

تعیین پهنه سیل گیر با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS
(مطالعه موردی: رودخانه گوهررود در محدوده شهر رشت)

دکتر پرویز رضایی^۱ - دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۴/۱۱

چکیده

یکی از مسائل مهم در مدیریت شهری طراحی درست کانال‌ها، زهکش‌ها و تخلیه آب‌های سطحی است. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق بازه‌ای از رودخانه گوهررود در غرب شهر رشت با جهت جنوب به شمال (حداصل لاکانشهر تا نزدیکی محل تقاطع با رودخانه سیاهرود) به طول ۱۵ کیلومتر در شمال ایران در استان گیلان است. عدم رعایت حریم رودخانه به همراه بالا آمدن سطح آب، مسدود شدن کانال‌های زهکشی و شیب کم رودخانه در مناطق شمالی شهر، باعث شده تا زهکشی رواناب‌های سطحی یکی از مشکلات مدیریت کلان‌شهر رشت باشد. بدین منظور داده‌های تحقیق با استفاده از الحاقیه HECGeoRAS و نقشه‌های پلان رودخانه، ژئومتری بستر و اراضی حاشیه رودخانه گوهررود جمع‌آوری و شبیه‌سازی شد. در ادامه با تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، دبی ایستگاه لاکان با دوره بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ ساله برآورد شده است. سپس با به‌کارگیری اطلاعات ژئومتری بستر و اراضی حاشیه رودخانه در مدل هیدرولیکی HECRAS رفتار هیدرولیکی رودخانه، شبیه‌سازی شده و پس از انتقال مجدد به محیط GIS، پهنه سیل‌گیر رودخانه ترسیم شده است. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق و با توجه به نوع کاربری اراضی، نواحی سیل‌گیر محدوده مطالعاتی به سه ناحیه با خطرپذیری کم، متوسط و زیاد تقسیم شده‌اند. نقشه‌های سیلاب تهیه شده دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله حاکی از طغیان رودخانه در یک بازه ۵۰۰ متری در ناحیه شمالی شهر (سیاه‌اسطوخ بعد از گذر رودخانه از بلوار شهدای گمنام) است. **کلیدواژه‌ها:** رودخانه گوهررود، سیل، الحاقیه HECGeo-RAS، شهر رشت.

۱- مقدمه

تعیین پهنه‌های سیل‌گیر برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های معین، پهنه‌بندی سیل گفته می‌شود (وزارت نیرو، دفتر مهندسی رودخانه و سواحل، ۱۳۸۴)؛ به عبارتی دیگر پهنه‌بندی سیل تعیین میزان پیشروی سیلاب و خصوصیات آن در دوره‌های بازگشت مختلف است. در پهنه‌بندی سیل سعی بر آن است که تمامی نواحی اطراف رودخانه به‌منظور تعیین کاربری اراضی و توسعه آن، به قسمت‌های با خطرپذیری مختلف تقسیم‌بندی گردد. آب‌گرفتگی خیابان‌ها و سیلاب‌های شهری از بحران‌های رو به افزایش مناطق شهری است، که می‌بایست در برنامه‌ریزی و طرح‌های مرتبط با دقت لازم مورد توجه قرار گیرد. در حوضه‌های شهری ۹۰ درصد از تلفات بارش به رواناب تبدیل می‌شود اما در حوضه‌های غیرشهری، حوضه‌های جنگلی ۲۵ درصد از بارندگی است (Jingfen & Wilson, 2009). تغییر کاربری اراضی و افزایش کاربری‌های شهری باعث افزایش مناطق نفوذناپذیر و برهم خوردن تعادل طبیعی چرخه آب می‌گردد. از بین رفتن مسیل‌های طبیعی در اثر توسعه شهری و همچنین گسترش شهر در بستر رودخانه‌ای (زارع، ۱۳۷۱)، توسعه شهرنشینی و در نتیجه افزایش سطوح نفوذناپذیر (کرمی و همکاران، ۱۳۹۴) از عوامل اصلی بروز سیلاب شهری است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت شهری کاربرد وسیعی دارد. در تحقیقی که در منطقه آبرتای ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۹۳ صورت گرفت، بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور کاربرد در شبیه‌سازی سیل ارزیابی و نشان داد که سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهایی قدرتمند برای پیش‌بینی و کاهش خطرات سیل است (United Nations, ESCAP, 1984). کوریا و همکاران، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در مناطق شهری تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند (Correia et al., 1999). تاتی و همکاران، با مطابقت دادن داده‌های نقشه‌برداری زمینی، هندسه رودخانه و کنترل زمینی به‌دقت آنالیز و خروجی نرم‌افزار در پهنه بندی سیلاب‌های شهری پرداختند (Tate et al., 1999). هیل (Hill, 2001) و پلاتی (Plate, 2002) قابلیت مدل کامپیوتری HEC-Geo-RAS را در پهنه‌بندی خطر سیل و مزایای استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS را بیان نمودند. تمرکز تحقیق حاضر بر زیر حوضه گوهررود در محدود شهر رشت است. شهر رشت، با متوسط بارندگی سالانه نزدیک به ۱۴۰۰ میلی‌متر یکی از مناطق پر باران کشور است (دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۹۳). این بارندگی‌ها اگر با شدت بالا و در زمانی کوتاه همراه باشد باعث سیلاب در بازه‌هایی از رودخانه و آب‌گرفتگی مناطقی از شهر می‌شود. آب‌گرفتگی خیابان‌ها و معابر شهری، کندی حرکت وسایل نقلیه، تخریب تأسیسات شهری و مشکلات بسیار دیگر همگی از نتایج این بارندگی‌ها می‌باشد و هر ساله به‌دفعات این مسئله در سطح شهر رشت تکرار می‌گردد.

در خصوص شناسایی و پهنه‌بندی نواحی سیل‌گیر مطالعاتی متعددی در سطح جهان و ایران صورت پذیرفته است؛ از جمله کوستاس و همکاران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با رزولوشن بالا (EO) اقدام به تولید و به‌روزرسانی نقشه‌های خطر سیل بر اساس چندین شاخص از جمله جمعیت، توسعه اقتصادی و زیرساخت‌های حیاتی برای حوضه رود دون، تورنتو نمودند (Costas et al., 2017). ژوزف و همکاران (Joseph et al., 2017) مدل‌سازی سیل را با استفاده از GIS و داده‌های لیدار در حوضه رودخانه پادادا در جنوب شرقی فیلیپین انجام دادند. کارسون (Carson, 2006) اقدام به شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و بررسی خطر سیلاب و فرسایش کنار رودخانه‌ای در ایالات متحده نمود.

