

نقش عوامل انسانی در ناتعادلی‌های ژئومورفیک رودخانه کردان با بهره‌گیری از نرم افزار HEC-RAS

عیسی مرادی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران.
عزت الله قنونی* - دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران.
علی احمدآبادی - استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران.
امیر صفاری - دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۰۸ تأیید نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

چکیده

رودخانه‌ها از جمله پویا ترین سیستم‌های طبیعی می باشند که هر گونه دخل و تصرف در آنها با واکنش منفی رودخانه به صورت سیلاب، فرسایش، تغییرات بستر و غیره همراه می باشد. رودخانه کردان یکی از رودخانه‌های دائمی استان البرز است که در شهرستان ساوجبلاغ قرار گرفته است. تاثیر زیاد این رودخانه در تامین آب کشاورزی روستاهای اطراف، وجود جاذبه‌های گردشگری، معادن شن و ماسه، و حتی فعالیت‌های عمرانی، مسبب تغییرات زیادی در بستر و اطراف این رودخانه شده است که نتیجه این اقدامات تبدیل رودخانه کردان به یک رودخانه فصلی و سیلابی بوده است. در این پژوهش سعی بر آن بوده که نقش عوامل انسانی و تغییرات کاربری اراضی بر وقوع سیلاب و تشدید آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزار HEC-RAS مورد بررسی قرار گیرد. داده‌های اصلی مورد نیاز شامل نقشه‌های ماهواره لندست ۷ و ۸ و سنتینل ۲، به ترتیب با دقت ۳۰ و ۱۰ متر مربوط به سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۱ میلادی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ رودخانه کردان، داده‌های هیدرومتری و شرایط مرزی رودخانه می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از نقشه‌های ماهواره‌ای برای مدت ۲۲ سال مشخص گردید که بخش زیادی از اراضی اطراف رودخانه در نتیجه تغییرات کاربری اراضی به واحد‌های صنعتی و مناطق مسکونی تبدیل شده‌اند، همچنین حدود ۶۰ هکتار از بستر اصلی و سیلابدستی رودخانه نیز کاسته شده است. در ادامه کار با استفاده از نرم افزار HEC-RAS به شبیه‌سازی سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲ الی ۱۰۰۰ ساله پرداخته شد. نتایج حاصل از پراکنش سیلاب‌ها نشان می‌دهد که در صورت وقوع سیلاب با دوره بازگشت ۲ تا ۵ سال خطری متوجه اراضی و سازه‌های اطراف رودخانه نمی‌باشد، اما در صورت وقوع سیلاب‌های با دوره بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال به ترتیب ۸، ۱۷، ۲۵، ۳۲، ۴۱، ۵۳ و ۶۴ هکتار از اراضی مسکونی، صنعتی و بایر اطراف رودخانه در معرض هجوم سیلاب قرار گرفته و به زیر آب خواهند رفت. همچنین عرض پهنه‌های سیل گیر برای دوره بازگشت ۲ تا ۱۰ ساله ۲۷۸ متر، ۲۵ تا ۱۰۰ ساله ۳۵۵ متر و ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ساله ۴۷۳ متر محاسبه شد، بر این اساس بیشترین عرض سیلاب به دلیل تنگی مجرای پل و برداشت بی‌رویه مصالح مربوط به محدوده قبل از پل جاده قدیم هشتگرد است.

واژگان کلیدی: رودخانه کردان - ناتعادلی - شبیه‌سازی سیلاب - مدل HEC-RAS

مقدمه

رودخانه ها از مهمترین منابع حیاتی طبیعت، کانون توسعه و شریان های حیاتی هر کشور محسوب می شوند، لذا حفاظت و بهره برداری خردمندانه از آنها نیاز به دلیل و برهان زیادی ندارد. تغییر در ویژگی های مورفولوژیک، هیدرولوژیک، بیوفیزیک و شیمیایی رودخانه ها در طول مسیر گسترده خود از مبدا تا مقصد، زیستگاه های متنوع، منحصر به فرد و پیچیده ای را به وجود آورده است که تنها از طریق تبیین مؤلفه های اقلیمی، ژئومورفولوژیکی، توپوگرافی و زمین شناسی قابل توضیح هستند. ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه ها سبب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی، مناطق مسکونی و تاسیسات مجاور آنها خواهد شد. در نتیجه بررسی علت اصلی تغییرات و عدم تعادل در رودخانه ها در مدیریت رفتار آنها بسیار مثمرتر خواهد بود. لذا در وهله اول شناخت نوع تغییرات (طبیعی یا انسانی) بسیار مهم می باشد. امروزه پیشرفت فعالیت های اقتصادی و توسعه شهرنشینی همراه با فعالیت های توریستی سبب شده که رودخانه ها جدا از تغییرات طبیعی خود تحت تاثیر فعالیت های مخرب انسانی در معرض دگرگونی های ژرفی قرار گیرند، که در صورت عدم کنترل و مدیریت صحیح، سبب به هم خوردن کل سیستم طبیعی در آنها می شود، به همین دلیل نیازمند حفاظت ویژه ای می باشند، که این امر مستلزم آگاهی از تکنیک ها، روش های مدیریتی مدرن و نیز اقدامات اساسی در این زمینه خواهد بود. از جمله این اقدامات در وهله اول شناخت عوامل انسانی تاثیر گذار بر تعادل رودخانه ها و در مرحله بعد استفاده از مدل ها و تکنیک های جدید جهت شبیه سازی و پیش بینی رفتار مورفولوژیک و هیدرولوژیک آنها می باشد. در خصوص تاثیر عوامل انسانی، طبیعی و مدیریت رفتار رودخانه ها و نیز پهنه بندی و شبیه سازی سیلاب در آنها تحقیقات زیادی صورت گرفته است که نمونه ای از آنها به شرح زیر می باشد:

قنواتی (۲۰۱۴) در پژوهشی با استفاده از داده های شیب، خاک، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، انحنای طولی و عرضی جریان، بارش، تراکم زهکشی، فاصله از رود و زمین شناسی، سیلاب شهرستان کرج را پهنه بندی نموده است. قنواتی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی سیلاب رود دره فرحزاد تهران را ارزیابی و پهنه بندی نمودند. همچنین با استفاده از مدل هیدرولوژیکی تلفیقی شماره منحنی و تحلیل سلسله مراتبی، سیل خیزی حوضه رودخانه بالخلو پهنه بندی شده است (قنواتی و همکاران (۲۰۱۴)).

قنواتی (۱۳۹۲) در تحقیقی به پهنه بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از مدل منطق فازی پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد مدل فازی با وجود پیچیدگی هایی که دارد، دارای مزایای بسیاری در مطالعه پدیده های مختلف مرتبط با سطح زمین است. با توجه به نقشه نهایی بدست آمده از سیل خیزی محدوده مورد مطالعه، نواحی با خطر کم اغلب در دشت ها، دره ها و خط القعرها که شیب کمتری دارند، واقع گردیده اند. پهنه های با خطر زیاد اغلب در قسمت های مرکزی و غربی قرار دارند، همچنین پهنه هایی با خطر بسیار زیاد اغلب در قسمت های جنوب غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه واقع شده اند. قنواتی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق دیگری به شبیه سازی پهنه های سیل گیر در حوضه های آبریز کلان شهر تهران پرداختند. نتایج حاصل از خروجی مدل HEC-RAS نشان می دهد که در بالادست رودخانه افزایش دبی به شکل افزایش ارتفاع سطح آب بوده و گسترش عرضی کمتری در سطوح سیلاب گیر به چشم می خورد. اما در بخش های میانی و کم شیب پایین دست رودخانه به علت کاهش ارتفاع سطح آب، رودخانه دارای گسترش جانبی بیشتری بوده و پهنه های سیل گیر در این بخش ها نسبت به بالادست رودخانه دارای وسعت بیشتری می باشند. همچنین به ازای دوره بازگشت های طولانی تر میزان دبی و ارتفاع سطح آب افزایش یافته و پهنه سیلابی نیز از وسعت بیشتری برخوردار بوده است. مهرورز و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی به شبیه سازی سیلاب های رودخانه ای دره آئورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS پرداختند. نتایج به دست آمده و خروجی نقشه ها نشان می دهد که پل هایی که سازه های بتنی ندارند، در سیلاب هایی با احتمال دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال تخریب خواهند شد. همچنین در صورت وقوع سیلابی با دوره بازگشت ۲۵ سال حدود ۱۷۴۳ هکتار از اراضی دشت سیلابی به زیر آب خواهند رفت و خسارات بسیاری را

برای کشاورزان ایجاد خواهد کرد. حداکثر عرض سیلاب نیز به حدود ۸۹۶ متر در برخی قسمت‌ها خواهد رسید. ایلدرمی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه و نقش آن در فرسایش و رسوب گذاری با استفاده از نرم افزار HEC-RAS در رودخانه خرم آباد-دوآب ویسان پرداختند. در این تحقیق به منظور برآورد دبی با دوره بازگشت های مختلف از نرم افزار SAMADA جهت برازش داده‌ها استفاده شده است. در نتیجه بعد از اخذ نمونه‌ها و دانه بندی به منظور بررسی ارتباط بین داده‌های هندسی و هیدرولیکی HEC-RAS به بررسی تناسب روابط رگرسیونی خطی ساده درجه ۳ و ۲ و نمایی پرداخته شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که ظرفیت حمل رسوب در بازه مورد مطالعه متغیر می‌باشد، به طوری که در بازه‌های اول و سوم، رسوب گذاری و در بازه دوم فرسایش رخ می‌دهد. مختاری و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی بر روی مخروط افکنه لیلان در شمالغرب ایران به تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب در مخروط افکنه‌های فعال با استفاده از نرم افزار HEC-RAS پرداختند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی نشان می‌دهد که بیش از ۷۵ درصد وسعت منطقه زمین‌های کشاورزی می‌باشد. نتایج همپوشانی نقشه‌های پهنه‌های سیلابی نشان می‌دهد که در صورت وقوع سیلاب با دبی ۵۰۲ ساله خطری زمین‌های کشاورزی را تهدید نمی‌کند. همچنین با وقوع سیلاب ۲۵ ساله حدود ۱۲ هکتار از زمین‌های کشاورزی و ۹ هکتار از مناطق مسکونی در معرض سیلاب قرار دارند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) پژوهشی بر روی پهنه‌های سیل گیر رودخانه طالقان با استفاده از مدل HEC-RAS انجام داده‌اند، محققان در این تحقیق سطوح سیل گیر در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ ساله به طول ۶٫۵ کیلومتر از بستر رودخانه طالقان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که از کل نتایج تحت پوشش سیل ۲۰۰ ساله حدود ۸۸ درصد مستعد سیل گیری توسط سیل‌های ۲۵ ساله و کمتر می‌باشد.

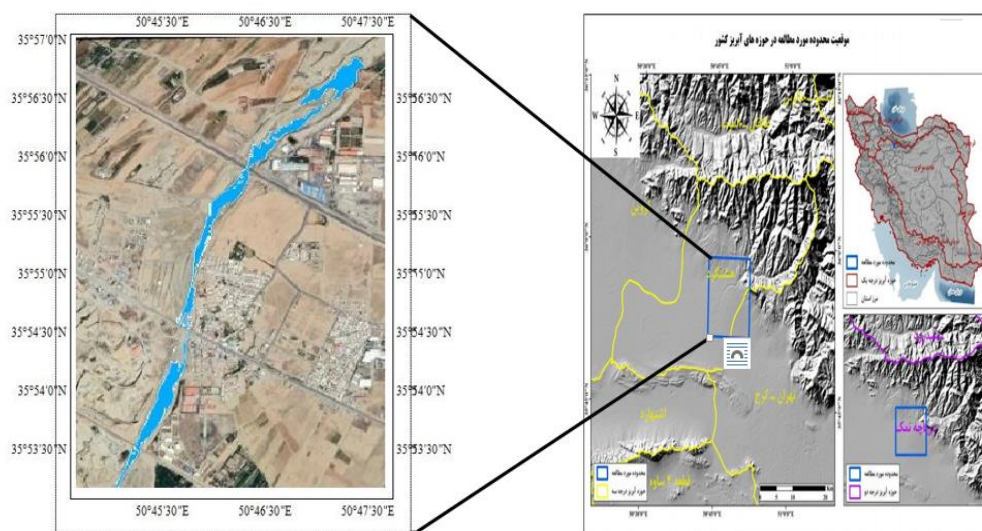
عبدالمی باغسیاهی و همکاران (۱۳۹۷) به پهنه بندی سیلاب آبراهه‌های منطقه مکران ساحلی با استفاده از HEC-RAS و GIS پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که هیچگونه خطری از جهت پهنه‌های سیلابی متوجه تاسیسات منطقه ساحلی نخواهد بود. ناصریان و همکاران (۱۳۹۲) مدل جامع سیلاب منطقه دشتیاری شهرستان چابهار را توسط مدل Mike11 برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله تبیین نمودند. معصومی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی مورفولوژی و پیچان رودی رودخانه زهره پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که این رودخانه با رده رودخانه‌های با پیچان رودی بیش از حد توسعه یافته قرار دارند.

تا میرو و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به شبیه سازی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS و روش ANN در پایین دست حوضه رودخانه باروآکوبو در اتیوپی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان دهنده همپوشانی ۹۴ تا ۹۶ درصدی نتایج به دست آمده از دو روش فوق با هم بوده است، بنابراین ادغام دو روش فوق نتایج بهتری در مطالعات و پیش بینی وقوع سیلاب دارند. دسالین و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به پهنه بندی وقوع سیلاب با استفاده از GIS و HEC-RAS در حوضه آبی بالا و رودخانه فتام اتیوپی پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت وقوع سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله به ترتیب ۱۳، ۷۵، ۱۷، ۳۴، ۲۰، ۴۷، ۲۴، ۸۵، و ۲۷، ۳۱ کیلومتر از مساحت محدوده مورد مطالعه در معرض وقوع سیل قرار خواهد گرفت. همچنین خطر وقوع سیلاب در قسمت‌های بالادست و میانی محدوده مورد مطالعه نسبت به بخش‌های پایین دست بیشتر می‌باشد. مونا و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به پیش بینی وقوع رواناب در حوضه سورمای بنگلادش با استفاده از GIS و HEC-RAS پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده رابطه مستقیم بین ضریب CN و افزایش مقدار رواناب در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. بر این اساس در صورت وقوع سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب ۶، ۳۴، ۶، ۳۷، ۶، ۴۲، ۶، ۵۵، ۶، ۷۰ و ۶، ۸۸ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه در معرض وقوع سیلاب قرار دارد. در این پژوهش رودخانه کردان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اکولوژیکی و اکوتوریسمی که دارد به شدت در معرض دخالت‌های ناصواب انسانی مانند برداشت

شدید مصالح، فعالیت های کشاورزی و صنعتی، اجرای پروژه های عمرانی در بستر رودخانه، ویلاسازی و تجاوز به حریم رودخانه جهت فعالیت های توریستی قرار دارد، که هر کدام از آنها در ایجاد تغییر در تعادل رودخانه بسیار موثر بوده است. از آنجایی که حیات این رودخانه بر تغذیه آب های زیرزمینی، فعالیت های کشاورزی و تعدیل آب و هوای دشت هشتگرد تاثیر گذار می باشد بنابراین حفظ و استفاده بهینه از آن امری ضروری است. در این تحقیق نقش عوامل انسانی در عدم تعادل رودخانه کردان با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نرم افزار HEC-RAS مورد بررسی قرار گرفته است. در بسیاری از پروژه ها، جهت شبیه سازی سیلاب صرفاً از نرم افزار HEC-RAS و داده های هیدرومتری استفاده شده است. مزیت این تحقیق استفاده توأم از تصاویر ماهواره ای جهت تاثیر تغییرات کاربری اراضی اطراف رودخانه در نتیجه فعالیت های انسانی از قبیل برداشت مصالح و نقش آن در ایجاد سیلاب و تغییرات پروفیل عرضی در رودخانه کردان با بهره گیری از نرم افزار HEC-RAS بوده است. بنابراین در این تحقیق علاوه بر شبیه سازی سیلاب نقش عوامل انسانی در ایجاد ناتعادلی و تغییرات بستر رودخانه کردان مورد بررسی قرار گرفت.

محدوده مورد مطالعه

رودخانه کردان از نظر تقسیمات کشوری در حوضه آبریز درجه ۲ دریاچه نمک قرار گرفته است. این رودخانه یکی از شاخه های مهم رودخانه شور می باشد که در کرج جریان داشته و حوضه آبریز آن در شمال شرقی حوضه رودخانه شور واقع است. شاخه اصلی آن در ابتدا دروان نامیده شده و از کوه چهار بزرگ به ارتفاع ۴۱۰۸ متر واقع در ۳۳ کیلومتری شمال کرج سرچشمه می گیرد و در جهت جنوب غربی جریان می یابد. (مهندسین مشاور سبزاب اروند، ۱۳۹۶) از نظر ساختار زمین شناسی متنوع بوده و در آن شکل های گوناگون و آبرفت های با جنس های مختلف را شاهد هستیم. با توجه به تناسب ژئومورفولوژی با میزان مقاومت سازند ها در این بخش، سنگ های دولومیتی و ماسه سنگی و آهکی مقاوم، برجستگی ها و صخره هایی با دیواره های پرشیب را بر بالای دامنه های زود فرسای ماسه سنگی و شیلی به وجود آورده است. (مهندسین مشاور سبزاب اروند، ۱۳۹۶). این رودخانه در سال های اخیر به دلیل استفاده های نادرست از منابع آبی آن، از یک رودخانه دائم به یک رودخانه فصلی تبدیل شده، که بعضاً سبب ایجاد سیلاب های مخربی نیز شده است. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق از بند تغذیه مصنوعی بالاتر از پل اتوبان تهران - قزوین (کارخانه ماموت) شروع شده و به طول تقریبی ۵ کیلومتر در پایین دست به پل راه آهن تهران - تبریز ختم می شود. جهت بررسی و سهولت کار و همچنین بازدید های دقیق میدانی محدوده مورد مطالعه به سه بازه تقسیم گردید. بنابراین بازه اول از بند تغذیه مصنوعی هشتگرد تا پل اتوبان تهران قزوین، بازه دوم از پل اتوبان تا پل جاده قدیم هشتگرد و بازه سوم از پل جاده قدیم تا پل راه آهن تهران - تبریز امتداد دارد (شکل ۱).



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰، داده‌های هیدرومتری و شرایط مرزی از اساسی‌ترین داده‌های تحقیق حاضر محسوب می‌گردند که از شرکت آب منطقه‌ای استان البرز اخذ گردید. همچنین جهت تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ مربوط به بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۱ میلادی با دقت ۳۰ متر و تصاویر سال ۲۰۲۱ ماهواره سنتینل ۲ با دقت ۱۰ متر استفاده شده است. در خصوص آماده‌سازی لایه‌ها و اجرای مدل تحقیق نیز از نرم‌افزارهای ARC GIS, HEC-RAS, ENVI و الحاقی HEC-GEORAS استفاده شده است. بنابراین ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ENVI و دستور layer stacking تصاویر ماهواره‌ای به دست آمده از ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ و سنتینل ۲، قبل ورود به نرم‌افزار Arc GIS طیف‌بندی و ترکیب‌بندی آن مشخص گردید. در گام بعدی جهت ترسیم نقشه کاربری اراضی از نرم‌افزار GIS و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۱ استفاده شده است. در این روش با استفاده از نمونه‌گیری از پیکسل‌های مختلف و تعریف طبقات کاربری اراضی برای هر یک از آنها، نقشه کاربری اراضی ترسیم گردید. نتایج حاصل از این نقشه‌ها برای سال ۲۰۲۱ به دلیل دسترس بودن تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با دقت ۱۰ متر و مقایسه آن با تصاویر سال ۲۰۲۱ ماهواره لندست ۸ با دقت ۳۰ متر از خروجی قابل‌قبولی برخوردار می‌باشد، اما در خصوص تهیه نقشه کاربری مربوط به سال ۱۹۹۹، پس از استخراج نقشه مربوطه به دلیل وضوح کم تصویر و کیفیت پایین نتایج، طبقات کاربری اراضی به صورت دستی ترسیم گردید. لذا در ادامه روند کار جهت یک‌دست شدن هر دو نقشه (مربوط به سال ۲۰۲۱ و ۱۹۹۹) نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۲۰۲۱ نیز به صورت دستی ترسیم گردید. سپس با استفاده از اطلاعات هیدرومتری و نقشه‌های توپوگرافی و نیز نرم‌افزار HEC-RAS اقدام به شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه کردان برای دوره بازگشت‌های مختلف گردید، در آخر نیز تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر افزایش وسعت پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده سیلابدشت و اطراف رودخانه کردان مشخص گردید.

مدل HEC-RAS

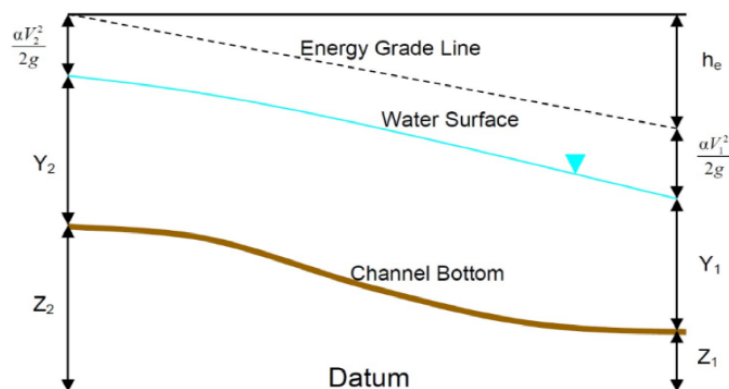
^۱. maximum likelihood classification

مدل HEC-RAS به منظور انجام محاسبات هیدرولیکی یک بعدی برای شبکه کاملی از مجاری طبیعی و کانال های مصنوعی ارائه شده است. مدل فوق توسط مرکز مهندسی هیدرولیک (HEC) بخش مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا توسعه یافته است. این مدل قادر است در جریان زیر بحرانی، فوق بحرانی و ترکیبی، پارامترها و پروفیل سطح آب را محاسبه و شبیه سازی کند (مهرورز و همکاران، ۱۳۹۸). از خصوصیات این مدل وجود چهار فاکتور تحلیل تک بعدی رودخانه می باشد، که شامل ترسیم پروفیل سطح آب جهت محاسبه جریان ماندگار، شبیه سازی جریان غیر ماندگار، محاسبات انتقال رسوب و تحلیل کیفیت آب می باشد. روشی که در مدل HEC-RAS برای شبیه سازی عبور جریان از رودخانه به کار رفته است بر اساس فرضیات ساده ای استوار بوده، که به رغم ساده سازی، نتایج رضایت بخشی از آن حاصل گردیده است. این فرضیات شامل، تدریجی بودن پروفیل سطح آب، شیب کم رودخانه و کانال، ثابت بودن خط انرژی بین دو مقطع مجاور و تک بعدی بودن جریان است. برای اجرای مدل فوق نیاز به داده های هندسی و جریان پایدار می باشد که شامل ضرایب افت انرژی، تعیین عرض بستر اصلی رودخانه، هندسه عرضی مقاطع و همچنین داده های جریان شامل دبی جریان، تعیین نقاط کنترل و شرایط مرزی رودخانه (بالا و پایین رودخانه) می باشد. جهت انجام محاسبات هیدرولیک با استفاده از این مدل، ابتدا مقاطع عرضی باید رسم شوند که برای نیل به این هدف، در محیط نرم افزار Arc map نقشه رقومی ارتفاع محدوده مورد مطالعه، به لایه TIN تبدیل می شود. پس از تشکیل این لایه سایر لایه ها از قبیل آبراهه اصلی، خطوط کناری رودخانه، سیلاب دشت ها و مقاطع عرضی نیز تهیه شده و آماده کار با مدل هیدرولیکی HEC-RAS می شود. بنابراین در این مدل محاسبات پروفیل سطح آب، (برای انواع رژیم های زیر بحرانی، فوق بحرانی و مختلط) از طریق مقاطع عرضی پشت سر هم و به وسیله معادله انرژی گام به گام انجام می شود (رحیمی، ۱۳۹۶). تعریف معادله انرژی به صورت رابطه (۱) می باشد:

$$Z_1 + y_1 + a \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + a \frac{v_2^2}{2g} + h_e \quad \text{رابطه (۱)}$$

Z = ارتفاع بستر، V = سرعت متوسط، Y = عمق آب، a = ضریب تصحیح بار سرعت، h_e = افت انرژی کل، g = شتاب ثقل

در تصویر شماره ۲ (نمایش گرافیکی مولفه های انرژی نشان داده شده است).



شکل شماره ۲: نمایش گرافیکی مولفه های انرژی

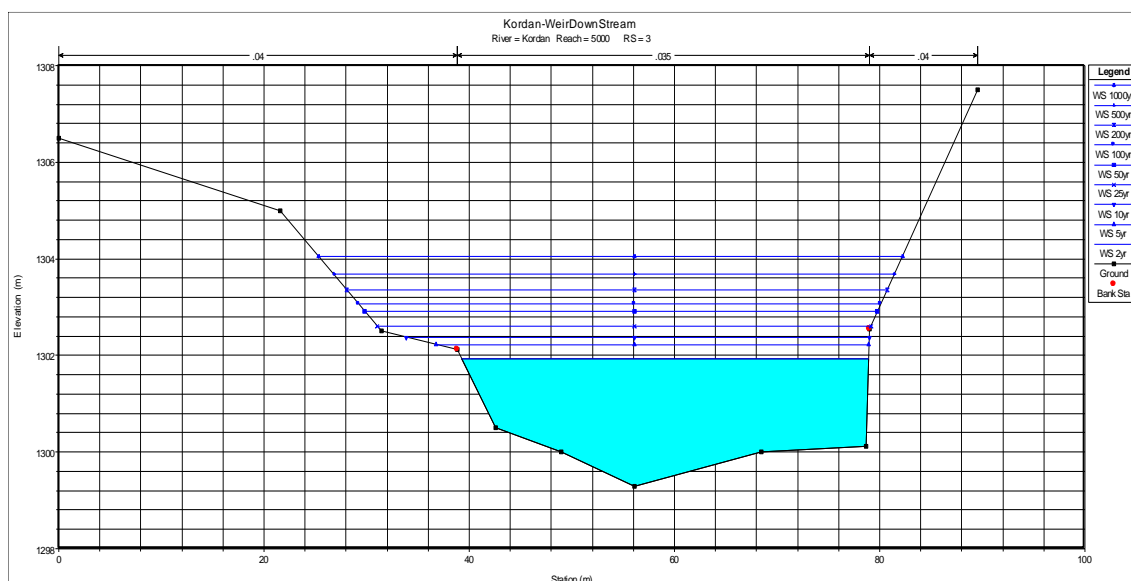
معادله مونتگم موجود در مدل HEC-RAS با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می گردد (برونز، ۲۰۱۰):

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 Y_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g_1^A} + A_1 Y_1$$

رابطه (۲)

β : ضریب تصحیح مونتوم، Y : عمق اندازه‌گیری شده از سطح آب تا مرکز ثقل سطح مقطع جریان A : مساحت منطقه مرطوب زیر مقطع اصلی، S : شیب کانال، L : فاصله بین مقاطع، Q : جریان دبی

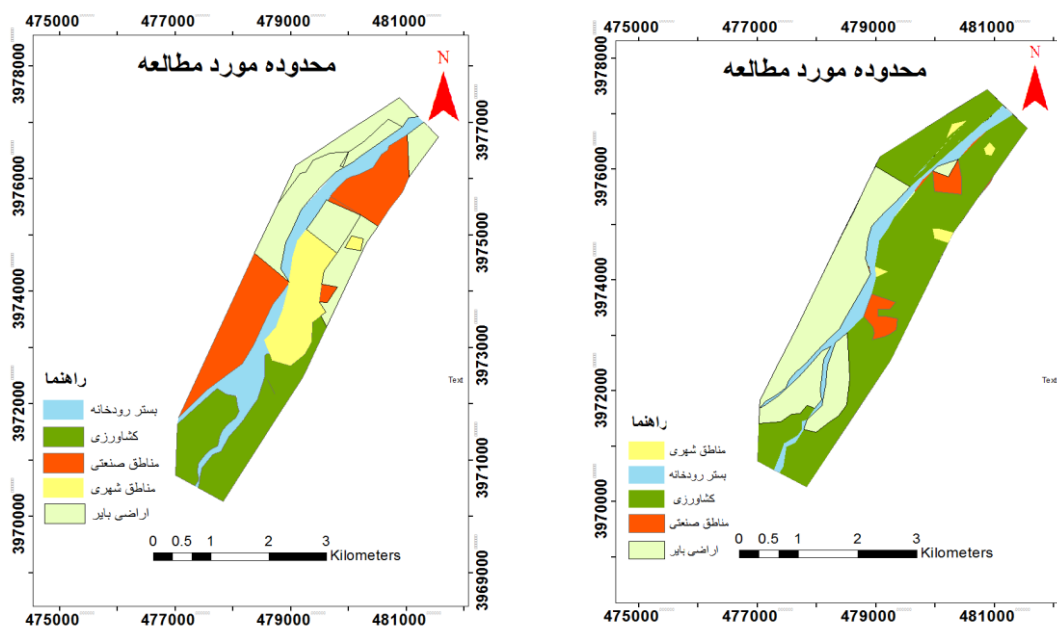
شکل (۳) نمونه‌ای از مقاطع عرضی و شبیه‌سازی شده در رودخانه کردان را برای دوره‌های متفاوت بازگشت سیلاب نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمونه‌ای از پروفیل عرضی رودخانه و سطوح سیلابی شبیه‌سازی شده در مدل HEC-RAS

بحث و نتایج

استفاده توأم از تصاویر ماهواره ای همراه با مدل های پخش سیلاب می تواند درک درستی از تغییرات به وجود آمده در سیستم های طبیعی از جمله رودخانه ها ارائه دهد. توانایی آنها در پیش بینی سیلاب منجر به حفاظت از کاربری های اراضی اطراف رودخانه، بالا بردن سطح آگاهی مردمان ساکن در اطراف دشت های سیلابی و نیز جلوگیری از ساخت و سازها در بستر و اطراف رودخانه ها خواهد شد (دی بالدسار، ۲۰۱۲). در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و ۷ و نیز تصاویر ماهواره سنتینل ۲ اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی برای یک بازه زمانی ۲۲ ساله گردید. شکل (۴)



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی مربوط به دوره زمانی ۱۹۹۹ (سمت راست) و ۲۰۲۱ میلادی (سمت چپ)

نقشه های کاربری اراضی برای محدوده مورد مطالعه به پنج کلاس مناطق شهری، مناطق صنعتی، بستر اصلی رودخانه، فعالیت های کشاورزی و زمین های بایر تقسیم گردید. نتایج به دست آمده از نقشه های فوق گویای تغییرات زیادی بر روی رودخانه کردان در طول ۲۲ سال گذشته می باشد. به عنوان نمونه مساحت واحد های صنعتی مستقر در اطراف رودخانه از ۵۹ هکتار به ۴۶۶ هکتار (نزدیک به ۸ برابر) افزایش یافته اند که مربوط به گسترش و احداث کارخانجات ماموت، پرشیا و کارگاه های تولید آسفالت، سنگ شکن ها و تولیدات نیوجرسی می باشند. همچنین توسعه مناطق شهری و روستایی مانند شهر گلزار و روستای سیف آباد سبب گسترش آنها در ساحل چپ و راست و در برخی نقاط تا بستر رودخانه شده است. در این مدت از بستر اصلی رودخانه حدود ۶۰ هکتار به تصرف زمین های کشاورزی و معادن و کارگاه های صنعتی خصوصا در ساحل راست رودخانه نیز در آمده است، که این امر نشان دهنده کاهش ۵ درصدی مساحت بستر رودخانه در این مدت می باشد. به طور کلی مهمترین دلیل تغییرات کاربری اراضی پیشرفت صنایع، فعالیت های گردشگری، همچنین فشار جمعیت ناشی از رشد کلان شهرهای تهران و کرج بر شهر گلزار و کردان، و نیز توسعه و ساخت ویلا های شخصی در این منطقه می باشد. از سوی دیگر رشد زیاد بخش مسکن خصوص شهر جدید هشتگرد و فاصله کم آن تا معادن شن و ماسه رودخانه کردان سبب نیاز بیشتر و بالا رفتن قیمت مصالح رودخانه ای شده که اولین نتیجه آن برداشت های بی رویه و تغییرات بستر رودخانه کردان بوده است. مجموعه تغییرات ذکر شده سبب شده که رودخانه کردان در طی سال های گذشته تعادل خود را که طی سالیان دراز به دست آورده، در نتیجه فعالیت های انسانی به خصوص در دو دهه اخیر از دست دهد. جدول شماره (۱) وضعیت کاربری اراضی را در طول ۲۲ سال نشان می دهد.

جدول ۱: وضعیت تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۱ میلادی

نوع کاربری	مساحت هر یک از انواع کاربری به هکتار		نسبت درصد تغییرات کاربری اراضی	
	۱۹۹۹	۲۰۲۱	۱۹۹۹	۲۰۲۱
دوره زمانی	۱۹۹۹	۲۰۲۱	۱۹۹۹	۲۰۲۱
فعالیت مسکونی و شهری	۱۳.۴۰	۱۴۹.۳۷	۱.۰۸%	۱۲.۰۷%
فعالیت های صنعتی	۴۵.۱۷	۳۱۷	۳.۶۵%	۲۵.۶۲%
فعالیت های کشاورزی	۶۳۳.۵۰	۳۴۰.۶	۵۱.۲۰%	۲۷.۵۳%
بستر رودخانه	۱۷۸.۰۰	۱۱۸.۲۵	۱۴.۳۹%	۹.۵۶%
زمین های بایر	۳۶۷.۳۲	۳۱۲.۱۷	۲۹.۶۹%	۲۵.۲۳%

پس از ایجاد نقشه کاربری اراضی و تغییرات ایجاد شده در طول مدت ۲۲ سال که مربوط به دخالت عوامل انسانی می باشد، در ادامه روند انجام کار به شبیه سازی سیلاب های رودخانه کردن برای دوره های بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله اقدام گردید. در این تحقیق جهت انجام مدل HEC-RAS و تعیین ضریب زبری بستر رودخانه از جدول کاون^۲ که خلاصه شده روش SCS می باشد استفاده شده است، و از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

رابطه (۳)

طبق بررسی های انجام شده و مشاهدات میدانی ضریب زبری رودخانه کردن برای محدوده مورد مطالعه در مجرای اصلی ۰،۰۴، در ساحل چپ ۰،۰۳۵ و در ساحل راست نیز ۰،۰۳۵ در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه میزان دبی حداکثر لحظه ای با دوره برگشت های مختلف از آمار تکمیل و تطویل شده دبی حداکثر لحظه ای سالانه ایستگاه های هیدرومتری موجود در منطقه شامل ایستگاه های ده صومعه، فشند و نجم آباد برای یک دوره آماری ۴۰ ساله بهره گرفته شده است. بنابراین در محدوده مورد مطالعه ۳ ایستگاه دارای طول آماری مناسب می باشند. در ایستگاه هیدرومتری ده صومعه با استفاده از داده های دبی حداکثر لحظه ای، میزان دبی با دوره برگشت های مختلف با بکار گیری دوره های توزیع آماری متداول ارزیابی گردید. در بین توزیع های آماری و بر اساس آزمون های متفاوت مشخص گردید که توزیع آماری جانسون اس بی^۳، چیسکویر^۴، لوگ نرمال^۳ پارامتری و لوگ پیرسون تیپ^۵ ۳ (با استفاده از نرم افزار های Easy fit و HYFRAN) مناسب می باشند، که از بین آنها لوگ پیرسون تیپ ۳ بر اساس نمودار و رتبه، مناسب ترین توزیع تشخیص داده شد. در نتیجه دبی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲ الی ۱۰۰۰ ساله بر اساس آن برآزش شده است. (جدول ۲). ضمناً جهت شبیه سازی سیلاب نوع جریان به صورت مختلط و با شیب نرمال در نظر گرفته شده است. میزان شیب برای بالادست محدوده ۰،۰۱۱۶۳ و پایین دست آن ۰،۰۰۷ محاسبه گردید. شکل (۵) پراکنش فضایی سیلاب های شبیه سازی شده در رودخانه کردن را برای دوره های بازگشت متفاوت نشان می دهد.

^۱. Roughness Coefficients

^۲. Cowan

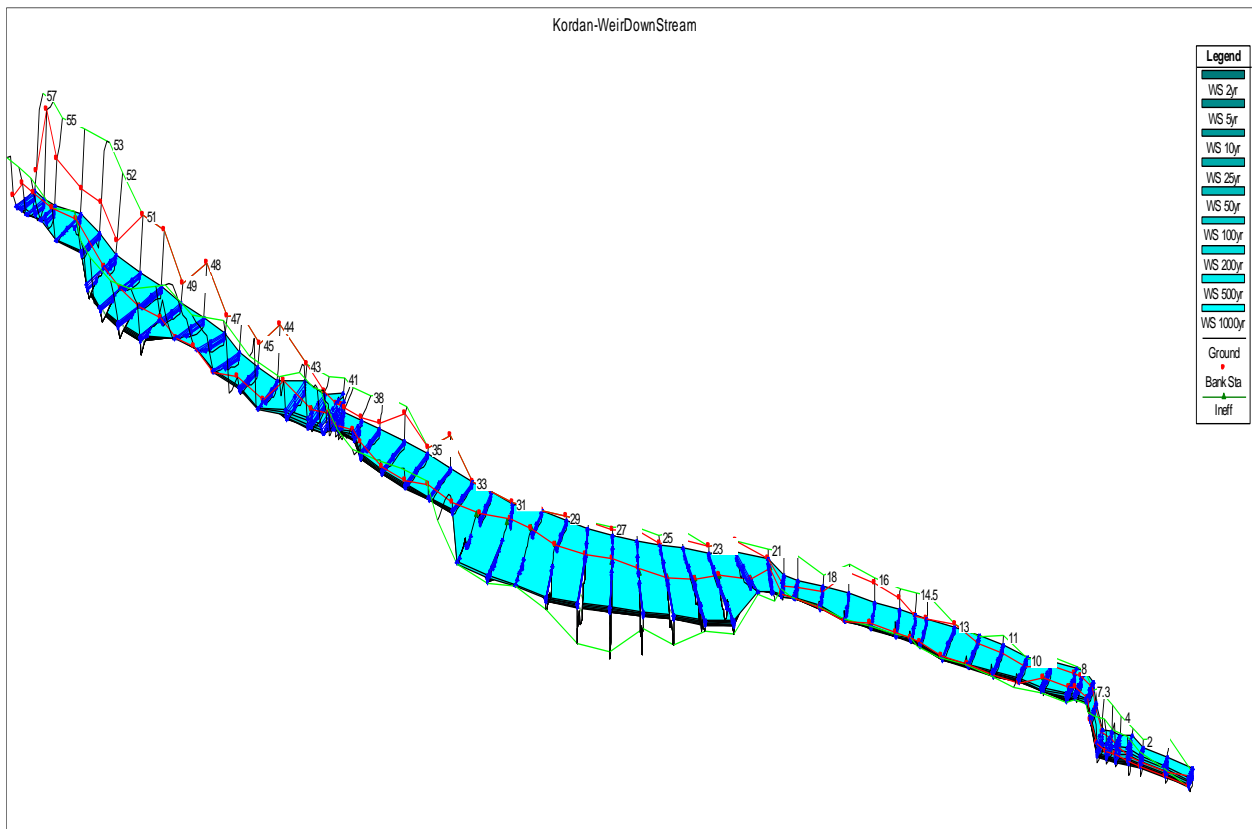
^۳. Johnson SB

^۴. Chi-Squared

^۵. Log-Pearson 3

جدول ۲: دبی حداکثر لحظه ای (مترمکعب بر ثانیه) با دوره بازگشت های مختلف در محدوده مورد مطالعه

دوره بازگشت (سال)									ایستگاه
1000	500	200	100	50	25	10	5	2	
225.3	207.1	182.8	164.1	145.3	126.1	100.1	79.6	49.3	ده صومعه
206.2	166.3	114.9	86.1	62.7	43.9	25	14.7	5.2	فتشد
70.9	65.5	58.3	52.6	46.9	40.9	32.6	25.9	15.9	نجم آباد

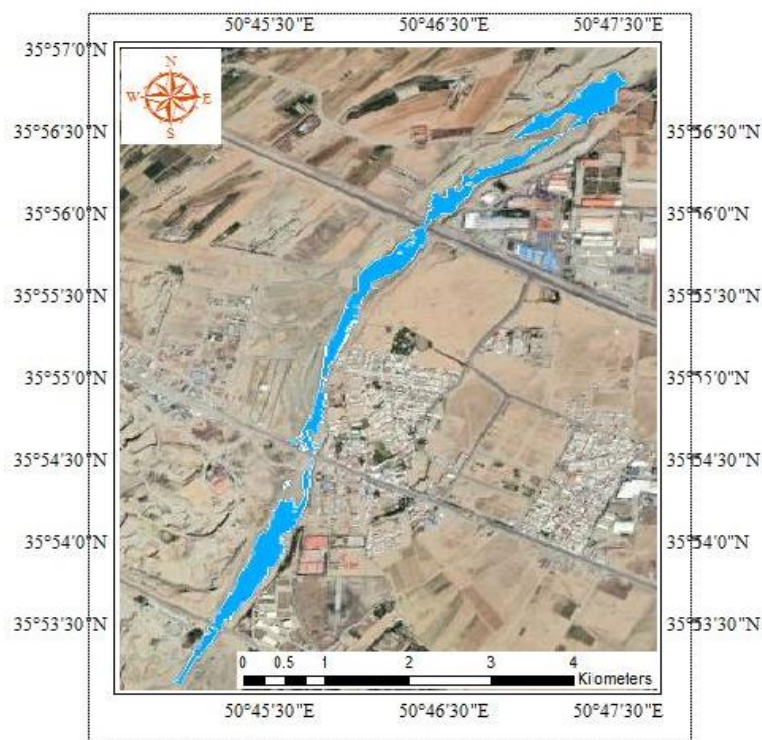


شکل ۵: شبیه سازی سیلاب رودخانه کردان برای دوره های بازگشت متفاوت

شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲، ۵، و ۱۰ ساله

دبی سالانه رودخانه کردان در شروع محدوده مطالعاتی یعنی بند تغذیه مصنوعی برای دوره های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب ۵۴، ۸۷ و ۱۱۰ متر مکعب و در نقطه پایان که بعد از پل راه آهن تهران- تبریز می باشد، به ترتیب ۴۴، ۷۷ و ۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه محاسبه شده است. بر اساس اطلاعات به دست آمده از مدل HEC-RAS پل های موجود در مسیر، در هدایت سیلاب هایی با دوره های بازگشت ۲ و ۵ ساله مشکلی نخواهند داشت اما در خصوص دوره های ۱۰ ساله

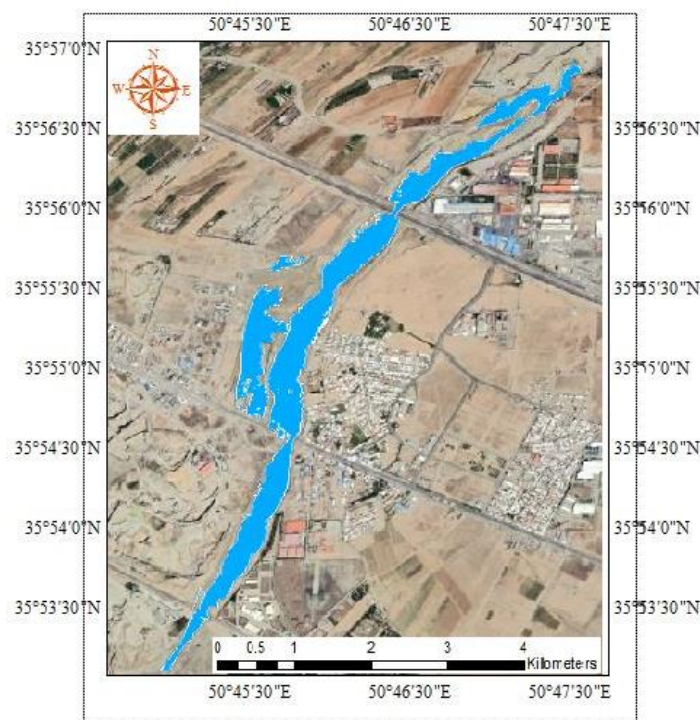
احتمال صدمه در پل جاده قدیم هشتگرد و پل راه آهن وجود دارد. همچنین تغییرات عمق آب بدون در نظر گرفتن محدوده بند تغذیه مصنوعی و حوضچه های تغذیه، بین ۰٫۵ تا ۲٫۵ متر در نوسان می باشد. در خصوص پارامتر سرعت جریان نیز به طور متوسط میزان سرعت جریان بین ۰٫۵ تا ۴ متر بر ثانیه محاسبه گردیده است که بیشترین سرعت مربوط به خروجی پل های موجود در مسیر و کمترین آن مربوط به پشت محدوده بند تغذیه مصنوعی است. شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت فوق در شکل شماره (۶) نمایش داده شده است.



شکل ۶: شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله

شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲۵ تا ۱۰۰ ساله

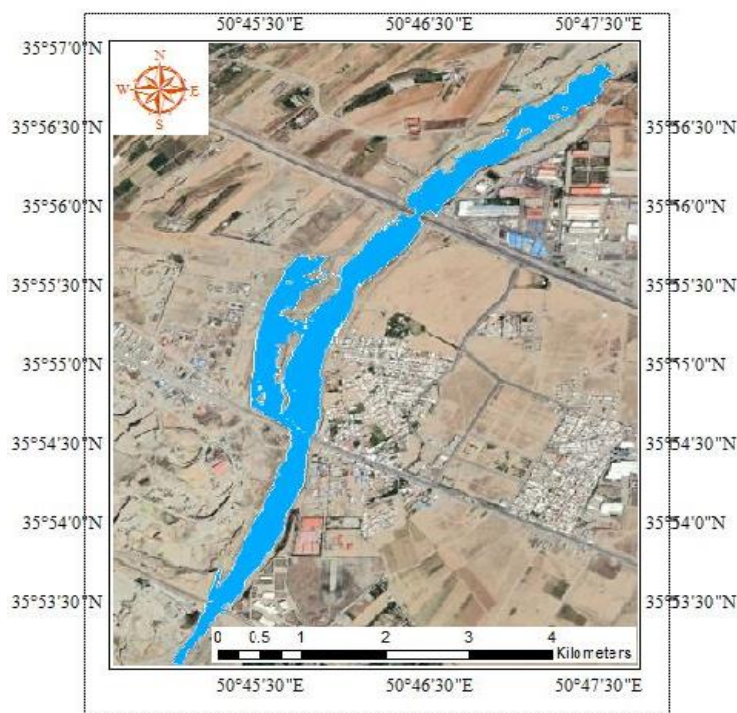
دبی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در ابتدای محدوده مطالعاتی به ترتیب برابر با ۱۳۸، ۱۵۹ و ۱۸۰ و در انتهای محدوده برابر با ۱۲۸، ۱۴۹ و ۱۷۰ متر مکعب بر ثانیه محاسبه گردید. نتایج حاصل از شبیه سازی سیلاب بر اساس مدل HEC-RAS نشان می دهد که بخش فراوانی از بستر غیرفعال رودخانه طی دوره بازگشت ۲۵ تا ۱۰۰ ساله به زیر آب خواهد رفت. سازه های عمرانی موجود در بستر رودخانه از قبیل حوضچه های تغذیه مصنوعی و کانال رابط انتقال آب بین بند تغذیه و حوضچه ها در معرض هجوم سیلاب قرار خواهد گرفت (شکل ۷). به علاوه پل های موجود در مسیر به هیچ وجه توانایی انتقال سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال را نخواهند داشت. به دلیل سرعت بالای جریان (۵ تا ۸ متر بر ثانیه) میزان فرسایش کناری به خصوص در ساحل چپ رودخانه در محدوده شرکت ماموت منجر به تخریب دیوار محافظ سیلاب خواهد شد. بیشترین میزان سرعت در خروجی پل های موجود در مسیر، خصوصا پل راه آهن مشاهده می گردد. در خصوص تغییرات عمق آب، با توجه به شبیه سازی صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه تغییرات عمق از ۲ تا ۴ متر خصوصا در محدوده شن چاله های بعد از پل اتوبان تهران-قزوین در نوسان می باشد.



شکل ۷: شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله

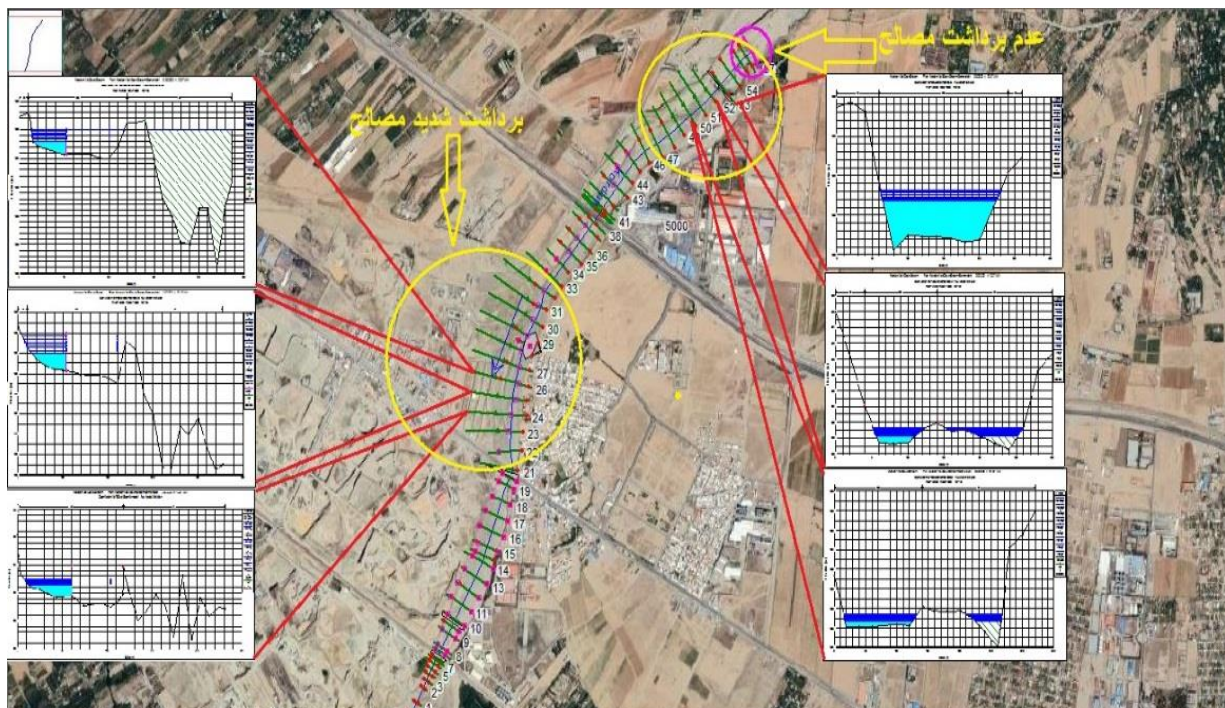
شبیه سازی سیلاب برای دوره های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله

بر طبق نتایج به دست آمده از شبیه سازی سیلاب به وسیله مدل HEC-RAS میزان دبی برای دوره های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله در ابتدای محدوده مطالعاتی به ترتیب برابر با ۲۰۰، ۲۲۷ و ۲۴۸ و در انتهای محدوده مطالعاتی ۱۹۰، ۲۰۷ و ۲۲۹ متر مکعب بر ثانیه محاسبه گردید. با توجه به این نتایج و وجود معادن برداشت شن و ماسه خصوصا حدفصل پل اتوبان تهران - قزوین تا پل جاده قدیم هشتگرد و وجود شن چاله های عمیق، در این قسمت شاهد افزایش زیاد عمق آب می باشیم به طوری که عمق آب در محدوده شن چاله ها و معادن برداشت شن و ماسه در ساحل راست رودخانه و حد فاصل دو پل مذکور به بیش از ۸ و در برخی نقاط به ۱۰ متر نیز می رسد. از طرفی سرعت جریان به خصوص در خروجی پل های اتوبان تهران-قزوین، جاده قدیم هشتگرد و پل راه آهن بر اساس نتایج به دست آمده از مدل سازی به ۹ متر بر ثانیه می رسد که این عامل همراه با برداشت های بی رویه و با توجه به توپوگرافی حال حاضر بستر رودخانه سبب فرسایش شدید و انحراف جریان به دیواره سمت چپ رودخانه، در محدوده روستای سیف آباد خواهد شد. شکل (۸) پراکندگی سیلاب را برای دوره های مذکور نشان می دهد.



شکل ۸: شبیه‌سازی سیلاب برای دوره‌های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله

به طور کلی و با توجه به نتایج شبیه‌سازی، بیشتر خطرات سیلاب متوجه سازه‌های موجود در بستر رودخانه شامل پل‌های احداث شده در مسیر و نیز بند و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی می‌باشد. از طرفی نهرهای کشاورزی سنتی که در ساحل چپ و راست رودخانه قرار گرفته و وظیفه انتقال آب به زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه را بر عهده دارند در اثر سیلاب‌هایی با دوره ۱۰۰ سال از بین خواهند رفت. خسارت ناشی از سیلاب‌های بالاتر از ۲۰۰ سال بسیار بیشتر می‌باشد. در صورت وقوع سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲۰۰ سال به بالا تمام دیوارهای محافظ سیلاب تخریب خواهد شد و سبب آب‌گرفتگی قسمت‌های زیادی از شهر گلزار می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در خصوص عرض پهنه‌های سیل‌گیر نشان می‌دهد که بیشتر عرض پهنه‌های سیل‌گیر (به استثنای پشت بند تغذیه مصنوعی)، برای دوره بازگشت ۲ تا ۱۰ ساله ۲۷۸ متر، ۲۵ تا ۱۰۰ ساله ۳۵۵ متر و ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ساله ۴۷۳ متر می‌باشد، که بیشترین عرض سیلاب به دلیل تنگی مجرای پل و برداشت بی‌رویه مصالح مربوط به محدوده قبل از پل جاده قدیم هشتگرد است. در خصوص نتایج حاصل از مساحت پهنه‌های سیل‌گیر نیز می‌توان بیان داشت که با وقوع سیلاب‌های ۲ و ۵ ساله فقط بستر اصلی رودخانه فعال می‌باشد در صورتی که با وقوع سیلاب‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله به ترتیب ۸، ۱۷، ۲۵، ۳۲، ۴۱، ۵۳ و ۶۴ هکتار از زمین‌های محدوده مورد مطالعه که عمدتاً حدفاصل پل اتوبان تا پل جاده قدیم هشتگرد قرار دارند به زیر آب خواهد رفت. این بازه از محدوده مورد مطالعه (حدفاصل پل اتوبان تهران-قزوین تا پل جاده قدیم هشتگرد) به علت دخالت عوامل انسانی که عمدتاً به صورت برداشت غیر اصولی مصالح بوده است، بیشترین خسارت را در صورت وقوع سیلاب متحمل خواهد شد. بررسی مقاطع عرض در این محدوده گواه بر این موضوع می‌باشد (شکل ۹).



شکل ۹: مقایسه مقاطع عرضی از نظر برداشت مصالح در محدوده پل جاده قدیم هشتگرد.

شکل شماره (۹) مقاطع عرضی ترسیم شده در محیط نرم افزار HEC-RAS مربوط به قبل از پل جاده قدیم و مقایسه آن با ابتدای محدوده مطالعاتی را در اثر برداشت بی رویه مصالح نشان می دهد. بنابراین ابتدای محدوده مطالعاتی که پشت بند تغذیه مصنوعی را شامل می شود، به دلیل عدم کیفیت مصالح، انباشت لجن حاصل از سیلاب، وجود دائم آب در پشت بند و به طور کلی سختی دسترسی به آن، کمتر در معرض دخالت عوامل انسانی بوده و برداشت مصالح در آن صورت نگرفته، لذا نظم مقاطع اصلی در این محدوده حفظ شده است. اما در محدوده قبل از پل جاده قدیم هشتگرد فعالیت معادن موجود در منطقه و برداشت بی رویه علاوه بر ایجاد شن چاله های بزرگ، (که عمق برخی از آنها بعضا به ۱۰ متر نیز می رسد) سبب افزایش پهنه سیلابی و برداشت حفاظ ساحل راست رودخانه در این محدوده شده است. لذا همان گونه که در شبیه سازی های صورت گرفته مشاهده می شود، این بخش از محدوده مورد مطالعه به شدت در معرض وقوع سیلاب قرار دارد.

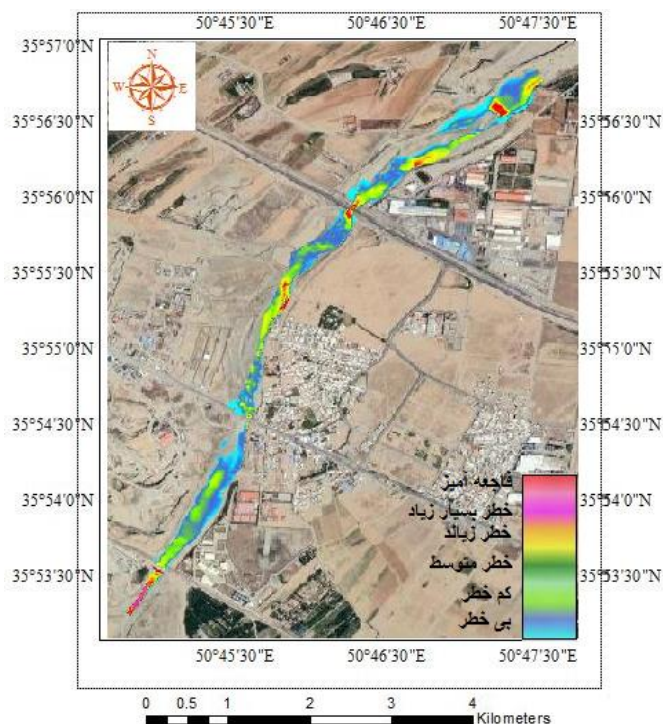
بررسی نقاط بحرانی با استفاده از روش استرالیا در محدوده مورد مطالعه

با بررسی نتایج به دست آمده از مدل HEC-RAS برای دوره های بازگشت متفاوت و چگونگی پخش سیلاب در محدوده مورد مطالعه لازم است نقاط بحرانی و دارای پتانسیل خطر نیز تعیین شوند. با توجه به این مسئله که نقاط بحرانی در یک سیلاب الزاما نقاط عمیق یا پر سرعت نیست، بلکه ممکن است ترکیبی از آنها به همراه توپوگرافی بستر در این زمینه نقش اساسی داشته باشد. در نتیجه استفاده از روش های تعیین محدوده بحرانی و پر خطر در مناطق سیلابی مانند روش استاندارد استرالیا ضروری می باشد. در این روش ترکیبی از دو پارامتر اصلی جریان (عمق و سرعت) به همراه توپوگرافی بستر رودخانه، به عنوان معیاری برای ارزیابی خطر سیلاب در نظر گرفته می شود. از این معیار هنگامی استفاده می کنیم که محدوده مورد مطالعه کوچک باشد، در این صورت حاصلضرب دو پارامتر $D*V$ به عنوان معیار خطر سیل در نظر گرفته می شود (نشریه وزارت نیرو، ۱۳۹۵). در حوضه های آبریز کوچک سطح سیلاب به سرعت افزایش و کاهش می یابد. در این صورت مقدار حداکثر خطر در زمان حداکثر سیلاب اتفاق نمی افتد، بلکه ممکن است ترکیبی از دو پارامتر عمق

