

پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های HEC-RAS و WMS

(مطالعه موردی: رودخانه کارواندر-دامن)

عبدالملک ساداتی¹، سمیه بختیاری*²، علیرضا غنی زاده²، حکیمه عباسلو²

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

² استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

*نویسنده مسئول: bakhtiari@sirjantech.ac.ir

چکیده:

جاری شدن سیل از رودخانه‌ها باعث خسارات مالی و جانی زیادی شده است، بنابراین بررسی طبیعت رودخانه‌ها بسیار ارزشمند است. رفتار رودخانه‌ها پیچیدگی‌های زیادی دارد و در این رابطه مدل‌های کامپیوتری می‌توانند ابزارهای ارزشمندی در پیش‌بینی رفتار رودخانه‌ها با کمترین هزینه ممکن باشند. مدل‌های هیدرولیکی مختلفی از قبیل HEC-RAS، MIKE، WMS و غیره به منظور شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیلاب توسعه یافته‌اند. در این مطالعه، مدل‌های یک بعدی HEC-RAS و WMS به منظور بررسی خطرات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در طول قسمتی از رودخانه کارواندر در ایران شهر مورد استفاده قرار گرفتند. توزیع‌های فراوانی سیلاب شامل لوگ نرمال، گامبل، گاما، پیرسون و غیره به منظور محاسبه حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، توزیع گاما به عنوان بهترین توزیع انتخاب شد. حداکثر دبی سیلاب‌های به دست آمده با استفاده از این توزیع جهت به دست آوردن سطح سیلاب در طول رودخانه به مدل‌های HEC-RAS و WMS وارد شدند. نتایج حاصل از مدل HEC-RAS در ترکیب با GIS به منظور به دست آوردن پهنه‌های سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب، مناطق خطرپذیر سیل‌گیر تشخیص داده شدند. به طور کلی نتایج این قسمت از مطالعه نشان داد که GIS یک محیط موثر به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب است. نتایج حاصل از مدل WMS نشان‌دهنده کارایی بیشتر این مدل نسبت به مدل HEC-RAS بود.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی سیلاب، رودخانه کارواندر-دامن، HEC-RAS و WMS

1- مقدمه

سیل یکی از مخربترین بلایای طبیعی در تمام دنیا است. در دهه های گذشته، میزان وقوع سیلابهای مخرب به دلیل افزایش دما، گسترش شهرسازی و تغییرات خصوصیات حوضه آبریز همراه با ایجاد تغییر در کاربری اراضی و استفاده نادرست از زمین افزایش یافته است. در مقیاس جهانی، طوفان و سیل جزء مخربترین وقایعی به شمار می‌روند که موجب تلفات بسیار زیادی شده‌اند (صدر الاشرافی و همکاران، 1387). از جمله خسارات ناشی از سیل می‌توان تلفات جانی، تخریب ساختمان‌ها، ابنیه و راه‌ها، فرسایش خاک و از بین رفتن زمین‌های مرغوب کشاورزی و انتقال آلودگی به شهرها و آبادی‌ها را نام برد. امروزه سیلاب دشت و مناطق مجاور رودخانه‌ها یکی از مناطق مناسب برای اجرای فعالیت‌های صنعتی، شهری و خدماتی هستند. از سوی دیگر این مناطق همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب‌ها و خسارات ناشی از آن می‌باشند. از این رو پیش بینی وضعیت سیل‌گیری مناطق و تهیه نقشه‌های گسترش سیلاب نقش مهمی در کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از این نوع بلایای طبیعی خواهد داشت (صدر الاشرافی و همکاران، 1387).

عوامل گوناگونی در جاری شدن سیل دخالت دارند، عواملی همچون شدت بارندگی، نفوذپذیری زمین، شرایط توپوگرافی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و درجه اشباع بودن خاک را می‌توان به‌عنوان عوامل مؤثر در جاری شدن سیل نام برد. البته به دلیل دخالت‌های انسانی، ضریب سیل‌خیزی حوضه تغییر کرده و عمدتاً موجب کاهش دوره بازگشت شده است (یمانی و عنایتی، 1384). فعالیت بشر به شکل‌های گوناگونی احتمال وقوع سیل را افزایش داده که از جمله به ساختمان سازی در بستر سیلابی رود و تجاوز به حریم رودخانه که منجر به کاهش ظرفیت طبیعی رود می‌شود می‌توان اشاره کرد (یمانی و عنایتی، 1384).

شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک حاکم بر بخش وسیعی از کشور ما سبب شده است علی‌رغم تحمیل خسارات سنگین ناشی از بروز خشکسالی به اراضی کشاورزی و عرصه منابع طبیعی، همه ساله شاهد بروز سیلاب‌های مخرب با دامنه خسارات وسیع باشیم. تخریب شدید منابع طبیعی چه به صورت بهره‌برداری بی رویه از منابع طبیعی و چه به شکل تغییر کاربری اراضی یا ساخت بی‌رویه مناطق مسکونی، موجب شده است سیلاب‌ها سال به سال چه از نظر وقوع و چه از نظر شدت خسارت افزایش یابند (قمی و همکاران، 1389).

به‌منظور پیش‌بینی دامنه خسارات ناشی از سیل در شرایط مختلف و توجیه اقتصادی و اجتماعی برنامه‌های کنترل و مهار سیل، پهنه بندی خطر سیل برای دوره‌های بازگشت مختلف ضروری است. همچنین با توجه به اهمیت تعیین پهنه‌های سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف برای جلوگیری از خطرات سیلاب‌ها و سازماندهی و بهسازی رودخانه و با مشخص نمودن وضعیت تأسیسات موجود در مجاور رودخانه‌ها، نیاز

به انجام مطالعات هیدرولیک جریان رودخانه و تعیین پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد (قمی و همکاران، 1389 و روشن و همکاران، 1392).

بیش از نیم قرن است که GIS به‌عنوان ابزاری در تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی ظهور یافته و نفوذ آن در بخش‌های مختلف مطالعاتی و تحقیقاتی آن را به ابزاری قدرتمند در رشته‌های مختلف تبدیل کرده است.

این ابزار قدرتمند نقش مهمی در مکان‌یابی مناطق سیل‌خیز و تهیه نقشه‌های خطر سیل دارد. فرناندز و لوتز (2010) نقشه‌های خطر سیل منطقه شهری را در استان توکیومان در کشور آرژانتین، با استفاده از GIS و تجزیه و تحلیل بحران‌های چند جانبه تهیه کردند و نشان دادند منطقه‌ای در جنوب شرق سان میگون استان توکیومان وجود دارد که بیشتر در معرض خطر سیلاب است در این منطقه، چند کانال به‌هم می‌پیوندند و ارتفاع زمین‌ها کم و شیب زمین تندتر است (Fernands and Luts, 2010).

