

## تحلیل فضایی مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن

محمد رستمی فتح‌آبادی

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران

منصور جعفری‌بگلو\*

دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

ابراهیم مقیمی

استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۷/۱ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۹/۹)

### چکیده

سیلاب‌ها از مهم‌ترین مخاطراتی هستند که سبب وارد آوردن خسارات زیادی به نواحی شهری می‌شوند. شهر نورآباد در استان لرستان یکی از شهرهای است که در معرض سیلاب قرار دارد. در این تحقیق به شناسایی مناطق سیل‌زده و همچنین مناطق سیل‌خیز در محدوده شهری نورآباد پرداخته شده است. برای شناسایی مناطق سیل‌زده و مناطق مستعد وقوع سیلاب از مدل رقومی ارتفاع ۵ متر، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر راداری سنتینل ۱، اطلاعات مربوط به دبی و ضریب زبری رودخانه به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. نرم‌افزارهای ARCGIS، HEC-RAS و SNAP نیز ابزارهای تحقیق محسوب می‌شوند. این تحقیق در چهار مرحله انجام گرفت که در مراحل اول و دوم به ترتیب با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱ و بازدیدهای میدانی، مناطق سیل‌زده در فروردین ۱۳۹۸ مشخص شد. در مرحله سوم، با استفاده از روش HEA-RAS مناطق سیل‌خیز شناسایی شد و در مرحله چهارم، نتایج با هم مقایسه و ارزیابی شد. نتایج ارزیابی مناطق سیل‌زده با استفاده از تصاویر راداری و بازدیدهای میدانی بیانگر آن است که بر اثر سیلاب فروردین ۱۳۹۸، به ترتیب ۵۶۲/۰ و ۲۱۲/۱ کیلومتر مربع از محدوده شهری با سیلاب مواجه شد. همچنین نتایج به‌کارگیری روش HEC-RAS نیز نشان می‌دهد که ۱/۵۴۲ کیلومتر مربع از محدوده شهری نورآباد در معرض وقوع سیلاب با دوره بازگشت صدساله قرار دارد. ارزیابی و مقایسه نتایج استفاده از روش‌های مختلف بیانگر صحت نتایج به‌دست‌آمده است. در واقع مناطقی که در بازدیدهای میدانی به‌عنوان مناطق مستعد سیلاب شناسایی شده است و در تحلیل تصاویر راداری و نتایج حاصل از روش HEC-RAS، جزء مناطق مستعد سیلاب‌اند، در بازدیدهای میدانی نیز تأیید می‌شوند. بر این اساس، خسارت با دوره بازگشت صدساله ممکن است دست‌کم در حدود سه‌برابر خسارت سیلاب ۱۳۹۸ هزینه داشته باشد. پیشنهاد می‌شود که برای کاهش خسارت سیلاب و مدیریت آن، ابتدا برای آزادسازی حریم صدساله رود اقدام شده و سپس سد سیلاب‌گیر در بخش کوهستانی حوضه نورآباد احداث شود.

**واژه‌های کلیدی:** تحلیل فضایی، دوره بازگشت، سیلاب، مخاطرات، نورآباد لرستان.

## مقدمه

امروز مخاطرات محیطی از چالش‌های پیش روی جوامع به شمار می‌روند [۱۹]. مخاطرات محیطی نیازمند شناسایی، مدیریت و کنترل هستند [۲۴]. سیلاب‌ها از مخرب‌ترین مخاطرات محسوب می‌شوند که هرساله خسارات جانی و مالی زیادی را به بار می‌آورند [۳، ۵]، به‌طوری که براساس گزارش پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات، سیلاب‌ها در کنار زلزله و خشکسالی بیشترین خسارات جانی و مالی را داشته‌اند [۱۷] و همچنین بر اساس آمار منتشرشده در سال ۲۰۱۰، بیش از ۴۰ درصد از بلایای طبیعی در جهان را سیلاب‌ها به خود اختصاص داده‌اند [۱۶]. روند افزایش سیل در پنج دهه گذشته نشان می‌دهد که وقوع سیل در دهه ۹۰ نسبت به دهه ۸۰ به‌طور تقریبی ده‌برابر شده و به‌عبارت دیگر، ۹۰ درصد افزایش داشته است [۷]. موارد مذکور بیانگر این است که خطر وقوع سیل در طی زمان افزایش یافته و این افزایش به‌ویژه از زمانی بوده است که بسیاری از کشورها مجوز ساخت‌وساز در دشت‌های سیلابی را صادر کردند و حتی از رشد تجاری و مسکونی در این مناطق حمایت کردند [۲].

درباره این موضوع تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به پژوهش کاتر (۲۰۰۸) اشاره کرد که دیدگاه‌های مختلف مدیریت و راهکارهای مقابله با سیلاب را بیان کرده است [۱۵]. کای و همکاران (۲۰۱۱) عوامل مختلف وقوع سیلاب را ارزیابی کردند [۱۳]. آجین و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی خطر ریسک سیل در رودخانه واماناپورام<sup>۱</sup> در ایالت کرالا<sup>۲</sup> پرداختند [۱۱]. سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) پهنه‌بندی سیل در رودخانه سدروس برزیل را بررسی کردند [۲۳]. ریک و فورست (۲۰۱۴) به ارزیابی وضعیت رودخانه دره سرخ در منطقه نیزپرسه در ایالت ایداهو پرداختند [۲۱]. سو و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر کاربرد الگوهای استفاده از زمین و همچنین الگوی پراکندگی شهری بر افزایش خطر وقوع مخاطره سیلاب در مناطق جدید شهری چین را بررسی کردند [۲۵]. خاتاک و همکاران (۲۰۱۶) به پهنه‌بندی وقوع سیل در رودخانه کابل پاکستان پرداختند [۱۸]. سره و همکاران (۲۰۱۶) راهکارهای وقوع، مدیریت و مقابله با سیلاب را ارزیابی کردند [۲۲]. سان و همکاران (۲۰۱۷) کاربرد مدل هیدرولیکی HEC-RAS را به‌منظور مدیریت و پیش‌بینی سیلاب در منطقه هیلی<sup>۳</sup> چین بررسی کردند [۲۶]. ازوق و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی مناطق مستعد وقوع سیلاب در رودخانه مارتی<sup>۴</sup> در شمال مراکش پرداختند [۱۲]. پارهی (۲۰۱۸) به ارزیابی روش‌های مدیریت سیلاب و تعیین

