

مروری جامع بر رویکردهای مدل سازی سیلاب (مدل های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS)

چکیده

سیل به عنوان یکی از مخرب ترین بلایای طبیعت، باعث مرگ و میر، تخریب اموال و آسیب های زیرساختی می شود و میلیون ها نفر را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار می دهد. شدت خسارات ناشی از آن را می توان با اعمال مدیریت و پروتکل های مناسب کاهش داد. با توجه به توانایی مدل سازی سیل در پیش بینی دقیق و کاهش اثرات سیل، یک رویکرد مهم به شمار می آید. این تحقیق وضعیت فعلی مدل سازی سیل مبتنی بر سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی را در شناسایی مناطق خطر سیل، ارائه می دهد و این که ابزارهای مهمی برای برنامه ریزان و تصمیم گیران می باشند. همچنین مزایا و معایب مدل های مبتنی بر RS و GIS را بیان و ارزیابی می کند که چگونه مسیر و اثرات سیل را پیش بینی کنند. برای بهبود مدیریت ریسک سیل بر جامعه، مدل سازی مبتنی بر سنجش از دور و GIS قابل اعتماد و مقرون به صرفه است و استفاده از این مدل سازی سیل در تحقیقات مورد تاکید است.

کلمات کلیدی: مدیریت مخاطرات طبیعی، امواج رادار، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، ارزیابی ریسک

۱- مقدمه

سیل گسترده ترین خطر هیدرولوژیکی در سراسر جهان است [۱]. که بر مدیریت آب، تلاش های حفاظتی، فعالیت های اقتصادی، تغییرات هیدرومورفولوژیکی در خدمات اکوسیستم و سلامت انسان تأثیر می گذارد [۲] و به سلامت انسان و رشد اقتصادی آسیب جدی وارد می کنند. مدل ها برای پیش بینی فرآیندهای سیلاب برای کمک به جلوگیری یا کاهش اثرات مخرب سیل برای مردم و جوامع حیاتی هستند [۳]. با توجه به خصوصیات مکانی عوامل و فرآیندهای هیدرولوژیکی کنترل کننده بارش، جای تعجب نیست که سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به بخشی جدایی ناپذیر از مطالعات هیدرولوژیکی تبدیل شده اند [۴]. فناوری سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به پایش بلادرنگ، هشدار اولیه و ارزیابی سریع خسارت بلایای سیل کمک می کنند سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری است که می تواند به مدیران در شناسایی مناطق مستعد سیل در جامعه خود کمک کند [۵]. امروزه GIS به عنوان یک ابزار قدرتمند برای ارزیابی ریسک و مدیریت مخاطرات طبیعی در حال ظهور است. با توجه به این تکنیک ها، نقشه برداری خطرات طبیعی را می توان در حال حاضر برای ترسیم مناطق مستعد سیل بر روی نقشه تهیه کرد. چنین نقشه هایی برای مقامات مدنی جهت ارزیابی سریع اثرات احتمالی یک خطر طبیعی و آغاز اقدامات مناسب برای کاهش خطر احتمالی تأثیر بسزایی دارد. چنین داده هایی به برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان کمک می کند تا در شرایط پیش از فاجعه گام های مثبت و به موقع بردارند. همچنین در طول فعالیت های پس از فاجعه برای ارزیابی خسارات و خسارات ناشی از سیل به آنها کمک کند. داده های مکانی ذخیره شده در پایگاه داده های دیجیتال GIS، مانند مدل رقومی ارتفاع (DEM)، می تواند برای پیش بینی رویدادهای سیل در آینده استفاده شود [۶].

در مطالعه ای که با استفاده از داده های سنجش از دور به بررسی حوضه تست^۱ در سینگتام^۱ پرداختند. رواناب تخمینی با رواناب محاسبه شده با داده های بارندگی واقعی برای سال ۲۰۰۹ مقایسه شد. که نتایج نشان داد که همبستگی خوبی بین رواناب مشاهده شده و محاسبه شده به وجود

آمده است [۷]. با استفاده فناوری سنجش از دور (RS)^۱ و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۲ به شناسایی مناطق خطر سیل و پناهگاه‌های سیل در سند^۳، پاکستان^۴ پرداخته شد. نتایج آن نشان داد می‌توان از این روش جهت تهیه نقشه خطر سیل و نقشه سایت‌های پناهگاه برای مدیریت سیل بهره برده شود. [۸]. همچنین با استفاده از سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و نسبت فرکانس (FR)^۵ در پاپوا گینه نو (PNG)^۶ حساسیت سیل بررسی شد. نتایج نشان داد که حدود ۱۹,۴٪ مساحت منطقه در مناطق با ریسک بسیار بالا واقع شد و این مدل جهت طراحی برنامه‌های کاهش سیل بسیار مفید و همچنین ابزاری کارآمد خواهد بود. [۹]. در مطالعه دیگری با ادغام سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های سنجش از دور به تجزیه و تحلیل مناطق مستعد سیل در سمرنگ^۷، جاوه مرکزی^۸ پرداخته شد. نتایج نشان داد که ۱۸,۸٪ از منطقه در شرایط با ریسک خیلی بالا و ۴۴,۲۵٪ از منطقه در شرایط با ریسک بالا واقع شدند [۱۰]. در تحقیقی جهت مدیریت و کاهش خطرات سیل با استفاده از ترکیب تصویر ماهواره‌ای سنجش از دور و روش تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS در وادی هالی^۹، عربستان سعودی^{۱۰} به نقشه‌برداری مناطق آسیب پذیر سیل پرداخته شد. نتایج نشان داد حدود ۱۳٪ از منطقه مورد مطالعه در محدوده با ریسک بالا واقع شده است و ادغام تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، مناطق قابل توجهی از مناطق پرخطر در سیل‌های ناگهانی شناسایی نمود [۱۱]. در تحقیقی مدل‌سازی سیل با استفاده از هیدرولوژیک، هیدرولیک، بارندگی-رواناب، سنجش از دور و GIS، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، و تکنیک‌های ابتکاری و فراابتکاری مزایا و معایب مدل‌های مختلف بررسی شد [۱۲].

