



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۳، ص ۴۰۱-۳۷۳

بررسی خطر وقوع سیلاب شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل‌های WMS و HEC-RAS

موسی عابدینی*، نسرین شاهمحمدی^۲، امیرحسام پاسبان^۳

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. abedini@uma.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

چکیده

سیلاب یکی از مهم‌ترین و مخرب‌ترین بلایای طبیعی در سراسر جهان است. در دهه گذشته میزان وقوع سیلاب‌های مخرب به دلیل افزایش دما، گسترش شهرسازی و تغییر خصوصیات حوضه آبریز همراه با ایجاد تغییر کاربری اراضی و استفاده نادرست از زمین افزایش یافته است. هدف از این پژوهش بررسی و پهنه‌بندی سیلاب مشکین شهر با استفاده از مدل‌های WMS و HEC-RAS می‌باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از مدل WMS، مدل‌سازی حداکثر سیلاب و تعیین هیدروگراف سیلاب برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله صورت گرفته است. حداکثر سیلاب برای حوضه A با دوره‌های بازگشت ذکر شده به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۱/۳۳ و ۲/۰۸ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. برای حوضه B به ترتیب برابر با ۰/۸۰، ۱/۲۷ و ۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. همچنین حداکثر سیلاب برای حوضه C با دوره‌های بازگشت ذکر شده به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۱/۵۵ و ۲/۲۴ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. نتایج حاصل از هیدروگراف سیلاب نشان می‌دهد با افزایش دوره بازگشت میزان نفوذ در حوضه کاهش پیدا کرده و دبی سیلاب زودتر اتفاق افتاده است. همچنین با افزایش دوره بازگشت زمان اوج هیدروگراف کاهش یافته است از طرفی با افزایش دوره بازگشت زمان پایه هیدروگراف و زمان فروکش سیل نیز افزایش می‌یابد. برای پهنه‌بندی سیلاب اطلاعات به دست آمده از مدل WMS به مدل HEC-RAS وارد شده است. با توجه به پروفیل طولی و نمای ۳ بعدی از پهنه‌بندی سیل می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دوره بازگشت، ارتفاع سطح آب در پروفیل طولی افزایش یافته است. همچنین به وضوح در نمای ۳ بعدی مشاهده می‌شود که سیل مناطق بیشتری را فراگرفته است. **کلمات کلیدی:** دبی سیلاب، مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS، WMS، مشکین شهر.

مقدمه

سیل یکی از پیچیده‌ترین و مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است و بیش از هر بلای دیگری، جان و مال انسان و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه را به مخاطره می‌اندازد، هر چند مدیریت صحیح آن می‌تواند منبع بزرگی جهت تأمین نیازهای آبی یک منطقه باشد اگر وقوع این پدیده ناگهانی و شدید باشد باعث به وجود آمدن خسارت‌های زیادی می‌شود همچنین بررسی مجموعه عوامل محیطی که موجب ایجاد سیل هستند، نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح نفوذناپذیر و امثال آن امکان وقوع سیل را در مناطق گوناگون افزایش می‌دهد. جمع‌آوری و دفع رواناب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رود در واقع از اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی به حساب می‌آیند (احمدزاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ قنوتی و همکاران، ۱۳۹۱). به عبارتی دیگر مجموعه عواملی در طبیعت هستند که باعث می‌شوند جریان رودخانه از آن حالت طبیعی و تعادل خود خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تبدیل اراضی، تخریب پوشش-گیاهی، درجه اشباع شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذپذیری حوضه می‌باشد همچنین تعیین مناطق آسیب‌پذیر سیل برای تصمیم‌گیرندگان برای برنامه‌ریزی و فعالیت‌های مدیریتی مهم است (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۱). پهنه‌بندی سیل از جمله روش‌های کاهش خطرهای سیل است که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها و آثار آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد امروزه استفاده از مدل در شبیه‌سازی بارش- رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب متداول شده است. در این ارتباط ارزیابی این مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد سیلاب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر گشته است. یکی از این روش‌های جدید، مدل WMS و تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با مدل‌های هیدرولیکی می‌باشد. از این رو، تحلیل داده‌های هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS و نیز تلفیق آن با الحاقی HEC-GeoRAS جهت انجام فرایندهای پیش‌پردازش و نیز پس‌پردازش داده‌ها، می‌تواند شبیه‌سازی مناسبی از پراکنش فضایی سیلاب‌ها برای دوره‌های بازگشت مختلف ارائه دهد. در کشور ما همه ساله شاهد مخاطرات سیلاب در استان‌های مختلف می‌باشیم. در سال ۱۴۰۰ شاهد وقوع سیلاب‌های بزرگی در سطح کشور بودیم که چندین ماه کل دستگاه‌های اجرایی و مردم را تحت تاثیر قرار داده بود. این سیلاب‌ها متأسفانه باعث از دست دادن جان شمار زیادی از هم‌وطنان در استان‌های مختلف شده است. از این جهت، بررسی و مطالعه در زمینه مخاطرات سیلاب در جهت کاهش خسارات جانی و مالی، یکی از مهم‌ترین ضرورت‌ها به شمار می‌رود. بدین ترتیب، با توجه به فراوانی وقوع مخاطرات سیلابی در کشور و خسارت جانی و مالی هنگفتی که برای مردم و دولت به همراه دارد، لزوم مطالعه هر چه بیش‌تر این مخاطره طبیعی بیش از پیش احساس می‌شود. مشکین‌شهر از جمله شهرهای استان اردبیل محسوب می‌شود که در صورت بروز رخداد سیلاب می‌تواند خسارت

بسیاری را برای منطقه به بار آورد. به همین دلیل، ضرورت دارد که سیلاب‌های این شهر از نظر فضایی مورد تحلیل قرار گرفته و از این طریق نسبت به کاهش خسارات آن اقدام شود. هدف از پژوهش حاضر، پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب و راهکارهای متناسب کنترل آن در مشکین‌شهر با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی HEC-RAS و مدل WMS می‌باشد. درخصوص پهنه‌بندی و شناسایی نواحی سیلاب‌گیر، مطالعاتی در سطح جهان و ایران صورت پذیرفته است که می‌توان به پژوهش‌های از جمله Knebel و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد که به منظور ارائه مدل منطقه‌ای سیلاب برای حوضه سن‌آنتونیو در تگزاس آمریکا از ترکیب مدل HEC-HMS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده نموده و مدل را با سیلاب تابستان ۲۰۰۲ مقایسه نمودند، نتایج مطالعه بیانگر کارایی مدل در پیش‌بینی سیلاب در مقیاس منطقه‌ای می‌باشد. Veton (۲۰۰۹) با استفاده از مدل WMS مشکلات مدل‌سازی اثرات هیدرودینامیکی را مورد بررسی قرار داد به طوری که جریان رودخانه تیکا در تمام طول سال کنترل شد به گونه‌ای که حمل و نقل آب از رودخانه لاتریکا به رودخانه کارکاوولکا در مرز مجارستان با استفاده از کنترل جریان غیرمستقیم از طریق یک سری بند سیل‌گیر در رودخانه تیکا صورت گرفت. Isob و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به تجزیه و تحلیل خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS پرداختند. ایشان در این تحقیق جهت بررسی سیلاب‌های حوضه اوزنا از الحاقی HEC-GeoRAS استفاده کردند. نتایج پژوهش این محققان نشان‌دهنده ریسک بالای سیلاب در این حوضه می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی سیلاب این رودخانه نشان داد که با رخداد سیلاب در محدوده مورد مطالعه حدود ۱۴۷ ساختمان واقع در اطراف رودخانه با مخاطره مواجه خواهند. Khattak و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به تهیه نقشه پهنه‌های سیلابی رودخانه کابل با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS پرداختند. آن‌ها از طریق نقشه‌های پهنه‌های سیلابی به شناسایی مناطق تحت تأثیر مخاطره سیلابی این رودخانه پرداختند. نتایج تحقیق این محققان نشان داد بیش‌ترین محدوده تحت تأثیر مخاطره سیلاب زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه می‌باشد. مقایسه شبیه‌سازی سیلاب انجام شده با نقشه‌های سیلاب به‌دست آمده از تصاویر MODIS نشان‌دهنده دقت بالای خروجی به‌دست آمده آن‌ها می‌باشد. Splinter and Davalter (۲۰۱۶) در بررسی پوشش درختی درون کانال در مناطق اکولوژیکی اوکلاهوما شرقی و ارتباط آن‌ها با مورفولوژی کانال و طبقه‌بندی رودخانه از روش رزگن نتیجه گرفتند که تراکم گونه‌های درختی در انواع رودخانه‌های اوکلاهوما شرقی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشت. Ongdas و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با هدف تولید نقشه‌های خطر سیل در قزاقستان بیان کردند که روستای ولگو در رویداد سیل صد ساله گرفتار سیل گرفتگی شده است. Aynalem و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی در رودخانه موگا مساحت‌های سیل‌گیر برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال را به ترتیب برابر با ۱۸، ۲۱، ۲۶، ۳۴، ۴۳ کیلومتر مربع گزارش کردند. Rangari و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به مطالعه سیلاب‌های شهری منطقه حیدرآباد هند با استفاده از مدل دو بعدی HEC-RAS پرداختند. به عقیده این

محققان، مشکل مرتبط با سیلاب‌های شهری شرایط جریان غیرقابل پیش‌بینی در محیط شهری به دلیل تغییرات سریع در توپوگرافی و در دسترس نبودن مجموعه داده‌های خام می‌باشد. در این مطالعه مدل هیدرولیکی دو بعدی HEC-RAS با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تلفیق شده و نقشه‌های عمق و خطر وقوع سیلاب برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شد. نتایج کار این پژوهشگران نشان داد که منطقه مورد مطالعه مستعد خطر وقوع سیلاب بوده و تقریباً ۹ درصد مساحت آن در کلاس خطر بالا، ۵۶ درصد منطقه در کلاس خطر وقوع متوسط و ۳۵ درصد باقی مانده منطقه تحت مخاطره کم سیلاب قرار می‌گیرد. در ایران نیز عابدینی و فتحی (۱۳۹۴) پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز خیابو چای مشکین شهر را با استفاده از فرایند تحلیل شبکه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که ۱۵ درصد از حوضه تحت تاثیر خطر وقوع سیلاب با پتانسیل بسیار بالا قرار دارد که به‌طور عمده در پایین دست حوضه واقع شده است. همچنین تحلیل وزن‌های نهایی منتج از مدل ANP در رابطه با خطر وقوع سیلاب نشان داد که از بین ۹ عامل فاکتورهای شیب با مقدار ۰/۹۹ و سنگ شناسی با مقدار ۰/۸۲۲ از بیش‌ترین میزان اهمیت و تاثیر برخوردار است. عابدینی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی جهت پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز ليقوان‌چای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی و پرداختند. نتایج نشان داد که بخش‌های جنوبی حوضه با قرارگیری در پهنه‌های با پتانسیل خیلی زیاد و زیاد، به‌عنوان سیل‌خیزترین بخش‌های حوضه معرفی شده‌اند و به ترتیب ۱۱ و ۲۳/۶ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شوند. حجازی و همکاران (۱۳۹۸) پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش‌چای با استفاده از مدل HEC-RAS پرداختند. نتایج تحقیق این محققین نشان داد که، ۱۱۰ کیلومتر از مساحت کل حوضه آبریز تحت تاثیر سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۵۰ سال و ۶۳ کیلومتر از آن، تحت تأثیر سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲۵ ساله قرار دارد. در نهایت، راهکارهای کاهش خسارات ناشی از وقوع سیلاب در امتداد رودخانه اصلی معرفی شده بود. مهرورز و همکاران (۱۳۹۹) شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره ائورت را با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که در صورت وقوع سیلابی با دوره بازگشت ۲۵ سال حدود ۱۷۴۳ هکتار از اراضی دشت سیلابی به زیر آب خواهد رفت و خسارات بسیاری را برای کشاورزان به‌بار می‌آورد. پورنبی‌درزی و همکاران (۱۴۰۰) به پهنه‌بندی خطر سیل حوضه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن را با استفاده از مدل هیدرولیکی RAS در محیط GIS، مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که هرچه دوره بازگشت طولانی‌تر شود سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرد هم‌چنین بیش‌ترین سطح سیلابی مربوط به اراضی زراعی با ۶/۲۴ هکتار می‌باشد و بعد از آن اراضی مسکونی با وسعت ۳/۹۴ هکتار، جنگلی ۲/۹۲ هکتار، باغی ۰/۸ هکتار می‌باشد. در پژوهشی دیگر منبری و همکاران (۱۴۰۱) به مدل‌سازی سیلاب در حوضه‌های آبریز استان کردستان را با استفاده از تحلیل آماری و ویژگی‌های مورفومتری پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که

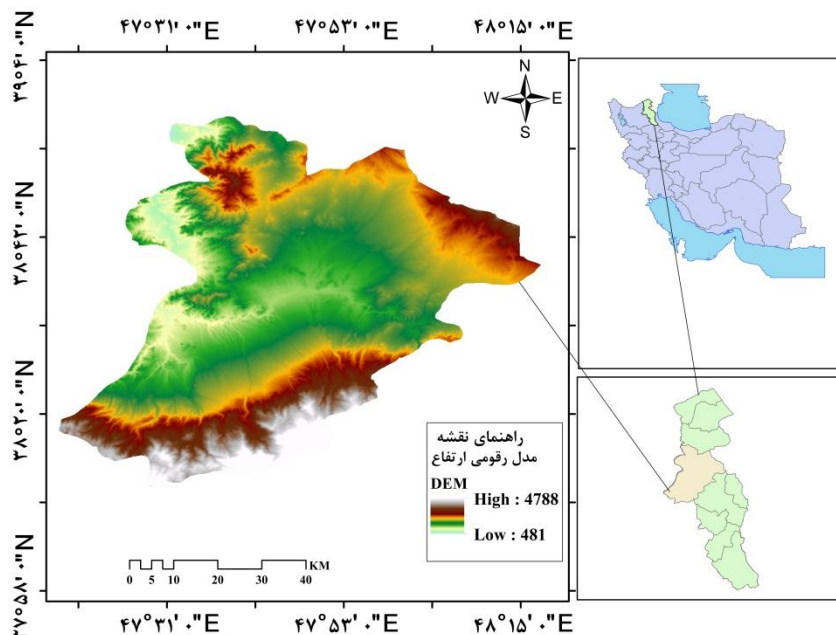
هرچه دوره بازگشت سیلاب افزایش می‌یابد ارتباط بین متغیرهای مستقل و دبی سیلاب افزایش می‌یابد به طوری که همبستگی مساحت با دوره بازگشت ۲۵ ساله ۰/۶۰۹ و با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ۰/۶۷۷ می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)، پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رضی چای را با استفاده از مدل ویکورر مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که از بین عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب عامل شیب با ضریب وزنی ۱۸/۰ عامل ارتفاع با ضریب وزنی ۱۷/۰ و کاربری اراضی با ضریب وزنی ۱۳/۰ به ترتیب مهم ترین عوامل ایجاد سیلاب در حوضه رضی چای هستند. به علاوه به ترتیب ۴۹/۱۵ و ۴۷/۱۶ درصد از مساحت حوضه، در طبقه بسیار پرخطر قرار دارد که نشانگر پتانسیل بالای این حوضه برای وقوع سیلاب می‌باشد. به طور عمده مناطق بسیار پرخطر در قسمت شمال و شمال غربی حوضه مطالعاتی قرار دارند. زاهدی و همکاران (۱۴۰۱) جهت شبیه سازی بیلان هیدرولوژیک حوزه آبخیز رودخانه سمقان با استفاده از مدل SWAT و الگوریتم SUFI۲ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌ها و نمودارهای به دست آمده در مرحله واسنجی و اعتبار سنجی مدل برای شبیه سازی دبی رواناب ماهانه، نشان می‌دهد که مدل در مرحله واسنجی موفق تر عمل کرده است. همچنین مدل توانسته است زمان وقوع دبی اوج را به خوبی تعیین نماید. عمادالدین و همکاران (۱۴۰۲)، پهنه بندی سیلاب حوضه ابر شهرستان شاهرود به منظور کاهش ریسک با استفاده از مدل HEC-RAC را انجام دادند. نتایج نشان داد که در بیشتر مقاطع سیلاب‌های با دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله از مقطع اصلی رودخانه بالاتر رفته و در اطراف رودخانه پخش می‌شود. همچنین اراضی زراعی که کنار این رودخانه قرار دارند تحت تاثیر وقوع سیل‌هایی با دوره بازگشت پایین (۲ ساله) قرار گرفته و این امر برای ساکنین این روستا و زمین‌های کشاورزی خطر آفرین خواهد بود. مساحت پهنه های سیل گیر برای دوره‌های بازگشت ۵ ساله، ۳۷۵؛ ۱۰ ساله، ۴۷۶؛ ۲۵ ساله، ۵۹۸؛ ۵۰ ساله، ۷۵۹ و ۱۰۰ ساله، ۱۳۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۲) به پهنه بندی خطر سیلاب حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان در پرداختند. نتایج نشان داد عوامل شیب، لیتولوژی، کاربری و ارتفاع به ترتیب با مقادیر وزنی؛ ۰/۱۶۴، ۰/۱۵۶، ۰/۱۱۸ و ۰/۱۱۶ بیش ترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۳۲/۰۲ کیلومتر مربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند که نشانگر پتانسیل بالای این حوضه برای وقوع سیلاب می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و پهنه بندی سیلاب مشکین شهر با استفاده از مدل‌های WMS و HEC-RAS می‌باشد.

مواد و روش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر مشکین شهر با مساحت ۱۳۰۲ هکتار در ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه ۲۳ دقیقه عرض - جغرافیایی در دامنه شمالی کوه سبلان و در ۲۰ کیلومتری قله مشهور آن قرار گرفته است. مطابق شکل (۱) ارتفاع

شهر بین ۱۲۴۰ تا ۱۵۹۹ متر از سطح دریا در نوسان است. در سمت شرق، دره عمیق خیابوچای قرار دارد که رودخانه‌ی خیابوچای در آن جریان دارد. دو دره شعاعی دیگر در مسیر طبیعی، جریان آب‌های سطحی را تشکیل می‌دهد که در امتداد آن‌ها محلات مسکونی توسعه یافته‌اند و در معرض سیل و جریان شدید آب‌های سطحی می‌باشند. وجود دره‌های متعدد که مهم‌ترین آن‌ها مسیر رودخانه‌ی خیابوچای می‌باشد چهره‌ی متفاوت به شهر داده است. بخشی از مشکین شهر بر روی مخروط افکنه واقع شده و لندفرم شیب‌دار مخروط افکنه از سویی به سمت کوهستان سبلان و از جهتی دیگر به ساحل شرقی رودخانه‌ی خیابوچای منتهی شده است. رودخانه خیابوچای که از عناصر مهم ژئومورفولوژیک به شمار می‌رود در سمت شرقی شهر، از جنوب به شمال در دره‌ای عمیق جریان دارد که به صورت مانعی طبیعی جهت گسترش و توسعه‌ی کالبدی شهر عمل می‌کند. در جهات شرقی و غربی به سبب پستی و بلندی و بریدگی‌ها حالت و ویژگی‌های متفاوت در چهره‌ی شهر دیده می‌شود. (طرح جامع شهر مشکین - شهر، کاظمی (۱۳۹۱). در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح ایران و استان اردبیل ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مشکین شهر در سطح ایران و استان اردبیل، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۰۰۰ داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی، از اساسی‌ترین داده‌های پژوهش حاضر محسوب می‌گردد که از سازمان آب منطقه‌ای استان اردبیل تهیه گردید همچنین از نرم‌افزارهای WMS، HEC-RAS، HEC-GEO RAS، ArcGIS 10.3 جهت تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه‌ها استفاده شد.

روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به چهار گروه عمده به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود. روش‌های مشاهده‌ای و استفاده از داغ آب، مقایسه عکس‌های هوایی منطقه، محاسبه دستی و استفاده از مدل‌های ریاضی. کلیه روش‌های فوق جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل احتیاج به تعیین تراز جریان سیلاب و انتقال رقوم سطح آب بر روی نقشه‌های توپوگرافی دارند. همه این روش‌ها اصولاً از همان روند یکسان استفاده از رقوم تعیین شده سطح آب در هر مقطع عرضی (با موقعیت‌های مختلف) برای پهنه‌بندی کمک می‌گیرند. تفاوت عمده بین این روش‌ها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد. استفاده از مدل‌های ریاضی امروزه بسیار متداول بوده و در این روش‌ها به کمک مدل‌های ریاضی جریان سیلاب شبیه‌سازی شده و پس از محاسبه پروفیل جریان توسط مدل، پهنه سیل با دوره‌های بازگشت مختلف بر روی نقشه‌های توپوگرافی منتقل می‌گردد.

مدل WMS

سیستم مدل‌سازی آبخیز (WMS) یک محیط مدل‌سازی جامع گرافیکی برای تمامی فازهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوضه آبخیز است WMS شامل ابزارهای قدرتمند برای مدل‌سازی فرایندهای خودکار شامل استخراج اتوماتیک حوضه آبخیز، محاسبه پارامترهای هندسی، محاسبه هم‌پوشانی لایه‌ها در GIS (CN عمق رواناب، ضریب زبری و غیره) استخراج مقطع عرضی از داده‌های عوارض زمین و خصوصیات بسیار دیگری است که در نرم‌افزار WMS آورده شده است. این نرم‌افزار از مدل‌سازی هیدرولوژیکی، HEC-HMS, TR20, TR55 با روش استدلالی HSP و MODRAT, NFF پشتیبانی می‌کند مدل‌های هیدرولوژیکی پشتیبانی شده شامل HEC-RAS و DAMBREAK, GIS ساده شده همه این‌ها در یک چارچوب پردازشی مبتنی بر داده‌های می‌تواند عمل مدل‌سازی و نقشه‌کشی کردن حوضه آبخیز را آسان تر از هر زمان دیگر نماید. طراحی ماژول‌های این برنامه کاربر را قادر می‌سازد تا ماژول‌ها را در ترکیب‌های دلخواه انتخاب نماید و همین‌طور کاربر را قادر می‌سازد که تنها را WMS قابلیت‌هایی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی که مورد نیاز هستند را انتخاب کند. علاوه بر این‌ها ماژول‌های یک محیط کامل برای آنالیزهای هیدرولوژیکی است که توسط WMS در هر زمان می‌توان خریداری و اضافه نمود. موسسه Brigham Young و دانشگاه Environmental Modeling Research Laboratory با همکاری U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station ایجاد شده و گسترش یافته است این نرم‌افزار با تلفیق امکانات GIS و مدل‌های هیدرولوژیکی متنوع توانسته است ابزاری قدرتمند در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز ایجاد کند (نحوی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۸).

تهیه مدل TOPAZ محدود و ترسیم شبکه آبراهه‌ها پس از تهیه مدل DEM مدل TOPAZ محدود تهیه می‌شود. مهم‌ترین کاربرد مدل TOPAZ ترسیم شبکه آبراهه‌های حوضه می‌باشد. در واقع شبکه آبراهه‌های محدود بر روی

این مدل ترسیم می‌شود. از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از نرم‌افزار WMS این است که می‌توان با وارد کردن فایل AUTOCAD منطقه به عنوان پس زمینه هر گونه انحراف مدل از حالت اصلی را اصلاح کرد.

مدل HEC-RAS

نرم‌افزار (HEC-RAS) و یا نرم‌افزار تحلیل رودخانه انجمن مهندسی ارتش آمریکا مجموعه‌ای از ابزارها است که به کاربر، امکان انجام محاسبات محاسبات هیدرولیک رودخانه را در حالت جریان ماندگار و غیرماندگار می‌دهد. سیستم HEC-RAS شامل سه مؤلفه تحلیل هیدرولیکی یک بعدی برای انجام محاسبات پروفیل سطح آب در حالت جریان ماندگار، شبیه‌سازی جریان غیرماندگار و محاسبات انتقال رسوب در مرز متحرک می‌باشد. این سه مؤلفه از یک نمایش داده‌های هندسی مشترک و از روند محاسبات هندسی و هیدرولیکی یکسان استفاده می‌کنند (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱).

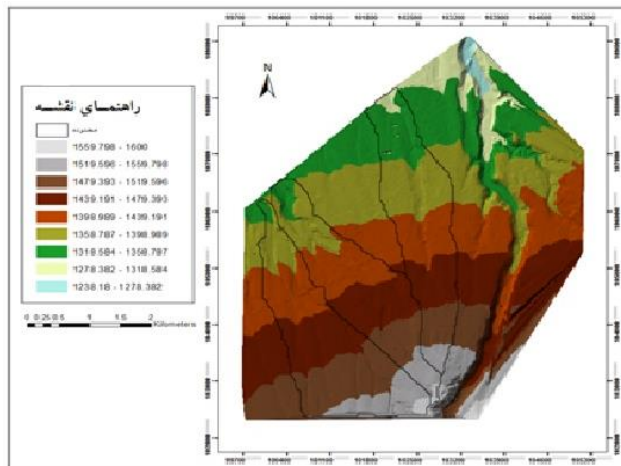
الحاقیه HEC-GEO-RAS

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

یافته‌ها و بحث

تهیه نقشه TIN و DEM

جهت تهیه نقشه TIN و DEM از نقشه توپوگرافی شهری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ استفاده شده که مشکین شهر در محدوده ارتفاعی ۱۲۴۰ تا ۱۵۹۹ متر از سطح دریا قرار گرفته است این نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه شده است. نقشه‌ی TIN در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل ۲: نقشه شبکه نامنظم مثلثاتی TIN بازه مورد مطالعه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

برآورد مقادیر سیلاب حوضه به روش SCS

جهت تخمین حداکثر سیلاب در حوضه مورد مطالعه به روش SCS احتیاج به مقادیر بارش ۶ ساعته، متوسط CN حوضه، الگوی بارش (WMO) و ضریب STRTL می‌باشد. بعد برآورد مقادیر حداکثر سیلاب مسیل‌های با دوره‌ی بازگشت مختلف اقدام به شبیه‌سازی شد که نتایج حاصل در جداول (۱) تا (۵) ارائه شده است. لذا شایان ذکر است که ضریب STRTL از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$STRTL = \frac{(0.2 * (1000 - 10 * CN))}{CN} \quad (1)$$

جدول ۱: حوضه‌های مورد مطالعه‌ی STRTL، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

حوضه	A	B	C
STRTL	۸.۹۶	۸.۹۶	۸.۹۶

جدول ۲: شماره منحنی حوضه‌های مورد مطالعه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

حوضه	A	B	C
شماره منحنی	۸۵	۸۵	۸۵

جدول ۳: بارش ۲۴ ساعته منطقه مورد مطالعه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

دوره بازگشت	بارندگی ۲۴ ساعته (میلی متر)	بارندگی ۶ ساعته (میلی متر)
۲۵	۴۵.۷۴	۳۰.۹
۱۰	۳۸.۷۷	۲۶.۲
۵	۳۳.۱۱	۲۲.۴

جدول ۴: حداکثر سیلاب منطقه مورد مطالعه با دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، و ۲۵ ساله، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

دوره بازگشت	حوضه	۵	۱۰	۲۵
A		۰/۸۴	۱/۳۳	۲/۰۸
B		۰/۸۰	۱/۲۷	۲/۰۰
C		۰/۹۷	۱/۵۵	۲/۴۲

جدول ۵: مقادیر ضریب زبری مانینگ، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

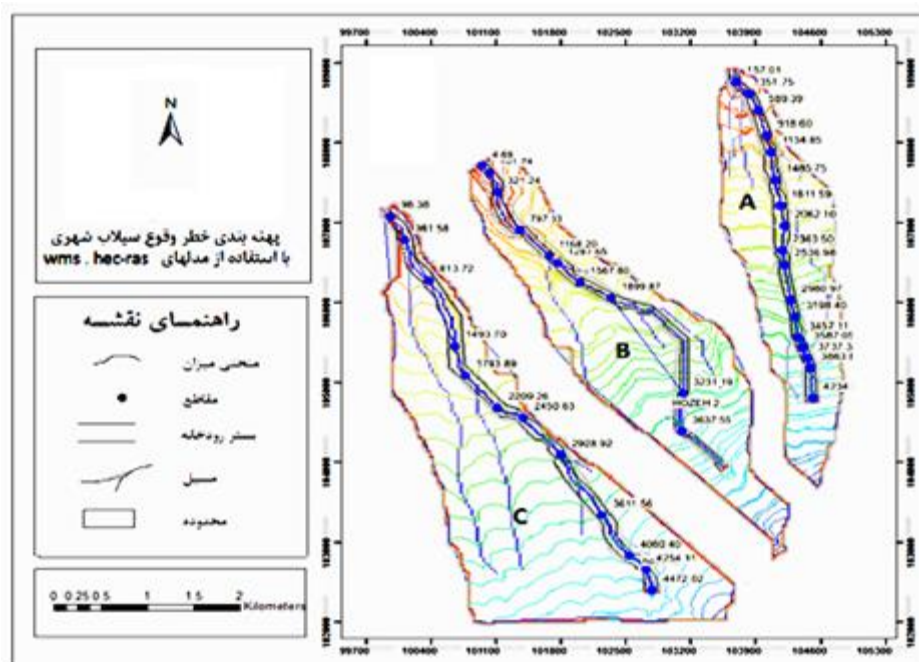
پارامترها	ساحل راست	سمت	کانال اصلی	ساحل سمت چپ
ضریب زبری مانینگ	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴

برآورد هیدروگراف سیلاب به روش SCS

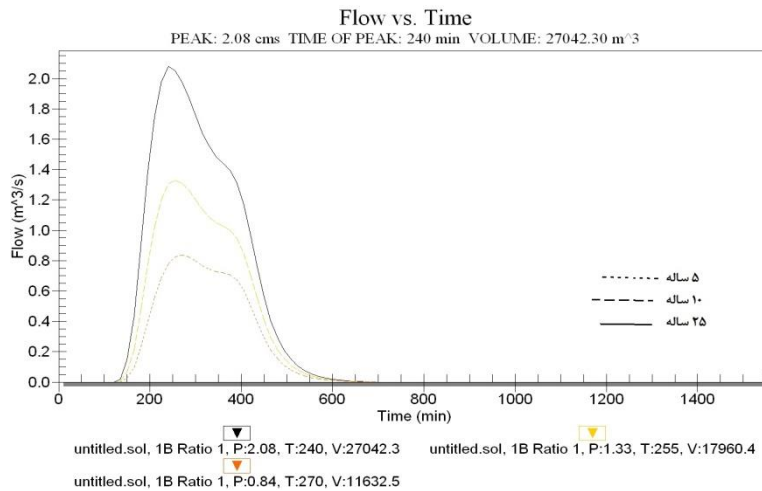
برآورد هیدروگراف سیلاب حوضه A با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله

در بررسی هیدروگراف سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله با توجه به شکل (۳) چنین برآورد می‌شود که بعد از گذشت ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه، از شروع بارندگی، سیل ایجاد شده که نشان دهنده آن است قبل از این مدت زمان حوضه نفوذ داشته است و هیچ‌گونه دبی صورت نگرفته است. همچنین زمان به اوج رسیدن هیدروگراف، ۲ ساعت و ۱۶ دقیقه بوده که سیل باید این مدت زمان را طی کنند تا به نقطه اوج برسد. در نتیجه هیدروگراف زمانی به اوج خود می‌رسد که بارندگی به اتمام رسیده باشد حداکثر دبی هیدروگراف ۴ ساعت و ۵۰ دقیقه است در این زمان حداکثر دبی سیلاب برابر با ۰/۸۴ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. از زمان شروع سیل تا پایان سیل ۸ ساعت و ۵۰ دقیقه طول کشیده است که آن را زمان پایه هیدروگراف می‌نامند.

هیدروگراف سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ و ۲۵ به ترتیب چنین برآورد می‌شود. که بعد از گذشت ۲ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۲ ساعت و ۱۶ دقیقه از شروع بارندگی سیل ایجاد شده است این امر نشان دهنده آن است قبل از این مدت زمان، حوضه نفوذ داشته است و هیچ‌گونه دبی صورت نگرفته است. همچنین زمان به اوج رسیدن هیدروگراف، برای دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله، ۲ ساعت و برای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله ۲ ساعت و ۲۰ دقیقه می‌باشد. حداکثر زمان دبی هیدروگراف دوره‌ی بازگشت ذکر شده از شروع بارندگی به ترتیب ۴ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۴ ساعت می‌باشد. در این زمان حداکثر دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ و ۲۵ ساله برابر با $1/33$ و $2/08$ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. همچنین زمان پایه هیدروگراف سیل به ترتیب برابر است با ۸ ساعت و ۷۵ دقیقه و ۹ ساعت می‌باشد. شکل (۲) نقشه مربوط به موقعیت مقاطع و مسیر جریان در محدوده شهر مشکین شهر می‌باشد.



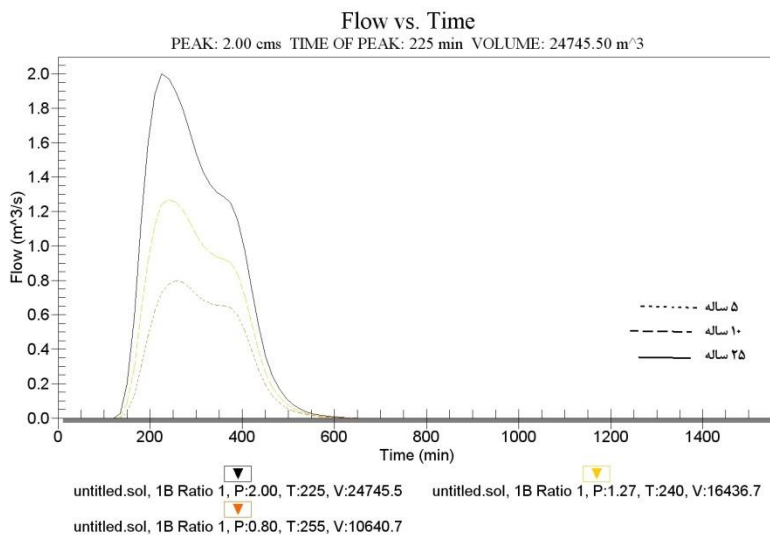
شکل ۲: نقشه موقعیت مقاطع و مسیر جریان.



شکل ۳: حداکثر سیلاب حوضه A با دوره‌ی بازگشت (۵، ۱۰، ۲۵)، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

برآورد هیدروگراف سیلاب حوضه B با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله

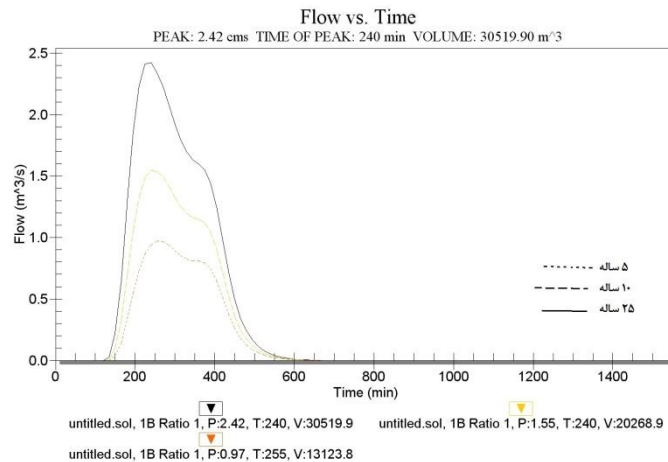
در هیدروگراف برآوردی سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله به ترتیب ۲ ساعت و ۵۰ دقیقه، ۲ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۱۶ دقیقه بعد از گذشت این دقایق از شروع بارندگی سیل ایجاد می‌شود که نشان دهنده آن است قبل از این مدت زمان حوضه نفوذ داشته و هیچ‌گونه دبی صورت نگرفته است. همچنین زمان به اوج رسیدن هیدروگراف، برای دوره‌ی بازگشت ۵ ساله، ۱ ساعت و ۷۵ دقیقه، و برای دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله ۱ ساعت و ۷۵ دقیقه و برای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله ۱ ساعت و ۵۸ دقیقه می‌باشد. حداکثر زمان دبی هیدروگراف از زمان شروع بارندگی تا اوج هیدروگراف با دوره‌ی بازگشت ذکر شده به ترتیب ۴ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۴ ساعت و ۳ ساعت و ۷۵ دقیقه می‌باشد در این زمان حداکثر دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت، ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله به ترتیب برابر با ۰/۸۰، ۱/۲۷ و ۲ متر مکعب در ثانیه است. همچنین زمان پایه هیدروگراف سیل به ترتیب برابر با ۸ ساعت، ۸ ساعت و ۴۰ دقیقه و ۹ ساعت می‌باشد که در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴: حداکثر سیلاب حوضه B با دوره‌ی بازگشت (۵، ۱۰، ۲۵)، منبع: نویسنده‌گان، ۱۴۰۲.

برآورد هیدروگراف سیلاب حوضه C با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله

نتایج برآوردی هیدروگراف سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله به ترتیب برابر با ۲ ساعت و ۵۰ دقیقه، ۲ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۲ ساعت و ۱۶ دقیقه است که بعد از گذشت این دقایق از شروع بازندگی سیل ایجاد شده است این امر نشان دهنده آن است قبل از این مدت زمان حوضه نفوذ داشته و هیچ‌گونه دبی صورت نگرفته است. همچنین زمان به اوج رسیدن هیدروگراف، برای دوره‌ی بازگشت ۵ ساله، ۱ ساعت و ۷۵ دقیقه، برای دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله ۱ ساعت و ۷۵ دقیقه و برای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله ۲ ساعت و ۲۰ دقیقه می‌باشد. حداکثر زمان دبی هیدروگراف دوره‌ی بازگشت ذکر شده به ترتیب ۴ ساعت و ۲۵ دقیقه، ۴ ساعت و ۴ ساعت می‌باشد در این زمان حداکثر دبی سیلاب با دوره‌ی بازگشت، ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۱/۵۵ و ۲/۴۲ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. همچنین زمان پایه هیدروگراف سیل به ترتیب برابر با ۸ ساعت، ۸ ساعت و ۵۰ دقیقه و ۹ ساعت می‌باشد که در شکل (۵) آورده شده است.



شکل ۵: حداکثر سیلاب حوضه C با دوره‌ی بازگشت (۲۵، ۱۰، ۵)، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

پهنه‌بندی جریان پایدار در HEC-RAS

به منظور پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در مسیل‌های مورد مطالعه از ارقام حداکثر سیلاب مربوط به دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله و همچنین از ضریب زیری مانینگ استفاده شده است. نتایج حاصل از پخش سیلاب در پهنه سیل‌گیر را می‌توان به دو صورت گرافیکی (نمودارهای مقاطع عرضی و نمودار سه بعدی Z, Y, Z) و جدول مشاهده نمود.

مشخصات هیدرولیکی ارائه شده در جداول (۶) تا (۸) دبی، ارتفاع سطح آب، شیب خط انرژی، مساحت جریان، عرض آب و عدد فرود ۱ را نشان می‌دهد. همچنین لازم به ذکر است که عدد فرود نشان دهنده نوع جریان سیلاب در مقاطع می‌باشد، بدین صورت که اگر عدد فرود کمتر از یک باشد، جریان زیر بحرانی ۲، و اگر مساوی یک باشد، جریان بحرانی ۳ بوده و در صورتی که عدد فرود بیش‌تر از یک باشد جریان فوق بحرانی ۴ را خواهیم داشت.

پهنه‌بندی مسیل A با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله

طول بازه مورد مطالعه‌ی برای حوضه A حدوداً، $3323/40$ متر می‌باشد که در طول این بازه ۱۷ مقطع عرضی جهت معرفی هندسی رودخانه به مدل HEC-RAS برداشت شده است. فاصله‌ی بین مقاطع متفاوت می‌باشد. در مکان‌هایی که پیچی در مسیر رودخانه وجود دارد سعی شده است که فاصله‌ی بین مقاطع کمتر شود. برداشت مقاطع از سمت چپ رودخانه آغاز شده و به سمت راست ختم می‌گردد.

- 1- Froude Number
- 2- Sub critical Flow
- 3- Critical Flow
- 4- Super critical Flow

با توجه به بررسی پارامترهای استخراج شده از جدول (۶) مشخصات هیدرولیکی و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب اشکال (۶) تا (۱۴) چنین برآورد می‌شود بین پارامترها رابطه‌ی محسوسی وجود دارد به طوری که با افزایش شیب خط انرژی، وضعیت جریان سیلاب بحرانی‌تر شده و با افزایش عرض آب، سرعت جریان و ارتفاع سطح آب در مسیله‌ها مورد مطالعه‌ی کاهش می‌یابد. همچنین جریان سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله از نظر نوع جریان، زیربحرانی است. در صورتی که دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله نوع جریان بحرانی می‌شود. همچنین برای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله نوع جریان فوق‌بحرانی است.

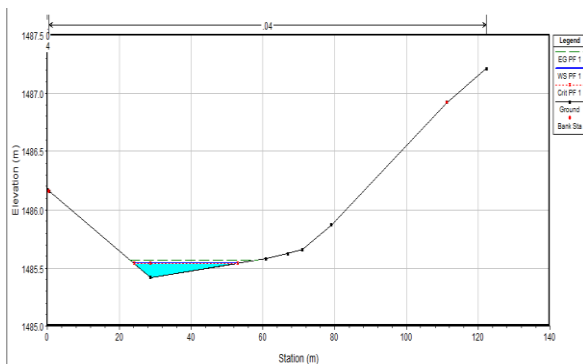
جداول ۶: مشخصات هیدرولیکی مقاطع سیل با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب A، منبع:

نویسندگان، ۱۴۰۲.

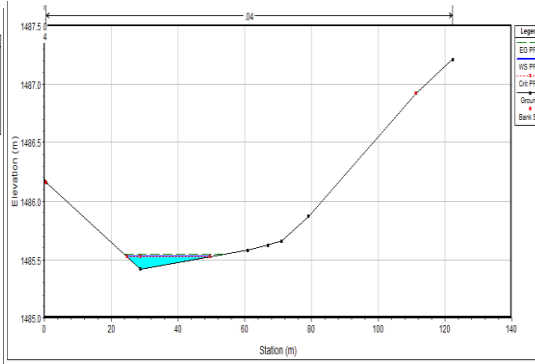
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh 1	4234.503	PF 1	0.84	1485.42	1485.52	1485.52	1485.55	0.035298	0.65	1.29	24.79	0.92
hozeh 1	3863.86	PF 1	0.84	1464.36	1464.48	1464.48	1464.51	0.029022	0.79	1.07	13.51	0.89
hozeh 1	3737.376	PF 1	0.84	1457.67	1457.82	1457.82	1457.86	0.042219	0.9	0.93	12.7	1.06
hozeh 1	3587.047	PF 1	0.84	1451.37	1451.51	1451.51	1451.54	0.032504	0.8	1.05	14.17	0.93
hozeh 1	3457.108	PF 1	0.84	1441.78	1441.89	1441.89	1441.93	0.056712	0.87	0.97	17.29	1.17
hozeh 1	3198.395	PF 1	0.84	1429.91	1430.11	1430.11	1430.17	0.038495	1.05	0.8	7.97	1.07
hozeh 1	2980.97	PF 1	0.84	1421.87	1422.06	1422.06	1422.11	0.030283	0.92	0.92	9.48	0.94
hozeh 1	2536.976	PF 1	0.84	1400.75	1400.95	1400.95	1401	0.033954	0.99	0.85	8.53	1
hozeh 1	2363.496	PF 1	0.84	1392.69	1392.76	1392.76	1392.78	0.035042	0.57	1.48	35.27	0.88
hozeh 1	2062.104	PF 1	0.84	1379.36	1379.45	1379.45	1379.47	0.048198	0.64	1.3	32.48	1.03
hozeh 1	1811.591	PF 1	0.84	1367.47	1367.53	1367.53	1367.55	0.070407	0.65	1.3	42.86	1.18
hozeh 1	1485.75	PF 1	0.84	1356.14	1356.32	1356.32	1356.37	0.036738	0.97	0.87	9.47	1.03
hozeh 1	1134.851	PF 1	0.84	1341.59	1341.84	1341.84	1341.9	0.029697	1.08	0.78	6.24	0.97
hozeh 1	918.595	PF 1	0.84	1334.92	1335.14	1335.14	1335.2	0.03239	1.04	0.81	7.27	0.99
hozeh 1	589.391	PF 1	0.84	1324.52	1324.74	1324.74	1324.79	0.027215	0.95	0.88	7.92	0.91
hozeh 1	351.747	PF 1	0.84	1316.96	1317.05	1317.05	1317.07	0.040903	0.73	1.16	21.23	0.99
hozeh 1	157.009	PF 1	0.84	1309.38	1309.55	1309.55	1309.58	0.023937	0.75	1.12	13.22	0.82

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh 1	4234.503	PF 1	1.33	1485.42	1485.54	1485.54	1485.57	0.039709	0.77	1.74	28.81	1
hozeh 1	3863.86	PF 1	1.33	1464.36	1464.51	1464.51	1464.55	0.034693	0.95	1.4	15.13	1
hozeh 1	3737.376	PF 1	1.33	1457.67	1457.85	1457.85	1457.9	0.039033	0.98	1.36	15.31	1.05
hozeh 1	3587.047	PF 1	1.33	1451.37	1451.53	1451.53	1451.58	0.035005	0.95	1.4	15.31	1
hozeh 1	3457.108	PF 1	1.33	1441.78	1441.92	1441.92	1441.96	0.036757	0.85	1.57	21.24	0.99
hozeh 1	3198.395	PF 1	1.33	1429.91	1430.16	1430.16	1430.22	0.031145	1.09	1.22	9.86	0.99
hozeh 1	2980.97	PF 1	1.33	1421.87	1422.1	1422.1	1422.15	0.027655	0.99	1.34	11.45	0.93
hozeh 1	2536.976	PF 1	1.33	1400.75	1400.99	1400.99	1401.05	0.035072	1.12	1.18	10.07	1.05
hozeh 1	2363.496	PF 1	1.33	1392.69	1392.78	1392.78	1392.8	0.043377	0.69	1.92	39.44	1
hozeh 1	2062.104	PF 1	1.33	1379.36	1379.46	1379.46	1379.49	0.053095	0.75	1.78	37.9	1.1
hozeh 1	1811.591	PF 1	1.33	1367.47	1367.55	1367.55	1367.57	0.043987	0.63	2.11	50.34	0.99
hozeh 1	1485.75	PF 1	1.33	1356.14	1356.36	1356.36	1356.42	0.032691	1.04	1.28	11.5	1
hozeh 1	1134.851	PF 1	1.33	1341.59	1341.89	1341.89	1341.96	0.029407	1.2	1.11	7.43	0.99
hozeh 1	918.595	PF 1	1.33	1334.92	1335.19	1335.19	1335.25	0.030508	1.14	1.17	8.74	0.99
hozeh 1	589.391	PF 1	1.33	1324.52	1324.8	1324.78	1324.85	0.021931	0.99	1.35	9.79	0.85
hozeh 1	351.747	PF 1	1.33	1316.96	1317.06	1317.06	1317.1	0.053392	0.93	1.43	22.16	1.17
hozeh 1	157.009	PF 1	1.33	1309.38	1309.57	1309.57	1309.62	0.034339	0.96	1.39	14.68	1

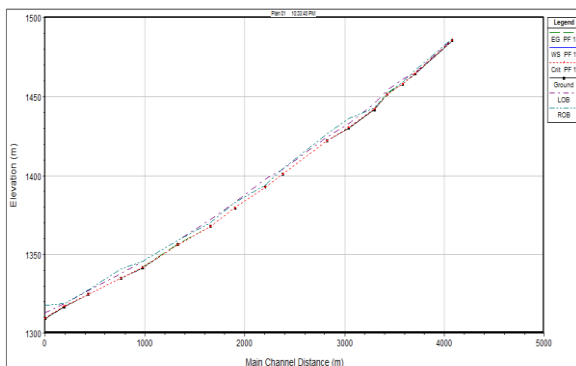
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh 1	4234.503	PF 1	2.08	1485.42	1485.55	1485.55	1485.6	0.054395	0.96	2.16	32.12	1.19
hozeh 1	3863.86	PF 1	2.08	1464.36	1464.54	1464.54	1464.6	0.033442	1.06	1.96	17.57	1.01
hozeh 1	3737.376	PF 1	2.08	1457.67	1457.88	1457.88	1457.94	0.037624	1.08	1.92	18.23	1.06
hozeh 1	3587.047	PF 1	2.08	1451.37	1451.57	1451.57	1451.62	0.032415	1.07	1.95	16.96	1
hozeh 1	3457.108	PF 1	2.08	1441.78	1441.95	1441.95	1441.99	0.029681	0.88	2.36	25.46	0.92
hozeh 1	3198.395	PF 1	2.08	1429.91	1430.2	1430.2	1430.28	0.029218	1.22	1.71	11.22	1
hozeh 1	2980.97	PF 1	2.08	1421.87	1422.15	1422.15	1422.21	0.032094	1.11	1.87	15.12	1.01
hozeh 1	2536.976	PF 1	2.08	1400.75	1401.04	1401.04	1401.11	0.030674	1.19	1.74	12.22	1.01
hozeh 1	2363.496	PF 1	2.08	1392.69	1392.79	1392.79	1392.82	0.056185	0.86	2.42	43.77	1.17
hozeh 1	2062.104	PF 1	2.08	1379.36	1379.49	1379.49	1379.52	0.029904	0.68	3.05	48.78	0.87
hozeh 1	1811.591	PF 1	2.08	1367.47	1367.57	1367.55	1367.59	0.032917	0.68	3.05	52.5	0.9
hozeh 1	1485.75	PF 1	2.08	1356.14	1356.4	1356.4	1356.47	0.035393	1.2	1.73	13.4	1.07
hozeh 1	1134.851	PF 1	2.08	1341.59	1341.95	1341.95	1342.03	0.027714	1.31	1.58	8.88	0.99
hozeh 1	918.595	PF 1	2.08	1334.92	1335.24	1335.24	1335.32	0.028595	1.26	1.65	10.14	1
hozeh 1	589.391	PF 1	2.08	1324.52	1324.83	1324.83	1324.91	0.030327	1.24	1.67	10.9	1.01
hozeh 1	351.747	PF 1	2.08	1316.96	1317.1	1317.1	1317.14	0.024106	0.83	2.51	25.5	0.84
hozeh 1	157.009	PF 1	2.08	1309.38	1309.61	1309.61	1309.66	0.032053	1.05	1.99	17.59	0.99



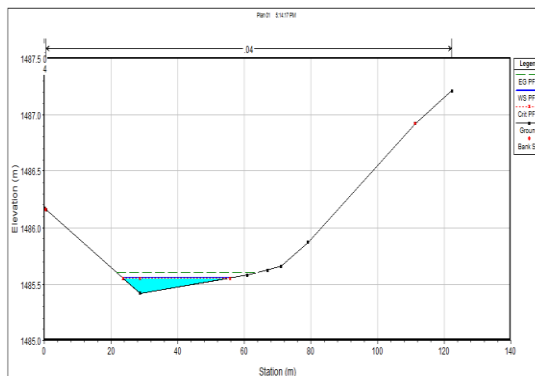
شکل ۷: مقطع عرضی ۴۲۳۴/۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله برای حوضه A، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



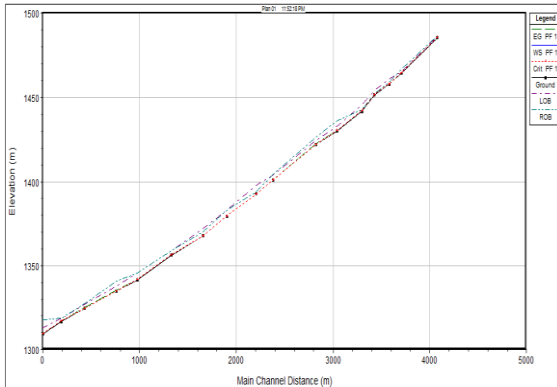
شکل ۶: مقطع عرضی ۴۲۳۴/۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله برای حوضه A، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



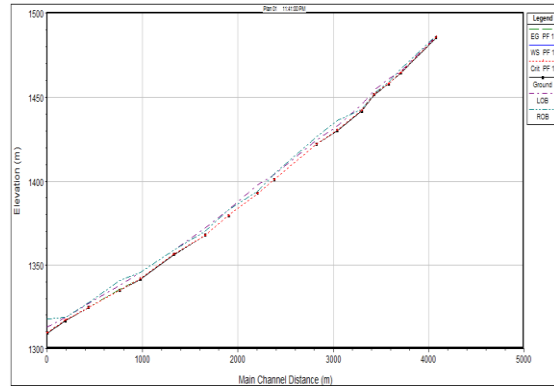
شکل ۹: پروفیل طولی حوضه A برای سیل با دوره‌ی بازگشت ۵ سال در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۸: مقطع عرضی ۴۲۳۴/۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله برای حوضه A، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



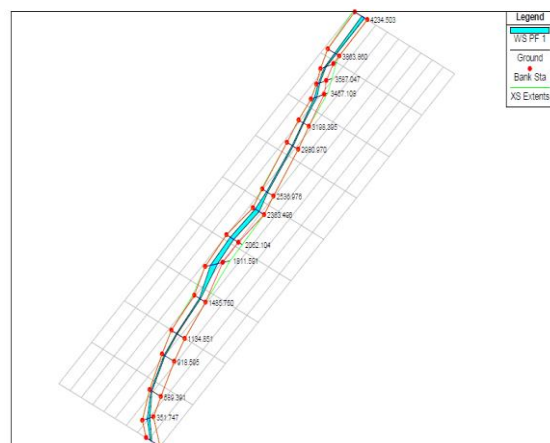
شکل ۱۱: پروفیل طولی حوضه A برای سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



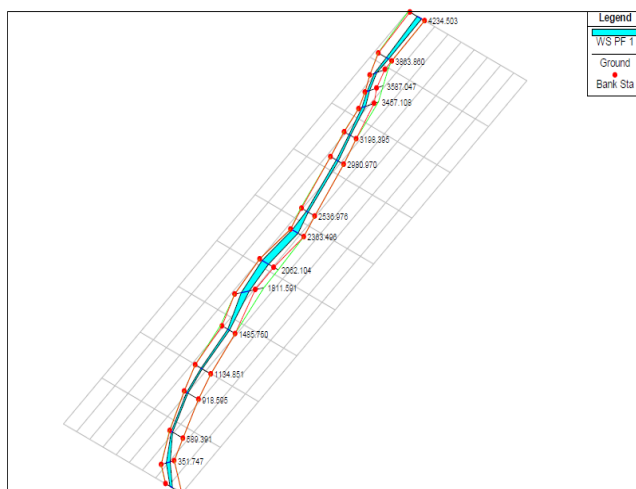
شکل ۱۰: پروفیل طولی حوضه A برای سیل با دوره بازگشت ۱۰ سال در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۱۳: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره بازگشت ۱۰ ساله، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۱۲: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره بازگشت ۵ ساله، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۱۴: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب‌گیر در طول رودخانه به ازای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

پهنه‌بندی مسیل B با دوره بازگشت ۵،۱۰ و ۲۵ ساله

طول بازه مورد مطالعه‌ی حدوداً، ۳۲۲۷/۵۰ متر می‌باشد که در طول این بازه ۱۰ مقطع عرضی جهت معرفی هندسی رودخانه به مدل HEC-RAS برداشت شده است. مشخصات هیدرولیکی سیلاب در جدول (۷) و نقشه‌های پهنه-بندی در اشکال (۱۵) تا (۲۳) استخراج شده نشان می‌دهد، با افزایش شیب خط انرژی، وضعیت جریان سیلاب بحرانی‌تر شده است. همچنین با افزایش عرض آب، ارتفاع سطح آب و سرعت آب کاهش یافته است جریان سیلاب بادوره‌ی بازگشت ۵ ساله از نظر نوع جریان سیلاب، زیربحرانی است. در صورتی‌که جریان سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله نوع جریان سیلاب بحرانی می‌شود. همچنین برای دوره بازگشت ۲۵ ساله نوع جریان سیلاب فوق‌بحرانی است. باید اشاره کرد که با افزایش دوره‌ی بازگشت جریان سیلاب شدیدتر شده است.

