

## تأثیر توان تفکیک DEM و ضریب زبری مانینگ بر کارایی مدل HEC-RAS-WMS در تعیین پهنه‌های مخاطره سیلاب مطالعه موردی رودخانه کشکان، استان لرستان، ایران

سیدموسی حسینی<sup>۱\*</sup>، نفیسه اشتری<sup>۲</sup>، عارفه شعبانی عراقی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

<sup>۳</sup>پژوهشگر پسا دکتری اقلیم دیرینه گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۵

### چکیده

پدیده سیلاب به عنوان یک رویداد هیدرواقليمی و از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در ایران است، در این راستا تهیه نقشه‌های مناطق آسیب‌پذیر مخاطره سیلاب در محدوده‌های شهری از مهم‌ترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان محیطی است. پژوهشگران برای دستیابی به این هدف باید از داده‌ها و مدل‌های هیدرولوژی مناسب با بهترین کارایی استفاده کنند. در واقع یکی از مهم‌ترین مسائلی که بر نتایج حاصل از مدل‌های مختلف هیدرولیکی که پهنه‌های خطر سیلاب را مشخص می‌کنند، تأثیرگذار است، نقش توان تفکیک مدل رقومی ارتفاعی و ضریب زبری است. ضریب زبری هم یکی از مشخصه‌های مهم در مطالعه خصوصیات جریان رودخانه‌ای می‌باشد، لذا تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش از مدل HEC-RAS در نرم‌افزار WMS که از کاربردی‌ترین مدل‌های هیدرولوژیست استفاده شده است. در این مدل تأثیر مدل‌های رقومی ارتفاع با توان تفکیک مختلف و میزان حساسیت مدل به تعیین ضریب زبری مانینگ در مساحت دقیق پهنه‌های متأثر از سیلاب در خروجی مدل بررسی شده است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز رودخانه کشکان با وسعت ۹۲۷۶ کیلومترمربع است که قسمتی از آن مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش توان تفکیک مدل رقومی ارتفاعی در تعیین پهنه‌های آسیب‌پذیر سیلاب در دقت این مدل بسیار تأثیرگذار است و برعکس کاهش آن دقت محدوده‌ها را پایین آورده به طوریکه با واقعیت محیطی تطبیق ندارد، همچنین مدل HEC-RAS-WMS به تغییرات ضریب زبری مانینگ حساس بوده و باید برای تعیین پهنه‌های سیلاب در این مدل به تغییرات ضریب زبری و تعیین آن دقت لازم به عمل آید. با توجه به این موضوع پژوهشگران این حوزه باید دقت کافی را در استفاده از داده‌های مناسب در این موضوعات داشته باشند تا نتایج کاربرد مناسب را در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** توان تفکیک، مدل رقومی ارتفاع، ضریب زبری مانینگ، سیلاب، مدل HEC-RAS-WMS

### مقدمه

پدیده سیلاب یکی از مخاطرات هیدرواقليمی است که جوامع بشری را مورد تهدید قرار می‌دهد و خسارت و تخریب به بار می‌آورد (قهرودی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۸). در واقع حدود ۸۶ درصد مخاطرات طبیعی قرن بیستم را مخاطرات اقلیمی شامل می‌شود

که سیلاب از مهم‌ترین آنهاست (محمدی، ۱۳۳: ۱۳۹۰). بر اساس فرهنگ آبخش‌شناسی یونسکو سیل عبارتست از افزایش کوتاه مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته‌تر عقب می‌نشیند (اصغری مقدم، ۱۳۸۴: ۷۱). تخمین سیل و دامنه تأثیرگذاری آن تأثیر مهمی بر مدیریت منابع آب، کنترل سیلاب، برنامه‌ریزی شهری

قدرت توان تفکیک بر پردازش و دقت همه داده‌های گرفته شده از مدل رقومی ارتفاع مانند (شاخص شبکه‌های شیب، حوضه زهکشی، منحنی، توپوگرافیکی و...) تاثیر گذار است (اشرفی و امیر علیمی، ۱۳۹۳:۴۲). همچنین یکی از مهم‌ترین و موثرترین مباحث در پروژه‌های عمرانی رودخانه‌ای و مدل‌های پهنه‌بندی سیلاب تخمین مقاومت جریان می‌باشد. اغلب برای توصیف مقاومت جریان یا زبری نسبی یک آبراهه یا دشت سیلابی از ضریب زبری ماینینگ استفاده می‌شود (یاراحمدی و بجستان، ۱۳۹۰:۱۱۱). در هیدرولیک رودخانه عوامل متعددی در سرعت عمق و نیروی تنش آب در حین وقوع سیلاب موثرند که از جمله آنها ضریب زبری ماینینگ است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱:۱۸۵). ضریب زبری یکی از مشخصه‌های مهم در مطالعات جریان‌های رودخانه‌ای می‌باشد و بستگی به عمق، سرعت جریان، وضعیت تراکم و نوع پوشش گیاهی دارد. در رودخانه‌های مناطق جنگلی و دشت‌های سیلابی، انواع پوشش گیاهی نظیر پوشش بوته‌ای، درختچه‌ای و مانند آن در بستر و سواحل رودخانه مشاهده می‌شود. با عبور جریان، سرعت تحت تاثیر مقاومت پوشش گیاهی کاهش یافته و عمق جریان در مسیر افزایش می‌یابد که نتیجه آن سیل گرفتگی سواحل رودخانه و ایجاد خسارت مالی و جانی است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۷:۸۸). همچنین برای محاسبه دبی، سرعت و عمق جریان در کانال‌های طبیعی و نیز برآورد سیل و رسوب ارزیابی مقاومت جریان مهم و ضروری است. از جمله پژوهشگرانی که در زمینه تاثیر توان تفکیک مدل‌های رقومی و همچنین ضریب زبری مطالعاتی داشته‌اند عبارتند از: (صفری، ۱۳۸۰) در مطالعه رودخانه نکا با استفاده از مدل HEC-RAS اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل نمود و کارایی مدل را در محاسبه پروفیل آب ارزیابی کرد. این پژوهش با هدف بررسی کارایی مدل HEC-RAS WMS در تعیین محدوده‌های مخاطره سیلاب با ارزیابی تاثیر توان تفکیک مدل‌های رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی (۱۰-۳۰-۹۰ متر) بر نتایج خروجی مدل

و .... دارد، این امر منجر به توسعه مدل‌های یکپارچه نیمه توزیعی و توزیعی توسط محققان شده است که استفاده از آنها مستلزم ارائه داده‌هایی با دقت بالا بوده تا بتوان به نتایج این مدل‌ها استناد کرد (هیمنشو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳:۵۴). در سال‌های اخیر مدل‌های رقومی ارتفاعی به علت سهولت دسترسی به طور گسترده‌ای در مدل‌سازی هیدرولیکی و استخراج مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، زیرا از منابع اطلاعاتی مهمی برای مدل‌سازی هیدرولیکی هستند (شکوهی و عزیزیان، ۱۳۹۳:۵۸). مدل‌های هیدرولیکی در زمینه تولید رواناب سطحی توسعه یافته‌اند و کاربرد وسیعی در تولید نقشه‌های خطر سیلاب دارند. در مدل رقومی ارتفاعی نمایش رستری زمین به گونه‌ای است که هر نقطه بر روی تصویر دارای ارتفاع متناظر خود بر روی زمین می‌باشد و به عنوان ابزار موثر در استخراج داده‌های مربوط به پستی و بلندی (ارتفاع) استفاده می‌شوند (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۰:۷۱). همچنین این مدل‌ها ابزاری مهم در مدل‌سازی حوضه‌های آبریز و نیز استخراج پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها نیز هستند (اکبری و همکاران، ۲۰۱۲:۱۱). مدل‌های رقومی با توان تفکیک بالا این امکان را فراهم آورده‌اند که بتوان پارامترهای مرتبط با حوضه را با دقت محاسبه کرد (لی و وونگ<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰:۲۵۳). همچنین یکی از مهم‌ترین مسائلی که بر نتایج حاصل از مدل رقومی ارتفاعی تاثیرگذار است، توان تفکیک آنهاست (عزیزیان و شکوهی، ۱۳۹۲:۹۱). استخراج بهینه اطلاعات از داده‌های رقومی به عوامل گوناگونی بستگی دارد و نتایج همواره دارای دقت و صحت یکسانی نخواهند بود یکی از این عوامل ابعاد سلول‌های مدل رقومی ارتفاع است. اگرچه دقت تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر مدل رقومی ارتفاع تا حد زیادی به قدرت تفکیک اولیه آنها بستگی دارد اما نمی‌توان پذیرفت که مدل‌های رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی کوچکتر همیشه نتایج رضایت بخش‌تری دارند (حسین‌زاده، ۱۳۸۹:۳۲).