مدل‌های HEC-RAS, WMS, HEC-HMS, HEC-GEO RAS, HEC-1, مدل سلول‌های خودکار (Cellular Automata) و روش‌های مختلف عددی برای شبیه‌سازی جریان به‌کار می‌روند. تمامی این مدل‌ها با تکنیک GIS پهنه‌بندی سیلاب را انجام می‌دهند.

اطلاعات توپوگرافی از جمله پلان رودخانه و پروفیل‌های طولی و عرضی، ضریب زبری، اطلاعات جریان از جمله میزان جریان و شرایط مرزی از جمله فاکتورهایی هستند که در مدل سازی توسط HEC-RAS مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حیدری و همکاران (2013) به‌وسیله مدل HEC-RAS، جریان رودخانه جوهر در منطقه کوتاتینگی در جنوب شرق مالزی را شبیه‌سازی کردند و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب را تهیه کردند، حساسیت مدل HEC-RAS نسبت به ضریب زبری، عرض از مقطع و میزان شیب را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین حساسیت پروفیل سطح آب در اثر تغییر ضریب زبری اتفاق می‌افتد. حجم و ناحیه رواناب در بالادست یا شرایط مرزی جریان و خصوصیات فیزیکی حوضه نیز مهمترین فاکتورهایی هستند که بر دوره بازگشت سیلاب اثر دارند (Shahiripars, 2013). بلک برن و همکاران (2003) یک مدل واقعی برای پیش‌بینی سیلاب با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند. هدف اصلی توسعه مدل‌سازی هیدرولوژیکی برای کاهش خطر سیلاب بود. به این نتیجه رسیدند که مدل‌سازی رواناب با استفاده از یک مدل هیدرولوژیکی (HEC-1) با تکنیک GIS ابزار بسیار مناسبی برای پیش‌بینی و کاهش خطرات سیل است. حسنی (2013) پهنه‌بندی سیلاب را برای رودخانه زاری گل استان گلستان در ایران با استفاده از مدل HEC-RAS انجام داد. نتایج نشان داد که اتصال مدل HEC-RAS با GIS ابزار مفیدی برای تجزیه و تحلیل سیلاب است. همچنین نرم افزار Arc view با HEC-RAS همبستگی خوبی نشان داد و نهایتاً نتیجه گرفتند این روش‌ها می‌توانند نقش

موثری در برنامه‌ریزی آینده در مناطق مورد مطالعه از قبیل: کاربری اراضی، ساخت و ساز، بیمه سیل و... داشته باشند.

سلاجقه و همکاران (2009). پهنه‌بندی سیلاب را برای منطقه‌ای نیمه خشک در ایران با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS انجام دادند.

نتایج نشان داد مدل HEC-RAS همراه با Arc view ابزار مفیدی در تجزیه و تحلیل سیلاب مناطق نیمه خشک است. همچنین نقشه‌های پهنه بندی در GIS به آسانی در مواقعی که شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی رودخانه تغییر یابد به روز می‌شوند، استفاده از این روش‌ها باعث صرفه جویی در زمان و هزینه ها در مقایسه با ترسیم سیلاب دشت به روش سنتی می‌گردد.

روش‌های موجود در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب را می‌توان به چهار گروه عمده مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب، مقایسه عکس‌های هوایی منطقه، محاسبه دستی، استفاده از مدل‌های ریاضی (برخوردار و چاوشیان، 1379) تقسیم‌بندی نمود. روش استفاده از مدل‌های ریاضی در مقایسه با سایر روش‌های عنوان شده از دقت بالایی برخوردار و نتایج محاسبات خصوصاً پس از کالیبره شدن مدل قابل اعتماد می‌باشد، اما انتقال نتایج پس از شبیه‌سازی به روی نقشه‌های توپوگرافی زمان بر بوده و به دلیل حجم زیاد کار، انتقال نقاط محاسبه شده به روی نقشه‌ها غالباً با خطا همراه می‌باشد. ارتباط بین مدل‌های ریاضی و GIS این مشکل را حل کرده و انتقال اطلاعات از مدل‌های ریاضی به GIS به صورت سیستماتیک انجام می‌شود.

قمی اوپلی و همکاران (1389) پهنه‌بندی سیلاب را برای رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز با استفاده از مدل HEC-RAS انجام دادند. نتایج نشان داد که در رودخانه کارون در حد فاصل بند قیر تا اهواز، وسعت اراضی در معرض خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف تفاوت چشمگیری با هم ندارند. در صورتی که در دشت‌های سیلابی حدوداً 10 کیلومتر پایین دست اهواز در حد فاصل مقطع 114 تا 128 به علت تغییرات تدریجی شیب در دامنه‌های مشرف به رودخانه‌ها با بروز تغییر کمی در رقوم تراز سطح سیلاب، در وسعت اراضی در معرض خطر سیل شاهد تغییر قابل توجهی خواهیم بود. لذا برای نیل به این هدف، بررسی‌ها نشان داد که گزینه انحراف آب از بالا دست شهر اهواز به نهر ماله، گزینه مناسبی از نظر فنی و اقتصادی می‌باشد. صدر الاشرافی و همکاران (1387) تهیه مدل پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از نرم افزار WMS (مطالعه موردی حوضه آبریز دز)، را انجام دادند. نتایج نشان داد که WMS نرم افزاری کامل با قابلیت‌های بسیار زیاد است که توانایی مدل‌سازی فرآیند هیدرولوژیکی-هیدرولیکی و ایجاد نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب را با دقت بالا دارد. با استفاده از این نرم افزار، شبیه‌سازی و انتقال نتایج در مراحل مختلف بدون نیاز به نرم افزار واسطه در مدل‌های هیدرولیکی - هیدرولوژیکی و پخش سیل بر روی نقشه DEM با دقت بالا انجام می‌شود که باعث صرفه جویی در وقت، هزینه و کاهش خطا در برآورد نتایج می‌گردد. نتایج به دست آمده از این مطالعه حاکی از توانایی، کارایی و دقت

مطلوب بسته نرم افزاری فوق بوده و استفاده از آن در امر مدل‌سازی توصیه می‌شود.

