

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۰

صفحات: ۲۲۶ - ۲۱۱

## پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در پایین دست حوزه آبخیز خرم آباد

مژگان راد<sup>۱</sup>، مهدی وفاخواه<sup>۲\*</sup>، مهدی غلامعلی فرد<sup>۳</sup>

### چکیده

یکی از راه‌کارهای اساسی برای کنترل و کاهش اثرات مخرب سیل، شناسایی مناطق سیل‌گیر در حوزه‌های آبخیز است. پهنه‌بندی سیل یکی از بهترین روش‌ها برای برنامه‌ریزی و شناسایی مناطق تحت تأثیر سیل می‌باشد. بدین منظور در حوزه آبخیز خرم‌آباد واقع در استان لرستان با معرفی شرایط مرزی جریان، دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف، مقاطع عرضی و فاصله آنها و ضریب زبری مانینگ برای هر مقطع به مدل هیدرولیکی HEC-RAS، این مدل اجرا و نیم‌رخ سطح آب در دوره‌های بازگشت مختلف سیل به دست آمد. نتایج حاصل از پهنه‌بندی نشان داد که پهنه سیل مربوط به دبی با دوره بازگشت دو ساله با  $145/125$  مترمکعب بر ثانیه مساحتی برابر با  $8/63$  کیلومتر مربع و پهنه سیل مربوط به دبی با دوره بازگشت  $100$  ساله با  $553/781$  مترمکعب بر ثانیه مساحتی برابر با  $10$  کیلومتر مربع در منطقه تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری که سیل با دوره بازگشت  $100$  سال حدوداً  $4/4$  کیلومتر مربع از اراضی دیم واقع در محدوده،  $2/4$  کیلومتر مربع از اراضی مرتعی، سطحی نزدیک به  $1/4$  کیلومتر مربع از اراضی مسکونی،  $1/6$  جاده و  $0/2$  از اراضی رهاشده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین ترتیب برای سایر دوره بازگشت‌ها نیز مشاهده شد که بیشترین سطح درگیر سیل به ترتیب به اراضی زراعی دیم، مراتع، جاده، اراضی مسکونی و زمین‌های رهاشده مربوط می‌شود.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی سیل، HEC-GeoRAS، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مدیریت سیل.

mozhgan669.rad@gmail.com

vafakhah@modares.ac.ir

gholamalifard@gmail.com

<sup>۱</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، مازندران

<sup>۲</sup>- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، مازندران (نویسنده مسئول)

<sup>۳</sup>- استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، مازندران

## مقدمه

سیل<sup>۱</sup> به سرریز کردن جریان آب از مسیر اصلی خود گفته می‌شود که آسیب به اراضی کشاورزی، مناطق شهری و خسارات مالی و تلفات جانی را به دنبال دارد (Perera و همکاران، ۲۰۱۵). در میان انواع بلاای طبیعی، سیل شایع‌ترین فاجعه در سراسر جهان در طول دهه گذشته شناخته شده است که پیامدهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی فراوانی را برجا می‌گذارد (Yang و همکاران، ۲۰۱۵). امروزه افزایش جمعیت و روند رو به رشد صنعت باعث پیشروی جوامع بشری به سوی حریم رودخانه‌ها و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در سیلاب دشت‌ها شده (Markantonis و همکاران، ۲۰۱۳) که این امر موجب افزایش قابل توجه شدت و فراوانی وقوع سیل می‌گردد (Hudson و همکاران، ۲۰۱۴). در همین راستا گزارش‌ها حاکی از رشد ۴۰ درصدی سیل در ایران می‌باشد (Dovonce، ۲۰۰۰؛ نوحه گر و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین طبق آمار تهیه شده، در ۵۳ سال گذشته بیش از ۱۲ هزار شهروند ایرانی بر اثر سیلاب جان خود را از دست داده‌اند که این امر نشان‌دهنده‌ی نیاز به توجه هرچه بیشتر به این مسئله، با هدف کنترل و کاهش خسارات ناشی از سیل ساخته می‌باشد (بزرگی و ابراهیمی لویه، ۱۳۸۵).

استان لرستان نیز به دلیل شرایط خاص هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی از جمله استان‌های سیل‌خیز کشور می‌باشد. در این استان به دلیل شرایط خاص اعم از بسترهای تنگ رودخانه‌ها و وجود روستاها و مناطق کشاورزی در حاشیه رودها، سیل باعث تلفات مالی و جانی زیادی می‌شود. آمار در دست، نشان می‌دهد که در ۲۵ سال اخیر فراوانی وقوع سیل به عدد ۳۰ و هم‌چنین تعداد کشته‌ها در این سال‌ها، حدوداً به ۶۰ نفر می‌رسد (Vatanfda و همکاران، ۲۰۰۹). بر همین اساس یکی از راه‌کارهای اساسی برای کنترل و کاهش اثرات مخرب سیل، شناسایی مناطق سیل‌خیز در حوزه‌های آبخیز است. دشت‌های سیلابی و مناطق مجاور رودخانه‌ها که به دلیل شرایط خاص، فضاهایی مناسب برای انجام فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌شوند، همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب‌ها قرار دارند.

از این‌رو در این مناطق تعیین میزان پیش روی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به رقوم سطح زمین و نیز تعیین خصوصیات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که تحت عنوان پهنه‌بندی سیلاب<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد، حائز اهمیت فراوان خواهد بود. تاکنون روش‌هایی برای شناسایی مناطق مولد سیل معرفی شده، از جمله آن‌ها می‌توان به پیش‌بینی سینوپتیک سیلاب (مرادی، ۱۳۸۳)، پیش‌بینی از راه تحلیل هیدروگراف رودخانه‌ها (فتحیان و همکاران، ۱۳۸۹)، روندیابی و پیش‌بینی آماری احتمال وقوع و دوره بازگشت سیلاب (Rahmati و همکاران، ۲۰۱۶) اشاره کرد. از این‌رو پهنه‌بندی سیل یکی از بهترین روش‌ها برای برنامه‌ریزی و شناسایی مناطق حساس سیل با هدف کاهش خسارات سیل می‌باشد (Tehrany و همکاران، ۲۰۱۴). در پهنه‌بندی سیل، نواحی سیلاب‌دشت<sup>۳</sup> به قسمت‌هایی با خطرپذیری‌های متفاوت تقسیم می‌شوند. روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل را می‌توان به چهار گروه عمده شامل روش

<sup>۱</sup>- Flood

<sup>۲</sup>- Flood Mapping

<sup>۳</sup>- Flood Plain

مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب، مقایسه عکس‌های هوایی منطقه، محاسبه دستی و استفاده از مدل‌های ریاضی تقسیم‌بندی نمود (ولیزاده، ۱۳۸۶).