در ایران نیز با توجه به فراوانی و روند افزایشی سیلاب تحقیقات صورت گرفته در این خصوص به‌ویژه در دو دهه اخیر بسیار زیاد است. در گذشته عمده تحقیقات به علل وقوع، ابعاد خسارت و تلفات سیلاب و عمدتاً تحلیل آماری سیل بوده است. عزیزی و عبقری (۱۳۹۲)، ضمن پرداختن به نقش ارزیابی خسارات سیل در مدیریت آن، به مقایسه مدل‌های ارزیابی خسارت سیلاب پرداخته، سپس با استفاده از تلفیق مدل شبیه‌سازی هیدرولیکی (HEC-RAS) و GIS، با در نظر گرفتن نوع کاربری اراضی در مدل (HEC-FDA)؛ به تحلیل خسارات وارده به اراضی حاشیه رودخانه پرداختند و در نهایت با استفاده از نتایج حاصله، نقشه‌های خطرپذیری منطقه مورد مطالعه به دست آوردند که نقش مهمی در مدیریت بحران ناشی از وقوع سیل ایفا می‌کند؛ اما در سال‌های اخیر بیشتر کارها با استفاده از GIS و برنامه‌های الحاقی آن بوده که خروجی این کارها عمدتاً پهنه‌بندی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیل بوده است. رضائی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تلفیق نرم‌افزارهای GIS و HEC-RAS ضمن تعیین حریم سیل در قسمتی از رودخانه مرغک، مقطعی از بازه رودخانه که بیشترین عرض و گستره سیل را با دوره بازگشت ۲۵ ساله دارد، مشخص نموده است. دانش‌فراز و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی با استفاده از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به شبیه‌سازی رفتار رودخانه سمبورچای و پهنه سیل‌گیر قسمتی از رودخانه پرداخته و در نهایت نقشه‌های بازه مورد مطالعه را با دبی‌های ۲، ۲۰ و ۵۰ ساله تهیه کرده و تحلیل لازم بر روی آنها انجام شد محققین دیگر همچون: یمانی و همکاران (۱۳۹۱)، مرادخانی و همکاران (۱۳۹۱)، غفاری و امینی (۱۳۸۹)، حکمتی فر و همکاران (۱۳۸۸)، غلامی و همکاران (۱۳۸۵)، حسینی و ابریشمی (۱۳۸۰) و تلوری (۱۳۷۶) نیز سعی نموده‌اند با استفاده از برنامه توآمان الحاقیه HEC-GeoRas431 و مدل هیدرولیکی HEC-RAS شبیه‌سازی سیل را در سایر حوضه‌های کشور انجام دهند. در شهر رشت نیز تاجداری و همکاران (۱۳۹۲)، بشارتی و همکاران (۱۳۹۱)، درخشان و همکاران (۱۳۸۹) نیز با شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه زرچوب و سیاه‌رود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS مکان‌های مناسب برای تخلیه و زهکش رواناب‌های سطحی شهر رشت را مشخص کردند.

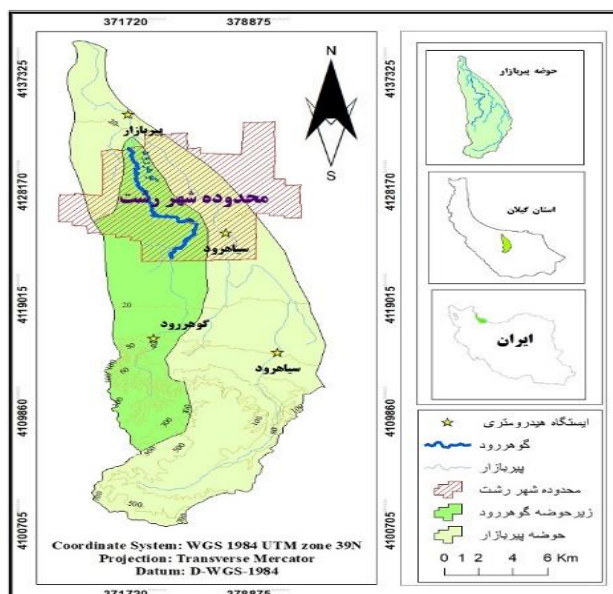
عبور دو رودخانه زرجوب و گوهررود از داخل شهر رشت اگرچه در گذشته نه‌چندان دور از جاذبه‌های شهر بوده اما عدم رعایت حریم رودخانه، تخلیه فاضلاب‌های شهری و عدم مدیریت درست بر این دو شریان طبیعی باعث شده تا این دو رودخانه محله تخلیه فاضلاب و در زمان وقوع بارش‌های شدید نیز در برخی نقاط به دلیل بالا آمدن سطح آب باعث آب‌گرفتگی خیابان‌ها و مشکلات متعددی برای شهروندان گردد. در این پژوهش نیز با استفاده از مدل‌های ریاضی و با کمک مدل‌های رقمی ارتفاعی (DEM)^۱ و نرم‌افزار GIS و الحاقیه HECGeo-RAS نقشه پهنه سیلاب در قسمتی از بازه اصلی رودخانه گوهررود در ابتدای ورودی تا خروجی آن در شهر رشت بحث و بررسی خواهد شد. هدف این مقاله، شبیه‌سازی سیل و توجه به این امر در مدیریت یکپارچه شهری است. شبیه‌سازی پهنه سیل‌گیر رودخانه گوهررود با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از اقدامات و روش‌های غیرسازه‌ای است که می‌تواند در فراهم نمودن اقدامات اولیه برای برنامه‌ریزی در جهت مقابله با سیلاب از آن استفاده نمود. بر این اساس به نظر می‌رسد، توجه به این موضوعات در مدیریت شهر رشت باید در اولویت قرار گیرد.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، بازه‌ای از رودخانه گوهررود از سرشاخه‌های اصلی رودخانه پیربازار در شهرستان رشت در شمال ایران است. رودخانه پیربازار یکی از رودخانه‌های حوضه آبریز تالاب انزلی است که از به هم پیوستن دو شاخه اصلی به نام‌های گوهررود و سیاه‌رود تشکیل شده است. رودخانه گوهررود از جنوب کوه عزیزکیان و رودخانه زرجوب از ارتفاعات جنگلی کوه‌پیرسرا به ارتفاع ۲۵۰۰ متر سرچشمه می‌گیرد. این دو شاخه از شهر رشت عبور کرده و در بالادست فنج به هم دیگر تلاقی پیدا کرده و رودخانه پیربازار را تشکیل می‌دهند. مساحت حوضه آبریز رودخانه گوهررود تا ایستگاه هیدرومتری لاکان، ۳۱ کیلومتر مربع است. کار آماربرداری از این ایستگاه در سال ۱۳۳۸ آغاز گردید، ایستگاه از نوع درجه ۱ و تجهیزات آن عبارت است از پل فلزی برای اندازه‌گیری در مواقع سیلابی، سازه لمینگراف و اشل است. متوسط سالانه آبدهی رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری لاکان حدود ۲۸ میلیون مترمکعب است. در شکل (۱) موقعیت بازه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هیدرومتری نشان داده شده است.