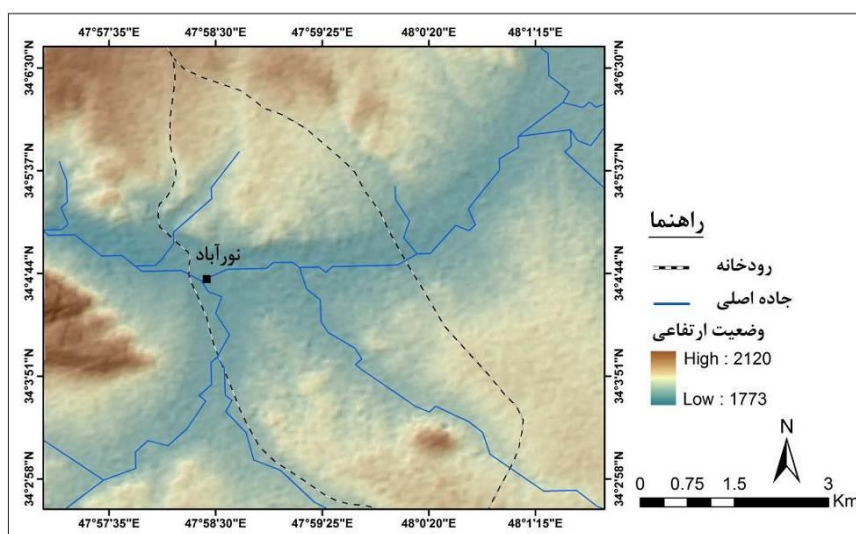
1. Vamanapuram
2. Kerala
3. hilly
4. Martil

پهنه‌های سیل‌گیر در حوضه ماهانادی<sup>۱</sup> در هندوستان پرداخت [۲۰]. چینی و همکاران (۲۰۱۹) نتایج حاصل از تصاویر سنتینل ۱ برای بررسی سیلاب‌های شهری را ارزیابی کردند [۱۴]. در ایران نیز مقیمی و صفاری (۱۳۸۹) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمرو حوضه‌های زهکشی سطحی شهر تهران پرداختند [۹]. اصلانی (۱۳۹۶) به برنامه‌ریزی راهبردی مقابله با وقوع سیلاب در محدوده مرکزی شهرستان‌های تهران و کرج پرداخته است [۱]. محمودزاده و باکویی (۱۳۹۷) پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهر ساری [۶] و مددی و همکاران (۱۳۹۷) پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع سیل در حوضه خیابان چای مشکین‌شهر را بررسی کردند [۸]. نگهبان و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر سنندج به سمت مناطق مخاطره‌آفرین پرداختند [۱۰]. قنواتی و همکاران (۱۳۹۸) درباره جانمایی پهنه‌های مستعد وقوع سیلاب در حوضه آبخیز قمروند تحقیق کرده‌اند [۴]. در سال‌های اخیر، سیلاب‌ها خسارات زیادی را به مناطق مختلف و به‌خصوص نواحی شهری وارد کرده‌اند. برای مثال، سیلاب‌های فروردین ۱۳۹۸ شهرهای زیادی در استان‌های گلستان، لرستان و خوزستان را در بر گرفت و سبب تخریب گسترده و خسارات زیادی در این شهرها شد، به‌طوری که براساس گزارش استانداری لرستان، خسارات ناشی از سیلاب فروردین ۱۳۹۸ بیش از ۱۰ هزار میلیارد تومان بود و ۱۵ نفر نیز جان خود را از دست دادند. در این میان شهرستان نورآباد نیز با خسارات زیادی از جمله تخریب ۵۰۰۰ واحد مسکونی و ۱۶۰۰۰ هکتار اراضی کشاورزی و باغی مواجه بوده است. در شهر نورآباد سیلاب سبب تخریب بخشی از مناطق مسکونی و زیرساخت‌ها نیز شده است. با توجه به اینکه نورآباد دارای پتانسیل زیاد سیل‌خیزی است و در فروردین سال ۱۳۹۸ با مخاطره سیلاب مواجه شده است، در این تحقیق به شناسایی مناطق سیل‌زده و همچنین مناطق سیل‌خیز در محدوده شهری نورآباد پرداخته شده است.

#### الف) محدوده تحقیق

شهر نورآباد از نظر تقسیمات سیاسی مرکز شهرستان نورآباد (دلفان) محسوب می‌شود که در شمال غرب استان لرستان قرار دارد. این شهر در محل تلاقی رودخانه‌های گچینه و بادآورد قرار دارد. رودخانه بادآورد رودخانه اصلی حوضه بادآورد محسوب می‌شود که در محدوده شهری نورآباد پس از دریافت سرشاخه رودخانه گچینه به سمت غرب جریان می‌یابد. محدوده شهری نورآباد از نظر ژئومورفولوژی در واحد دشت قرار دارد که بخشی از آن را پادگانه و دشت سیلابی در بر گرفته است. اختلاف ارتفاعی کم شهر نورآباد با بستر رودخانه سبب شده است که این

شهر پتانسیل سیل خیزی زیادی داشته باشد. این منطقه از نظر آب‌وهوایی دارای زمستان‌های سرد و برفگیر و تابستان‌های به نسبت معتدل است. از نظر زمین‌شناسی قرار گرفتن این منطقه در غرب فلات ایران سبب شده که تکوین، تکامل و تنوع ویژگی‌های زمین‌شناسی آن تابع شرایط حاکم بر پهنه سنندج - سیرجان در شمال و زاگرس در جنوب باشد و از نظر لیتولوژی نیز بخشی زیادی از منطقه را رسوبات آبرفتی، ماسه‌سنگ و آهک در بر گرفته است. در شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه تحقیق

