



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

دوره بیست و پنجم، شماره‌ی ۹۲
زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۹۲-۱۱۲

محمد حسین رضایی مقدم^{۱*}

داود مختاری^۲

توحید رحیم‌پور^۳

وحیده تقی‌زاده تیمورلویی^۴

تحلیل دینامیکی سیلاب و تعیین مناطق سیل گیر برای دوره های بازگشت مختلف با استفاده از مدل‌سازی هیدرولیکی در حوضه آبریز آذرشهرچای

چکیده

یکی از مراحل حیاتی در اقدامات مدیریتی کاهش سیل، ایجاد نقشه‌های طغیان سیل است. نقشه‌برداری از مناطق دشت سیلابی پیش‌نیاز مدیریت صحیح ریسک سیل و بازیابی خسارات سیل است. رودخانه‌های گنبرچای و آلمالوداش واقع در حوضه آبریز آذرشهرچای همه ساله شاهد وقوع سیلاب‌های ناگهانی و شدید می‌باشند که تاثیر مخربی بر زیربناها، اقتصاد و امنیت اجتماعی منطقه می‌گذارد. لذا بررسی جامع‌تر در زمینه علل و تاثیرات سیل در رودخانه‌های گنبرچای و آلمالوداش واقع در حوضه آبریز آذرشهرچای جهت ارائه راهکارهای موثر برای کاهش خطر و مدیریت بحران، احساس شد. بدین منظور ابتدا مشخصات هندسی رودخانه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و افزونه HEC-GeoRAS ترسیم و جهت شبیه‌سازی در دوره بازگشت‌های مختلف به محیط نرم‌افزاری HEC-RAS منتقل شدند. به منظور برآورد توزیع فراوانی سیل از آمار دبی حداکثر روزانه ایستگاه هیدرومتری قرمزی‌گل استفاده و پهنه‌های سیل برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله تهیه شد و با استفاده از جدول کاون و مطالعات میدانی، ضرایب زبری برای بستر و کرانه‌های هر دو رودخانه تعیین شد. در محدوده مورد مطالعه رودخانه گنبرچای در دوره بازگشت‌های ۱۰ الی ۵۰۰ ساله اراضی با کاربری باغ مستعدترین مناطق برای وقوع سیل شناسایی شدند. در مرحله دوم اراضی با

^۱ گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز و انجمن مخاطره شناسی ایران، ایران

Rezmogh@tabrizu.ac.ir

^۲ گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳ پژوهشگر پسادکتری، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۴ دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز

کاربری مرتع دارای پتانسیل بالایی برای وقوع سیل هستند. رتبه‌های سوم و چهارم به اراضی با کاربری‌های کشاورزی آبی و کشاورزی باغ از لحاظ پتانسیل وقوع سیل تعلق دارد. در محدوده مورد مطالعه آلمالوداش اراضی با کاربری مرتع بالاترین مناطق مستعد سیل شناسایی شد و اراضی کشاورزی آبی، دیم و باغ به ترتیب پهنه‌های بعدی آسیب‌پذیر از سیل شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی

آلمالوداش، حوضه آبریز آذرشهرچای، گنبرچای، سیل، HEC-RAS

مقدمه

امروزه گرمایش جهانی منجر به افزایش سطح دریا و افزایش بارندگی‌های شدید شده است (Jang, Chang, Wu, Liao, & Hsu, 2025). تأثیر گرمایش جهانی بر فرآیند تشدید چرخه هیدرولوژیکی به یک واقعیت انکارناپذیر تبدیل شده است. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که خطر سیل در پاسخ به گرمایش جهانی اغلب به عنوان یک الگوی رو به افزایش در هر دو مورد وقوع و بزرگی در مقیاس منطقه‌ای ظاهر می‌شود. (Chen et al., 2023). درواقع سیل یکی از رایج‌ترین و مخرب‌ترین پدیده‌های مشاهده‌شده در سراسر جهان است (Peker, Gulbaz, Demir, Orhan, & Beden, 2024) و ناشی از بارندگی بیش از حد است که می‌تواند به شکل باران بی‌وقفه که از ظرفیت تحمل بستر رودخانه فراتر می‌رود، باشد و باعث شود آب از کناره‌های رودخانه و مناطق مجاور سرازیر شود. سیل منطقه وسیعی از زمین‌های حاصلخیز در امتداد کناره رودخانه را تهدید می‌کند و آن را به یکی از بدترین بلایای طبیعی در هنگام وقوع تبدیل می‌کند. سیل در مقایسه با سایر بلایا به عنوان یکی از وحشیانه‌ترین بلایای طبیعی در نظر گرفته می‌شود (AL-Hussein, Khan, Ncibi, Hamdi, & Hamed, 2022) که با اثرات مخرب و گسترده مسئول خسارات اقتصادی و مرگ و میر است. بر اساس گزارش‌ها این خطر طبیعی بخش قابل توجهی از کل بلایای طبیعی گزارش شده در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد (Ongdas, Akiyanova, Karakulov, Muratbayeva, & Zinabdin, 2020). برای مقابله با نتایج مخرب سیل، باید سازوکاری برای پیش‌بینی سیل، هشدار سیل و ارزیابی ریسک ایجاد شود. درواقع، پیش‌بینی سیل و مدل‌سازی طغیان رودخانه‌ها یک نیاز مبرم در زمان حال است که همیشه یک چالش بزرگ برای محققان در کمک به مقامات اداری در مدیریت سیل بوده است (Ali et al., 2021). مدیریت سیل را می‌توان به طور کلی به عنوان بهبود توانایی ما در مقابله با خطرات سیل با تمرکز بر اطمینان از اینکه ابتکارات توسعه، آسیب‌پذیری در برابر سیل را افزایش نمی‌دهند، تعریف کرد (El-Bagoury & Gad, 2024). یکی از مراحل حیاتی در اقدامات مدیریتی کاهش سیل، ایجاد نقشه‌های طغیان سیل است. نقشه‌برداری از مناطق دشت سیلابی پیش‌نیاز مدیریت صحیح ریسک سیل و بازبانی خسارات سیل است. بسیاری از محققان در نقاط مختلف جهان با استفاده از HEC-RAS 5.0.7، یک برنامه نرم‌افزاری کامپیوتری با کاربرد گسترده، نقشه‌برداری سیل و ارزیابی خطر سیل را انجام داده‌اند (Spor, Pasa, & Dogan, 2025) که یکی از نرم‌افزارهای خوب در مدل‌سازی عددی سیستم‌های کانال طبیعی و سازه‌ای است (Mustamin, Maricar, & Lopa, 2024). اخیراً نرم‌افزارهای مبتنی بر HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به طور مکرر مورد استفاده قرار گرفته‌اند که نقش مهمی در ایجاد نقشه‌های خطر سیل ایفا می‌کنند. نقش این نرم‌افزار شبیه‌سازی جریان رودخانه و امکان نقشه‌برداری از سیل‌ها به صورت

