

شبیه‌سازی مورفولوژیکی وقوع سیلاب در رودخانه نوران‌چای با استفاده از

مدل هیدرولیکی HEC-RAS

فریا اسفندیاری درآباد^{*۱}: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

بهروز نظافت‌تکله: دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

امیرحسام پاسبان: دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۱

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸)



20.1001.1.22517812.1401.12.3.7.6

چکیده

وقوع سیل، پدیده‌ای طبیعی است و خطر وقوع آن در اطراف رودخانه‌ها به‌خصوص مناطق شهری و روستایی یک مسئله جهانی است؛ به عبارتی، تغییرات آب‌وهوایی و دخالت‌های انسانی در بستر رودخانه، خطر سیلاب‌های شهری و روستایی را افزایش می‌دهد، به زیرساخت‌ها خسارت وارد می‌کند و به صدمات جانی و مالی فراوان منجر می‌شود. هدف از این پژوهش، شبیه‌سازی مورفولوژیکی وقوع سیلاب در رودخانه نوران‌چای (استان اردبیل) است؛ بدین منظور برای شبیه‌سازی خطر سیلاب، از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده شد و پردازش داده‌های ژئومتری، از طریق الحاقی HEC-GEORAS صورت گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار SMADA، دوره بازگشت‌های مختلف سیلاب استخراج شد. داده‌های اصلی موردنیاز برای این پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ رودخانه نوران‌چای، داده‌های هیدرومتری و داده‌های دبی رودخانه نوران‌چای است. بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۲۰۰ سال مشخص شد که در پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت دو سال، حدود ۱۲۲ هکتار از اراضی اطراف رودخانه به زیر آب خواهد رفت، اما خسارت جانی و مالی آن چنانی نخواهد داشت. در پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت پنجاه سال، مساحت ۲۶۶ هکتار و عرض پهنه سیل گیر به حدود ۳۰۷ متر خواهد رسید که می‌تواند خسارات‌های مالی و جانی در برداشته باشد. در نهایت، پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت دویست سال، به مساحت ۳۲۹ هکتار و عرض پهنه ۵۰۰ متر خواهد رسید که برای مناطق شهری و روستایی اطراف رودخانه نوران‌چای خسارت‌های بسیار زیادی را ایجاد خواهد کرد. بنابراین، براساس پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت پنجاه و دویست ساله این نتایج حاصل شد که وقوع سیلاب برای جوامع بشری بسیار مخاطره‌آمیز خواهد بود. در نهایت، در راستای کاهش خسارت‌های جانی و مالی پیشنهاد می‌شود براساس پهنه‌بندی سیلاب رودخانه نوران‌چای اقداماتی از قبیل تجاوز نکردن به حریم رودخانه، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی به کاربری مسکونی و زهکشی مناسب آب رودخانه براساس پهنه سیلابی صورت گیرد.

واژگان کلیدی: استان اردبیل، دشت سیلابی، رودخانه نوران‌چای، شبیه‌سازی سیلاب، مدل HEC-RAS.

^{*۱} نویسنده مسئول: Esfandiyari@uma.ac.ir

۱- مقدمه

رودخانه‌ها، اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده آب برای انسان و سایر موجودات است و گاه این منشأ زندگی، نابودی و خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به همراه دارد. پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی، برای کاهش خسارت‌های وارد شده بر مناطق شهری و روستایی، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌های موجود در اطراف رودخانه اهمیت ویژه‌ای دارد (Askari et al, 2014)؛ زیرا به‌وسیله آنها می‌توان تدابیر و راهکارهایی را برای مهار سیلاب و به‌حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از آن ایجاد کرد. از مباحث کلیدی و عمده در علم ژئومورفولوژی، مهندسی و مدیریت رودخانه‌ای، موضوع مورفولوژی کانال‌های رودخانه‌ای است که درباره شکل هندسی، فرم بستر، پروفیل طولی، مقاطع عرضی و تغییر شکل و مکان آنها در طول زمان اطلاعات مفیدی فراهم می‌کند (Yamani et al, 2012). برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از این روش‌های جدید، تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با مدل‌های هیدرولیکی است؛ از این رو، تحلیل داده‌های هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS و تلفیق آن با الحاقی HEC-GeoRAS برای اجرای فرایندهای پیش‌پردازش و پس‌پردازش داده‌ها، می‌تواند به ارائه شبیه‌سازی مناسبی از پراکنش فضایی سیلاب‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف منجر شود. بنابراین پهنه‌بندی سیلاب و شناسایی روستاهای در معرض سیل، ابزاری اساسی در مهندسی آمایش روستاهای حاشیه رودخانه‌ها است که در زمینه ارائه الگوهای مناسب فعالیتی و زیستی با کمترین میزان خطر به برنامه‌ریزان و مدیران روستایی یاری می‌رساند؛ زیرا برنامه‌ریزی برای نقاط روستایی - که در فاصله نزدیک به رودخانه‌ها قرار دارند و در دوره‌های کوتاه بازگشت سیل، دائماً در معرض خطر هستند - با برنامه‌ریزی برای سکونتگاه‌های روستایی - که در موقعیتی دورتر از بستر اصلی رود واقع شده‌اند - متفاوت است (Eftekhari, 2010). در کشور، همه ساله شاهد مخاطرات سیلاب در استان‌های مختلف هستیم؛ در سال ۱۴۰۰ سیلاب‌های بزرگی در سطح کشور رخ داد که چندین ماه کل دستگاه‌های اجرایی و مردم را تحت‌تأثیر خود قرار داده بود. این سیلاب‌ها متأسفانه به از دست رفتن جان شمار زیادی از هم‌وطنان در استان‌های مختلف منجر شد؛ از این جهت، بررسی و مطالعه در زمینه خطر سیلاب در جهت کاهش خسارت‌های جانی و مالی، یکی از مهم‌ترین ضرورت‌ها به شمار می‌رود. بدین ترتیب، با توجه به فراوانی وقوع خطر سیلابی در کشور و خسارت جانی و مالی هنگفتی که برای مردم و دولت به همراه دارد، لزوم مطالعه هر چه بیشتر این خطر طبیعی بیش از پیش احساس می‌شود. نوران‌چای از جمله رودخانه‌های سیلابی استان اردبیل است که در صورت بروز سیلاب می‌تواند خسارت بسیاری را برای منطقه به بار آورد.

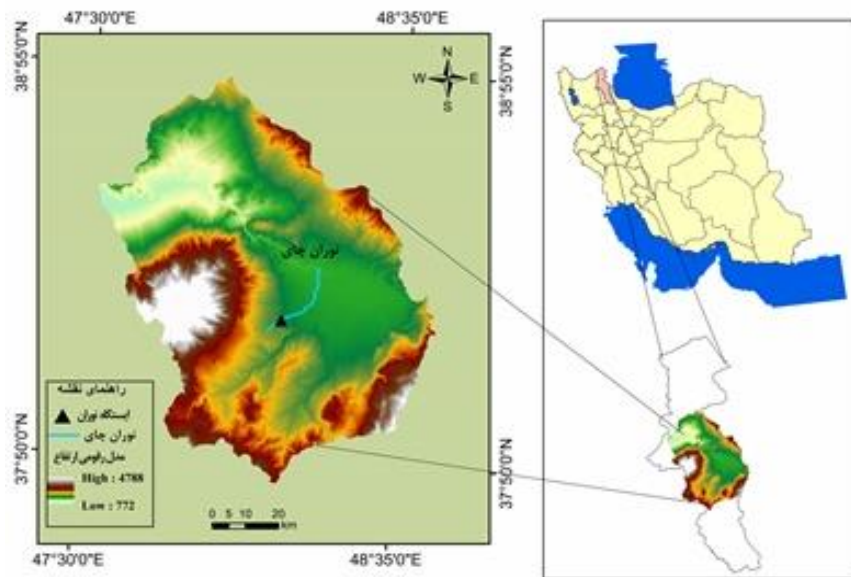
درخصوص پهنه‌بندی و شناسایی نواحی سیلاب‌گیر، مطالعاتی در سطح جهان و ایران صورت گرفته‌است؛ از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Hejazi و همکاران (2020) اشاره کرد که با استفاده از مدل HEC-RAS، به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش‌چای پرداختند. نتایج تحقیق این محققان نشان داد که ۱۱۰ کیلومتر از مساحت کل حوضه آبریز، تحت‌تأثیر سیلاب‌هایی با دوره بازگشت پنجاه سال و ۶۳ کیلومتر از آن، تحت‌تأثیر سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲۵ ساله است. Shafiei Motlagh and Ebadati (2020) به‌منظور پهنه‌بندی سیلاب و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک رودخانه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS، به مطالعه موردی رودخانه مارون در جنوب غرب ایران پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که مساحت سیل‌خیزی برای دوره‌های بازگشت مختلف ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰

ساله به ترتیب برابر با ۱۲۶۵، ۱۶۵۱، ۲۳۳۴ و ۴۴۵۰ هکتار و تعداد روستاهای در معرض خطر به ترتیب برابر با ۵، ۳، ۲ و ۹ روستا است. Esfandiari darabad و همکاران (2021) با استفاده از مدل رزگن، به طبقه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی مجرای رودخانه حمزه خانلو پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که الگوهای مجرای موجود در رودخانه و به تبع آن، پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراها با مدل رزگن مطابقت دارد. Mehrvarz و همکاران (2021) با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS، به شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره ائورت (محدوده مورد مطالعه: از روستای شورستان تا تلاقی رودخانه ارس) پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در صورت وقوع سیلابی با دوره بازگشت ۲۵ سال، حدود ۱۷۴۳ هکتار از اراضی دشت سیلابی به زیر آب خواهد رفت و خسارت‌های بسیاری را برای کشاورزان به همراه خواهد داشت. Pournabi Darzi و همکاران (2021) با استفاده از مدل هیدرولیکی RAS در محیط GIS، به پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبخیز چشمه کیله در شهرستان تنکابن پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که هر چه دوره بازگشت طولانی‌تر شود، سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرد؛ مطالعاتی همچون Askari و همکاران (2014)، Rajabi و همکاران (2014، 2015)، Rezaei Moghadam و همکاران (2012، 2015، 2016، 2017، 2019)، Razi و همکاران (2018)، Khairizadeh Arouq و همکاران (2018)، Rangari و همکاران (2019) در تحقیقی با استفاده از مدل دو بعدی HEC-RAS، به مطالعه سیلاب‌های شهری منطقه حیدرآباد هند پرداختند. نتایج کار این پژوهشگران نشان داد که منطقه مورد مطالعه مستعد خطر وقوع سیلاب است و تقریباً ۹ درصد مساحت آن در کلاس خطر بالا، ۵۶ درصد در کلاس خطر متوسط و ۳۵ درصد باقی منطقه در خطر کم سیلاب قرار دارد. Isoub و همکاران (2015) در تحقیقی با استفاده از مدل HEC-RAS، به تجزیه و تحلیل خطر سیلاب حوضه اوزنا پرداختند. نتایج شبیه‌سازی سیلاب این رودخانه نشان داد که با رخداد سیلاب در محدوده مورد مطالعه، حدود ۱۴۷ ساختمان واقع در اطراف رودخانه با خطر مواجه خواهند شد. Khattak و همکاران (2016) با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS، به تهیه نقشه پهنه‌های سیلابی رودخانه کابل پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بیشترین محدوده تحت تأثیر خطر سیلاب، زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه است. Splinter و Davalter (2016) در بررسی پوشش درختی درون کانال در مناطق اکولوژیکی اوکلاهومی شرقی و ارتباط آنها با مورفولوژی کانال و طبقه‌بندی رودخانه، از روش رزگن استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تراکم گونه‌های درختی در انواع رودخانه‌های اوکلاهومی شرقی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دارد. Ongdas و همکاران (2020) در پژوهشی با هدف تولید نقشه‌های خطر سیل در قزاقستان بیان کردند که روستای ولگو در رویداد سیل صد ساله گرفتار سیل گرفتگی شده است. Aynalem (2020) در پژوهشی در رودخانه موگا، مساحت‌های سیل گیر برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را به ترتیب برابر با ۱۸، ۲۱، ۲۶، ۳۴ و ۴۳ کیلومتر مربع گزارش کردند. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، شبیه‌سازی مورفولوژیکی وقوع سیلاب در رودخانه نوران‌چای با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS است.

۲- منطقه مورد مطالعه

رودخانه نوران‌چای، در شمال استان اردبیل واقع است که از روستای اردیموسی شروع شده تا رودخانه قره‌سو امتداد دارد. این رودخانه در موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و

از ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. سرشاخه های این حوضه از ارتفاعات سبلان در غرب حوضه آتشفشان سرچشمه می گیرد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی رودخانه نوران چای در استان اردبیل

۳- مواد و روش

نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰، داده های ایستگاه های سینوپتیک، باران سنجی و دبی سنجی، از اساسی ترین داده های پژوهش حاضر محسوب می شود که از سازمان آب منطقه ای استان اردبیل تهیه شده است.

۳-۱- ابزارهای مورد استفاده

نرم افزارهای ArcGIS 10.3، HEC-RAS و HEC-GEO-RAS

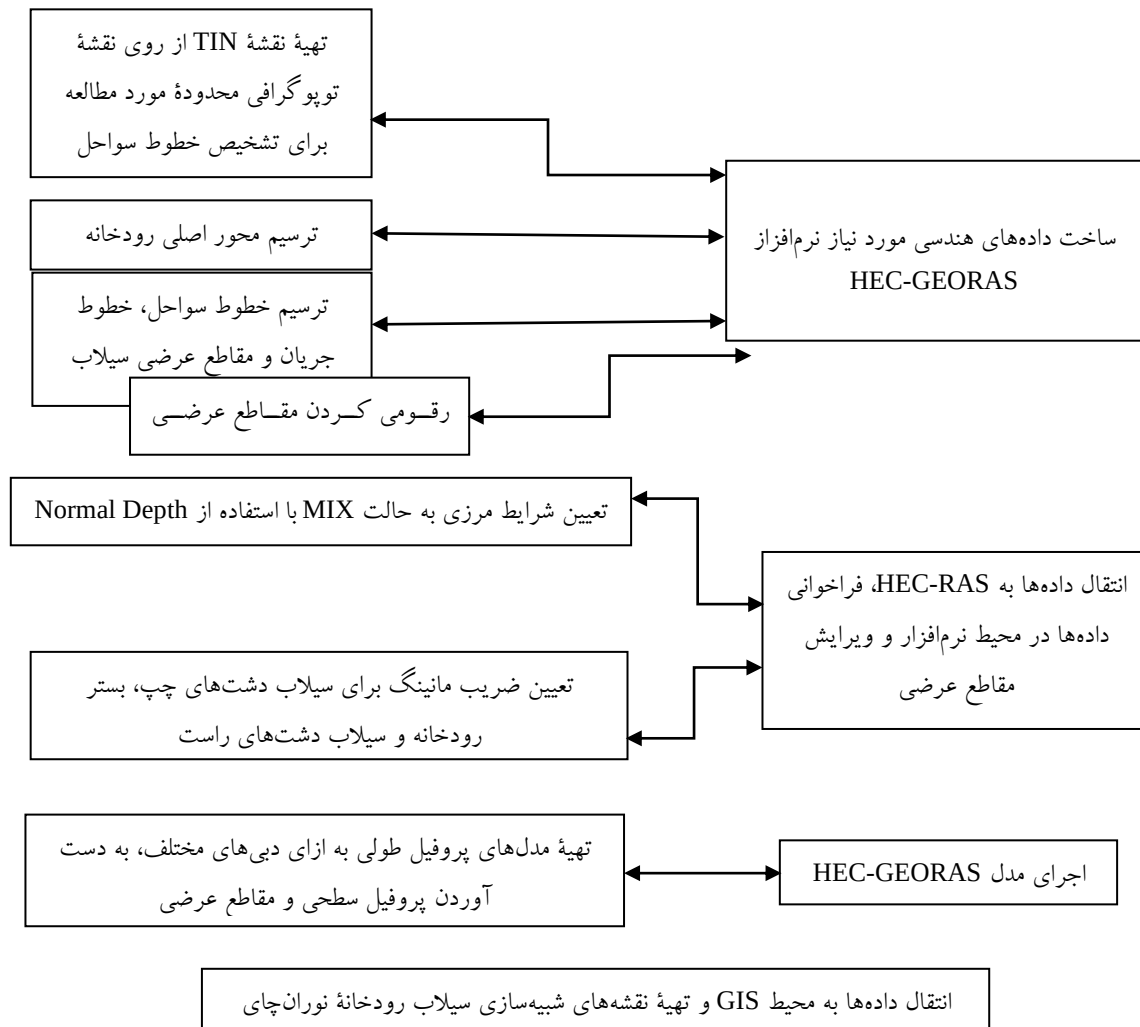
روش های موجود برای تهیه نقشه های پهنه بندی را می توان به چهار گروه عمده به شرح زیر تقسیم بندی کرد: روش های مشاهده ای و استفاده از داغ آب، مقایسه عکس های هوایی منطقه، محاسبه دستی و استفاده از مدل های ریاضی. کلیه این روش ها برای تهیه نقشه پهنه بندی سیل، نیازمند تعیین تراز جریان سیلاب و انتقال رقوم سطح آب بر روی نقشه های توپوگرافی است. همچنین همه این روش ها اصولاً برای پهنه بندی، از همان روند یکسان استفاده از رقوم تعیین شده سطح آب در هر مقطع عرضی (با موقعیت های مختلف) کمک می گیرند. تفاوت عمده بین این روش ها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب است. امروزه استفاده از مدل های ریاضی نیز بسیار متداول است. در این روش ها، جریان سیلاب به کمک مدل های ریاضی شبیه سازی می شود و پس از محاسبه پروفیل جریان توسط مدل، پهنه سیل با دوره های بازگشت مختلف بر روی نقشه های توپوگرافی منتقل می شود.

۲-۳. مدل HEC-RAS

نرم‌افزار (HEC-RAS) یا نرم‌افزار تحلیل رودخانه انجمن مهندسی ارتش آمریکا، مجموعه‌ای از ابزارها است که امکان اجرای محاسبات هیدرولیک رودخانه را در حالت جریان ماندگار و ناماندگار برای کاربر فراهم می‌سازد. سیستم HEC-RAS شامل سه مؤلفه تحلیل هیدرولیکی یک بعدی برای اجرای محاسبات پروفیل سطح آب در حالت جریان ماندگار، شبیه‌سازی جریان ناماندگار و محاسبات انتقال رسوب در مرز متحرک است. این سه مؤلفه، از یک نمایش داده‌های هندسی مشترک و از روند محاسبات هندسی و هیدرولیکی یکسان استفاده می‌کنند (yamani, 2012).

۳-۳. الحاقیة HEC-GEO-RAS

الحاقیة HEC-GEO-RAS، مجموعه‌ای از ابزارهای با قابلیت کاربرد در محیط نرم‌افزار GIS است. این الحاقیة بین نرم‌افزار ArcGIS و نرم‌افزار HEC-RAS ارتباط ایجاد می‌کند و به‌ویژه در زمینه پردازش داده‌های مکانی برای استفاده در مدل‌سازی RAS و برای پردازش نتایج RAS در محیط GIS طراحی شده‌است. پردازش اطلاعات زمینی و سایر داده‌های GIS در نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از GEO-RAS، به کاربر اجازه می‌دهد برای تجزیه و تحلیل RAS یک فایل هندسی ایجاد و صادر کند. برای اجرای محاسبات هیدرولیکی با استفاده از مدل HEC-RAS، ابتدا باید مقاطع عرضی تعریف شود که برای این کار در محیط نرم‌افزار ArcMap، لایه مورد نظر نقشه TIN استخراج می‌شود. پس از تشکیل لایه TIN، لایه‌های مختلفی همچون لایه خط مرکزی جریان، لایه خطوط کناری رودخانه، لایه محدوده جریان و لایه مقاطع عرضی ترسیم و پس از پردازش توسط نرم‌افزار ArcMap، برای کار در مدل هیدرولیکی HEC-RAS آماده استخراج می‌شود. مدل HEC-RAS می‌تواند محاسبات پروفیل سطح آب را برای جریان پایدار متغیر تدریجی در رودخانه‌ها و کانال‌های مصنوعی در رژیم‌های جریان زیربحرانی، فوق بحرانی و مختلط انجام دهد. نمودار ۱، بیانگر طرح شماتیک نحوه اجرای مدل HEC-RAS است.

