



بررسی نقش عامل‌های مؤثر در طغیان رود تلار مازندران در رخداد اسفند ۱۳۹۷ با استفاده از مدل HEC-RAS

ولی‌الله کریمی^{۱*}، محمدعلی هادیان‌امری^۲

- ۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
- ۲- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

رخداد بارش‌های شدید که در مدت زمان کوتاه حجم زیادی از نزولات جوی را به‌همراه دارد، غالباً باعث بروز مشکلات پرشماری برای جوامع انسانی، گیاهی و جانوری می‌شود. سیل ویرانگر ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ در شهرستان سیمرغ، خسارت‌های مالی زیادی را به‌همراه داشت. شبیه‌سازی‌های آب‌شناسی جریان سیل در رود تلار از بالادست شهر کیاکالا تا بعد از شهر، این امکان را فراهم کرد تا عامل‌های بروز آب‌گرفتگی شهر کیاکالا در اسفند ۱۳۹۷ شناسایی شود تا بتوان از تکرار چنین پیشامدی جلوگیری کرد. هدف این پژوهش شبیه‌سازی آب‌نمود رخداد سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ رود تلار در محدوده شهر کیاکالا با مدل رایانه‌ای HEC-RAS و تعیین نقش عامل‌های مؤثر در بروز سیلاب در منطقه مطالعه‌شده و پیشنهاد راهکارهای اجرایی برای جلوگیری از بروز آب‌گرفتگی زمین‌های مجاور رود تلار در محدوده شهر کیاکالی استان مازندران بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، منطقه مطالعه‌شده بازه ۱۰ کیلومتری از رود تلار در محدوده شهرستان سیمرغ در استان مازندران بود. در این بازه سه پل نجارکلا، ملاکلا و برج خیل بودند که تمام مشخصات هندسی آنها به همراه مختصات جغرافیایی، داده‌های مربوط به بلندی و فاصله‌های نقاط در ۲۶ مقطع عرضی متوالی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری تئودولیت و جی پی اس چندبسامد، برداشت شد. آب‌نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ با استفاده از مدل HEC-RAS شبیه‌سازی شد. برای به‌دست آوردن دوره بازگشت سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷، تحلیل فراوانی داده‌های تاریخی ۶۵ ساله بده تلار در ایستگاه کیاکالا با نرم افزار ایزیفیت

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Vkarimi۸۰@gmail.com

استناد: کریمی، و.، هادیان‌امری، م.، ۱۴۰۳. بررسی نقش عامل‌های مؤثر در طغیان رود تلار مازندران در رخداد اسفند ۱۳۹۷ با استفاده از مدل HEC-RAS. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۷ (۴): ۱۴-۲.

شناسه دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2024.364406.1564

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۳، دوره ۳۷، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۴۵، زمستان ۱۴۰۳، صفحه‌های ۲ تا ۱۴.

© نویسندگان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



انجام شد. بستر رود بر اساس سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله و حریم کمی رود در بازه مطالعه شده، با روش DLSRS که در دستورالعمل تعیین حریم کمی رودها آورده شده است، تعیین شد.

نتایج و بحث

تحلیل توزیع فراوانی داده‌های تاریخی بده ایستگاه آب‌سنجی کیاکالا رود تالار با نرم افزار ایزیفیت نشان داد که دوره بازگشت اوج سیلاب لحظه‌ای ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ برابر ۲۴ سال بود. شبیه‌سازی آب‌نمود سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ روی بازه مطالعه شده رود تالار نشان داد که تمام مقاطع رود و هر سه پل برای عبور جریان ظرفیت کافی داشتند و به بستر رود در مسیر مطالعه شده آسیبی وارد نشد اما، به بخش بزرگی از نوار حریم ۲۰ متری دو طرف رود با کاشت درختان مثمر آسیب وارد شد که البته هیچ تاثیری بر بروز آبگرفتگی های ناشی از سیلاب ۲۷ اسفند سال ۱۳۹۷ در شهرستان سیمرغ نداشت.

نتیجه گیری و پیشنهادات

آب‌گرفتگی شهر کیاکالا و روستاهای پیرامون به دلیل نامناسب بودن ابعاد هندسی پل نبود، بلکه به دلیل گرفتگی دهانه پل با تنه و سرشاخه‌های درختان حمل شده از بالادست آبخیز به محل پل بود که این یافته نیز همانند شمار قابل توجهی از بلاهای طبیعی تأییدکننده بی‌توجهی و اهمیت ندادن به عملیات آبخیزداری در آبخیزهای منابع طبیعی بالادست است. جلوگیری از تغییر کاربری زمین‌های جنگلی و مرتعی در آبخیزهای کوهستانی و ساخت سازه‌های تقاطعی جمع‌آوری‌کننده اجسام شناور و غوطه‌ور در آب در آبخیزهای بالادست اقدام‌هایی هستند که احتمال تکرار چنین پیامدهایی را به حداقل ممکن می‌رسانند.

واژگان کلیدی: آب‌گرفتگی، بده سیلاب، شبیه‌سازی سیلاب، HEC-RAS

مقدمه

هدف این پژوهش شبیه‌سازی آب‌نمود رخداد سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ رود تالار در محدوده شهر کیاکالا با مدل کامپیوتری HEC-RAS و تعیین نقش عامل‌های مؤثر در بروز سیلاب در منطقه مطالعه شده و پیشنهاد راهکارهای اجرایی برای جلوگیری از بروز آب‌گرفتگی زمین‌های مجاور رود تالار در محدوده شهر کیاکالی استان مازندران بود.

روشان و همکاران (۲۰۱۳) رفتار آب‌سنجی رود بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد را با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS بررسی کردند. ایشان با شبیه‌سازی سیلاب رود، توانستند خسارت‌های سیل را در شرایط گوناگون اجرای طرح‌های مهندسی رود، مطالعات توجیهی اقتصادی-اجتماعی برنامه‌های مهار سیل را برآورد کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل HEC-RAS می‌تواند اندازه‌های عددی مناسبی را برای مطالعه خصوصیات آب‌سنجی جریان در رودها پیشنهاد دهد و برای پهنه‌بندی سیلاب با دقت زیاد و هزینه اندک استفاده شود.

کاردان و همکاران (۲۰۱۸) شبیه‌سازی دو بعدی جریان‌های سیلابی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله رود گرگان‌رود در محدوده شهر آق‌قلا را با مدل CCHE2D انجام دادند. ایشان نقشه‌های شاخص خطرات را تهیه کردند و اندازه خسارت‌های وارده را زیاد، مساحت پهنه پرخطر را گسترده و سرانجام تخلیه شهر را امری ضروری گزارش کردند.