از انواع مدل‌های ریاضی مورد استفاده برای پهنه‌بندی می‌توان مدل هیدرولیکی<sup>۱</sup> HEC-RAS را نام برد. مدل یک‌بعدی HEC-RAS توسط اداره مهندسی ارتش آمریکا توسعه یافته است. قابلیت این نرم افزار در مدل‌سازی انواع سازه‌ها و قابلیت تحلیل جریان در حالت غیر ماندگار می‌باشد. همچنین گرافیک قوی این نرم افزار سبب شده که یکی از کاربردی‌ترین نرم افزارهای مهندسی آب محسوب شود (Us Army Corps of Engineers، ۲۰۰۲).

در همین راستا Yang و همکاران (۲۰۰۶)، از فن GIS<sup>۲</sup> و مدل HEC-RAS برای تعیین دشت‌های سیلابی در حوزه آبخیز رودخانه جنوبی واقع در شرق اتاوا استفاده کردند. در پایان یک مدل شبکه‌ای HEC-RAS، ایجاد شد که ترکیبی از جزئیات ریز و درشت دشت سیلابی بود و همچنین وسعت و عمق آب‌گرفتگی در هر رگبار را نشان داد. Silva و همکاران (۲۰۱۴)، پهنه‌بندی سیل در رودخانه سدروس در برزیل، با بهره‌گیری از GIS و مدل HEC-RAS انجام دادند. نتایج نشان داد جاده‌ها و ساختمان‌ها در اطراف پل و بالادست رودخانه بیشتر در معرض خطر سیل هستند. همچنین در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که پتانسیل استفاده از مدل HEC-RAS و GIS برای نقشه برداری از مناطق سیل‌خیز بسیار بالا و با حساسیت زیاد همراه است. Demir و Kisi (۲۰۱۵)، در رودخانه مرت واقع در سامسون در کشور ترکیه اقدام به پهنه‌بندی سیل با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS کردند. در پایان دریافتند که در این منطقه اضافه کردن مانع خاک‌ریز و تنظیم پایین‌دست رودخانه می‌تواند در کاهش خطر سیل موثر باشد. Sahiriparsa و همکاران (۲۰۱۶)، در رودخانه سانگای ماکا در مالزی به‌منظور شبیه‌سازی و پهنه‌بندی سیلاب از مدل تک‌بعدی HEC-RAS و مدل دوبعدی CCHE2D استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده حاکی از این بود که هر دو روش در اکثر مواقع مطابقت داشته و تفاوت آن‌ها مربوط به شکل رودخانه است. Khattak و همکاران (۲۰۱۶)، در رودخانه کابل واقع در کشور پاکستان به پهنه‌بندی سیل با بهره‌گیری از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و GIS پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد که احتمالاً ۴۰ درصد از سطح منطقه در معرض جریان هولناک رودخانه و سیل می‌باشد. جلالی‌راد (۱۳۸۱)، به پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران پرداخت او در این تحقیق از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نرم‌افزار Arc View و مدل HEC-RAS استفاده نمود و نتیجه‌گیری کرد که سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت خوبی برای پهنه‌بندی سیل می‌باشد. صادقی و همکاران (۱۳۸۲)، در حوزه آبخیز شهری دارآباد تهران اقدام به پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از نرم افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی Arc/View نمودند. با توجه به اینکه مدل هیدرولیکی HEC-RAS با فرض دائمی بودن جریان محاسبات را انجام می‌دهد و در بسیاری از مناطق این فرض نمی‌تواند درست باشد، با کوتاه کردن فاصله بین مقاطع و انجام عمل روندیابی و وارد نمودن دبی در مقاطع بالادست و پایین دست مدل می‌تواند نتایج منطقی و صحیحی ارائه نماید. خلیلی زاده و همکاران (۱۳۸۴)، خطر سیل را در بخشی از محدوده رودخانه