### ب) روش پژوهش

در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق سیل‌زده و مستعد وقوع سیلاب از مدل رقومی ارتفاع ۵ متر، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰، تصاویر راداری سنتینل ۱، اطلاعات مربوط به دبی و ضریب زبری رودخانه به عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. نرم‌افزارهای HEC-ARCGIS، RAS و SNAP نیز ابزار تحقیق محسوب می‌شوند. در این تحقیق، پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، کار در سه مرحله صورت گرفت که در ادامه شرح داده می‌شوند:

**مرحله اول (شناسایی مناطق سیل‌زده):** در این مرحله به منظور شناسایی مناطق سیل‌زده از تصاویر راداری سنتینل ۱ مربوط به قبل و بعد از سیل استفاده شد (جدول ۱). کار در این مرحله به این صورت است که پس از تهیه تصاویر، به منظور افزایش دقت در شناسایی

مناطق سیل‌زده، ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر انجام گرفت. سپس پیش‌پردازش‌های لازم برای هر دو تصویر انجام گرفت. در این مرحله هر دو تصویر با هم ترکیب و به دیتای واحد تبدیل شد. برای این منظور از دستور Coregistration استفاده شد. پس از آماده‌سازی تصاویر، مناطق سیل‌زده در دو مرحله شناسایی شد. در اولین مرحله، پهنه‌های آبی در هر مرحله شناسایی و به‌منظور شناسایی پهنه‌های آبی از رابطه ۱ استفاده شد. رابطه مذکور برحسب آزمون و خطا و همچنین بهره‌گیری از منابع موجود انتخاب شد. پس از اعمال رابطه مذکور روی تصاویر، پهنه‌های آبی روی هر تصویر مشخص شد. در مرحله دوم، پس از مشخص شدن پهنه‌های آبی برای هر تصویر، با استفاده از رابطه ۲، نقشه مناطق سیل‌زده مشخص شد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده‌شده

ماهواره	تاریخ	نوع تصویر	Pass	پلاریزیشن	دوره زمانی
سنتینل ۱	۲۰۱۸/۰۶/۰۴	GRD	صعودی	VV	۰
سنتینل ۱	۲۰۱۹/۰۴/۰۶	GRD	صعودی	VV	۳۰۶

(۱) رابطه شناسایی پهنه‌های آبی  $\text{If } < 0.01 \text{ then } 1.0 \text{ else } 0$  تصویر مورد نظر

(۲) رابطه شناسایی مناطق سیل‌زده پهنه آبی تصویر قبل از سیل - پهنه آبی تصویر بعد از سیل

**مرحله دوم (شناسایی مناطق سیل‌خیز):** در این مرحله با استفاده از مدل HEC-RAS، مناطق مستعد وقوع سیلاب شناسایی شد. مدل ریاضی RAS - HEC نسخه تکمیل‌شده مدل HEC-2 است. این نرم‌افزار قابل اتصال GIS برای پیش‌پردازش و پس‌پردازش در سیستم اطلاعات جغرافیایی است. برای اتصال از یک رابط با نام HEC-GeoRAS استفاده شده است. برای این کار ابتدا با استفاده از افزونه HEC-GeoRAS، در محیط ARCGIS و براساس مدل رقمی ارتفاعی ۵ متر، بستر رودخانه، کناره‌ها و بازه‌ها ترسیم و سپس وارد نرم‌افزار HEC-RAS شد. در ادامه در نرم‌افزار HECRAS با وارد کردن مقادیر دبی و ضریب زبری، پهنه‌های سیل‌خیز برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تهیه و در نهایت به‌منظور تهیه نقشه خروجی نهایی، اطلاعات مربوط به پهنه‌های سیل‌خیز وارد نرم‌افزار ARCGIS شد. به این صورت نقشه نهایی مناطق سیل‌خیز در دوره‌های بازگشت مختلف تهیه شد.

**مرحله سوم (شناسایی مناطق سیل زده با استفاده از بازدیدهای میدانی):** در این تحقیق به منظور انطباق و صحت‌سنجی نتایج به‌دست‌آمده از طریق تصاویر راداری، از بازدیدهای میدانی استفاده شد. در واقع به منظور تعیین مناطق سیل زده، ابتدا موقعیت نقاط (۱۲ نقطه) با استفاده از GPS ثبت شد و سپس بر مبنای نتایج حاصل از طریق بازدید میدانی، پهنه مناطق سیل زده شهر نورآباد در سیل فرودین ۱۳۹۸ ترسیم شد.

### بحث

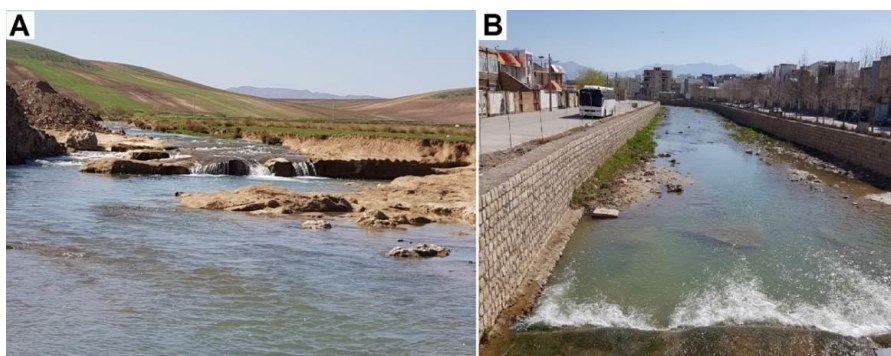
– **شناسایی مناطق سیل زده با استفاده از تصاویر راداری:** با توجه به اینکه هدف از این بخش شناسایی مناطق سیل زده است، از تصاویر مربوط به قبل و بعد از سیل رخ داده در منطقه استفاده و نقشه مناطق سیل زده در فروردین ۱۳۹۸ تهیه شد. بر اساس نتایج، ۰/۵۶۲ کیلومتر مربع از محدوده شهری نورآباد با سیلاب مواجه شده و بخش‌های شمالی شهر نورآباد منطبق بر محل تلاقی رودخانه گچینه و بادآورد، بیشترین سیل‌زدگی را داشت. در واقع، با توجه به اینکه رودخانه بادآورد، رودخانه اصلی منطقه محسوب می‌شود، در زمان وقوع سیلاب، دبی این رودخانه افزایش زیادی یافت و مناطق حاشیه‌ای از جمله شهر نورآباد را دربرگرفت. رودخانه گچینه نیز که از مرکز شهر نورآباد عبور می‌کند، طغیان کرد و مناطق حاشیه‌ای را در بر گرفت.