راد و همکاران (۲۰۱۸) با بهره‌گیری از مدل آب‌سنجی HEC-RAS پهنه‌بندی سیل پائین دست آبخیز خرم‌آباد استان لرستان را بررسی کردند و دریافتند که پهنه سیل با دوره

رخداد بارش‌های شدید که در مدت زمان کوتاه حجم زیادی از نزولات جوی را به‌همراه دارد غالباً باعث بروز مشکلات پرشماری برای جوامع انسانی، گیاهی و جانوری می‌شود. سیل شایع‌ترین فاجعه در سراسر جهان است که پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی فراوانی را برجای می‌گذارد و سالانه جان میلیون‌ها انسان را به خطر می‌اندازد. دشت‌های سیلابی و مناطق مجاور رودها به دلیل شرایط خاص، فضاهای مناسبی برای انجام فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی به‌شمار می‌روند و پیوسته در معرض خطرات ناشی از رخداد سیلاب‌ها هستند. سیل یکی از بلاها و رویدادهای طبیعی است که کشور ایران نیز از این بلا در امان نبوده و سالانه خسارت‌های مالی و جانی زیادی را در اثر سیل متحمل می‌شود (اخوان و همکاران ۲۰۲۱).

در استان مازندران سیل اسفند ماه سال ۱۳۹۷ ناشی از بارش دو روزه با اندازه ۳۰۰ میلی‌متر بود که باعث فوت ۱۳ نفر و مجروح شدن حداقل ۱۱۶ نفر شد. کل خسارت مالی وارده به بخش‌های گوناگون در استان مازندران ۲۶۵ میلیارد تومان برآورد شد. شهرستان سیمرغ با یک شهر به نام کیاکالا و دو بخش مرکزی با نه روستا و بخش تالاری با ۱۵ روستا بود که بخش بزرگی از آن در معرض این سیلاب قرار گرفت (قصابیان ۲۰۱۹).

شبیه‌سازی‌های آب‌سنجی جریان سیل در رود تالار از بالادست شهر کیاکالا تا بعد از شهر، این امکان را فراهم کرد تا عامل‌های بروز آب‌گرفتگی شهر کیاکالا در اسفند ۱۳۹۷ شناسایی شود تا بتوان از تکرار چنین پیشامدی جلوگیری کرد.

از مدل HEC-RAS و GIS برای نقشه‌برداری از مناطق سیل بسیار زیاد بود.

در ترکیه، دمیر و کیسی (۲۰۱۶) پهنه‌بندی سیل رود مرت در سامسون را با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل آب‌سنجی HEC-RAS انجام دادند. این پژوهشگران دریافته‌اند که در این منطقه افزودن خاکریز به‌عنوان مانع و تنظیم پائین‌دست رود می‌تواند در کاهش خطر سیل مؤثر باشد.

در مالزی، شهیرپارسا و همکاران (۲۰۱۶) شبیه‌سازی و پهنه‌بندی رود سانگای ماکا را با استفاده از مدل تک‌بعدی HEC-RAS و مدل دوبعدی CCHE2D انجام دادند. این پژوهشگران دریافته‌اند که بیشتر نتایج با هر دو مدل یکسان بود و تفاوت آنها مربوط به شکل رود است.

در پاکستان، خاتاک و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل آب‌سنجی HEC-RAS و روش‌های GIS پهنه‌بندی سیل رود کابل را انجام دادند. با شبیه‌سازی‌های انجام‌شده با نرم‌افزار HEC-RAS مشخص شد که با احتمال زیاد بیش از ۴۰٪ زمین‌های پیرامون این رود در معرض سیلاب‌های سنگین خواهند بود.

بهندری و همکاران (۲۰۱۷)، از قابلیت دو بعدی مدل آب‌سنجی HEC-RAS برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل در ناحیه پائین‌دست آبخیز رود برازو استفاده کردند. برای تجزیه و تحلیل، بخشی از رود با طول ۲۰ کیلومتر در ریچموند تگزاس در نظر گرفته شد. برای واسنجی مدل، ضریب زبری مانینگ بازه رود را با منحنی‌سنج پائین‌دست بازه مقایسه کردند. پس از شبیه‌سازی، از بلندی سطح آب و توزیع سرعت مربوطه برای تعیین محدوده سیل استفاده شد. برای این کار، از قابلیت ترسیم RAS در نرم‌افزار HEC-RAS استفاده کردند.

در شمال تونس، ازین و همکاران (۲۰۲۰) با کمک مدل آب‌سنجی HEC-RAS پهنه‌بندی سیل ۲۸ فوریه ۲۰۱۵ در آبخیز مدجرا را انجام دادند. منطقه شهری و حومه آن به‌طور کامل تحت تأثیر این سیل بودند. نتایج نشان داد که بلندی این سیل در مناطق سیل‌زده به بیش از شش ۶ متر رسید. نتایج مدل HEC-RAS با استفاده از تصویر رادار سنتینل-۱ که در آن روز به‌دست آمده بود، اعتبارسنجی شد.

در شمال عراق، الحسین و همکاران (۲۰۲۲) برای تحلیل و مدل‌سازی خطرات سیل رود خزیر از تلفیق مدل HEC-RAS با الحاقیه HEC-GeoRAS در ArcGIS استفاده کردند. بر پایه نقشه طبقه‌بندی ژرفای سیلاب، خطر سیلاب در ۸۰/۳۱٪ زمین‌ها کم تا خیلی کم، در ۱۶/۰۳٪ زمین‌ها متوسط و در ۳/۸٪ زمین‌ها خیلی زیاد بود. نتایج این پژوهش نشان داد که روستاهای نزدیک مصب رود در مقایسه با روستاهای دورتر از پائین‌دست، بیشتر در معرض سیل بودند. واشیست و سینگ (۲۰۲۳)، برای پهنه‌بندی سیل در آبخیز رود کریشنا از مدل دوبعدی HEC-RAS و مدل‌های رقمی ارتفاع (DEM) منطقه با وضوح ۱۲/۵ و ۳۰ متر استفاده کردند

بازگشت دوساله با بده ۱۴۵ مترمکعب بر ثانیه، ۶۳/۸ کیلومتر مربع بود، و برای سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با بده ۵۵۳ متر مکعب بر ثانیه، این پهنه ۱۰ کیلومتر مربع بود که ۴/۴ کیلومتر مربع از این پهنه مربوط به زمین‌های دیم، ۴/۲ کیلومتر مربع زمین‌های مرتعی، ۴/۱ کیلومتر مربع زمین‌های مسکونی، ۶/۱ کیلومتر مربع جاده و ۲/۰ کیلومتر مربع زمین‌های رهاشده بودند.