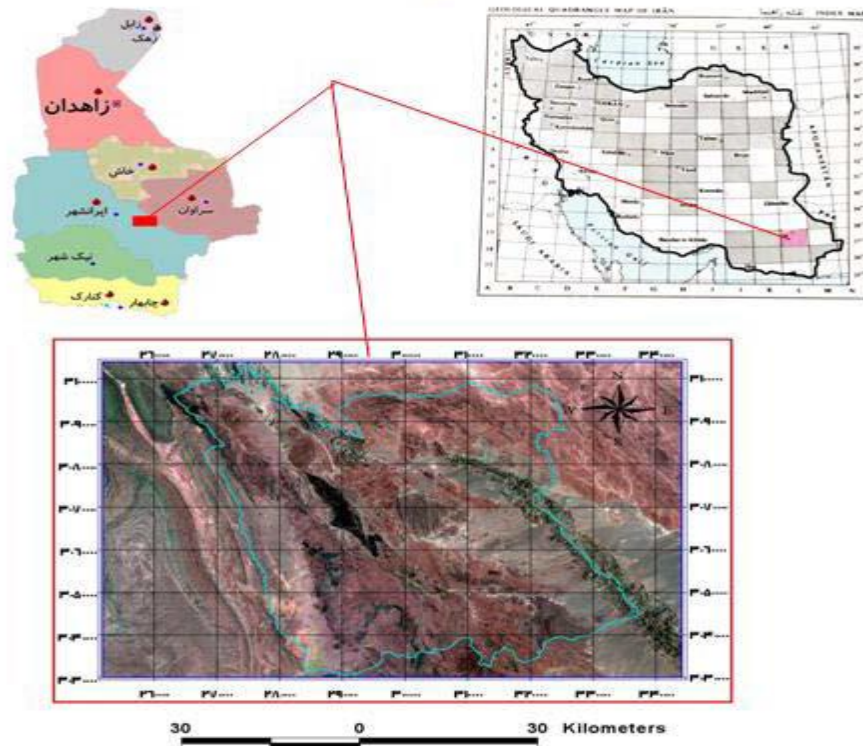
در این تحقیق، با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS و WMS به پهنه‌بندی سیلاب در محدوده‌ای از رودخانه کارواندر-دامن-بمپور در استان سیستان و بلوچستان پرداخته خواهد شد. استان سیستان و بلوچستان با برخورداری از رودخانه‌های بزرگی همچون (سرباز، بمپور، ماشکیل، کاجو، کهیر، کارواندر، رابیچ و هیرمند) از سیل‌خیزی بالایی برخوردار است. حوضه آبریز دشت بمپور تا ایستگاه کارواندر یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبریز هامون-جازمویان در استان سیستان و بلوچستان است که به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. در این مطالعه، قابلیت دو مدل HEC-RAS و WMS در پهنه‌بندی سیلاب مورد مقایسه قرار گرفت و تاثیر دوره‌های بازگشت سیلاب نیز بر پهنه‌بندی سیلاب بررسی گردید.

این تحقیق با هدف گزینش روش مناسب برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در مسیر مورد نظر از رودخانه کارواندر-دامن - بمپور و همچنین تعیین اراضی سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های مختلف انجام شد.

2- روش تحقیق

2-1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل حوضه آبریز رودخانه کارواندر و بمپور است که در شمال دشت ایرندگان و در مجاورت دشت‌های سیب سوران، خاش و پشتکوه در استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است. این محدوده در عرض جغرافیایی 27 درجه و 34 دقیقه تا 28 درجه و 2 دقیقه و در طول جغرافیایی 60 درجه و 35 دقیقه تا 61 درجه و 14 دقیقه قرار دارد (شکل 1).



شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

بمپور یکی از شهرهای استان سیستان و بلوچستان ایران، در منطقه مکران است. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران، محدوده مورد مطالعه جزء منطقه جنوب شرقی ایران محسوب می‌شود و مابین دو ورقه اسپکه در جنوب و ورقه بزمان در شمال که به ترتیب جزء زون افیولیتی ایرانشهر- سرباز و زون جبال بارز محسوب می‌شوند. رودخانه بمپور با طول حدود 175 کیلومتر آب‌های قسمت شرقی بلوچستان را جمع‌آوری می‌کند و بعد از مشروب نمودن ایرانشهر از آن می‌گذرد و به جازموریان می‌ریزد. این رودخانه در 6 کیلومتری جنوب غربی بمپور قرار داشته و از ارتفاعات خاوری ایرانشهر سرچشمه می‌گیرد و به نام‌های محلی کارواندر و دامن نامیده می‌شود و حوضه آبریز آن شامل حوضه آبریز جازموریان است و در دو سمت آن جنگلی از درختان کهور، گز و کنار پرورش می‌یابد. بیشه‌زارها و استپ‌های بیابانی و گیاهان خودرو نیز از پوشش‌های گیاهی موجود در منطقه به شمار می‌روند. به سبب همین رودخانه، خطر وقوع سیلاب در این منطقه محتمل است. در مورد زمینه‌های وقوع سیلاب می‌توان گفت که در زمین‌های کویری سیستان و بلوچستان، جذب آب‌های سطحی با مشکل روبرو می‌شود و باران‌های شدید می‌تواند، موجب بروز

سیل شوند به دلیل خشکسالی‌های متوالی، تپه ماهورهای ماسه‌ای و مسیل‌های آبی تشکیل شده است که چون سطح دیوارهای آن شنی بوده است توان مقاومت در برابر آب را نداشتند این سیل بندهای خاکی و مسیل‌های آب بیش از 30 سال لایروبی نشده اند، از طرفی رخنه حیواناتی مانند موش در ساختار شنی سیل بندها سبب کاهش مقاومت آنها شده است (نهتانی و مهدوی. 1390).

ساخت دو مجموعه بزرگ (نیروگاه بخار و فرستنده رادیویی) در بالادست شهر نیز سبب شده است که هرکدام بیش از 300 هکتار زمین را اشغال کند. این تغییرات سبب شده است که تغییراتی در اکوسیستم منطقه بوجود آورد. به طوری که در قبل از آن، حتی با بارش شدید هم، آب از دشت عبور می‌کرده است. از طرفی نیروگاه سبب شده است که آب‌ها به سمت شهر جاری شود و با از بین رفتن بندهای خاکی کنار نیروگاه آب به طرف شهر هدایت شود. این تغییرات سبب می‌شود که سیلاب از طرف شمال شهر وارد بمپور شود و بخش شمالی و مرکزی شهر را فراگیرد (نهتانی و مهدوی. 1390). در 26 دی‌ماه 1386، وقوع سیلاب در این رودخانه منجر به خسارات شدیدی در شهر شد (نهتانی و مهدوی. 1390).

