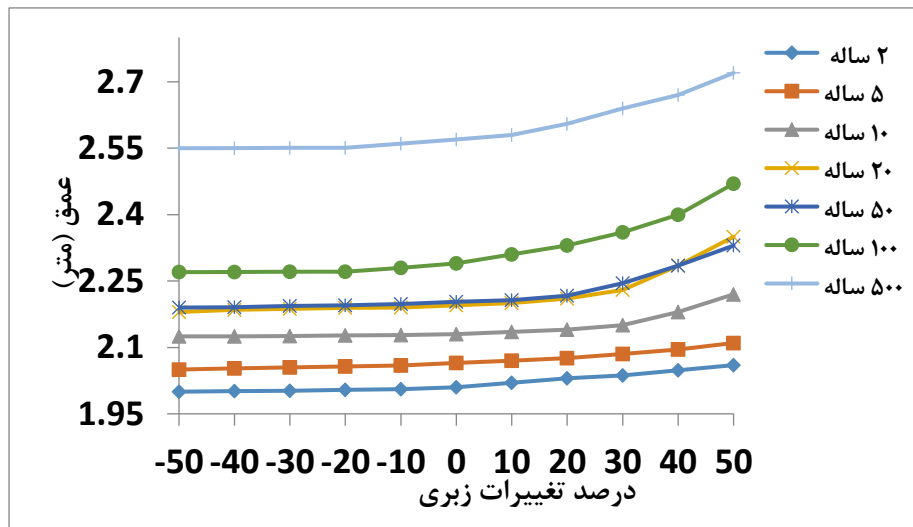
دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
سرعت (m/s)	۰/۶۳۱	۰/۸۴	۰/۹۵۷	۱/۱	۱/۲۵۹	۱/۴۴۳	۱/۶۵۰	۱/۹۷۱
عمق (m)	۲/۰۲	۲/۰۷	۲/۱۳	۲/۲۱	۲/۲	۲/۲۷	۲/۳	۲/۵۵



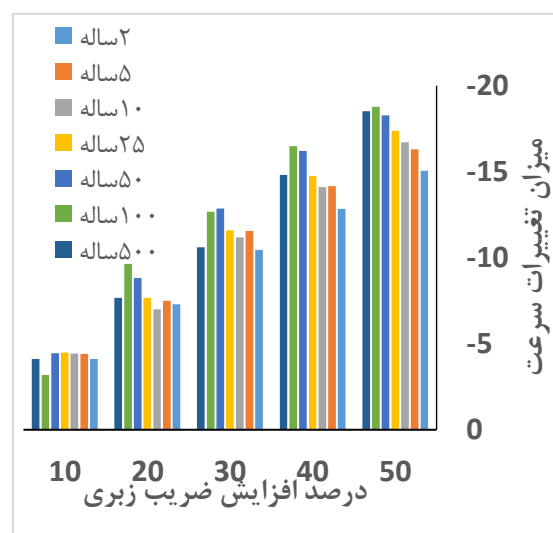
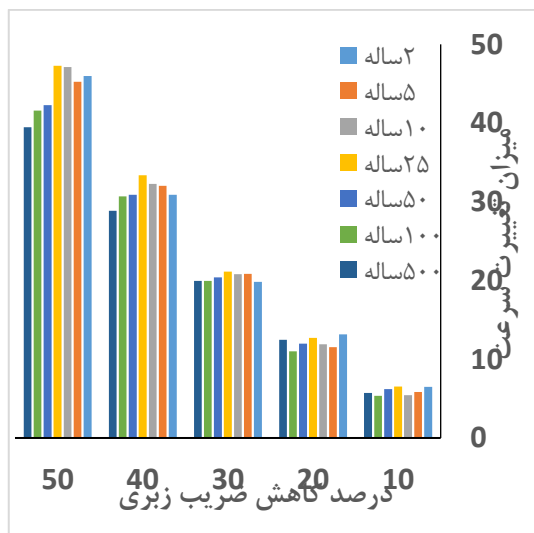
شکل (۶): نمودار میزان تغییرات مساحت سطح سیل گیر نسبت به تغییرات سطح ضریب زبری در دور بازگشت‌های مختلف