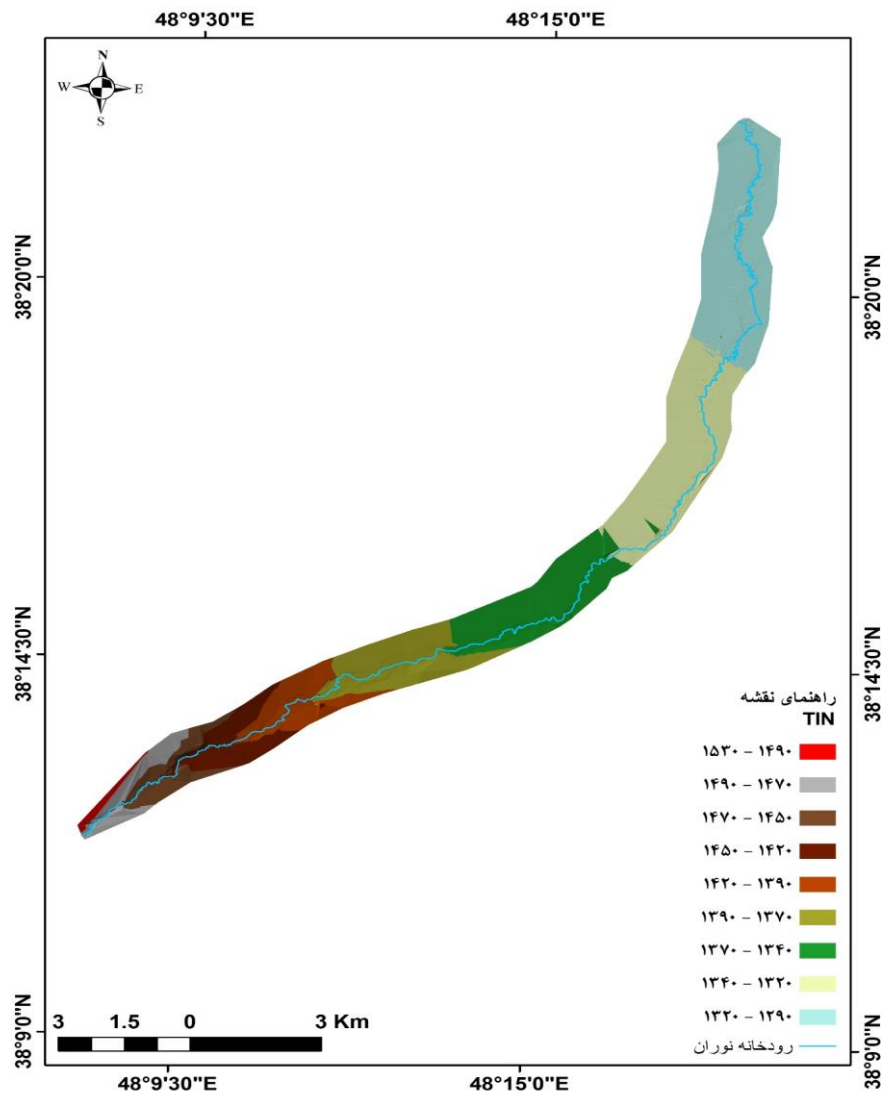


نمودار ۱: مراحل اجرای مدل HEC-GEORAS

۴- یافته ها

۴-۱- ایجاد TIN و لایه های ورودی به RAS

لایه TIN در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه مورد نیاز RAS است و هر چه رقوم ارتفاعی به دست آمده رودخانه دقیق تر باشد، مدل سه بعدی حاصل بیشتر به واقعیت نزدیک خواهد بود. در این پژوهش به دلیل استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ و انطباق و انداختن نقشه های موجود بر روی تصویر ماهواره ای ETM منطقه، مشخص شد که TIN به دست آمده از نقشه های رقومی می تواند بستر و دشت های سیلابی اطراف رودخانه نوران چای را به طور قابل توجهی شبیه سازی کند. بر همین اساس می تواند مرجع مناسبی برای اجرای تحقیقات و ایجاد لایه های شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای باشد. حداقل ارتفاع از سطح دریا، ۱۲۲۰ متر و حداکثر ارتفاع، ۱۵۳۰ متر است (شکل ۲).

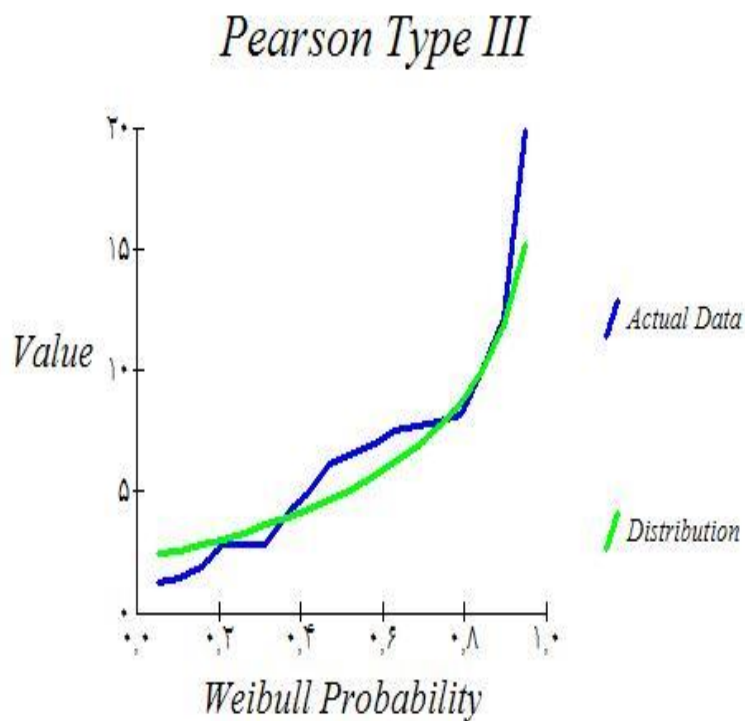


شکل ۲: نقشه شبکه نامنظم مثلثاتی TIN بازه مورد مطالعه

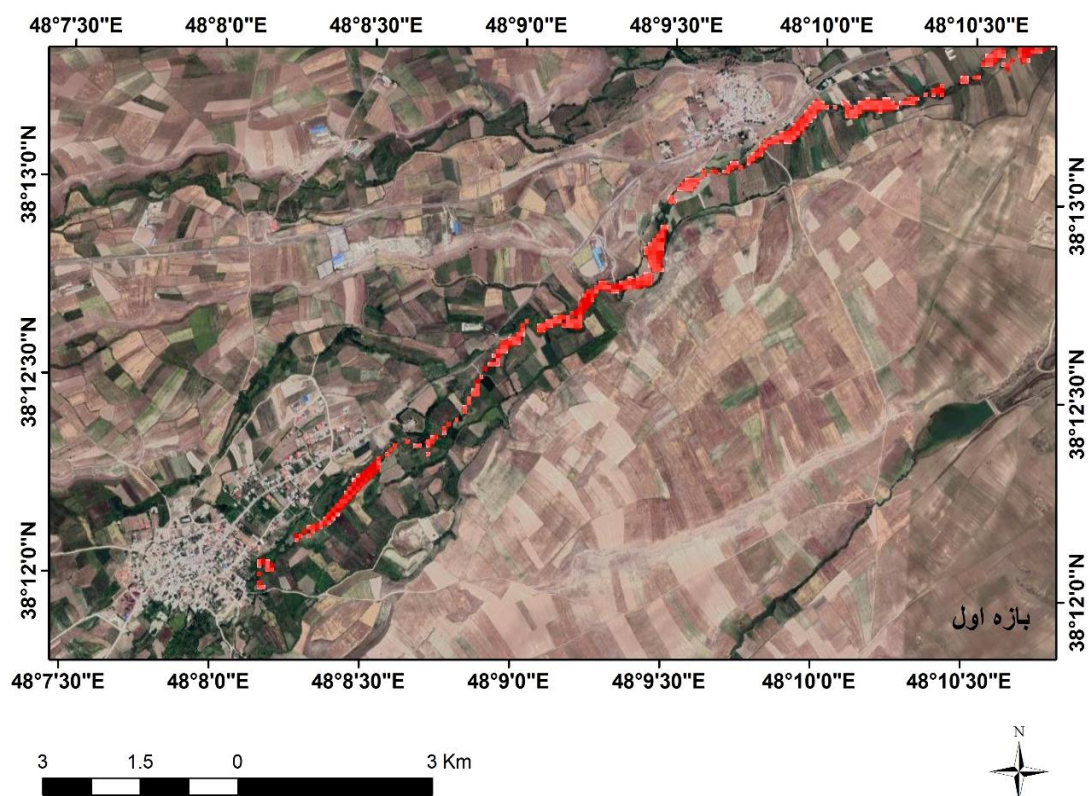
سیلاب‌ها علاوه بر اینکه به طور مستقیم یا غیر مستقیم، خطرانی را متوجه جوامع انسانی می‌سازند به تغییرات ژئومورفولوژیکی قابل توجهی نیز منجر می‌شوند. بدین ترتیب، ارزیابی رخداد سیلاب از جنبه‌های مختلف اهمیت بسیار دارد. برای ارزیابی سیلاب، روش‌ها و رویکردهای مختلفی وجود دارد. بر این اساس، داده‌های مربوط به ایستگاه هیدرومتری نوران‌چای از شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل تهیه شد. پس از آماده کردن دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه با استفاده از نرم‌افزار SMADA، توزیع پیرسون تیپ ۳ به لگاریتم مبنای ۱۰ بر دبی‌های پیک برآزش داده شد و حداکثر دبی لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد. دبی جریان سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله رودخانه نوران‌چای، در جدول ۱ و نمودار ۲ نمایش داده شده‌است. براساس نتایج به دست آمده از جدول ۱، کمترین احتمال وقوع سیلاب با دوره بازگشت دو سال حدود پنجاه درصد است و بیشترین احتمال وقوع سیلاب به ترتیب با دوره بازگشت دویست و صد سال، به ترتیب ۹۹/۵ و ۹۹ درصد است. اشکال ۳ و ۴، پراکنش فضایی سیلاب‌های شبیه‌سازی رودخانه نوران‌چای را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقادیر دبی محاسبه شده با دوره بازگشت های مختلف رودخانه نوران چای با استفاده از توزیع پیرسون تیپ ۳