پناهی و همکاران (۲۰۱۹) پهنه‌بندی زمین‌ریخت‌شناختی خطرات سیلاب رود گاماسیاب در استان کرمانشاه را با مدل HEC-RAS انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که برای دوره بازگشت ۲۵ ساله پهنه‌ای بیش از ۳۴ کیلومتر مربع و برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله پهنه‌ای نزدیک به ۴۲ کیلومتر مربع از زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی روستایی و مراتع در معرض خطرات سیلاب بودند و اندازه خسارت‌های سیلاب ۱۰۰ ساله در مقایسه با سیلاب ۲۵ ساله، ۶/۲۵٪ بیشتر بود.

حجازی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS خطر رخداد سیلاب رود ورکش‌چای با طول ۶۹ کیلومتر که یکی از سرشاخه‌های اصلی رود آجی‌چای در استان آذربایجان شرقی است را مطالعه کردند. با شبیه‌سازی و پهنه‌بندی سیل با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله مشخص شد که بیش از نیمی از روستاهای مجاور با مسیر رود تحت تأثیر سیلاب بودند و خسارت دیدند. سرانجام راهکارهایی برای کاهش خسارت به روستاها و زمین‌های مجاور رود پیشنهاد دادند.

دامادی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از مدل آب‌سنجی HEC-RAS پهنه‌بندی سیلاب آبخیز سرباز را انجام دادند. نقشه پهنه‌بندی سیلاب آبخیز محدوده شهر راسک با دوره بازگشت‌های مد نظر با کمک مدل آب‌سنجی HEC-RAS تهیه شد. نتایج نشان داد که با دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۳۶۶، ۳۹۷، ۴۵۰ و ۵۸۱ هکتار از پهنه سیلاب آبخیز سرباز در محدوده شهر راسک افزایش یافت.

اسفندیاری‌درآباد و همکاران (۲۰۲۲) شبیه‌سازی زمین‌شناختی رخداد سیلاب در رود نوران‌چای استان اردبیل را با مدل آب‌سنجی HEC-RAS انجام دادند و دریافته‌اند که برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۲۰ سال به‌ترتیب ۱۲۲، ۲۶۶ و ۳۲۹ هکتار از زمین‌های پیرامون رود به زیر آب خواهد رفت. سرانجام پیشنهاد دادند که بر اساس پهنه‌بندی سیلاب رود نوران‌چای اقدام‌هایی همچون آسیب وارد نکردن به حریم رود، جلوگیری از تغییر کاربری زمین‌ها به کاربری مسکونی و زهکشی مناسب آب رود بر اساس پهنه سیلابی انجام شود.

در برزیل، سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) پهنه‌بندی سیل رود سدروس را با بهره‌گیری از GIS و مدل HEC-RAS انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که جاده‌ها و ساختمان‌های پیرامون پل و بالادست رود بیشتر در معرض سیل بودند. همچنین، این پژوهشگران گزارش کردند که ظرفیت و حساسیت استفاده

مواد و روش‌ها منطقه مطالعه شده

رود تلار از بخش‌های شمالی رشته کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد و طولی در حدود ۱۵۲ کیلومتر دارد و پهنه آبخیز آن ۲۹۰۰ کیلومتر مربع و میانگین بلندی آبخیز ۲۱۲۰ متر است. میانگین سالانه بارندگی این آبخیز ۷۲۹ میلی‌متر است. شیب بستر رود تا شیرگاه نسبتاً تند و حدود ۴٪ است و پس از آن رود با شیب ملایم حدود یک درصد به سوی دریا پیش می‌رود. وضعیت آبخیز این رود برفی- بارانی است و آب‌دهی رود در ورودی به سوی دشت قابل توجه است. آب‌دهی سالانه آن در یک دوره ۳۲ ساله به‌طور میانگین ۱۱۸ میلیون مترمکعب است (اسدی و همکاران ۲۰۱۷). منطقه مطالعه شده در این پژوهش پهنه‌ای با وسعت ۱۰ کیلومتر (نقطه ابتدا با مختصات یو تی ام ۶۶۲۲۴۹ و ۴۰۴۷۴۳۲ تا نقطه انتها با مختصات یو تی ام ۴۰۵۲۴۶۴ و ۴۵۸۳۰۶) از رود تلار مازندران در محدوده شهر کیاکالا (در غرب شهر کیاکالا) است که در سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ طغیان آب رود تلار وارد شهر کیاکالا شد و خسارت‌های جانی و مالی سنگینی را به دنبال داشت (شکل ۱).

و تأثیر تغییر شرایط مرزی بالادست را بر پهنه سیل بررسی کردند. نتایج شبیه‌سازی از DEM منطقه با وضوح ۱۲/۵ متر با داده‌های اعتبارسنجی و گزارش‌های موجود از منطقه سیل‌خیز مطابقت خوبی داشت.

بر اساس نتایج این پژوهش‌ها، می‌توان گفت که برای شبیه‌سازی سیلاب در رودها نرم‌افزار HEC-RAS کاربردی و مناسب است و می‌توان از آن برای شبیه‌سازی سیل استفاده کرد و نقش هر یک از عامل‌ها در طغیان رود را تعیین کرد. البته تاکنون در کشور هیچ پژوهشی در این زمینه انجام نشده است. شبیه‌سازی‌های آب‌شناسی جریان سیل در رود تلار از بالادست شهر کیاکالا تا بعد از شهر، این امکان را فراهم کرد تا عامل‌های بروز آب‌گرفتگی شهر کیاکالا در اسفند ۱۳۹۷ شناسایی شود تا بتوان از تکرار چنین پیشامدی جلوگیری کرد. هدف این پژوهش شبیه‌سازی آب‌نمود رخداد سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ رود تلار در محدوده شهر کیاکالا با مدل رایانه‌ای HEC-RAS و تعیین نقش عامل‌های مؤثر در بروز سیلاب در منطقه مطالعه شده و پیشنهاد راهکارهای اجرایی برای جلوگیری از بروز آب‌گرفتگی زمین‌های مجاور رود تلار در محدوده شهر کیاکالی استان مازندران بود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه شده از رود تلار در تصویر گوگل ارث.
Fig 1- Location of Telar River study area in google earth image.

داده‌های لازم

برابر بند (ح) ماده (۱) آئین‌نامهٔ مربوط به بستر و حریم رودها، نه‌رها، مسیل‌ها، مرداب‌ها برکه‌های طبیعی و شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی، بستر آن بخشی از رود، نه‌ر یا مسیل است که در هر محل با توجه به آمار آب‌شناختی و داغاب و بیشترین طغیان با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله به وسیلهٔ وزارت نیرو یا شرکت‌های آب‌منطقه‌ای تعیین شود.