2-2- مشخصات رودخانه

رود بمپور (کارواندر) رودی به طول حدود 175 کیلومتر، در جنوب شرقی ایران، در استان سیستان و بلوچستان است. رود بمپور (کارواندر) از ارتفاعات شمال شرقی شهرستان ایرانشهر، به نام کارواندر (به طول حدود 60 کیلومتر)، سرچشمه می‌گیرد و با جهت شمالی - جنوبی در دشت ایرانشهر (در حومه شهرستان ایرانشهر)، پس از پیوستن رود گُناو (به طول 75 کیلومتر) از مشرق به آن، به نام رود بمپور، از دو کیلومتری جنوب شهر بمپور می‌گذرد و به جازموریان منتهی می‌شود. کف رود بمپور و پیرامون آن شنی است.

2-3- مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه به مجموعه‌ای از پارامترها اطلاق می‌گردد که مقادیر آنها برای حوضه مورد نظر نسبتاً ثابت بوده و نمایانگر وضعیت و خصوصیت کلی حوضه است. به منظور ارزیابی دقیق‌تر و شناسایی هر چه بیشتر استعدادهای موجود در حوضه آبریز، می‌توان آن را به واحدهای هیدرولوژی کوچک‌تر (زیر حوضه) تقسیم‌بندی نمود و هر یک را به‌طور مجزا مورد بررسی قرارداد. این پارامترهای فیزیکی نسبتاً ثابت که بیان‌کننده وضعیت ریخت‌شناسی حوضه است، اثر تعیین‌کننده‌ای بر

رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌ها دارند. بنابراین با شناخت خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و همچنین داشتن اطلاعاتی از شرایط آب و هوایی منطقه، می‌توان تصویر نسبتاً دقیقی از کارکرد کیفی و کمی سیستم هیدرولوژیک آن حوضه به دست آورد. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه.

مساحت حوضه	طول حوضه	محیط حوضه	شیب حوضه
(Km ²)	(m)	(m)	(درصد)
318/89	28971	111690	0/015

4-2- برآورد دبی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

به منظور تحلیل سیلاب در رودخانه دامن، داده‌های ایستگاه هیدرومتری دامن از سال (1346 تا 1390) پس از بازسازی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت برآورد حداکثر سیلاب‌های روزانه در دوره بازگشت‌های مختلف، توزیع‌های متداولی که بیشترین کاربرد را در آنالیز احتمالاتی متغیرهای تصادفی هیدرولوژیکی دارند انتخاب شدند و برای هر کدام از متغیرهای تصادفی حداکثر سیلاب روزانه، میزان انطباق هر کدام از توزیع‌ها با داده‌های مشاهده شد بررسی شد و بهترین توزیع انتخاب گردید. به منظور انتخاب بهترین توزیع از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده شد. توزیع نظری دارای ضریب K-S کمتر، انطباق بیشتری با مقادیر مشاهده شده دارد. جهت مقایسه توزیع آماری‌های مختلف و نشان دادن مقادیر مختلف سیلاب به ازای دوره بازگشت از نرم‌افزار easyfit استفاده گردید. مقایسه نتایج نشان داد که توزیع گاما دارای کمترین ضریب K-S بود و از این توزیع به منظور برآورد حداکثر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد. نتایج حاصل برای سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های 2 تا 200 ساله در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- حداکثر سیلاب رودخانه دامن به ازای دوره بازگشت‌های مختلف.

دوره بازگشت (سال)	حداکثر سیلاب (m ³ /s)
2	42/45
3	82/28
5	138/46
10	221/2
25	337/06
50	427/73
100	520/17
200	613/91

2-5- معرفی مدل HEC-RAS

سیستم تحلیل رودخانه انجمن مهندسی ارتش آمریکا بانام HEC-RAS، نرم افزاری است که به کاربر امکان انجام محاسبات هیدرولیکی رودخانه در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار را می‌دهد. برنامه HEC-RAS نسخه تکمیل شده HEC-2 است که تحت سیستم عامل windows اجرا می‌گردد که در آن کاربر از طریق استفاده از واسط گرافیکی کاربر (GUI) با سیستم ارتباط برقرار می‌کند. این مدل شامل سه مؤلفه تحلیل هیدرولیکی یک‌بعدی برای محاسبات پروفیل سطح آب در حالت جریان ماندگار، شبیه‌سازی جریان غیر ماندگار و محاسبات انتقال رسوب در مرز متحرک می‌باشد (یمانی و همکاران، 1391).

2-5-1. معرفی الحاقیه HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS نرم افزاری در محیط GIS است که توسط موسسه تحقیقات سیستم‌های زیست محیطی (ESRI) به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد استفاده در نرم‌افزار HEC-RAS ارائه شده است. HEC-GeoRAS در فایل ورودی به HEC-RAS، اطلاعاتی از قبیل خط مرکزی جریان رودخانه، خطوط سواحل اصلی رودخانه، مسیر جریان، مقاطع عرضی، پل‌ها و کالورت‌ها، سیل بندها، سازه‌های درون رودخانه‌ای، موانع فیزیکی، ناحیه جریان غیر مؤثر، اتصال نواحی، کاربری اراضی و نواحی

ذخیره آب را ذخیره می‌کند. با استفاده از ابزار HEC-GeoRAS، کاربر می‌تواند لایه‌های خطی مورد نیاز را ساخته و پس از کامل کردن آن‌ها (رسم خط مرکزی جریان، رسم مقاطع عرضی و...)، می‌توان فایل ورودی HEC-RAS را به دست آورد.

برای تعیین ضریب مانینگ در این تحقیق، بازدید میدانی جهت مشخص نمودن مصالح نوع بستر و کناره‌ها از رودخانه مورد مطالعه انجام شد که بستر از شن‌های درشت و ریز و کناره‌های آن از خاک‌های نباتی و مزرعه تشکیل شده بود (جدول 3).

جدول 3- مقادیر ضریب مانینگ.

ضریب زبری	نوع مصالح	جداره
0/04	شن درشت	بستر رودخانه
0/023	خاک مزرعه و نباتی	ساحل راست
0/023	خاک مزرعه و نباتی	ساحل چپ

2-5-2- داده‌های جریان و شرایط مرزی

داده‌های جریان ماندگار شامل تعداد پروفیل‌ها، داده‌های جریان و شرایط مرزی سیستم کانال می‌باشد. دبی جریان بر اساس جدول 2 در 5 دوره بازگشت 2، 25، 50، 100 و 200 سال تعریف گردید.