محلّی است. همچنین به یادگیری تأثیر سناریوهای احتمالی تغییرات اقلیمی در حوضه‌ها کمک می‌کند. از آنجایی که آنها به طور کلی با مدل ارتفاعی رقومی (DEM) کار می‌کنند، امکان تجسم نتایج را فراهم می‌کنند. این امر اطلاعات مهمی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد (Aksoy, 2025). حوضه آبریز آذرشهرچای در دامنه غربی توده کوهستانی سهند در شمال غرب ایران همه ساله شاهد وقوع سیلاب‌های ناگهانی و شدید می‌باشد که تأثیر مخربی بر زیربنایها، اقتصاد و امنیت اجتماعی منطقه می‌گذارد. تغییرات اقلیمی به‌همراه عواملی همچون مدیریت نادرست منابع آب و استفاده غیر مناسب از زمین، به تشدید وقوع این مخاطره طبیعی دامن زده است. کمبود سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار به‌موقع سیل و عدم توجه کافی به اصول مدیریت بحران در سطح محلی، باعث شده است که جامعه محلی به‌موقع نتواند در برابر این بالای طبیعی واکنش نشان دهد. لذا بررسی جامع‌تر در زمینه علل و تأثیرات سیل در رودخانه‌های گنبرچای و آملوداش واقع در حوضه آبریز آذرشهرچای جهت ارائه راهکارهای موثر برای کاهش خطر و مدیریت بحران، احساس شد. پژوهش حاضر سعی بر ارائه الگویی از پراکنش مناطق مستعد سیل در اطراف رودخانه‌های مذکور دارد. مطالعات زیادی با استفاده از مدل HEC-RAS جهت پهنه‌بندی سیل در رودخانه‌ها انجام شده است که به طور مثال می‌توان به این موارد اشاره کرد: مددی و همکاران (Madadi, Mehrvarz, Esfandiari Darabad, & Rahimi, 2020) خطر وقوع سیلاب رودخانه دره انورت در استان اردبیل را که همواره با رخداد سیلاب‌های بزرگ مواجه بوده، با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS شبیه‌سازی کردند. بر اساس تجزیه و تحلیل‌های انجام شده و مطالعات میدانی، تغییرات زیادی در عرض بستر رودخانه به دلیل دست‌اندازی‌های کشاورزان ایجاد شده که باعث تنگ‌شدگی مجرای رودخانه شده و باعث خروج جریان آب از مجرای اصلی به سمت دشت سیلابی شده است. نتیجه نهایی پراکنش فضایی سیلاب‌های شبیه‌سازی شده بیانگر تخریب پل‌هایی که سازه بتنی ندارند در سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله می‌باشد. در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله زمین‌های زراعی و روستاها در معرض طغیان سیل قرار خواهند گرفت. وفاخواه و همکاران (Vafakhah, Pornabi Darzi, & Rajabi, 2021) با توجه به پهنه‌های وسیع حاشیه رودخانه چشمه‌کیله در تنکابن و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی صورت گرفته در آن و شرایط طغیانی و سیل‌های اتفاق افتاده، پهنه‌بندی خطر سیل در این رودخانه را مورد بررسی و پژوهش قرار دادند. جهت مطالعه پهنه‌بندی از مدل HEC-RAS استفاده و دبی سیل با پنج دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله اجرا و پهنه‌های سیل‌گیر برای دوره بازگشت‌های مذکور ترسیم کردند. نتایج مطالعات این محققان نشان داد که هر چه دوره بازگشت طولانی‌تر شود، سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرد. اراضی زراعی و اراضی مسکونی، جنگلی و باغی بیشترین سطح سیلابی را دارند. پناهی و همکاران (Panahi, Moshashaei, & Moshashaei, 2022) با هدف تحلیل دینامیکی مخاطره سیل، رودخانه شاهین شهر اصفهان را با استفاده از مدل HEC-RAS و افزونه HEC-GeoRAS در محیط نرم افزاری GIS شبیه‌سازی کردند و پهنه‌های سیل برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را محاسبه کردند. بر اساس مدل‌سازی انجام شده در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب ۰.۹۴۸ کیلومترمربع، ۱.۱۳ کیلومترمربع و ۱.۳۴ کیلومترمربع از اراضی حاشیه رودخانه زیر آب می‌رود. عمادالدین و آرخی (Emaduddin, Ahmadi, & Arkhi, 2023) سیلاب حوضه ابر شاهرود را با هدف کاهش ریسک با استفاده از مدل نرم افزاری HEC-RAS پهنه‌بندی و دبی سیل برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را محاسبه کردند. نتایج حاصل از کار پژوهشگران بیانگر طغیان رودخانه در دوره بازگشت‌های ۵ الی ۱۰۰ ساله از مقطع اصلی بود. در دوره بازگشت ۲ ساله فقط اراضی زراعی کنار رودخانه تحت تأثیر وقوع سیل قرار می‌گیرند. مساحت پهنه‌های سیل‌گیر برای دوره‌های بازگشت ۵ ساله،

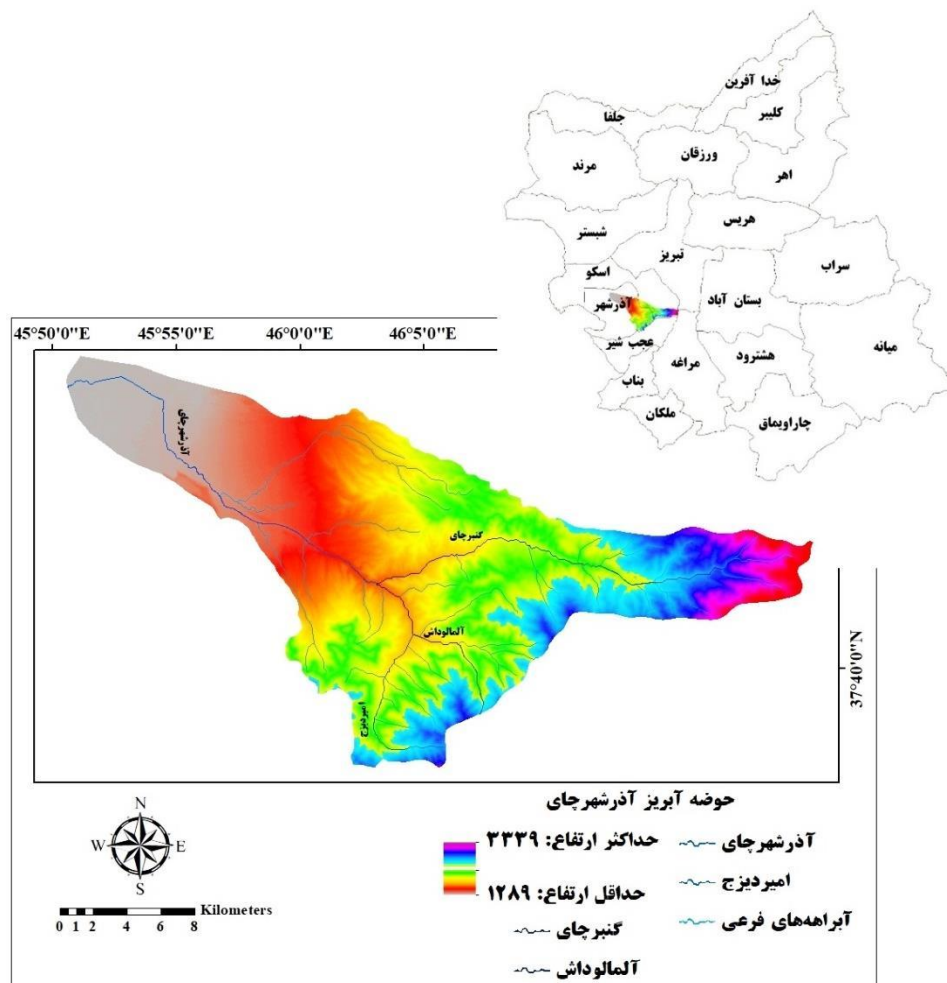
۳۷۵؛ ۱۰ ساله، ۴۷۶؛ ۲۵ ساله، ۵۹۸؛ ۵۰ ساله، ۷۵۹ و ۱۰۰ ساله، ۱۳۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد... پناهی و حسین‌زاده (Panahi, 2024) & Hosseinzadeh) حد سیل‌راه و حاشیه‌سیل را برای رودخانه دینور با استفاده از مدل هیدرودینامیکی یک بعدی HEC-RAS محاسبه کردند. دبی بیک لحظه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Hyfran محاسبه و پهنه‌های سیل برای دوره بازگشت های مختلف شبیه سازی و بر اساس ۱۳۰ مقطع عرضی، پهنه مجاور رودخانه با توجه به افزایش تراز سیلاب ۱۰۰ ساله به اندازه یک فوت دشت سیلابی به دو قسمت سیل‌راه و حاشیه سیلاب تقسیم‌بندی شده است. نتایج حاصل این پژوهش بیانگر حد سیل‌راه منطبق بر تراس‌های قدیمی رودخانه دینور در بازه اول بود. در بازه‌های دوم و سوم رودخانه دینور به دلیل کاهش محدودیت توپوگرافی، حد سیل‌راه گسترش پیدا کرده و در بازه دوم به حدود متوسط ۳۰۰ متر و در بازه سوم تا ۵۰۰ متر رسیده است. رضایی‌مقدم و همکاران (Rezaeimoghaddam, Mokhtari, Rahimpour & Eskandari, 2025) با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS جریان بازگشت برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله رودخانه گمناب‌چای به طول تقریبی ۵ کیلومتر را پهنه‌بندی کردند. پژوهشگران با استفاده از آمار دبی ایستگاه آناختون، دبی‌های حداکثر برای دوره بازگشت‌های مذکور را در نرم‌افزار EasyFit محاسبه کردند و لایه‌های مورد نیاز جهت پهنه‌بندی سیلاب از قبیل خطوط مرکزی جریان، مقاطع عرضی و سواحل سمت چپ و راست رودخانه با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط نرم‌افزاری ArcGIS تهیه کردند. نتایج کار پژوهشگران نشان داد که در صورت بروز سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله به ترتیب حدود ۱۵۰، ۱۷۵، ۱۹۰ و ۲۲۵ هکتار از اراضی محدوده دشت سیلابی دچار آبگرفتگی می‌شوند و در دوره بازگشت‌های مختلف از ۱۰ متیر الی ۲۲۵ متر از کانال اصلی خارج شده و وارد دشت سیلابی می‌شوند. اگراس و اونن (Ogras & Onen, 2020) باتوجه به ساختار جغرافیایی پیچیده ترکیه و بالطبع اثرات متفاوت سیل از منطقه‌ای به منطقه دیگر، دشت سیلابی بین بزرگراه دیاربکر-سیلوان را با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و باهدف ارزیابی مناطق سیل‌خیز و ایجاد نقشه خطر سیل مدل‌سازی کردند. ویژگی‌های هیدرولیکی بستر سیلاب و پروفیل‌های سطح آب برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله در تحلیل سیلاب‌های مکرر و یک بعدی رودخانه دجله تعیین کردند. دسالین و مولو (Desalegn & Mulu, 2021) رودخانه فتام را با هدف نقشه‌برداری از مناطق طغیان سیل با استفاده از GIS و HEC-RAS مورد بررسی قرار دادند. پژوهشگران با استفاده از داده‌های گذشته در مورد کناره‌های رودخانه و طغیان‌های قبلی علاوه بر داده‌های توپوگرافی، نقشه‌هایی برای نشان دادن مناطقی که پیش‌بینی می‌شود برای طغیان‌های مختلف پوشیده شوند، تهیه کردند. مناطق سیلاب‌زده رودخانه فتام بسته به دبی اوج ۰.۵٪ برای دوره‌های مختلف وقوع مجدد با استفاده از مدل HEC-RAS، GIS برای مدیریت داده‌های مکانی و HEC-GeoRAS برای ایجاد ارتباط بین HEC-RAS و GIS نشان داده شده‌اند. این مناطق سیل‌زده در امتداد رودخانه فتام به ترتیب ۲۷/۳۱، ۲۴/۸۵، ۲۰/۴۷، ۱۷/۳۴ و ۱۳/۷۸ کیلومتر مربع برای دوره‌های بازگشت ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰ و ۵ ساله هستند. به طور کلی، این مطالعه نشان داد که مناطق سیل‌زده در قسمت‌های بالادست و میانی رودخانه فتام نسبت به قسمت‌های پایین‌دست زیاد هستند. واشیست و سینگ (Vashist & Sing, 2023) مدل دوبعدی HEC-RAS را برای نقشه‌برداری از طغیان سیل در حوضه رودخانه کریشنا در هند استفاده کردند و همچنین تأثیر تغییر در داده‌های مرزی بالادست بر منطقه طغیان‌زده را بررسی کردند. این مطالعه قابلیت‌های دوبعدی HEC-RAS را اثبات می‌کند و به متخصصان در شیوه‌های مدیریتی بهتر کمک می‌کند. پکر و همکاران (Peker et al., 2024) نقشه‌های خطر سیل را با استفاده از GIS، HEC-RAS و HEC-HMS برای حوضه رودخانه گوکسو، مرسین، ترکیه توسعه دادند. بدین منظور پژوهشگران مقادیر N مانینگ را از داده‌های CORINE سال ۲۰۱۸