برای تعیین حد نهایی بستر و حریم کمی رود در دو ساحل راست و چپ آن، نیاز است تا سیلاب با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله برآورد شود. با این هدف از آمار ۶۵ ساله بده رود در ایستگاه آب‌سنجی کیاکالا که در بالادست پل نجارکالا بود، استفاده شد. داده‌های مدل رقومی ارتفاع و فاصلهٔ نقاط روی مقاطع عرضی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری تئودولیت و همچنین جی‌پی‌اس چند بسامد برداشت شد. دلیل استفاده از جی‌پی‌اس چند بسامد، نبودن امکان نقشه‌برداری پیوسته با استفاده از تئودولیت میان مقاطع متوالی به دلیل وجود موانع زیاد و صعب‌العبور بودن آن بخش از رود بود و به ناچار برای ادامه کار از مسیر دیگری وارد رود شده و مقاطع بعدی برداشت شدند. این پژوهش ۲۶ مقطع عرضی از مسیر مطالعه‌شده برداشت شد. داده‌های مربوط به بلندی هر نقطه بر اساس بلندی نشانک فرضی محاسبه و در مدل وارد شد. فاصلهٔ مقاطع عرضی متوالی در ساحل چپ، ساحل راست و خط مرکزی رود اندازه‌گیری و در مدل وارد شد. با توجه به وجود سه پل نجارکالا، ملاکلا و برج‌خیل روی رود در مسیر مطالعه‌شده، مشخصات هندسی پل شامل ضخامت عرشه، عرض، طول، پایه‌ها، گوشواره‌های دو طرف در بالادست و پائین‌دست اندازه‌گیری و وارد مدل شدند. برای هر پل، یک مقطع عرضی زیر پل و دو مقطع در بالادست و دو مقطع در پائین‌دست، برای شبیه‌سازی جریان نزدیک‌شونده قبل از پل و جریان دورشونده بعد از پل در نظر گرفته شد و داده‌های مربوط به بلندی نقاط و فاصله‌های میان آنها روی مقاطع عرضی با دوربین نقشه‌برداری تئودولیت برداشت شد. ضریب زبری مانینگ برای بستر، سواحل راست و چپ در مقاطع گوناگون، بر اساس اندازه‌گیری و بازدید میدانی و جدول‌های مربوطه انتخاب و در مدل وارد شدند. در این پژوهش برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-RAS و همچنین شبیه‌سازی سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷، از اندازه‌گیری‌های میدانی و آبنمود لحظه‌ای سیل با گام‌های زمانی یک ساعته در ایستگاه آب‌سنجی کیاکالا، استفاده شد.

شبیه‌سازی آب‌سنجی جریان آب در رود با مدل HEC-RAS

برای مدل‌سازی جریان سیل در رود تلار، تمام داده‌های مربوط به بلندی و فاصله‌های مربوط به ۲۶ مقطع عرضی،

فاصله‌های سواحل راست و چپ و همچنین خط مرکزی میان مقاطع در محل مربوطه، وارد نرم افزار شدند. مشخصات هندسی هر سه پل نجارکالا، ملاکلا و برج‌خیل و نیز ضریب زبری مانینگ دیوارهٔ راست و چپ رود مربوط به هر مقطع وارد نرم افزار شدند. با وارد کردن بده جریان عبوری از رود یا آبنمود جریان در ابتدای بازهٔ مطالعه‌شده، شبیه‌سازی انجام شد و خروجی‌های مدل به شکل جدول و نمودار قابل مشاهده، ذخیره و چاپ بودند.

واسنجی مدل در حقیقت بررسی درستی نتایج خروجی مدل به ازای شرایط بازهٔ مطالعه‌شده رود است و به دلیل وجود خطا در سنج‌های برآوردی مانند ضریب زبری، قبل از شبیه‌سازی آب‌سنجی جریان در رود، نیاز بود تا انجام شود. برای این کار از داده‌های منحنی بده-اشل ایستگاه آب‌سنجی کیاکالا در مجاورت بازهٔ مطالعه‌شده استفاده شد.

ضریب کارایی نش-ساتکلیف (رابطه ۱) از معیارهای بسیار شناخته‌شده در پژوهش‌های آب‌شناختی برای ارزیابی کارآمدی یک مدل است. ضریب کارایی نش-ساتکلیف، اندازهٔ تفاوت میان اندازه‌های مشاهده‌ای و اندازه‌های پیش‌بینی شده است که به شکل اندازه‌های مربع بیان می‌شود. اگر اندازهٔ ضریب نش-ساتکلیف برابر با یک باشد، تناسب کاملی میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود دارد. اندازهٔ صفر این ضریب نشان می‌دهد که مدل، نسبت به استفاده از اندازه‌های میانگین داده‌های مشاهده‌ای بهتر یا بدتر پیش‌بینی نمی‌کند. اگر ضریب بزرگتر از ۰/۷۵ باشد نتایج شبیه‌سازی خوب توصیف می‌شوند، اما زمانی که اندازه‌ها میان ۰/۳۶ و ۰/۷۵ است نتایج مدل رضایت‌بخش به‌شمار می‌رود (اینگل و همکاران ۲۰۰۷). در این پژوهش از این ضریب برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (d_i^{sim} - d_i^{obs})^2}{\sum_{i=1}^n (d_i^{obs} - d_i^{av})^2} \quad (1)$$

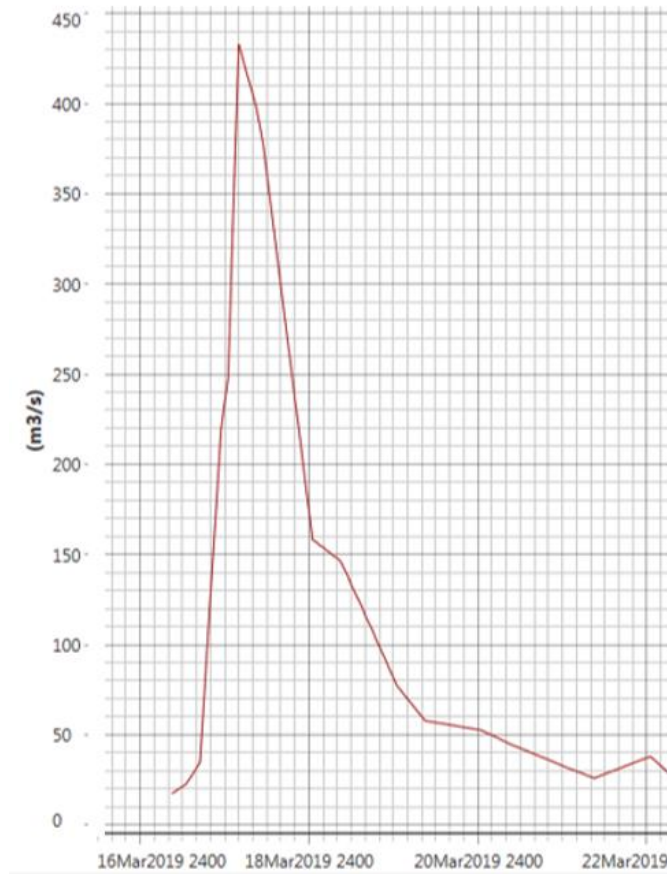
diobs: داده‌های مشاهده‌ای ژرفای آب، disim: داده‌های شبیه‌سازی‌شده ژرفای آب، daV: میانگین داده‌های مشاهده‌ای ژرفای آب، و n: تعداد داده‌ها است.