1- Hydraulic Models

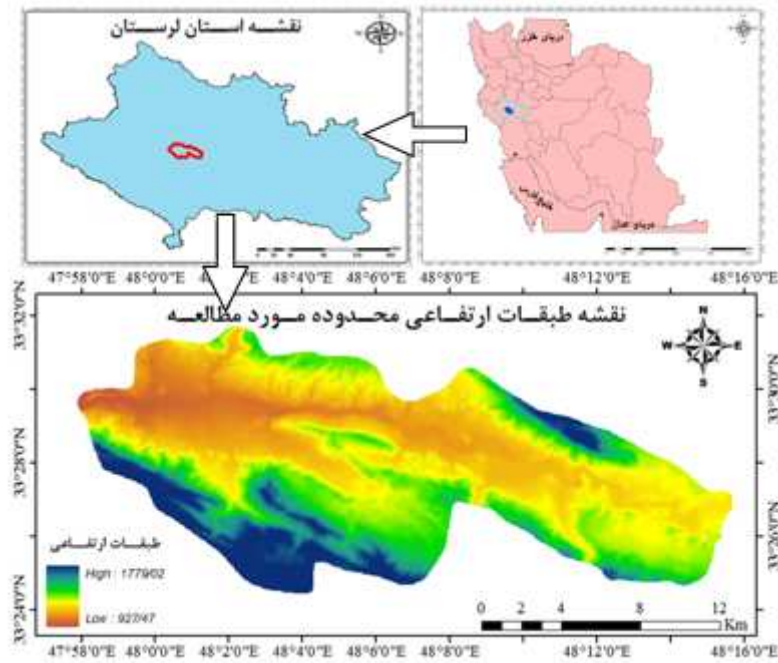
2- Geographic Information System

زیارت در حوضه آبخیز شهری گرگان با استفاده از نرم افزار HEC-RAS پهنه‌بندی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی و افزایش ساخت و سازهای بی‌رویه در حریم رودخانه می‌تواند باعث افزایش دبی پیک سیلاب‌ها و در نتیجه افزایش سطح و عمق پهنه‌های سیل‌گیر می‌گردد. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۷)، با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS پهنه‌بندی سیلاب رودخانه کنجانچم استان ایلام را در مقابل سیلاب‌های احتمالی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد تلفیق مدل‌های هیدرولیکی نه‌تنها عملی است، بلکه موجب تسهیل مدل‌سازی هیدرولیکی می‌شود. قمی اوپلی و همکاران (۱۳۸۹)، از مدل HEC-RAS به‌منظور پهنه‌بندی سیل در رودخانه کارون استفاده کردند. با استفاده از قابلیت نرم‌افزار HEC-RAS پهنه خطر سیل برآورد شدند و محدوده و میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی که در صورت وقوع سیلاب به مخاطره خواهند افتاد برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت‌های مذکور مشخص شدند. هدف از این تحقیق تعیین پهنه‌های سیل‌گیر اطراف بازه معینی از رودخانه خرم‌آباد و همچنین برآورد عمق سیل در این نواحی با در نظر گرفتن دبی با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد که در نهایت اراضی که خطر سیل آن‌ها را تهدید می‌کند معین شود.

## داده‌ها و روش‌ها

### الف- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در غرب ایران و مرکز استان لرستان واقع در بین طول‌های  $47^{\circ}55'$  تا  $48^{\circ}50'$  شرقی و عرض‌های  $32^{\circ}40'$  تا  $34^{\circ}20'$  شمالی می‌باشد که از لحاظ تقسیمات هیدرولوژیکی یکی از زیر حوزه‌های، حوزه آبخیز کرخه بوده و با وسعت  $2501$  کیلومتر مربع در شرق حوضه واقع شده و طول آبراهه اصلی  $94/5$  کیلومتر است.  $212$  کیلومتر مربع از وسعت محدوده را دشت و  $2289$  کیلومتر مربع از وسعت آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. وسعت دشت اصلی محدوده مطالعاتی خرم‌آباد (دشت مرکزی) برابر با  $133$  کیلومتر مربع و دشت‌های خرم‌آباد، کمالوند و ده‌پیر به ترتیب برابر با  $21$ ،  $25$  و  $32$  کیلومتر مربع است (مزیدی و کوشکی، ۱۳۹۲).



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز خرم‌آباد در ایران و استان لرستان

### ب- روش‌شناسی

ابتدا نقشه‌های مقاطع عرضی و طولی و همچنین آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری دو آب ویسیان و چمانجیر از اداره آب منطقه‌ای استان لرستان دریافت شد. سپس با توجه به این که داده‌های مورد استفاده باید دارای سه شرط کفایت، درستی و مرتبط بودن باشند (جایداری و همکاران، ۱۳۹۰؛ زراعتکار و همکاران، ۱۳۹۳)، اقدام به کنترل، تصحیح و بازسازی داده‌ها گردید. بدین منظور پس از اطمینان از صحت داده‌ها در هر دو ایستگاه هیدرومتری، دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه دو آب ویسیان بر اساس دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری چمانجیر بازسازی گردید. برای تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف برای ترسیم پروفیل سطح آب توسط نرم‌افزار HEC-RAS در محل مقاطع عرضی، پس از انجام آزمون همگنی، با استفاده از نرم‌افزار Easyfit و آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، توزیع لوگ نرمال سه پارامتری به‌عنوان مناسب‌ترین تابع توزیع آماری مشخص شد. سپس با استفاده از این توزیع، دبی با دوره بازگشت‌های مختلف به‌دست آمد (غفاری گوشه و همکاران، ۱۳۹۴).

به‌منظور اجرای مدل مذکور، برای پیش‌بینی مشخصه‌های جریان در بازه‌ای از رودخانه نیاز به شرایط مرزی منطبق با طبیعت می‌باشد. شرط مرزی معرف وضعیت ورودی و خروجی جریان در بالادست و پایین‌دست بازه مورد مطالعه می‌باشد. به‌منظور محاسبه دقیق پروفیل سطح آب، لازم است مقادیر منحنی هیدروگراف ورودی و درصد شیب در بالادست و پایین‌دست مورد مطالعه برای مدل تعریف گردد. برای محاسبه ضریب زبری روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله کاربردی‌ترین روش‌های ارائه شده برای تعیین ضریب مانینگ می‌توان به رابطه معروف کاون

اشاره نمود که ابتدا براساس جدول موجود، ضریب مانینگ اولیه تخمین زده شده و سپس با توجه به دیگر شرایط حاکم بر رودخانه در مقاطع مختلف، تأثیر دیگر عوامل همچون درجه ناهمواری، وجود موانع، پوشش گیاهی و شکل مسیر اعمال و ضرایب مانینگ مطابق رابطه زیر اصلاح می‌گردد.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)n_5 \quad (1)$$

که در رابطه فوق عوامل معادله به ترتیب عبارتند از:

$n$ : ضریب مانینگ ترکیبی

$n_0$ : ضریب مانینگ مربوط به دانه‌بندی مواد بستر

$n_1$ : ضریب مانینگ مربوط به درجه ناهمواری در سطح بستر رودخانه

$n_2$ : ضریب مانینگ مربوط به تغییرات مقطع رودخانه

$n_3$ : ضریب مانینگ مربوط به موانع موجود در مسیر رودخانه

$n_4$ : ضریب مانینگ مربوط به پوشش گیاهی

$n_5$ : ضریب مانینگ مربوط به درجه انحنای مسیر رودخانه (Cowan, ۱۹۵۶).

ضرایب زبری مانینگ کانال اصلی، کرانه سمت چپ و کرانه سمت راست با انجام عملیات صحرایی و با روش کاون به دست آمد. چون در این روش، شرایط زبری و شکل سطوح بستر و رسوبات، وجود پوشش گیاهی و موانع، نامنظمی سطوح و مسیر آبراهه و سیلاب‌دشت در نظر گرفته می‌شود (Mohaghegh و همکاران، ۲۰۱۵؛ McCuen، ۱۹۹۸). در مرحله بازدید میدانی بر اساس جداول موجود، ضریب مانینگ اولیه تخمین زده و سپس با توجه به دیگر شرایط حاکم بر رودخانه در مقاطع مختلف، تأثیر دیگر عوامل همچون درجه ناهمواری، وجود موانع، پوشش گیاهی و شکل مسیر اعمال و ضرایب مانینگ محاسبه شد. پس از وارد کردن داده‌های هندسی و داده‌های جریان، محاسبات هیدرولیکی به سه صورت قابل محاسبه است: تحلیل جریان ماندگار، تحلیل جریان غیرماندگار و توابع طراحی هیدرولیکی. در این تحقیق از تحلیل جریان به صورت ماندگار استفاده گشت. هم‌چنین انجام محاسبات برای رژیم جریان زیربحرانی، فوق بحرانی و مختلط امکان‌پذیر می‌باشد؛ که در تحقیق حاضر جریان به صورت مختلط در نظر گرفته شد.