– **بررسی وضعیت سیل‌خیزی محدوده با استفاده از مدل HEC-RAS:** در مطالعات پهنه‌بندی سیلاب با اهداف مختلف، دبی جریان از داده‌های ضروری برای اجرای مدل و تعیین پروفیل سطح آب و دیگر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه است. مقادیر سیلاب رودخانه با دوره‌های بازگشت مختلف در مطالعات هیدرولوژی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه محاسبه می‌شود. در مطالعات پهنه‌بندی سیل‌گیری رودخانه‌های بادآورد و گچینه نیز از مقادیر سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد. برای این منظور از اطلاعات سازمان آب و منطقه‌ای استان لرستان مربوط به سال آبی ۴۷-۱۳۴۶ تا ۹۸-۱۳۹۷ استفاده شد. با توجه به اینکه رودخانه گچینه به‌عنوان رودخانه فرعی وارد رودخانه بادآورد می‌شود، دبی این رودخانه نیز در نظر گرفته شد و مقادیر سیلاب مطابق با جدول ۲ به کار گرفته شد.

جدول ۲. مقادیر دبی استفاده‌شده (مترمکعب بر ثانیه)

دوره بازگشت	۵	۱۰	۲۵	۵۰
بادآورد	۶۹/۱	۷۲/۲	۹۹/۴	۱۱۲/۳
گچینه	۴۳/۶	۴۸/۷	۵۸/۹	۷۸/۴

ضریب زبری رودخانه بادآورد و گچینه در محدوده تحقیق با استفاده از بازدیدهای صحرائی و قضاوت مهندسی و تکمیل چک‌لیست‌های روش SCS برآورد شد. رودخانه‌های بادآورد و گچینه در دامنه تحقیق، در واحد دشت و با بستر و کناره‌های درشت‌دانه جریان دارد. مقطع رودخانه در این بازه دارای شکل منظم و تغییرات ملایم است. همچنین بستر رودخانه در بسیاری از نقاط فاقد پوشش گیاهی است و در کل مسیر پوشش گیاهی در دشت سیلابی موجود است که این نکته در برآورد ضریب زبری این مقاطع لحاظ شده است. در شکل ۲ تصاویری از بستر رودخانه‌های بادآورد و گچینه و در جدول ۳ محاسبات مربوط به ضریب زبری برای رودخانه‌های بادآورد و گچینه نشان داده شده است.

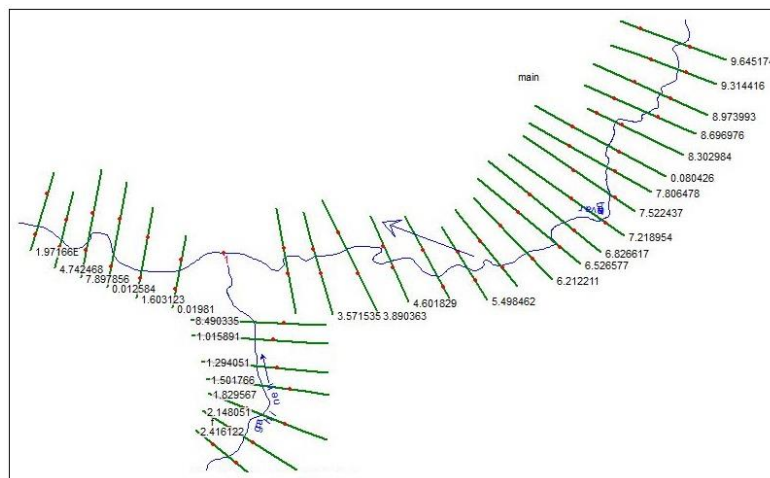


شکل ۲. تصاویری از بستر رودخانه (A) گچینه؛ (B) بادآورد.

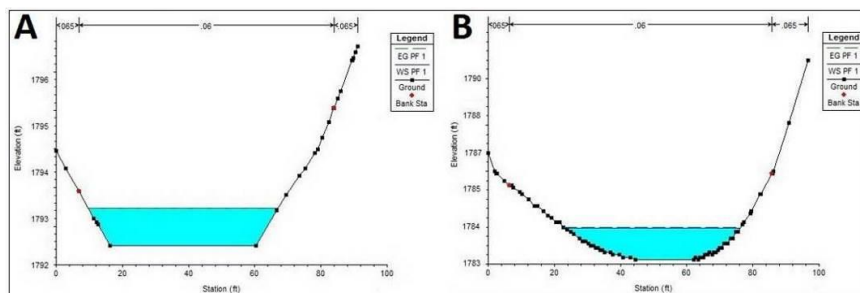
جدول ۳. محاسبه ضریب مانینگ برای رودخانه‌های بررسی شده

مقادیر ضریب زبری براساس قضاوت مهندسی	مقدار ضریب زبری براساس روش SCS	مقدار ضریب زبری براساس روش چاو	مشخصات بازه	رودخانه
۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	کناره راست	بادآورد
۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	مقطع اصلی رودخانه	
۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	کناره چپ	
۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	کناره راست	گچینه
۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	مقطع اصلی رودخانه	
۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	کناره چپ	

در این تحقیق به منظور ترسیم بازه و مقاطع مورد نظر از افزونه HEC-GEORAS استفاده و بازه‌ها و مقاطع مورد نظر در محیط ARCGIS بر پایه مدل رقومی ارتفاعی ۵ متر ترسیم شد. محدوده انتخاب شده برای ترسیم بازه و مقاطع، برحسب اطلاعات موجود بود و با توجه به اهداف مورد نظر در تحقیق انتخاب شد. در شکل ۳، نقشه بازه ترسیم شده و مقاطع آن و در شکل ۴، نمونه‌هایی از مقاطع عرض ترسیم شده نشان داده شده است.