1. Himanshu
2. Li, J., Wong, D.W.S

موردی: سد تهم، استان زنجان) به این نتیجه رسیدند مدل تولید شده با روش همسایگی طبیعی و اطلاعات سنجنده ASTER با داده‌های ارتفاعی کنترلی انطباق بیشتری داشته و مدل تولید شده با روش وزن دهی براساس معکوس فاصله و اطلاعات سنجنده SRTM از انطباق کمتری برخوردار هستند (آقاپاھر و همکاران، ۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به ارزیابی مقایسه ای صحت ارتفاعی مدل‌های رقومی ارتفاعی ASTER و SRTM در سه منطقه پرداختند، یافته‌های نهایی تحقیق حاکی از صحت ارتفاعی بالای SRTM در مقایسه با ASTER GDEM در ایران می‌باشد. (حسن نژاد شریفی و همکاران، ۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به ارزیابی عملکرد روش پردازش تصویر در تخمین ضریب زبری مانینگ در لایه سطحی بستر رودخانه شلمان رود گیلان پرداختند در نهایت، مقایسه مشخصه‌های هیدرولیکی به دست آمده در مقاطع مورد بررسی، نسبت به نتایج روش Cowan نشان داد که رابطه تجربی Bray-d90 با حداکثر اختلاف نسبی عرض سطح آب به میزان ۱۳/۷٪ در برآورد ضرایب زبری مانینگ در سطح بستر رودخانه بهترین کارایی را خواهد داشت. (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با هدف بررسی میزان خطا و عدم قطعیت، داده‌های ارتفاعی حاصل از ماهواره‌های SRTM و ASTER را مد نظر قرار دادند. نتایج حاکی از مدل رقومی استخراج شده از زوج استریویی ASTER با وجود داشتن تفکیک مکانی بهتر، مقادیر بالاتری از خطا را شامل می‌شود و فاقد جزئیات مدل رقومی ارتفاع معادل ۳۰ متر است اما هر دو مدل ارتفاع رقومی بعد از حذف الگوی انتشار خطا دقت بالاتری را از خود نشان می‌دهند. (خبازی و همکاران، ۱۳۹۸) در مطالعه ای جهت ارزیابی دقت آزمایشی مدل‌های رقومی ارتفاعی ماهواره‌های ASTER و SRTM با مشاهدات دقیق زمینی DGPS به این نتیجه رسیدند کمترین خطا در وهله اول مربوط به مدل رقومی ارتفاعی استخراج شده از خطوط نقشه ۱:۲۵۰۰۰ (RMSE=6.27) و پس از آن مدل رقومی ارتفاعی ASTER30 متر (RMSE=7.43) است نتایج خطای

است و همچنین تعیین تاثیر ضریب زبری و حساسیت خروجی‌ها به تغییرات آن می‌باشد. (چشمه قرمز و همکاران، ۱۳۸۴) در مطالعه‌ای که برای تعیین اثر ابعاد سلول‌ها روی دقت نقشه مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌های سلولی منتج از آن و همچنین آبراهه‌های استخراج شده داشتند از نقشه ۱:۵۰۰۰۰ استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه سلول‌ها میزان خطای مدل رقومی ارتفاع در محدوده آبراهه‌ها از خطای کل حوضه کمتر است. (آرمان، ۱۳۸۵) در مطالعه‌ای به این نتیجه رسید که به علت شیب زیاد بازه، افزایش ارتفاع سیل در آن تاثیر زیادی در گسترش پهنه سیل ندارد. ضمناً توانایی نرم‌افزار HEC-RAS جهت تعیین محدوده خطر خوب ارزیابی می‌شود. (حصاری و همکاران، ۱۳۸۸) در مطالعه‌ای که برای تهیه نقشه پیوسته جریان آب رودخانه روی حوضه بالادست سد کرخه داشتند برای ساخت مدل رقومی ارتفاع اولیه از تصاویر Srtm با سلول‌هایی به ابعاد ۹۰ متر استفاده کردند و نتیجه نهایی را برای نقشه‌هایی با سلول‌های ۲۰۰ متری ارائه نمودند. (شکوری، ۱۳۸۵) در مطالعه‌ای به مقایسه تاثیر روش‌های مختلف تخمین ضریب زبری که شامل سه روش کلی است کردند که شامل استفاده از جدول، روش‌های تجربی و روش مستقیم است و به این نتیجه رسید که روش مستقیم، دقیق‌ترین روش می‌باشد. (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴) به پیش بینی سیلاب‌های تاریخی رودخانه کشکان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HMS-HEC پرداختند و نتایج به دست آمده نشان داد که مدل HMS-HEC دارای کارایی بالایی در شبیه سازی رواناب روزانه طی دوره ترسالی و همچنین در حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب به ازای دوره بازگشتهای کمتر از ۳۰۰ سال را دارد. لذا به خوبی می‌توان از این مدل هیدرولوژیکی در شبیه‌سازی رواناب روزانه و حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب به ازای دوره بازگشتهای کوچک در حوضه مورد مطالعه استفاده نمود. (مروج و همکاران، ۱۳۹۴) با بررسی اهمیت انتخاب مدل رقومی ارتفاعی مناسب در مدیریت و حفاظت منابع خاک و آب (مطالعه