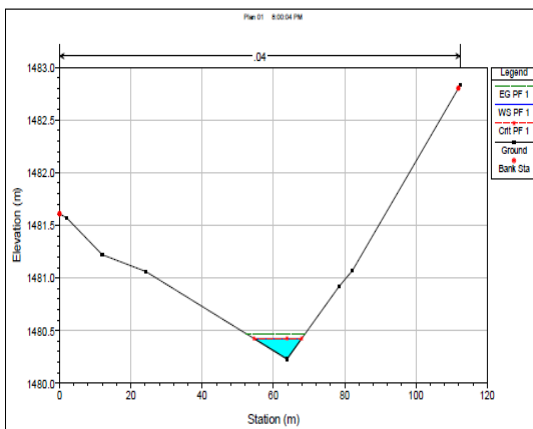
جدول ۷: مشخصات هیدرولیکی مقاطع سیل با دوره‌ی بازگشت ۵،۱۰،۲۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب B، منبع:

نویسندگان، ۱۴۰۲.

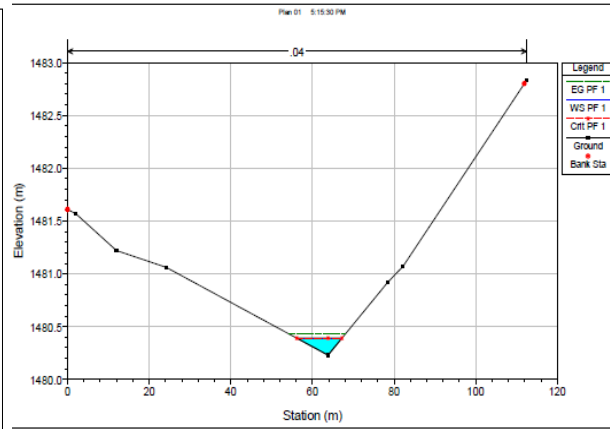
Reach	River Sta	Profile	Q.Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
HOZEH 2	3637.552	PF 1	0.8	1480.23	1480.39	1480.39	1480.43	0.037598	0.9	0.89	11.06	1.02
HOZEH 2	3231.189	PF 1	0.8	1463.93	1464.13	1464.13	1464.18	0.033546	0.99	0.81	8.13	0.99
HOZEH 2	1899.867	PF 1	0.8	1406.97	1407.18	1407.18	1407.23	0.033254	1	0.8	7.84	0.99
HOZEH 2	1567.801	PF 1	0.8	1391.16	1390.77	1390.77	1390.86	0.032193		0.59	3.2	0
HOZEH 2	1287.653	PF 1	0.8	1376.79	1376.96	1376.96	1377	0.035357	0.91	0.88	10.22	1
HOZEH 2	1168.199	PF 1	0.8	1370.5	1370.72	1370.72	1370.77	0.032582	1.03	0.78	7.07	1
HOZEH 2	797.325	PF 1	0.8	1355.91	1356.13	1356.13	1356.19	0.023164	1.04	0.77	5.34	0.87
HOZEH 2	321.244	PF 1	0.8	1340.29	1340.42	1340.42	1340.45	0.038839	0.8	1	15.41	1
HOZEH 2	101.738	PF 1	0.8	1332.73	1332.94	1332.93	1332.98	0.020886	0.81	0.99	9.36	0.79
HOZEH 2	4.689	PF 1	0.8	1330.16	1330.39	1330.39	1330.45	0.033262	1.07	0.74	6.49	1.01

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	roude # Ch
HOZEH 2	3637.552	PF 1	1.27	1480.23	1480.42	1480.42	1480.47	0.034056	0.97	1.3	13.4	1
HOZEH 2	3231.189	PF 1	1.27	1463.93	1464.17	1464.17	1464.23	0.031874	1.08	1.18	9.93	1
HOZEH 2	1899.867	PF 1	1.27	1406.97	1407.22	1407.22	1407.28	0.03151	1.1	1.16	9.42	1
HOZEH 2	1567.801	PF 1	1.27	1391.16	1390.84	1390.84	1390.95	0.030916		0.85	3.84	0
HOZEH 2	1287.653	PF 1	1.27	1376.79	1377.01	1377.01	1377.05	0.024548	0.89	1.42	13.01	0.86
HOZEH 2	1168.199	PF 1	1.27	1370.5	1370.76	1370.76	1370.83	0.031109	1.14	1.12	8.48	1
HOZEH 2	797.325	PF 1	1.27	1355.91	1356.17	1356.17	1356.25	0.028159	1.3	0.98	5.62	0.99
HOZEH 2	321.244	PF 1	1.27	1340.29	1340.45	1340.45	1340.49	0.036274	0.87	1.46	18.57	0.99
HOZEH 2	101.738	PF 1	1.27	1332.73	1332.98	1332.96	1333.02	0.022547	0.93	1.36	10.97	0.85
HOZEH 2	4.689	PF 1	1.27	1330.16	1330.44	1330.44	1330.51	0.030122	1.16	1.09	7.87	1

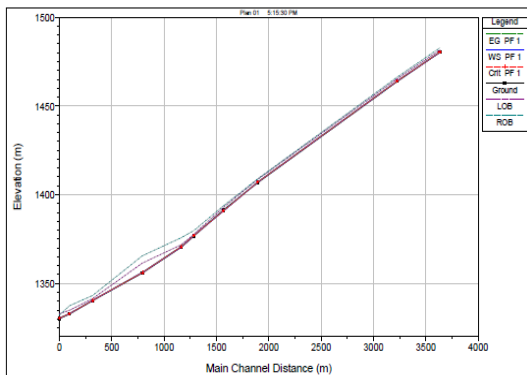
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	roude # Ch
HOZEH 2	3637.552	PF 1	2	1480.23	1480.46	1480.46	1480.52	0.034111	1.09	1.83	15.89	1.03
HOZEH 2	3231.189	PF 1	2	1463.93	1464.22	1464.22	1464.29	0.029889	1.17	1.71	12.05	1
HOZEH 2	1899.867	PF 1	2	1406.97	1407.26	1407.26	1407.34	0.030491	1.21	1.65	11.23	1.01
HOZEH 2	1567.801	PF 1	2	1391.16	1390.93	1390.93	1391.06	0.028952		1.23	4.61	0
HOZEH 2	1287.653	PF 1	2	1376.79	1377.05	1377.05	1377.1	0.025978	1.02	1.96	15.27	0.91
HOZEH 2	1168.199	PF 1	2	1370.5	1370.81	1370.81	1370.89	0.031605	1.25	1.59	10.62	1.03
HOZEH 2	797.325	PF 1	2	1355.91	1356.23	1356.23	1356.34	0.02641	1.48	1.35	6.1	1
HOZEH 2	321.244	PF 1	2	1340.29	1340.49	1340.49	1340.53	0.027309	0.88	2.28	23.22	0.9
HOZEH 2	101.738	PF 1	2	1332.73	1333.02	1333.01	1333.08	0.023008	1.05	1.9	12.96	0.88
HOZEH 2	4.689	PF 1	2	1330.16	1330.49	1330.49	1330.58	0.02931	1.29	1.55	9.38	1.01



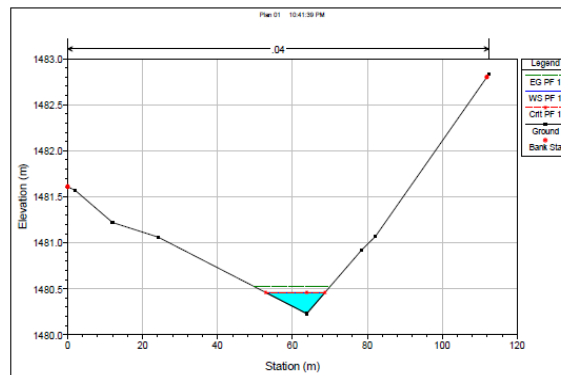
شکل ۱۶: مقطع عرضی ۳۶۳۷/۵۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله برای حوضه B، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



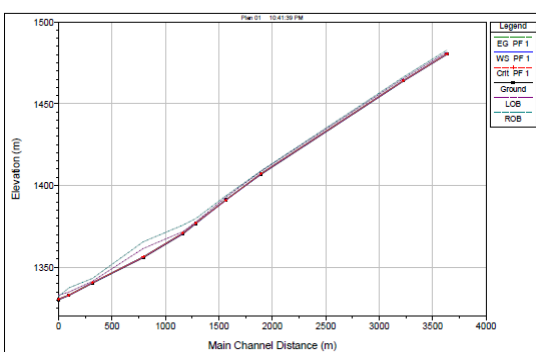
شکل ۱۵: مقطع عرضی ۳۶۳۷/۵۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله برای حوضه B، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



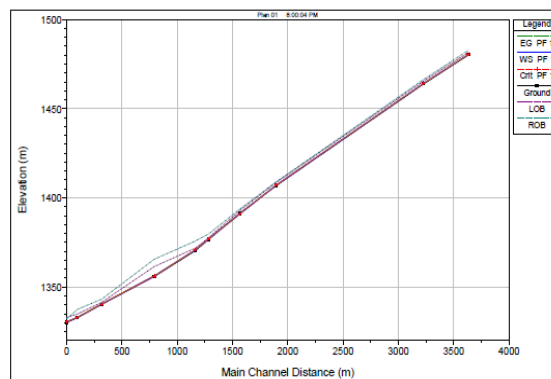
شکل ۱۸: پروفیل طولی حوضه B برای سیل با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



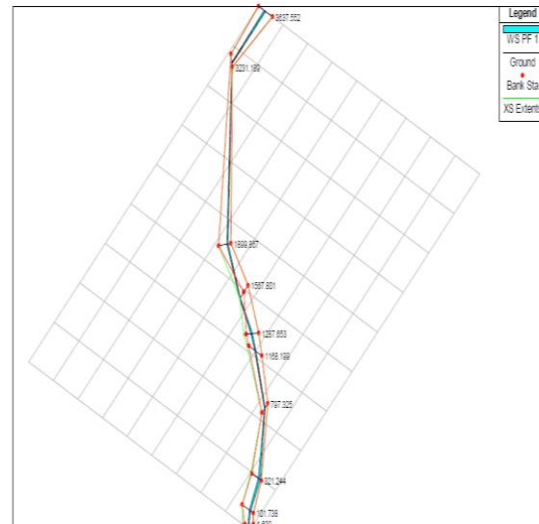
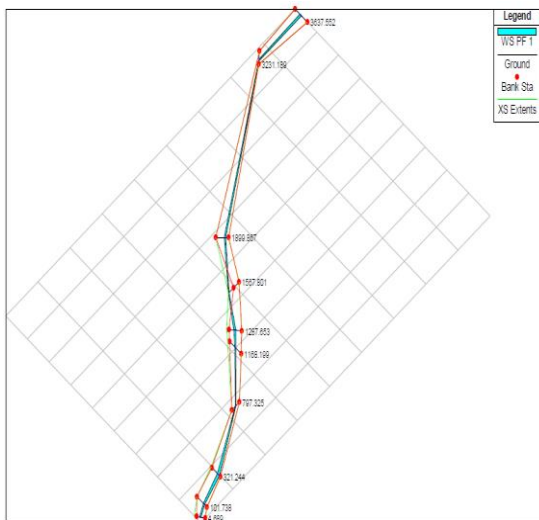
شکل ۱۷: مقطع عرضی ۳۶۳۷/۵۵ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله برای حوضه B، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۲۰: پروفیل طولی حوضه B برای سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