1 Digital Elevation Model



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی بازه تحقیق و ایستگاه‌های هیدرومتری

۲-۲- استخراج داده

با توجه به اهداف تحقیق و بررسی پهنه سیلاب در حاشیه رودخانه گوهرود داده‌های مورد استفاده شامل آمار هیدرومتری ایستگاه لاکان در دوره آماری ۹۲-۱۳۳۸ (۲۵ ساله) و ویژگی‌های هیدرومتری رودخانه با استفاده از نقشه ۱:۲۰۰۰ و بازدید میدانی و تهیه لایه‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب است. داده‌های مورد نیاز جهت تعیین پهنه سیل گیر و شبیه‌سازی با استفاده از مدل HEC-RAS عبارتند از:

- اطلاعات هواشناسی (بارش، حداکثر بارش روزانه و...)
- اطلاعات هیدرولیکی (ضرایب زبری، وضعیت مسیر رودخانه...)
- اطلاعات توپوگرافیک (پروفیل طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه...)
- اطلاعات جریان سیل (هیدروگراف ورودی سیل، منحنی دبی _ اشل...).

در ابتدا جهت تحلیل هواشناسی و وضعیت اقلیمی و به منظور توصیف مقدار متوسط بارش در سطح حوضه مورد مطالعه، ایستگاه‌های بندرانزلی، رشت، قلعه‌رودخان، کسما، شاندرمن و ماسوله با توجه به طول دوره آماری درازمدت و پراکندگی مناسب در سطح حوضه انتخاب شدند. به منظور تکمیل سری داده‌های مفقود در بارش‌های ماهانه، از روش همبستگی خطی بین ایستگاه مورد نظر با ایستگاه‌های مجاور استفاده شده است. در این روش معیار انتخاب ایستگاه مبنا برای پر کردن خلأهای آماری بالاترین ضریب همبستگی بوده است.

سپس جهت برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف از نرم‌افزار SMADA استفاده شده است. برای این منظور دبی‌های بیک سالانه رودخانه در ایستگاه هیدرومتری لاکان در طول دوره آماری تهیه و با استفاده از نرم‌افزار فوق، بهترین توزیع آماری جهت برآورد دبی در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله ارائه شده است. در ادامه به منظور تهیه مقاطع عرضی و رفتار هیدرولیکی رودخانه لایه‌های ورودی به مدل HEC-RAS در محیط ArcGIS و CAD شامل اطلاعات استخراج شده از لایه TIN^۱ (شبکه نامنظم مثلثی)، مانند مشخصات رودخانه، خطوط مقاطع عرضی به تعداد ۱۴۹ مقطع و طول بازه پایین دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست و نیز اطلاعات دیگری مانند ضریب مانینگ، گوره‌ها، سطوح جریان غیر موثر، سطوح مسدود شده، پل‌ها و ... تهیه شده است. به گونه‌ای که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشند در نظر گرفته شد.

با بررسی میدانی و نقشه‌های توپوگرافی منطقه مورد تحقیق، شیب استفاده شده برای این بازه ۱۵ کیلومتری که در محدوده شهری رشت و در حدفاصل دانشگاه آزاد رشت در منطقه لاکان شهر تا انتهای منطقه سیاه اسطوخ قرار دارد، ۰/۰۰۲ در نظر گرفته شد و برای ضریب زبری ساحل چپ و راست مقدار ۰/۰۶ و کانال وسط رودخانه ۰/۰۵ منظور گردید. با توجه به اینکه این بازه در محدوده شهری قرار دارد از سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله استفاده گردید.

۲-۳- روش انجام کار

روش کار به این صورت است که ابتدا با استفاده از داده‌های نقشه برداری شده از منطقه، شامل نقشه‌های پلان رودخانه با مقیاس ۱:۲۰۰۰، شرایط بستر، نظیر خط اصلی جریان رودخانه، کناره‌ها و مقاطع عرضی و ... داده‌های هندسی مورد نیاز جهت انجام شبیه‌سازی تعیین شده از روی نقشه TIN به دست آمده و سپس این داده‌ها وارد مدل HEC-RAS شدند. پس از آن داده‌های جریان و شرایط مرزی در سیستم منظور شده و اجرای محاسبات هیدرولیکی انجام شده است.

نتایج حاصل در قالب فرمت‌های ورودی به محیط GIS تهیه و با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRas، پردازش‌های لازم صورت گرفته و در انتها نقشه‌های عمق آب، سرعت آب، تنش برشی و قدرت جریان در طول بازه رودخانه ساخته شد. این نقشه‌ها جهت وضوح بهتر علاوه بر نمایش در محیط GIS در Google Earth نیز ارائه می‌شود. این نقشه‌ها با دقت بسیار بالا پهنه سیل را با دوره بازگشت‌های مختلف ارائه می‌دهند. همچنین بازه‌هایی از رودخانه که سیل گسترش یافته و باعث آب‌گرفتگی می‌گردند را همراه با عمق آب‌گرفتگی و مناطق سیل گیر با خطر پذیر کم، متوسط و زیاد مشخص می‌گردد. همچنین به منظور تعیین پتانسیل سیل خیزی حوضه یکی از رایج‌ترین فرمول‌های تجربی یا همان فرمول فرانکو- رودیه^۲ (مهدوی، ۱۳۷۸) بکار گرفته شده است.

1 Triangulated Irregular Network

2 Francou-Rodier

$$K = [1 - (\log Q - 6) / (\log A - 8)] * 10 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این فرمول:

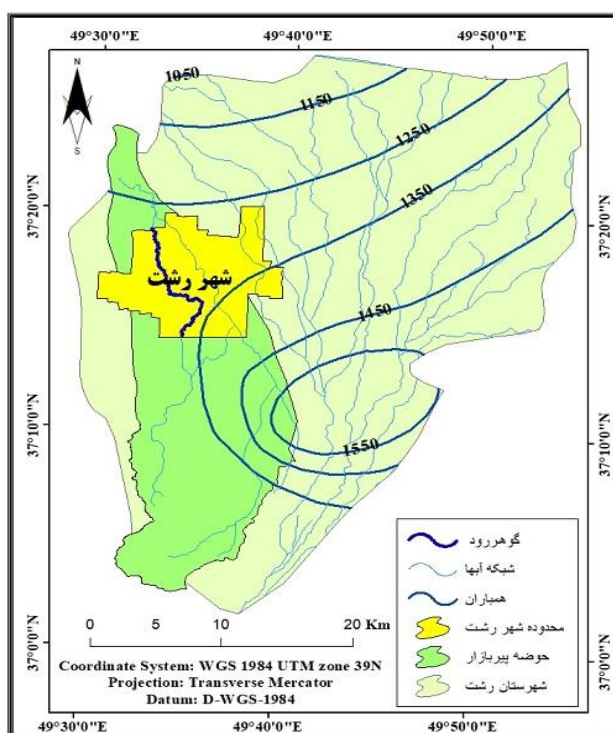
A: مساحت حوضه (کیلومتر مربع) Q: حداکثر آبدهی لحظه‌ای (مترمکعب بر ثانیه)

K: ضریب منطقه‌ای که مقدار آن در سطح جهان معمولاً بین ۰ تا ۶ تغییر می‌کند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- یافته‌های هواشناسی و هیدرولوژی

جهت تعیین وضعیت سیل خیزی شهرستان رشت و حوضه پیربازار نقشه همباران شهرستان رشت در محیط GIS ترسیم گردید (شکل ۲). نتایج حاصل نشان می‌دهد که متوسط بارش سالانه شهر رشت ۱۳۵۰ میلی‌متر است و این میزان بارش با توجه به رژیم بارش و بارش‌های شدید می‌تواند باعث سیل خیزی و مشکلاتی نظیر آب‌گرفتگی خیابان‌ها گردد. در ادامه با استفاده از آمار ایستگاه هیدرومتری لاکان دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با به‌کارگیری نرم‌افزار Smada تعیین و پس از تجزیه و تحلیل توزیع لوگ‌پیرسون نوع III بهترین توزیع آماری برای برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف مشخص شد (جدول ۱).

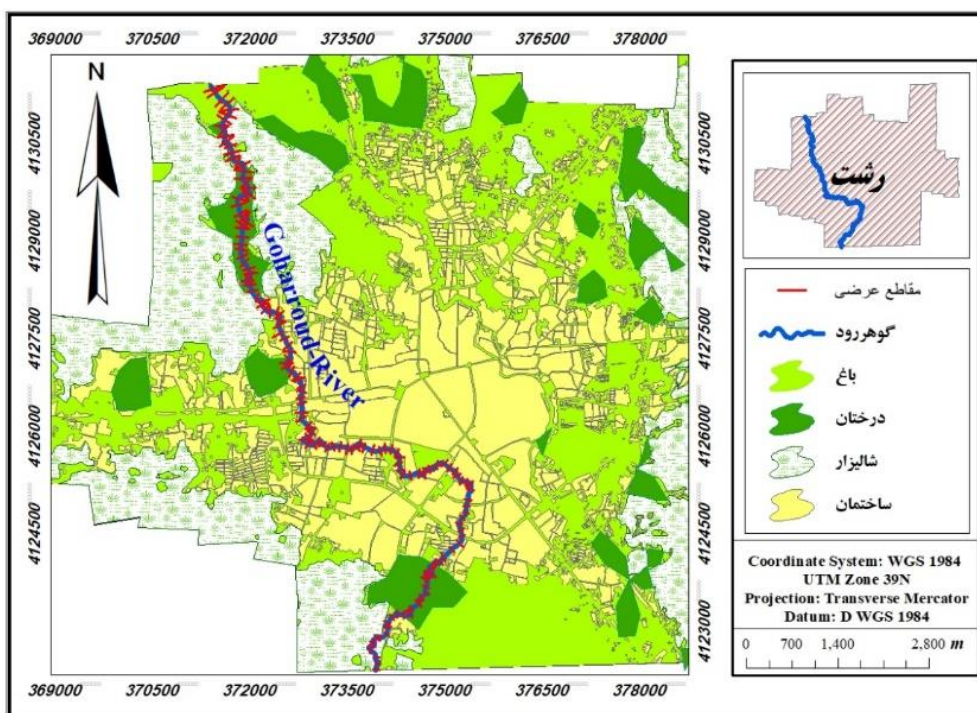


شکل ۲- نقشه همباران شهرستان رشت و حوضه پیربازار (منبع: نگارنده)

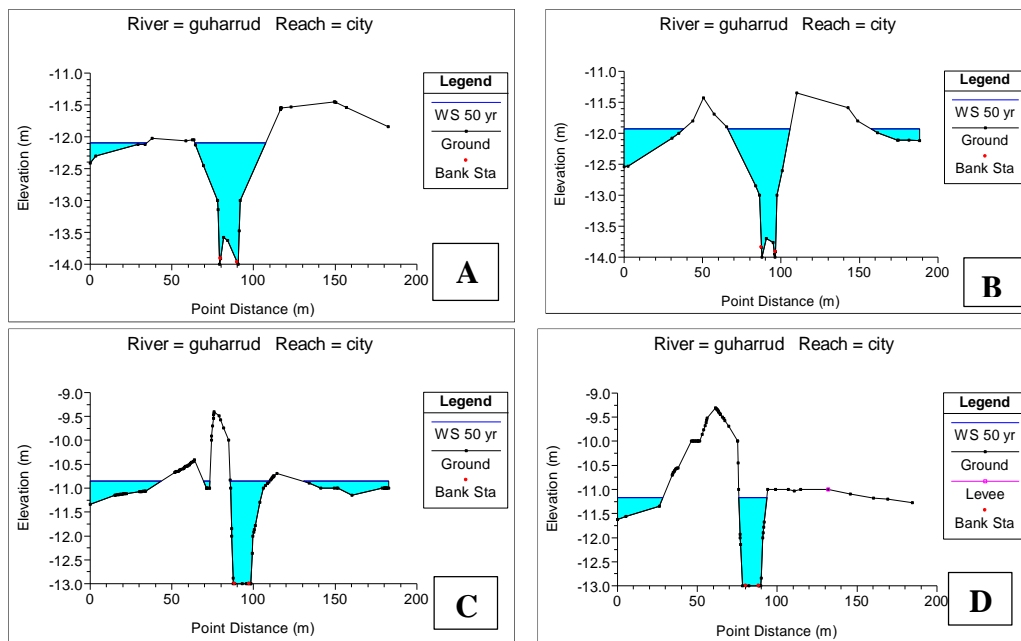
جدول ۱- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه لاکان-گوهررود (منبع: نگارنده)

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۳۵/۴	۵۶/۷	۷۹/۱	۱۲۱/۸	۱۶۷/۴	۲۳۲/۶	۳۲۱/۵

همچنین با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (HEC-GeoRAS) نقشه‌های پلان رودخانه مدل فیزیکی بستر و اراضی حاشیه رودخانه‌ها تهیه گردید. بر اساس شبیه‌سازی ریاضی انجام شده با نرم‌افزار HEC-RAS و نتایج حاصل از اطلاعات به دست آمده مدل جهت تعیین شرایط هیدرولیکی آماده گردید. به این ترتیب که ابتدا مقاطعی از رودخانه در محیط شهری با توجه به بررسی پروفیل‌های طولی و عرضی رودخانه و همچنین بازدیدهای میدانی شناسایی گردید. در مرحله بعدی مقاطع مذکور با توجه به شکل مقاطع مجاور و قضاوت مهندسی اصلاح گردید. در نهایت مدل برای این حالت اجرا شده و نتایج و خروجی پارامترهای هیدرولیکی مدل برای دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله شکل (۳) به دست آمد و در شکل (۴) موقعیت و تعدادی از مقاطع (A,B,C,D) رودخانه در بازه سیاه‌اسلخ که با طغیان آب مواجه شده نمایش داده است. تغییرات ناهمگون ارتفاع در هر یک از شاخه‌ها نشان از کافی نبودن ظرفیت مقطع رودخانه دارد.



شکل ۳- کاربری اراضی و موقعیت مقاطع عرضی و پهنه سیل ۵۰ ساله در محیط GIS (منبع: نگارنده)



شکل ۴- تعدادی از مقاطع عرضی (A,B,C,D) با دوره بازگشت ۵۰ ساله در رودخانه گوهررود - منطقه سیاه اسطلخ (منبع: نگارنده)

۳-۲- نتایج حاصل از اجرای مدل هیدرولیکی

پس از انجام تصمیمات لازم در هندسه مدل و پس از اطمینان از دقت مناسب مدل هیدرولیکی نسبت به اجرای مدل و تهیه خروجی‌های لازم اقدام گردید. لایه TIN در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه‌های مورد نیاز RAS است و هرچه رقوم ارتفاعی به دست آمده دقیق‌تر باشد، مدل سه بعدی حاصل بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. در این تحقیق به دلیل استفاده از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ رقومی جهت ساخت لایه TIN مرجع مناسبی جهت شبیه سازی بستر و دشت سیلابی حاصل گردید. با توجه به شرایط بستر رودخانه و کناره‌ها، ۱۴۸ مقطع برای رودخانه گوهررود، به نحوی که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشد در نظر گرفته شد. فایل‌های تولید شده در محیط GIS با استفاده از الحاقیه HECGeoRAS، شامل نقشه‌های سیلابی با دوره بازگشت ۵۰ ساله دبی که حاکی از طغیان رودخانه در یک بازه ۵۰۰ متری در ناحیه شمالی شهر به نام سیاه اسطلخ است به دست آمد. این منطقه خطرپذیر بعد از گذر رودخانه از بلوار شهدای گمنام قرار دارد.

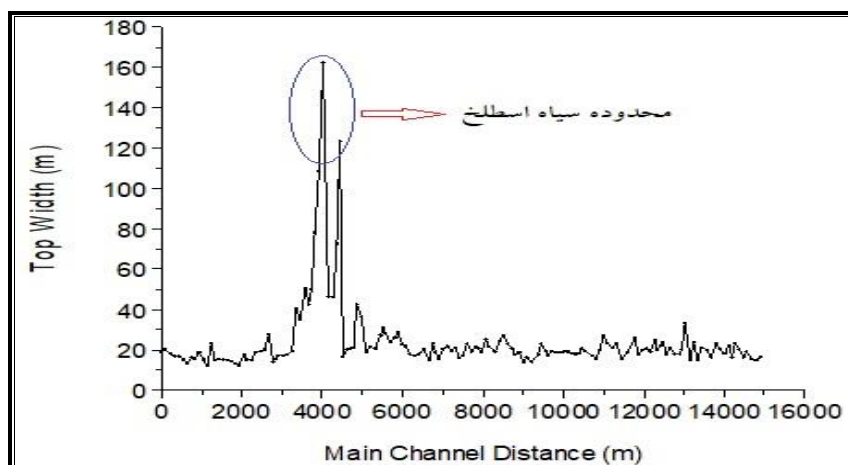
با توجه به پروفیل‌های طولی و عرضی سطح جریان برای سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف، تغییرات پارامترهای جریان در طول رودخانه به ترتیب از بالادست به سمت پائین دست رودخانه مؤید این مطلب است که با تغییرات عمق و عرض، روند تغییر شکل مقطع رودخانه از بالادست به سمت پائین دست می‌باشد. مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین پارامترهای هیدرولیکی رودخانه گوهررود در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- پارامترهای هیدرولیکی در شرایط موجود با سیلاب ۵۰ ساله (منبع: نگارنده)

پارامتر هیدرولیکی	سرعت	عرض سطح	ارتفاع سطح	عدد	تشریش
دوره بازگشت سیلاب	(m/s)	آب (m)	آب (m)	فرد	(N/m ²)
۵۰ ساله	۵/۲	۱۶۳	۶	۱/۲	۴۹۶
"	۳/۹	۲۵	-۷	۱	۳۲۸
"	۲/۶	۱۲	-۱۹	۰/۶	۱۳۳

۳-۲-۱- تغییرات طولی عرضی سطح آب

تعیین محدوده آب گرفتگی رودخانه و زمین‌های اطراف آن از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نتایج مطالعات هیدرولیکی رودخانه محسوب می‌شود. در واقع هدف مطالعات حاضر تعیین حدود بستر رودخانه است. تعیین دشت‌های سیلابی پس از تعیین مرز رودخانه که به آن بستر گفته می‌شود، میسر می‌باشد. به منظور بررسی تغییرات عرضی رودخانه در شکل (۵) میزان عرض سطح آزاد آب به ازای دبی ۵۰ ساله ارائه شده است. تغییرات شدید عرض رودخانه در منطقه سیاه اسطوخ نشان دهنده طغیان آب در این قسمت از بازه رودخانه است.

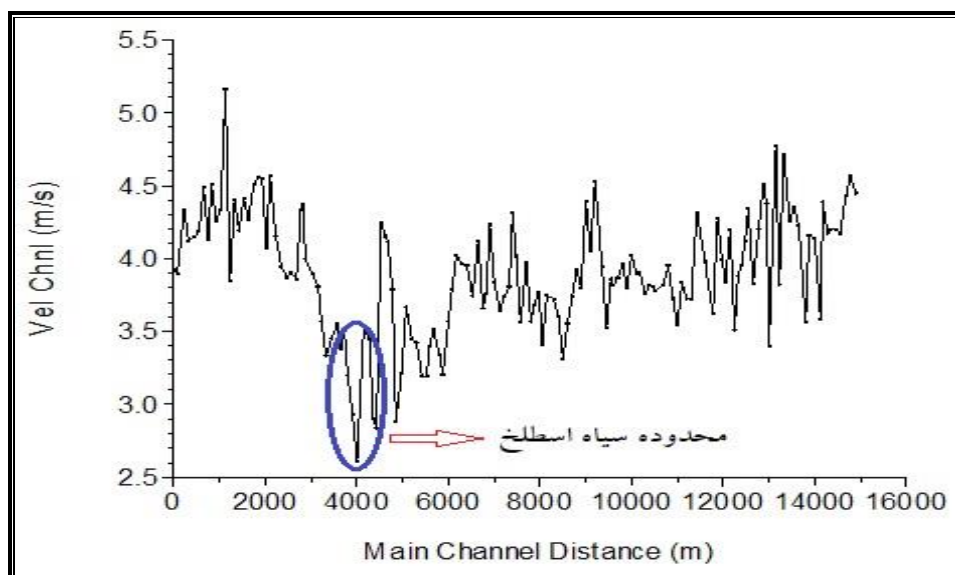


شکل ۵- تغییرات عرض سطح آب در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

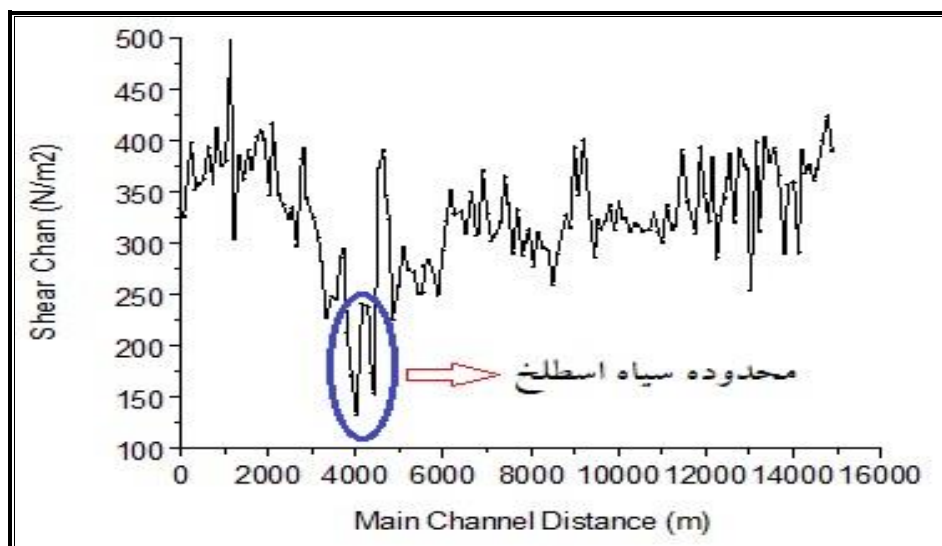
۳-۲-۲- تغییرات سرعت جریان و تنش برشی

پارامتر سرعت جریان در واقع تعیین کننده نوع جریان و معرف پتانسیل فرسایش پذیری یا رسوب گذاری در محدوده‌های مختلف رودخانه می‌باشد. در مطالعات هیدرولیک سرعت متوسط رودخانه در مقاطع مختلف آن محاسبه شده و می‌تواند در رفتارشناسی رودخانه و نحوه تغییرات آن کمک شایان توجهی نماید. در واقع با محاسبه

سرعت و تنش جریان و مقایسه آن با سرعت و تنش های بحرانی در بازه های مختلف رودخانه که براساس دانه بندی بستر آن قابل محاسبه است می توان قدرت فرسایش یا رسوب گذاری رودخانه را تشخیص داد. در شکل های ۶ و ۷ نمودار تغییرات طولی سرعت متوسط و تنش برشی جریان در طول رودخانه برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله نشان داده شده است.



شکل ۶- تغییرات سرعت جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

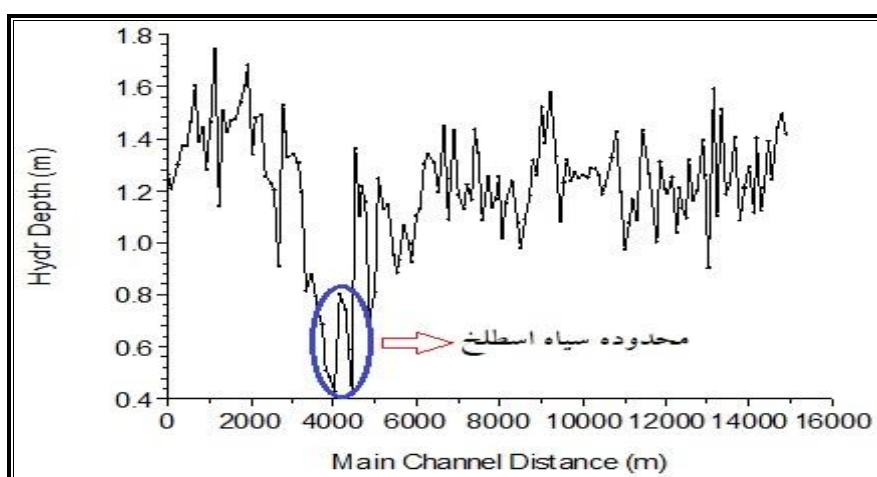


شکل ۷- تغییرات تنش برشی جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

با توجه به اشکال یاد شده تغییرات سرعت جریان و عرض سطح آب در دبی‌های مختلف در تناسب با یکدیگر با دایره‌های هم‌مرکز در هر دو شکل نشان داده شده و بیانگر بالا بودن سرعت در جاهایی است که عرض جریان کم شده و عکس این مطلب نیز صادق است.

۳-۲-۳- عمق هیدرولیکی

بنا به تعریف نسبت سطح مقطع جریان به عرض سطح آزاد عمق هیدرولیکی نامیده می‌شود. نحوه تغییرات عمق هیدرولیکی رودخانه گوهررود در بازه مورد مطالعه برای سیلاب با دوره برگشت ۵۰ ساله به صورت نمونه در شکل (۸) عمق هیدرولیکی جریان در دبی ۵۰ ساله نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود کمترین میزان عمق هیدرولیکی در قسمتی از رودخانه که در منطقه سیاه اسطخ قرار دارد می‌باشد.



شکل ۸- عمق هیدرولیکی جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

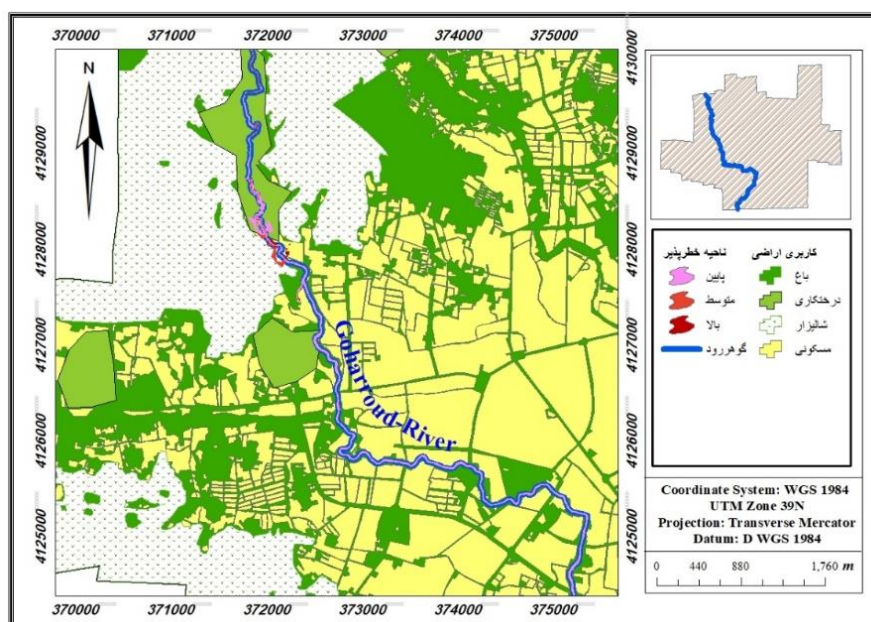
۳-۲-۴- خروجی مدل و محدوده‌های خطرپذیری سیل

در این تحقیق مدیریت سیلاب منطقه شهری مد نظر است و ضرورت انجام تحقیق برای یک حوضه وقتی معقول به نظر می‌رسد که آن حوضه پتانسیل سیل‌خیزی بالایی داشته باشد. برای تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها نیازمند مطالعات جامع و دقیق است. نتایج حاصل از فرمول فرانکو-رودیه برای تعیین سیل‌خیزی حوضه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه گوهررود (منبع: نگارنده)

K	logA	logQ	Q	A
۳/۷	۱/۵	۱/۹	۸۰	۳۱

در رابطه فوق دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۸۰ مترمکعب بر ثانیه است و مقدار ضریب K برابر ۳/۷ است که نشان دهنده این است که حوضه گوهررود در رده حوضه‌های با پتانسیل سیل خیزی بیش از متوسط جهانی قرار دارد. بیشترین خطر سیل در محدوده تحقیق مربوط به نواحی کم شیب شمالی شهر است. بالا بودن حجم جریان و به دنبال آن افزایش سطح تراز آب که در برخی از مکان‌ها تا کناره‌ها رسیده، طغیان رودخانه را سبب شده است. در اثر این حجم سیلاب امکان مسدود شدن مجاری و کانال‌های تخلیه آب‌های سطحی شهر وجود داشته و برگشت آب به سمت اماکن و معابر شهری و آب‌گرفتگی را به همراه خواهد داشت. این وضعیت خصوصاً در منطقه سیاه اسطلخ که شیب رودخانه کاهش یافته و تراکم شبکه زهکشی و تخلیه آب‌های سطحی شهر کمتر بوده به‌خوبی خود را نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹- نقشه خطرپذیری سیل رودخانه گوهررود در ناحیه شهری (منبع: نگارنده)

۴- جمع‌بندی

کاربرد مدل ریاضی HEC-RAS در طرح‌های تعیین حد بستر و ساماندهی رودخانه‌های ایران گسترده بوده، و مورد تأیید وزارت نیرو است. در مقابل، مدل یک‌بعدی RubarBE در کشورهای اروپایی کاربرد گسترده دارد (یاسی و همکاران، ۱۳۹۶). شبیه‌سازی پهنه سیل گیر رودخانه گوهررود به‌منظور تعیین محدوده‌های خطرپذیر سیل با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS-431 و مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از اقدامات و روش‌های غیرسازه‌ای است که می‌تواند در فراهم نمودن اقدامات اولیه برای برنامه‌ریزی در جهت مقابله با سیلاب از آن استفاده نمود. تهیه نقشه‌های

پهنه‌بندی سیل برای شناسایی مناطق پرخطر و حادثه‌ساز جزء اولین کارهای سازمان‌های مسئول در این زمینه است. در این پژوهش نیز با توجه به مقیاس نقشه محدوده‌های آسیب‌پذیر با دقت بیشتری مشخص شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که تنها قسمتی از بازه ۱۵ کیلومتری رودخانه گوه‌رود که در معرض خطر سیلاب با دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله قرار دارد، بازه ۵۰۰ متری از رودخانه بعد از بلوار شهدای گمنام به سمت شمال در ناحیه سیاه اسطوخ است. در این ناحیه با توجه به کاربری اراضی منطقه، نواحی خطرپذیر سیلاب با دسته‌بندی کم‌خطر، متوسط و پرخطر تقسیم گردیده‌اند. لذا پیشنهاد می‌گردد، ضمن ملزوم نمودن مردم به رعایت هر چه بیشتر حریم رودخانه، اولویت برای هرگونه اقدام سازه‌ای بر روی رودخانه می‌بایست در اولویت اجرایی شهرداری و نهادهای مرتبط قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

سپاس پروردگار بزرگ را که توفیق انجام این پژوهش را به این جانب عطا فرمود. این تحقیق در چهارچوب قرارداد پژوهشی با دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت با حمایت مالی معاونت پژوهشی انجام شده است. در اینجا وظیفه خود می‌دانم، از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت به خاطر تأمین بودجه طرح و کلیه افراد، نهادها و سازمان‌هایی که در تهیه، تدوین و تکمیل گزارش حاضر نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورم.