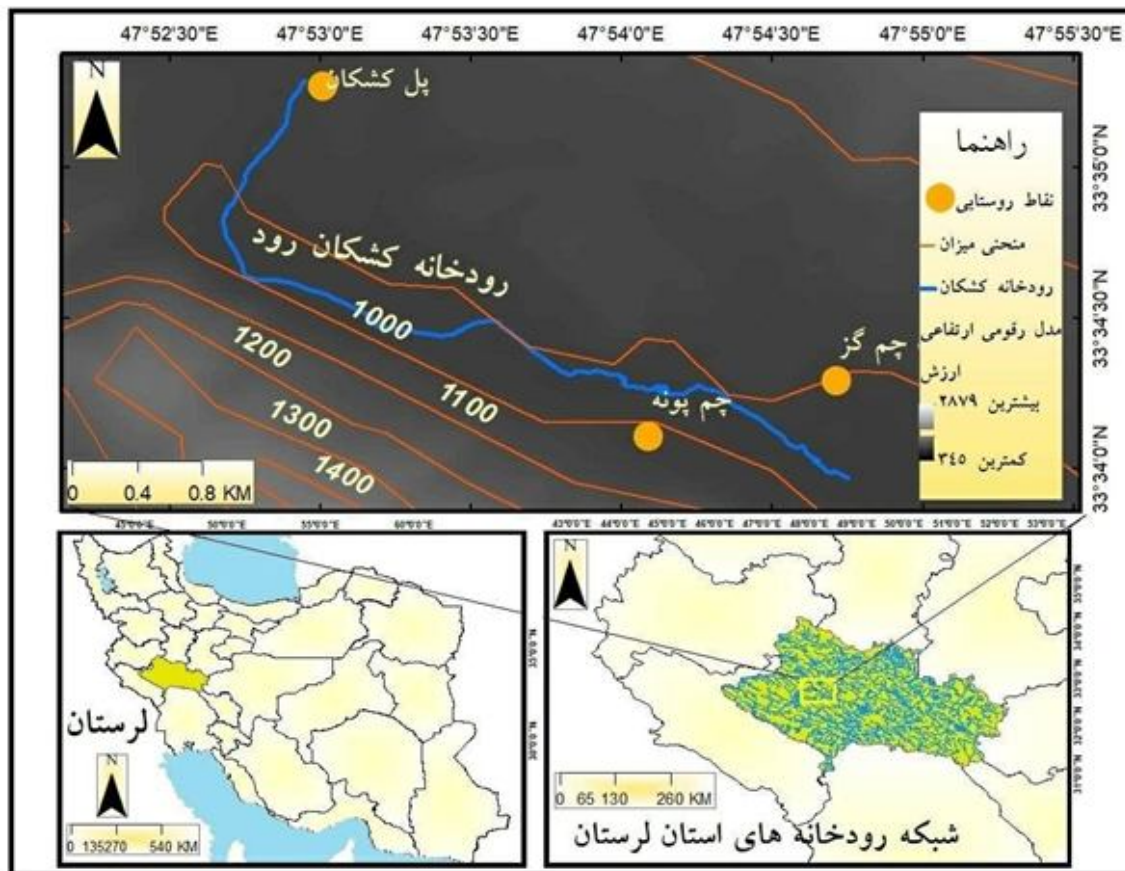
انحراف استاندارد تأیید کننده بهتر بودن مدل‌های رقومی ارتفاعی مستخرج از داده‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ASTER30 متر بود. (ثاقبیان و روشنگر، ۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به تخمین ضریب زبری کل و زبری ناشی از فرم بستر در کانال‌های آبرفتی بر اساس داده‌های آزمایشگاهی با استفاده از روش رگرسیون فرآیند گاوسی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تبریز پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل مدل‌ها عملکرد مطلوب روش فرآیند رگرسیون گاوسی را در پیش بینی ضریب زبری به اثبات رساند و مشاهده شد که هر دو مشخصات جریان و ذرات رسوبی در تخمین ضریب زبری تأثیرگذار می‌باشند. (کاویمان و محمدی، ۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی اثر دقت مکانی سه نوع مدل ارتفاعی رقومی ASTER (دقت مکانی ۳۰ متر، SRTM (دقت مکانی ۹۰ متر) و GTOPO30 (دقت مکانی ۱۰۰۰ متر) بر عدم اطمینان نتایج شبیه سازی دبی و نیترات کل در حوزه آبخیز تالار در استان مازندران پرداختند. نتایج نشان داد دقت شبیه سازی دبی و نیترات کل با مدل ارتفاعی رقومی ASTER دارای بالاترین قدرت تفکیک مکانی بهترین شبیه سازی را نسبت به SRTM و GTOPO30 ارائه می‌کند (کیا و همکاران، ۱۳۹۹) به تعیین عوامل مؤثر در پتانسیل سیل خیزی مناطق همگن هیدرولوژیک. مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز سه‌هزار و دوهزار (چشمه‌کیله) تنکابن پرداختند (پپی و همکاران، ۲۰۱۴) به منظور ارزیابی اثر تغییرات دقت مکانی نقشه مکانی حوزه آبخیز رودخانه ژیانگژی چین از ۱۷ نقشه مدل ارتفاعی رقومی تفکیک مکانی ۳۰ تا ۱۰۰۰ متر و مدل SWAT استفاده کردند نتایج حاکی از آن است عملکرد رسوب، بارهای نیتروژن نیترات، بار اکسیژن محلول، بارهای نیتروژن نیترات و کل فسفر تحت تأثیر وضوح نقشه مدل رقومی ارتفاعی قرار گرفتند. (سیرواسنا و همکاران، ۲۰۱۵) نیز در پژوهشی با استفاده از مدل SWAT اثر دقت مکانی نقشه مدل ارتفاعی رقومی (۲۰-۳۰-۹۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر) را بر پاسخ هیدرولیکی حوزه آبخیز کادام هند بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مساحت و طول

زیرحوزه‌ها و طول بازه رودخانه، حداکثر و حداقل ارتفاع، مساحت کاربری‌های اراضی در سطح زیرحوزه و تعداد HRU با تغییر دقت مکانی نقشه مدل ارتفاعی رقومی تغییر می‌کند و در نهایت نشان دادند برخلاف دبی دقت مکانی کمتر از ۹۰ متر نقشه مدل ارتفاعی رقومی بر نتایج رسوب شبیه سازی شده اثر گذار است (شمخی و شکیراتب، ۲۰۱۸). در مطالعه‌ای ضریب زبری مانینگ برای رودخانه دجله را با استفاده از مدل HEC-RAS تعیین کردند نتایج کالیبراسیون، ضریب مانینگ مناسب ۰,۰۲۶ را برای پایین دست کوت ارائه می‌دهد که نشان دهنده میانگین ارزش نتایج است. (وطن چی و مغربی، ۲۰۱۹) در مطالعه‌ای عدم قطعیت در منحنی‌های رتبه بندی مربوط به ضریب زبری مانینگ را بررسی کردند تعداد کل معادلات بررسی شده زبری معادل در این پژوهش ۳۰ معادله است که به چهار گروه تقسیم می‌شوند. هر یک از این معادلات در رودخانه‌های لاسوئلا و ترنت بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که در رودخانه‌های لاسوئلا و ترنت، تغییرات زبری در سواحل رودخانه‌ها عدم اطمینان قابل توجهی در تخمین منحنی‌های رتبه بندی ایجاد می‌کند (رقادهادی حسن، ۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به ارزیابی دقت مدل ارتفاعی رقومی تولید شده از داده‌های مختلف منبع باز پرداخت نتیجه تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که RMSE از مدل ارتفاعی رقومی مربوط به اختلاف بین نقاط مرجع و گوگل ارث، SRTM و ASTER به ترتیب ۶,۹، ۵,۵ و ۴,۸ است. هم چنین مشخص شد که داده‌های استخراج شده از گوگل ارث ممکن است برای تولید یک مدل ارتفاعی دیجیتال در غیاب داده‌های کافی مناسب باشد. در عین حال، مدل رقومی ارتفاعی حاصل از ASTER حداکثر سطح دقت را دارد. (گوان و همکاران، ۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تأثیر خطاهای افقی بر دقت مدل‌های ارتفاعی رقومی که به صورت آزاد در دسترس هستند را بررسی کردند نتایج نشان داد همه مدل‌های ارتفاعی رقومی، به استثنای مدل ارتفاعی رقومی ASTER، پس از حذف خطاهای افقی، تقریباً ۱۰ درصد افزایش دقت داشتند.

رودخانه پس از طی مسافتی در حدود ۳۰۰ کیلومتر، از میان شهر پلدختر عبور کرده و در محل پل گاویشان به رودخانه سیمره ملحق شده و رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد (سوری‌نژاد، ۱۳۸۱: ۶۱). منطقه مورد مطالعه بخشی از این حوضه آبریز است که از پل باستانی کشکان تا روستای امیر آباد چم گز به طول تقریبی ۵ کیلومتر واقع شده است.

### محدوده و قلمرو پژوهش

حوضه رودخانه کشکان با وسعت ۹۲۷۶ کیلومترمربع تماماً در استان لرستان و در ناحیه جنوب‌غربی ایران واقع گردیده است. این حوضه بخش مهمی از سرشاخه‌های پرآب رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد و حدود یک سوم از خاک استان لرستان را در برمی‌گیرد. در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس بشمار می‌رود. این



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

HEC-RAS در نرم‌افزار WMS استفاده شده است. دوره‌های آماری مورد بررسی برای پیش‌بینی وقوع سیلاب، دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله برای منطقه مورد نظر است. در ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و تصویر ماهواره‌ای لندست اقدام به استخراج خصوصیات فیزیکی، حوضه خط اصلی رودخانه و سواحل راست و چپ در نرم افزار

### روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل، اسناد و منابع کتابخانه‌ای، منابع تصویری شامل داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای لندست، تصاویر گوگل ارث و مدل ارتفاعی رقومی (۱۰-۳۰-۹۰ متر) و داده‌های آماری هواشناسی (بارش و دبی) است. **مرحله اول:** در این پژوهش برای پهنه‌بندی سیلاب و تهیه نقشه‌های این مخاطره از مدل هیدرولیکی

عددی از مقاطع عرضی را که در هر آبراهه برآورد شده است را نشان می‌دهد که در این پژوهش برآورد شده است. جهت استخراج ضریب زبری نیز لازم است تا اطلاعات کافی از کاربری زمین‌های داخل حوضه به عمل آید بدین منظور از نقشه کاربری منطقه استفاده و ضرایب مانینگ استخراج شدند (جدول ۱).