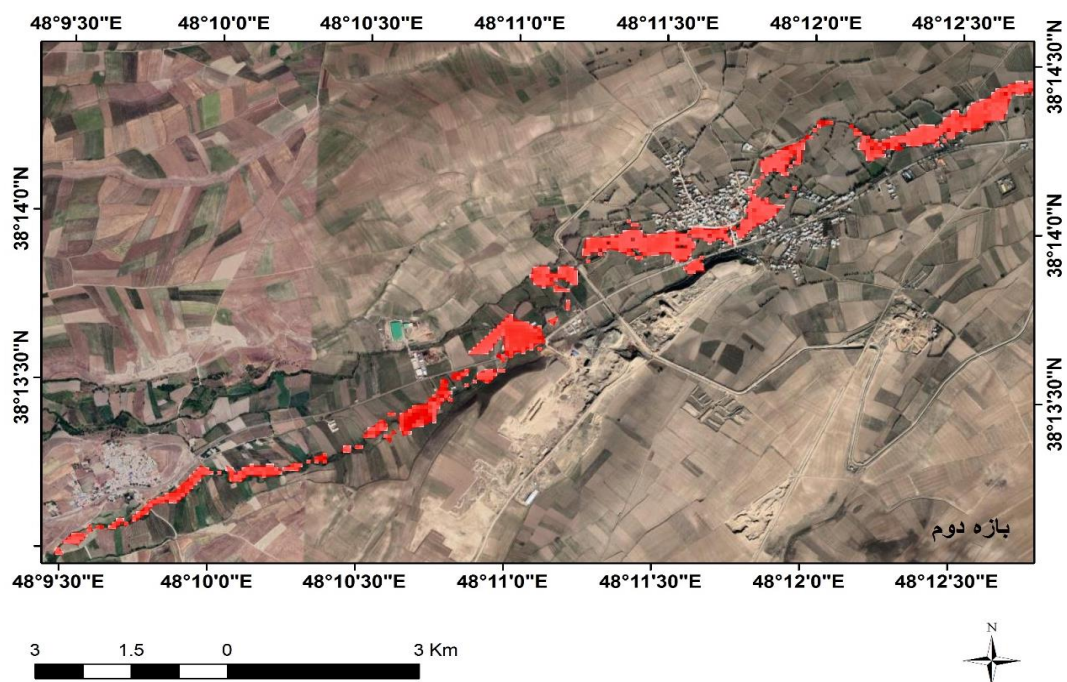
دبی محاسبه شده (m^3/s)	دوره بازگشت (سال)	احتمال وقوع (درصد)	انحراف استاندارد
۴/۹۱	۲	۵۰	۱/۵۴
۸/۹۰	۵	۸۰	۲/۴۰
۱۲/۰۸	۱۰	۹۰	۲/۸۰
۱۶/۴۵	۲۵	۹۶	۴/۷۱
۱۹/۸۸	۵۰	۹۸	۷/۱۲
۲۳/۴۰	۱۰۰	۹۹	۱۰/۰۹
۲۷	۲۰۰	۹۹/۵	۱۳/۴۸



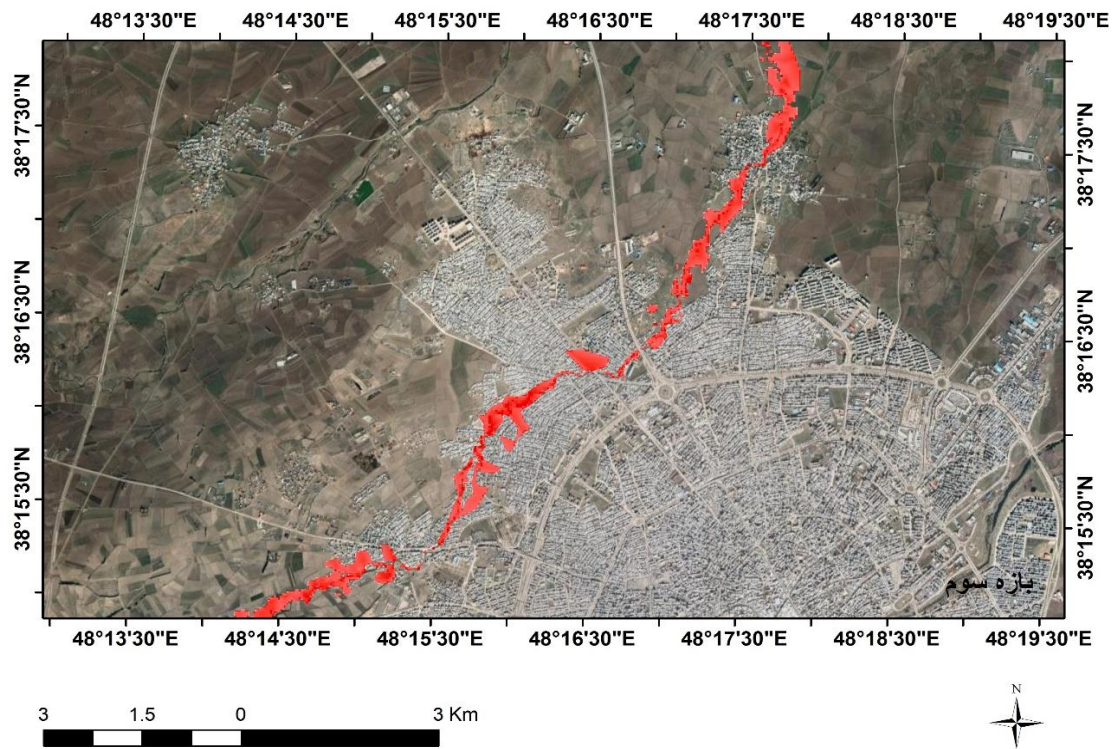
نمودار ۲: توزیع پیرسون تیپ ۳ ایستگاه هیدرومتری نوران



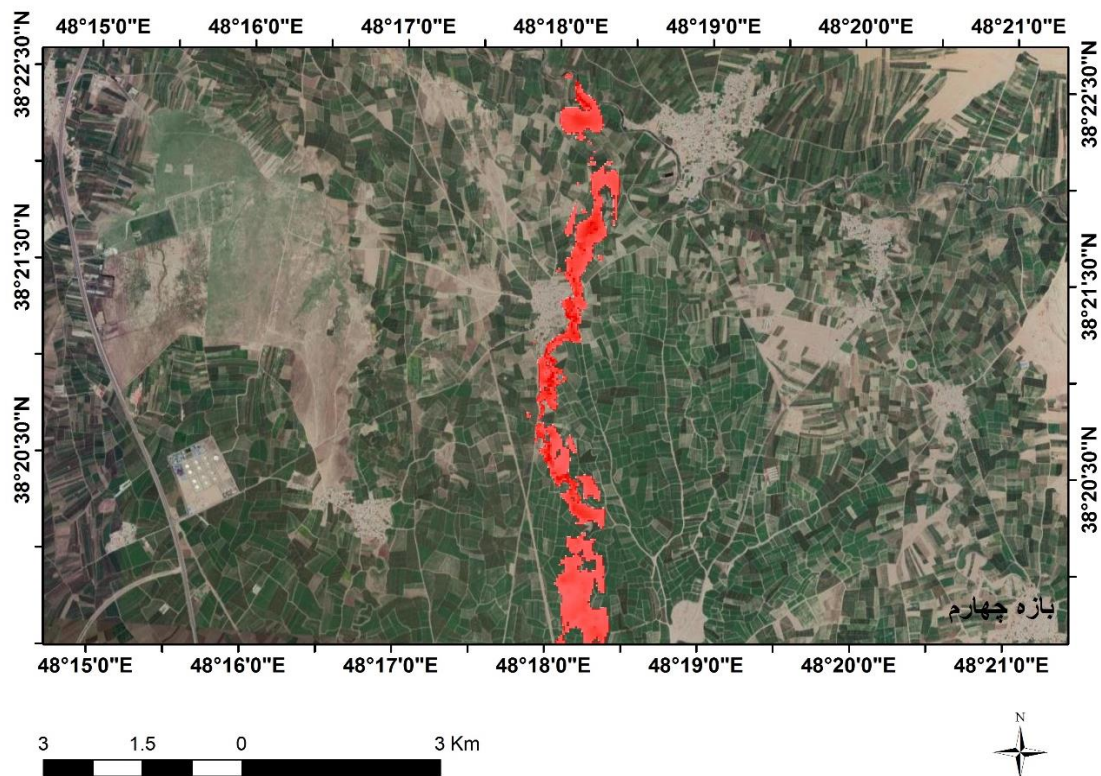
شکل ۳: پهنه های سیلابی رودخانه نوران چای در بازۀ اول با دوره بازگشت های مختلف