منابع

بشارتی، فاطمه؛ رهنما، محمدباقر؛ ذونعمت کرمانی، محمد؛ ۱۳۹۱. ارزیابی خسارت حاصل از سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت در حاشیه رودخانه زرجوب (محدوده شهری رشت). سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب. ساری: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

تاجداری، خسرو؛ خان‌میرزایی، رسول؛ کوچک‌حق‌بین، ناصر؛ ۱۳۹۲. شبیه‌سازی پهنه سیل‌گیر رودخانه سیاهرود در محدوده شهر رشت با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب. تهران.

تلوری، عبدالرسول؛ ۱۳۷۶. مدیریت مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل. کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها. همدان. ۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۷۶، ۵۹-۵۰.

حسینی، سید محمود؛ ابریشمی، جلیل؛ ۱۳۸۰. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات آستان قدس رضوی.

حکمتی فر، حسین؛ نظری‌ها، مهرداد؛ گیوه‌چی، سعید؛ ۱۳۸۸. ارزیابی خسارات کشاورزی ناشی از سیلاب با استفاده از مدل سازی ARC View و HEC-RAS. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. سال ۱۱ شماره ۴. ۱۰۸-۹۵.

دانشفراز، رسول؛ قربان وطن، مرتضی؛ جهان پیمان، محمدحسین؛ همتی گیگلو، الیار؛ ۱۳۹۲. بررسی پهنه سیلاب رودخانه سمبورچای با مدل GIS و HEC-RAS. اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک. سنندج: جهاد دانشگاهی استان کردستان.

درخشان، شهرام. غلامی، وحید. تقوی سلیمی، ادريس؛ ۱۳۸۹. شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه گوهررود و سیاهرود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۱۹. ۷۹-۶۵.

رضائی، پرویز؛ خسرو، تاجداری و سیداسماعیل، میرقاسمی؛ ۱۳۹۳. تعیین گستره سیل رودخانه مرغک در محیط HEC-GeoRAS. تحلیل فضائی مخاطرات محیطی. دانشگاه خوارزمی. سال اول شماره ۲، ۴۶-۲۹.

زارع، جمال؛ ۱۳۷۱. علل و عوامل سیلاب و آب گرفتگی در مناطق شهری ایران و راه های پیشگیری از آن. اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری. تهران. شرکت آب منطقه ای گیلان؛ ۱۳۹۳. دفتر مطالعات پایه.

عزیزی، سیدایوب؛ عبقری، هیراد؛ ۱۳۹۲. ارزیابی مدل های خسارت سیلاب به منظور مدیریت سیلاب های آنی. اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک. سنندج: جهاد دانشگاهی استان کردستان.

غفاری، گلاله. امینی، عطاله؛ ۱۳۸۹. مدیریت دشت های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن. فضای جغرافیایی. سال ۱۰. شماره ۳۲، ۱۳۴-۱۱۷).

کریمی، مژگان؛ اردشیر، عبدالله؛ بهزادیان، کوروش؛ ۱۳۹۴. مدیریت خطرپذیری آب گرفتگی و آلودگی ناشی از سیلاب شهری با استفاده از راهکارهای بهینه متداول و نوین. نشریه تحقیقات منابع آب ایران. سال ۱۱. شماره ۳. ۱۱۲-۱۰۰.

مرادخانی، علی محمد؛ معاضد، هادی؛ اروانه، حجت اله؛ ۱۳۹۱. ارزیابی خسارات سیلاب رودخانه دویرج با استفاده از تلفیق مدل های هیدرولیکی و سیستم های اطلاعات جغرافیایی. نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز.

مهدوی، محمد؛ ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی. جلد اول و دوم. انتشارات دانشگاه تهران. وزارت نیرو؛ ۱۳۸۴. دفتر مهندسی رودخانه و سواحل.

یاسی، مهدی؛ نصیری، لعیبا؛ احمدی، سلطان؛ ۱۳۹۶. شبیه سازی و ارزیابی جریان در رودخانه های با جریان دائمی با دو مدل HEC-RAS و RubarBE. نشریه دانش آب و خاک. سال ۲۷. شماره ۲. ۲۳۶-۲۲۵.

یمانی، مجتبی؛ تورانی، مریم؛ چزغه، سمیرا؛ ۱۳۹۱. تعیین پهنه های سیل گیر با استفاده از مدل (HEC-RAS) مطالعه موردی بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. سال ۱. شماره ۱، ۱۶-۱.

Carson, E., 2006. Hydrologic modeling of flood conveyance and impacts of historic overbank sedimentation on West Fork Black s Fork. Vinta Mountains, Northeastern Utah, USA, Geomorphology. PP: 368-383.

- Correia, E, N. Saraiva, M, G. Silva, F, N. Romos, I., 1999. Floodplain Management in Urban Development Area. Part II. Gis-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling.
- Costas, A. Erin, X, D. Sowmya, N. Ravi, A, P. & Ying, Z., 2017. Flood Risk Assessment in Urban Areas Based on Spatial Analytics and Soci, all Factors. Geosciences. 7(123):1-15.
- Hill, M. 2001. Flood Plain Delineation Using the HEC-geo-RAS Extension for Arc View. Brigham Young University, CeEn, 514.
- Jingfen, Sheng. John, P. Wilson., 2009. Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. Nat Hazards. 48:41-57.
- Joseph, E, A. Ryan Keath, L. De Leon, Judy Rose D. Hollite, Richard M. Logronio and Genelin Ruth James., 2017. Flood Modeling using Gis and LiDAR of Padada River in Southeastern Philippines. 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management.PP:301-306.
- Plate, E.J., 2002. Flood Risk and Flood Management, Journal of Hydrology. 267: 2-11.
- Tate, E.C. Oliver, F. Madmen, D., 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS. Center for Research in Water Resources (CRWR).Report, NO, PP: 1-99.
- United Nations, ESCAP., 1984. Proceedings of the seminar on flood Vulnerability Analysis and on the Principles of flood Plain Management for flood Loss Prevention, W.R.S., No.58.