GIS و WMS شده است. سپس مدل مفهومی، خط مرکزی و قوس‌های کناره ایجاد شده است، تعیین مقاطع عرضی در مدل مفهومی مهم بوده و حداقل در هر آبراهه به دو مقطع از آن نیاز است که استخراج آنها از خطوط منحنی میزان در نواحی که دارای خط القعر هستند، صورت گرفته است. شبکه شماتیک در این مدل، نموداری از مدل مفهومی است و یک مدل

جدول ۱: ضرایب مانینگ برای کاربری، وضعیت خاک، وضعیت جریان

نوع کاربری					ضریب مانینگ
بدون پوشش گیاهی	رودخانه	مناطق روستایی	باغ	مزارع کشاورزی	
۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۴	

سطح آب به همراه خط مرکزی و قوس‌های مقطع عرضی با فاصله ۲۰ متری درون یابی شده است و نقشه‌های همه مقاطع با تعیین محدوده‌های بحرانی و تحت تاثیر سیلاب در منطقه تهیه و نقشه‌های آن برای مدیریت سیلاب ارائه شده است.

**مرحله دوم:** پس از اجرای اولیه مدل و تعیین کلیه پارامترها و گرفتن خروجی مناسب از آن، برای تعیین تاثیر توان تفکیک از مدل‌های رقومی ارتفاعی مختلف استفاده شده است و برای هر سه مدل رقومی ارتفاع (۱۰-۳۰-۹۰ متر) در هر ۹ دوره‌های بازگشت که در مرحله قبل بیان گردید، مدل هیدرولیکی اجرا و نتایج خروجی پهنه‌های سیلاب با هم مقایسه شده است و با واقعیت محیطی تطبیق داده شده تا بتوان تاثیر توان تفکیک را در کارایی این مدل ارزیابی کرد.

**مرحله سوم:** تعیین ضریب زبری مانینگ برای ارزیابی میزان تاثیر ضریب مانینگ بر مدل WMS-HEC-RAS، ضریب زبری در منطقه به صورت دقیق تعیین گردید. برای تعیین مقاومت جریان در مجاری که سطح آنان باز است از روابط مانینگ، شزی و دارسی-ویسباخ استفاده می‌شود که در این روابط پارامترهایی چون ضریب زبری مانینگ (n) ضریب زبری شزی (C) و ضریب زبری دارسی ویسباخ وجود دارد. هر سه این ضرایب به نوعی ضریب (f) مقاومت جریان هستند که در معادلات حاکم بر جریان در رودخانه‌ها کاربرد فراوانی دارند. سه رابطه مذکور

همچنین فایل هندسی استفاده شده در این مدل شامل داده‌های مقاطع عرضی بعلاوه داده‌های سه بعدی زمین مرجع شده می‌باشد که از شبکه شماتیک تهیه می‌شود. در اجرای مدل HEC-RAS پروفیل سطح آب، منحنی دبی-اشل در ابتدا و انتهای بازه‌ها، وضعیت جریان و پهنه بندی سیل در شرایط مختلف تعیین و استفاده شده است. باید بیان داشت در اجرای این مدل باید جریان، شرایط مرزی برای آبراهه‌ها، محاسبه عمق‌های نرمال، جهت موقعیت توزیع جریان برای محاسبه پروفیل‌های سرعت مشخص شود. برای تعریف جریان و شرایط مرزی عدد دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله برآورد و برای محاسبه عمق‌های نرمال HEC-RAS در مرزها به شیب بالا دست مقدار ۰/۱۸۴۳۱ و شیب پایین دست مقدار ۰/۰۰۰۸۷۶۶ اختصاص داده شده است. این شیب از مدل رقومی ارتفاع در نرم‌افزار WMS برآورد شده است. در مرحله پایانی مدل برای اجرای تحلیل جریان ماندگار نتایج محاسبه و به صورت فایل جدا به WMS اضافه شده و تحلیل نهایی صورت می‌گیرد. تعداد نقاط عرضی در این پژوهش ۴۰ نقطه در نظر گرفته شده است که این تعداد بیانگر تعداد مقاطع عرضی است که HEC-RAS به کمک آن ارتفاعات سطح آب را در طول مسیر رودخانه محاسبه کرده است. در این مرحله برای دست‌یابی به دقت بیشتر برای تولید نقشه سیلاب نقاط پراکنده ارتفاع

شود. برای این منظور حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف در منطقه کشکان برای شبیه‌سازی وقایع سیلاب‌های تاریخی لازم است تا آنالیز فراوانی بر روی داده‌های حداکثر بارش روزانه و حداکثر سیلاب لحظه‌ای ثبت شده در حوضه انجام شود. آمار دبی، بارش، در مقیاس روزانه در دوره‌ی آماری (۱۳۹۲-۱۳۴۶) از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه شد و از بین ایستگاه‌های آبسنجی، داده‌های ایستگاه پل کشکان به دلیل قرارگیری در خروجی حوضه مورد مطالعه و داده‌های ایستگاه بارانسنجی سراب صیدعلی در مرکز حوضه انتخاب شدند. از آنجاکه وقوع سیلی در اسفند ۱۳۷۰ با دبی پیک ۱۰۲۰ مترمکعب در ثانیه، موجب ویرانی این ایستگاه هیدرومتری شده و بعد از آن داده‌برداری انجام نشده است، لذا یک دوره‌ی آماری ۲۴ ساله داده‌های دبی روزانه و پارامترهای هواشناسی بین سال‌های (۱۳۷۰-۱۳۴۶) انتخاب شده است (سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۹۲:۴۶). به همین دلیل ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Easyfit بهترین توزیع برازشی به داده‌های حداکثر دبی لحظه‌ای و ماکزیمم بارش یک‌روزه داده شد سپس بررسی توزیع‌های مختلف آماری بر اساس آزمون نکویی برازش کلموگروف-اسمرینف در سطح اعتماد ۰/۰۵ ( $\alpha$ ) مشخص شد که بهترین برازش توزیع برای حداکثر دبی لحظه‌ای، توزیع پیرسون تیپ پنج سه پارامتری است. پس از تعیین بهترین توزیع برازشی به داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای و ماکزیمم بارش یک روزه، دوره بازگشت‌های مختلف این دو متغیر از ۲ تا ۱۰۰۰ ساله در نرم افزار Easy fit محاسبه شد و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴:۹). در این پژوهش از این داده‌ها استفاده شده است.

که ارتباط بین سرعت متوسط جریان ( $V$ ) و ضرایب مقاومتی، هندسی و هیدرولیکی آبراهه را بیان می‌کنند به صورت زیر می‌باشند، در معادلات زیر  $C, f, N$  به ترتیب ضرائب مانینگ، دارسی-ویسباخ و شزی هستند (یاراحمدی و بجستان، ۱۳۹۰: ۵۱).

$$v = \frac{k_n}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad \text{۱- رابطه مانینگ}$$

$$v = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{RS_f} \quad \text{۲- رابطه (دارسی - ویسباخ)}$$

$$v = c\sqrt{RS_f} \quad \text{۳- رابطه شزی}$$

با توجه به اینکه تغییرات ضریب زبری اهمیت زیادی در نتایج خروجی مدل‌های پهنه‌بندی سیلاب دارد پس از به دست آوردن آن، تاثیر افزایش و کاهش (۱۰- ۲۰- ۳۰ درصدی) ضریب زبری مانینگ از مقدار اصلی این ضریب در ۶ مرحله در دوره بازگشت ۵ ساله با اجرای مدل مشخص و حساسیت مدل در مساحت پهنه‌های سیل‌گیر ارزیابی گردید و ضریب زبری برای مدل کالیبره شد. در نهایت نتایج خروجی‌ها با واقعیت محیطی مقایسه گردید و تحلیل‌ها ارائه شده است.