شکل ۴: پهنه های سیلابی رودخانه نوران چای در بازۀ دوم با دوره بازگشت های مختلف

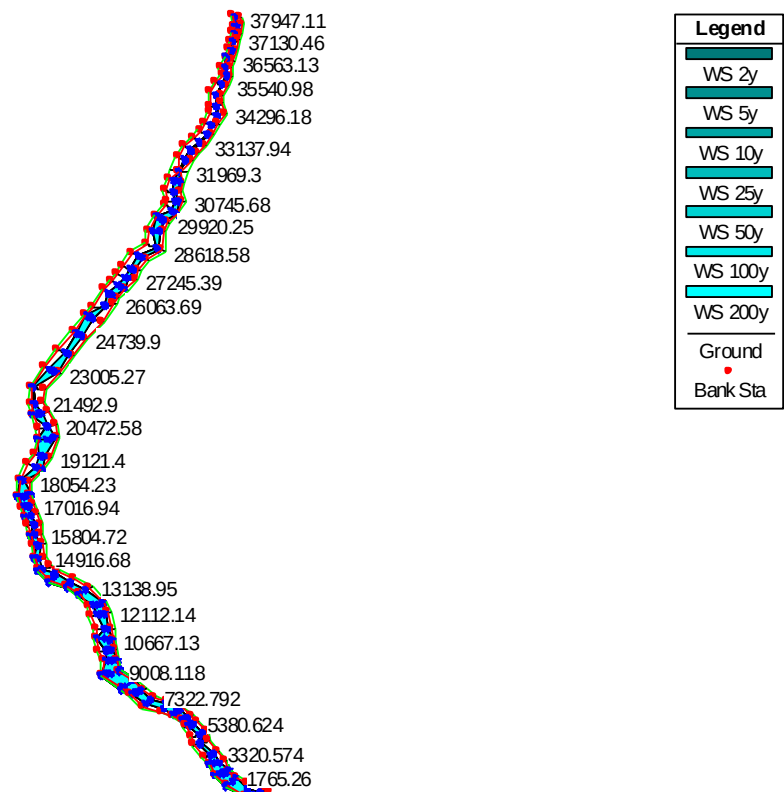


شکل ۵: پهنه های سیلابی رودخانه نوران چای در بازه سوم با دوره بازگشت های مختلف



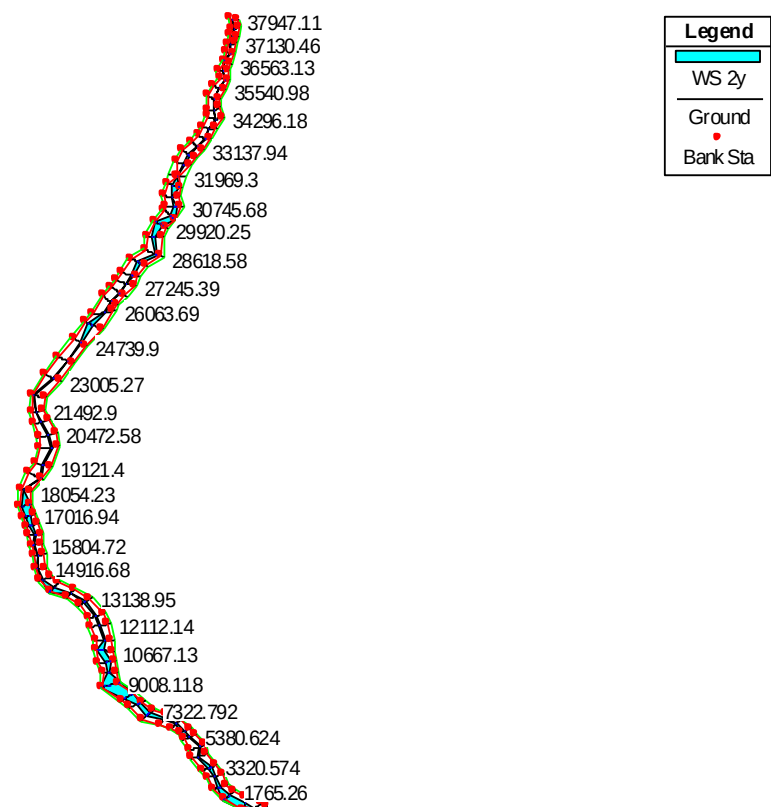
شکل ۶: پهنه های سیلابی رودخانه نوران چای در بازه چهارم با دوره بازگشت های مختلف

Noran Plan: Plan 01 1/15/2022



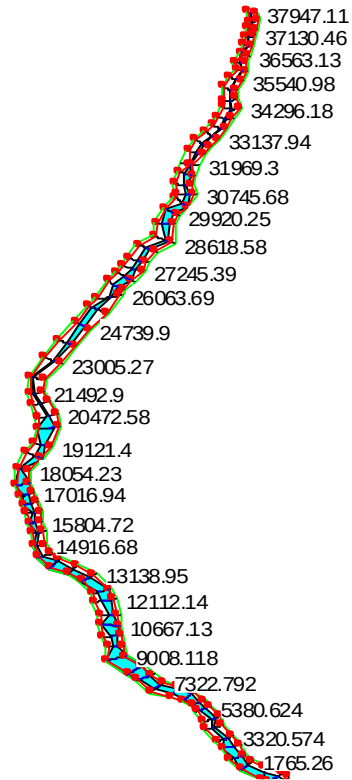
شکل ۷: شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای با دوره بازگشت های مختلف در نرم افزار HEC-RAS

Noran Plan: Plan 01 1/15/2022



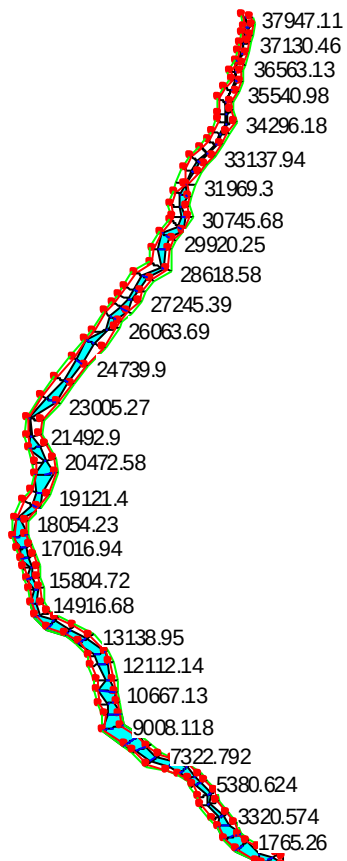
شکل ۸: شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای با دوره بازگشت دو سال

Noran Plan: Plan 01 1/15/2022



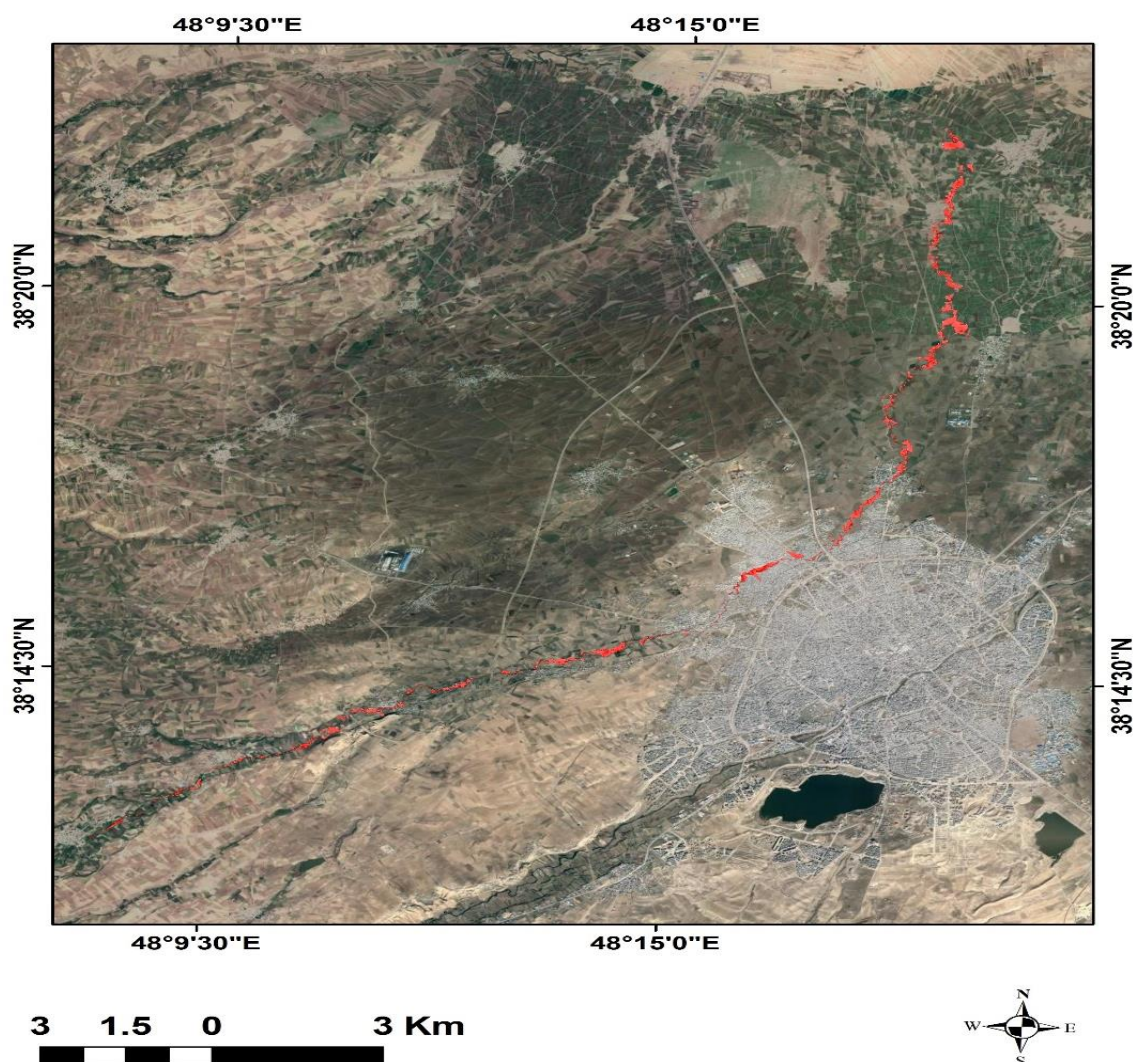
شکل ۹: شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای با دوره بازگشت پنجاه سال

Noran Plan: Plan 01 1/15/2022



شکل ۱۰: شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای با دوره بازگشت دویست سال

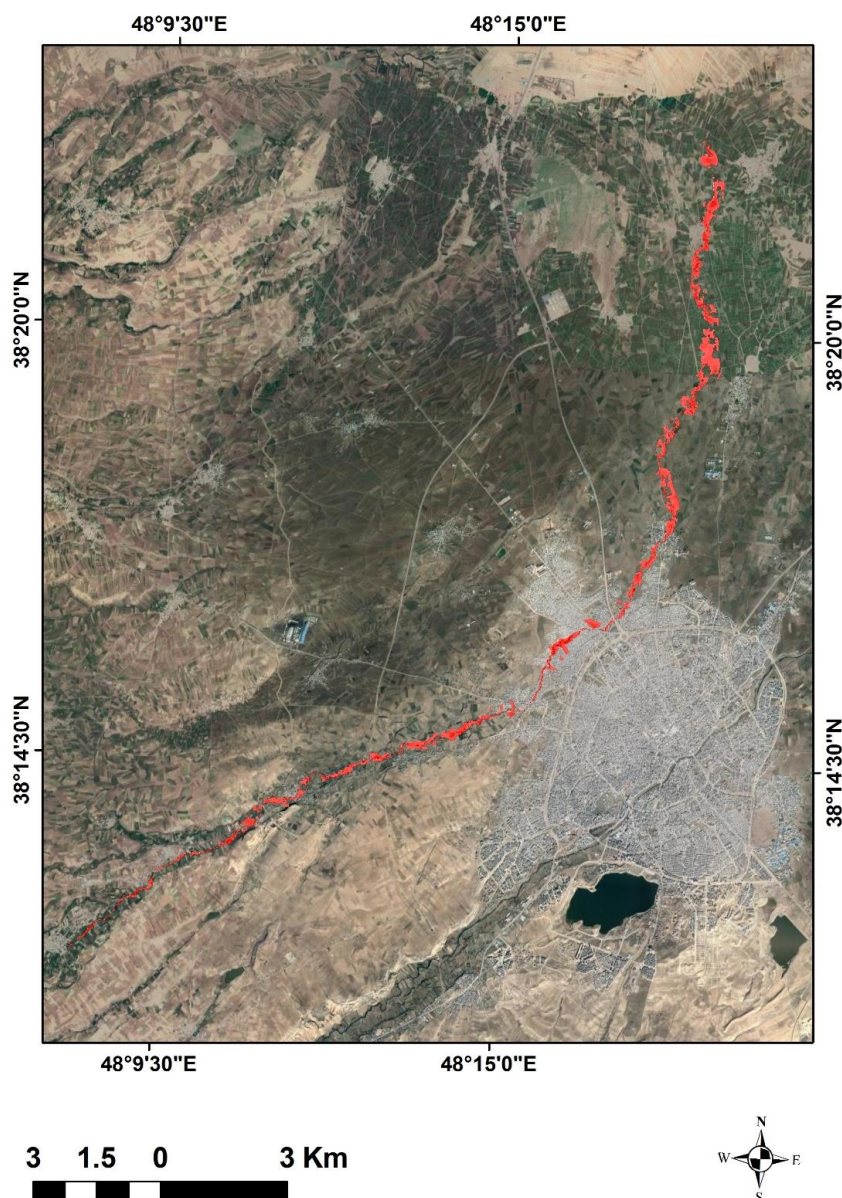
بر اساس نقشه پهنه‌بندی سیلاب (شکل ۱۱)، مساحت سیلاب با دوره بازگشت دو ساله در امتداد رودخانه نوران‌چای در حدود ۱۲۲ هکتار است. این پهنه‌ها عمدتاً منطبق بر بستر این رودخانه است که به صورت محلی، حاشیه مجرای رودخانه را در برمی‌گیرد. میانگین عرض پهنه‌های در معرض سیلاب‌های با دوره بازگشت دو ساله، در حدود ۱۶۰ است. در کل، این گونه سیلاب‌ها خطری برای جوامع انسانی ساکن در مناطق شهری و روستایی به همراه ندارد. در نهایت، بیشترین پهنه سیلابی با دوره بازگشت دو ساله، قسمتی از پایین‌دست رودخانه نوران‌چای را در برمی‌گیرد که به دشت اردبیل وارد شده است و کمترین میزان آن نیز در بالادست این رودخانه قابل مشاهده است؛ با این حال، این سیلاب‌ها به دلیل تناوب و توان بالا در شکل‌دهی پلان‌فرم مجرا، در شکل‌گیری و تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه نوران‌چای اهمیت زیادی دارد.



شکل ۱۱: پهنه سیلابی رودخانه نوران‌چای با دوره بازگشت دو سال

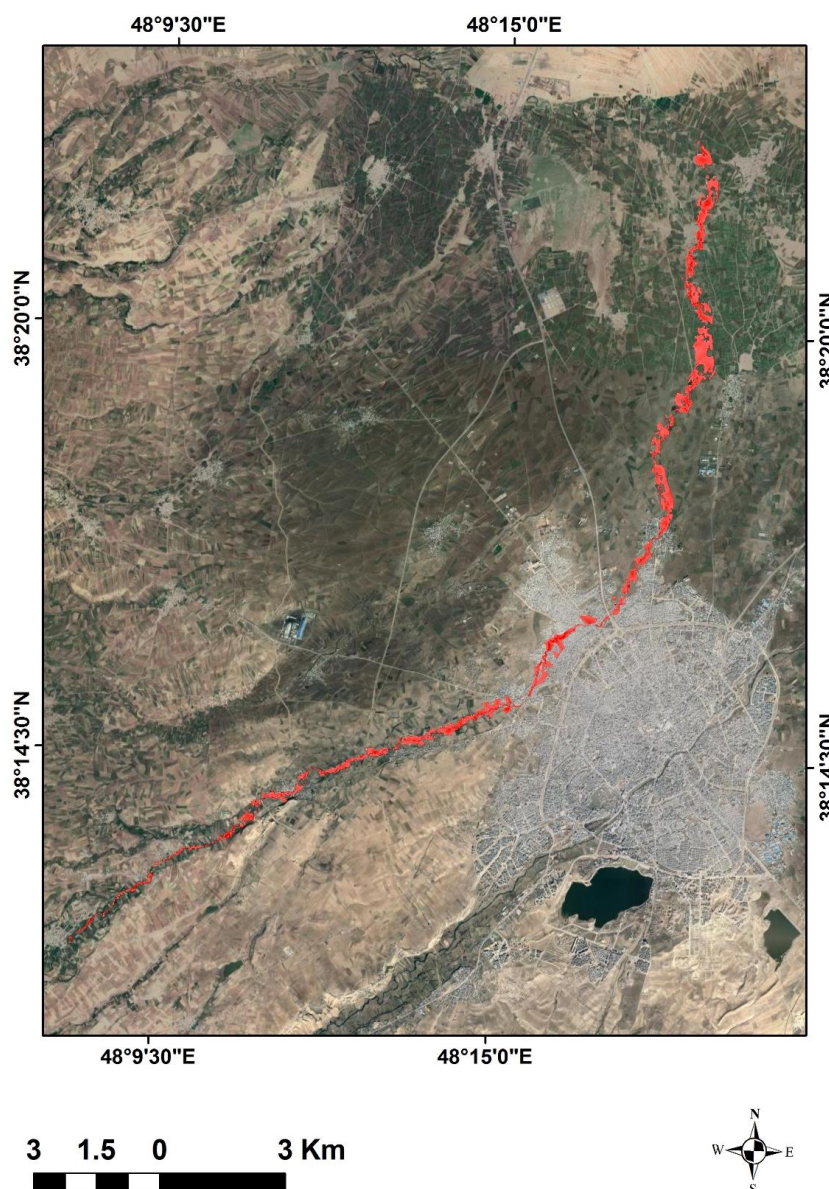
بر اساس نقشه پهنه‌بندی سیلاب (شکل ۱۲)، محدوده اثرگذاری سیلاب‌های با دوره بازگشت پنجاه سال در امتداد رودخانه نوران‌چای، حدود ۲۶۶ هکتار افزایش می‌یابد. همچنین میانگین عرض سیل‌گیری سیلاب‌های پنجاه سال، به حدود ۳۰۷ متر می‌رسد. این سیلاب‌ها، پهنه‌های سیلابی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰ و ۲۵ سال را در برمی‌گیرد. در نتیجه

این افزایش مساحت و عرض بیشتر در بازه های ۳ و ۴، محدوده های منتهی به دشت اردبیل است که نسبت به بازه های ۱ و ۲، ارتفاع کمتری دارد و به ایجاد پهنه های سیلابی بیشتری در مناطق بالا منجر شده است. این امر باعث شده اراضی کشاورزی اطراف رودخانه نوران چای گرفتار غرقاب شود و برخی از مناطق مسکونی شهر اردبیل و روستاهایی که این رودخانه از آنها عبور می کند، دچار خسارت شود و حتی تلفات جانی نیز در پی داشته باشد. در کل، این گونه سیلاب ها می تواند برای جوامع انسانی ساکن در مناطق شهری و روستایی خطراتی به همراه داشته باشد. در نهایت، بیشترین پهنه سیلابی با دوره بازگشت پنجاه سال، پایین دست رودخانه نوران چای را در برمی گیرد که از شهر اردبیل عبور می کند و کمترین میزان آن نیز در بالادست این رودخانه قابل مشاهده است.