۲- روش تحقیق

۲-۱- مدل‌های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS

مشاهدات مبتنی بر فضا و هوا از زمین، موقعیت منحصر به فردی را برای نظارت و ارزیابی سیل و سایر بلایا فراهم می‌کند. نقشه برداری و مطالعات سنتی سیل بر اساس بررسی‌های مرسوم و سوابق تاریخی سیل صورت گرفته است. در این راستا، فناوری فضایی سهم قابل توجهی در هر جنبه‌ای از مدیریت بلایای سیل مانند آمادگی، پیشگیری و امداد رسانی داشته است [۱۳]. مدل‌سازی با ترکیب روش‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شکل می‌گیرد، ابزارهای پیشرفته‌ای هستند که به طور گسترده در بخش منابع آب برای تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند [۱۴]. مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توانند از داده‌های سنجش از دور و GIS بهره کامل ببرند و می‌توانند طیف کاملی از مدل‌سازی آنچه در گذشته اتفاق افتاده را ارائه دهند و آنچه در آینده اتفاق می‌افتد را پیش‌بینی کنند [۱]. می‌توان GIS را به عنوان مجموعه‌ای قدرتمند از ابزارها تعریف کرد که امکان جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیابی، تجزیه و تحلیل و ارائه اطلاعات مرجع جغرافیایی را فراهم می‌کند. از سوی دیگر سنجش از دور به طور کلی به عنوان علم به دست آوردن اطلاعات در مورد سطح زمین بدون تماس فیزیکی با آن تعریف می‌شود. انتقال اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترومغناطیسی با کمک حسگرها انجام می‌شود [۱۶]. کنترل سیل مانند هر خطر طبیعی دیگری دشوار است، اما می‌توان اثرات آن را به حداقل رساند و تلاش‌های متعددی در این زمینه صورت گرفته است. پیشرفت در دانش کامپیوتر، مدل‌سازی، سنجش از دور

¹ Remote Sensing

² Geographical Information Systems

³ Sindh

⁴ Pakistan

⁵ frequency ratio

⁶ Papua New Guinea

⁷ Semarang

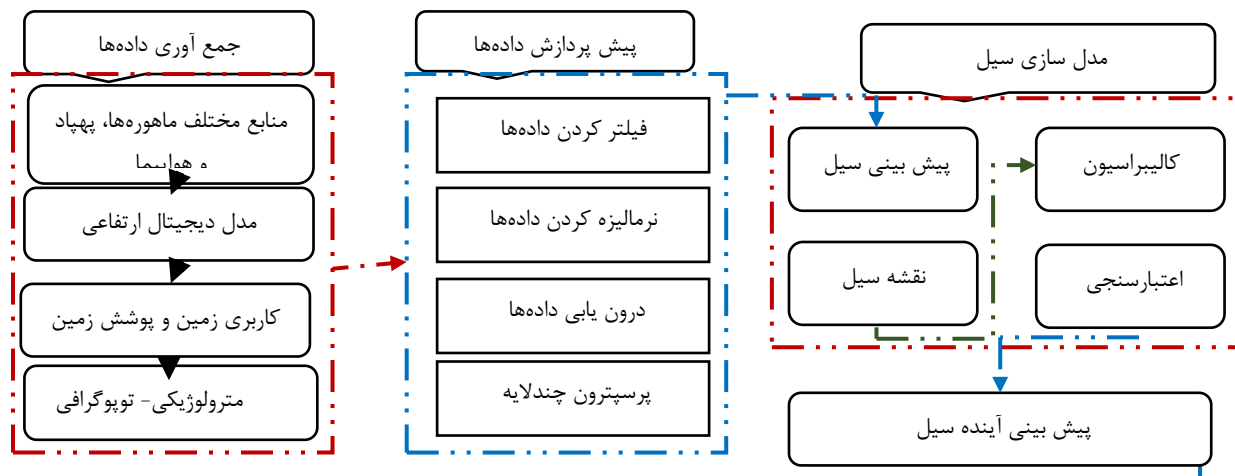
⁸ Central Java

⁹ Wadi Hali

¹⁰ Saudi Arabia

(RS) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به ویژه در مدیریت سیل مفید بوده است. از طریق مدل‌سازی با استفاده از RS و GIS، می‌توان سیل‌ها را پیش‌بینی کرد و مناطق آسیب‌پذیر سیل و همچنین مناطق خطر سیل را ترسیم کرد. [۱۷]. GIS و RS ورودی داده‌های مکانی و زمانی مورد نیاز مدل‌های هیدرولوژیکی را به منظور شبیه‌سازی رواناب فراهم می‌کنند [۱۸]. شناسایی مکان‌های مستعد سیل را می‌توان از طریق مدل‌سازی حساسیت به سیل در ارتباط با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور انجام داد.

روش زیر معمولاً در مدل‌های سیلاب مبتنی بر سنجش از دور و GIS استفاده می‌شود، همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. مدل پیش بینی سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS

داده‌های جمع آوری شده، شامل داده‌های اولیه و داده‌های ثانویه است. داده‌های اولیه از بررسی میدانی با بررسی مکان‌های متأثر از سیل، کاربری زمین و پوشش زمین به دست آمده است. داده‌های ثانویه به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های که از نهادهای مرتبط به دست آمده است [۱۹]. داده‌های سنجش از راه دور توسط ماهواره‌ها و هواپیماها در پایش/تعیین سیل استفاده شده است [۲۰].

تکنیک‌های سنجش از دور به وسیله حسگرهایی که در چندین باند طیفی نصب شده بر روی هواپیما یا ماهواره‌ها کار می‌کنند، اطلاعات را به سرعت در مناطق وسیعی به دست آورده و توزیع می‌کنند. ماهواره‌ای که به دور زمین می‌چرخد، می‌تواند کل سطح را در چند روز کاوش کند و در فواصل زمانی معین بررسی همان منطقه را تکرار کند، در حالی که هواپیما می‌تواند در صورت نیاز خاص، تجزیه و تحلیل دقیق‌تری از منطقه کوچک‌تر ارائه دهد. باندهای طیفی استفاده شده توسط این حسگرها کل محدوده بین امواج مرئی و مایکروویو را پوشش می‌دهند. پیشرفت‌های سریع در فناوری کامپیوتر و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به پردازش مشاهدات سنجش از راه دور (RS) از ماهواره‌ها در قالب فضایی نقشه‌ها کمک می‌کند. تجسم فضایی اطلاعات منابع طبیعی ادغام اطلاعات به دست آمده از تکنیک‌های RS با مجموعه داده‌های دیگر - چه در قالب‌های مکانی و چه غیر مکانی، پتانسیل فوق العاده‌ای را برای شناسایی، نظارت و ارزیابی خشکسالی‌ها و سیل‌ها فراهم می‌کند [۲۱]. با کمک داده‌های SAR و DEM چندین رویکرد برای

بازیابی عمق سیل ارائه شده است [۲۲]. سیستم‌های رادار دیافراگم مصنوعی (SAR)^{۱۱} معمولاً ابزارهای قدرتمندی برای نظارت بر سیل در زمان واقعی (NRT)^{۱۲} در آب و هوا مختلف (بارانی و ابری) و همه زمان‌ها (شب و روز) محسوب می‌شود [۲]. مناسب‌ترین داده‌ها را برای شناسایی مناطق سیل خیز است [۲۳، ۲۴]. داده‌های قطبی شده HH برای تشخیص منطقه سیلاب مناسب تر و برتر از داده‌های HV و VV هستند. با این حال، اگر HV به طور مشترک با داده‌های HH در دسترس باشد، نتیجه می‌تواند بیشتر اصلاح شود. داده‌های پلاریزه VV در تشخیص مناطق سیلابی عملکرد ضعیفی دارند، زیرا به شدت تحت تأثیر زبری سطح قرار دارند [۲۵].