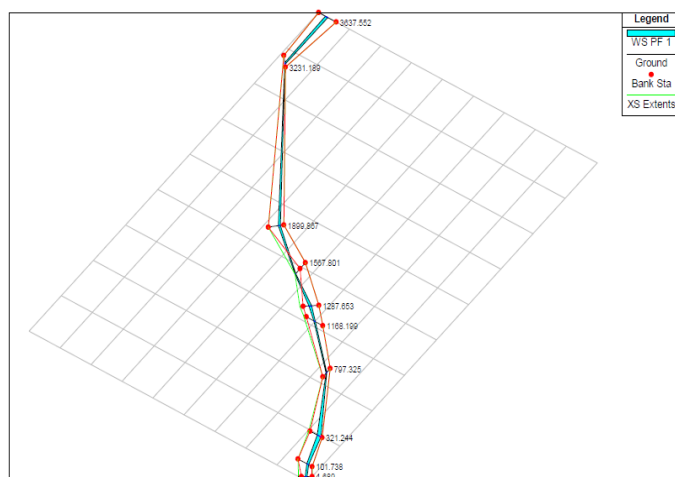


شکل ۱۹: پروفیل طولی حوضه B برای سیل با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۲۲: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله برای حوضه **B**، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

شکل ۲۱: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره‌ی بازگشت ۵ برای حوضه **B**، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۲۳: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب‌گیر در طول رودخانه به ازای

دوره‌ی بازگشت ۲۵ برای حوضه B، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

پهنه‌بندی مسیل C با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ ساله

طول بازه مورد مطالعه‌ی برای حدوداً، $3913/20$ متر می‌باشد که در طول این بازه ۱۲ مقطع عرضی جهت معرفی هندسی رودخانه به مدل HEC-RAS برداشت شده است. جدول (۸) برآوردی مشخصات هیدرولیکی و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در اشکال (۲۴) تا (۳۲) با دوره‌ی بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ نشان می‌دهد، با افزایش شیب خط انرژی، وضعیت جریان سیلاب بحرانی‌تر شده است. همچنین با افزایش عرض آب، ارتفاع سطح آب و سرعت آب کاهش یافته است جریان سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله از نظر نوع جریان سیلاب، زیربحرانی است. در صورتی‌که جریان سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله نوع جریان سیلاب زیربحرانی می‌شود. همچنین برای دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله نوع جریان سیلاب زیربحرانی است. در مقایسه هر یک از مقاطع استخراج شده با دوره‌ی بازگشت‌های ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دوره‌ی بازگشت جریان سیلاب شدید شده است.

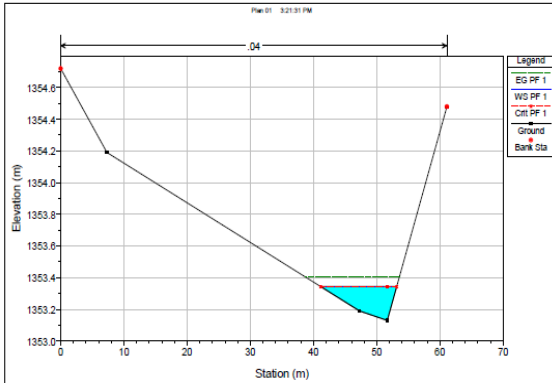
جداول ۸: مشخصات هیدرولیکی مقاطع سیل با دوره‌ی بازگشت ۵،۱۰،۲۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب C، منبع:

نویسندگان، ۱۴۰۲.

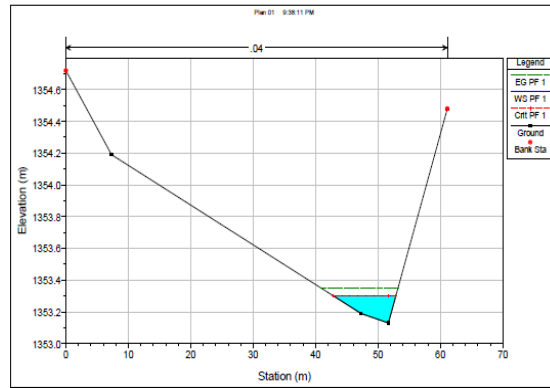
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh3	4472.019	PF 1	0.97	1520.64	1520.9	1520.9	1520.96	0.031095	1.11	0.88	6.92	0.99
hozeh3	4254.11	PF 1	0.97	1511.19	1511.43	1511.43	1511.49	0.032229	1.09	0.89	7.37	1.01
hozeh3	4060.401	PF 1	0.97	1502.88	1503.05	1503.05	1503.11	0.034322	1.08	0.9	7.97	1.03
hozeh3	3611.558	PF 1	0.97	1483.9	1484.14	1484.14	1484.2	0.032519	1.09	0.89	7.49	1.01
hozeh3	2928.922	PF 1	0.97	1455.4	1455.65	1455.65	1455.71	0.031295	1.13	0.86	6.6	1
hozeh3	2450.625	PF 1	0.97	1437.79	1438.05	1438.05	1438.11	0.030945	1.12	0.87	6.76	0.99
hozeh3	2209.256	PF 1	0.97	1425.21	1425.47	1425.47	1425.5	0.038829	0.71	1.36	24.74	0.97
hozeh3	1793.891	PF 1	0.97	1408.06	1408.25	1408.25	1408.3	0.033837	0.95	1.02	10.73	0.99
hozeh3	1493.703	PF 1	0.97	1396.48	1396.72	1396.72	1396.78	0.031885	1.08	0.9	7.54	1
hozeh3	813.718	PF 1	0.97	1370.76	1370.97	1370.97	1371.03	0.035419	1.05	0.92	8.65	1.03
hozeh3	361.585	PF 1	0.97	1353.13	1353.3	1353.3	1353.35	0.037219	1.01	0.96	9.98	1.04
hozeh3	98.377	PF 1	0.97	1344.29	1344.46	1344.46	1344.5	0.030949	0.85	1.13	13.24	0.93

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh3	4472.019	PF 1	1.55	1520.64	1520.95	1520.95	1521.02	0.029417	1.22	1.27	8.35	1
hozeh3	4254.11	PF 1	1.55	1511.19	1511.48	1511.48	1511.56	0.029113	1.22	1.27	8.35	0.99
hozeh3	4060.401	PF 1	1.55	1502.88	1503.09	1503.09	1503.17	0.029538	1.2	1.29	8.72	1
hozeh3	3611.558	PF 1	1.55	1483.9	1484.2	1484.2	1484.26	0.024191	1.1	1.41	9.44	0.9
hozeh3	2928.922	PF 1	1.55	1455.4	1455.7	1455.7	1455.78	0.032818	1.28	1.21	7.96	1.05
hozeh3	2450.625	PF 1	1.55	1437.79	1438.1	1438.1	1438.18	0.029244	1.23	1.26	8.14	1
hozeh3	2209.256	PF 1	1.55	1425.21	1425.49	1425.49	1425.53	0.03282	0.81	1.91	25.01	0.94
hozeh3	1793.891	PF 1	1.55	1408.06	1408.29	1408.29	1408.35	0.032178	1.05	1.47	12.91	1
hozeh3	1493.703	PF 1	1.55	1396.48	1396.77	1396.77	1396.84	0.029555	1.18	1.31	9.12	0.99
hozeh3	813.718	PF 1	1.55	1370.76	1371.02	1371.02	1371.09	0.031449	1.13	1.37	10.54	1.01
hozeh3	361.585	PF 1	1.55	1353.13	1353.35	1353.34	1353.4	0.031013	1.07	1.45	12.06	0.99
hozeh3	98.377	PF 1	1.55	1344.29	1344.49	1344.49	1344.54	0.036726	1.02	1.51	15.28	1.04

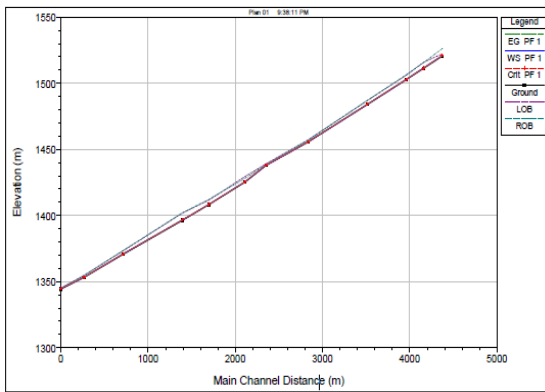
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	roude # Ch
hozeh3	4472.019	PF 1	2.42	1520.64	1521.01	1521.01	1521.1	0.02756	1.33	1.82	9.99	0.99
hozeh3	4254.11	PF 1	2.42	1511.19	1511.54	1511.54	1511.63	0.027075	1.36	1.78	9.36	0.99
hozeh3	4060.401	PF 1	2.42	1502.88	1503.15	1503.15	1503.24	0.02753	1.35	1.79	9.59	1
hozeh3	3611.558	PF 1	2.42	1483.9	1484.24	1484.24	1484.33	0.028852	1.31	1.85	10.79	1.01
hozeh3	2928.922	PF 1	2.42	1455.4	1455.76	1455.76	1455.85	0.029612	1.38	1.76	9.68	1.03
hozeh3	2450.625	PF 1	2.42	1437.79	1438.16	1438.16	1438.25	0.027566	1.34	1.8	9.73	1
hozeh3	2209.256	PF 1	2.42	1425.21	1425.52	1425.52	1425.57	0.033175	0.97	2.49	25.31	0.99
hozeh3	1793.891	PF 1	2.42	1408.06	1408.34	1408.34	1408.4	0.024604	1.06	2.27	16.05	0.9
hozeh3	1493.703	PF 1	2.42	1396.48	1396.82	1396.82	1396.91	0.028877	1.31	1.85	10.83	1.01
hozeh3	813.718	PF 1	2.42	1370.76	1371.07	1371.07	1371.15	0.028874	1.23	1.97	12.66	0.99
hozeh3	361.585	PF 1	2.42	1353.13	1353.39	1353.39	1353.46	0.029689	1.18	2.05	14.2	0.99
hozeh3	98.377	PF 1	2.42	1344.29	1344.53	1344.53	1344.59	0.03189	1.09	2.23	18.54	1



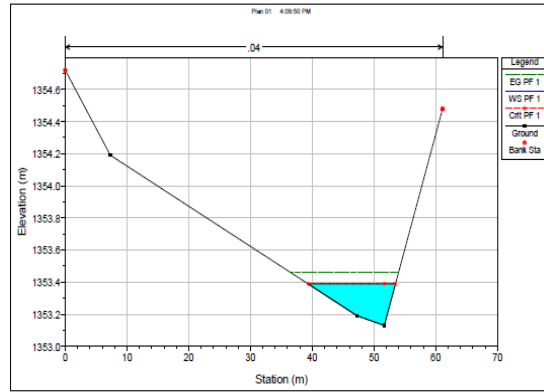
شکل ۲۵: مقطع عرضی ۳۶۱/۵۸ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله برای حوضه C، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