شکل ۱۲: پهنه سیلابی رودخانه نوران چای با دوره بازگشت پنجاه سال

بر اساس نقشه پهنه‌بندی سیلاب (شکل ۱۳)، محدوده اثرگذاری سیلاب‌های با دوره بازگشت دویست سال در امتداد رودخانه نوران‌چای، حدود ۳۲۹ هکتار افزایش می‌یابد. همچنین میانگین عرض سیل‌گیری سیلاب‌های دویست سال به حدود ۵۰۰ متر می‌رسد. این سیلاب‌ها پهنه‌های سیلابی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال را در برمی‌گیرد. در نتیجه، این افزایش مساحت و عرض بیشتر در همه قسمت‌های بالادست، میاندست و پایین‌دست رودخانه نوران‌چای قابل مشاهده است؛ به عبارتی در دوره بازگشت دویست سال، پهنه سیلابی رودخانه نوران‌چای همه بخش‌های رودخانه را در بر گرفته‌است. این گونه سیلاب‌ها به دلیل دبی بالا و مشارکت دبی‌های انشعابات مختلف می‌تواند بخش عمده‌ای از مساحت دشت سیلابی رودخانه را تحت تأثیر قرار دهد و علاوه بر خسارت‌های جانی و مالی و تخریب اراضی کشاورزی، پیامدهای مورفولوژیکی متعددی از قبیل تغییر مسیرهای کوتاه، میان‌برها و غیره را به همراه داشته باشد. سیلاب‌های با دوره بازگشت دویست سال، بیشتر مناطق مسکونی روستاهای اطراف این رودخانه و حتی بستر رودخانه در بخش وارد شده به دشت اردبیل، قسمتی از مناطق مسکونی شهر اردبیل را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۱۳: پهنه سیلابی رودخانه نوران‌چای با دوره بازگشت دویست سال

۵- بحث و نتیجه گیری

با توجه به شبیه سازی سیلاب رودخانه نوران چای با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، این نتیجه حاصل شد که بیانگر تغییرپذیری مکانی بسیار بالای خطر سیلاب در امتداد این رودخانه است. این تغییرپذیری، از شرایط ژئومورفولوژیکی متغیر در امتداد رودخانه سرچشمه می گیرد. نتایج نشان می دهد که سیلاب های با دوره بازگشت دو سال، خطری جدی را برای جوامع انسانی ساکن در مجاورت رودخانه نوران چای به همراه ندارد و عمدتاً اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه را تحت تأثیر قرار می دهد. با افزایش دوره های بازگشت، خطر ناشی از سیلاب ها نیز افزایش می یابد. سیلاب های با دوره بازگشت پنجاه سال به دلیل در برگرفتن محدوده زیادی از رودخانه و تحت تأثیر قرار دادن مناطق مسکونی، به خسارت های مالی و جانی منجر خواهد شد و پهنه سیلابی دویست سال به دلیل قدرت جریان و در برگرفتن محدوده بسیار زیاد، علاوه بر تغییرات بستر رودخانه و تغییرات مورفولوژیکی اطراف رودخانه، تخریب و خسارت های فروان جانی و مالی در بر خواهد داشت. تحقیقات مشابهی همچون Rad و همکاران (2018) در حوضه آبخیز خرم آباد واقع در استان لرستان با معرفی شرایط مرزی جریان، دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت های مختلف، مقاطع عرضی و فاصله آنها و ضریب زبری مانینگ برای هر مقطع را در مدل هیدرولیکی HEC-RAS اجرا کردند و نیم رخ سطح آب در دوره های بازگشت مختلف سیل را به دست آوردند. Shafiemotlagh and Ebadati (2021) با استفاده از نرم افزار HEC-RAS، به پهنه بندی سیلاب و شبیه سازی رفتار هیدرولیک رودخانه مارون پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که مساحت سیل خیزی برای دوره های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال به ترتیب برابر با ۱۲۶۵، ۱۶۵۱، ۲۳۳۴ و ۴۴۵۰ هکتار و تعداد روستاهای در معرض خطر به ترتیب برابر با ۵، ۳، ۲ و ۹ است. Sheikh Alishahi و همکاران (2016)، به پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبریز منشا- استان یزد) پرداختند. این محققان به این نتیجه رسیدند که پهنه سیلاب محاسبه شده (دوره بازگشت دویست سال)، دارای مساحت ۸/۹ کیلومترمربع است که بیشترین مساحت به اراضی کشاورزی (۷۱/۴۵ هکتار) و باغی (۱۲/۷۷ هکتار) اختصاص دارد. Sayyad و همکاران (2021)، به تهیه و تحلیل نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی Hec-Ras و MAPPER RAS (مطالعه موردی: رودخانه سوک چم کاشان) پرداختند. محققان به این نتایج دست یافتند که سطح سیل گیری برای دوره بازگشت های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به ترتیب برابر با ۰/۷۷، ۰/۹، ۱/۱۵ و ۱/۴۷ کیلومتر مربع است. بنابراین برای جلوگیری از خسارت های جانی و مالی پیشنهاد می شود از تجاوز کردن به حریم رودخانه و تغییرات کاربری اراضی به مسکونی خودداری شود و زهکشی مناسبی در حریم رودخانه نوران چای ایجاد شود صورت گیرد.

منابع

1. Aynalem, SB., 2020. Flood Plain Mapping and Hazard Assessment of Muga River by Using ArcGIS and HEC-RAS Model Upper Blue Nile Ethiopia, *Landscape Architecture and Regional Planning*, 5, 74-85.
2. Askari, Sh.; Ahmadi, M.; & M. Hemmati, 2014. Chardavol River Erosion Using RAS Hydraulic Model in GIS Environment, *Journal of Geographical Research*, 30, 116, 50-81. (in Persian).
3. Eftekhari, R.; Sadeghloo, A. R.; & T. Ahmadabadi, 2010. Evaluation of zoning of villages at risk of flood using GEO_RAS –HEC model in GIS case study: Villages of Gorganrood Basin, *Journal of Local Development (Rural-Urban Development)*, 1(1), 157-182. (in Persian)

4. Esfandiari in Abad, F.; Bakhshandeh, R.; Rahimi, M.; Haji, Kh.; & R. Mostafa Zadeh, 2021. Classification and geomorphological analysis of a part of Hamzeh Khanloo river using Rozgan model, *hydrogeomorphology*, 25(7), 59-39. (in Persian)
5. Hejazi, A.; Khodaei Gheshlagh, F.; & L. Khodaei Gheshlagh, 2020. Flood risk zoning in Varkesh-Chay catchment using HEC-RAS hydraulic model and HEC-GEORAS extension, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 53(19), 137-155, 71-80. (in Persian)
6. Iosub, M.; Minea, I.; Hapciuc, O.; & G. H. Romanescu, 2015. The use of HEC-RAS modelling in flood risk analysis, *Aerul si Apa, Componente ale Mediului*, 315.
7. Khairizadeh Arouq, M.; Rezaei Moghadam, M. H.; Rajabi, M.; & R. Danesh Faraz, 2018. Analysis of lateral changes of Zarrinrood river channel using geomorphological methods, *Quantitative geomorphological research*, 4, 76- 102. (in Persian)
8. Khattak, M. S.; Anwar, F.; Saeed, T. U.; Sharif, M.; Sheraz, K.; & A. Ahmed, 2016. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: a case study of Kabul River, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(4), 1375-1390.
9. Shafiei Motlagh, Kh., & N. Ebadiati., (2021). Flood zoning and simulation of river hydraulic behavior using HEC RAS software (Case study: Maroon River - southwest of Iran). *Journal of Echo Hydrology*. 7(2), 397-409. (in Persian)
10. Mehrvarz, A.; Madadi, A.; Esfandiari in Abad, F.; & M. Rahimi, 2021. Simulation of flood of Aorta river using HEC-RAS hydraulic model in GIS environment (study area: from Shuristan village to Aras river confluence), *Komb Geomorphology Research*, 4(8), 131-146. (in Persian)
11. Pournabi Darzi, S.; Vafakhah, M.; & M. R. Rajabi, 2021. Flood risk zoning using RAS hydraulic model in GIS environment, a case study of Cheshmeh Kileh watershed in Tonekabon, *Natural Environment Hazards*, 28(10), 15-28. (in Persian)
12. Ongdas, N.; Akiyanova, F.; Karakulov, Y.; Muratbayeva, A.; & N. Zinabdin, 2020. Application of HEC-RAS (2D) for flood hazard maps generation for Yesil (Ishim) river in Kazakhstan, *Water*, 12, 1-20.
13. Rangari, V. A.; Sridhar, V.; Umamahesh, N.; & A. K. Patel, 2019. Floodplain mapping and management of urban catchment using HEC-RAS: a case study of Hyderabad City, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A* 100, 49-63.
14. Rad, M.; Vafa Khah, M.; & M. Gholam Ali Fard, 2017. Flood zoning using HEC-RAS hydraulic model downstream of Khorramabad watershed, *Hazards of the Natural Environment*, 7(16), 211-226. (in Persian)
15. Rajabi, M., & M. Faizollahpour., (2014). Landslide zoning of Givi Chai river basin using multilayer perceptron model of feedstock after diffusion (BP). *Geography and Development*. 36, 180-161. (in Persian)
16. Rajabi, M.; Faizollahpour, M.; & Sh. Roustaei, 2015. Using the Nervous Gradual Refrigeration Model (NDE) in estimating the suspended sediment load and comparing it with the ANFIS and RBF models, *Geography and Development*, 39, 1-16. (in Persian)
17. Razi, M. A. M.; Marimin, N. A.; Ahmad, M. A.; Adnan, M. S.; & S. N. Rahmat, 2018. HEC-RAS Hydraulic Model for Floodplain Area in Sembrong River, *International Journal of Integrated Engineering*, 10(2).
18. Rezaei Moghadam, M. H.; Ashuri, M.; & Z. Piri, 2015. Investigation of morphological change of riverbed after welcoming the construction of the dam using HEC RAS-GIS (downstream of Sattarkhan Dam), *Natural Geography Research*, 1, 87-100. (in Persian)
19. Rezaei Moghadam, M. H.; Khairizadeh, M.; & M. Rahimi, 2016. Study of lateral displacement of Aras river channel from 1379 to 1393 (from 15 km west of Aslandooz to the river leaving the political area of Iran), *Geography and Environmental Planning*, 27(3), 15 -32. (in Persian)