در این مطالعه، به دلیل کمتر از یک بودن عدد فرود محاسبه شده، شرایط پایین دست در نظر گرفته شد. در انتها خروجی‌های مدل HEC-RAS جهت مشاهده گرافیکی و تحلیل نهایی به GIS انتقال یافتند.

2-6- معرفی مدل WMS

نرم افزار WMS که قابلیت ارتباط مدل‌های هیدرولوژیکی-هیدرولیکی را به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) دارا می‌باشد برای انجام این تحقیق انتخاب شده تا بتوان توسط آن فرآیند سیل را به صورت یکپارچه و پیوسته مدل نمود. اما این نتایج مطلوب زمانی به دست خواهد آمد که اطلاعات اولیه از دقت و صحت مناسبی برخوردار باشد. در این تحقیق یک بازه برای نقشه‌برداری انتخاب شده است که مقاطع نقشه‌برداری شده جایگزین مقاطع استخراج شده از DEM می‌شوند. یکی از قابلیت‌های این نرم‌افزار این است که مقاطع تولید شده از نقشه‌های DEM را که دقت پایینی دارند با مقاطع نقشه‌برداری شده با دقت بالا تصحیح می‌کند. به این ترتیب با استفاده از این نرم‌افزار، شبیه‌سازی و انتقال نتایج در مراحل مختلف بدون نیاز به نرم‌افزار واسطه

در مدل‌های هیدرولیکی - هیدرولوژیکی و پخش سیل بر روی نقشه DEM با دقت بالا انجام می‌شود که باعث صرفه‌جویی در وقت، هزینه و کاهش خطا در برآورد نتایج می‌گردد. با استفاده از نرم افزار WMS در شبیه‌سازی سیلاب، نتایج حاصله با دقت بالا و کمترین خطا برآورد خواهند شد. نرم‌افزار WMS توسط آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه برینگهام ارائه شد. این بسته نرم افزاری قابلیت ارتباط مدل‌های پشتیبانی شده را به نرم‌افزار GIS دارد و با دریافت شبکه نامنظم مثلثی (TIN) قادر به پردازش و شبیه‌سازی دقیق عوارض زمین، شبکه آبراهه، الگوی جریان و تعیین مرز زیر حوضه‌ها و ارائه کلیه خصوصیات زیر حوضه به‌طور دقیق است.

2-6-1- محاسبه پروفیل سطح آب در WMS

ابتدا مسیر اصلی رودخانه و مقاطع عرضی معرفی می‌شوند، بدین منظور مراحل زیر انجام می‌شود:

- وارد کردن DEM منطقه
- مشخص کردن مسیر اصلی رودخانه و خط سواحل
- ایجاد مقاطع عرضی
- مشخص کردن ضریب زبری
- انتقال داده‌ها به HEC-RAS

در HEC-RAS، کلیه مراحل شبیه‌سازی جریان با استفاده از مدل GIS و HEC-RAS به‌جز وارد کردن ضریب زبری مسیر اصلی که در WMS وارد شده است تکرار می‌شوند. بعد از انجام شبیه‌سازی پروفیل جریان در HEC-RAS، برای مشاهده گرافیکی به WMS برگردانده می‌شود.

3- نتایج و بحث

در این تحقیق، شرایط هیدرولیکی رودخانه دامن برای سیلاب با دوره‌های بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و WMS شبیه‌سازی شد بر اساس خطر پذیری منطقه و تشریح بهتر نتایج، رودخانه به چهار بازه تقسیم‌بندی شد، کیلومتر از مربوط به بازه‌های مختلف در جدول 4 نشان داده شده است.



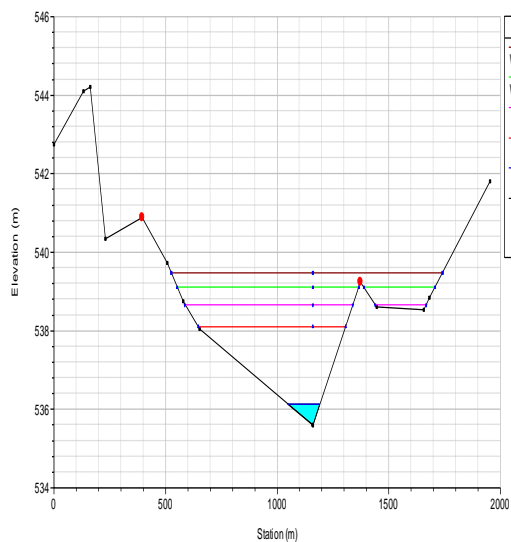
شکل 2- تقسیم‌بندی رودخانه به چهار بازه.

جدول 4- کیلومترآز شروع و پایان بازه‌های مورد مطالعه.

بازه	کیلومتر شروع	کیلومتر پایان
1	0+00	4+500
2	4+500	9+450
3	9+450	11+930
4	11+930	15+399

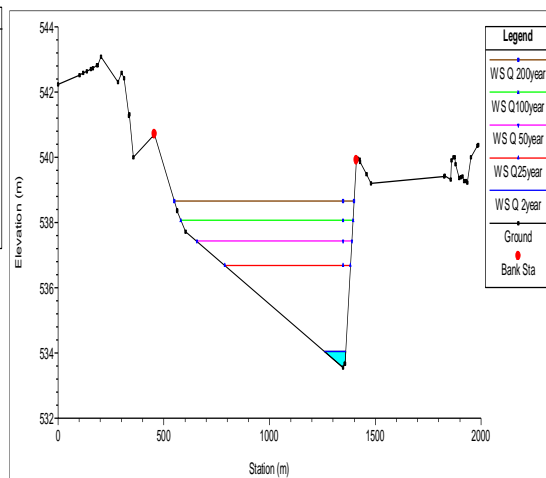
3-1- مقایسه سیلاب‌دشت‌های چپ و راست

به منظور مقایسه دو مدل، از هر بازه یک مقطع انتخاب شده است. شکل 3 نشان‌دهنده مقایسه مقطع عرضی ایستگاه 3+142 است. ایستگاه 3+142 از بازه شماره یک در شبیه‌سازی با HEC-RAS و ARC GIS در هیچ دوره بازگشتی سیل گرفتگی ندارد، اما در شبیه‌سازی این ایستگاه با WMS مشاهده شد تا دوره بازگشت 25 سال در این ایستگاه، خطر سیل گرفتگی وجود ندارد، اما از دوره بازگشت 50 سال به بعد مقداری از دبی رودخانه وارد ساحل راست می‌شود. در دوره بازگشت 50 سال، 0/57 درصد از دبی وارد ساحل سمت راست می‌شود. این مقدار در دوره بازگشت 200 سال به 6/75 درصد می‌رسد.