### بحث

تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر مدل‌های رقومی ارتفاع تا حد زیادی به ابعاد سلولی آن بستگی دارد و باید مدل‌های رقومی ارتفاعی با ابعاد سلولی کوچکتر و بزرگتر را مورد بررسی قرار داد تا تاثیر آنها برای استخراج پارامترهای ژئومورفولوژیکی و شبیه‌سازی بارش-رواناب مشخص شود. در این پژوهش تاثیر مدل رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی کوچکتر و بزرگتر در اجرای مدل HEC-RAS بر روی تعیین محدوده سیلاب رودخانه کشکان در دوره بازگشت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است تا نتایج آن بر دقت و کارایی مدل‌های رقومی با توان تفکیک مختلف تعیین

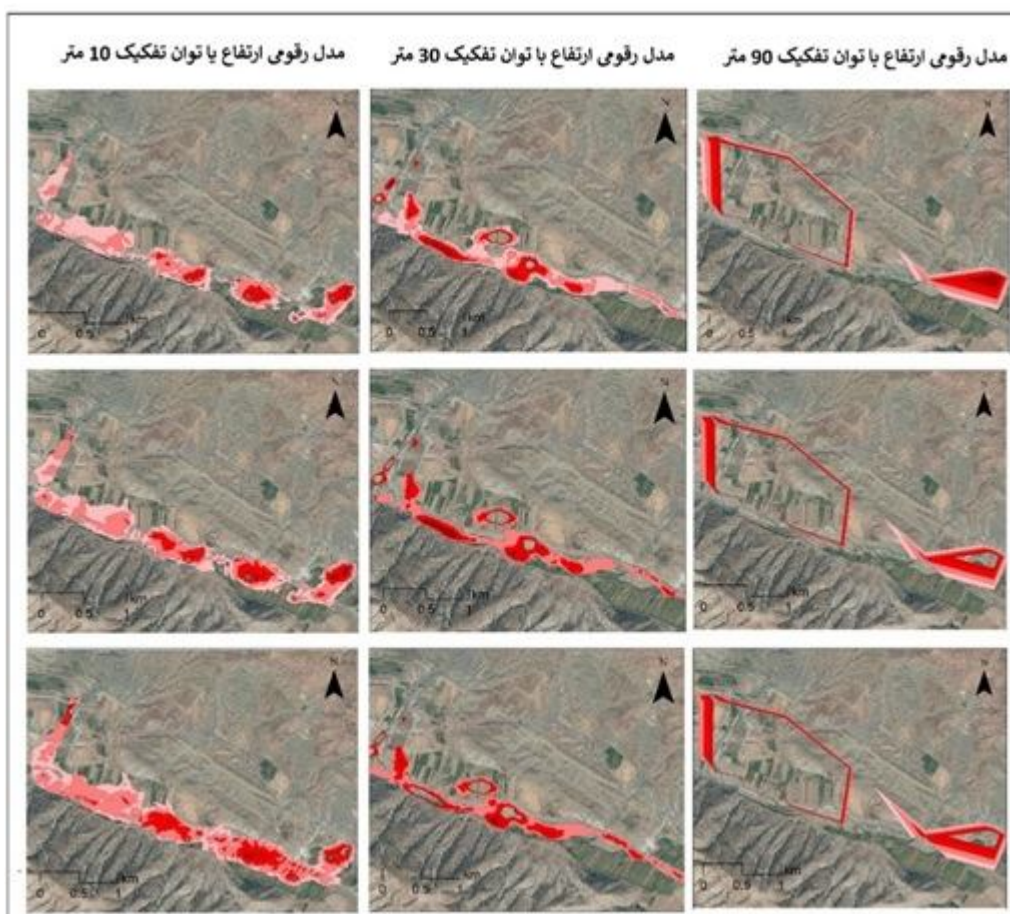
جدول ۲: دوره بازگشت و حداکثر دبی لحظه‌ای (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴)

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
حداکثر دبی لحظه‌ای ( $m^3/s$ )	۱۹۸	۳۹۸	۵۷۶	۸۹۴	۱۲۴۵	۱۶۸۷	۲۲۸۲	۳۴۳۲	۴۷۶۹/۴



مدل های رقومی ۳۰ و ۱۰ متر قابلیت استفاده در این دوره های بازگشت را دارد. مطابق با جدول ۳ در دوره بازگشت ۲ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۹۰ متر و ۳۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند. در دوره بازگشت ۵ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۹۰ متر و ۳۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند. در دوره بازگشت ۱۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۹۰ متر و ۳۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند.

بعد از اجرای مدل خروجی نقشه های پهنه بندی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله که محدوده های خطر را مشخص می کند در (شکل ۲) و نتایج مجموع مساحت زیر آب در هر دوره بازگشت فوق الذکر در مدل های رقومی مختلف برای مقایسه و تحلیل در جدول ۳ ارائه شده است. نقشه های خروجی نشان می دهند در مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۹۰ متر محدوده های خطر بر روند رودخانه پیروی کرده و خروجی مدل براساس واقعیت نمی باشد. اما در



شکل ۲: نقشه محدوده های سیلاب ستون ها از بالا به پایین در دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰ ساله

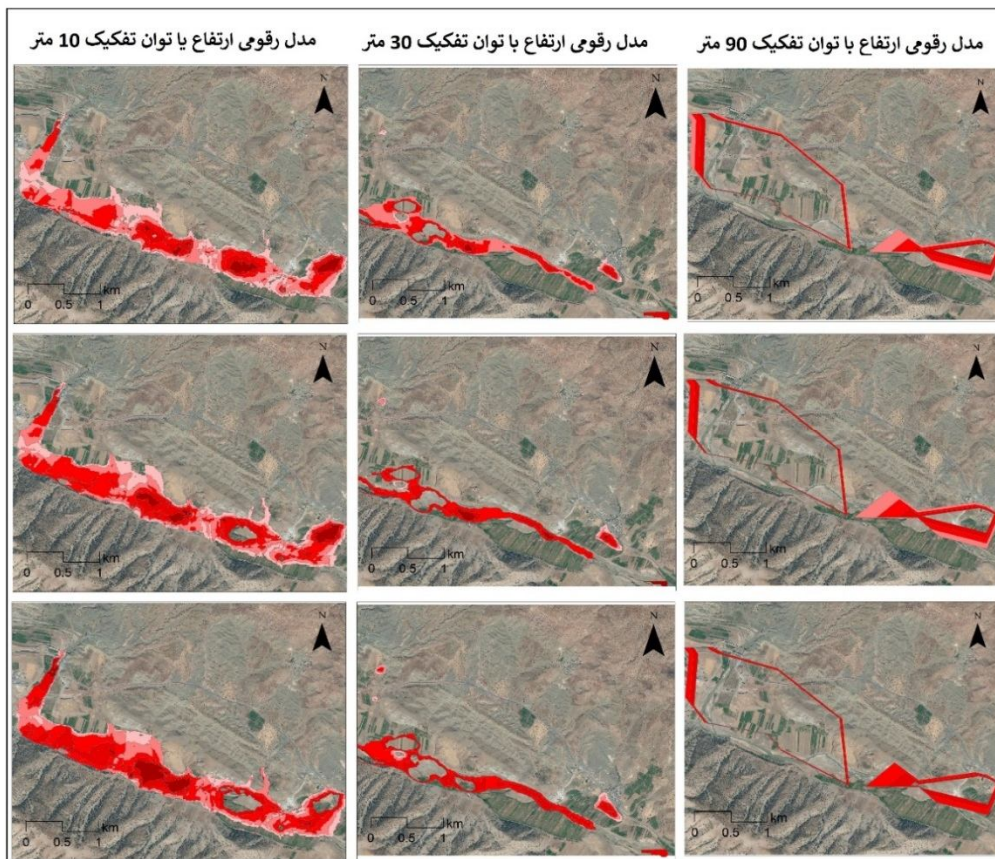
جدول ۳: مساحت پهنه های سیلاب در دوره ۲، ۵، ۱۰ ساله

مساحت پهنه سیلاب (کیلومتر مربع)			دوره بازگشت
مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر	
۰/۸۲۱	۰/۷۷۸	۱/۰۲۸	۲ ساله
۰/۷۰۲	۰/۶۲۳	۱/۲۵۱	۵ ساله
۰/۷۳۸	۰/۶۶۳	۱/۵	۱۰ ساله



نقشه‌های خروجی نشان می‌دهد در پهنه‌های خطر مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۹۰ متر در دوره‌های بازگشت مذکور مطابق با روند رودخانه نبوده و با واقعیت محیطی همخوانی ندارد در نتیجه برای این مدل رقومی ارتفاع برای این مطالعات ناکارآمد است.

همچنین نقشه‌های پهنه بندی سیلاب در دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله که محدوده‌های خطر را مشخص می‌کند در (شکل ۳) مشخص شده و نتایج مجموع مساحت زیر آب در هر دوره بازگشت فوق در مدل‌های رقومی مختلف برای مقایسه و تحلیل در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۳: نقشه محدوده‌های سیلاب ستون‌ها از بالا به پایین در دوره بازگشت در دوره ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله

نقشه‌های خطر مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۱۰ متر نشان می‌دهد که پهنه‌ها کاملاً بر روند رودخانه هماهنگ است و از دقت لازم برخوردار بوده است. مطابق با جدول ۴ در دوره بازگشت ۲۵ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر و ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند. در دوره بازگشت ۵۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر و ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند. در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر و ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند.