بستر رود در بازهٔ مطالعه‌شده، پس از شبیه‌سازی آب‌سنجی با بده با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله تعیین شد. حریم نه‌رهای طبیعی یا رودها با آب همیشگی یا فصلی، از یک تا ۲۰ متر بود که در این پژوهش، با روش^۱ DLSRS که در دستورالعمل تعیین حریم کمی رودها آمده است، تعیین شد (معاونت حفاظت و بهره‌برداری، دفتر مهندسی رودها و سواحل ۲۰۱۰). در این روش از شاخص‌های بده ۲۵ ساله، مکان، پایداری بستر و کناره، وضعیت جریان و تنش اجتماعی استفاده شد.

نتایج و بحث

بازگشت بیشینه بده لحظه‌ای سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ (۴۳۳ متر مکعب بر ثانیه)، برابر ۲۴ سال به‌دست آمد. داده‌های سیلاب رود به‌شکل دو ستون زمان و بده لحظه‌ای وارد مدل شد که خروجی آن از مدل به‌شکل نمودار در شکل ۲ نشان داده شده است.

گروه زمانی داده‌های بیشینه بده لحظه‌ای ۶۵ ساله ایستگاه آب‌سنجی کیاکلا با آزمون ران تست بررسی و تصادفی بودن آنها تأیید شد. پس از تأیید گروه داده‌های آب‌سنجی، تحلیل توزیع فراوانی این داده‌ها با نرم‌افزار ایزیفیت انجام شد. دوره



شکل ۲- آب‌نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ به‌شکل خروجی مدل HEC-RAS.

Fig 2-Flood hydrograph as an output of HEC-RAS Model on 18 March 2019.

نش-ساتکلیف مربوطه محاسبه شد. از آنجایی که دقیق‌ترین ضریب زبری برآوردی، در بیشترین ضریب نش-ساتکلیف به‌دست می‌آید، در جدول ۱ برای دو رخداد ۰/۸۳ و ۰/۷۸ و قابل‌قبول بود. میانگین اندازه‌های ضریب زبری به‌دست آمده از واسنجی دو رخداد، برای اعتبارسنجی رخداد دیگر استفاده شد که اندازه ضریب نش-ساتکلیف آن برابر ۰/۷۶ به‌دست آمد. این موضوع نشان‌دهنده این بود که مدل شکل واقعی آب‌نمود را به‌درستی شبیه‌سازی کرده است. پس از واسنجی و اعتبارسنجی، شبیه‌سازی آب‌سنجی جریان در رود برای بده‌ها و آب‌نمودهای گوناگون انجام شد.

پس از وارد کردن داده‌های مربوط به بلندی مقاطع گوناگون، مشخصات هندسی سه پل مزبور در بازه مطالعه‌شده، بده جریان عبوری از رود و همچنین انتخاب گزینه‌های موجود در مدل امکان شبیه‌سازی آب‌سنجی جریان آب در رود وجود داشت اما، قبل از آن نیاز بود تا واسنجی و اعتبارسنجی مدل انجام شود. با توجه به تغییرات ضریب زبری مانینگ، واسنجی برای دو رخداد ۱۳۹۷/۱۰/۲۸ و ۱۳۹۸/۰۸/۱۲ و اعتبارسنجی برای یک رخداد سیل ۱۳۹۹/۰۱/۰۴ انجام شد. شبیه‌سازی آب‌سنجی بازه مطالعه‌شده با هر آب‌نمود سیل و با ضریب زبری‌های گوناگون به‌شکل جداگانه انجام شد. ژرفای آب به‌دست آمده از شبیه‌سازی با اندازه به‌دست آمده از منحنی بده - اشل مقایسه شد و ضریب

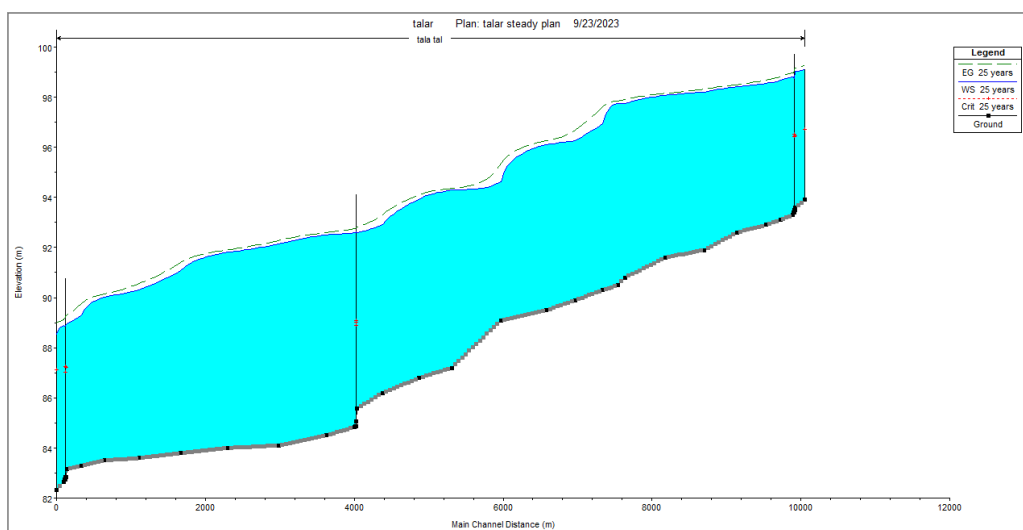
جدول ۱- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای ژرفای آب در ایستگاه کیاکلا.

Table 1 - Results of model calibration and validation for water depth in Kiakola Station.

Row	Process	Variable	Event	Nash-Sutcliffe Co.
1	Calibration	Water Depth	01/18/2019	0.83
2	Calibration	Water Depth	11/03/2019	0.78
3	Validation	Water Depth	03/23/2020	0.76

بازگشت آن ۲۴ سال برآورد شد. برای پی بردن به دلایل های آبگرفتگی شهر کیاکلا و طغیان رود تالر در مجاورت این شهر، شبیه سازی آب نمود این رخداد انجام شد. نیمرخ طولی تراز سطح آب بازه مطالعه شده پس از شبیه سازی آب نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ در شکل ۳ نشان داده شده است.

سیلاب و آبگرفتگی ناشی از طغیان رود تالر در محدوده شهر کیاکلا و روستاهای پیرامون در ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ خسارت های زیادی را به همراه داشت. بر اساس آب نمود لحظه ای دریافتی از شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، بده اوج این رخداد ۴۳۳ متر مکعب بر ثانیه بود و بر اساس تحلیل آماری روی داده های تاریخی بده رود تالر در ایستگاه آبسنجی کیاکلا، دوره

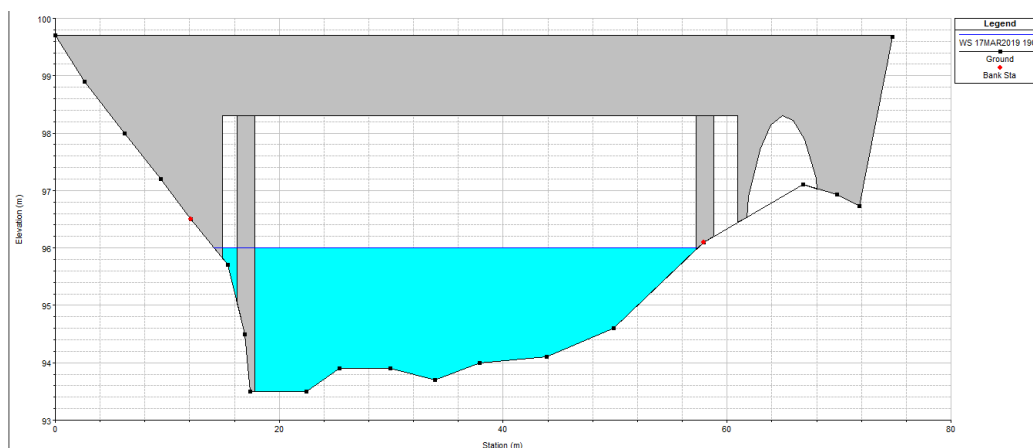


شکل ۳- نیمرخ طولی تراز سطح آب پس از شبیه سازی آب نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ در بازه مطالعه شده.

Fig 3- Longitudinal water surface level after simulation of 18 March 2019 flood hydrograph in study area.

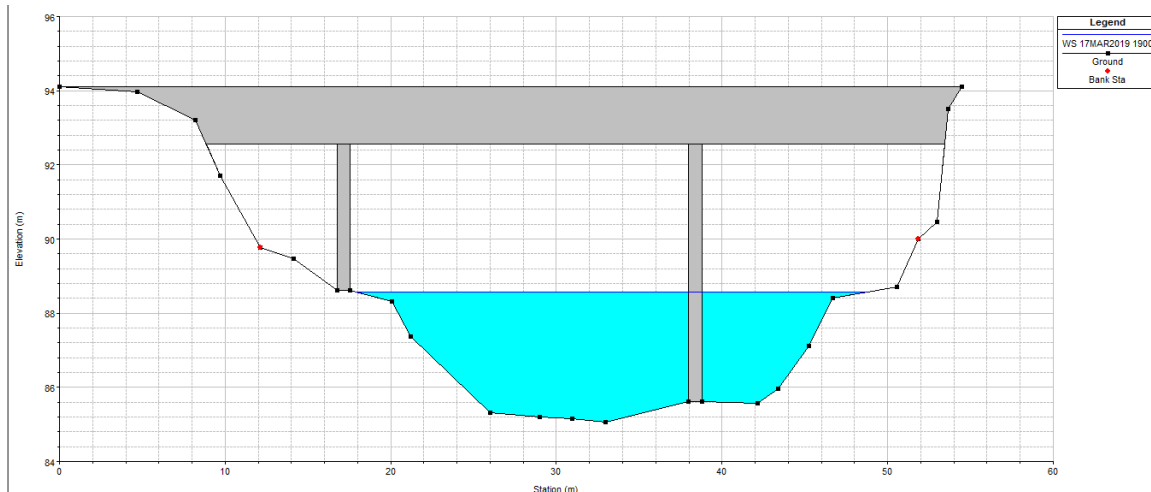
به سمت پائین دست به ترتیب پل نجارکلا، پل ملاکلا و پل برج خیل در شکل های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است.

بیشترین تراز سطح آب پس از شبیه سازی آب نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ در زیر سه پل مزبور در بازه مطالعه شده از بالادست



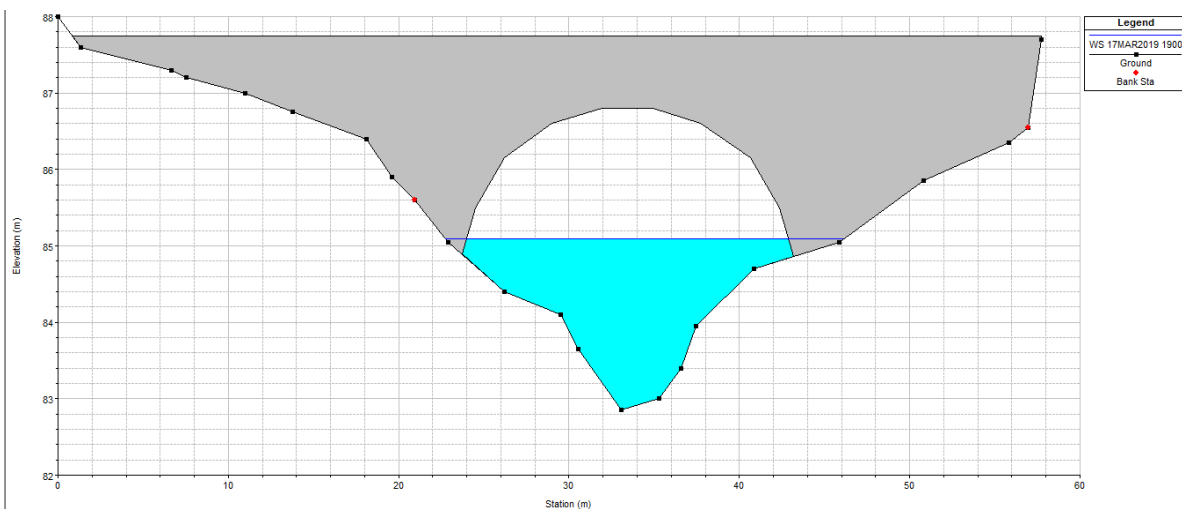
شکل ۴- شبیه سازی آب نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ و بیشینه تراز سطح آب در زیر پل نجارکلا.

Fig 4- Simulation of 18 March 2019 flood hydrograph and the maximum water level under the Najarkola Bridge.



شکل ۵- شبیه‌سازی آب‌نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ و بیشینه تراز سطح آب در زیر پل ملاکلا.

Fig 5- Simulation of 18 March 2019 flood hydrograph and the maximum water level under the Mollakola Bridge.



شکل ۶- شبیه‌سازی آب‌نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ و بیشینه تراز سطح آب در زیر پل برج‌خیل.

Fig 6- Simulation of 18 March 2019 flood hydrograph and the maximum water level under the Borjkheil Bridge.

آب به زمین‌های پیرامون شد که سرانجام موجب آب‌گرفتگی سطح شهر و روستاهای مجاور رود شد. تصویر پل برج‌خیل در زمان بروز سیل در شکل ۷ نشان‌داده شده است. وجود شاخه و تنه درختان در بالادست پل و طغیان رود و ورود آب به داخل زمین‌های مجاور در این شکل کاملاً مشهود است. فردی در حال عبور از روی پل با قایق نیز قابل مشاهده است.

بر پایه شکل‌های ۴، ۵ و ۶ در هیچ یک از پل‌ها سطح آب به زیر عرشه نرسید و به زمین‌های پیرامون جریان رود سرریز نشد. بررسی تصویرهای گوگل ارث، اطلاعات دریافتی از مردم محلی، بازدیدهای میدانی و عکس و فیلم‌های تهیه‌شده در زمان رخداد سیل، نشان داد که گرفتگی و انسداد پل‌های ملاکلا و برج‌خیل به‌وسیله شاخ و برگ و تنه درختان رخ داد و این پیشامد سبب بالا آمدن تراز سطح آب رود در بالادست و سرریز شدن جریان



شکل ۷- تصویر پل برج‌خیل در زمان بروز سیل.

Fig 7- A photo of Borjkhel Bridge at Flood Time.

ساله ایستگاه آب‌سنجی کیاکلا برابر ۴۳۸ مترمکعب بر ساعت به‌دست آمد. شبیه‌سازی آب‌نمود سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ روی بازه مطالعه‌شده رود تالار با شرایط کنونی نشان داد که تمام مقاطع رود و هر سه پل ظرفیت کافی برای عبور جریان را داشتند. همچنین، شبیه‌سازی سیلاب ۲۷ اسفند ۹۷ و مشخصات هندسی پل برج‌خیل در آن زمان نیز عبور آزاد جریان از زیر هر سه پل را نشان داد. بر اساس طغیان نکردن رود با بده‌های بیشتر در گذشته، برداشت نشدن شن و ماسه در بازه مطالعه‌شده، آسیب نزدن به بستر رود، ظرفیت عبوردهی سیلاب با دوره بازگشت‌های بیشتر برای هر سه پل مزبور در بازه مطالعه‌شده، مشخص شد که آب‌گرفتگی شهر کیاکلا و روستاهای پیرامون به‌دلیل نامناسب بودن ابعاد هندسی پل نبود، بلکه به‌دلیل گرفتگی دهانه پل با تنه و سرشاخه‌های درختان حمل‌شده از بالادست آبخیز به محل پل بود که این یافته نیز همانند شمار قابل توجهی از بلاهای طبیعی تأییدکننده بی‌توجهی و اهمیت ندادن به عملیات آبخیزداری و مدیریت بهره‌برداری جنگل در آبخیزهای منابع طبیعی بالادست است. بررسی تصویرهای ماهواره ای گوگل ارث به‌خوبی نشان داد که به بخش بزرگی از نوار حریم ۲۰ متری دو طرف رود با کاشت درختان متمرکز، آسیب وارد شد که البته هیچ تأثیری در بروز آب‌گرفتگی و خسارت‌های سیلاب ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ نداشت. جلوگیری از تغییر کاربری زمین‌های جنگلی و مرتعی در آبخیزهای کوهستانی و ساخت سازه‌های تقاطعی جمع‌آوری‌کننده اجسام شناور و غوطه‌ور در آب در آبخیزهای بالادست، اقدام‌هایی هستند که احتمال تکرار چنین پیشامدهایی را به حداقل ممکن می‌رسانند.

شبیه‌سازی آب نمود سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷، نشان داد که در تمام مقاطع رود، سرریز جریانی وجود نداشت و رود ظرفیت کافی برای عبور جریان سیلابی را داشت. با بررسی آمار ۶۵ ساله بده در ایستگاه آب‌سنجی کیاکلا (در مجاورت بازه مطالعه‌شده) مشخص شد که در گذشته سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های بیشتر رخ داده است اما، رود طغیان نکرده است. همچنین، در پیمایش مسیر در زمان نقشه‌برداری، برداشت شن و ماسه مشاهده نشد. بنابراین، دلیل طغیان رود تالار و آب‌گرفتگی شهر کیاکلا و چند روستای مجاور، انسداد دهانه پل با تنه و شاخه درختان بود. با توجه به سرریز نشدن جریان از بستر فعال رود در شبیه‌سازی آب‌سنجی با بده با دوره بازگشت ۲۵ سال، بستر رود همان بستر جریانی بود و هیچ آسیبی به بستر رود نیز رخ نداد. اندازه حریم کمی محاسبه شده در بازه مطالعه‌شده رود با استفاده از روش DLSRS، برابر ۲۷ متر به‌دست آمد که با در نظر گرفتن اندازه بیشینه، حریم بازه مطالعه‌شده از هر طرف ۲۰ متر بود. از سوی دیگر، به‌وسیله مجاورین رود تقریباً در هر دو طرف طول بازه مطالعه‌شده به‌شکل کامل، درختان متمرکز کاشت شده بود که غیر قانونی است، اما تأثیری بر سیل ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ نداشته است. زیرا جریان آبی از آبراهه اصلی و سیلاب دشت‌های چپ و راست رخ نداده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، تحلیل توزیع فراوانی با نرم افزار ایزیفیت روی داده‌های تاریخی بده ایستگاه آب‌سنجی کیاکلا نشان داد که دوره بازگشت اوج سیلاب لحظه‌ای ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ برابر ۲۴ سال بود. همچنین، سیلاب با دوره بازگشت ۲۵

فهرست منابع

- Akhavan, AH, and Azizian, A. 2021. Performance evaluation of topographical- based HAND in the estimation flood. *Inundation Journal of Hydraulics*. 16(163): 85-103. (In Persian).
- Al-Hussein AAM, Khan S, Ncibi K, Hamdi, N, and Hamed Y. 2022. Flood analysis using HEC-RAS and HEC-HMS: A case study of khazir (Middle East- Northern Iraq), *Water*, 14: 3779(22): 1-19.
- Asadi F, Fazl Ola R, Emadi A. 2017. Investigation of the river bed changes using HEC-RAS4.0 model case study: Talar River. *Journal of Watershed Management Research*. 8(15): 25-35.
- Bhandari M, Nyaupane N, Mote SR, Kalra A, Ahmad S. 2017. 2D unsteady routing and flood inundation mapping for lower region of Brazes River Watershed. *World environmental and water resources Congress*, Sacramento, California: pp. 292-303.
- Bureau of River and Shore engineering, Deputy of Conservation and Operation. 2010. Instructions for determination of quantitative limits of river, 15 p. (In Persian).
- Damadi S, Dehvari A, and Dahmardeh Ghaleño MR. 2021. Flood hazard zonation using HEC-RAS hydraulic model in Sarbaz River, Siستان and Baluchestan Province. *Watershed Engineering and Management*, 13(3): 590-601. (In Persian).
- Demir V, and Kisi O. 2016. Flood Hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mert River, Samsun, turkey. *Advances in Meteorology*, 2677. 1-9. DOI:10.1155/2016/4891015
- Engel B, Storm D, White M, Arnold JM, Arabi. 2007. A hydrologic/water quality model application protocol. *American Water Resources Association*, 43(5):1223- 1236.
- Esfandiari Daraad F, Nezafat Taklreh B, and Paseban A. H. 2022. Morphological simulation of flood occurrence in Noorchai River using Hec-Ras hydraulic model. *Environmental Erosion Research Journal*, 12(3): 190-210. (In Persian).
- Ezzine A, Saidi S, Hermassi T, Kammessi I, Darragi F. and Rajhi H. 2020. Flood mapping using hydraulic modeling and Sentinel-1 image: Case study of Medjerda Basin, northern Tunisia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23 (3): 303-310.
- Ghasabian, J. 2019. Utilizing new methods in crisis management and urban flooding with emphasis on reducing damage and casualties (Case study: Simorgh City flood). *Journal of New Research Approaches in Management and Accounting*, 4(28): 61-73. (In Persian).
- Hejazi A, Khodaie Gheshlagh F, and Khodaie Gheshlagh L. 2019. Zoning the villages at flood risk in the Varkesh-Chai Drainage Basin by GIS and Hec - Ras software and Hec-Geo-Ras extension. *Journal of Geographical Sciences*, 19(53): 137-155. (In Persian).
- Kardan N, Hasanzadeh Y, Arzanloo A. 2018. 2D Numerical Simulation of urban floods by CCHE2D (Case study: Aghghala City), *Iranian Journal of Marine Technology*, 4(10): 25-36. (In Persian).
- Khattak MS, Anwar F, Usman Saeed T, Sharif M, Sheraz K. Ahmad A. 2016. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: A case study of Kabul River, *Research Article- Civil engineering*, pp. 1375-1390.

- Panahi R, Hoseinzadeh M.M, Khalehi S. 2019. Flood risk zonation in order to determine river flood fringe (Case study: Gamasiyab River). Iranian Journal of Ecohydrology, 6(2): 553-567. (In Persian).
- Rad M, Vafakhah MM, Gholamalifard M. 2018. Flood mapping using HEC-RAS hydraulic model in part of Khorramabad watershed. Journal of Natural Environmental Hazards, 7(16): 211-225. (In Persian).
- Roshun H, Vahazadeh G, Solaimani K, Farhadi R. 2013. Simulation of river hydraulics behavior using Hec-Ras model in GIS environment (Case study: Beshahr River, Kohgiluyeh and Boyerahmad Province). Journal of Watershed Management Research, 4(7): 70-84. (In Persian).
- Shahirparsa A, Noori M, Rashidi M. 2016. Flood plain zoning simulation by using hec-ras and cche2d models in the Sungai Maka River. Air, Soil and water Research, 9(9): 55-62. DOI:10.4137/ASWR.S36089
- Silva FV, Bonuma NB, Uda PK. 2014. Flood mapping in urban area using HEC- RAS model supported by GIS, 6th International conference on flood management, Sao Paulo, Brazil. 9 p.
- Vashist K, Singh KK. 2023. HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: a case study of the Krishna River Basin. Water Practice and Technology, 18 (4): 831-844.



Investigation of Effective Factors Role on 18 March 2019 Floods of the Kiakola in Mazandaran Province by HEC-RAS Model

Valiollah Karimi^{*1} , Mohammad Ali Hadian Amri² 

- 1- Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management Department, Mazandaran Agriculture and Natural Resources research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
- 2- Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management Department, Mazandaran Agriculture and Natural Resources research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

Heavy rainfall events in short terms makes a plenty of precipitation volume that commonly causes severe problems in human community, flora and fauna. The Simorgh city was damaged financially by the floods on March 18, 2019. Hydraulic simulation from upstream to downstream of the Kiakola town causes to find the inundation factors and prevent to repeat of such events. Purpose of this research is a simulation of 18 March 2019 floods in the Telar River in Kiakola town of HEC-RAS model and determining effective factor's role in this flood event to present some countermeasures for preventing of happening such inundation in this region.

Materials and Methods

In this research, 10 km of the Telar River in the west of Simorgh city was studied. In this area, there were bridges, Najjarkola, Mollakola and Borjkheil, all of their geometric dimensions of bridges with geographic coordinates, see level elevations and distances of 26 cross sections which surveyed by theodolite and GPS multi frequency device. The hydrograph of the Telar River was simulated by the HEC-RAS Model in 18 March 2019. To obtain the return period of 18 March 2019 flood, 65 years' time series of the Telar River discharge in the Kiakola Hydrometric station was analyzed by EasyFit. The river bed was determined by 25 years return period flood and river limits was determined by DLSRS method which mentioned in determination of quantitative limits of river instruction.

Article Type: Research Article

*Corresponding Author E-mail: Vkarimi80@gmail.com

Citation: Karimi, V., Hadian Amri, M.A. 2024. Investigation of Effective Factors Role on 18 March 2019 Floods of Kiakola in Mazandaran Province by HEC-RAS Model. *Watershed Management Research*. 37(4): 2-14.

DOI: 10.22092/WMRJ.2024.364406.1564

Received: 19 December 2024, **Received in revised form:** 14 January 2024, **Accepted:** 18 March 2024

Published online: 01 January 2025

Watershed Management Research, VOL. 37, No.4, Ser. No:145, Winter 2025, pp. 2-14.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center ©Author(s)



Results and Discussion

Frequency distribution analysis was done by EasyFit software on historical discharge of the Kiakola hydrometric station showed that return period of peak discharge on 18 March 2019 hydrograph was equal to 24 years. Simulation of 18 March 2019 hydrograph on study reach indicated that all cross sections of the river and all three bridges had enough capacity to pass the flow and no damage was done to the river bed in the studied path, but a large part of the 20 m privacy strip of two the side of the river was damaged by planting fruitful trees, which, of course, had no effect on the occurrence of flooding caused by the flood of 18 March 2019 in Simorgh city.

Conclusion and Suggestions

The flooding of the city of Kiakola and the surrounding villages was not due to the inappropriate geometric dimensions of the bridge, but because the opening of the bridge was blocked with the trunks and branches of trees transported from the upstream of the watershed to the bridge site, which, like a significant number of natural disasters, confirms neglect. It is related to watershed operations in watersheds of natural resources. Preventing the change of use of forest and rangeland in mountain watersheds and building crossing structures to collect floating and submerged bodies in upstream watersheds are measures that minimize the possibility of repeating such consequences.

Keywords: Flood discharge, flood simulation, HEC-RAS, inundation