با معرفی شرایط مرزی جریان، دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف، مقاطع عرضی و فاصله آن‌ها و ضریب زبری مانینگ برای هر مقطع به نرم‌افزار HEC-RAS، این مدل اجرا و نیم‌رخ سطح آب در دوره‌های بازگشت مختلف سیل برآورد گردید (Us Army Corps of Engineers، ۲۰۰۲). بعد از محاسبه پروفیل سطح آب برای انتقال مقاطع رودخانه و داده‌های مربوط به سطح آب از یک مدل یک‌بعدی به یک نقشه دوبعدی در محیط GIS، ابتدا خط مرکزی رودخانه مشخص شد. لازم به ذکر است که جهت رودخانه باید همانند مدل از پایین دست به بالادست باشد. در غیر این صورت جهت رودخانه تصحیح می‌شود. در ادامه باید موقعیت جغرافیایی مقاطع عرضی مشخص شود. به این منظور نقاط بالادست و پایین دست به همراه ۵ نقطه میانی در مسیر رودخانه که محل برداشت مقاطع عرضی نیز بودند، انتخاب و مختصات جغرافیایی آن‌ها معرفی شدند. در نهایت با استقرار این نقاط، محل سایر مقاطع مشخص



برای ضرائب زبری منطقه به دلیل شباهت‌هایی که از نظر ویژگی‌های ظاهری (خصوصیات مورد استفاده در روش کاون) بین مقاطع مختلف وجود داشت، برای هر تعداد مشخص از مقاطع یک ضریب در نظر گرفته شد که در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۳: جدول ضرائب زبری مانینگ رودخانه خرم‌آباد

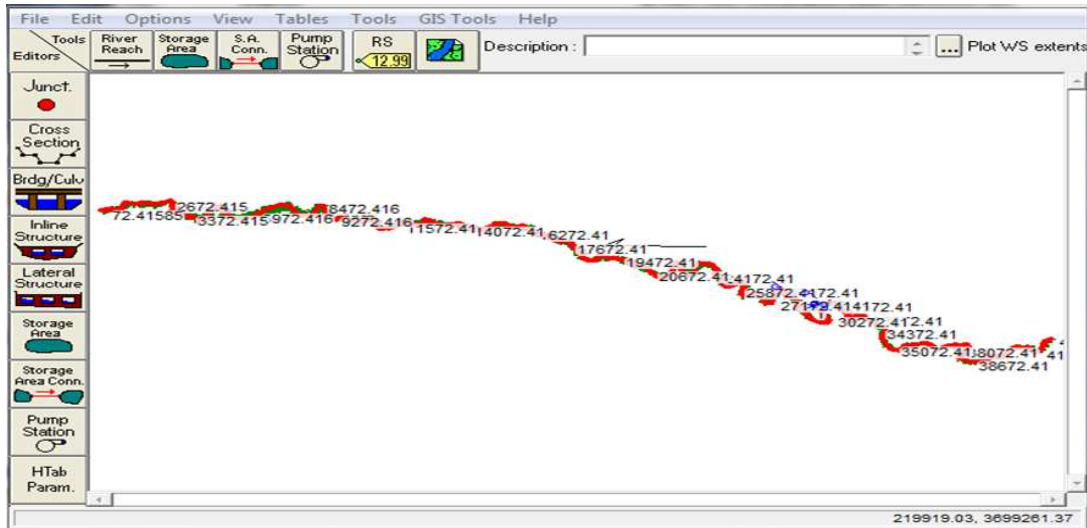
ضریب زبری			شماره مقطع
کناره راست بستر کناره چپ			
/	/	/	-
/	/	/	-
/	/	/	-
/	/	/	-
/	/	/	-
/	/	/	-

به‌طور کلی در مدل HEC-RAS، ژئومتری رودخانه توسط مقاطع عرضی و فاصله این مقاطع از یکدیگر معرفی می‌گردد و از سوی دیگر در هر مقطع عرضی کلیه پارامترهای هیدرولیکی جریان مورد محاسبه قرار گرفته و به‌صورت جداول هیدرولیکی و نمایش گرافیکی ارائه می‌شوند. در ابتدای تحقیق، بازه اصلی مدنظر در رودخانه خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفت. این بازه دارای آبراهه‌ای به طول ۴۰ کیلومتر است که در طول آن، ۴۲۰ عدد مقطع عرضی زده شد. در نهایت با معرفی موارد ذکر شده در نرم‌افزار HEC-RAS و اجرای مدل، می‌توان اطلاعاتی از قبیل پروفیل طولی و عرضی رودخانه، منحنی سنجه دبی، مشخصات هیدرولیکی جریان و رقوم سطح آب را مشاهده کرد.

شکل ۲ شماتیک رودخانه و موقعیت مقاطع عرضی را در نرم‌افزار HEC-RAS نشان می‌دهد. در این طرح شماتیک، خط مرکزی جریان و خطوط سواحل چپ و راست و مقاطع عرضی دیده می‌شود. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود برای ترسیم مقاطع عرضی بایستی برخی از موارد را مورد توجه قرار داد:

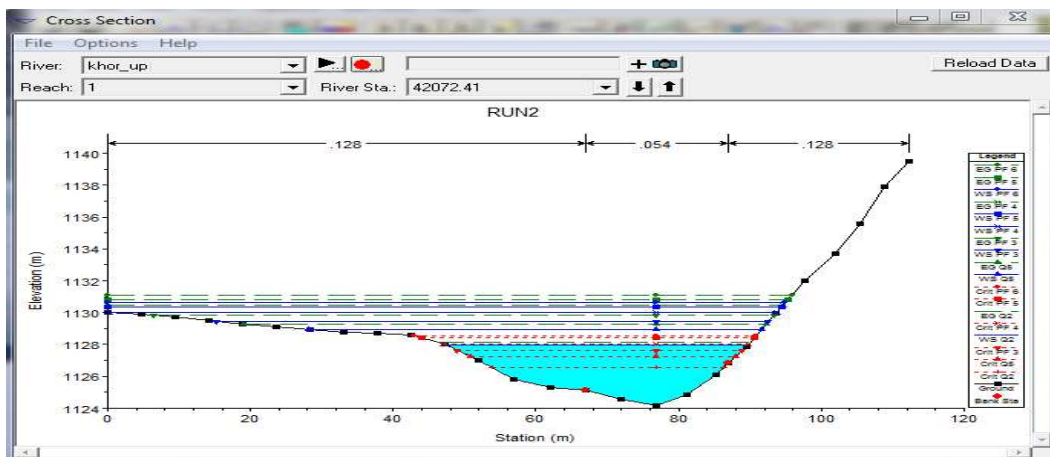
- خطوط معرف باید از ساحل چپ به ساحل راست کشیده شود.
- این خطوط فقط یک‌بار می‌توانند با هر یک از خطوط کشیده شده تقاطع داشته باشند.
- این خطوط باید عمود بر خط جریان رسم شوند.
- خطوطی که در این لایه رسم می‌شود نباید متقاطع باشند، زیرا تقاطع دو مقطع عرضی بدین معنی است که مقدار حجم معینی از آب در هر دو مقطع مورد محاسبه قرار می‌گیرد و در این صورت حجمی از آب کم می‌شود و این بر خلاف قانون بقای جرم است.





شکل ۲: طرح شماتیک رودخانه و موقعیت مقاطع عرضی روی آن

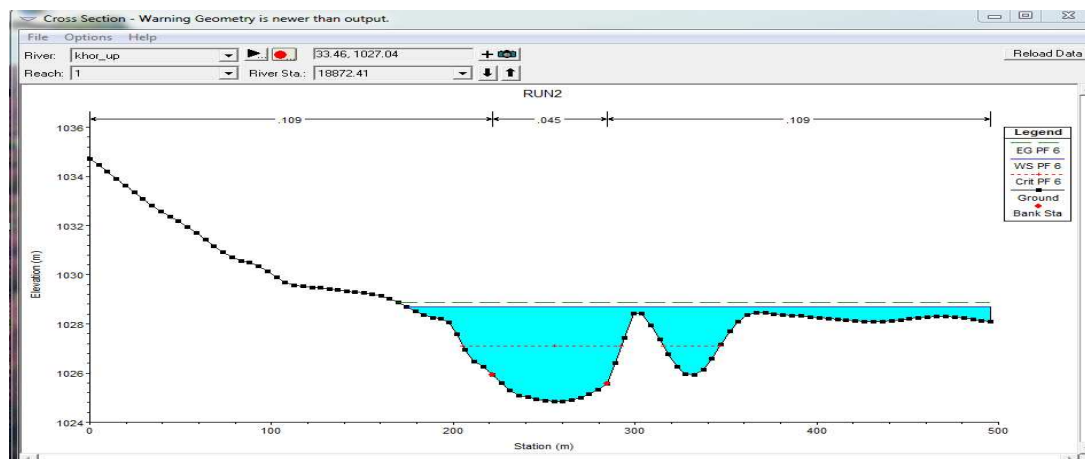
شکل ۳ ارتفاع پروفیل سطح آب برحسب متر در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در دوره بازگشت‌های طولانی‌تر سطح آب نمایش داده شده در نیمرخ عرضی مقاطع در ارتفاع بالاتری قرار می‌گیرد.



شکل ۳: نیمرخ عرضی سطح آب مقطع شماره ۱

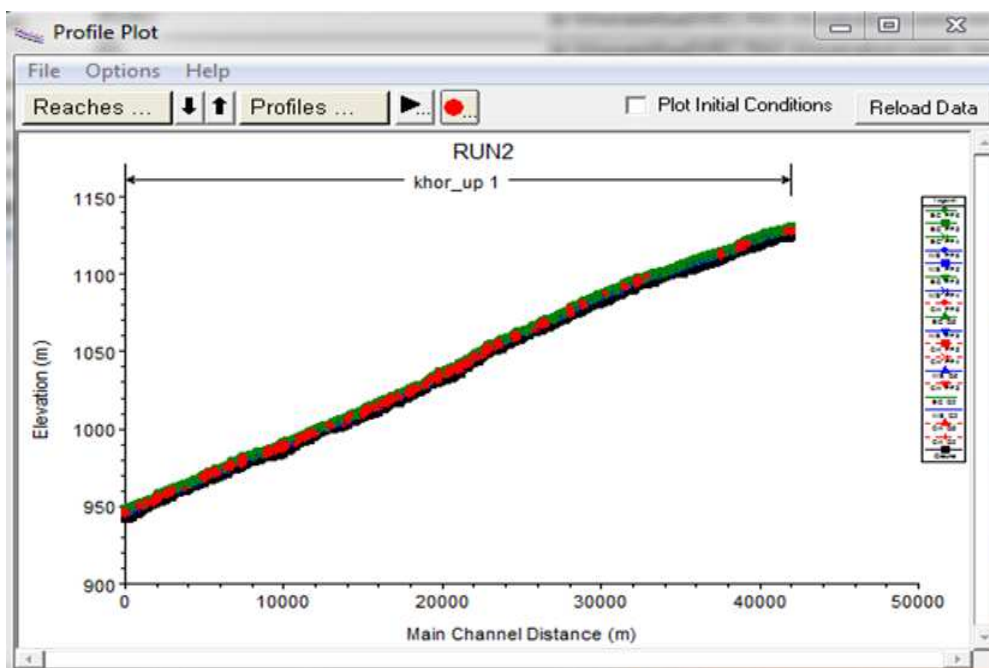
با بررسی مقاطع عرضی و طولی رودخانه مشاهده شد که در مواقع سیلابی در ۸۳ نقطه از طول مسیر رودخانه آب از سطح زمین بالاتر رفته و وارد اراضی می‌گردد و این موضوع نمایانگر این است که به‌دنبال آن خسارات متعددی را خواهیم داشت. این نقاط فوق بحرانی در سراسر طول رودخانه مشاهده می‌شود ولی بیشترین تجمع در یک‌سوم

ابتدایی و میانی رودخانه است. این موضوع نمایانگر این است که به دنبال رخداد سیل خسارات متعددی را در این نواحی خواهیم داشت. به عنوان مثال در شکل ۴ مقطع شماره ۱۸۸ آورده شده است.