شکل ۳. نقشه بازه ترسیم شده و مقاطع آن

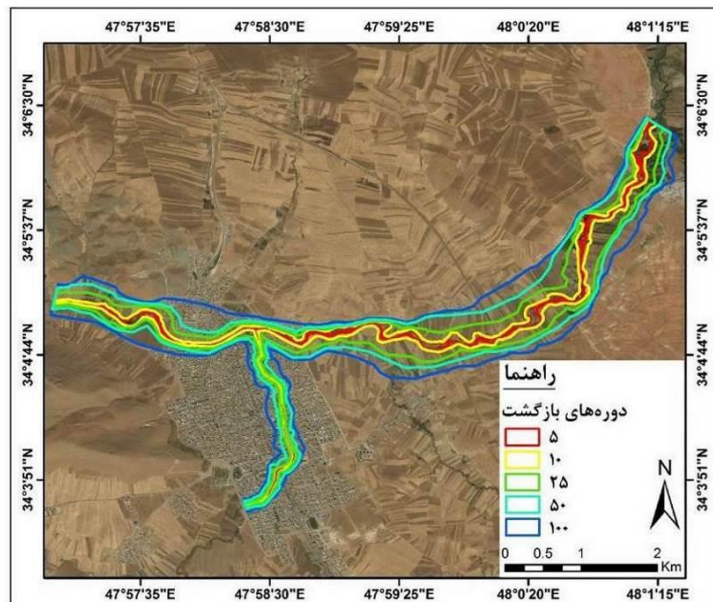


شکل ۴. نمونه‌هایی از مقاطع عرضی ترسیم شده (A رودخانه گچینه؛ B رودخانه بادآورد).

پس از وارد کردن اطلاعات مربوط به بازه‌ها و مقاطع به نرم‌افزار HECRAS، اطلاعات تهیه شده درباره وضعیت دبی و ضریب زبری رودخانه نیز وارد نرم‌افزار HECRAS شد و در نهایت به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی در محیط ARCGIS، از اطلاعات حاصل، خروجی گرفته



شد و نقشه پهنه‌های سیل‌گیر برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تهیه شد (شکل ۵). بر اساس نتایج، مساحت پهنه‌های سیل‌گیر برای دوره بازگشت پنج‌ساله در کل محدوده و محدوده شهری نورآباد به ترتیب ۰/۵۲۳ و ۰/۱۴۹ کیلومتر مربع و برای دوره بازگشت صدساله نیز ۵/۴۸۴ و ۱/۵۴۲ کیلومتر مربع است (جدول ۴). با توجه به محدوده تحت پوشش سیلاب با دوره بازگشت صدساله، وقوع سیلاب با این دوره بازگشت می‌تواند با خساراتی بیش از سه‌برابر سیلاب فروردین ۱۳۹۸ همراه باشد که این مسئله سبب شده که مخاطره سیلاب مهم‌ترین مخاطره پیش روی شهر نورآباد محسوب شود.



شکل ۵. نقشه پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده مطالعاتی در دوره‌های بازگشت مختلف

جدول ۴. مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در کل محدوده و محدوده شهری نورآباد در دوره‌های بازگشت مختلف

دوره بازگشت	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در کل محدوده (کیلومتر مربع)	۰/۵۲۳	۰/۹۳۵	۲/۴۷۱	۳/۱۸۶۵	۵/۴۸۴
مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد (کیلومتر مربع)	۰/۱۴۹	۰/۲۵۶	۰/۵۶۴	۰/۹۵۳	۱/۵۴۲

– شناسایی مناطق سیل زده با استفاده از بازدیدهای میدانی: سیلاب فروردین سال ۱۳۹۸ از مهم‌ترین سیلاب‌های سال‌های اخیر بود که سبب وارد آمدن خسارات زیادی به شهر نورآباد شد. این سیلاب بخش‌های زیادی از شهر نورآباد را در بر گرفت. براساس نتایج بازدیدهای میدانی در دوازده نقطه از شهر نورآباد، این سیلاب پهنه‌ای در حدود ۱/۲ کیلومتر مربع از شهر را در بر گرفت. پس از وقوع سیلاب، به‌منظور شناسایی مناطق سیل‌زده، در دوازده نقطه از شهر نورآباد بازدید میدانی صورت گرفت، برخی از این نقاط عبارت‌اند از کلانتری ۱۱ (شکل ۶: A)، سرخبان (شکل ۶: B)، آنا پارک (شکل ۶: C) و پارک بانوان (شکل ۶: D) که موقعیت آنها در جدول ۵ و شکل ۷ نشان داده شده است.

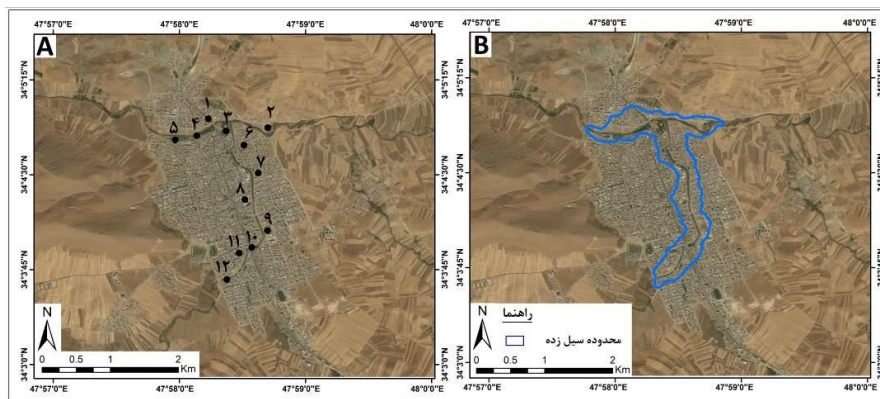
پس از بازدیدهای میدانی، حد نهایی مناطق سیل‌زده در محدوده شهری نورآباد تعیین شد. در واقع به‌منظور تعیین مناطق سیل‌زده، ابتدا موقعیت نقاط با استفاده از GPS ثبت شد و سپس بر مبنای نتایج بازدید میدانی و همچنین مصاحبه‌های صورت‌گرفته، در نهایت پهنه مناطق سیل‌زده شهر نورآباد در سیل فروردین ۱۳۹۸ ترسیم شد که در شکل ۷ نشان داده شده است. براساس این شکل، مناطق مجاور رودخانه گچینه و بادآورد با سیلاب مواجه شدند که آسیب‌پذیری در مناطق پایین‌دست رودخانه گچینه شامل مناطق اطراف شهرداری و همچنین مناطق مجاور رودخانه بادآورد شامل مناطق مجاور کلانتری ۱۱، بیشتر از نواحی دیگر بوده است.



شکل ۶. تصاویری از سیلاب نورآباد در فروردین ۱۳۹۸ (A کلانتری ۱۱؛ B سرخبان؛ C آنا پارک؛ D) پارک بانوان

جدول ۵. موقعیت نقاط بازدید شده

ردیف	محل	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	کلاتری ۱۱	۴۷° ۵۸' ۱۳"	۳۴° ۰۴' ۵۶"
۲	سرخبان	۴۷° ۵۸' ۴۲"	۳۴° ۰۴' ۵۲"
۳	آنا پارک	۴۷° ۵۸' ۲۲"	۳۴° ۰۴' ۵۰"
۴	پارک بانوان	۴۷° ۵۸' ۰۸"	۳۴° ۰۴' ۴۸"
۵	میدانی فردوسی	۴۷° ۵۷' ۵۸"	۳۴° ۰۴' ۴۶"
۶	شهرداری	۴۷° ۵۸' ۳۰"	۳۴° ۰۴' ۴۴"
۷	اداره پست	۴۷° ۵۸' ۳۷"	۳۴° ۰۴' ۳۱"
۸	مخابرات	۴۷° ۵۸' ۳۱"	۳۴° ۰۴' ۱۸"
۹	دبیرستان امام	۴۷° ۵۸' ۴۲"	۳۴° ۰۴' ۰۳"
۱۰	آموزش و پرورش	۴۷° ۵۸' ۳۴"	۳۴° ۰۳' ۵۵"
۱۱	پارک آزادگان	۴۷° ۵۸' ۲۸"	۳۴° ۰۳' ۵۳"
۱۲	فاز ۲ فرهنگیان	۴۷° ۵۸' ۲۲"	۳۴° ۰۳' ۴۰"



شکل ۷. تعیین مناطق سیل‌زده با استفاده از بازدیدهای میدانی

## نتایج

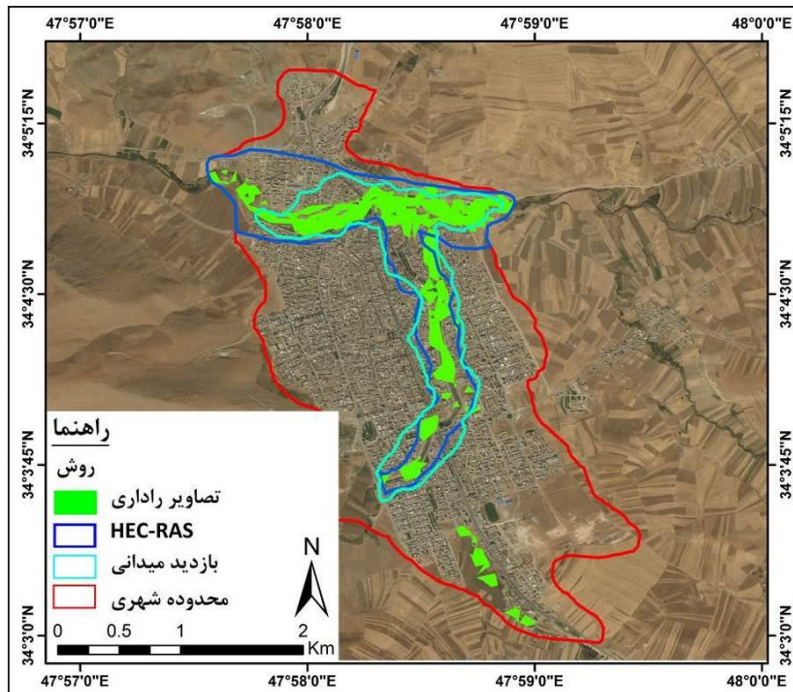
مقایسه نتایج به دست آمده از طریق روش HEC-RAS با نتایج به دست آمده از تصاویر راداری و بازدیدهای میدانی در محدوده شهری: در بخش‌های قبلی، وضعیت مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد بررسی شد. در این قسمت، به منظور مقایسه نتایج به دست آمده

از روش‌های مختلف، مساحت مناطق سیل‌زده و سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد مقایسه شد که در جدول ۶ نشان داده شده است. براساس جدول مذکور، نتایج به‌دست‌آمده از طریق HER-RAS بخش گسترده‌تری از شهر را در بر می‌گیرد. در واقع با توجه به استفاده از دوره بازگشت صدساله برای مقایسه، مساحت پهنه سیل‌گیر به‌دست‌آمده از طریق مدل HEC-RAS، با ۱/۵۴۲ کیلومترمربع، گسترده‌تر از مناطق سیل‌زده مشخص شده توسط تصاویر راداری و بازدیدهای میدانی است، همچنین مساحت مناطق سیل‌زده که توسط تصاویر راداری تهیه شده (۰/۵۶۲ کیلومترمربع)، کمتر از مساحت به‌دست‌آمده از طریق روش‌های دیگر است که دلیل آن را می‌توان فروکش کردن سیلاب در روز تصویربرداری عنوان کرد.