محاسبه و نرخ جریان برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله با استفاده از HEC-HMS محاسبه کردند. عمق آب ۱۰ متر و سرعت آب تقریباً ۰.۷ متر بر ثانیه بود. نقشه‌های خطر طبق روش وزارت محیط زیست، غذا و امور روستایی بریتانیا (DEFRA) تهیه شدند. نتایج نشان داد که نرخ‌های احتمالی جریان سیل از ۲۵ تا ۵۰۰، از ۱۱۹۱.۷ متر مکعب بر ثانیه تا ۱۸۸۸.۳ متر مکعب بر ثانیه، در منطقه مورد مطالعه با HEC-HMS شناسایی شدند. سیل همچنین تحت شرایط جریان ۲۵ (از ۴۲۸۸ کیلومتر مربع تا ۵۷۶۷ کیلومتر مربع) رخ داد و مناطق آسیب‌دیده با روش DEFRA به عنوان بسیار خطرناک طبقه‌بندی شدند. آکسوی (Aksoy, 2025) هیدروگراف‌های سیل، عمق بارندگی، جریان‌های اوج و حجم آب اضافی برای دوره‌های بازگشت مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال) با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS، HEC-HMS و Hyfran Plus به منظور تجزیه و تحلیل دینامیک سیل و تعیین خطرات سیل رودخانه فیلوس در حوضه غربی دریای سیاه محاسبه کرد. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که عمق بارندگی و نرخ جریان اوج با افزایش دوره بازگشت به طور قابل توجهی افزایش یافته است. همچنین مشاهده شد که اگرچه حجم بارندگی افزایش یافته است، اما میزان آب تبدیل شده به رواناب سطحی به دلیل نفوذ و سایر تلفات محدود باقی مانده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

یکی از واحدهای مهم فیزیوگرافیک شمال غرب کشور در استان آذربایجان شرقی، حوضه آبریز آذرشهرچای نام دارد. این حوضه با مساحت ۳۹۷/۱۱۴ کیلومترمربع در مختصات جغرافیایی در ۳۶' و ۳۷° الی ۴۹' و ۳۷° عرض شمالی، ۲۰' و ۴۵° الی ۶۰' و ۴۶° طول شرقی واقع شده است. ارتفاعات کوهستان سهند، انتهای شرقی و جلگه آذرشهر، بخش انتهایی غربی آن را تشکیل می‌دهد. این حوضه شامل دو دره گنبر و آمالو است که در بخش کوهستانی دره‌ها به صورت عمیق و پیچ‌وخم‌دار است و در بخش پایانی و محدوده توپوگرافی کوهستانی، شیب ملایم شده، از شدت ناهمواری کاسته می‌شود (Bayati Khatibi, Karami, Zahedi, & Mokhtari Kashki, 2010). این حوضه از اتصال شاخاب‌های متعدد که دره‌های عمیقی جاری هستند، تشکیل می‌شود؛ اما اصلی‌ترین شاخاب آن گنبرچای است. رودخانه گنبرچای از ارتفاعات رو به غرب کوهستان سهند سرچشمه گرفته و در جهت شرق به غرب جریان می‌یابد. این شاخه در مسیر خود از روستاهای گنبر، کردآباد، مجارشین و قرمزگل عبور کرده و در حدود ۲/۵ کیلومتر پایین دست روستای مزبور جریان‌های سطحی تنها شاخه فرعی مهم خود را به نام آمالوچای دریافت می‌کند. آمالوچای هم همانند گنبرچای از ارتفاعات غربی کوهستان سهند در جهت شرق به غرب جریان یافته و تقریباً در مرکز ثقل حوضه اختصاصی خود به شاخه فرعی دیگری به نام امیردیزج چای متصل شده و در مسیر جنوب به شمال جریان می‌یابد. پس از مسافتی در حدود ۴ کیلومتر از محل تلاقی دوشاخه به گونه‌ای که اشاره شد، به شاخه اصلی گنبرچای می‌پیوندد. محل تلاقی شاخه اصلی گنبرچای و آمالوچای در حدود ۱ کیلومتری بالادست روستای گواهی‌ر قرار گرفته است (Rasouli Arbat, 2010). موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه در شکل ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز آذرشهرچای
 Figure 1 - Geographical location of the Azarshahrchay basin