داده‌های ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع (DEM) نیز به عنوان ورودی مدل نقشه‌برداری آب سطحی مورد نیاز است [۲۶]. مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) و متغیرهای زمین و توپوگرافی به دست آمده از این مدل‌ها (به عنوان مثال، جنبه شیب، شیب، کانال‌ها، دامنه‌ها) ورودی‌های اساسی برای مدل‌سازی محیطی و منظر و تحلیل فضایی هستند [۲۷]. از تکنیک تحلیل داده‌های مکانی بصری با استفاده از نرم‌افزار GIS استفاده کردند تا بتوانند نقشه‌های تصویری، نقشه پوشش اراضی و نقشه توزیع نقاط سیلاب را تهیه کنند [۱۹]. GIS به عبارتی مطالعات حساسیت به سیل را تسهیل کرده و به طور قابل توجهی دقت آن‌ها را بهبود بخشیده است [۲۸]. همچنین کاربری زمین و پوشش زمین^{۱۳} یکی از مهمترین عوامل موثر بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه و وقوع سیل است [۲۹]. ادغام بین مدل‌های پیش‌بینی کاربری زمین و مدل‌سازی DEM می‌تواند در مدل‌سازی برای تحلیل خطر فاجعه سیل استفاده شود [۳۰]. مدل‌سازی سیل عملاً یک روش جدید است [۳۱]. اثرات سیل که توسط مدل کامپیوتری تعیین می‌شود، شامل: مدل هیدرولوژیکی، ایجاد رواناب توسط محاسبه مدل هیدرولوژیکی [۳۲] و مدل هیدرولیک، که رواناب را از طریق کانال‌های جریان جهت تعیین مشخصات سطح آب در مکان‌های خاص در امتداد شبکه جریان هدایت می‌کند، ابزاری برای نقشه‌برداری و مشاهده مناطق سیلابی، و استخراج داده‌های مکانی برای استفاده در مدل‌ها است [۳۳]. نقشه‌برداری سیل برای مدیریت عملیات اولین واکنش‌دهنده و اجرای بهترین شیوه‌های مدیریت پس از بلایا ضروری است [۳۴]. نقشه حساسیت سیل (FSM) یک گام مهم برای ارزیابی خسارت سیل است و از تصمیم‌گیری آگاهانه برای مدیریت بلایای سیل پشتیبانی می‌کند [۳۵]. کالیبراسیون داده‌ها تأثیرات رادیومتری زوایای فرود مختلف (ناشی از هندسه سنسور و ویژگی‌های توپوگرافی سطح) را جبران می‌کند [۳۶]. اعتبار سنجی یک موضوع کلیدی در تجزیه و تحلیل خطر سیل است، این فرآیند ضروری است زیرا تضمین می‌کند که مدل‌های سیل قابل اعتماد هستند و می‌توان از آنها برای توسعه روش‌های کاهش موثر استفاده کرد. زیرا ارزیابی خطر سیل با سطوح قابل توجهی از عدم قطعیت مشخص می‌شود [۳۷، ۳۸]. سه نوع تکنیک اعتبار سنجی عبارتند از: مقایسه بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی‌ها، مقایسه نتایج مدل‌های مختلف و قضاوت متخصص، کمبود داده‌های مشاهده‌ای، محدودیت اصلی برای اعتبارسنجی است، به طوری که قابلیت اطمینان مدل‌های خطر سیل به سختی قابل ارزیابی است [۳۹].

۲-۲- چالش‌های استفاده از RS و GIS برای مدیریت سیل

علیرغم پتانسیل زیادی که RS و GIS در مدیریت سیل ارائه می‌دهند، استفاده از آن‌ها تا حدی محدود شده است. وجود پوشش ابر در طول دوره‌های سیل به عنوان چالش اصلی در استفاده از سنجش از دور نوری در مدیریت سیل گزارش شده است. براساس نظر سانیا^{۱۴} و لی^{۱۵} (۲۰۰۵) استفاده از SAR گزینه بهتری است زیرا پالس رادار قدرت نفوذ بالاتری برای غلبه بر مشکل پوشش ابر دارد، با این حال استفاده از آن به ویژه در کشورهای در حال توسعه به دلیل قیمت‌های بالا و همچنین پوشش محدود، محدود شده

¹¹ synthetic aperture radar

¹² near real-time

¹³ LULC

¹⁴ Sanyal

¹⁵ Lu

است. چالش‌های دیگر برای استفاده از RS شامل دسترسی محدود به تصاویر در زمان و مکان، تغییرات فصلی، محدودیت‌های فنی و مهمتر از همه مشکل وضوح زمانی پایین است. با توجه به مشکل تفکیک زمانی، اکثر تصاویر راداری مدتی قبل و همچنین بعد از سیل گرفته می‌شوند و در بیشتر موارد ممکن است اوج سیل گرفته نشود. به عبارت دیگر، یک تأخیر به موقع بین زمان واقعی وقوع سیل و زمان ثبت تصاویر وجود دارد [۴۰]. جدول (۱) ویژگی‌های انواع داده‌های سنجش از دور و کاربرد آنها در منابع سیل و آب را نشان می‌دهد. برخی از کاربردهای سنجش از دور و GIS در سیل شامل مواردی چون نقشه حساسیت به سیل [۴۱]، سیل ناگهانی [۴۲]، ارزیابی خطر سیل [۴۳]، خطرات سیل [۴۴] و شاخص خطر سیل [۴۵]، می‌باشد. نقشه‌های سیل از مجموعه‌های ماهواره‌های مختلف به دست می‌آید. تصاویر رادار دیافراگم مصنوعی (SAR) با وضوح کمتر از ۱۰۰ متر برای نقشه‌برداری سیل در مقیاس بزرگ به خوبی قابل استفاده است [۴۶].