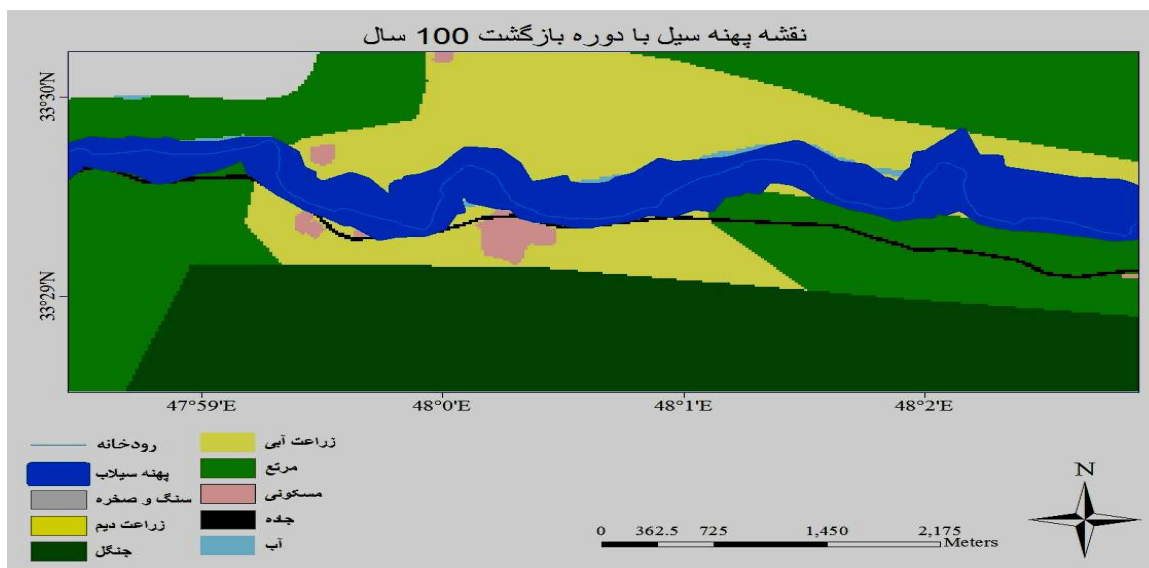
شکل ۴: نیم رخ عرضی مقطع شماره ۱۸۸

از جمله مهم ترین اهداف این مطالعه، مشخص کردن تراز سطح آب و عمق آن در هر نقطه از آبراهه می باشد. در واقع حل معادلات حاکم بر جریان در نهایت ارتفاع تراز سطح آب در مقاطع مختلف را به عنوان یکی از اصلی ترین نتایج مطالعه ارائه می دهد که براساس آن و نیز هندسه مجرا پهنه های آب گرفتگی نیز قابل محاسبه می باشد. در شکل ۵ پروفیل طولی جریان در شرایط طبیعی رودخانه و به ازای سیل با دوره بازگشت های مختلف ارائه شده است.

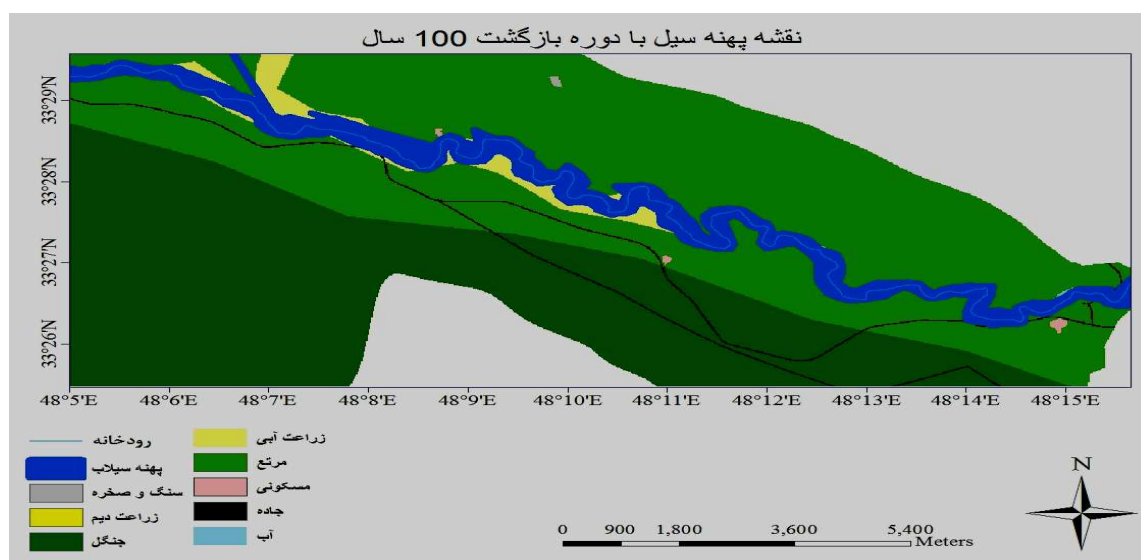


شکل ۵: نیم‌رخ طولی رودخانه

اشکال ۶ و ۷ پهنه‌ی سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله را نشان می‌دهند.



شکل ۶: پهنه سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال



شکل ۷: پهنه سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

پیش‌بینی خسارات و تلفات ناشی از سیل به علت تجاوز به حریم و بستر رودخانه‌ها، با مطالعه دوره بازگشت‌های سیل امکان‌پذیر می‌باشد. در این مطالعه نتایج حاصل از پهنه‌بندی نشان داد که پهنه سیل با دوره بازگشت دو ساله با دبی  $145/125$  مترمکعب بر ثانیه با مساحتی برابر با  $8/63$  کیلومتر مربع کمترین سطح و پهنه سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با دبی  $553/781$  مترمکعب بر ثانیه با مساحت ۱۰ کیلومتر مربع بیشترین سطح سیل‌گیری را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین سیل با دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله با دبی‌هایی به ترتیب برابر با  $253/254$ ،  $326/496$ ،  $418/775$ ،  $486/727$  مترمکعب بر ثانیه دارای پهنه سیل‌گیری به ترتیب برابر با  $8/45$ ،  $8/73$ ،  $8/81$  و  $8/86$  کیلومتر مربع بودند؛ که این مساحت شامل کاربری‌های مختلفی از جمله اراضی زراعی، جنگل، مرتع، مسکونی و غیره است. بیشترین سطحی از اراضی که مواقع سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف در معرض آسیب جدی قرار می‌گیرد اراضی مربوط به مراتع و زراعت دیم می‌باشد. برای مثال سیل مربوط به دوره بازگشت ۱۰۰ سال حدوداً  $4/4$  کیلومتر مربع از اراضی دیم واقع در محدوده و  $2/4$  کیلومتر مربع از اراضی مرتعی را دربر می‌گیرد. همچنین این سیل سطحی نزدیک به  $2/4$  کیلومتر مربع از اراضی مسکونی،  $2/6$  جاده و  $0/2$  از زمین‌های رها شده را در خود غرق خواهد کرد. به همین ترتیب برای سایر دوره بازگشت‌ها نیز مشاهده شد که بیشترین سطح درگیر سیل به ترتیب به اراضی زراعی دیم، مراتع، اراضی مسکونی و جاده و زمین‌های رها شده مربوط می‌شود.