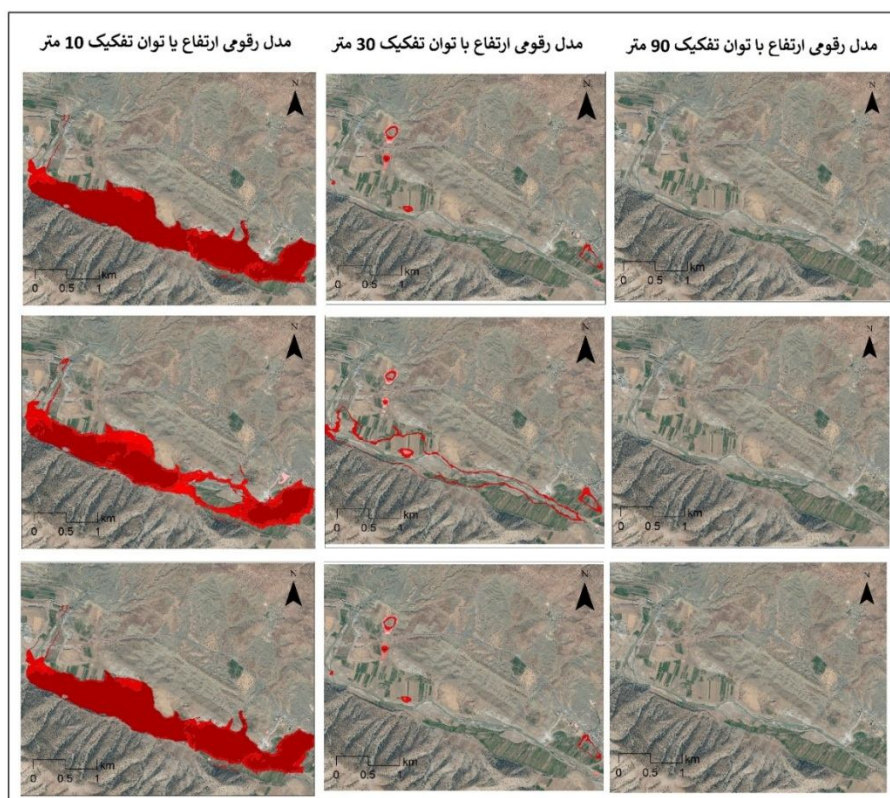
نقشه‌های خروجی مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۳۰ متر محدوده را در اطراف رودخانه فعلی بسته است اما پهنه‌ها در همه مسیر رودخانه بسته نشده و محدوده‌هایی خالی مانده است که نشان می‌دهد این مدل رقومی ارتفاع نیز از کارایی مناسب برای پروژه‌های عمرانی با دقت بالا برخوردار نیست. نقشه‌های خروجی در مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۹۰ متر در دوره‌های بازگشت مذکور نشان می‌دهد پهنه‌های خطر مطابق با روند رودخانه نبوده و با واقعیت محیطی همخوانی ندارد در نتیجه برای این مدل رقومی ارتفاع برای این مطالعات ناکارآمد است.

جدول ۴: مساحت پهنه سیلاب در دوره ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله

مساحت پهنه سیلاب (کیلومترمربع)			دوره بازگشت
مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر	
۰/۶۷	۰/۸۰۸	۱/۶۳۳	۲۵ ساله
۰/۶۲۵	۰/۶۳۵	۱/۷۵۶	۵۰ ساله
۰/۴۸۳	۰/۷۳۴	۱/۷۹۹	۱۰۰ ساله

دوره‌های بازگشت این مدل رقومی نیز کارآمد نبوده است. اما در مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۱۰ متر محدوده‌ها یخطر سیلاب منطبق بر روند رودخانه بوده و از دقت لازم برخوردار است. مطابق با جدول شماره ۵، در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر و ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند. در دوره بازگشت ۵۰۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر، ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند و مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر نیز دارای مساحت صفر است. در دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله به ترتیب مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰ متر، ۹۰ متر دارای بیشترین مساحت هستند و مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر نیز دارای مساحت صفر است.

همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در دوره‌های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ ساله که محدوده‌های خطر را مشخص می‌کند در (شکل ۴) مشخص شده و مجموع مساحت زیر آب در هر دوره بازگشت فوق الذکر در مدل‌های رقومی مختلف برای مقایسه و تحلیل در جدول شماره ۵ ارائه شده است. نقشه‌های خروجی برای مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۹۰ متر هیچ پهنه‌ای را برای سیلاب در منطقه نشان نمی‌دهد و در واقع اساسا در مدل مورد آنالیز قرار نگرفته و بیانگر ناکارآمدی آن دارد. همچنین برای مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۳۰ متر هم محدوده‌های خطر بسیار پراکنده و ناهماهنگ در مسیر رودخانه قرار گرفته است و نشان می‌دهد برای این



شکل ۴: نقشه محدوده‌های سیلاب ستون‌ها از بالا به پایین در دوره‌های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ ساله

جدول ۵: مساحت پهنه‌های سیلاب در دوره ۲۰۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ساله

مساحت پهنه سیلاب (کیلومتر مربع)			دوره بازگشت
مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر	مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر	
۱/۵۶۷	۰/۶۴۲	۰/۲۴۸	۲۰۰ ساله
۱/۶۵۲	۰/۳۱	۰	۵۰۰ ساله
۱/۷۸	۰/۱	۰	۱۰۰۰ ساله

اگرچه افزایش توان تفکیک مدل رقومی ارتفاع می‌تواند بطور بالقوه باعث افزایش دقت اطلاعات قابل برداشت از مدل رقومی ارتفاع شود ولی از طرف دیگر می‌تواند موجب افزایش حجم داده و لذا ایجاد محدودیت در حافظه و مدیریت داده‌ها گردد، در نتیجه براساس هدف پژوهش باید از داده‌های مناسب استفاده کرد. بر اساس داده‌های به دست آمده بر روی مدل HEC-RAS، مقایسه نتایج مدل‌های رقومی ارتفاعی با توان تفکیک مختلف نشان می‌دهد هرچه میزان توان تفکیک بیشتر شود محدوده تعیین شده برای مخاطره سیلاب بسیار دقیق‌تر و کارایی بهتری برای مدیریت مخاطرات منطقه‌ای دارد. همچنین باید توجه داشت هر چه توان تفکیک مدل رقومی ارتفاعی بیشتر شود، علاوه بر تاثیر در صحت محدوده‌های سیلاب این کارآمدی بر صحت خصوصیات مورفومتری و تعیین طول رودخانه و... نیز تاثیرگذار بوده است. در مقابل کاهش توان تفکیک نقشه‌های مزبور می‌تواند بار محاسبات را کاهش دهد، ولی در عین حال موجب بروز خطا و عدم استخراج صحیح پارامترهای ژئومورفولوژیکی و همچنین شبیه‌سازی مناسب حوضه شود. لذا ضروریست از مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک مناسب برای استخراج مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه و نیز عملکرد مبتنی بر پارامترهای آن استفاده شود.

**محاسبه ضریب مانینگ و کالیبره کردن آن در مدل HEC-RAS-WMS:** با توجه به اینکه ضریب زبری پارامتر عمده افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه می‌باشد، نقش موثری در میزان تراز و سطح جریان در

هر مقطع دارد. لذا تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه است، از اهمیت زیادی برخوردار است. برای محاسبه ضریب زبری مانینگ می‌توان هم از روابط تجربی و هم از جداول مختلف ارائه شده است. در این تحقیق میزان ضریب زبری مانینگ در بستر رودخانه کشکان و سیلاب دشت چپ و راست با توجه به بازدید میدانی تعیین شده و پس از کالیبره کردن آن به مدل وارد گردیده است. به منظور محاسبه دقیق پروفیل سطح آب لازم است مقادیر منحنی هیدروگراف ورودی و مقادیر دبی-اشل در بالادست و پایین دست محدوده مورد مطالعه برای مدل تعریف گردد. به منظور حل معادله انرژی در شرایط یکنواخت سه حالت زیر قابل تصور می‌باشد: ۱- جریان زیر بحرانی باشد که در این گونه موارد جریان از پایین دست کنترل می‌شود و بر این اساس شرط مرزی داشتن عمق پایاب است. ۲- جریان فوق بحرانی باشد که در این گونه موارد جریان از بالادست کنترل می‌شود و بر این اساس شرط مرزی داشتن عمق سراب است. ۳- جریان مرکب باشد که در این گونه موارد هر دو عمق پایاب و سراب به عنوان شرایط مرزی نیاز می‌باشد (افتخاری و همکاران، ۲۰۱۳: ۲). در این پژوهش عمق پایاب و سراب بازه مورد مطالعه به عنوان شرایط مرزی به مدل داده شد تا جریان را به صورت مرکب به حساب آورد. با ورود اطلاعات فوق به مدل HEC-RAS ارتفاع آب در بازه مورد مطالعه از رودخانه کشکان برای ضرایب زبری مختلف محاسبه گردید. در مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متر دوره بازگشت ۵ ساله به شرح زیر است:



### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این پژوهش یک داده‌ی مبنایی و بسیار مهم (مدل رقومی ارتفاع) که اساس کار همه پژوهشگران در اجرای پهنه‌بندی‌های سیلاب است را مورد بررسی قرار داده و میزان دقت و صحت علمی و اصولی آنها را مشخص می‌کند و همچنین یک پارامتر بسیار مهم که گاه مورد غفلت پژوهشگران نیز هست، نشان می‌دهد که باید در تعیین دقیق ضریب زبری در این مطالعات نهایت توجه را داشت تا نتایج پژوهشگران که مورد استفاده برنامه‌ریزان قرار می‌گیرد کاملاً مناسب و کارآمد باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مدل هیدرولیکی HEC-RAS که در نرم‌افزار WMS اجرا می‌شود برای تعیین پهنه‌های سیلاب شهری یکی از مدل‌های مناسب و کارآمد است، زیرا کاملاً به تفاوت‌های داده‌های ورودی عکس العمل نشان داده و با افزایش دقت پارامترها و داده‌ها نتایج دقیق‌تر می‌شوند و برعکس. نقشه‌های خروجی این مدل برای محدوده‌های خطر سیلاب در منطقه رودخانه کشکان در دوره‌های بازگشت سیلاب ۲-۵-۱۰-۲۵-۵۰-۱۰۰-۲۰۰-۵۰۰-۱۰۰۰ ساله مشخص می‌کند، که مدل ارتفاع رقومی با توان تفکیک ۱۰ متر از دقت مناسبی برای همه دوره‌های بازگشت برخوردار بوده است و با توجه به تصاویر ماهواره‌ای محدوده‌های خطر محاسبه شده براساس توپوگرافی و شیب محیط با واقعیت از تطبیق قابل قبولی برخوردار است. بعد از آن مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۳۰ متر از لحاظ دقت پهنه‌بندی قرار دارد که در آن محدوده‌های خطر کاملاً با واقعیت محیطی هماهنگی ندارند اما پهنه‌ها روند رودخانه را بدرستی نشان می‌دهند، البته طبق نتایج مدل برای دوره‌های بازگشت ۲۰۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله پهنه‌بندی محدوده مشخصی را نشان نمی‌دهد و بیانگر ناکارآمد بودن قطعی این مدل رقومی برای این دوره‌هاست. همچنین نتایج خروجی مدل رقومی با توان تفکیک ۹۰ متر نشان می‌دهد که اساساً محدوده‌های خطر در هیچ دوره‌ای بیانگر پهنه‌های واقعی سیلاب نبوده و در دوره‌های بازگشت ۲۰۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله اساساً هیچ محدوده‌ای را

مشخص نمی‌کند که نشانگر اینست که این مدل به هیچ وجه نباید در تهیه نقشه‌های خطر سیلاب استفاده شود. بطور کلی باید بیان داشت که مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۹۰ متر به هیچ عنوان نباید مبنای مدل‌ها و پژوهش‌های هیدرولوژی برای تهیه پهنه‌های خطر سیلاب باشد زیرا نتایج ۹ بار اجرای این مدل نشان می‌دهد که در ۳ دوره پهنه‌بندی خطر را مشخص نکرده است اما در ۶ دوره دیگر نیز پهنه‌بندی خطر که مدل ارائه می‌دهد به هیچ عنوان علمی و مطابق با واقعیت محیطی نیست، در نتیجه استفاده از این مدل رقومی اساساً در مطالعات هیدرولوژی نادرست بوده و نتایج غیر علمی را نشان می‌دهد. باید بیان داشت که مدل هیدرولیکی HEC-RAS با افزایش توان تفکیک مدل رقومی صحت پهنه‌بندی سیلاب بیشتر دارد و کاهش آن نتایج را نامناسب نشان می‌دهد و تهیه نقشه‌های خطر کارآمد نیست. عدم صحت و دقت در تهیه نقشه‌های خطر برای برنامه‌ریزان شهری مشکل‌آفرین بوده و پیشگیری مخاطره سیل را در مناطق سیل خیز کشور با مشکل روبرو کرده و خسارات جبران‌ناپذیری را وارد می‌کند و برای رفع این مشکل باید از داده‌ها، مدل‌ها و پارامترهای دقیق و مناسب استفاده کرد. در نتیجه این پژوهش مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک ۱۰ متر را برای اجرای این مدل در دوره‌های بازگشت گوناگون پیشنهاد می‌کند و استفاده از مدل رقومی ۹۰ متر را غیر علمی می‌داند. همچنین باید بیان کرد، ضریب زبری پارامتر عمده افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد و نقش موثری در میزان تراز آب و سطح جریان در هر مقطع دارد، لذا تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای در اجرای مدل‌های هیدرولیکی تعیین پهنه‌های خطر سیلاب دارد و نتایج این پژوهش این مطلب را تایید می‌کند. نتایج خروجی این مدل نشان می‌دهد افزایش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی ضریب زبری مانینگ باعث گسترش پهنه‌های سیلاب در تمام دوره‌های بازگشت می‌شود و با کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی ضریب زبری مانینگ پهنه‌های سیلاب در



آورند. زیرا ضریب زبری مانینگ مهمترین تاثیر را بر روی پیش‌بینی پهنه‌های سیلاب و ویژگی‌های جریان دارد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله پژوهشی بدون حامی و تامین کننده مالی انجام شده است.

تمام دوره بازگشت‌ها کاهش می‌یابد. این موضوع بیانگر این است که مدل HEC-RAS-WMS به تغییرات ضریب زبری مانینگ حساس بوده است و برای دستیابی به نتایجی با دقت بالا در استفاده از این مدل محققان باید در تعیین ضریب زبری دقیق و مناسب برای محدوده مورد پژوهش خود اقدام کنند تا بتوانند نتایجی مطابق با واقعیت محیطی بدست