جدول ۱: ویژگی‌های انواع داده‌های سنجش از دور و کاربرد آن‌ها [۱۲]

کاربرد	ویژگی‌ها	نوع داده سنجش از دور
طبقه‌بندی پوشش زمین، تخمین رطوبت خاک، پایش پوشش گیاهی، برنامه‌ریزی شهری، نقشه برداری سیل مدیریت سواحل، ارزیابی خطر سیل، پاسخ به بلایا، ارزیابی خسارت سیل	دارای وضوح بالا، ثبت توسط دوربین‌های ارزان قیمت، تخریب تصاویر نوری به دلیل شرایط بد آب و هوایی مانند باران، ابر، مه و شرایط گرد و غبار، نور مرئی و نزدیک به مادون قرمز ضبط می‌کنند	تصاویر نوری
شناسایی و پایش سیل، نقشه‌برداری سیل، پایش منابع آب، نقشه‌برداری وسعت سیل	تابش گرما را جذب می‌کند، اطلاعاتی در مورد توزیع دما ارائه می‌دهد	تصاویر حرارتی
نقشه‌برداری از زمین، نظارت بر فرسایش ساحلی، شناسایی نشت نفت، نقشه‌برداری سیل کشاورزی، جنگل‌داری، برنامه‌ریزی شهری، خطر سیل ارزیابی، ارزیابی خسارت سیل	از امواج رادار برای تشخیص و اندازه‌گیری اشیا و زمین استفاده می‌کند اطلاعاتی در مورد ارتفاع، زبری سطح و رطوبت ارائه می‌دهد	تصاویر رادار
برنامه‌ریزی شهری، نقشه‌برداری مناطق سیلابی، وسعت سیل نقشه‌برداری ارزیابی خطر سیل، سیل ارزیابی خسارت	از پالس‌های لیزر برای اندازه‌گیری فاصله و ایجاد مدل‌های سه بعدی استفاده می‌کند اطلاعاتی در مورد توپوگرافی، ارتفاع پوشش گیاهی و ساختار ساختمان ارائه می‌دهد	لیدار ^{۱۶}
پایش محیط زیست، نقشه برداری سیل ارزیابی خطر سیل، پایش کیفیت آب، سیل ارزیابی خسارت	داده‌ها را در طیف گسترده‌ای از طول موج‌ها ضبط می‌کند اطلاعات دقیقی در مورد ترکیب مواد و سلامت پوشش گیاهی ارائه می‌دهد	تصاویر فراطیفی
تشخیص و پایش حریق، سلامت محصول، پایش منابع آب، نقشه برداری سیل بازرسی ساختمان، بهره‌وری انرژی، نقشه برداری وسعت سیل، ارزیابی خسارت سیل	جذب تشعشعات حرارتی اطلاعاتی در مورد توزیع دما ارائه می‌دهد	تصاویر مادون قرمز
پایش آب و هوا، تغییرات کاربری زمین، بلایای طبیعی، نقشه‌برداری سیل پایش آب و هوا، اقیانوس شناسی، ارزیابی خطر سیل	داده‌های سنجش از راه دور را با استفاده از حسگرهای موجود در ماهواره‌های مدار زمین ضبط می‌کند پوشش جهانی و بازدیدهای مکرر از مناطق مورد علاقه را فراهم می‌کند	تصاویر ماهواره‌ای

¹⁶ LiDAR

نمونه‌هایی از مدل‌های سیل بر اساس سنجش از دور و GIS عبارتند از: نرم افزار مدل ساز ArcGIS: با استفاده از نرم افزار مدل ساز^{۱۷} گستره احتمالی سیل و مکان مناسب مکان‌های پناهگاه سیل برای محدوده نقشه برداری شد [۴۷]. یک ابزار دسکتاپ سفارشی^{۱۸} GIS که توسط کارکنان NWS^{۱۹} در هنگام سیل اجرا می‌شود تا نقشه سیلاب را انجام دهد. مدل هیدرولیکی حالت ناپایدار موج سیل (FLDWAV) که توسط NWS توسعه یافته است، برای ارائه پیش‌بینی ارتفاع سطح آب استفاده شد. ArcObjects و Visual Basic for Applications (VBA) در ArcGIS ESRI، زبان‌های برنامه نویسی مورد استفاده برای ایجاد این ابزار بودند. ابزار سفارشی، تجسم فضایی قابل درک از طغیان احتمالی سیل را برای عموم فراهم می‌کند [۴۸]. مدل سازی GARI: ابزار GARI با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) توسط ArcGIS Online (Esri) پشتیبانی شده، به منظور تجسم وسعت رویدادهای سیل تحت سناریوهای مختلف تغییر آب و هوا، جهت نقشه برداری سیل (وسعت و عمق سیل)، آسیب پذیری جمعیت در یک منطقه خاص استفاده می‌شود [۴۹].

مدل‌های سیل که بر اساس سنجش از دور و فناوری GIS ساخته شده‌اند، بسیار امیدوارکننده هستند و این توانایی را دارند که نحوه درک و مدیریت خطر سیل را کاملاً تغییر دهند. پایش و پیش‌بینی بی‌درنگ رویدادهای سیل را می‌توان در زمان واقعی نظارت کرد و هشدارهای اولیه و پیش‌بینی اثرات آن‌ها را می‌توان با استفاده از مدل‌های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS ارائه کرد. این به کاهش احتمال تلفات جانی و مالی و حمایت از واکنش موثر اضطراری کمک می‌کند. داده‌های سنجش از دور و GIS هر روز بیشتر و بیشتر در دسترس هستند و کیفیت آن‌ها نیز رو به افزایش است و بروزتر می‌شوند. این امکان توسعه مدل‌های دقیق تر و جامع سیل را فراهم می‌کند. همکاری بیشتر و به اشتراک گذاری داده‌ها را می‌توان با مدل‌های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS، که توسط ذینفعان مختلف، از جمله سازمان‌های دولتی، مؤسسات دانشگاهی و بخش تجاری استفاده می‌شود، پشتیبانی کرد. درک بهتر اثرات سیل بر جوامع و محیط زیست به تصمیم‌گیری و روش‌های مدیریت ریسک کمک می‌کند.