در شکل (۷) مشخص است که با کاهش ضریب زبری میزان عمق جریان نیز کاهش یافته است. نرخ کاهش عمق نسبت به کاهش ضریب زبری بسیار کم است ولی نرخ افزایش عمق به ازای افزایش ضریب زبری قابل توجه می‌باشد. بطوری که برای مثال برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ ساله با کاهش پنجاه درصدی ضریب زبری مانینگ، عمق جریان سیلاب ۰/۵ درصد کاهش یافته است، ولی با افزایش ۵۰ درصد ضریب زبری مانینگ، عمق به میزان ۱/۹ درصد افزایش یافته است. در ادامه تغییرات سرعت نسبت به تغییر ضریب زبری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج بدست آمده در شکل شماره (۸) آورده شده است.

همانطور که در شکل (۶) دیده می‌شود با کاهش ضریب زبری، میزان مساحت سطح سیل گیر کاهش پیدا کرده است. با افزایش ضریب زبری، میزان مساحت سطح سیل گیر جریان سیلاب افزایش یافته است. به عنوان نمونه در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با تغییر ضریب از ۱۰ تا ۵۰ درصد افزایش، مساحت پهنه سیل گیر از ۱/۱۶ تا ۸/۱۵ درصد تغییر کرده است که این میزان برابر با ۶۳ هکتار می‌باشد. بنابراین انتخاب اشتباه ضریب زبری، می‌تواند تأثیر زیادی در برآورد پهنه سیل گیر داشته باشد. میزان تغییرات عمق نیز با تغییرات ضریب مورد بررسی قرار گرفت. و نتایج در شکل شماره (۷) قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۷): نمودار میزان عمق در ضریب زبری‌ها و دور بازگشت‌های مختلف



شکل (۸): نمودار میزان تغییرات سرعت در ضریب زبری‌ها و دور بازگشت‌های مختلف

بازگشت‌های مختلف حدود ۴ درصد است. میانگین افزایش سرعت در مرحله اول کاهش ۱۰ درصدی ضریب زبری ۵/۹ درصد است. متوسط سرعت به ازای ۵۰ درصد افزایش ضریب زبری ۱۵ درصد کاهش داشته است در صورتی که برای کاهش ۵۰ درصدی ضریب زبری حدود ۴۶ درصد به سرعت متوسط اولیه جریان سیلاب افزوده می‌شود. سیلاب ۵۰۰ ساله نیز تغییرات مشابهی داشته است، بطوری که تغییرات سرعت به ازای ۵۰ درصد افزایش ضریب زبری ۱۸/۵ درصد کاهش

نتایج نشان داد با کاهش ضریب زبری، میزان سرعت افزایش پیدا کرده است و تقریباً روند افزایش در تمامی دوره برگشت‌ها مشابه است. با افزایش ضریب زبری نیز سرعت جریان سیلاب کاهش پیدا کرده است. همانطور که مشخص است میزان حساسیت سرعت جریان نسبت به کاهش ضریب زبری نسبت به افزایش آن بیشتر است و آهنگ افزایش سرعت با کاهش ضریب زبری بیشتر می‌باشد. میزان کاهش سرعت جریان برای اولین افزایش ۱۰ درصدی ضریب زبری و برای دوره

سرعت ۴۶ درصد افزایش یافته است. بنابراین پارامتر سرعت جریان در مقایسه با عمق و سطح سیل گیر، به تغییر زبری واکنش بیشتری نشان داده است و عمق کمترین وابستگی به میزان تغییر ضریب زبری را داشته است. نکته قابل توجه این است که عمق با کاهش ضریب زبری تغییرات بسیار اندکی داشت اما با افزایش ضریب زبری به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این نکته دقیقاً در مورد سرعت برعکس می‌باشد. به طوری که با کاهش ضریب زبری تغییرات سرعت بسیار زیاد است اما با افزایش ضریب زبری تغییرات کمتر می‌گردد. سطح سیل گیر نسبت به تغییرات ضریب زبری حساس است. رابطه بین ضریب زبری و مساحت دشت سیل گیر به صورت مستقیم است. بنابراین نتایج نشان داد که پارامترهای پهنه سیل گیر، عمق و سرعت سیلاب به تغییرات زبری حساسیت قابل توجهی دارند. هرچند زبری در یک منطقه به ندرت تغییر می‌کند، اما نتایج این تحقیق نشان داد که برآورد اشتباه ضریب زبری نتایج شبیه‌سازی سیل را به طور چشم‌گیری تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج این تحقیق می‌تواند مهندسیین و مدیران بخش آب را در میزان حساسیت به انتخاب دقیق زبری یاری نماید.