در طول بازه مطالعاتی، چند مورد از تجاوز به بستر رودخانه جهت توسعه زمین‌های کشاورزی مشاهده گردید. به طور کلی مشاهده شد که در محدوده روستاهای غلامان سفلی، چم‌کبود، روستاهای بن روله تله، زهراکارن‌ساردله، لجامگیر و پاهلت تا زهراکار و روستای چم دیوان تا آخر بازه جابجایی‌های عرضی رودخانه خرم‌آباد در بازه مطالعاتی مشهود می‌باشد. به غیر از نقاط بالا، در بقیه نقاط تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق به‌طور کلی می‌تواند بیان‌گر این باشد که محدود کردن مجرای جریان عمدتاً سبب افزایش عمق جریان و یا سرعت جریان می‌شود. این امر تسریع در آب‌گرفتگی زمین‌های مجاور (نسبت به شرایط طبیعی رودخانه) و یا افزایش پدیده آب‌شستگی بستر و کناره‌ها (در اثر افزایش سرعت جریان) خواهد شد. در هر دو صورت تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مورفولوژی رودخانه ایجاد خواهد شد که از آن جمله می‌توان به تغییر مسیر جریان رودخانه، تعریض رودخانه به‌واسطه فرسایش کناره‌های آن و تغییر شیب رودخانه به‌واسطه پدیده کف‌کنی اشاره کرد و همچنین ساخت و ساز بی‌رویه و نادرست در مسیر و حاشیه رودخانه خسارات عمده‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. همچنین در این مطالعه نتایج نشان داد که به ازای دوره بازگشت‌های طولانی‌تر میزان دبی بیشتر شده و تغییرات عرضی پهنه سیلاب از بالادست بازه مطالعات به سمت قسمت میانی به‌دلیل افزایش شیب، کاهش یافته و سیل در گستره کمتری جریان می‌یابد. در پایین دست به‌دلیل کاهش شیب رودخانه و افزایش دبی مقدار عرض جریان نیز افزایش یافته و آب در سطح وسیع‌تری گسترش داشته است و در انتهای بازه به‌دلیل ورود به منطقه کوهستانی مجدداً شاهد افزایش شیب و کاهش عرض جریان هستیم. نتایج بدست آمده حاکی از کارایی و حساسیت بالای مدل هیدرولیکی HEC-RAS جهت پهنه‌بندی سیل می‌باشد. با بهره‌گیری از GIS و مدل HEC-RAS می‌توان عمق و سرعت سیل و پهنه‌های سیل‌گیر را در نقاط مختلف به‌دست آورد که این با نتایج سایر محققان از جمله Tate (۲۰۰۲)، جلالی راد (۱۳۸۱)، علی‌شاهی و همکاران (۱۳۹۳) و Silva و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. بدین طریق می‌توان از مناطق احتمالی خطر سیل آگاهی یافته و به‌منظور مقابله با آن و کاهش اثرات مضر ناشی از آن، اقدامات و اصلاحات لازم را به‌عمل آوریم. طبق نتایج حاصل می‌توان به این نتیجه دست یافت که در منطقه مورد مطالعه، مخاطرات ناشی از سیلاب، می‌تواند ناپایداری محیطی را موجب شود که این امر سبب برهم خوردن تعادل در طبیعت و زندگی ساکنین این محدوده شود؛ بنابراین برنامه‌ریزی و اندیشیدن درمورد تمهیدات لازم در زمینه رفع خسارات احتمالی ناشی از این پدیده طبیعی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

## منابع

- بزرگی، بابک؛ ابراهیمی لویه، عادل (۱۳۸۵)، بررسی نقش آموزش و ارتباطات در ارتقاء آگاهی‌های عمومی با هدف مدیریت ریسک سیلاب، کارگاه فنی هم‌زیستی با سیلاب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صص ۷۴-۶۰.
- جایدری، اعظم؛ فتح‌الله‌زاده، علی؛ تقی‌زاده مهرجردی، روح‌الله؛ دستورانی، محمد تقی؛ فتاحی اردکانی، احمد (۱۳۹۰)، مقایسه روش‌های مختلف بازسازی و تطویل داده‌های دبی‌های حداکثر لحظه‌ای، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، سال چهارم، شماره ۶۴، صص ۳۹۹-۳۸۷.
- جلالی راد، رامین (۱۳۸۱)، پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۵ص.
- خلیلی‌زاده، مجتبی؛ مساعدی، ابوالفضل؛ نجفی‌نژاد، علی (۱۳۸۴)، پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از محدوده رودخانه زیارت در حوزه آبخیز شهری گرگان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۲، صص ۱۴۶-۱۳۸.