۳-۲- چالش‌ها و پیشرفت‌ها

مدل سازی سیل یک تمرین پیچیده است که در آن عوامل زیادی باید در نظر گرفته شوند. درک مکانیسم‌های فیزیکی که باعث ایجاد سیل می‌شوند و پیش‌بینی رفتار و اثرات آن‌ها، مانند سطح آب، الگوهای رودخانه‌ها، وسعت آبگرفتگی و ارزیابی خسارت، از اهداف اصلی مدل سازی سیل هستند. تکنیک RS سهم قابل توجهی در نقشه برداری سیل و ارزیابی ریسک فراهم می‌کند RS و GIS سریعتر و کارآمدتر هستند که می‌توانند بهترین فرصت را برای ضبط، ذخیره، ترکیب، دستکاری، بازیابی، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات برای تعیین مناطق خطر بالقوه فراهم کنند. با استفاده از تکنیک سنجش از دور و با تکیه بر توانایی‌های سنجنده‌های مختلف در اخذ و گردآوری اطلاعات از مناطق وسیع با توان تفکیک‌های متنوع طیفی، مکانی، رادیومتریک و زمانی، امکان پایش سیل بخوبی وجود دارد. از طرفی تلفیق اطلاعات به دست آمده از سنجش از دور با دیگر مجموعه داده‌های مکانی به ویژه نرم افزار ARC GIS و غیر مکانی، عامل شگرفی برای شناسایی، پایش (نظارت) و ارزیابی سیل محسوب می‌گردد. سنجش از دور توانایی تشخیص مناطق آسیب دیده، ناشی از سیل جهت تعیین خسارت و کنترل بحران را دارد که برای این کار دو تصویر از قبل و بعد از حادثه مورد نیاز است تا با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص تغییرات، مکان‌های آسیب دیده را تعیین نمود.

¹⁷ model builder

¹⁸ custom desktop GIS tool

¹⁹ National Weather Institute

پیشرفت‌ها در فناوری سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به نظارت بلافاصله و برآورد خسارت سیل می‌تواند کمک قابل توجه کند. سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری است که می‌توان به کمک آن مناطق مستعد سیل با ریسک بالا در مناطق مختلف شناسایی نمود. با نرم افزار GIS، اطلاعات جغرافیایی در یک پایگاه داده ذخیره می‌شود که می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد و به صورت گرافیکی برای تجزیه و تحلیل نمایش داده شود. با همپوشانی لایه‌های مختلف جغرافیایی، می‌توان مناطق مستعد سیل را شناسایی کرد و برای کاهش یا اقدامات سختگیرانه‌تر مدیریت مناطق سیلابی هدف قرار داد. سنجش از دور می‌تواند برای مدیریت سیل به روش‌های زیر بسیار موثر باشد: نقشه‌برداری دقیق که برای تولید نقشه‌های ارزیابی خطر و برای ورودی انواع مدل‌های هیدرولوژیکی مورد نیاز است. شناسایی مناطق با ریسک بالا و جهت پیشگیری از خطرهای احتمالی و مناطقی نیاز به کمک‌رسانی‌فوری دارند. تکنیک سنجش از دور و GIS کاربرد موفقی در زمینه‌های مدیریت سیل مانند نقشه‌برداری سیلاب، پهنه‌بندی مناطق سیلابی و مطالعات ریخت شناسی رودخانه به وجود آورده است.

سنجش از دور مشاهدات سینوپتیک و مکرر سطح زمین را فراهم می‌کند. پوشش مکرر سطح زمین به ویژه از طریق سنجش از دور ماهواره‌ای انجام می‌شود. زمین در دو بار در روز تا نزدیک به ۲۰ روز از طریق حسگرهای مختلف مشاهده می‌شود. دسترسی به منطقه سیل زده دشوار خواهد بود و به دلیل دسترسی و زمان طولانی‌تری که در بررسی‌های معمولی بالجبار ایجاد می‌شود، ممکن است نقشه‌برداری به صورت کامل در منطقه آسیب دیده امکان پذیر نباشد. برای کاربردهای در لحظه یا بلافاصله، داده‌های ماهواره ای را می‌توان از طریق خدمات ارائه دهنده داده به دست آورد. زمان پیک سیل و روگذر ماهواره‌ای ممکن است با هم منطبق نباشند و بنابراین به دلیل فروکش کردن سیل امکان تعیین حداکثر وسعت سیل به طور مستقیم وجود ندارد. با این حال، منطقه‌ای که سیل از آن عقب‌نشینی می‌کند دارای خاک مرطوب و علائم و نشانه‌های منطقه سیل زده خواهد بود بنابراین حداکثر وسعت سیل را می‌توان به طور غیر مستقیم ترسیم کرد. در طول فصل بارندگی، آسمان اغلب ابری است و بنابراین، تصاویر اغلب یا کاملاً ابری هستند یا تنها بخشی از منطقه سیل زده قابل مشاهده است. داده‌های فعال رادار مایکروویو می‌تواند این مشکل را جبران کند. امواج مایکروویو دارای قابلیت نفوذ ابر است و بنابراین زمین را می‌توان حتی در حضور ابر مشاهده کرد. تعداد سنسورهای مایکروویو فعال کم است، جمع آوری داده‌ها از طریق برنامه ریزی قبلی انجام می‌شود و داده‌ها راداری تقریباً ده برابر داده‌های نوری پرهزینه هستند. برای کاربردهای ضروری، می‌توان از این داده‌ها استفاده کرد. داده‌های ماهواره‌ای را نمی‌توان برای تخمین عمق سیلاب استفاده کرد.

داده‌های DEM (ماموریت توپوگرافی رادار شاتل (SRTM)) مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای و برای ترسیم ویژگی‌های توپوگرافی و محاسبه پارامترهای حوضه استفاده شد. همچنین از داده‌های نوری و راداری برای توصیف کاربری/پوشش زمین منطقه سیلابی که یکی از پارامترهای موثر در سیلاست، استفاده شد. می‌توان داده‌های ورودی را در GIS تهیه کرد و نقشه‌های موضوعی مانند شهرها و روستاها، زیرساخت‌ها را بر روی نقشه‌های طغیان سیل نمایش داد. ادغام بین داده‌های سنجش از دور و GIS توانسته با درک ویژگی فیزیکی و تاریخی سیل، مناطق مستعد سیل را شناسایی نماید.

عوامل متعددی ممکن است بر دقت و قابلیت اطمینان مدل مبتنی بر سنجش از دور و GIS تأثیر بگذارد. در زیر چند مشکل پیش روی مدل‌سازی سیل آورده شده است

۱. انتخاب سنجنده مناسب جهت گرفتن تصاویر
۲. انتخاب باند مناسب
۳. تصحیح هندسی تصویر قبل و بعد از سیل
۴. بررسی کیفیت داده و آمار و اطلاعات دقیق
۵. نرمال سازی پارامتر مورفومتریک

۶. اعتبارسنجی، عدم قطعیت

با توجه به اینکه عوامل بسیاری که در وقوع سیل موثرند ارزیابی خطر سیل با سطوح قابل توجهی از عدم قطعیت مشخص می شود با این حال در تحقیقات انجام گرفته اعتبارسنجی خطر سیل بسیار کم مورد توجه محققان قرار گرفته است از آنجایی که تعیین منطقه آسیب پذیر سیل و خسارت وارد شده بر اساس نقشه های خطر سیل و برآورد، انجام می گیرد. تصمیم گیرندگان باید به دقت نتایج نقشه ها خطر سیل اطمینان و اعتماد کنند. بنابراین اعتبارسنجی پیامدهای ریسک برای کسب اطمینان در تصمیمات اتخاذ شده بسیار مهم است.

۲- بحث

مدل سازهای مبتنی بر سنجش از دور و GIS، یک ابزار کلیدی برای درک و پیش بینی رفتار سیل و همچنین از بهترین اقدام برای مدیریت خطر سیل است. که معایب و مزایای خاص خود را دارد. کاربرد مدل های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS، نیازمند دسترسی به داده ها و مشخصات دقیق منطقه و سیل های تاریخی است. یکی از مهمترین جنبه های مدل سازی مذکور سیل، انتخاب ورودی های مدل مانند داده های بارش، جغرافیا، کاربری و پوشش زمین و شرایط هیدرولوژیکی است. با توجه به اینکه دسترسی به داده های با کیفیت و قابل اطمینان کم و پرهزینه است، دقت و قابل اطمینان مدل سیل ممکن است در بسیاری از مناطق محدود باشد. در بعضی مناطق که عامل تغییرات آب و هوایی از تاثیرگذارترین عوامل بر فراوانی و شدت سیل های فاجعه بار است عدم قطعیت در پیش بینی سیل های آینده بیشتر است. مدل های مبتنی بر سنجش از دور و GIS بر این دو فناوری متکی است پوشش مکرر سطح زمین به ویژه با استفاده از تکنیک سنجش از دور ماهواره ای انجام می شود. که پوشش منطق سیل زده قبل و زمان و پس از وقوع سیل را برای نقشه برداری و پایش سیلاب به دست آورد. اطلاعات تولید شده را می توان در پیشگرمی از سیل، برنامه ریزی کنترل سیل، مدیریت سیل، پهنه بندی مناطق سیلابی و غیره مورد استفاده قرار گیرد. سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری است که می تواند به مدیران در شناسایی مناطق مستعد سیل کمک کند. که آسیب کمتری به مناطق در معرض خطر وارد شود. که داده ها راداری نسبت به داده های نوری پرهزینه هستند در بعضی مناطق هم محصولات خروجی (DEM) سنجش از دور یافت نمی شود. و همچنین داده های ماهواره ای جهت تخمین عمق سیلاب کاربرد ندارند.

فن آوری سنجش از دور، به ویژه از فضا، امکان اندازه گیری را در مقیاس های فضایی بسیار بزرگتر از آنچه ممکن است توسط ابزارها و روش های مبتنی بر میدان پوشش داده شود، می دهد. برای پدیده های در مقیاس بزرگ، مانند سیل، این امر به ویژه جذاب است و حدود چهار دهه است که از داده های ماهواره ای طغیان برای به دست آوردن اطلاعاتی در مورد سیل در مقیاس های مختلف مکانی و زمانی، به طور معمول در قالب منطقه سیل زده استفاده می شود. داده های تاریخی سیل از سازمان های مربوط و به کمک بازدیدهای میدانی قابل اخذ و علاوه بر این روش ها برای تکمیل داده های تاریخی سیل از تکنیک های سنجش از دور استفاده شد. به منظور ارتقای مدل سازی سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS در آینده، چندین منطقه بحرانی باید مورد توجه قرار گیرد. موارد زیر برخی از روش هایی است که می توانند در آینده برای مطالعات سیل استفاده شوند:

- ✓ ادغام فناوری مدرن برای افزایش دقت و اثربخشی مدل های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS - فناوری های نوظهور مانند سنجش از دور، GIS و هوش مصنوعی ضروری خواهند بود
- ✓ مدیریت و پردازش داده ها (سنجش از دور) - بهبود مدل سازی سیل مستلزم مدیریت و پردازش کارآمد منابع عظیم و متنوع داده است.

- ✓ پیشرفت در مدل‌های سیل مبتنی بر سنجش از دور و GIS استفاده از این مدل‌ها را در کاربردهای عملی برای متخصصان و تصمیم‌گیرندگان ساده‌تر می‌کند.
- ✓ تکنیک‌های سنجش از دور و GIS می‌توانند جایگزین، مکمل یا مکمل سیستم مدیریت سیل موجود باشند
- ✓ همکاری متخصصان، محققان و تصمیم‌گیرندگان رشته‌های مختلف (سنجش از دور و GIS، هیدرولوژی، جغرافیای طبیعی) برای پیشبرد مدل‌سازی سیل و ارتقای مدیریت ریسک سیل با یکدیگر همکاری نمایند.
- ✓ از ویژگی‌های مدل‌های مبتنی بر سنجش از دور و GIS، سازگاری با تغییرات اقلیمی است و به تصمیم‌گیری از نظر سازگاری و انعطاف‌پذیری کمک کنند.
- ✓ ادغام مدل‌های مبتنی بر سنجش از دور و GIS با سایر مدل‌ها، آن را کارآمدتر و قوی‌تر می‌کند.

به طور کلی، آینده مدل‌سازی سیل مدل‌های مبتنی بر سنجش از دور و GIS مستلزم ترکیبی از پیشرفت‌های فنی به ویژه هوش مصنوعی و مدیریت داده‌ها است. این مدل‌سازی به منظور مدیریت کارآمد ریسک سیل و تصمیم‌گیری، یکی از دقیق‌ترین و قابل اعتمادترین و کارپسندتر مدل‌ها محسوب می‌شود.

۳- نتیجه‌گیری

سنجش از دور ابزاری کارآمد برای نقشه برداری سیل و تجزیه و تحلیل مناسب است و می‌تواند برای واکنش اضطراری و آمادگی در برابر بلایا مفید باشد. فن‌آوری سنجش از دور، به‌ویژه از فضا، امکان اندازه‌گیری را در مقیاس‌های فضایی بسیار بزرگ‌تر از آنچه ممکن است توسط ابزارها و روش‌های مبتنی بر میدان پوشش داده شود، می‌دهد. برای پدیده‌های در مقیاس بزرگ، مانند سیل، بسیار کاربردی است. بلایای طبیعی سیل شایع است و نمی‌توان مانع آن شد. تکنیک‌های سنجش از دور ماهواره‌ای و GIS به عنوان ابزاری قدرتمند برای مقابله با جنبه‌های مختلف مدیریت سیل در پیشگیری، آمادگی و مدیریت امداد در بلایای سیل ظاهر شده‌اند. آنها نقش بیشتری را به عنوان یک روش قابل اعتماد (پیشگیری و مدیریت سیل) نسبت به روش‌های موجود بازی می‌کنند. GIS برای فعالیت‌های مختلف مدیریت مناطق سیلابی مانند نقشه‌برداری پایه، نقشه برداری توپوگرافی و راستی آزمایی پس از فاجعه وسعت و اعماق مناطق سیلابی نقشه‌برداری شده مناسب است. تکنیک‌های سنجش از دور و GIS می‌توانند جایگزین، مکمل یا مکمل سیستم مدیریت سیل موجود باشند. استفاده گسترده از این فناوری‌ها چشم انداز زیادی در ایجاد پایگاه داده بلندمدت در زمینه سیل، ارزیابی ریسک و مدیریت امداد دارد. تکنیک‌های سنجش از دور و GIS قابل اعتماد و مقرون به صرفه هستند و می‌توانند به طور بالقوه برای شناسایی مکان‌های خطر بالقوه برای محافظت از ساکنان محلی، برنامه‌ریزان پشتیبانی و بهبود خدمات واکنش به بلایا در شرایط بارندگی شدید استفاده شوند. و همواره استفاده از این مدل‌سازی سیل در تحقیقات مورد تاکید است.

مراجع

- [1] European Environment Agency Flood Risks and Environmental Vulnerability; Exploring the Synergies between Floodplain Restoration, Water Policies and Thematic Policies; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark; pp. 9–15, 2016.
- [2] National Research Council. Hydrologic Hazards Science at the U.S. Geological Survey; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 1999.
- [3] Bates, P. D. Flood inundation prediction. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 54, 287-315. 2022.
- [4] Vieux, B. E., *Distributed hydrologic modeling using GIS* (pp. 1-17). Springer Netherlands. 2001.

- [5] Khanna, R. K., Agrawal, C. K., Kumar, P., & Director, C. E. Remote sensing and GIS applications in flood management. *Central Water Commission New Delhi, India* .2018.
- [6] Assefa, T. H. Flood risk assessment in Ethiopia. *Civil and environmental research*, 10(1), 35-40. 2018.
- [7] Pradhan, R., Pradhan, M. P., Ghose, M. K., Agarwal, V. S., & Agarwal, S. Estimation of rainfall-runoff using remote sensing and GIS in and around Singtam, East Sikkim. *International journal of Geomatics and geosciences*, 1(3), 466 .2010.
- [8] Uddin, K., Gurung, D. R., Giriraj, A., & Shrestha, B. Application of remote sensing and GIS for flood hazard management: a case study from Sindh Province, Pakistan. *American Journal of Geographic Information System*, 2(1), 1-5. 2013.
- [9] Samanta, S., Pal, D. K., & Palsamanta, B. Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. *Applied Water Science*, 8(2), 66. 2018.
- [10] Berkat, Y., & Fitriana, H. L. Flood Prone Analysis Using GIS and Remote Sensing Data; Case Study in Semarang, Central Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 874, No. 1, p. 012004). IOP Publishing. 2021, October.
- [11] Alarifi, S. S., Abdelkareem, M., Abdalla, F., & Alotaibi, M. Flash flood hazard mapping using remote sensing and GIS techniques in southwestern Saudi Arabia. *Sustainability*, 14(21), 14145. 2022.
- [12] Kumar, V., Sharma, K. V., Caloiero, T., Mehta, D. J., & Singh, K. Comprehensive overview of flood modeling approaches: A review of recent advances. *Hydrology*, 10(7), 141. 2023.
- [13] Aggarwal, S. P., Thakur, P. K., & Dadhwal, V. K. Remote sensing and GIS applications in flood management. ISRO, Reserchgate. 1991.
- [14].Sangeethavani, B. Integrated Hydrological Modelling For Kodavanar River Basin Using Remote Sensing And Geographical Information System Gis. 2023.
- [15] Giustarini, L., Chini, M., Hostache, R., Pappenberger, F., & Matgen, P. Flood hazard mapping combining hydrodynamic modeling and multi annual remote sensing data. *Remote Sensing*, 7(10), 14200-14226. 2015.
- [16] Burrough, P. A. Principles of geographical. *Information systems for land resource assessment*. Clarendon Press, Oxford .1986.
- [17] Dodangeh, E., Panahi, M., Rezaie, F., Lee, S., Bui, D. T., Lee, C. W., & Pradhan, B. Novel hybrid intelligence models for flood-susceptibility prediction: Meta optimization of the GMDH and SVR models with the genetic algorithm and harmony search. *Journal of Hydrology*, 590, 125423. 2020.
- [18] Kabir, A., Mahdavi, M., Bahremand, A., & Noora, N. Application of a geographical information system(GIS) based hydrological model for flow prediction in Gorganrood river basin, Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 6(1), 35-45. 2011.
- [19] Yusuf, D. Flood Points Distribution Mapping for the Determination of Evacuation Routes and Disaster Posts in Gorontalo City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 589, No. 1, p. 012004). IOP Publishing. 2020, November.
- [20] Zhao, G., & Gao, H. Estimating reservoir evaporation losses for the United States: Fusing remote sensing and modeling approaches. *Remote Sensing of Environment*, 226, 109-124. 2019.
- [21] Jeyaseelan, A. T. Droughts & floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS. *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology*, 291 .2003.
- [22] Huang, C., Chen, Y., Wu, J., Chen, Z., Li, L., Liu, R., & Yu, J. Integration of remotely sensed inundation extent and high-precision topographic data for mapping inundation depth. In *2014 The Third International Conference on Agro-Geoinformatics* (pp. 1-4). IEEE. 2014, August.