RAS=3+142

WMS

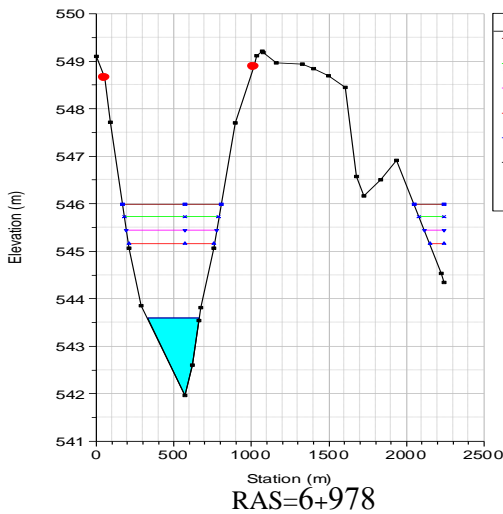


RAS=3+142

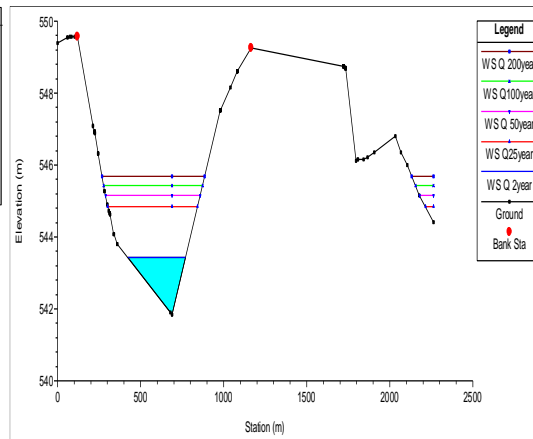
HEC-RAS

شکل 3- ایستگاه 3 +142 شبیه‌سازی شده با HEC-RAS و WMS.

مقایسه مقاطع عرضی ایستگاه 6+978 در شکل 4 نشان داده شده است. شبیه‌سازی ایستگاه 6+978 از بازه شماره 2 با HEC-RAS و ARC GIS نشان می‌دهد که در هیچ دوره بازگشتی در ساحل سمت چپ سیل گرفتگی وجود ندارد و در ساحل راست آن، در دوره بازگشت 25 سال 0/19 درصد از دبی وارد می‌شود و در دوره بازگشت 200 سال به 1/84 درصد افزایش پیدا می‌کند. اما شبیه‌سازی همین ایستگاه با WMS نشان داد که تا دوره بازگشت 25 سال خطر سیل گرفتگی در این ایستگاه وجود ندارد. در دوره بازگشت 25 سال، 1/75 درصد از دبی وارد ساحل سمت راست می‌شود، این مقدار در دوره بازگشت 200 سال به 4/74 درصد می‌رسد، شبیه‌سازی ساحل سمت چپ این ایستگاه توسط WMS نشان‌دهنده عدم خطر سیل‌گیری است (جدول 5).



WMS



HEC-RAS

2

شکل 4- ایستگاه 6+978 شبیه‌سازی شده با HEC-RAS و WMS.

شکل 5 نشانگر مقایسه مقطع عرضی ایستگاه 10+240 است. 4 درصد از دبی ایستگاه 10+240 از بازه شماره 3 در

شبیه‌سازی با EC-RAS و ARC GIS در دوره بازگشت 25 سال وارد ساحل راست می‌شود، این مقدار در دوره بازگشت 200

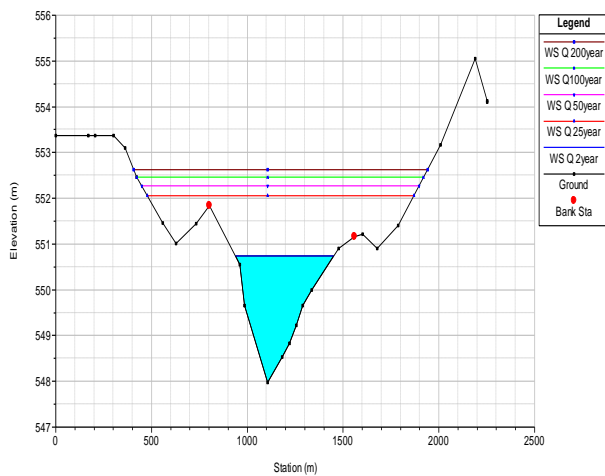
سال افزایش یافته و به 7 درصد می‌رسد، در ساحل چپ این ایستگاه، در دوره بازگشت 25 سال، 1/5 درصد از دبی وارد می‌شود

که در دوره بازگشت 200 سال به 4 درصد می‌رسد. اما شبیه‌سازی همین ایستگاه با WMS نشان‌دهنده ورود 5 درصد دبی

رودخانه به ساحل راست در دوره بازگشت 25 سال است که در دوره بازگشت 200 سال به 7/88 درصد رسیده است، و در

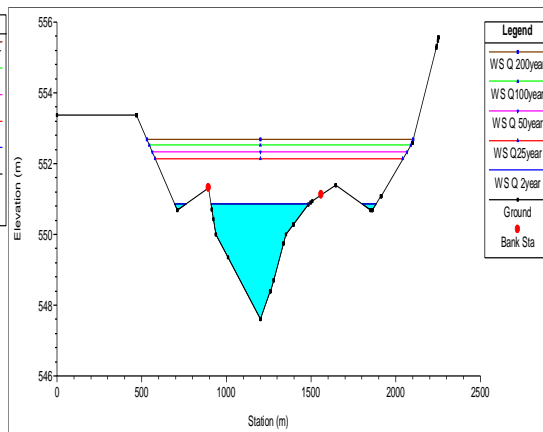
ساحل چپ آن در دوره بازگشت 25 سال، 2 درصد از دبی وارد می‌شود که در دوره بازگشت 200 سال به 4/81 درصد می‌رسد

(جدول 5).



Station (m)
RAS=10+240

WMS



Station (m)
RAS=10+240

HEC-RAS

شکل 5- ایستگاه 10+240 شبیه‌سازی شده با HEC-RAS و WMS.