در شکل ۸ نقشه مناطق سیل‌زده و پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد نشان داده شده است. ارزیابی و مقایسه نتایج روش‌های مختلف بیانگر انطباق نتایج بر هم است. در واقع مناطق شناسایی شده در بازدیدهای میدانی به‌عنوان مناطق سیل‌زده، در تصاویر راداری نیز مناطق سیل‌زده شناسایی شده است. این مناطق براساس نتایج حاصل از روش HEC-RAS، جزو مناطق سیل‌خیز محسوب می‌شوند، بنابراین نتایج به‌دست‌آمده بر هم منطبق‌اند. نتایج ضمن تأیید کاربردی بودن روش‌ها و مدل‌های استفاده‌شده، بیانگر این است که شهر نورآباد دارای پتانسیل سیل‌خیزی زیادی است و سیلاب‌های با دوره بازگشت بلندمدت ممکن است خساراتی بیش از سیلاب فروردین ۱۳۹۸ داشته باشد. با توجه به موارد یادشده، می‌توان گفت که برنامه‌ریزی‌های صورت‌گرفته در شهر نورآباد بدون توجه به پتانسیل سیل‌خیزی منطقه صورت گرفته و همین مسئله سبب تشدید مخاطره‌پذیری شهر نورآباد شده است.

جدول ۶. مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد با استفاده از روش‌های مختلف

روش	تصاویر راداری	بازدیدهای میدانی	HEC-RAS
مساحت مناطق سیل‌زده در محدوده شهری نورآباد (کیلومتر مربع)	۰/۵۶۲	۱/۲۱۲	۱/۵۴۲



شکل ۸. نقشه مناطق سیل‌زده و پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد

### نتیجه‌گیری

سیلاب‌ها از مهم‌ترین مخاطراتی هستند که همواره خسارات زیادی به نواحی شهری وارد می‌آورند. اهمیت سیلاب‌ها سبب شده است که در این زمینه تحقیقات مختلفی صورت گیرد. در بیشتر تحقیقات پیشین، پهنه‌های مستعد وقوع سیلاب به روش‌های مختلف شناسایی شده یا با استفاده از تصاویر راداری و روش‌های مختلف، مناطق سیل‌زده مشخص شده است، اما در این تحقیق ابتدا با استفاده از تصاویر راداری و بازدیدهای میدانی مناطق سیل‌زده شناسایی شد. سپس با استفاده از روش HEC-RAS مناطق سیل‌خیز شناسایی و نتایج با هم مقایسه شد. در واقع، بهره‌گیری از روش‌های مختلف و مقایسه نتایج حاصل از این روش‌ها، نوآوری این پژوهش محسوب می‌شود. نتایج ارزیابی مناطق سیل‌زده با استفاده از تصاویر راداری بیانگر این است که بر اثر سیلاب فروردین ۱۳۹۸، بخش‌های زیادی از شهر نورآباد به مساحت ۰/۵۶۲ کیلومترمربع با سیلاب مواجه شدند که در این میان، بخش‌های شمالی شهر، منطبق بر محل تلاقی رودخانه گچینه و بادآورد دارای بیشترین پهنه سیل‌زدگی بوده‌اند. همچنین در این تحقیق پس از

بازدیدهای میدانی، حد نهایی مناطق سیل‌زده در محدوده شهری نورآباد تعیین شد که مساحت آن ۱/۲۱۲ کیلومتر مربع است. براساس نتایج بازدیدهای میدانی، مناطق مجاور رودخانه گچینه و بادآورد با سیلاب مواجه شدند که آسیب‌پذیری مناطق پایین‌دست رودخانه گچینه شامل مناطق اطراف شهرداری و همچنین مناطق مجاور رودخانه بادآورد شامل مناطق مجاور کلاتری ۱۱، بیشتر از نواحی دیگر بود. در این تحقیق پس از شناسایی مناطق سیل‌زده، با استفاده از روش HEC-RAS، مناطق مستعد وقوع سیلاب برای دوره‌های بازگشت مختلف مشخص شد که براساس نتایج به‌دست‌آمده مساحت پهناهای سیل‌گیر در محدوده شهری نورآباد برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و صدساله به ترتیب ۰/۱۴۹، ۰/۲۵۶، ۰/۵۶۴، ۰/۹۵۳ و ۱/۵۴۲ کیلومتر مربع است. ارزیابی و مقایسه نتایج بیانگر انطباق نتایج برهم است. در واقع مناطقی که در بازدیدهای میدانی مناطق سیل‌زده شناسایی شد، در تصاویر راداری نیز مناطق سیل‌زده شناسایی شد. این مناطق براساس نتایج حاصل از روش HEC-RAS، جزو مناطق سیل‌خیز محسوب می‌شوند و بنابراین نتایج برهم منطبق‌اند. با توجه به اینکه براساس نتایج روش HEC-RAS، سیلاب‌های با دوره بازگشت طولانی‌مدت مانند دوره بازگشت صدساله، پهناهای بیشتری از شهر نورآباد را در بر خواهد گرفت، بنابراین می‌توان گفت که سیلاب‌های با دوره بازگشت بلندمدت، ممکن است خساراتی بیش از سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در پی داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای کاهش خسارت سیلاب و مدیریت آن، ابتدا به آزادسازی حریم صدساله رود پرداخت و سپس سد سیلاب‌گیر در بخش کوهستانی حوضه نورآباد احداث کرد.