- زراعتکار، زهرا؛ حسن پور، فرزاد؛ تابع، مرضیه (۱۳۹۳)، ارزیابی روش‌های برآورد دبی پیک سیلاب در حوضه آبخیز شهری جهت کنترل سیلاب، مجله علمی-ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، سال چهارم، شماره ۵، صص ۳۲-۲۳.
- صادقی، سید حمیدرضا؛ جلالی راد، رامین؛ محمدی سراب، عباس علی (۱۳۸۲)، پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهری دارآباد تهران)، پژوهش‌نامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال دوم، شماره ۱، ۳۴-۴۶.
- غفاری گوشه، جواد؛ عباسی، سهیل؛ فتاحی نافچی، روح الله؛ غفاری گوشه، عباس (۱۳۹۴)، کاربرد توزیع‌های احتمال برای برآزش جریان‌های روزانه، همایش ملی مهندسی عمران و پژوهش‌های نیازمحور، صص ۱۱-۱.
- قمی اوپلی، فرشته؛ صادقیان، محمد صادق؛ جاوید، امیر حسین؛ میر باقری، میر باقری، سید احمد (۱۳۸۹)، شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS، فصل‌نامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال پنجم، شماره ۱، صص ۱۱۵-۱۰۵.
- مزیدی، احمد؛ کوشکی، سمیرا (۱۳۹۲)، شبیه‌سازی بارش- رواناب و تخمین سیل در حوضه آبریز خرم‌آباد با مدل HEC-HMS. جغرافیا و توسعه، شماره ۴۱، صص ۱۰-۱.
- نوحه گر، احمد؛ کاظمی، محمد؛ قصردشتی روشن، محمد؛ رضائی، پیمان (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل سیل-خیزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز)، فصل‌نامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۲، صص ۴۱-۲۸.
- ولیزاده کامران، خلیل (۱۳۸۶)، کاربرد GIS در پهنه‌بندی خطر سیلاب (مطالعه موردی: حوضه رود ليقوان)، مجله فضای جغرافیایی، سال هفتم، شماره ۲۰، صص ۱۷۰-۱۵۳.
- Cowan, W. L. (1956), Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37, 7, pp. 473-475.
- Hudson, P. Botzen, W. J. W. Kreibich, H. Bubeck, P. Aerts, J. C. J. H. (2014), Evaluating the effectiveness of Flood Damage Mitigation Measures by the Application of Propensity Score Matching. *Natural Hazards and Earth System Science*, 14, 7, pp. 1731-1747.
- Khattak, M. S. Anwar, F. Usman Saeed, T. Sharif, M. Sheraz, K. Ahmed, A. (2016), Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River, *Research Article – Civil engineering*, 40, pp. 1375-1390.
- McCuen, R. H. (1998), *Hydrologic Analysis and Design*, Prentice Hall, PTR, 814pp.
- Mohaghegh, S. S. Mojaver, E. Meftahi, M. Bahrebar, A. (2015), The Effect of Flood Zones of Maroon River on the Environment and around the River, *MAGNT Research Report (ISSN. 1444-8939)*, 3, 1, pp. 1450-1454.
- Motevalli, A. Vafakhah, M. (2016), Flood hazard mapping using synthesis hydraulic and geomorphic properties at watershed scale. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 30, 1889-1900.
- Perera, E. D. P. Hiroe, A. Shrestha, D. Fukami, K. Basnyat, D. B. Gautam, S. Hasegawa, A. Uenoyama, T. Tanaka, S. (2015), Community-based Flood Damage Assessment Approach for Lower West Rapti River basin in Nepal under the Impact of Climate Change, *Natural Hazards*, 75, pp. 669-699.
- Rahmati, O. Pourghasemi, H. R. Zeinivand, H. (2016), Flood Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Models in the Golestan Province, Iran, *Geocarto International*, 31, 1, pp. 42-70.
- ShahiriParsa, A. Noori, M. Heydari, M. Rashidi, M. (2016), Floodplain Zoning Simulation by Using HEC-RAS and CCHE2D Models in the Sungai Maka River, *Air, Soil and Water Research*, 9, pp. 55-62.
- Silva, F. V. Bonuma, N. B. Uda, P. K. (2014), Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS, *International Conference on Flood Management*, 9pp.
- Tate, E. C. (2002), Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS, Master's Thesis, Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin, 137 pp.
- Tehrany, M. S. Pradhan, B. Jebur, M. N. (2014), Flood Susceptibility Mapping Using a Novel Ensemble Weights-of-Evidence and Support Vector Machine Models in GIS, *Journal of Hydrology*, 512, pp. 332-343.
- Us Army Corps of Engineers, (2002), HEC-RAS River Analysis System, Hydrologic Engineering Center, CPD-68.
- Vatanfada, J. Avarideh, F. Najafi, A. Tabatabaeei, M. (2009), Integrated Flood Management in Iran. Flood Prevention Committee, pp. 11-14.

Yang Y. C. E. Ray, P. A. Brown, C. M. Khalil, A. F. Yu, W. H. (2015), Estimation of Flood Damage Functions for River Basin Planning: a Case Study in Bangladesh. *Natural Hazards*, 75, 3, pp. 2773-2791.

Yang, J. Ronald, D. T. Daneshfar, B. (2006), Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation, Published on the NRC Research Press Web site at <http://cjce.nrc.ca>, 33, pp. 19-28.

## Flood mapping using HEC-RAS hydraulic model in part of Khorramabad watershed

Mozhgan Rad<sup>1</sup>, Mehdi Vafakhah<sup>2\*</sup>, Mehdi Gholamalifard<sup>3</sup>

Received: 08-02-2017

Accepted: 11-09-2017

---

### Abstract

Flood prone area identification in the watersheds is one of the basic solutions for destructive flood control and mitigation. Flood mapping is one of the best methods for flood prone area planning and identifying. For this purpose, flow boundary conditions, peak instantaneous discharge with different return periods, cross sections and their distance and roughness coefficients for each cross section were entered to HEC-RAS hydraulic model in Khorramabad watershed located in Lorestan province, Iran, and this model was then run and flood water surface profile at different return periods were estimated. The results obtained from flood mapping showed that flood prone area in return period of 2-year with 145.125 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> and return period of 100-year with 553.781 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> effect 8.63 and 10 km<sup>2</sup> in area, respectively. So that about 4.4 km<sup>2</sup> of the total rain-fed farming area, 2.4 km<sup>2</sup> of total rangeland area and 1.4 km<sup>2</sup> of total residential, 1.6 road area and 0.2 km<sup>2</sup> abandoned effect by flood in return period of 100-year. Similarly for other flood return periods was also observed that the most flood prone areas are related to rain-fed farming, rangeland, road, residential area and abandoned the land.

**Keywords:** Flood Mapping, HEC-GeoRAS, GIS, Flood Management.

---

<sup>1</sup>- MA Student of Watershed, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran

<sup>2\*</sup>- Associate Professor of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran  
Email: vafakhah@modares.ac.ir

<sup>3</sup>- Assistant Professor of Environmental Assessment & Geo-Information, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran