

پهنه‌بندی مخاطره سیلاب به منظور تعیین حریم رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب)

رؤیا پناهی^۱، محمدمهدی حسین‌زاده^{۲*}، سمیه خالقی^۳

۱. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳. استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۱۱/۳۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۳/۲۰)

چکیده

تکرار وقوع مخاطره سیلاب در سراسر جهان در حال افزایش است؛ با این حال در بسیاری از مناطق دنیا، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، نظارتی بر داده‌های دقیق در توصیف احتمال خطر سیلاب ندارند. در پژوهش حاضر پهنه‌بندی ژئومورفولوژیکی مخاطره سیلاب رودخانه گاماسیاب انجام شده است که از جنوب شهر صحنه، در شرق استان کرمانشاه، جریان دارد. به منظور شبیه‌سازی سیلاب از مدل هیدرودینامیکی یک‌بعدی HEC-RAS استفاده شده است و پردازش داده‌های ژئومتری در محیط GIS توسط الحاقی HEC-GEORAS انجام شده است. با استفاده از نرم‌افزار SMADA با توزیع پیرسون تیپ ۳، دبی پیک لحظه‌ای برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شد. با توجه به الگوی رودخانه، منطقه به چهار بازه مختلف تقسیم شد و ضریب زبری مانینگ برای هر بخش جداگانه به دست آمد. نتایج به‌دست آمده از مدل نشان می‌دهد با مقایسه دو دوره بازگشت ۲۵ ساله که مساحتی حدود ۲۳/۸۷ کیلومتر مربع و دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با مساحتی حدود ۴۲/۱ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی (روستایی) و مراتع تحت مخاطره سیلاب قرار گرفته‌اند. با توجه به نتایج، میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله به طور متوسط بیش از ۲۵/۶ درصد بوده است. همچنین، عرض پهنای سیلگیر در بازه‌های دوم، سوم و چهارم نشان می‌دهد از تعیین حد بستر براساس دوره بازگشت ۲۵ ساله نتایج مطلوبی به دست نیامده است و باید ویژگی‌های دیگر رودخانه از جمله مورفولوژی بستر، عمق رودخانه و الگوی رودخانه را بررسی کرد.

کلیدواژگان: پهنه‌بندی سیلاب، حریم رودخانه، سیل‌راه، گاماسیاب.

مقدمه

جمعیت جهان در سال ۲۰۱۸ به بیش از هفت میلیارد نفر رسیده است [۱]. افزایش جمعیت سبب گسترش سریع شهرها و مراکز روستایی شده و در پی آن، با تأثیر بر محیط طبیعی از جمله سیستم‌های رودخانه همراه بوده است. از طرف دیگر، انسان همیشه ترجیح داده است که در نزدیکی آب زندگی کند. این گرایش طی زمان تغییر نکرده است و از هر ۲۰ شهرک پرجمعیت جهان، ۱۹ مورد آن در امتداد جریان آب و یا در دهانه رودخانه قرار دارند. این امر سبب تغییر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و ایجاد مسائل زیست‌محیطی شده است. انسان برای مقابله با این‌گونه مسائل باید یاد بگیرد که چگونه در محیط‌های مختلف زنده بماند و بتواند سطح تاب‌آوری جامعه را در برابر بلایای طبیعی افزایش دهد [۲ و ۳]. اغلب سیستم‌های رودخانه‌ای تحت تأثیر متغیرهای خارجی از جمله تغییرات زمین‌شناسی، اقلیمی و انسانی دچار آشفتگی می‌شوند. الگوها و میزان تعدیل‌های رودخانه‌ای و یا تغییرپذیری آنها، ماهیت رویدادهای آشفتگی را نشان می‌دهند. این آشفتگی مانند یک سیل فصلی می‌تواند پدیده‌ای دوره‌ای با وقوع کم، شدت زیاد و کوتاه‌مدت باشد و اثر موضعی بر رودخانه بر جای بگذارد [۴ و ۵]. سیلاب یکی از بلایای طبیعی خطرناک است و اغلب موجب از بین رفتن زندگی و آسیب جدی به زیرساخت‌ها و محیط زیست می‌شود [۶]. از طرفی، شهرنشینی فشرده به دلیل تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها، رخداد سیل را افزایش داده است. همچنین، تمرکز جمعیت انسانی و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در مناطقی که در معرض خطر هستند، احتمال سیل را به یک فاجعه تبدیل کرده است [۲]. در واقع، ۳۴ درصد بلایای طبیعی به طور مستقیم به سیلاب‌ها مربوط می‌شود، چنان که مرگ ۱۲۵۴ نفر و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار خسارت اجتماعی و اقتصادی طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷ بر اثر سیلاب بوده است [۶]. تعریف فضای مناسب برای فعالیت‌های رودخانه‌ای به عنوان نوعی رویکرد مدیریت پایدار ضروری به نظر می‌رسد. متأسفانه، نقشه احتمال خطر سیلاب در بسیاری از کشورها به دلیل مشکل اصلی دسترسی نداشتن به داده‌های کافی، که نیازمند مشاهدات هیدرولوژیکی، اطلاعات تاریخی در مورد وقایع سیل گذشته، تخمین‌های ناهمواری سطحی و شرایط مرزی و بررسی‌های

توپوگرافی است، وجود ندارد و این کمبود در کشورهای در حال توسعه آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی بیشتر است. مفهوم شناسایی فضاهای لازم برای رودخانه‌ها به منظور اطمینان از امنیت عمومی و خدمات زیست‌محیطی ضرورت دارد [۷]. نگرش قانونی سایر کشورها به بستر و حریم رودخانه با قانون کشور ما، ایران، متفاوت است. در بیشتر کشورهای جهان دوره بازگشت ۱۰۰ سال را مبنای سیل قرار داده‌اند و یا در حال افزایش دوره بازگشت‌ها به ۱۰۰ سال هستند. در حالی که در ایران تجمیع جریان سیل ۲۵ ساله از هر دو کناره به سمت داخل، معیار تعیین حد بستر رودخانه‌های ایران است [۸]. برای مثال، در آمریکا و استرالیا به جای تعریف حد بستر و حریم به تعیین سیل‌راه^۱ و حاشیه سیلاب^۲ می‌پردازند. در ایالات متحده آمریکا افزایش تراز سیل مینا به اندازه ۳۳ سانتی‌متر درون بستر بر اثر تجمیع جریان را به عنوان تصمیم ملی انتخاب کرده‌اند. حد بستر آن قسمت از جریان است که ایجاد مانع در آن سبب افزایش تراز سطح آب سیل ۱۰۰ ساله از یک مقدار مشخص (یک فوت) می‌شود [۹]. همچنین، قوانین فدرال آمریکا نوع کاربری مجاز و ممنوع را برای سیل‌راه تعیین کرده است [۱۰]. در کشور استرالیا برای تعیین سیل‌راه از شاخص (حاصل ضرب سرعت جریان در عمق جریان را بیشتر از یک فوت) استفاده کرده‌اند و نوع کاربری و ارتفاع ساختمان‌ها در دستور راهنمای مدیریت سیلاب بیان شده است [۱۱]. در کشور کانادا، گونزاکرا (۲۰۱۵) در برنامه‌ریزی سیل شهر آنتاریو، دشت سیلابی را این‌طور تعریف کرده است: دشت سیلابی شامل زمین‌هایی می‌شود که طی سیلاب به زیر آب می‌روند. در ضمن، دشت سیلابی را به دو قسمت سیل‌راه و حاشیه سیلاب تقسیم کرده است [۱۲]. از طرفی، ایران نخستین کشوری است که برنامه تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها را در منطقه خاورمیانه، آسیای مرکزی، قفقاز و کشورهای افغانستان و پاکستان پیاده کرده است. آیین‌نامه‌های حد بستر در ایران در جلسه مورخ ۱۳۷۹/۸/۱۱ هیئت وزیران مربوط به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها به تصویب رسیده است [۸ و ۱۳]. دفتر ستادی مهندسی ایران و سواحل در وزارت نیرو اعلام کرده است که از ابتدای این طرح تا سال ۱۳۹۰ در کشور ۲۰ هزار کیلومتر

1. Foodway
2. Flood Fringe

رودخانه کرخه با طول ۲۳۰ کیلومتر، از بزرگ‌ترین رودخانه‌های غرب کشور است. حدود مطالعه شده از شهر صحنه تا شهر بیستون است. هدف از تحقیق حاضر، تعریف فضای مناسب سیل‌راه و حاشیه سیلاب برای رودخانه گاماسیاب است و اراضی‌ای که خطر سیل آنها را تهدید می‌کند، تعیین می‌شود تا بتوان بر اساس آن، مدیریت علمی سیلاب را انجام داد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش شده

برای تعیین محدوده پژوهش شده، ابتدا حدود طبیعی حوضه آبخیز گاماسیاب روی نقشه توپوگرافی (۱۸ ورق در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) ترسیم شد. این حوضه در مختصات ۱۰، ۴۷° تا ۱۰، ۴۹° طول شرقی و ۳۴° تا ۳۵° عرض شمالی واقع شده است. حوضه گاماسیاب از نظر تقسیم‌های سیاسی جزء استان‌های همدان، کرمانشاه و قسمتی از لرستان در غرب کشور واقع شده است (شکل ۱). وسعت حوضه آبخیز گاماسیاب ۱۱۵۲۱/۷۲ کیلومتر مربع، حداقل ارتفاع حوضه ۱۲۴۲ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۶۲۰ متر است. تمامی رودخانه‌های حوضه (عالی‌سیاه، دینور، خرم‌آباد، قلقل‌رود، چم‌کانی‌گرمه، کرزان‌رود و قره‌چای) به رودخانه گاماسیاب می‌ریزند (جدول ۱). از ارتفاعات مهم حوضه می‌توان به درویش‌ری، امروله، دالاخانی و پراو اشاره کرد. مراکز مهم سکونتی حوضه آبخیز گاماسیاب عبارت‌اند از: فارسینج، سنقر، کندوله، ملایر، تویسرکان، اسدآباد، کنگاور، صحنه، بیستون و هرسین (شکل ۲). از نظر زمین‌شناسی قسمت بالادست منطقه مطالعه شده متشکل از رسوبات دوره ژوراسیک، که رودخانه بستر خود را درون آن حفر کرده، است و پهنه دشت از رسوبات آبرفتی دوران کواترنر تشکیل شده است. رودخانه در منطقه بیستون درون سنگ‌های آهکی و رادیولاریت‌های رنگی دوره کرتاسه جریان یافته است. متوسط بارش سالیانه منطقه در یک دوره آماری ۴۵ ساله براساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه گاماسیاب، ۴۶۲/۱ میلی‌متر و متوسط دما ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد است. در اقلیم‌نمای آمبرژه محدوده پژوهش شده در منطقه نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد.

از رودخانه‌ها تعیین حد بستر شده‌اند. ضوابط تعیین حد بستر براساس بده اوج سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله انجام می‌شود که متفاوت از سایر کشورهای اروپا و امریکای شمالی عمل کرده است [۱۳]. در مقابل، در مقالات علمی فقط بحث‌های نظری و هیدرولیکی و تفسیر دوره بازگشت‌های مختلف و مبحث رسوبات در بستر و حاشیه آن و نیز مسائلی در مورد کنترل سیل و برآورد خسارت‌های سیل به علت ورود ساخت‌وساز به داخل بستر را بیان کرده‌اند [۱۴-۱۸]. اغلب روش‌هایی که در مورد ارزیابی خطر سیلاب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ انجام شده، بر چهار روش اصلی مبتنی است:

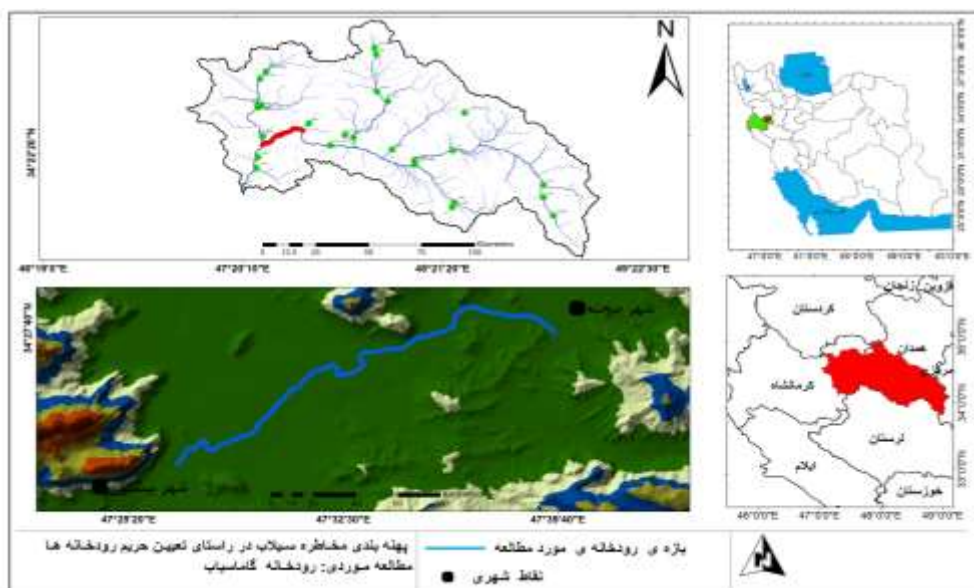
(الف) روش‌های آماری [۱۹ و ۲۰]

(ب) روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره [۲۱-۲۴]

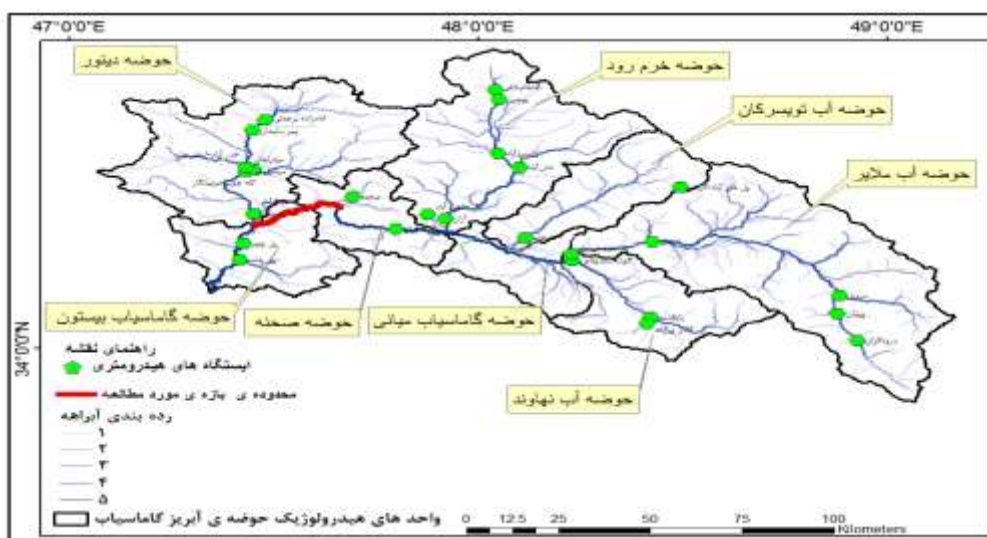
(ج) سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور [۲۵-۲۸]

(د) تجزیه و تحلیل مبتنی بر سناریو [۳].

در پژوهش حاضر از روش تجزیه و تحلیل مبتنی بر سناریو که از تلفیق HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه خطر سیلاب استفاده شده است. این روش شامل استفاده از داده‌های ژئومورفولوژی، توپوگرافی، سیستم‌های تخلیه شهری می‌شود و نوعی روش کمی است که داده‌های مختلف را با هم ترکیب می‌کند و احتمال خطر سیل را نشان می‌دهد. اگرچه این روش برای پیش‌بینی احتمال خطر سیلاب برای مناطق کوچک استفاده می‌شود، مخاطره سیلاب در مقیاس منطقه‌ای اتفاق می‌افتد؛ بنابراین باید این متد برای مقیاس منطقه‌ای ارتقا یابد [۳]. این مدل HEC-RAS در برابر دبی‌های مختلف و نواحی سیلابی کالیبره می‌شوند و نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهند [۲۹]. نتایج به‌دست‌آمده از این روش شامل تهیه نقشه‌های عمق و پهنه گسترش سیلاب می‌شود و اطلاعات ارزشمندی برای کاهش میزان خطر ریسک سیلاب را فراهم می‌آورد [۳۰]. به علاوه، در ایران مقالات علمی تحلیل هیدرولیکی جریان، عملکرد مقیاس نقشه‌ها در نتایج به‌دست‌آمده از HEC-RAS، تعیین پهنه‌بندی سیلاب، برآورد میزان خسارت‌های احتمالی سیل را بررسی کرده‌اند [۳۱-۳۳]. محدوده مطالعه شده پژوهش حاضر، رودخانه گاماسیاب بوده که سرشاخه اصلی



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده حوضه آبریز گاماسیاب در کشور و استان



شکل ۲. نقشه رده بندی آبراهه و واحد هیدرولوژیک حوضه آبریز رودخانه گاماسیاب

جدول ۱. مساحت و محیط و طول حوضه به تفکیک زیرحوضه های حوضه آبخیز گاماسیاب

واحد هیدرولوژیک	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	طول حوضه (کیلومتر)
گاماسیاب بیستون	۸۵۴	۱۷۰	۴۹/۵
دیونور	۲۱۹۰	۳۰۲	۸۵/۴۵
صحنه	۷۰۱	۱۵۹	۴۷
خرم رود	۲۰۷۴	۲۶۹	۷۶/۶۸
گاماسیاب میانی ۲	۶۱۲	۱۵۲	۳۲
آب تويسرکان	۹۴۱	۱۶۹	۶۵/۶۴
آب ملایر	۳۱۴۶	۳۳۹	۱۲۷
آب نهاوند	۱۰۰۰	۱۸۴	۶۵
کل حوضه گاماسیاب	۱۱۵۲۱/۷۲	۱۷۴۷	۵۸۴/۳۶
طول بازه رودخانه		۳۱ km	

روش پژوهش

در پژوهش حاضر برای انجام مطالعات حوضه‌ای از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و به منظور انجام مطالعات تعیین حدود بستر و تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه، از نقشه ۱:۱۰۰۰ (شرکت مهندسی مشاور گاماسیاب) که محدوده رودخانه و بخشی از دشت سیلابی را پوشش می‌دهد، استفاده شده است. ترسیم نقشه‌ها و تحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزار GIS و نرم‌افزار HEC-RAS مدل ۵.۰.۳ استفاده شده است. همچنین، از ابزار HEC-Geo RAS به منظور تهیه داده‌های هندسی و محاسبات مسیر رودخانه، رسم مقاطع و انتقال آنها به HEC-RAS استفاده شد [۳۴]. در اولین مرحله در HEC-Geo RAS لایه خط مرکزی جریان تهیه شد. از این لایه به منظور تعیین محدوده قرارگیری مقاطع، نمایش موقعیت رودخانه در مدل HEC-RAS و تعریف جهت جریان رودخانه استفاده شد. در ادامه، برای جداسازی مجرای اصلی رودخانه از سواحل آن، لایه سواحل رودخانه^۱ ترسیم و در ادامه لایه ابعاد مسیر جریان تهیه شد. از این لایه به منظور تعیین ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی جریان و ساحل چپ و راست آن در ناحیه سیلاب‌گیر استفاده می‌شود. طبق ضوابط وزارت نیرو، برای محاسبه سیلاب به منظور تعیین حد بستر و حریم رودخانه رعایت این ضوابط در مدل ضروری است. تعیین مقاطع باید برحسب شیب رودخانه انجام شود و در شیب کمتر از ۰/۰۰۰۴ که فاصله مقاطع برای یک دشت سیلابی عریض حداکثر ۸۰۰ متر باشد. شیب بین ۰/۰۰۰۴ تا ۰/۰۰۰۶ حداکثر فاصله مقاطع ۵۵۰ متر بوده و شیب کمتر از ۰/۰۰۶ درصد فاصله مقاطع ۳۵۰ متر باشد (در قسمت‌های مختلف رودخانه با توجه به شیب، فاصله مقاطع رعایت شده است). همچنین، مقاطع در جهت جریان، عمود بر مسیر جریان از ساحل سمت چپ به ساحل سمت راست کشیده شد [۸]. اطلاعات ژئومتری رودخانه که در محیط GIS تهیه شده، به محیط HEC-RAS منتقل شد و مقاطع عرضی اصلاح شدند (شکل ۳). برای محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش کوان (۱۹۵۶) استفاده شده است [۴]. به منظور تعیین دوره بازگشت، از دبی پیک لحظه‌ای ایستگاه پل چهر، سنگ‌سوراخ و حیدرآباد با دوره آماری مشترک ۳۵ سال استفاده شده است. با استفاده از نرم‌افزار SMADA با

توزیع پیرسون تیپ ۳، دبی پیک لحظه‌ای برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه شد (جدول ۲). برای محاسبه پروفیل‌های سطح آب از حالت جریان دائمی و رژیم فوق بحرانی استفاده شد. در این مرحله با در نظر گرفتن جریان به صورت دائمی و رژیم مختلط شبیه‌سازی مدل انجام شد. در محیط HEC-RAS پارامترهایی همچون تراز سطح، شامل خروجی مقاطع عرضی، پروفیل طولی رودخانه، تغییرات سرعت آب در تمام مقاطع و منحنی دبی-اشل و مشخصات هیدرولیکی جریان در دوره بازگشت‌های مختلف به دست آمد. میزان خسارت براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو انجام گرفته است (جدول ۵). براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو، درصد خسارت در کشور آمریکا با توجه به متغیرهای مدت و عمق متفاوت است (جدول ۵). در پژوهش یادشده مدت استغراق کمتر از ۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است و از طریق پرسش محلی و مشاهدات میدانی نوع محصول غالب و میزان درآمد حاصل از محصول در هر هکتار و ارزش ساختمان‌های روستایی و محتوای آنها به دست آمده است. کاربری اراضی حوضه گاماسیاب براساس پهنه سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۵ جدا شده و میزان عمق آب هر پیکسل در هر کاربری استخراج شده است. در مرحله بعد برای محاسبه خسارت ساختمان‌های روستایی براساس جدول ۵، ابتدا ارزش ساختمان برآورد شده و سپس برای محاسبه خسارت در یک عمق مشخص، ارزش ساختمان به درصد (جدول ۵) برای همان عمق به عنوان ضریب لحاظ می‌شود. در ادامه، برای تعیین تابع عمق خسارت برای هر محصول کشاورزی یا برای هر ترکیب کشت، برقراری معیار درصد خسارت ناشی از سیلاب با ارتفاع مشخص برای هر یک از ماه‌ها یا فصول، مرحله رشد طی دوره رشد گیاه است (جدول ۵).

نتایج و بحث

پهنه‌بندی سیلاب رودخانه گاماسیاب

به منظور برآوردن دبی با دوره بازگشت‌های مختلف، بازه مطالعه شده رودخانه گاماسیاب از دبی ایستگاه سنگ‌سوراخ تا ایستگاه پل چهر با دوره آماری ۳۵ ساله استفاده شده است. پس از تکمیل این آمار در نرم‌افزار smada حداکثر دبی سنگ‌سوراخ و پل چهر با توزیع‌های مختلف آماری برازش شده است. با توجه به نتایج، توزیع لوگ پیرسون ۳ بهترین برازش

نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی (نوع و میزان تراکم آن)، شکل مسیر (مستقیم یا مارپیچی بودن، وجود موانع در مسیر جریان)، محدوده مطالعه شده به طول ۳۱ کیلومتر به چهار بازه تقسیم شد و برای هر بازه ضریب زبری به دست آمد (شکل ۴).

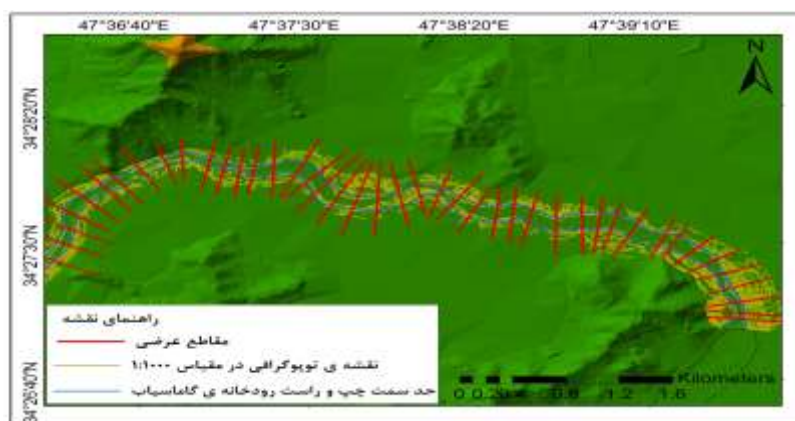
را داشته که مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. در محاسبه مقدار ضریب زبری مانینگ، بر پایه بررسی‌های میدانی و شاخص‌هایی مانند زبری بستر کانال (جنس کانال)،

جدول ۲. دبی با دوره بازگشت‌های مختلف رودخانه گاماسیاب

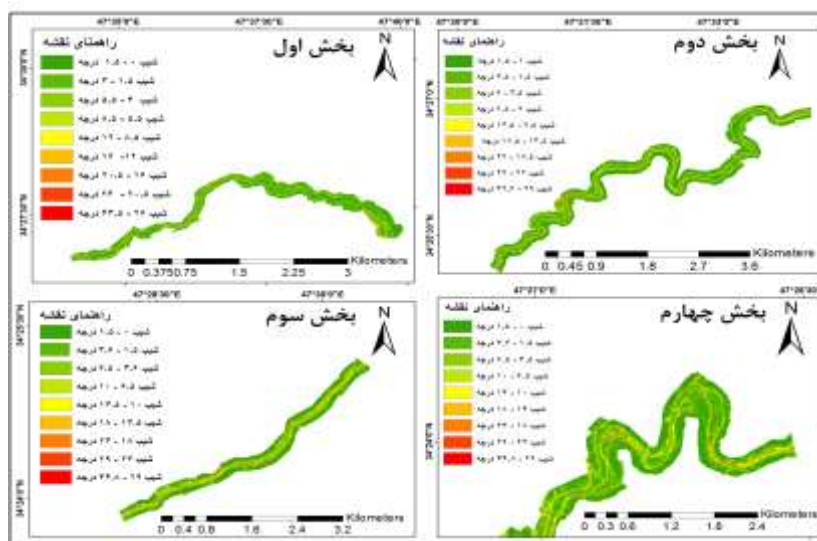
ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
سنگ‌سوراخ	۱۳/۶۱	۲۷/۰۵	۴۳/۶۱	۸۰/۳۲	۱۲۶/۵۳	۱۹۸/۷۵
پل چهر	۲۲۸/۶۹	۴۲۶/۵۹	۵۷۹/۴۹	۷۹۱/۶۳	۹۶۰/۷۴	۱۱۳۷/۵۷

جدول ۳. مقدار ضریب زبری مانینگ در مقاطع رودخانه گاماسیاب

شماره بازه	مقاطع	ساحل چپ	کانال	ساحل راست
۱	۵۲-۱	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۴۵
۲	۱۳۰-۵۳	۰/۵۶	۰/۶۴	۰/۴۷
۳	۱۵۲-۱۳۱	۰/۴۹	۰/۷۴	۰/۵۷
۴	۱۹۰-۱۵۳	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۵۸



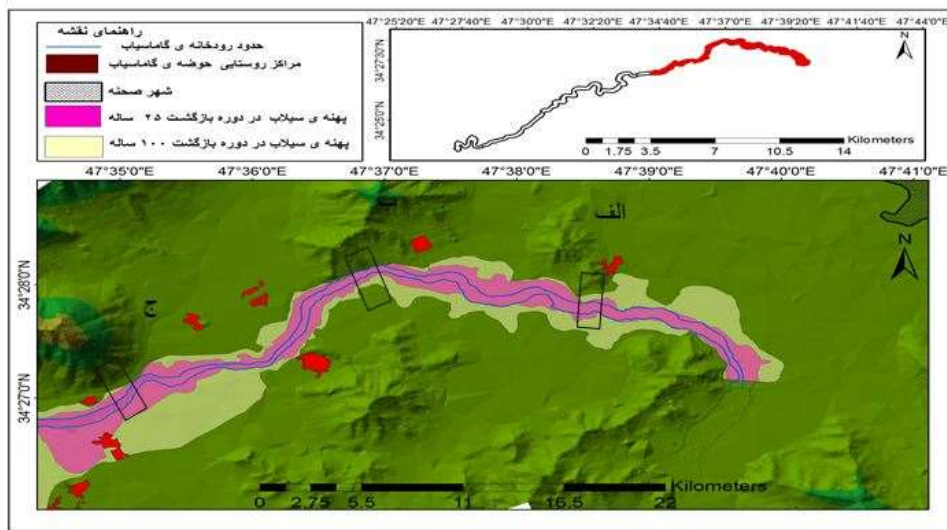
شکل ۳. بخشی از مقاطع عرضی رودخانه گاماسیاب در بخش نخست



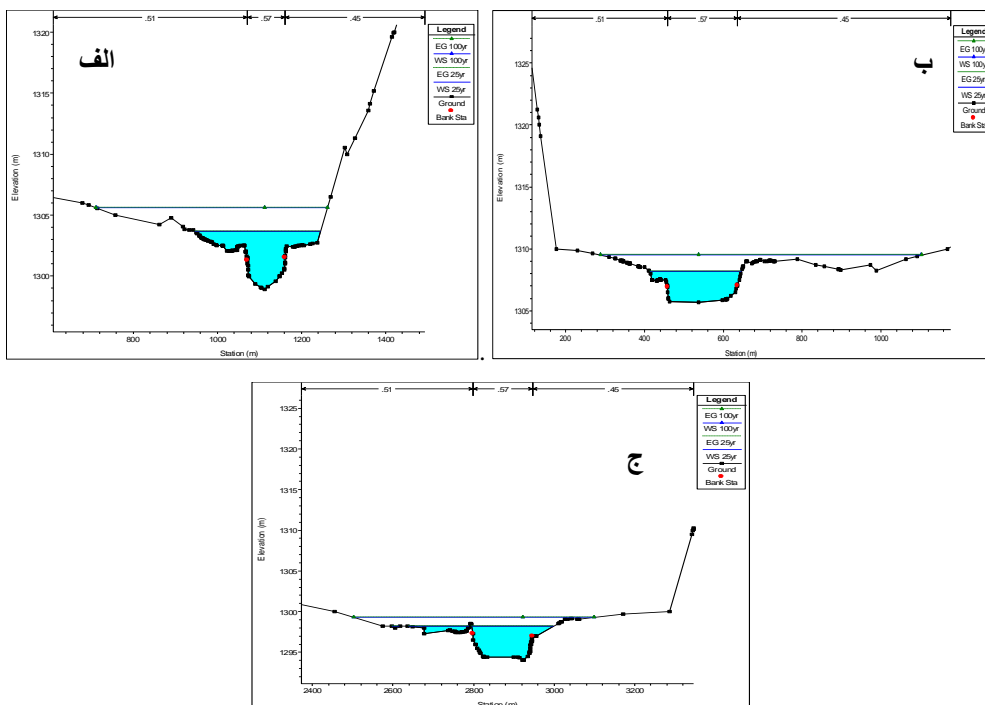
شکل ۴. نقشه شیب رودخانه گاماسیاب و بخشی از دشت سیلابی

ارتفاع آب زیاد شده است. تعیین حریم رودخانه در دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله کاملاً از هم متمایز است. در دوره بازگشت ۲۵ سال حدود ۱۰۰ تا ۴۰۰ متر از مقاطع، سیلاب گسترش پیدا کرده و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به طور متوسط ۱۵۰ تا ۸۰۰ متر پهنه سیلاب از حد مقاطع فراتر رفته است (شکل ۶ الف، ب و ج). با توجه به شرایط تکتونیکی و توپوگرافی بازه، در این قسمت حفر بستر رخ داده است و رودخانه دشت سیلابی وسیع ندارد (شکل ۵).

بازه نخست: رودخانه در این بخش ضریب انحنای ۱/۳۴ دارد. براساس تقسیم‌بندی لئوپولد، دارای الگوی مستقیم است [۴]. میزان شیب متوسط رودخانه حدود ۰/۵۶ درصد است (شکل ۴). نتایج به‌دست‌آمده از مدل نشان می‌دهد پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به ۲۵ ساله رشد سریعی داشته است. در این محدوده فرم کانال و دشت سیلابی به طور کامل تحت تأثیر نیم‌رخ عرضی دره قرار گرفته است و با توجه به توپوگرافی، گسترش عرضی زیادی نداشته و فقط



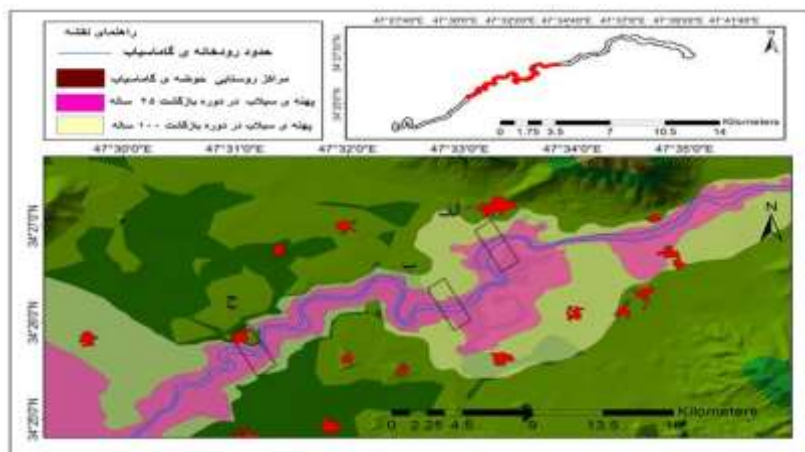
شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله



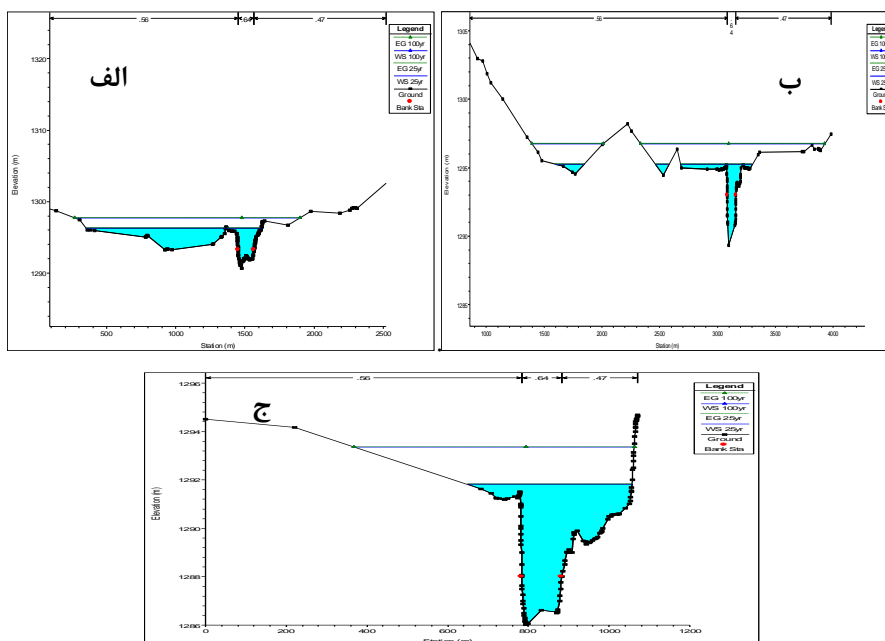
شکل ۶. مقاطع عرضی رودخانه گاماسیاب در بازه نخست منطقه مطالعه‌شده

یافته، پهنه گسترش سیلاب به این سمت بیشتر است و گسترش سیلاب نسبت به بخش قبل گسترش بیشتری را نشان می‌دهد. در دوره بازگشت ۲۵ ساله پهنه سیلاب به حداکثر گسترش حدود یک کیلومتر رسیده است (شکل ۷). در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به طور متوسط ۱/۵ کیلومتر پهنه سیلاب از حد مقاطع فراتر رفته است. با توجه به مقاطع در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد مقاطع فقط در دوره بازگشت دو سال توانایی عبور جریان آب را دارند. روستاهایی که در قسمت چپ انحنای رودخانه قرار دارند، در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در معرض سیلاب قرار می‌گیرند (شکل ۸).

بازه دوم: رودخانه گاماسیاب در این بازه وارد دشت شده است و شیبی حدود ۰/۱۶ درصد دارد. مقدار ضریب خمیدگی این بخش از رودخانه گاماسیاب ۱/۶ است که براساس تقسیم‌بندی لئوپولد، جزء رودخانه‌های پیچان‌رودی محسوب شده است. با توجه به بازدهی‌های میدانی نوع رسوبات بستر گراولی همراه با رسوبات ریزدانه در بالا و نوع کاربری در دو طرف در اغلب قسمت‌ها کشاورزی است. در قسمت پیچان‌رودی، در یک طرف، دشت سیلابی سابق (به صورت زمین بایر همراه با پوشش گیاهی پراکنده) تشکیل شده است. در این بخش از رودخانه چون شیب دره به سمت چپ رودخانه کاهش



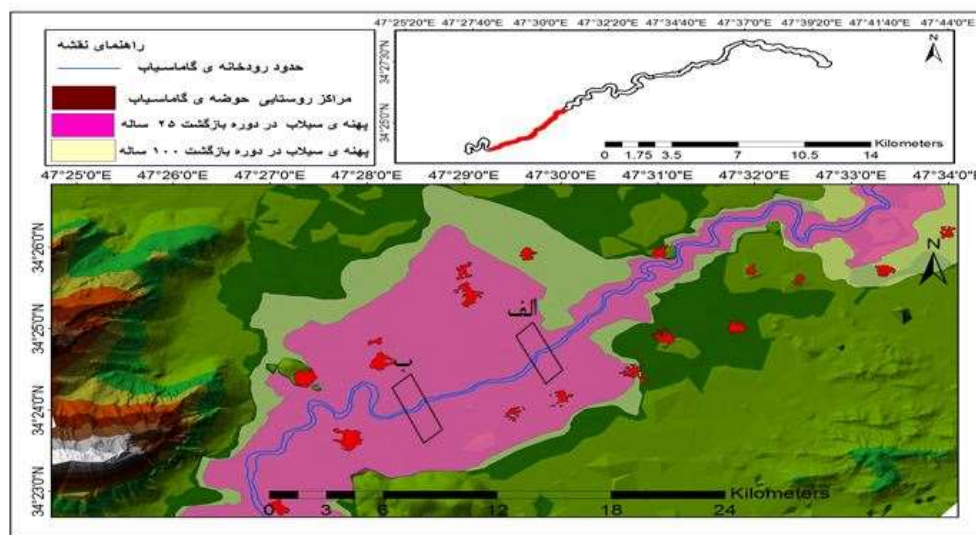
شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله



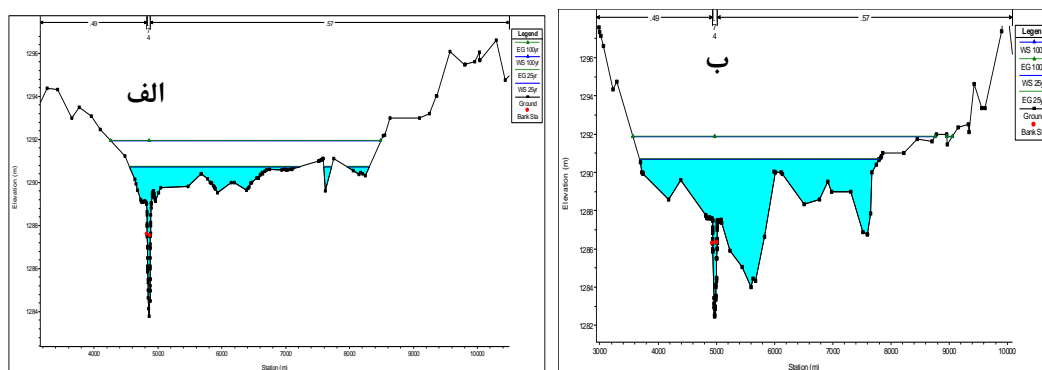
شکل ۸. مقاطع عرضی رودخانه گاماسیاب در بازه دوم منطقه مطالعه شده

۱۰۰ ساله در قسمت انتهایی پیچان رود به هم نزدیک بوده است (جدول ۱). در دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله، تمام مراکز روستایی در این قسمت تحت مخاطره سیلاب قرار می‌گیرند. حد دوره بازگشت ۲۵ ساله، پهنه وسیعی را در بر گرفته است. با توجه به نتایج، تعیین حریم بستر با استفاده از معیار وزارت نیرو (دوره بازگشت ۲۵ ساله به عنوان تعیین حد بستر) برای این قسمت از رودخانه گاماسیاب مناسب و منطقی نیست، زیرا سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله پهنه وسیعی از حاشیه رودخانه را در بر گرفته است و می‌تواند خسارت‌های زیادی را به ساکنان حاشیه رودخانه وارد کند (شکل‌های ۹ و ۱۰).

بازه سوم: رودخانه گاماسیاب در این بازه، از میان زمین‌های کشاورزی در حال جریان بوده و کاربری در هر دو طرف رودخانه از نوع کشاورزی است. میزان شیب رودخانه در این قسمت ۰/۲۸ درصد بوده است. در این قسمت با توجه به هموار بودن دشت، پهنه سیلاب به بیشترین مقدار گسترش خود نسبت به قسمت‌های قبلی رسیده است. در این قسمت در دوره بازگشت دوساله، حد دبی لبالی را پر کرده است. در دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله با توجه به مورفولوژی دشت، پهنه سیلاب نسبت به قسمت‌های قبلی گسترش بیشتری دارد. در این قسمت پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ ساله و



شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله



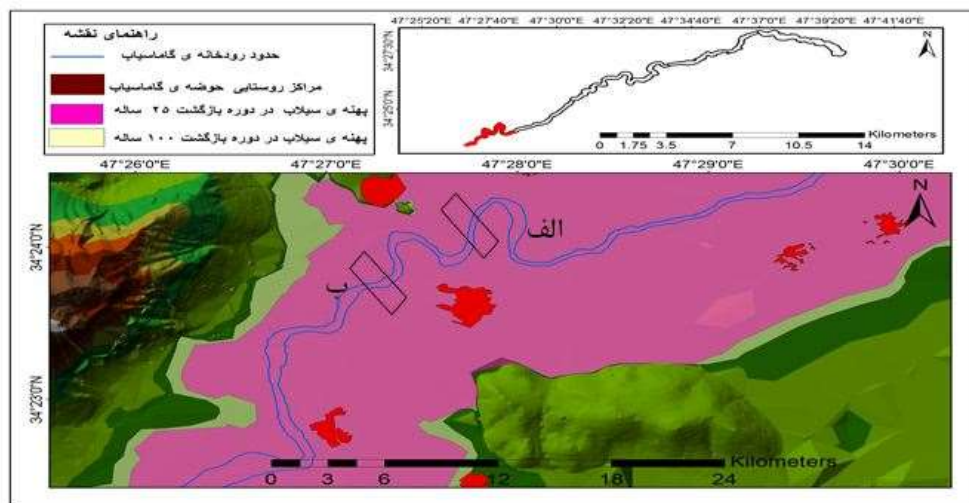
شکل ۱۰. مقاطع عرضی رودخانه گاماسیاب در بازه سوم منطقه مطالعه‌شده

توجه به بازدهی‌های میدانی در این مقطع، در قسمت کرانه بیرونی پیچان رودی، دیواره تشکیل شده و به وسیله پوشش گیاهی پراکنده پوشیده شده است. در این قسمت، وجود آثار

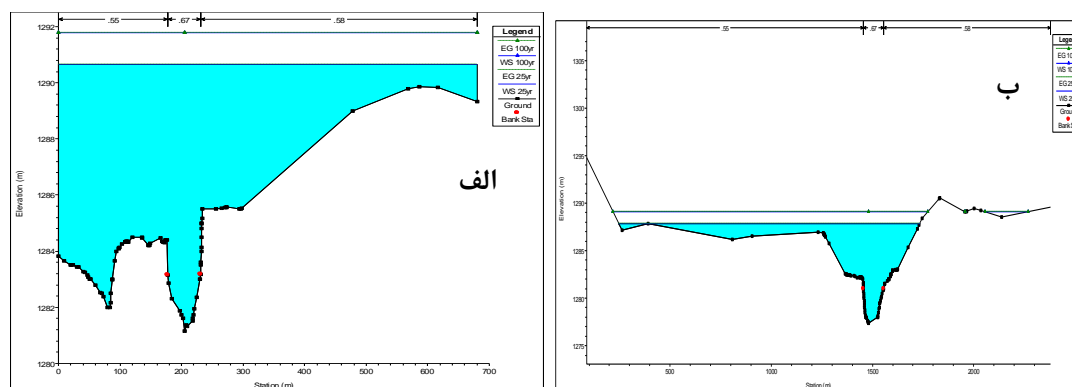
بازه چهارم: رودخانه در این بازه الگوی پیچان‌رودی دارد و مقدار ضریب خمیدگی این قسمت ۱/۸۵ است. دو رودخانه دینور و گاماسیاب در این بازه به هم می‌رسند. با

سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله بسیار به هم نزدیک شده است و تفاوت چندانی با هم ندارد. در دوره بازگشت ۲۵ ساله، شهر بیستون و تمام مراکز روستایی در معرض مخاطره سیل قرار گرفته‌اند. نتایج مدل نشان می‌دهد پهنه گسترش سیلاب کاملاً تحت تأثیر مورفولوژی بستر و دشت سیلابی و شرایط پایین‌دست حوضه است (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

فعالیت جوندگان سبب ناپایداری کناره شده است. همچنین، تمرکز جریان به لایه‌های زیرین سبب تشدید فرسایش به سمت ساحل بیرونی و سبب پیچان‌رودی شدن رودخانه شده است. کرانه مقابل کاربری‌ای از نوع زمین بایر دارد. با توجه به این شرایط، مقدار ضریب زبری مانینگ برای دو طرف کانال جداگانه محاسبه شده است. در این قسمت با توجه به مورفولوژی دره، شرایط ماندابی پهنه گسترش



شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله



شکل ۱۲. مقاطع عرضی رودخانه گاماسیاب در بازه چهارم منطقه مطالعه‌شده

جدول ۴. مساحت پهنه گسترش سیلاب به تفکیک کاربری در دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله

نوع کاربری	مساحت پهنه سیل در دوره بازگشت ۲۵ ساله (کیلومتر مربع)	مساحت پهنه سیل دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (کیلومتر مربع)
کشاورزی	۲۳	۴۰/۵۳
مسکونی	۰/۳۱	۰/۷۴
مرتع	۰/۵۵	۰/۸۲
مجموع	۲۳/۸۷	۴۲/۱

برآورد خسارت

برآورد خسارت به‌وجودآمده از سیل در دوره بازگشت‌های مختلف بر مبنای نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو انجام گرفته و براساس خسارت دبی‌های با دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله مقایسه شده است. با توجه به نقشه کاربری اراضی، منطقه سه نوع کاربری کشاورزی، مسکونی (از نوع روستایی) و مرتع دارد. در بخش محصولات زراعی، ابتدا براساس بررسی‌های میدانی و پرسش محلی، نوع کشت تفکیک شد که شامل گندم ۷۰ درصد، ذرت ۲۰ درصد و جو ۱۰ درصد می‌شد. با توجه به نوع کشت، پیکسل‌های عمق آب کاربری کشاورزی تفکیک شده‌اند (شکل ۱۳). در ادامه، برای تعیین تابع عمق خسارت برای هر محصول

کشاورزی یا برای هر ترکیب کشت، برقراری معیار درصد خسارت ناشی از سیلاب با ارتفاع مشخص برای هر یک از ماه‌ها یا فصول، مرحله رشد طی دوره رشد گیاه محاسبه شده است (جدول ۵). با توجه به فصل کشت سه نوع محصول در منطقه رودخانه گاماسیاب، برآورد خسارت فقط براساس دوره کشت آن سه محصول در منطقه یادشده محاسبه شده است. با توجه به نتایج، میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، به طور متوسط بیش از ۲۵/۶ درصد بوده است. یافته‌ها نشان می‌دهد تعیین حریم بستر رودخانه بر مبنای ۲۵ ساله باید بازنگری شده و در این زمینه معیارهای دیگری نیز در برآورد خسارت در نظر گرفته شود.

جدول ۵. درصد خسارت برای گیاهان زراعی و نوع ساختمان و محتوای آنها براساس عمق آب (سازمان بیمه فدرال امریکا)

درصد خسارت محتوا	درصد خسارت ساختمان	تراز به متر	نوع کاربری	درصد خسارت برای عمق‌های مختلف		ماه	نوع محصول	نوع کاربری	
				X>0.6	X<0.6				
۰	۷	۰/۳۰۴	مسکونی	۱۰	۷	مارس	کشاورزی		
۶	۲۶	۰/۶۰۹		۴۱	۲۷	آوریل			
۴۲	۳۶	۰/۹۱۴		۶۱	۳۹	می			گندم
۶۰	۴۲	۱/۲۱۲		۲۷	۴۸	جون			
۷۲	۴۷	۱/۵۲۴		۳۶	۲۱	جولای			
۸۲	۴۹	۱/۸۲۸		۹	۵	اوت			
۸۹	۵۳	۲/۱۳۶		۷	۴	سپتامبر			
۹۴	۵۵	۲/۴۳۸		۹	۵	اکتبر			
۹۴	۵۸	۲/۷۴۳		۷	۵	نوامبر			ذرت
۹۴	۶۰	۳/۰۴۸		۱	۱	آوریل			
۹۴	۶۰	۳/۳۵۲		۸	۶	می			
				۴۱	۲۸	جون			
			۵۶	۲۱	جولای				
			۲۶	۸	اوت				
			۱۸	۳	سپتامبر	جو			
			۱۴	۲	اکتبر				
			۳	---	نوامبر				
			۳۵	۲۲	آوریل				
			۱۹	۱۳	می				
			۳۵	۲۴	جون				
			۳۰	۲۰	جولای				

جدول ۶. میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در زمینه احتمال سیل در دوره بازگشت ۲۵ ساله

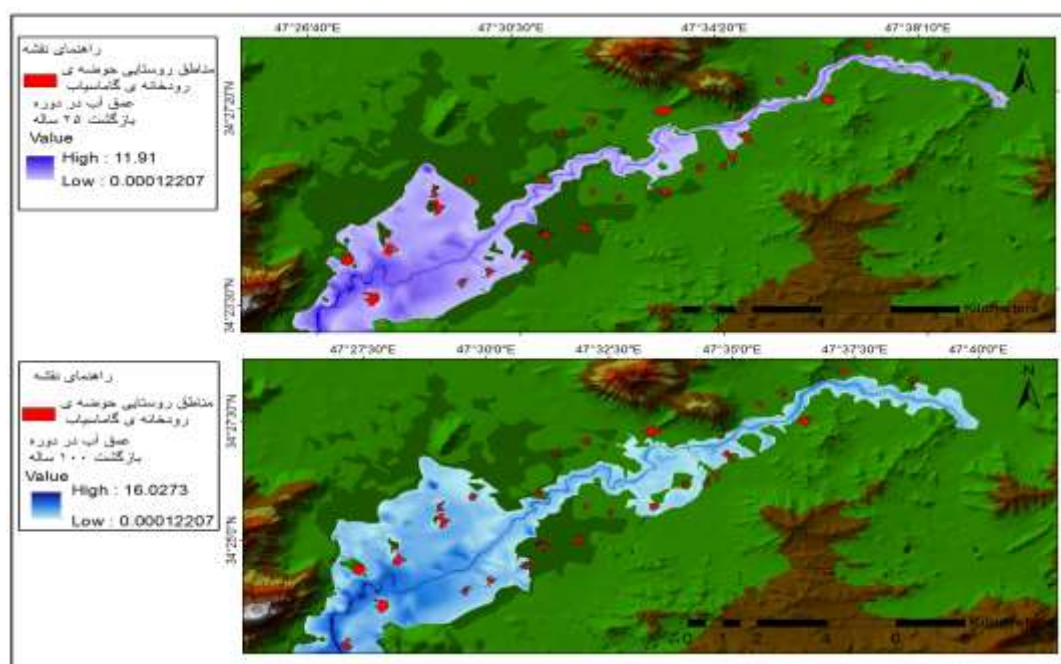
دوره بازگشت									
ماه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
گندم	۸۹۸/۲۶	۳۶۴۴/۶۱۵	۵۳۹۶/۱۳	۶۴۱۳/۴۷۲	۳۱۳۹/۲۲	۷۹۹/۱۸۰	۶۰۸/۵۲	۷۷۹/۱۸	۶۳۱/۰۳
کشاورزی	-----	۳۶/۷۹	۲۹۴/۳۳	۱۵۰۸/۴۷	۲۰۶۰/۳۵	۹۵۶/۵۹	۶۶۲/۲۵	۵۱۵/۰۸	۱۱۰/۳۷
جو	-----	۲۶۶/۵۴	۱۴۴/۸۳	۲۶۶/۸۱	۲۲۸/۶۲	-----	-----	-----	-----
خسارت مسکونی	-----	-----	-----	-----	۱۰۸۴۷/۳۳	-----	-----	-----	-----
ساختمان	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
محتوا	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
مرتج	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
مجموع	۲۳۰۷۴/۹۱	۲۶۲۶۰/۴۴	۲۸۰۱۱/۹۵	۳۰۳۶۵/۴۱	۲۷۶۰۴/۸۵	۲۳۹۱۲/۴۲	۲۳۴۴۷/۴۳	۲۳۶۱۸/۰۹	۲۲۹۱۸/۰۶

خسارت به میلیون تومان

جدول ۷. میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل، براساس احتمال سیل در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

دوره بازگشت									
ماه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
گندم	۱۰۰۳/۲۹	۴۰۶۸/۶۵	۶۰۲۲/۴۹	۷۱۶۰/۴	۳۵۰۱/۰۷۹	۸۶۸/۶۷	-----	۸۶۸/۶۷	۷۰۴/۹۴
کشاورزی	-----	۵۱/۵۴	۴۱۲/۳۳	۲۱۱۳/۲۳	۲۸۸۶/۳۷	۱۳۴۰/۱۰۲	۹۲۷/۷۶	۷۲۱/۵۹	۱۵۴/۶۲
جو	-----	۳۷۵/۹	۲۰۴/۰۶	۳۷۵/۹	۳۲۲/۲	-----	-----	-----	-----
خسارت مسکونی	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ساختمان	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
محتوا	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
مرتج	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
مجموع	۹۶۳۹۰/۴۲	۹۹۸۸۳/۲۳	۱۰۲۰۲۶	۱۰۵۰۳۶/۷	۱۰۲۰۹۶/۸	۹۷۵۹۵/۹۱	۹۶۳۱۴/۸۹	۹۶۹۷۷/۴	۹۶۲۴۶/۷

خسارت به میلیون تومان



شکل ۱۳. نقشه عمق آب در دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله رودخانه گاماسیاب

نتیجه‌گیری

نرم‌افزار HEC- RAS براساس معادله برنولی (معادله انرژی) پایه‌گذاری شده و از هدررفت میزان انرژی به صورت اصطحکاک از طریق معادله ضریب مانینگ در مدل تعیین شده است. این ضرایب بیان‌کننده هدررفت انرژی به صورت محلی است. همچنین، مکان‌های پیچیده هیدرولیکی مانند پیچ‌های پیچان‌رودی، محل تلاقی رودخانه‌ها، چندشاخه شدن‌های رودخانه و پل‌ها با معادله حرکت در مدل حل می‌شوند و با معرفی دوره بازگشت‌های مختلف، پهنه گسترش سطح آب را ارائه می‌دهد [۱۸]. در پژوهش حاضر برای محاسبه سیلاب‌های رودخانه گاماسیاب از مدل ریاضی HEC- RAS استفاده شده است. سپس، حد دوره بازگشت ۲۵ ساله که مورد تأیید وزارت نیرو و ۱۰۰ ساله که معیار انتخاب کشورهای اروپایی و امریکایی است، مقایسه شده است.

در سال‌های اخیر به دلیل وقوع سیلاب‌های مکرر، خسارت‌های زیادی به ساکنان حاشیه رودخانه وارد شده است که در آن حد سیلاب ۲۵ ساله (استاندارد وزارت نیرو) مبنای ساخت‌وساز تعریف شده است. بنابراین، باید تعریف قانون تعیین حد بستر از دیدگاه وزارت نیرو بازنگری شود. با توجه به نتایج مدل نشان می‌دهد در بازه نخست با توجه به مورفولوژی دره که میزان عمق کانال کم بوده است، تفاوت پهنه سیلاب دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله کاملاً مشهود است، در حالی که در بازه دوم پهنه سیلاب گسترش بیشتری یافته و اختلاف پهنه سیلاب در دو دوره بازگشت کمتر شده است.

با توجه به گزارش‌های وزارت نیرو در بیشتر رودخانه‌های بزرگ کشور همچون ارس، کارون، زرنه‌رود، زاینده‌رود و سفیدرود مهندسان مشاور گزارش کرده‌اند که منظور کردن گستره داغاب سیل ۲۵ ساله در تعیین حد بستر امکان‌پذیر نیست، چرا که اراضی وسیعی از حاشیه رودخانه زیر تراز سیل ۲۵ ساله قرار می‌گیرد [۸]. برای مثال، در بازه سوم محدوده مطالعه‌شده مشاهده می‌شود. در این بازه بیشترین حد گسترش سیلاب در بخش سوم رودخانه گاماسیاب اتفاق افتاده است. به طور کلی، به‌جز دره‌های V شکل، اجرای معیار تعیین حد بستر با آیین‌نامه‌های ایرانی امکان‌پذیر نیست [۱۳]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های سایر محققان از جمله راد و همکارانش (۱۳۹۶) [۳۱] و زراعتکار و

همکارانش (۱۳۹۵) [۳۶] و ایلدرمی و همکارانش (۱۳۹۵) [۳۷] مطابقت دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل می‌توان گفت که تعیین معیار دوره بازگشت ۲۵ ساله فقط در بخش نخست رودخانه گاماسیاب که رودخانه درون یک دره V شکل جریان یافته، امکان‌پذیر است. در سایر بخش‌ها تعیین حد بستر با این معیار امکان‌پذیر نبوده و مناسب نیست و در زمان وقوع سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های بیشتر می‌تواند آسیب‌های زیادی به مردم وارد کند. براساس آیین‌نامه‌های وزارت نیرو، حفاظت کمی و کیفی برای رودخانه‌های بزرگ حد ۵۰ متر را در نظر گرفته‌اند، در صورتی که پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ ساله با توجه به نتایج مدل در بازه نخست بیشتر از ۱۵۰ متر و در بازه‌های کمتر، از ۵۰۰ متر تا حدود بیشتر از یک کیلومتر رسیده است. در این محدوده، تعیین حد بستر براساس دوره بازگشت ۲۵ ساله، معیار درستی نیست و سطح گستره وسیعی از اراضی تحت پوشش سیلاب قرار می‌گیرد. بنابراین، باید در تعیین حریم رودخانه‌ها براساس معیارهای ژئومورفولوژیکی از قبیل تنش برشی، قدرت رود، سرعت جریان، رژیم جریان و مدل‌های ژئومورفولوژیکی فرسایش کناره‌ای اقدام کرد.

منابع

- [1].UNFPA. United Nations Population Fund. 2018. <https://www.unfpa.org/>
- [2].Samela c, Troy J, Manfreda s. Geomorphic classifiers for flood-prone areas delineation for data-scarce environments. *Journal of the Advances in Water Resources*. 2017; 102: 13–28.
- [3].Lyu HM, Shen SL, Zhou A, Yang J. Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2019; 84: 31-44.
- [4].Hosseinzadeh MM, Esmali R. Fluvial geomorphology concepts, forms and processes. Publisher Shahid Beheshti University Publication. 2015. [Persian].
- [5].Hapuarachchi HAP, Wang QJ, Pagano TC. A review of advances in flashflood forecasting. *Hydrol. Process*. 2011; 25 (18): 2771–2784.
- [6].Petit-Boix A, Sevigne-Itoiz E, Rojas-Gutierrez LA, Barbassa AP, Josa A, Rieradevall J, et al. Floods and consequential life cycle assessment: integrating flood damage into the environmental assessment of storm water Best Management Practices. *J. Cleaner Prod*. 2017; 162: 601–608.

- [7]. Herold C, Mouton F. Global flood hazard mapping using statistical peak flow estimates. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 2011; 8 (1): 305–363.
- [8]. The ministry of Power. Iran water resource management company. Flood Zoning Guide and Determining the Limit of River Landing and Area. 2005; Issue No. 307. [*Persian*]
- [9]. New York State Department of Environment Conservation. Flood plain development and flood way guidance. www.NY.gov. 2011.
- [10]. Gunasekara D. Planning for the Flood Fringe: A Comparative Analysis of Two Zone Concept Planning Policies Used by Conservation Authorities in Southern Ontario. School of Urban and Regional Planning Queen's University Kingston, 2015.
- [11]. Kia Abduli K. Final report on the determination of boundaries and boundaries of rivers. Publications Applied Research of Iran Water Resources and Water Resources Management Company. 2014. [*Persian*]
- [12]. Mondal I, Bandyopadhyay J, Paul A. Estimation of hydrodynamic pattern change of Ichamati River using HEC RAS model, West Bengal, India. *Model. Earth Syst. Environ.* 2016; 2 (125): 3- 13
- [13]. Khattak MSh, Anwar F, Saeed T, Sharif M, Sheraz Kh, Ahmed A. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River. *Arab J Sci Eng.* 2016; 41: 1375–1390.
- [14]. Parhi PK. Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution. *J. Inst. Eng. India Ser.* 2018; 99(4): 751–755.
- [15]. Ezz H. Integrating GIS and HEC-RAS to model Assiut plateau runoff. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.* 2018; 2 : 219–227.
- [16]. Zelenakova M, Fijko R, Labant S, Weiss E, Markovic G, Weiss R. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru _ zlov village, Slovakia. *Journal of Cleaner Production. Journal of Cleaner Production.* 2019; 212: 109-118.
- [17]. Nott J. Extreme Events: A physical reconstruction and risk assessment. Cambridge University Press. 2006.
- [18]. Black AR, Burns J C. Re-assessing the flood risk in Scotland. *Sci. Total Environ.* 2002; 294 (1): 169–184.
- [19]. Xiao Y, Yi S, Tang Z. Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference. *Science of The Total Environment.* 2017; 599–600: 1034-1046
- [20]. Su HT, Tung YK. Multi-criteria decision making under uncertainty for flood mitigation. *Stoch. Env. Res. Risk Assess.* 2014; 28 (7): 1657–1670.
- [21]. Hajkovicz S, Collins K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resour Manage.* 2007; 21 (9): 1553–1566.
- [22]. Voogd H. *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*, vol. 207 Pion. London. 1983.
- [23]. Kabenge M, Elaru J, Wang H, Li F. Characterizing flood hazard risk in data scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Nat. Hazards.* 2017; 89 (3): 1369–1387.
- [24]. Elkhachy I. Flash flood hazard mapping using satellite images and GIS tools: a case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.* 2015; 18 (2): 261–278.
- [25]. Schumann AH, Funke R, Schultz GA. Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling. *J. Hydrol.* 2000; 240 (1): 45–61.
- [26]. Mejia-Navarro M, Wohl EE, Oaks SD. Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS: model for Glenwood Springs Colorado. *Geomorphology.* 1994; 10 (1): 331–354.
- [27]. Horritt MS, Bates PD. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *J. Hydrol.* 2002; 268 (1): 87–99.
- [28]. Quan RS. Research on risk assessment of rainstorm waterlogging disaster in typical coastal city. Normal University, Shanghai, China. 2012.
- [29]. Rad M, Vafakhah M, Gholamali Fard M. Flood zoning using HEC-RAS hydraulic model in downstream of Khorramabad watershed. 2018; 7(16): 211-226. [*Persian*].
- [30]. Azizian A. Determining the Optimum Map Scale for Use in the Hydraulic Modeling of the Flood (Economic-Hydraulic Approach). *Iranian Journal of Soil and Water Research.* 2018; 141(4): 807- 820. [*Persian*].
- [31]. Rezaei Moghaddam MH, Yassi M, Nikjou MR, Rahimi M. Morphological zonation and morphological analysis of the

- Gharshoo River floods using the HEC-RAS hydrodynamic model (from Pearsamian Village to the Ahar Chay River Cross). 2016; 09 – 13:1-15. [*Persian*].
- [32]. Yerramilli SA. Hybrid Approach of Integrating HEC-RAS and GIS Towards the Identification and Assessment of Flood Risk Vulnerability in the City of Jackson, MS. American Journal of Geographic Information System. 2012, 1(1): 7-16.
- [33]. Zahraatkar Z, Hassan pour F. Simulation of Birjand urban flood using HEC-RAS and ARC-GIS models. 2018; 112: 42 -56. [*Persian*].
- [34]. Ildemi A, Shekhipour A. Investigation of river morphology changes and its role in erosion and sedimentation using HEC-RAS (Case study: Khorramabad River-DoAb Visian). Quantitative Methods in Geography. 2016; 3(19): 146-163. [*Persian*].