## منابع

- [۱]. اصلانی، فرشته (۱۳۹۶). «برنامه‌ریزی راهبردی مقابله با وقوع سیلاب با تکنیک سوات (نمونه موردی: محدوده مرکزی شهرستان های تهران و کرج)»، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، جلد ۷، شماره ۳، ص ۲۱۰-۲۰۱.
- [۲]. خیری‌زاده آروق، منصور؛ جبرائیل، ملکی؛ و عمونیا، حمید (۱۳۹۱). «پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردقچای با استفاده از روش ANP»، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، ص ۵۶-۳۹.
- [۳]. سادات حمصی، ملیحه؛ یاراحمدی، داریوش؛ اونق، مجید؛ و شمسی‌پور، علی‌اکبر (۱۳۹۸). «کاهش پهنه خطر سیل در حوضه دشت کاشان از طریق اجرای سناریوی آمایش خطرمدار»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۳، ص ۲۸۵-۲۷۱.
- [۴]. قنواتی، عزت‌الله؛ احمدآبادی، علی؛ و صادقی، منصور (۱۳۹۸). «جانمایی پهنه‌های مستعد ذخیره سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های فرمی زمین و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی در حوضه آبخیز قمرود»، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۵، شماره ۱۸، ص ۱۵۹-۱۳۹.
- [۵]. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۱). «آسیب‌پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب»، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱، شماره ۲، ص ۱۸-۱.
- [۶]. محمودزاده، حسن؛ و باکویی، مائده (۱۳۹۷). «پهنه‌بندی سیلاب یا استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهر ساری)»، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۸، ص ۶۸-۵۱.
- [۷]. محمودزاده، حسن؛ امامی‌کیا، وحید؛ و رسولی، علی‌اکبر (۱۳۹۳). «ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP»، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۳۰، شماره ۱، ص ۱۸۰-۱۶۷.
- [۸]. مددی، عقیل؛ پیروزی، الناز؛ و آقاییاری، لیلیا (۱۳۹۷). «پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تلفیق روش‌های SCS-CN و WLC (مطالعه موردی: حوضه خیاو چای مشکین‌شهر)»، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۵، شماره ۱۷، ص ۱۰۲-۸۵.
- [۹]. مقیمی، ابراهیم؛ و صفاری، امیر (۱۳۸۹). «ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری در قلمروی حوضه‌های زهکشی سطحی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)»، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۴، شماره ۱، ص ۳۱-۱.
- [۱۰]. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ فریدونی کردستانی، مژده؛ و چشمه‌سفیدی، زیبا (۱۳۹۸). «ارزیابی توسعه فیزیکی شهرها و گسترش به‌سمت مناطق ممنوعه»

ژئومورفولوژیکی با استفاده از LCM (مطالعه موردی: شهر سنندج)، «مخاطرات محیط

طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۰، ص ۵۲-۳۹.

- [11]. Ajin, R. S.; Krishnamurthy, R. R.; Jayaprakash, M.; & Vinod, P. G. (2013). "Flood hazard assessment of Vamanapuram River Basin, Kerala, India: An approach using Remote Sensing & GIS techniques", *Advances in Applied Science Research*, 4(3), pp: 263-274.
- [12]. Azouagh, A.; El Bardai, R.; Hilal, I.; & Messari, J. (2018). "Integration of GIS and HEC-RAS in Floods Modeling of Martil River (Northern Morocco)", *European Scientific Journal*, 14 (12).
- [13]. Cai, Y. P.; Huang, G. H.; Tan, Q.; & Chen, B. (2011). "Identification of optimal strategies for improving ecoresilience to floods in ecologically vulnerable regions of a wetland", *Journal of Ecological Modelling*, 22 (2), pp: 360-369.
- [14]. Chini, M.; Pelich, R.; Pulvirenti, L.; Pierdicca, N.; Hostache, R. & Matgen, P. (2019). "Sentinel-1 InSAR Coherence to Detect Floodwater in Urban Areas: Houston and Hurricane Harvey as A Test Case", *Remote Sens*, 11 (107).
- [15]. Cutter, S. L. (2008). "Community and Regional Resilience: Perspectives from Hazards, Disasters and Emergency Management, CARRI Research Report.1, Hazards and Vulnerability Research Institute, Department of Geography", *University of South Carolina, Columbia*, pp: 1-19.
- [16]. Feng, L.H.; & J, Lu. (2010). "The practical research on flood forecasting based on artificial neural networks", *Expert Syst Appl*, 37, pp: 2974-2977.
- [17]. International Disaster Database (EM DAT). 2016. <http://www.emdat.be/about>.
- [18]. Khattak, M. S.; Anwar, F.; Usman Saeed, T.; Sharif, M.; Sheraz, K.; & Ahmed, A. (2016). "Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River", *Research Article – Civil engineering*, 40, pp: 1375-1390.
- [19]. Pandeya, B.; Uprety.; M.; Paul, J.; Sharma, R.; Dugar, S.; & Buytaert, W. (2020). "Mitigating flood risk using low-cost sensors and citizen science: A proof-of-concept study from western Nepal", *Journal of Flood Risk Management*, 34 (3), pp: 311-324.
- [20]. Parhi, P. K. (2018). "Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution", *Journal of The Institution of Engineers (India)*, 99 (4), pp: 751-755.
- [21]. Rick, B.; & Forest, S. (2014). "Crooked River Valley Rehabilitation Draft Environmental Impact Statement", *United States Department of Agriculture Forest Service*, 59.
- [22]. Serre, D.; Barroca, B.; Balsells, M.; & Becue, V. (2016). "Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmannkai in Hamburg", *Journal of Flood Risk Management*, 11 (1), pp: 69-83.
- [23]. Silva, F.V.; Bonuma, N. B.; & Uda, P. K. (2014). "Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS", *International Conference on Flood Management*, 9.



- 
- [24]. Song, S.; Wang, S.; Fu, B.; Dong, Y.; Liu, Y.; Chen, H.; & Wang, Y. (2020). "Improving representation of collective memory in socio-hydrological models and new insights into flood risk management", *Journal of Flood Risk Management*, 34 (3), pp: 324-335
- [25]. Su, w.; Ye, G.; Yao, S.; & Yang, G. (2014). "Urban Land Pattern Impacts on Floods in a New District of China", *Sustainability*, 6 (10), pp: 6488-6508.
- [26]. Sun, P.; Wang, S.; Gan, H.; Liu, B.; & Jia. L. (2017). "Application of HEC-RAS for flood forecasting in perched river—A case study of hilly region", China, 3rd International Conference on Energy Materials and Environment Engineering, *Earth and Environmental Science*, 61.