داشته است و برای کاهش ۵۰ درصدی ضریب زبری حدود ۴۰ درصد به سرعت متوسط اولیه جریان افزوده شده است. از بین سیلاب با دوره بازگشت‌های فوق، سرعت در سیلاب ۲۵ ساله بیشترین حساسیت را به تغییر ضریب زبری نشان داده است. سرعت سیلاب در این دوره بازگشت به ازای ۱۰۰ درصد تغییر ضریب زبری (۵۰ درصد کاهش و ۵۰ درصد افزایش)، میزان سرعت ۶۴/۶۶ درصد تغییر داشته است.

نتیجه گیری

در این تحقیق میزان عدم قطعیت مؤلفه‌هایی از جریان نظیر سرعت، عمق و سطح سیل گیر نسبت به تغییرات ضریب زبری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عدم قطعیت پارامترهای سیل نظیر عمق، سرعت و سطح سیل گیر نسبت به تغییرات ضریب زبری قابل توجه بوده است. به طوری که با افزایش ۵۰ درصدی ضریب زبری، عمق و سطح سیل گیر به طور متوسط و به ترتیب ۴/۴۵ و ۴/۵۳ درصد افزایش یافته و سرعت ۱۵ درصد کاهش یافته است. با کاهش ۵۰ درصدی ضریب زبری، عمق و سطح سیل گیر به طور متوسط و به ترتیب ۰/۳۶ و ۷/۴۳ درصد کاهش و

منابع

- افتخاری، الف. ع، سلاجقه، س، الف، حسینی. ۱۳۹۰. ارزیابی پهنه بندی سیل با تغییرات ضریب زبری مطالعه موردی: رودخانه اترک. جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۲، ص ۹۱-۱۰۶.
- امیری، الف. ع، مردوخ پور. م، عاشوری امیرهنده. ۱۳۹۴. ارزیابی تغییرات ضریب زبری بر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه (مطالعه موردی: بخشی از سلمان رود)، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه شهری، مازندران.
- حسونی زاده، م. م، قمشی. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی پهنه بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه کارون، در بازه ملاتانی تا اهواز)، دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان (IFIA)، دانشگاه جامع علمی کاربردی.
- درخشان، پ. الف، ملازاده صادقیون. م، اژدری مقدم. غ، عزیزیان. ۱۳۹۵. مقایسه نتایج مدل‌های MIKE11 و HEC-RAS در شبیه‌سازی جریان غیردائمی مطالعه موردی رودخانه قره آغاج، پانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، قزوین، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره).
- ذاکریعباسی امیری، م. ر، تقی پور. ح، جلال پور. ح، توکل. ۱۳۹۵، بررسی تاثیر ضریب زبری مانینگ در پهنه ی سیلاب دشت با توجه به دوره های بازگشت مختلف مطالعه موردی: رودخانه هراز در بازه شهری آمل، کنفرانس پژوهش های نوین در علوم و مهندسی، قزوین، موسسه آموزش عالی علامه رفیعی