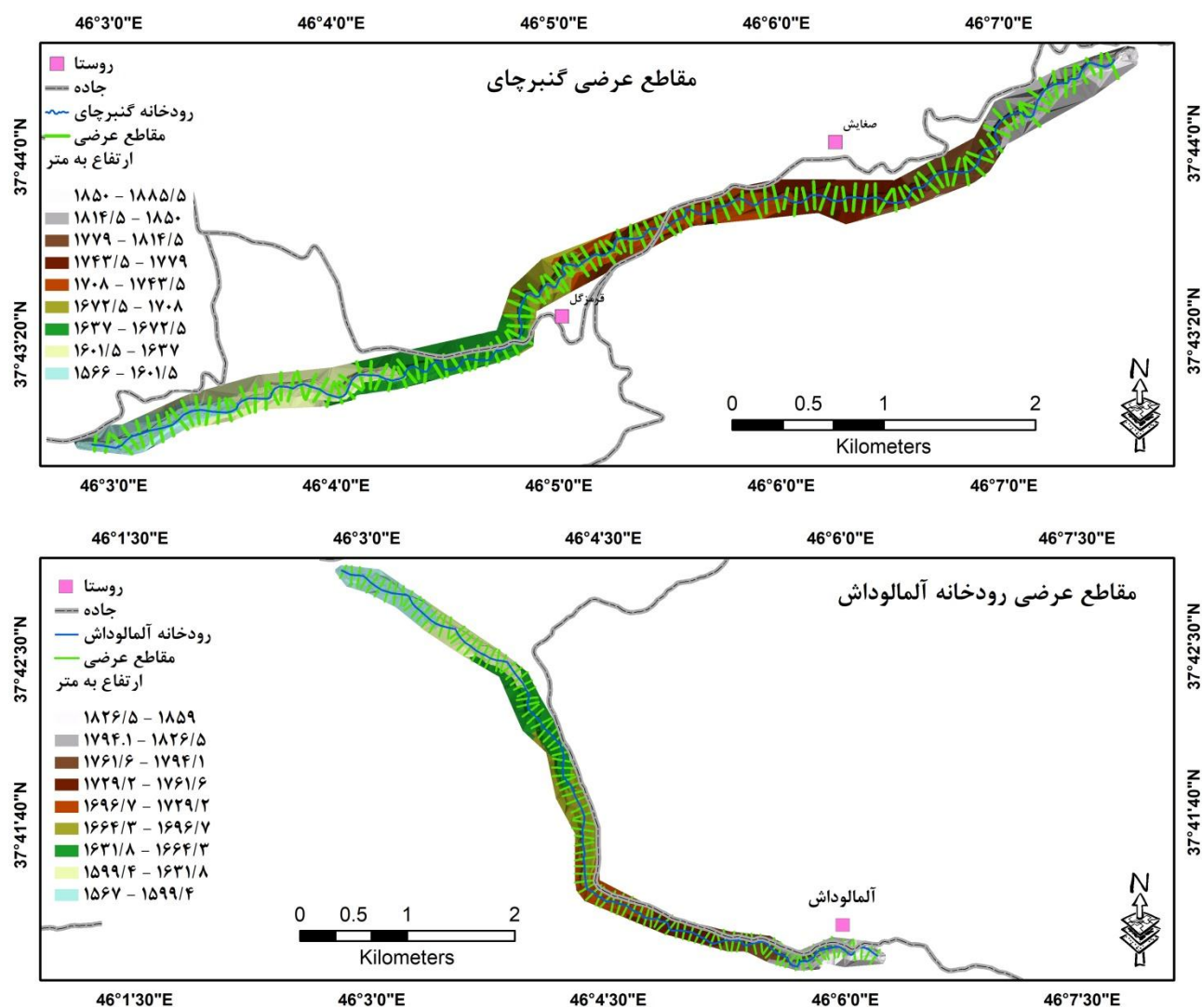
روش انجام کار

مدل HEC-RAS به‌عنوان ابزاری قدرتمند و کاربردی در هیدرولوژی و مدیریت منابع آبی با تحلیل‌های دقیق و جامع، تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت آب را تسهیل می‌کند. در این پژوهش HEC-RAS جهت بررسی مناطق سیلابی رودخانه‌های گنبرچای و آملوداش واقع در حوضه آذرشهرچای و شبیه‌سازی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف جهت مدیریت سواحل و دشت سیلابی انتخاب شد؛ اما به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های ارتفاعی کل رودخانه‌های مذکور با قدرت تفکیک ۲ متر، فقط بازه‌هایی از رودخانه‌های حوضه آبریز که شامل ۹/۴۵۱ کیلومتر از گنبرچای با مختصات ۳۷° و ۳۳' الی ۴۴' و ۳۷° عرض شمالی و ۳' و ۴۶° الی ۷' و ۴۶° طول شرقی و ۷/۵۷۱ کیلومتر از آملوداش با مختصات در ۴۰' و ۳۷° الی ۲۴' و ۳۷° عرض شمالی و ۳' و ۴۶° الی ۶' و ۴۶° طول شرقی بود، مدل‌سازی انجام شد.

ابتدا جهت تعیین مشخصات هندسی رودخانه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و افزونه HEC-GeorAS مراحل زیر طی شد:

داده‌های ارتفاعی مناطق در دسترس در نرم‌افزار اتوکد بررسی و رقمی‌سازی شد، با استفاده از داده‌های توپو، نقشه TIN حوضه با استفاده از ابزار Create Tin در محیط ArcGIS ایجاد شد، در این مرحله با استفاده از افزونه RAS Geometry و دستور Stream Centerline خطوط مرکزی اصلی رودخانه‌ها ترسیم شد، با استفاده از دستور Bank Lines افزونه RAS Geometry، کرانه‌های آبراهه‌ها ترسیم شد، جهت ترسیم مسیر جریان و دشت‌های سیلابی از دستور Flow Path Center ابزار RAS Geometry استفاده شد، با استفاده از دستور Flow Path Assign Line Type Attributes، سیلاب‌دشت‌های سمت راست و سمت چپ مشخص شد و در مرحله آخر مقاطع عرضی را با استفاده از دستور Construct XS Cute Lines به صورت اتوماتیک از کرانه چپ به راست با فواصل ۱۰۰ متر ترسیم شد.

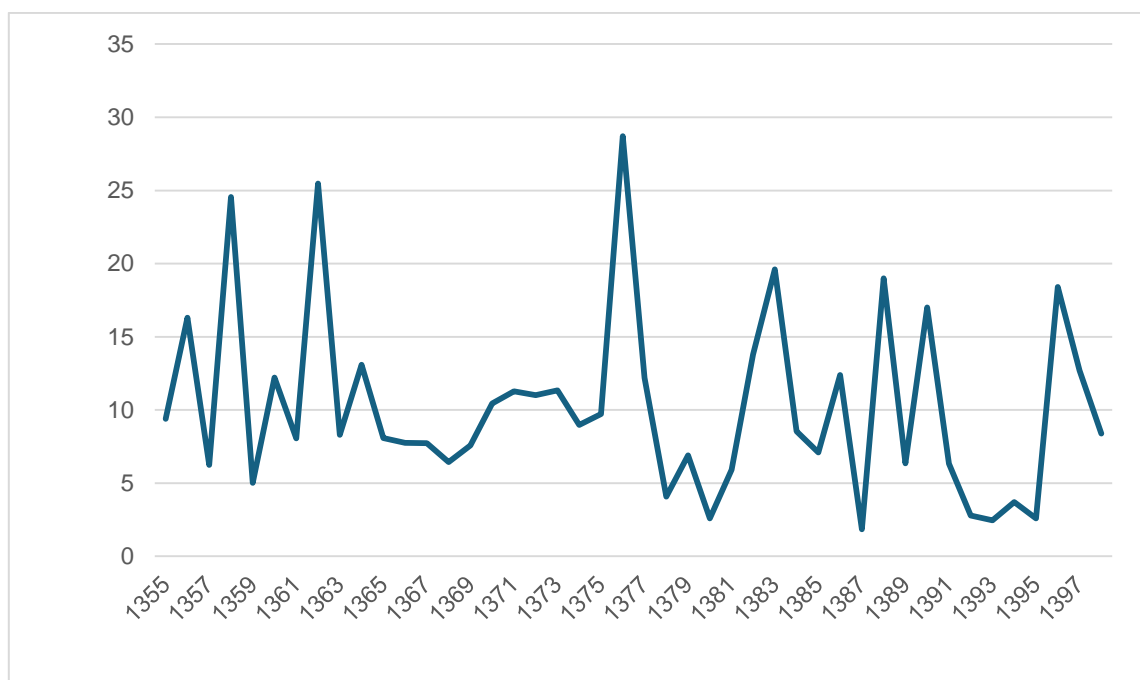
پس از انجام مراحل ۷ گانه لایه‌های تهیه‌شده که در شکل شماره ۲ قابل مشاهده است، جهت شبیه‌سازی در دوره بازگشت‌های مختلف به محیط نرم‌افزاری HEC-RAS منتقل شدند.



شکل ۲- مشخصات هندسی رودخانه‌های گنبرچای و آملوداش در محیط نرم‌افزاری GIS

Figure 2- Geometric characteristics of the Ganbarchay and Almalodash rivers in the GIS software environment

به منظور برآورد توزیع فراوانی سیل از آمار دبی حداکثر روزانه ایستگاه هیدرومتری قرمزی گل (سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی) استفاده و پهنه‌های سیل برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله تهیه شد. شکل شماره ۳ حداکثر دبی‌های روزانه اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری قرمزی گل در بازه زمانی ۱۳۵۵ الی ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد.



شکل ۳- حداکثر دبی‌های روزانه ایستگاه هیدرومتری قرمزی گل از سال آبی ۱۳۵۵ الی ۱۳۹۷

Figure 3- Maximum daily discharges of the Germezgol hydrometric station from the water year 1976 to 2018

با استفاده از جدول کاون و مطالعات میدانی، ضرایب زبری برای بستر و کرانه‌های هر دو رودخانه تعیین شد که در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است:

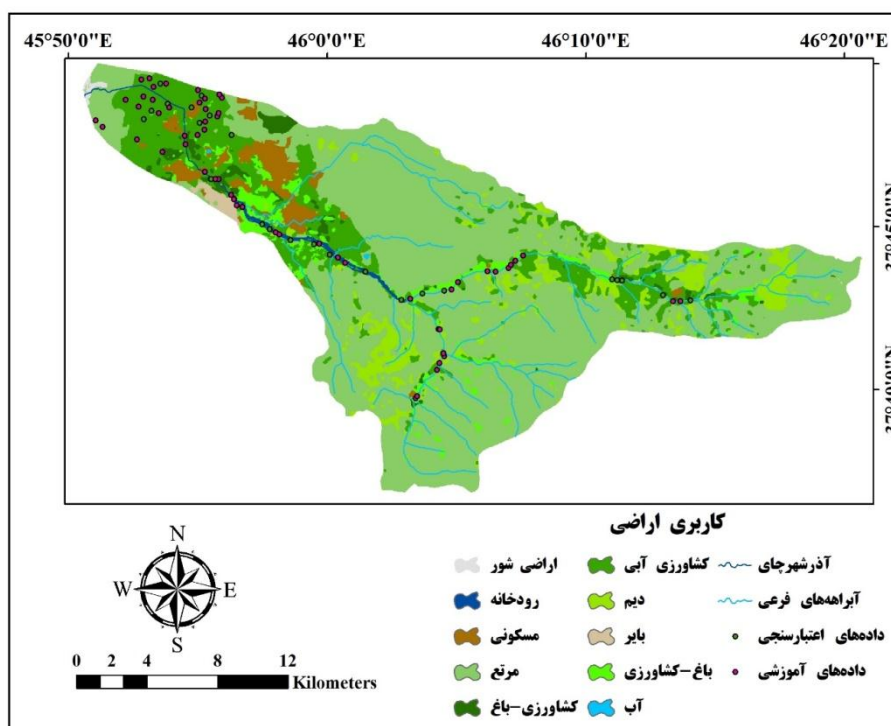
جدول ۱- ضرایب زبری رودخانه‌ها

Table 1- River roughness coefficients

| ضریب زبری | طول شرقی | عرض شمالی | رودخانه |
|-----------|----------|-----------|----------|
| 0/05 | 46/04 | 37/71 | گنبرچای |
| 0/05 | 46/08 | 37/72 | |
| 0/045 | 46/21 | 37/71 | |
| 0/45 | 46/09 | 37/68 | آمالوچای |
| 0/035 | 46/07 | 37/68 | |