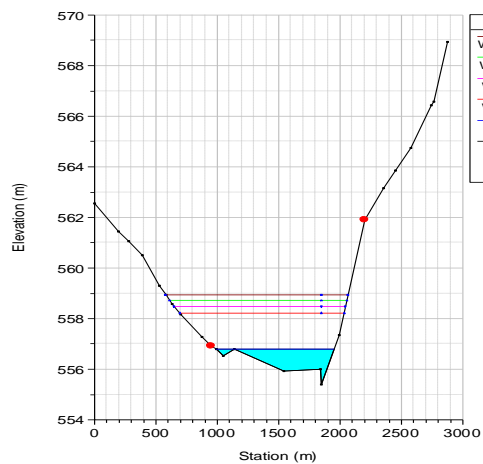
مقایسه مقاطع عرضی ایستگاه 13+968 در شکل 6 نشان داده شده است. شبیه‌سازی با HEC-RAS و ARC GIS ایستگاه

13+968 از بازه شماره 4 نشان داد در در هیچ دوره بازگشتی در ساحل سمت راست این ایستگاه خطر سیل گرفتگی وجود ندارد

اما 0/36 درصد از دبی در دوره بازگشت 25 سال وارد ساحل چپ می شود که این مقدار در دوره بازگشت 200 سال به 1/5

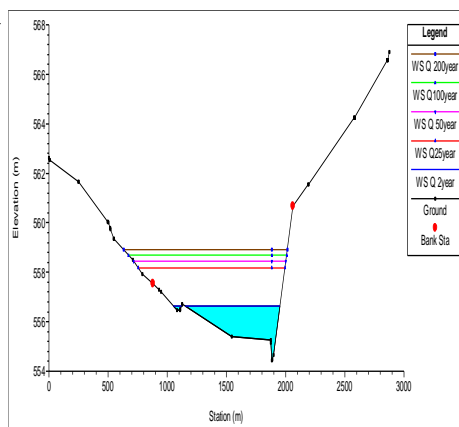
درصد رسیده است. شبیه‌سازی همین ایستگاه با WMS در ساحل سمت راست مشابه با نتایج شبیه‌سازی با HEC-RAS بود، اما

شبیه‌سازی ساحل چپ آن با WMS نشان‌دهنده ورود 4 درصد از دبی به ساحل چپ در دوره بازگشت 25 سال بود (جدول 5).



RAS=13+968

WMS



RAS=13+968

HEC-RAS

شکل 6- ایستگاه 13+968 شبیه‌سازی شده با HEC-RAS و WMS.

جدول 5- مقایسه سیلاب‌دشت‌های چپ و راست با مدل‌های HEC-RAS و WMS.

بازه	مدل	ایستگاه	دوره بازگشت	دبی راست (m^3/s)	دبی کانال (m^3/s)	دبی چپ (m^3/s)
بازه شماره 1	HEC-RAS	3+142	2سال	-	42/45	-
			25سال	1/95	337/06	-
			50 سال	3/06	427/73	-
			100سال	20/92	520/17	-
			200سال	41/45	613/91	-
بازه شماره 1	WMS	3+142	2سال	-	42/45	-
			25سال	0/64	335/11	-
			50 سال	2/63	424/67	-
			100سال	6/3	499/25	-
			200سال	11/31	572/45	-
بازه شماره 2	HEC-RAS	6+978	2سال	-	42/45	-
			25سال	5/93	336/42	-
			50 سال	11/67	425/10	-
			100سال	20/02	513/87	-
			200سال	29/1	602/60	-
بازه شماره 2	WMS	6+978	2سال	-	42/45	-
			25سال	5/93	331/31	-
			50 سال	11/67	416/06	-
			100سال	20/02	500/15	-
			200سال	29/1	584/8	-

ادامه جدول 5 - مقایسه سیلاب‌دشت‌های چپ و راست با مدل‌های HEC-RAS و WMS.

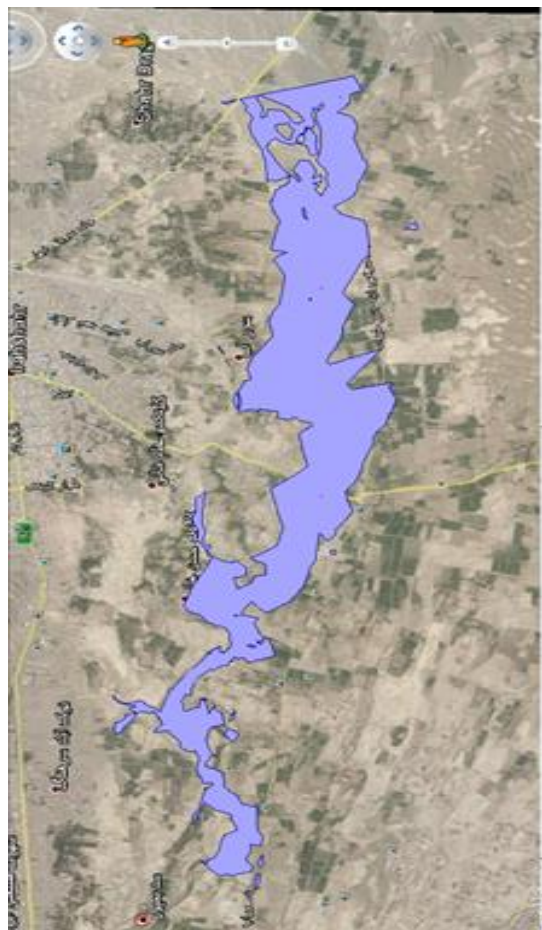
-	42/45	-	2 سال	10+240	HEC-RAS	بازه شماره 3
4/99	317/94	14/12	25 سال			
10/62	394/12	22/99	50 سال			
17/45	469/85	32/87	100 سال			
25/14	545/32	43/45	200 سال			
-	42/45	-	2 سال	10+240	WMS	بازه شماره 3
6/74	313/53	16/79	25 سال			
13/17	388/17	26/39	50 سال			
20/82	462/34	37/00	100 سال			
29/54	535/96	48/41	200 سال			
-	42/45	-	2 سال	13+968	HEC-RAS	بازه شماره 4
1/23	335/83	-	25 سال			
3/15	424/58	-	50 سال			
5/69	514/48	-	100 سال			
9	604/91	-	200 سال			
-	42/39	-	2 سال	13+968	WMS	بازه شماره 4
13/56	323/5	-	25 سال			
21/68	406/05	-	50 سال			
31/04	489/13	-	100 سال			
41/45	572/46	-	200 سال			

3-2- مقایسه پلان پهنه‌بندی به دست آمده از دو مدل HEC-RAS و WMS با دوره بازگشت 200 سال

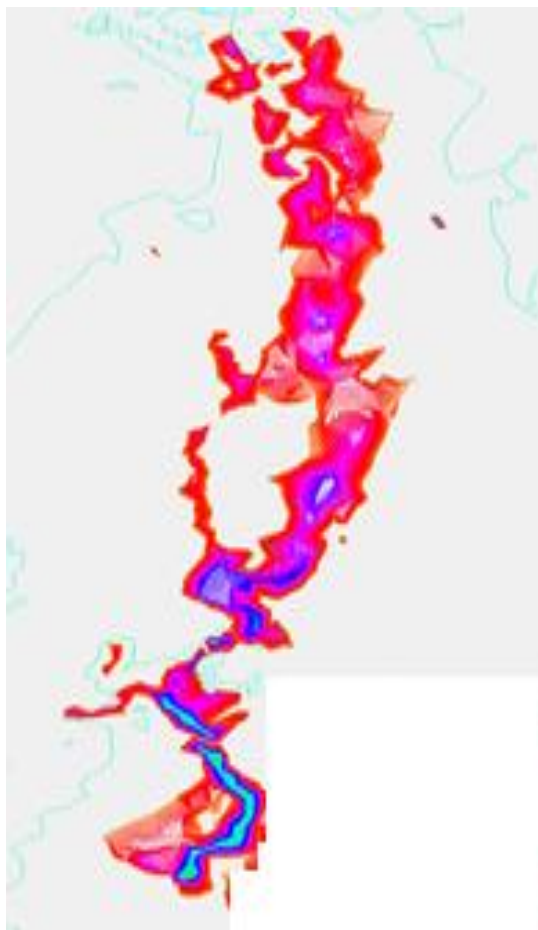
در مقایسه پلان پهنه‌بندی با دوره بازگشت 200 سال مشاهده می‌شود که سطح پهنه سیلاب به دست آمده از مدل HEC-

RAS کمتر از سطح پهنه سیلاب به دست آمده از WMS است (شکل 7). در جدول 6، سطح سیلگیر ایستگاه‌های 9+577،

9+785 و 11+930 از بازه شماره سه به‌عنوان نمونه نشان داده شده است.



ب.



الف

شکل 7- الف) پلان با دوره بازگشت 200 سال خروجی WMS، ب) پلان با دوره بازگشت 200 سال خروجی HEC-RAS.

جدول 6- مقایسه سطح سیلگیر شبیه‌سازی شده با مدل‌های HEC-RAS با WMS.

مدل	ایستگاه	دوره بازگشت	سطح (m ²)
HEC-RAS	9+577	200 سال	2712
	9+785	200 سال	2891
	11+930	200 سال	1312
WMS	9+577	200 سال	3216
	9+785	200 سال	2953
	11+930	200 سال	1488

4- نتیجه گیری کلی

به‌طور کلی مدل WMS، دبی ورودی به سواحل چپ و راست رودخانه را بیشتر از مدل HEC-RAS برآورد کرد. در مقایسه پلان پهنه بندی با دوره بازگشت 200 سال مشاهده شد که سطح پهنه سیلاب به‌دست آمده از مدل HEC-RAS کمتر از سطح پهنه سیلاب به‌دست آمده از WMS است. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده دقت بیشتر مدل WMS در پیش‌بینی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف نسبت به مدل HEC-RAS باشد.

- برخوردار، م.، چاوشیان، س.ع. 1379. پهنه‌بندی سیلاب، نخستین کارگاه فنی روش‌های غیر سازه‌ای مهار سیلاب، 131-124.
- صدر الاشرافی، س.س.، خیاط خلقی، م.، محمد علی تامر، ا. 1387. تهیه مدل پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از نرم افزار WMS (مطالعه موردی حوضه آبریز دز)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه آب و برق (شهید عباسپور).
- یمانی، م.، عنایتی، م. 1384. ارتباط ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه و تحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ژئومورفولوژیک حوضه‌های فشنند و بهجت آباد. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، 54: 47-57.
- قمی اوپلی، ف.، صادقیان، م.ص.، جاوید، ا.م.، میر باقری، س.ا. 1389. پهنه‌بندی سیلاب برای رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز با استفاده از مدل HEC-RAS. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، 1: 105-115.
- Fernands, D.S. and Luts, M. A. 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and – multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111: 90-98.
- Hasani, H. 2013. Determination of Flood Plain Zoning in Zarigol River Using the Hydraulic Model of HEC-RAS. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 5 (3): 399-403.
- Al-Sabhan, W. Mulligan, M. and Blackburn, G.A. 2003. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WSW. *Computers, Environment and Urban Systems*. 27: 9-32.
- Salajegheh, A., Bakhshaei, M., Chavoshi, S., Keshtkar, A.R. and Najafi Hajivar. M. 2009. Floodplain mapping using HEC-RAS and GIS in semi-arid regions of Iran. *Desert*, 14: 83-93.

ABSTRACT

Flooding of rivers has caused many human and financial losses. Hence, studies and research on the nature of the river is inevitable. However, the behavior of rivers has many complexities and in this respect, computer models are efficient tools in order to study and simulate the behavior of rivers with the least possible cost. Several hydraulic models have been developed to simulate flood zoning such as MIKE, HEC-RAS, INFOWORK, ISIS, and etc. In this study, one-dimensional models HEC-RAS and WMS were used to check flooding risks along the part of Karvander river that lies in Iranshahr and by considering different return periods. Conventional flood frequency analysis, involving log-normal, Gumbel's, Gamma, log-Pearson type III (LP3) and etc. distributions, were used to calculate extreme flows with different return periods. Using Kolmogorov–Smirnov (KS) test, Gamma was found to be the best distribution. The peak floods from frequency analysis were input into HEC-RAS and WMS model to find the corresponding flood levels expected along river. Results obtained with HEC-RAS model were used in combination with ArcGIS to prepare floodplain maps for different return periods. Through floodplain maps, areas that are vulnerable to flooding hazards have been identified. Overall, the results of the research indicate that GIS is an effective environment for floodplain mapping and analysis. Floodplain maps and results obtained from WMS model showed this model is more effective than HEC-RAS model to simulate flood zoning

Keywords: Flood Zoning, Karvander-Damen River, HEC-RAS, WMS