20. Rezaei Moghadam, M. H.; Rajabi, M.; Daneshfaraz, R.; & M. Khairizadeh, 2017. Zoning and study of morphological effects of Zarrinehroud river floods, *Geography and environmental hazards*, 17, 95. (in Persian)
21. Rezaei Moghadam, M. H.; Tharouti, M. R.; & A. Asghari Saraskanrood, 2012. Investigation of the flow curve pattern of Ghezel Ozan river using curvature coefficient and central angle indices, *Geography (Scientific-Research Quarterly of the Geographical Society of Iran)*, 10th year, 34, 102-85. (in Persian)
22. Rezaei Moghadam, M. H.; Yasi, M.; Nikjoo, M. R.; & M. Rahimi, 2019. Zoning and morphological analysis of floods of Gharasoo river using HEC-RAS hydrodynamic model (from Pirazmian village to Aharchai river confluence), *Geography and environmental hazards*, 25, 1-15. (in Persian)
23. Sayad, D.; Ghazavi, R.; & I. Omidvar, 2021. Preparation and analysis of flood risk map using RAS HEC and MAPPER RAS hydraulic models (Case study: Suk Cham river of Kashan). 10(39), 19-37. (in Persian).
24. Sheikh Alishahi, N.; Jamali, A. A.; & M. Hassanzadeh Nafouti, 2016. Flood Risk Zoning Using Hydraulic Model of River Analysis (Case Study: Manshad Watershed - Yazd Province), *Geographical Space Quarterly*, 53(16), 77-96. (in Persian).
25. Splinter, D. K., & D. C. Dauwalter., (2016). Frequency of large in-channel wood in eastern Oklahoma ecoregions and its association with channel morphology. *Geomorphology*. 269, 175-185.
26. Yamani, M.; Turani, M.; & S. Chezgeh, 2012. Determination of floodplains using hec-ras model Case study of upstream Gling to Pol Veshteh, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(1), 1-16. (in Persian).

Morphological Simulation of Flood Occurrence in Nooranchai River Using HEC-RAS Hydraulic Model

Fariba Esfandiari darabad¹: Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

Behrouz Nezafat Takleh: PhD. Student, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

Amir Hesam Pasban: PhD. student, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

Article History (Received: 2022/02/07 Accepted: 2022/05/1)



20.1001.1.22517812.1401.12.3.7.6

Extended abstract

1-Introduction

Rivers are considered as the main sources of water for humans and other organisms, and sometimes this source of life causes destruction and irreparable damage. Predicting the hydraulic behavior of rivers in the face of potential floods to reduce damage to urban and rural areas, facilities under construction, farms and other existing uses around the river is of particular importance (Askari et al., 2014) because they can be used to provide measures and solutions to control floods and minimize the damage caused by it. One of the key topics in geomorphology, engineering and river management is the morphology of river canals, which provides useful information about the geometric shape, bed shape, longitudinal profile, cross sections and their deformation and location over time (Yamani et al, 2012).). Hejazi et al. (2020) zoned for flood risk in the Varkeshchay catchment using the HEC-RAS model. The results of these researchers showed that 110 km of the total catchment area is affected by floods with a return period of 50 years and 63 km of it is affected by floods with a return period of 25 years. Shafiei Motlagh and Ebadati (2020) used HEC-RAS software (Case study: Maroon River - southwest of Iran) to perform zoning of the flood and simulating the hydraulic behavior of the river. They concluded that the flood area for different return periods of 5, 10, 25 and 50 years is equal to 1265, 1651, 2334 and 4450 hectares, respectively, and the number of endangered villages is equal to 5, 3, 2 and 9, respectively. In a study aimed at producing flood risk maps in Kazakhstan, Ongdas et al. (2020) stated that the village of Volgo was flooded during a 100-year flood event. Aynalem (2020), in a study on the Muga River, reported floodplains for 5, 10, 25, 50, and 100-year return periods of 18, 21, 26, 34, and 43 km², respectively. Therefore, the aim of the present study is to morphologically simulate the occurrence of floods in the Nooranchay River using the HEC-RAS hydraulic model.

2- Methodology

Geological maps 1: 100000, topographic maps 1: 50000, and 1: 2000, data of synoptic stations, rain gauges, and flowmeters are among the most basic data of the present study which were prepared by Ardabil Regional Water Organization. HEC-RAS software or software river US Army Engineering is a set of tools that allows the user to perform river hydraulic calculations in steady-state and non-steady-state flow. The HEC-RAS system includes three components of one-dimensional hydraulic analysis to perform water level profile calculations in steady-state flow, non-steady-state simulation

¹ Corresponding Author: esfandiyari@uma.ac.ir

and sediment transport calculations at the moving boundary. These three components share a common geometric representation and use the same geometric and hydraulic calculation process is set of tools that can be used in the GIS software environment. This add-on creates a link between ArcGIS software and HEC-RAS software, and is specifically designed for spatial data processing for use in RAS modeling and for processing RAS results in the GIS environment. Processing ground data and other GIS data in ArcGIS software using GEO-RAS allows the user to create and export a geometric file for RAS analysis. To perform hydraulic calculations using the HEC-RAS model, first the cross sections must be defined, for which the desired layer of the TIN map is extracted in the ArcMap software environment. After forming the TIN layer, different layers such as center flow line layer, river bank line layer, flow range layer and cross-section layer are drawn and after processing by ArcMap software, it is ready to be extracted for HEC-RAS hydraulic model work. The HEC-RAS model can perform water level profile calculations for Gradual variable steady flow in rivers and artificial canals in subcritical, supercritical and mixed flow regimes.

3- Results

The TIN layer is the basis for extracting the alignment lines and the required RAS layer, and the more accurate the obtained river elevation figure, the closer the 3D model will be to reality. In this study, due to the use of topographic map 1: 2000 and also the adaptation and casting of existing maps on the ETM satellite image of the region, it was found that TIN obtained from digital maps is able to significantly simulate floodplains and plains around Nooranchai River. The basis can be a good reference for conducting research and creating flood simulation layers of the Nooranchai River. The minimum altitude is 1220 meters and the maximum altitude is 1530 meters above sea level. According to the flood zoning map (Figure 11), the flood area with a return period of 2 years along the Nooranchai River is about 122 hectares. These zones mainly correspond to the bed of Nooranchai river, which locally surround the river channel. The average width of areas exposed to floods with a return period of 2 years is about 160. In general, such floods do not pose a threat to human communities living in urban and rural areas. Finally, the highest flood zone with a two-year return period covers the lower part of the Nooranchai River, which has entered the Ardabil plain, and the lowest flood zone with a two-year return period can be seen upstream of the Nooranchay River. However, these floods are of great importance in the formation and morphological changes of the Nooranchai River duct due to their high frequency and potential for shaping the channel platform. Also, the average flood width of 50-year-old floods is about 307 meters. These floods cover flood zones with return periods of 2, 5, 10 and 25 years. As a result of this increase in area and width in areas (3), (4), the areas leading to the Ardabil plain, which are lower than areas (1), (2), has led to more flood zones in the above areas This has caused the flooding of agricultural lands around the Nooranchai River, and even damaged some residential areas of Ardabil and the villages through which the Nooranchai River passes, and even resulted in casualties. In general, such floods can pose a threat to human communities living in urban and rural areas. Finally, the highest flood zone with a return period of 50 years is downstream of Nooranchai River, which flows through Ardabil, and the lowest flood zone with a return period of 50 years can be seen upstream of Nooranchay River. The impact of floods with a return period of 200 years along the Nooranchay River increases by about 329 hectares. Also, the average flood width of 200-year-old floods is about 500 meters. These floods cover flood zones with a return period of 2, 5, 10, 25, 50, 100 years. As a result of this increase in area and width, more can be seen in all parts of the upper, middle and lower reaches of the Nooranchai River. In other words, during the return period of 200 years, the flood zone of Nooranchai River has covered all parts of the river. Due to high discharge and the participation of discharges of different tributaries, such floods can affect a large part of the floodplain area of the river and in addition to human and financial losses and destruction of agricultural lands, have many morphological consequences such as shortcuts, and so on. Floods with a return period of more than 200 years affect the residential areas of the villages around the Nooranchai River and even the

riverbed in the part entering the Ardabil plain; they can also affect part of the residential areas of Ardabil.

4- Discussion & Conclusions

Considering the flood simulation of Nooranchai river using HEC-RAS hydraulic model, it was concluded that it shows a very high spatial variability of flood risk along Nooranchai river. This variability stems from variable geomorphological conditions along the river. The results show that floods with a return period of 2 years do not pose a serious threat to human communities living in the vicinity of the Nooranchai River. These floods mainly affect the agricultural lands along the river. The risk of floods also increases with increasing return periods. Floods with a return period of 50 years due to the inclusion of a large area of the river and affecting residential areas will lead to property and human losses. These floods can also lead to morphological changes around the river, as well as extensive damage and loss of life and property. Rather similar findings were obtained by scholars such as Rad et al. (2018), who conducted a study in Khorramabad watershed located in Lorestan province and indices such as flow boundary conditions, maximum instantaneous flow with different return periods, cross sections and their distance and manning roughness coefficient for each section in HEC-hydraulic model RAS implementation and water level profile were obtained in different flood return periods. In addition, Shafiemotlagh & Ebadati (2021) used HEC-RAS software to zone the flood and simulate the hydraulic behavior of the Maroon River. They concluded that the flooding area for the return periods of 5, 10, 25 and 50 years is equal to 1265, 1651, 2334, 4450 hectares, respectively, and the number of endangered villages is equal to 5, 3, 2 and 9, respectively.

Key Words: Aedebil province; Flood plain; Nooranchai River; Flood simulation; Model HEC-RAS.