کاربری اراضی

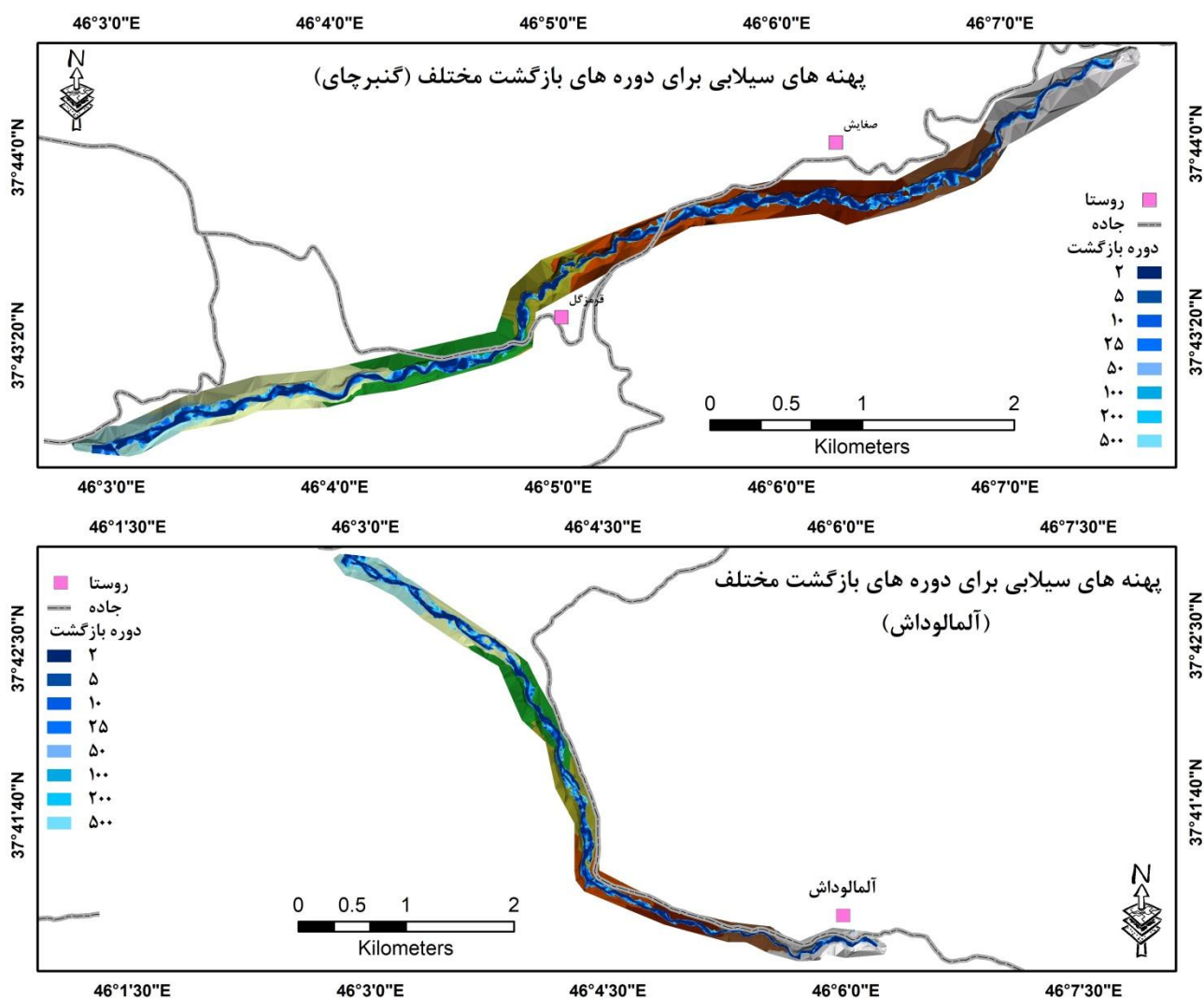
به منظور تهیه نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به تاریخ ۴ ژوئیه ۲۰۲۳ (۲۳ تیر ۱۴۰۲) استفاده شده و انواع کاربری‌ها با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال، شناسایی شدند.



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز آذرشهرچای
Figure 4- Land use map of the Azarshahrchay watershed

نتایج و بحث

با وارد کردن اطلاعات ضریب زبری، حداکثر دبی‌های روزانه و شرایط مرزی در محیط نرم‌افزاری HEC-RAS، پهنه‌های سیلابی برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ محاسبه شد که این پهنه‌ها در شکل شماره ۵ ارائه شده است:



شکل ۵- پهنه‌های تحت تاثیر سيل برای دوره بازگشت‌های مختلف رودخانه‌های گنبرچای و آلمالوداش
Figure 5 - Flood-affected areas for different return periods of the Gonbarchay and Almaludash rivers

نتایج حاصل از بررسی پهنه‌های تحت تاثیر خطر سيل و مساحت هر کدام از آنها برای دوره بازگشت‌های مختلف در جدول شماره ۲ برای رودخانه گنبرچای و جدول شماره ۳ برای رودخانه آلمالوداش ارایه شده است.

جدول شماره ۲- پهنه‌های تحت تاثیر خطر سيل در دوره بازگشت‌های مختلف و مساحت هر کدام در رودخانه گنبرچای
Table 2 - Areas affected by flood risk during different return periods and the area of each in the Gonbarchay River

دوره بازگشت ۱۰ ساله

| | | | | |
|----------------------|-------|-------------|-------------|-------|
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 15 | 0/36 | 3/5 | 10/44 |
| دوره بازگشت ۲۵ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 16/8 | 0/36 | 3/7 | 11/8 |
| دوره بازگشت ۵۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 18/45 | 0/45 | 3/87 | 12/7 |
| دوره بازگشت ۱۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 19/3 | 0/45 | 3/96 | 13/4 |
| دوره بازگشت ۲۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 20/3 | 0/54 | 4 | 13/7 |
| دوره بازگشت ۵۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی-باغ | کشاورزی آبی | مرتع |
| مساحت به هکتار | 21/9 | 0/63 | 4/14 | 14/9 |

با توجه به نتایج حاصل شده از بررسی‌ها و مدل‌سازی HEC-RAS، وقوع سیل با دوره بازگشت‌های ۲ و ۵ ساله هیچ تهدیدی برای اراضی مجاور رودخانه ایجاد نخواهد کرد و طغیان تنها در بستر رودخانه رخ خواهد داد. در سیل‌هایی که با دوره بازگشت ۱۰ ساله رخ می‌دهند، طغیان ممکن است به نواحی خارج از بستر رودخانه آسیب برساند. در این دوره بازگشت، اراضی با کاربری باغ با مساحت ۱۵ هکتار به‌عنوان وسیع‌ترین نواحی دارای پتانسیل وقوع سیل شناخته می‌شوند. همچنین، در مرحله بعد، کاربری‌های مرتع به مساحت ۱۰/۴۴ هکتار و کاربری‌های کشاورزی آبی با ۳/۵ هکتار و کشاورزی باغ با وسعت ۰/۳۶ هکتار از جمله کاربری‌های دارای پتانسیل خطر سیل در این دوره به‌شمار می‌آیند. در دوره بازگشت ۲۵ ساله، زمین‌هایی که تحت تأثیر طغیان رودخانه قرار می‌گیرند؛ شامل مناطق با کاربری باغ، مراتع، کشاورزی آبی و کشاورزی-باغ هستند که به ترتیب مساحت‌هایی برابر با ۱۶/۸، ۱۱/۸، ۳/۷ و ۰/۳۶ هکتار بیشترین پتانسیل خطر وقوع سیل را به خود اختصاص می‌دهند. دوره بازگشت ۵۰ ساله، ۱۸/۴۵ هکتار از کاربری‌های باغی، ۱۲/۷ هکتار از مراتع، ۳/۸۷ هکتار اراضی کشاورزی آبی و ۰/۴۵ هکتار از اراضی کشاورزی-باغ، درگیر خطر سیل هستند. در سیلابی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، مساحت ۱۹/۳۰ هکتار از اراضی باغی، ۱۳/۴ هکتار از اراضی مراتع، ۳/۹۶ هکتار اراضی کشاورزی آبی و ۰/۴۵ هکتار از کشاورزی-باغ در معرض وقوع سیل قرار دارند. دوره بازگشت‌های ۲۰۰ ساله سیل در محدوده مورد مطالعه، کاربری باغ ۲۰/۳ هکتار، مرتع ۱۳/۷ هکتار، کشاورزی آبی ۴ هکتار و کشاورزی-باغ با ۰/۵۴ هکتار در صورت وقوع سیل با خطر جدی مواجه می‌شوند. دوره بازگشت ۵۰۰ ساله، همانند دوره بازگشت‌های مذکور اراضی با کاربری باغ، مرتع،

کشاورزی آبی و کشاورزی-باغ با مساحت‌هایی به ترتیب ۲۱/۹، ۱۴/۹، ۴/۱۴ و ۰/۶۳ در معرض وقوع سیل قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اراضی با کاربری باغ و در مرحله بعدی مراتع در محدوده مورد مطالعه در برابر سیلاب‌ها با دوره‌های بازگشت مختلف دارای پتانسیل خطر سیل بالایی شناخته می‌شود.