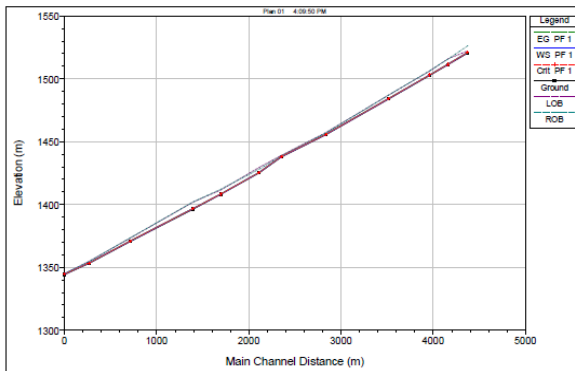
شکل ۲۴: مقطع عرضی ۳۶۱/۵۸ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله برای حوضه C، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



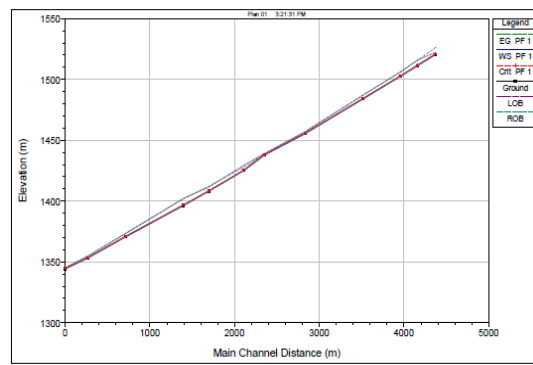
شکل ۲۷: پروفیل طولی حوضه C برای سیل با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



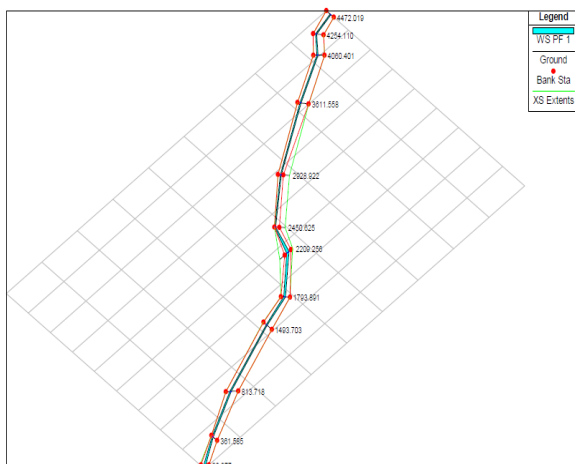
شکل ۲۶: مقطع عرضی ۳۶۱/۵۸ حداکثر ارتفاع سطح آب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله برای حوضه C، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



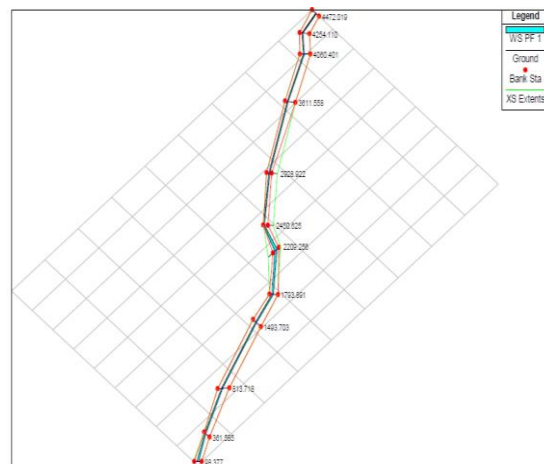
شکل ۲۹: پروفیل طولی حوضه C برای سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



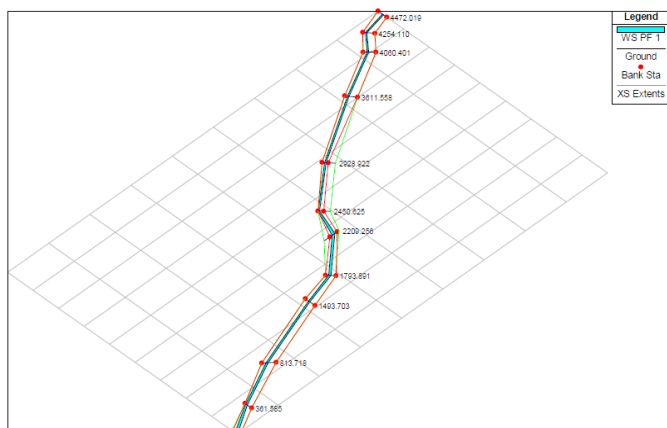
شکل ۲۸: پروفیل طولی حوضه C برای سیل با دوره بازگشت ۱۰ ساله در حداکثر ارتفاع سطح آب، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۳۱: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره بازگشت ۱۰ برای حوضه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۳۰: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره بازگشت ۵ برای حوضه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.



شکل ۳۲: نمای ۳ بعدی از سطوح سیلاب گیر در طول رودخانه به ازای دوره‌ی بازگشت ۲۵ برای حوضه، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های هیدروگراف سیلاب حوضه‌های A، B، و C می‌توان نتیجه گرفت با افزایش دوره‌ی بازگشت میزان نفوذ در حوضه نیز کاهش پیدا کرده و دبی سیلاب زودتر اتفاق افتاده است. همچنین با افزایش دوره‌ی بازگشت، زمان اوج هیدروگراف کاهش یافته است و زمان پایه هیدروگراف و زمان فروکش سیل با افزایش دوره‌ی بازگشت افزایش یافته است. همچنین با بررسی نتایج حاصل از مدل هیدرولیکی HEC-RAS که به دو صورت گرافیکی و جدول آورده شده است چنین استنباط می‌شود، در هر سه مسیل با افزایش شیب خط انرژی، عرض آب، سرعت جریان و ارتفاع سطح آب افزایش یافته است، همچنین با افزایش دوره‌ی بازگشت سیلاب، جریان سیلاب بحرانی‌تر می‌شود. و سیلاب مناطق بیشتر را فرامی‌گیرد. به طور کلی با مقایسه مسیل‌های سه‌گانه داخل شهر مشکین‌شهر می‌توان چنین نتیجه گرفت مسیل A و B به دلیل قرارگیری حوضه در وسط شهر و در بافت پرتراکم و قدیمی که بیشترین مسیر را در داخل شهر طی کرده و به علت تراکم بیشتر ساختمان‌ها و توسعه ناهمگون و ناسازگار و عدم توجه به ویژگی‌های طبیعی و انسانی نظیر شیب، توپوگرافی و ساخت و سازهای بدون نقشه علمی و فنی، مسدود نمودن مسیر مسیل‌های قدیمی و یا کاهش حریم و یا تنگ‌سازی بستر آن‌ها شده است و این امر باعث شده است که این مسیل بیشتر از دیگر مسیل‌ها مشکلات هیدرولوژیکی شهر نظیر جمع شدن آب در داخل معابر و منازل شده است. در صورتی که حوضه C به دلیل این که مسافت کمتری را در داخل شهر طی کرده کمتر موجب دخل و تصرف در حریم و بستر حوضه شده است، سیلاب مسیل C منحصر به شهرکها و حوضه بالادست این مسیل بوده و دخالتی در سیلاب، خسارت بار داخل شهر مشکین‌شهر نداشته است.

منابع

- پورنبی درزی، س.، وفاخواه، م.، رجبی، م.ر. ۱۴۰۰. پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و Arc GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چشمه کيله شهرستان تنكابن)، مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۲۸): ۱۵-۲۸.
- حجازی، ا.، خدائی قشلاق، ف.، خدائی قشلاق، ل. ۱۳۹۸. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش چای با استفاده از نرم افزار HEC-RAS و الحاقیهی HEC-GEO-RAS، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۵۳): ۱۳۷-۱۵۵.
- زاهدی، ا.، طالبی، ع.، داوری، ک.، موسوی، و. ۱۴۰۱. شبیه سازی بیلان هیدرولوژیک حوزه آبخیز رودخانه سمقان با استفاده از مدل SWAT و الگوریتم SUFI۲، جغرافیا و روابط انسانی، ۵(۳): ۲۰۵-۲۲۱.
- عابدینی، م.، بهشتی جاوید، ا. ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز ليقوان چای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فضای جغرافیایی، ۱۶(۵۵): ۲۹۳-۳۱۲.
- عابدینی، م.، پیروزی، ا.، آقایی، ل. ۱۴۰۱. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رضی چای با استفاده از مدل ویکور، مدیریت بحران، ۱۱(۲): ۱-۱۳.
- عمادالدین، س.، احمدی، ح.، آرخی، ص. ۱۴۰۲. پهنه بندی سیلاب حوضه ابر شهرستان شاهرود به منظور کاهش ریسک با استفاده از مدل HEC-RAC، مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۷(۱): ۱-۱۵.
- عابدینی، م.، فتحی، م.ح. ۱۳۹۴. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه (مطالعه موردی: حوضه آبخیز خیاو چای)، هیدروژئومورفولوژی، ۲(۳): ۱۲۰-۹۹.
- عابدینی، م.، فعال نذیری، م.، پیروزی، ا. ۱۴۰۲. ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چند معیاره آراس و هیدروگراف واحد (مطالعه ی موردی: حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین شهر)، مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۵): ۱۱۵-۱۳۸.
- قنواتی، ع.، کرم، ا.، آقاعلیخانی، م. ارزیابی و پهنه بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۳(۴): ۱۲۱-۱۳۸.
- منبری، ف.، ملکی، م.، نیری، ه. ۱۴۰۱. مدل سازی سیلاب در حوضه های آبریز با استفاده از تحلیل آماری و ویژگی های مورفومتری (مطالعه موردی: حوضه های آبریز استان کردستان)، هیدروژئومورفولوژی، ۹(۳۳): ۱۰۵-۸۷.

نحوی نیا، م.ج.، کریمی، ب.، کاردان مقدم، ح.، اکبرپور، ا. ۱۳۸۷. آنالیز حساسیت دبی پیک حوضه آبریز با استفاده از مدل WMS (مطالعه موردی حوضه آبریز بنددره بیرجند)، کنفرانس بین المللی بحران آب، تهران، ایران.

Aynalem, S.B. (2020). Flood Plain Mapping and Hazard Assessment of Muga River by Using ArcGIS and HEC-RAS Model Upper Blue Nile Ethiopia, *Landscape Architecture and Regional Planning*, 5, 74-85.

Iosub, M., Minea, I., Hapciuc, O., & Romanescu, GH. (2015). The use of HEC-RAS modelling in flood risk analysis. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 315.

Khattak, M. S., Anwar, F., Saeed, T. U., Sharif, M., Sheraz, K., & Ahmed, A. (2016). Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: a case study of Kabul River, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(4): 1375-1390.

Knebl, MR., Yang, ZL., Hutchison, K., & Maidment, DR. (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, *Journal of Environmental Management*, 75: 325-336. 17.7

Kveont, R. (2009). Mathematical Model of Medizibodrozie WMS Internatinal symposiumon, Water management and hydraulhc engineering paper A97, Macedonia, 1-5 September.

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, 1-20.

Rangari, V. A., Sridhar, V., Umamahesh, N., & Patel, AK. (2019). Floodplain mapping and management of urban catchment using HEC-RAS: a case study of Hyderabad City, *Journal of The Institution of Engineers (India)*, 100, 49-63.

Splinter, D. K., & Dauwalter, DC. (2016). Frequency of large in-channel wood in eastern Oklahoma ecoregions and its association with channel morphology, *Geomorphology*, 269, 175- 185.