- رضایی مقدم، م. م، رجبی. ر، دانش فراز. م، خیری زاده. ۱۳۹۵. پهنه بندی و بررسی اثرات مورفولوژیکی سیلاب های رودخانه زرینه رود (از ساری قمیش تا سد نوروزلو)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۷، ص ۱-۲۰.
- عباسی، ع. م، ملک‌نژاد یزدی. ۱۳۹۱. برآورد ضریب زبری مانینگ در کانالهای طبیعی مطالعه موردی رودخانه‌ی کارده، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- غیور، ح. ۱۳۷۵. سیل و مناطق سیل خیز در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۰، ص ۱۲۰-۱۰۲.
- نیک منش، م.ر. ۱۳۹۰. پیش بینی تاثیر پوشش گیاهی بر ضریب زبری هیدرولیکی کرانه و بستر رودخانه خشک شیراز. نشریه علوم و مهندسی آب، دوره ۱۰، شماره ۳، ص ۴۱-۵۴.
- وزارت کشور، دفتر برنامه و بودجه، استانداری خراسان شمالی، معاونت برنامه ریزی استانداری. ۱۳۸۹. سند توسعه شهرستان شبروان.
- وزارت نیرو، معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، امور نظام فنی و اجرایی کشور، دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی آب و آبفا. ۱۳۹۴. راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها. ضابطه شماره ۶۸.
- Azamathulla, H., Md. Ahmad, Z. Aminuddin, A. Ghani. 2013. An expert system for predicting Manning's roughness coefficient in open channels by using gene expression programming. *Neural Computing and Applications*. 23(5): 1343-1349.
- Bozzi, S. G. Passoni, P. Bernardara, N. Goutal, A. Arnaud. 2015. Roughness and Discharge Uncertainty in 1D Water Level Calculations. *Environmental Modeling & Assessment*. 20(4):343-353.
- Hatzigiannakis, E. D. Pantelakis, I. Hatzispiroglou, G. Arampatzis, A. Ilias, A. Panagopoulos. 2016. Discharge Measurements and Roughness Coefficient Estimation in a River. The Case of Strymonas River in Northern Greece *Environmental Processes*. 3(1): 263-275.
- Kamali, P., H. Ebrahimian, M. Parsinejad. 2018. Estimation of Manning roughness coefficient for vegetated furrows. *Irrigation Science*. 36(6):339-348.
- Li, T., C. Liang, Y. Zhang, P. Zhao. 2017. Comparison and validation of the ratio of Manning coefficient to flow depth for soil erosion prediction using published data with different external impacts. *Journal of Soils and Sediments*. 17(6):1682-1695.
- Ong, T. B., C. Doscher, M. Mohssen. 2017. Simulated annealing for calibrating the Manning's roughness coefficients for general channel networks on a basin scale. *Arabian Journal of Geosciences*. 10(1):532-543.
- US Army Corps of Engineers. 2006. Hydrologic Modeling System. User manual. Hydrologic Engineering Center. Washington.



Sensitivity analysis of flood parameters to roughness variation

Mehran Saberi Tanasvan¹, Zahra Ganji Noroozi², Mahdi Delghandi³, Saeed Nikghalb Ashouri⁴,
Vajiheh Dorostkar⁵

Abstract

Roughness estimation is one of error sources in flood simulation. In this study the flood was simulated in Atrak Olya, Chaylogh, Gelian and a part of Atrak river with different roughness coefficient using HEC-RAS .GIS and HEC-GEO RAS and the effect of roughness coefficient on flood area, flood depth and velocity in different return period were studied. Results showed that for 100-year flood, the flood area and depth increased 1.1% and the flood velocity decreased around 4% for each 10 % increment of roughness coefficient. In addition, for each 10% decline in roughness coefficient, the depth variation was not considerable but the flood area decreased 1.1% and the flood velocity increased about 8.3%. The flood velocity to roughness variation was more sensitive than flood depth and area. Depth flood had the less dependence to roughness and it changes very low with more than 10% change in roughness coefficient. This trend is almost similar for all return periods.

Key words: Flood Zoning, Routing, Flow Velocity Roughness Coefficient, Shirvan, HEC-RAS

¹ M.Sc in Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology; Mehran.saberi.t.68@gmail.com.

² Assistant professor, Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology; z-gangi@shahroodut.ac.ir.

³ Assistant professor, Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology; delghandi@gmail.com.

⁴ M.Sc in water engineering, Deilim industry, Tehran, Iran. mailto:nikghalb.s@gmail.com

⁵ Assistant professor, Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology; v.dorostkar83@yahoo.com.