جدول شماره ۳- پهنه‌های تحت تاثیر خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف و مساحت هرکدام در رودخانه آلمالوداش
Table 3 - Areas affected by flood risk during different return periods and the area of each in the Almaludash River

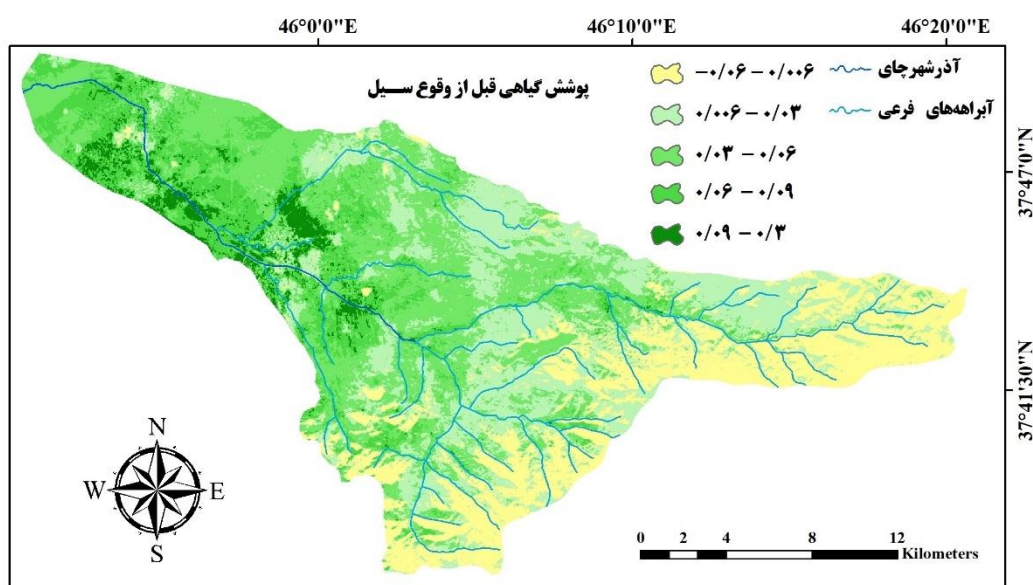
| دوره بازگشت ۱۰ ساله | | | | |
|----------------------|-----|-------------|------|-----|
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 3/4 | 5/2 | 14/5 | 3/5 |
| دوره بازگشت ۲۵ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 3/6 | 6 | 16 | 3/8 |
| دوره بازگشت ۵۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 3/7 | 6/2 | 16/7 | 3/9 |
| دوره بازگشت ۱۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 3/8 | 6/4 | 17/5 | 4/2 |
| دوره بازگشت ۲۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 4 | 7/1 | 18/6 | 5/1 |
| دوره بازگشت ۵۰۰ ساله | | | | |
| کاربری | باغ | کشاورزی آبی | مرتع | دیم |
| مساحت به هکتار | 4/3 | 8/2 | 20/1 | 5/5 |

همانند رودخانه گُنبرچای در دوره بازگشت‌های ۲ و ۵ ساله حالت طغیانی درون بستر رودخانه می‌باشد و خارج از کرانه‌های رودخانه هیچ جریان آبی جاری نمی‌شود.

در دوره بازگشت‌های ۱۰ الی ۵۰۰ ساله، باتوجه به نتایج حاصله بیشترین پتانسیل وقوع سیل در اراضی با کاربری مراتع، کشاورزی آبی، دیم و باغ به چشم می‌خورد که اگر مورد هجوم سیل قرار گیرند، خسارات زیست‌محیطی فراوانی به این مناطق وارد می‌شود.

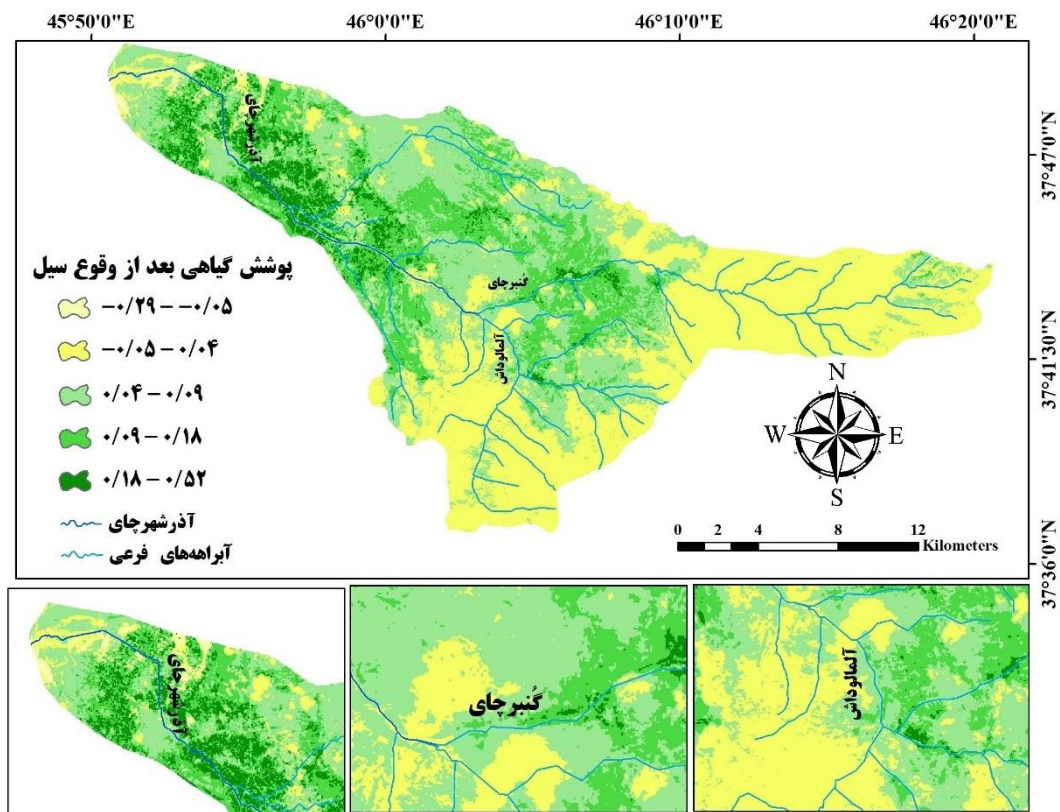
ارزیابی پوشش گیاهی

جهت ارزیابی تأثیر سیل بر روی پوشش گیاهی حوضه، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (باند ۴ و ۵) برگرفته از سایت <https://earthexplorer.usgs.gov> به تاریخ‌های ۲۵ اسفندماه ۱۳۹۵ (۱۵ مارس ۲۰۱۷) که در شکل ۶ نمایش داده شده است و قبل از رخداد سیل حوضه است و تصویر ۷ تاریخ ۲۷ فروردین ۱۳۹۶ (۱۶ آوریل ۲۰۱۷) یک‌روز بعد از وقوع سیل (در تاریخ ۲۶ فروردین ۱۳۹۶) تصویربرداری شده و با استفاده از ابزار NDVI در محیط نرم‌افزاری ArcGIS پوشش گیاهی حوضه مورد بررسی قرار گرفته است. از برنامه Google Earth جهت وضوح تخریب پوشش گیاهی و تحلیل آن استفاده شده است.



شکل ۶- پوشش گیاهی حوضه قبل از وقوع سیل (تاریخ تصویربرداری: ۱۵ مارس ۲۰۱۷)

Figure 6 - Basin vegetation before the flood (Image date: March 15, 2017)



شکل ۷- پوشش گیاهی حوضه بعد از وقوع سیل (تاریخ تصویربرداری: ۲۶ آوریل ۲۰۱۷)
Figure 7- Basin vegetation after the flood (Image date: April 26, 2017)

در بررسی تأثیر سیل بر پوشش گیاهی با بررسی و مقایسه دو تصویر اخذ شده، مشاهده شد که شدت تخریب پوشش گیاهی در نواحی مختلف به طور قابل توجهی متفاوت است. این تفاوت در میزان تخریب می‌تواند ناشی از عوامل محیطی ناحیه باشد. در ادامه به تفصیل شرح داده شده است:

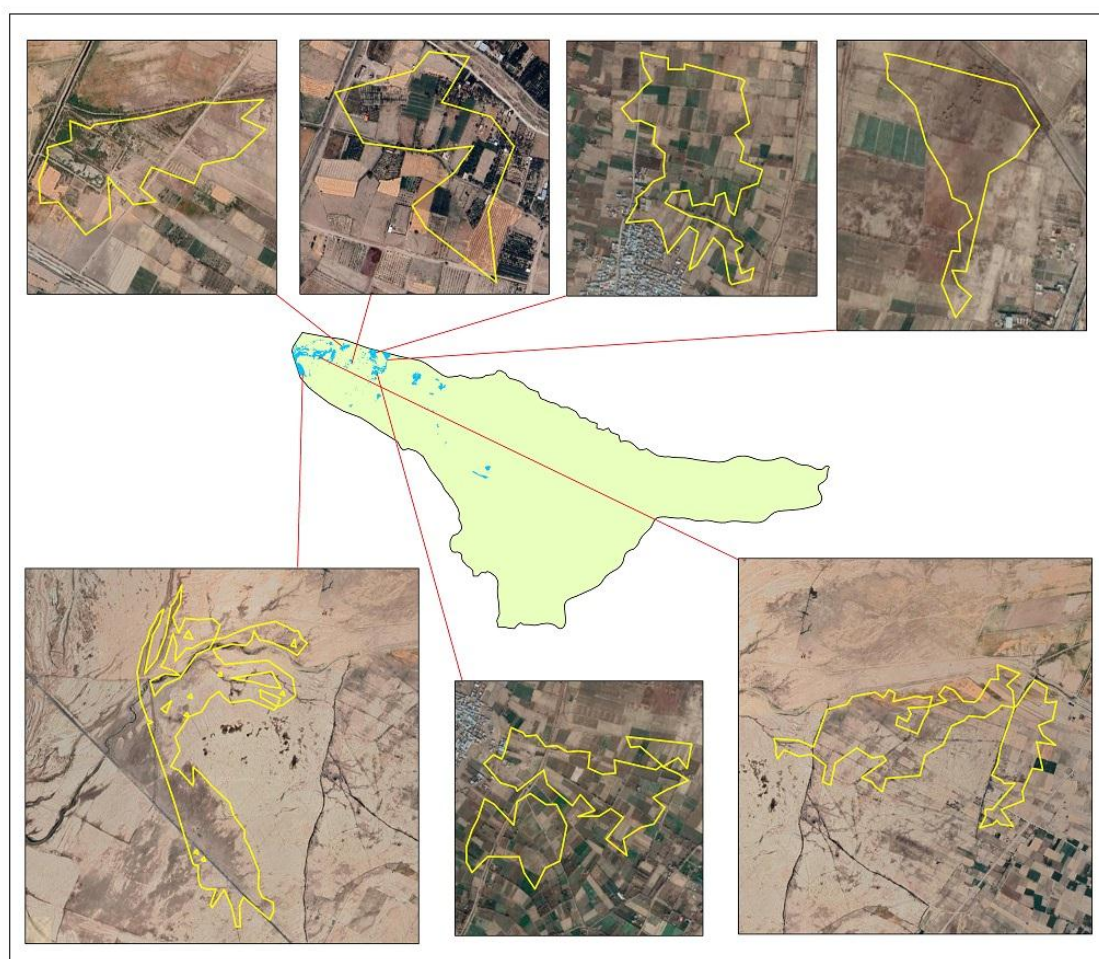
مناطق با تخریب بیشتر: نواحی که در معرض سیل‌های شدیدتر و طولانی‌مدت قرار گرفته‌اند، شاهد تخریب بیشتری در پوشش گیاهی بوده و به شدت آسیب دیده است. این نواحی شامل مناطق مسطح و پایین دست حوضه هستند که آب به راحتی در آن‌ها جمع شده است. بر اساس پژوهش صورت گرفته توسط اونو؛ هنگامی که آب سیل بالا می‌آید، پوشش گیاهی غوطه‌ور، از اکسیژن که برای فتوسنتز و تنفس در ریشه‌ها ضروری است، محروم می‌شود که منجر به تجمع گازهای کربنیک، متان و نیتروژن می‌شود و در نهایت، ریشه‌ها می‌توانند خفه شوند و از بین بروند. ترکیبات سمی مانند اتانول و سولفید هیدروژن نیز می‌توانند در خاک رسوب کرده و به گیاهان آسیب برسانند. اگر برگ‌ها و ساقه‌ها در آب فرو بروند، فتوسنتز (جذب انرژی از خورشید برای تولید قند) می‌تواند مهار شود و رشد گیاه کند یا حتی متوقف شود (Onu, 2024). تجمع آب در این مناطق باعث تخریب پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی شده است و رودخانه آذرشهرچای در بخش پایینی حوضه بیشترین تخریب پوشش گیاهی را نسبت به دو رودخانه گنبرچای و آملوداشت داشته است. لذا تنوع زیستی و شرایط اکوسیستمی به طور قابل توجهی در این مناطق کاهش یافته است.

پوشش گیاهی رودخانه گنبرچای به دلیل قرارگیری در مناطق مرتفع، از آسیب در امان مانده است و فقط در نواحی منتهی به مکان تلاقی به آملوداش تخریب در پوشش گیاهی رخ داده است.

پوشش گیاهی رودخانه آملوداش در بخش‌های ابتدای و سرچشمه آن که در ارتفاعات قرار دارد، حفظ شده و آسیب ندیده است. در بخش منتهی به مکان تلاقی با گنبرچای به‌طور کامل تخریب و از بین رفته است.

مناطق با تخریب کمتر: در مقابل، مناطقی که زمین‌های مرتفع‌تری دارند، معمولاً کمتر تحت تأثیر سیل قرار گرفته‌اند. به دلیل وجود ارتفاعات، جریان‌ها در مسیرهای مشخصی حرکت می‌کنند و همچنین به دلیل شیب زمین سریع‌تر عبور کرده و امکان تجمع ندارد. به همین دلیل پوشش گیاهی این نواحی ممکن است آسیب کمتری به پوشش گیاهی خود دیده است و تنوع زیستی آن‌ها حفظ شده است.

نوع پوشش گیاهی: بعضی از گونه‌های گیاهی به شرایط سخت محیطی مقاوم‌تر هستند و می‌توانند در برابر سیل مقاومت بیشتری نشان دهند. همچنین، گیاهان مسن‌تر ممکن است آسیب بیشتری ببینند؛ چرا که ریشه‌های آن‌ها به خوبی در خاک تثبیت نشده است. بررسی تأثیر سیل بر روی پوشش گیاهی نیازمند رویکردی جامع و چندجانبه است که به عوامل مختلف تأثیرگذار توجه کند.



شکل ۸- نمایی از تأثیرات ویرانگر سیل بر روی پوشش گیاهی
Figure 8 - A view of the devastating effects of flooding on vegetation

شکل ۸ تصویر بزرگنمایی شده از مناطق دارای تخریب پوشش گیاهی (شکل ۵-۲۵) بعد از سیل را به نمایش گذاشته است. باتوجه به شکل ۸ مناطق سیل‌زده که در تصویر ماهواره‌ای مشاهده می‌شود، نمایانگر پیامدهای ویرانگر ناشی از وقوع سیل‌های شدید هستند. این تصویر به طور خاص بر تخریب پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی تأکید دارد که می‌تواند عواقب طولانی‌مدت و گسترده‌ای برای محیط زیست و معیشت جوامع محلی به همراه داشته باشد. در تصویر مشاهده می‌شود که مناطق وسیعی از زمین‌های کشاورزی، که قبلاً به عنوان بسترهای تولید محصولات کشاورزی فعال بودند، به حالت تخریب درآمده و پوشش گیاهی آن‌ها به طور کامل نابود شده است.

نتیجه‌گیری

سیل به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی، تأثیرات قابل توجهی بر زندگی انسان‌ها و زیرساخت‌های محیطی دارد. در این راستا، هدف پژوهش حاضر شناسایی مناطق دارای پتانسیل خطر سیل و تعیین رفتارهای سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از HEC-RAS در بخش‌هایی از رودخانه‌های گنبرچای و آلمالوداش در حوضه آبریز آذرشهرچای (سیل‌چایی) بوده است. در محدوده مورد مطالعه رودخانه گنبرچای در دوره بازگشت‌های ۱۰ الی ۵۰۰ ساله اراضی با کاربری باغ مستعدترین مناطق برای وقوع سیل شناسایی شدند. در مرحله دوم اراضی با کاربری مرتع دارای پتانسیل بالایی برای وقوع سیل هستند. رتبه‌های سوم و چهارم به اراضی با کاربری‌های کشاورزی آبی و کشاورزی باغ از لحاظ پتانسیل وقوع سیل تعلق دارد. در محدوده مورد مطالعه آلمالوداش اراضی با کاربری مرتع بالاترین مناطق مستعد سیل شناسایی شد و اراضی کشاورزی آبی، دیم و باغ به ترتیب پهنه‌های بعدی آسیب‌پذیر از سیل شناسایی شدند.

References

- Ali. S., Jehanzeb Masud Cheema. M., Waqas, M.M., Waseem, M., Leta, M.K., Uzair Qamar, M., Khalid Awan, U., Bilal, M., & Habib Rahman, M. (2021). Flood Mitigation in the Transboundary Chenab River Basin: A Basin-Wise Approach from Flood Forecasting to Management. *Remote Sensing*, 13(19), 1-19. <https://doi.org/10.3390/rs13193916>.
- AL-Hussein, A.M., Khan, S., Ncibi, K., Hamdi, N., & Hamed, Y. (2022). Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq). *Water*, 14(22), 1-18. <https://doi.org/10.3390/w14223779>.
- Aksoy, B. (2025). Flood Analysis in Lower Filyos Basin Using HEC-RAS and HEC-HMS Software. *Sustainability*, 17(11), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su17115220>.
- Bayati Khatibi, M., Karami, F., Zahedi, M., & Mokhtari Kashki, D. (2010). Investigating the effects of recent droughts on the intensification of gully erosion and landslides in the Azarshahrchay basin, using the artificial neural network method. *Geographical research*, 26(2), 19-48. (In Persian).
- Chen. J., Shi, X., Gu, L., Wu. Su. G., Su. T., Wang, H.M., Kim, J.S., Zhang, L., & Xiong, L. (2023). Impacts of climate warming on global floods and their implication to current flood defense standards. *Journal of Hydrology*, 618, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129236>.
- Desalegn, H., Mulu, A. (2021). Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia. *Scientific African*, 12(8), 1-13. [DOI:10.1016/j.sciaf.2021.e00834](https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834).
- Emaduddin, S., Ahmadi, H., & Arkhi, H. (2023). Flood zoning of the Shahrood City Abar Basin to reduce risk. *Geographical engineering of the land*, 15, 107-119. (In Persian).
- El-Bagoury, H., & Gad, A. (2024). Integrated Hydrological Modeling for Watershed Analysis, Flood Prediction, and Mitigation Using Meteorological and Morphometric Data, SCS-CN, HEC-HMS/RAS, and QGIS. *Water*, 16(2), 1-16. <https://doi.org/10.3390/w16020356>.
- Jang, J.H., Chang, T.H., Wu, Y.M., Liao. T.E., & Hsu, C.H. (2025). Analyzing the Impact of Climate Change on Compound Flooding Under Interdecadal Variations in Rainfall and Tide. *Hydrology*, 12(7), 1-21. <https://doi.org/10.3390/hydrology12070182>.
- Madadi, A., Mehrvarz, A., Esfandiari Darabad, S., & Rahimi, M. (2020). Simulation of floods in the Aort Valley using the HEC-RAS hydraulic model in a GIS environment (Study

- area: from the village of Shourestan to the confluence of the Aras River). Quantitative geomorphology research, 32, 131-146. (in Persian).
- Mustamin, M.R., Maricar, F., & Lopa, R.T. (2024). Integration of UH SUH, HEC-RAS, and GIS in Flood Mitigation with Flood Forecasting and Early Warning System for Gilireng Watershed, Indonesia. *Earth*, 5(3), 274-292. <https://doi.org/10.3390/earth5030015>.
 - Ogras, S., Onen, F. (2020). Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*, 2, 1-13. DOI:10.1155/2020/6131982.
 - Ongdas, N., Akiyanova, F., Karakulov, Y., Muratbayeva, A., & Zinabdin, N. (2020). Application of HEC-RAS (2D) for Flood Hazard Maps Generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan. *Water*, 12(10) 1-18. <https://doi.org/10.3390/w12102672>.
 - Onu, B. (2024). The Impacts of Flooding on the Depletion and Dispersal of Plants. *f Agronomy, Forestry and Horticulture*, 8(1), 1-5.
 - Panahi, R., Moshashaei, S.M., & Moshashaei, M. (2022). Dynamic analysis of flood risk using the HEC-RAS hydraulic model (Case study: Shahinshahr River, Isfahan Province). *Geography and environmental hazards*, 41, 77-97. (in Persian).
 - Peker, I.B., Gulbaz, S., Demir, V., Orhan, O., & Beden. N. (2024). Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in Flood Modeling and Flood Hazard Mapping. *Sustainability*, 16(3), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su16031226>.
 - Panahi, R., Hosseinzadeh. M.M. (2024). Determining the floodplain and flood margin of the Dinor River using the one-dimensional HEC-RAS model. *Ecology*, 50(3), 265-280. (in Persian).
 - Rezaeimoghaddam, MM., Mokhtari, D., Rahimpour, T & Eskandari, M. (2025). Zoning of flood flow for different return periods using the HEC-RAS hydrodynamic model (Case study: Gomnabchay River). *Quantitative geomorphology research*, 13(4), 23-33 (In Persian).
 - Rasouliarbat, E. (2010). The role of erosion on the geomorphological characteristics of the Azarshahrchay basin. Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University Tehran, Tehran, Iran.
 - Spor. P., Paşa, Y., & Doğan, E. (2025). Evaluation of Simulation Results of HEC-RAS Coupled 1D/2D and 2D Modeling Approaches Through Scenario-Based Analysis. *Water*, 17(8), 1-15. <https://doi.org/10.3390/w17081163>.

- Vafakhah, M., Pornabi Darzi, S., & Rajabi, M.R. (2021). Flood risk zoning using HEC-RAS hydraulic model and Arc GIS (Case study: Cheshmeh Kileh watershed, Tonekabon county). *Natural environment hazards*, 10(28), 15-28. (in Persian).
- Vashist, K., Singh, K.K. (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. doi.org/10.2166/wpt.2023.048.

Dynamic Flood Analysis and Determination of Flood-Prone Areas for Different Return Periods Using Hydraulic Modeling in the Azar Shahr Chai Drainage Basin

Vahideh Taghizadeh Teimourloei¹, Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam^{*1}, Davod Mokhtari², Tohid Rahimpour³,

1. professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz and Iranian Association of Hazardology, Iran

2. professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3- Post Doctoral Researcher of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

4. PhD student of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Introduction

Today, global warming has led to rising sea levels and increasing heavy rainfall. The impact of global warming on the process of intensifying the hydrological cycle has become an undeniable fact. Many studies have shown that flood risk in response to global warming often appears as an increasing pattern in both occurrence and magnitude at a regional scale. In fact, floods are one of the most common and destructive phenomena observed worldwide and are caused by excessive rainfall, which can take the form of incessant rain that exceeds the carrying capacity of the riverbed, causing water to overflow the river banks and adjacent areas. Floods threaten a large area of fertile land along the river banks, making them one of the worst natural disasters when they occur. To deal with the devastating consequences of floods, a mechanism for flood forecasting, flood warning and risk assessment must be established. In fact, flood prediction and river flood modeling is an urgent need in the present time which has always been a great challenge for researchers in helping administrative authorities in flood management. The present study attempted to identify flood-prone areas around the Gonbarchay and Almaludash rivers in the Azarshahrchay watershed using HEC-RAS software to provide effective solutions for risk reduction and crisis management of this natural hazard.

Materials and Methods

In this study, HEC-RAS was selected to investigate the floodplains of the Gonbarchay and Almaludash rivers located in the Azarshahrchay basin and simulate floods with different return periods for the management of the banks and floodplain; however, due to the lack of access to elevation data for all of the aforementioned rivers with a resolution of 2 meters, only ranges of the rivers in the catchment area, which included 451.9 km of Gonbarchay with coordinates '43 and 37 ° to '44 and 37 ° North latitude and '3 and 46 ° to '7 and 46 ° East longitude, and 571.7 km of Almaludash with coordinates in '40 and 37 ° to '24 and 37 ° North latitude and '3 and 46 ° to '6 and 46 ° East longitude, were modeled. First, the geometric characteristics of the rivers, including the main centerlines, banks, flow paths, floodplains, right and left floodplains, and cross sections with 100-

meter intervals, were reconstructed using ArcGIS software and the HEC-GeoRAS extension, and then the prepared layers were transferred to the HEC-RAS software environment for simulation in different return periods. In order to estimate the distribution of flood frequency, the maximum daily discharge statistics of the Germezgigol hydrometric station (Regional Water Organization of East Azerbaijan Province) were used, and flood zones were prepared for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, and 500 years, and roughness coefficients for the bed and banks of both rivers were determined using the Coven table and field studies.

Results and Discussion

The results of the study of flood risk affected areas and the area of each of them for different return periods for the Gonbarchay River showed that floods with 2 and 5-year return periods will not pose any threat to the lands adjacent to the river and flooding will only occur in the riverbed. In floods with a 10-year return period, gardens with an area of 15 hectares are known as the largest areas with flood potential in this return period. In the 25-year return period, gardens, pastures, irrigated agriculture and agriculture-gardens are the areas with the highest flood risk potential, which are 16.8, 11.8, 3.7 and 0.36 hectares, respectively. In the 50-year return period, 18.45 hectares of gardens, 12.7 hectares of pastures, 3.87 hectares of irrigated agriculture and 0.45 hectares of agriculture-gardens are at risk of flooding. In a flood with a 100-year return period, 19.30 hectares of orchard land, 13.4 hectares of pasture land, 3.96 hectares of irrigated agricultural land, and 0.45 hectares of agriculture-garden are at risk of flooding. In the 200-year return period of the flood in the study area, 20.3 hectares of orchard land, 13.7 hectares of pasture land, 4 hectares of irrigated agriculture, and 0.54 hectares of agriculture-garden land are at serious risk in the event of flooding. In the 500-year return period, as in the aforementioned return periods, areas of orchard land, pasture land, irrigated agriculture, and agriculture-garden land are at risk of flooding with areas of 21.9, 14.9, 4.14, and 0.63, respectively. Like the Gonbarchay River, in the Almaludash River, there is a flood state within the riverbed during the 2 and 5 year return periods, and no water flows outside the river banks. In the 10 to 500 year return periods, according to the results, the highest flood potential is observed in lands used for pastures, irrigated agriculture, rainfed agriculture, and gardens, which, if flooded, will cause extensive environmental damage to these areas.

Conclusion

Flooding, as one of the natural hazards, has significant impacts on human life and environmental infrastructure. In this regard, the aim of the present study was to identify areas with flood risk potential and determine flood behaviors during different return periods using HEC-RAS in parts of the Gonbarchay and Almalodash rivers in the Azarshahrchay (Silchay) watershed. In the study area of the Gonbarchay River, in the 10- to 500-year return period, the most susceptible areas to flooding were identified as gardens. In the second stage, the lands used for pasture have a high potential for flooding. The third and fourth ranks belong to the lands used for irrigated agriculture and orchards in terms of flood potential. In the study area of Almalodash, the lands used for pastures were identified as the most susceptible areas to flooding, and the irrigated, dryland, and orchards were identified as the next most vulnerable areas to flooding, respectively.

Keywords

Almaloodash, Azarshahr chay watershed, Gonbarchay, flood, HEC-RAS