### منابع

۱. آقاظاهر، رضا، صمدی، مهدی، لعلی، ایلیا، نجفی، ایمان، (۱۳۹۵). ارزیابی مقایسه‌ای صحت ارتفاعی مدل‌های رقومی ارتفاعی، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره، شماره ۹۹، صص ۱۱۳-۱۰۳.
۲. آرمان، نسیم، (۱۳۸۵). کالیبره کردن ضریب زبری مانینگ در بازه‌ای از رودخانه کرج و تجزیه و تحلیل آن با نرم افزار HEC-RAS پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۳. ابراهیمی، نادر قلی، فتحی مقدم منوچهر، کاشفی‌پور سید محمود، ابراهیمی کیومرث، صانعی سیدمجتبی، (۱۳۸۷). مطالعه تاثیر پوشش گیاهی مستغرق بر ضریب زبری رودخانه‌ای، پژوهش کشاورزی آب و خاک و گیاه در کشاورزی، جلد هشتم، شماره ۱.
۴. افتخاری، امیرحسین. سلاجق، علی. حسینی، سیداحمد، (۱۳۹۰). ارزیابی پهنه‌بندی سیل با تغییرات ضریب زبری مطالعه موردی: رودخانه اترک، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم ۱۲.
۵. اشرفی، علی، امیرعلیمی، محمد امیر، (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های مختلف تهیه مدل ارتفاع رقومی (مورد شناسی: حوضه آبخیز نوفرست، شهرستان بیرجند، استان خراسان جنوب، جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، ۱۳.
۶. اصغری مقدم، محمدرضا، (۱۳۸۴). درآمدی بر جایگاه مطالعات عوامل طبیعی در برنامه ریزی روستایی، انتشارات سرا، تهران.
۷. بختیار فیضی زاده، بختیار، عبدالله آبادی، سلیمه، ولیزاده، خلیل، (۱۳۹۶). مدل سازی عدم قطعیت حاصل از داده‌های ارتفاعی SRTM و ASTER و تاثیر آن بر طبقه بندی لندفرم‌ها در حوضه آبریز گرم
۸. چای، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۲۶، شماره ۱۰۳، پاییز ۹۶ صص ۴۱-۲۹.
۹. بهرامی یاراحمدی، محمد. شفافی بجستان، محمود. (۱۳۹۰). بررسی آزمایشگاهی اثر شکل ذرات رسوبی بستر بر ضریب زبری مانینگ، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد، شماره ۱، فروردین.
۱۰. ثاقبیان، سید مهدی، روشنگر، کیومرث، (۱۳۹۸). تخمین ضریب زبری کل و زبری ناشی از فرم بستر در کانال‌های آبرفتی بر اساس داده‌های آزمایشگاهی با استفاده از روش رگرسیون فرآیند گاوسی، نشریه آبیاری و زهکشی ایران شماره ۲، جلد ۱۳، خرداد- تیر ۱۳۹۸، صص ۴۴۹-۴۳۷.
۱۱. فرزاد حسن‌نژاد شریفی امیرصمدی، اصغر عزیزیان. (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد روش پردازش تصویر در تخمین ضریب زبری مانینگ در لایه سطحی بستر رودخانه‌ها تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ (صص ۷۱۱-۷۲۲).
۱۲. حسینی، سیدموسی. جعفربیگلو، منصور. گراوند، فاطمه، (۱۳۹۴). تعیین پهنه‌های سیل گیر رود کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی به منظور کاهش مخاطرات سیل، مجله دانش مخاطرات، شماره ۱۳، صص ۳۵۵-۳۶۹.
۱۳. حسین‌زاده سید رضا، جهادی طرقي مهناز، (۱۳۸۹). ارزیابی دقت مدل‌های رقومی ارتفاع و الگوریتم GIS در تحلیل‌های مورفومتری رودخانه‌ای (نمونه مورد مطالعه: حوضه آبریز رباط قره پیل در خراسان شمالی)، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۴.
۱۴. خبازی، مصطفی، مهربانی، علی، اعرابی، جواد، (۱۳۹۸). ارزیابی دقت آزمایشی مدل‌های رقومی ارتفاعی DEM ماهواره‌های ASTER و SRTM با مشاهدات دقیق زمینی DGPS مطالعه موردی: از سد آزاد به دشت

- مناطق همگن هیدرولوژیک. مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز سه هزار و دوهزار (چشمه کیله) تنکابن، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال دهم، شماره ۳۸، صص ۲۵۸-۲۳۵.
۲۴. گراوند، فاطمه، (۱۳۹۴). تحلیل هیدرولیکی رودخانه کشکان رود در زیر حوضه شیراوند و تعیین مرز سیلابدشت، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی موسی حسینی و منصور جعفر بیگلر، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
۲۵. محمدی، حسین، (۱۳۹۰). مخاطرات جوی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲۶. مروج، کامران، دلاور، محمد امیر، صادق بیگی، اکرم، (۱۳۹۴). اهمیت انتخاب مدل رقومی ارتفاعی مناسب در مدیریت و حفاظت منابع خاک و آب (مطالعه موردی: سد تهم، استان زنجان)، تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۳ شماره ۲ صص ۴۲-۵۴.
۲۷. موسوی بایگی، سید مهدی، فرید حسینی، علیرضا، عزیززاده امین، اینانلو محمد، (۱۳۹۱). بررسی تغییرات ضریب زبری مانینگ در پیش‌بینی هیدرولیکی سیلاب (مطالعه موردی: اترک میانی)، نشریه آب و خاک (علوم صنایع و کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۱، صص ۱۸۳-۱۹۲.
28. Guan, Liyi, Pan, Hongbo, Zou, Siyuan, Hu, Jun, Zhu, Xiaoyong; Zhou, Ping. The impact of horizontal errors on the accuracy of freely available Digital Elevation Models (DEMs) October 2020, International Journal of Remote Sensing, 41 (19): 7383-7399.
29. Li, J., and Wong, D.W.S. 2010. Effects of DEM Sources on Hydrologic Applications, Computers, Environment and Urban Systems, 34(3): 251-261.
30. Mohammed Siwan shamkhi, Zainab Shakir Attab. Estimation of Manning's Roughness Coefficient for Tigris River by Using HEC-RAS model. 2018. Wasit Journal of Engineering Sciences 6(3): 90-97.
31. Phillips, J.D. (1998). Applied Geography, Incorporating Fluvial Change in Hydrologic Simulations, A Case Study in Coastal North Carolina, 8: 25-36.
32. Pappenberger, F., Beven, K., Horritt, M. and Blazkova, S. (2005). Uncertainty in قروه-دهگلان، سندج فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۲۸، شماره ۱۱۱، صص ۱۷۴-۱۶۳.
۱۴. سوری‌نژاد، علی، (۱۳۸۱). برآورد حجم رواناب حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۳۸۱ (۴۳): ۸۰-۵۷.
۱۵. شرکت آب منطقه‌های استان لرستان، (۱۳۹۲). اطلاعات و مشخصات رودخانه‌های استان لرستان.
۱۶. شفیعی خورشیدی فاطمه، متین فر حمید رضا، علوی پناه سید کاظم، فرخی مهدی، (۱۳۹۰). تولید مدل رقومی ارتفاع با استفاده از زوج تصویر سنجنده ASTER، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره ۳.
۱۷. شکوهی علیرضا، عزیزیان اصغر، (۱۳۹۳). ارزیابی اثر استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع راداری و نقشه‌های زمینی بر نتایج شبیه‌سازی مدل‌های ژئومورفولوژیکی، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۱، صفحات ۵۲-۶۲.
۱۸. شکوری، ع، (۱۳۸۵)، بررسی تاثیر روش‌های مختلف ضریب زبری در میزان دقت پهنه‌بندی سیل توسط نرم افزارهای ARC VIEW, HEC-RAS با تاکید بر صحت سنجی داده‌های هیدرومتری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تحقیقات
۱۹. صفری، علیرضا، (۱۳۸۰). تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۲۰. عزیزیان، اصغر. شکوهی، علیرضا، (۱۳۹۲)، ارزیابی اثر توان تفکیک مدل‌های رقومی ارتفاعی و آستانه شکل‌گیری آبراهه‌ها بر نتایج مدل بارش-رواناب ژئومورفولوژی مبتنی بر موج سیستماتیک (Kw-giuh)، مجله هیدرولیک، سال ۸، شماره ۳.
۲۱. قهرودی تالی، منیژه، ثروتی، محمدرضا، صرافی، مظفر، پورموسوی، موسی، درفشی، خه‌بات، ۱۳۹۱، ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، فصلنامه علمی امداد و نجات، سال چهارم.
۲۲. کاویان، عطاله، محمدی، مازیار، (۱۳۹۸). اثر دقت مکانی مدل‌های رقومی ارتفاعی بر شبیه‌سازی هیدرولیکی، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز سال دهم شماره ۱۹، صص ۴۵-۳۶.
۲۳. کیا، احمد، خالدی، شهریار، جانباز قبادی، غلامرضا، (۱۳۹۹). تعیین عوامل مؤثر در پتانسیل سیل‌خیزی



- Indian Academy of Sciences, 124(7): 1517-1529.
35. Sajjad M., Vatanchi & Mahmoud F. Maghrebi. Uncertainty in Rating-Curves Due to Manning Roughness Coefficient. (2019). Water Resources Management, 33: 5153-5167.
36. Zhang Peipei Ruimin Liu Yimeng Bao. Jiawei Wang, (2014). Uncertainty of SWAT model at different DEM resolutions in a large mountainous watershed. Water Research, 53(1): 132-144.
- the Calibration of Effective Roughness Parameters in HEC-RAS Using Inundation and Downstream Level Observations, Journal of Hydrology, 302: 46-69.
33. Raghad Hadi Hasan. Evaluation of the Accuracy of Digital Elevation Model Produced from Different Open Source Data. 2019. Journal of Engineering. 8(25).
34. Sivasena Reddy, A. and Janga Reddy, M. 2015. Evaluating the influence of spatial resolutions of DEM on watershed runoff and sediment yield using SWAT.