- [23] Hoque, R., Nakayama, D., Matsuyama, H., & Matsumoto, J. Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh. *Natural Hazards*, 57, 525-548. 2011.
- [24] Zhao, J., Pelich, R., Hostache, R., Matgen, P., Wagner, W., & Chini, M. A large-scale 2005–2012 flood map record derived from ENVISAT-ASAR data: United Kingdom as a test case. *Remote Sensing of Environment*, 256, 112338. 2021.
- [25] Gstaiger, V., Huth, J., Gebhardt, S., Wehrmann, T., & Kuenzer, C. Multi-sensoral and automated derivation of inundated areas using TerraSAR-X and ENVISAT ASAR data. *International journal of remote sensing*, 33(22), 7291-7304. 2012.
- [26] Li, W., Li, D., & Fang, Z. N. Intercomparison of Automated Near-Real-Time Flood Mapping Algorithms Using Satellite Data and DEM-Based Methods: A Case Study of 2022 Madagascar Flood. *Hydrology*, 10(1), 17. 2023.
- [27] Rahmati, O., Yousefi, S., Kalantari, Z., Uuemaa, E., Teimurian, T., Keesstra, S., ... & Tien Bui, D. Multi-hazard exposure mapping using machine learning techniques: A case study from Iran. *Remote Sensing*, 11(16), 1943. 2019.
- [28] Rigby, A. M., Butcher, P. W., Ritsos, P. D., & Patil, S. D. (2022). LUCST: A novel toolkit for Land Use Land Cover change assessment in SWAT+ to support flood management decisions. *Environmental Modelling & Software*, 156, 105469.
- [29] Correia, F. N., Da graça saraiva, M., Da Silva, F. N., & Ramos, I. Floodplain management in urban developing areas. Part II. GIS-based flood analysis and urban growth modelling. *Water Resources Management*, 13, 23-37. 1999.
- [30] Littidej, P., & Buasri, N. Built-Up Growth Impacts on Digital Elevation Model and Flood Risk Susceptibility Prediction in Muaeng District, Nakhon Ratchasima (Thailand). *Water*, 11(7), 1496. 2019.
- [31] Dyhouse, G., Hatchett, J., Benn, J., Totz, C., Klotz, D., Strafaci, A., ... & Dietrich, K. *Floodplain modeling using HEC-RAS* (Vol. 1). Waterbury, CT: Haestad press. 2003.
- [32] Costabile, P., & Costanzo, C. A 2D-SWEs framework for efficient catchment-scale simulations: Hydrodynamic scaling properties of river networks and implications for non-uniform grids generation. *Journal of Hydrology*, 599, 126306. 2021.
- [33] Snead, D. B., & Maidment, D. R. *Development and application of unsteady flood models using geographical information systems* (Doctoral dissertation, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin). 2000.
- [34] Peng, B., Huang, Q., Vongkusolkit, J., Gao, S., Wright, D. B., Fang, Z. N., & Qiang, Y. Urban flood mapping with bitemporal multispectral imagery via a self-supervised learning framework. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 2001-2016. 2020.
- [35] Bahremand, A., De Smedt, F., Corluy, J., Liu, Y. B., Poorova, J., Velcicka, L., & Kunikova, E. WetSpa model application for assessing reforestation impacts on floods in Margecany–Hornad Watershed, Slovakia. *Water Resources Management*, 21, 1373-1391. 2007.
- [36] Cao, H., Zhang, H., Wang, C., & Zhang, B. Operational flood detection using Sentinel-1 SAR data over large areas. *Water*, 11(4), 786. 2019.
- [37] Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., ... & Ward, P. J. Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(12), 3733-3752. 2012.
- [38] Molinari, D., De Bruijn, K. M., Castillo-Rodríguez, J. T., Aronica, G. T., & Bouwer, L. M. Validation of flood risk models: Current practice and possible improvements. *International journal of disaster risk reduction*, 33, 441-448. 2019.

- [39] Molinari, D., De Bruijn, K., Castillo, J., Aronica, G. T., & Bouwer, L. M. validation of flood risk models: current practice and innovations. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-18. 2017.
- [40] Sanyal, J., & Lu, X. X. Remote sensing and GIS-based flood vulnerability assessment of human settlements: a case study of Gangetic West Bengal, India. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(18), 3699-3716. 2005.
- [41] Askar, S., Zeraat Peyma, S., Yousef, M. M., Prodanova, N. A., Muda, I., Elsahabi, M., & Hatamiafkoueieh, J. Flood susceptibility mapping using remote sensing and integration of decision table classifier and metaheuristic algorithms. *Water*, 14(19), 3062. 2022.
- [42] Ding, L., Ma, L., Li, L., Liu, C., Li, N., Yang, Z., ... & Lu, H. A survey of remote sensing and geographic information system applications for flash floods. *Remote Sensing*, 13(9), 1818. 2021.
- [43] Siam, Z. S., Hasan, R. T., Anik, S. S., Noor, F., Adnan, M. S. G., Rahman, R. M., & Dewan, A. National-scale flood risk assessment using GIS and remote sensing-based hybridized deep neural network and fuzzy analytic hierarchy process models: a case of Bangladesh. *Geocarto International*, 37(26), 12119-12148. . 2022.
- [44] Nguyen, H. D. Spatial modeling of flood hazard using machine learning and GIS in Ha Tinh province, Vietnam. *Journal of Water and Climate Change*, 14(1), 200-222 .2023.
- [45] Kittikhun, C., Pilailar, S., Chittaladakorn, S., & Jhonpadit, E. (2020). Flood risk index for land-use changes: Case study of pakpanang river basin. *Engineering Journal*, 24(5), 25-40.
- [46] Giustarini, L., Chini, M., Hostache, R., Pappenberger, F., & Matgen, P. (2015). Flood hazard mapping combining hydrodynamic modeling and multi annual remote sensing data. *Remote Sensing*, 7(10), 14200-14226.
- [47] Uddin, K., Gurung, D. R., Giriraj, A., & Shrestha, B. Application of remote sensing and GIS for flood hazard management: a case study from Sindh Province, Pakistan. *American Journal of Geographic Information System*, 2(1), 1-5. 2013.
- [48] Shostal, C. L. . Combining GIS with a Hydraulic Flood Prediction Model: Developing a Custom GIS Tool for Near Real-Time Flood Inundation Mapping in the Fargo-Moorhead Portion of the Red River Basin. 2007.
- [49] Oubennaceur, K., Chokmani, K., El Alem, A., & Gauthier, Y. Flood risk communication using arcgis storymaps. *Hydrology*, 8(4), 152. 2021.

A comprehensive overview of flood modeling approaches (flood models based on remote sensing and GIS)

Abstract :Flood, as one of the most destructive natural disasters, causes death, property destruction and infrastructure damage and affects millions of people around the world. The severity of the damages caused by it can be reduced by applying appropriate management and protocols. Considering the ability of flood modeling to accurately predict and reduce flood effects, it is considered an important approach. This research presents the current state of flood modeling based on remote sensing and geographic information systems in identifying flood risk areas and that they are important tools for planners and decision makers. It also states the advantages and disadvantages of RS and GIS based models and evaluates how to predict the path and effects of floods. To improve flood risk management on society, modeling based on remote sensing and GIS is reliable and affordable, and the use of this flood modeling is emphasized in research.

Keywords: Natural Hazard Management, Radar Waves, Digital Elevation Model (DEM), Risk Assessment