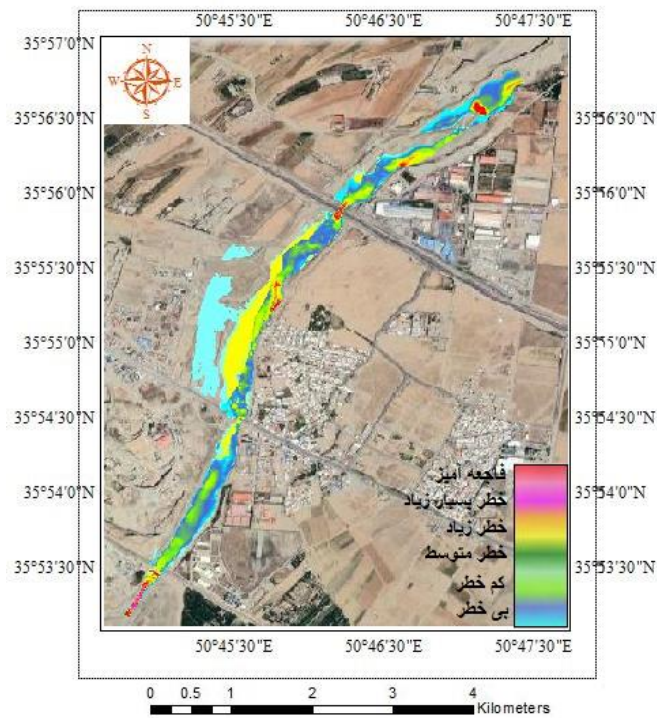
و سرعت جریان ($D*V$) در طول وقوع سیل رخ دهد. بر اساس این استاندارد ۶ سطح خطر سیلاب برای حوضه‌ها و سیلابدشت‌ها ذکر شده است (جدول ۳). با توجه به توضیحات فوق، نقشه‌های مربوط به پهنه بندی سیلاب بر اساس استاندارد استرالیا (روش استرالیا) تهیه گردید (اشکال ۱۰ الی ۱۲). نقشه‌های فوق مانند نقشه‌های تهیه شده جهت پهنه بندی سیلاب، برای دوره‌های زمانی ۲ تا ۱۰ سال، ۲۵ تا ۱۰۰ سال و ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ سال تهیه شده است.

جدول ۳: تعریف سطوح مختلف سیل و حد نهایی خطر بر اساس استاندارد استرالیا (بررسی خسارت سیلاب وزارت نیرو ۱۳۹۵)

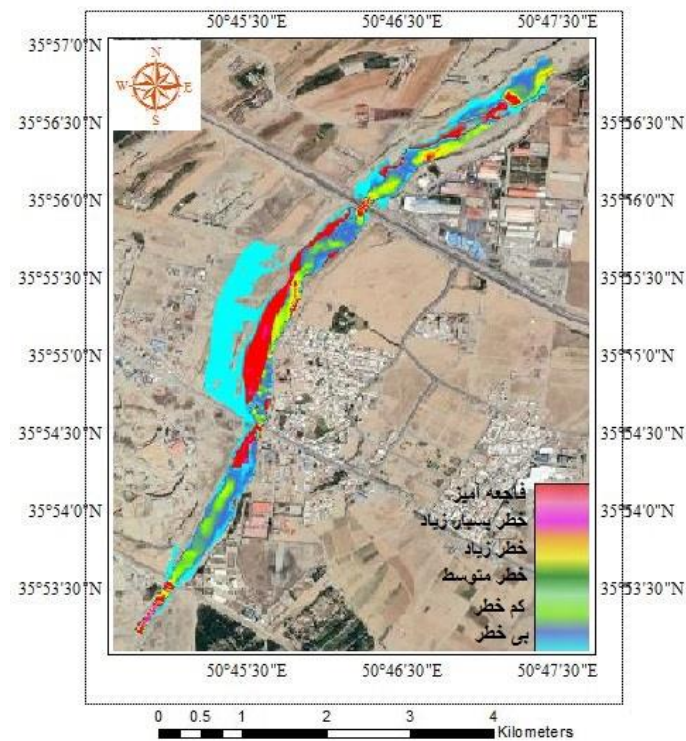
سطوح خطر سیل	پارامتر	عمق جریان (متر)	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	پهنه بندی خطر
H1	$D*V \leq 0.3$	0.3	2	بی خطر
H2	$D*V \leq 0.6$	0.05	2	کم خطر
H3	$D*V \leq 0.6$	1.2	2	خطر متوسط
H4	$D*V \leq 1$	2	2	خطر زیاد
H5	$D*V \leq 4$	4	4	خطر بسیار زیاد
H6	$D*V \geq 4$	—	—	فاجعه آمیز



شکل ۱۰: پهنه بندی سیلاب بر اساس روش استرالیا برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال



شکل ۱۱: پهنه بندی سیلاب بر اساس روش استرالیا برای دوره های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال



شکل ۱۲: پهنه بندی سیلاب بر اساس روش استرالیا برای دوره های بازگشت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال

از نتایج به دست آمده بر اساس روش موسوم به استاندارد استرالیا می توان دریافت که در سیلاب های ۲ تا ۱۰ ساله بیشتر محدوده مورد مطالعه در طبقه نواحی بی خطر و یا کم خطر واقع شده است و تنها در خروجی پل های موجود در مسیر به

دلیل سرعت جریان بالا که ۴ متر بر ثانیه ذکر شده است وضعیت بحرانی می باشد. در خصوص دوره های بازگشت ۲۵ الی ۱۰۰ نیز نقاط فاجعه آمیز و بحرانی مانند دوره های بازگشت ۲ الی ۱۰ سال می باشد، با این تفاوت که محدوده بین پل اتوبان تهران-قزوین تا جاده قدیم هشتگرد در کلاس خطر بسیار زیاد قرار گرفته است. نتایج در خصوص دوره های ۲۰۰ الی ۱۰۰۰ سال متفاوت تر است. بر این اساس سازه های عمرانی موجود در محدوده مورد مطالعه از قبیل بند تغذیه مصنوعی، حوضچه های تغذیه، کانال انتقال آب بین آنها، حوضچه رسوب گیر و نیز پل های موجود در مسیر رودخانه و همچنین کل محدوده بین پل اتوبان تهران- قزوین تا جاده قدیم هشتگرد در طبقه مناطق خطر زیاد تا بحرانی و فاجعه آمیز قرار خواهند گرفت.

نتیجه گیری

با توجه به وقوع سیلاب ها در کشور و خسارات فراوانی که همه ساله برای مردم و دولت در پی دارد، لزوم هر چه بیشتر مطالعات سیلاب احساس می گردد. رودخانه کردان یکی از رودخانه های استان البرز در شهرستان ساوجبلاغ می باشد، که به دلیل کاربری های مختلف از قبیل فعالیت های توریستی، کشاورزی و صنایع در معرض تغییرات شدید انسانی قرار دارد. این تغییرات سبب بر هم خوردن تعادل طبیعی آن در سال های گذشته و افزایش میزان سیلاب در آن شده است، به طوری که از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ هر ساله یک سیلاب نسبتاً قوی در آن شکل گرفته است، که دلیل اصلی آن دخالت عوامل انسانی خصوصاً تجاوز به حریم بستر و برداشت های بی رویه مصالح بوده است. هدف از این تحقیق بررسی نقش عوامل انسانی در ایجاد ناتعادلی در رودخانه کردان با بهره گیری از تصاویر ماهواره ای و نرم افزار HEC-RAC بوده است. جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ با دقت ۳۰ متر و همچنین تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با دقت ۱۰ متر در یک بازه زمانی ۲۲ ساله (۱۹۹۹ تا ۲۰۲۱) استفاده شده است. همچنین جهت شبیه سازی سیلاب و ترسیم دوره های بازگشت متفاوت از نرم افزار HEC-RAS استفاده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از روند تغییرات کاربری اراضی و نیز نقشه های به دست آمده از شبیه سازی سیلاب به وسیله مدل HEC-RAS، لزوم آزاد سازی اراضی اطراف رودخانه از کارگاه های تولید بلوک های ساختمانی، آسفالت و نیز معادن موجود در بستر امری بسیار ضروری است. مسئله دیگر پل های موجود در مسیر رودخانه از قبیل پل اتوبان تهران-قزوین، پل جاده قدیم هشتگرد و پل راه آهن می باشند که قادر به هدایت و تخلیه سیلاب های ۲۵ و ۵۰ سال به بالا نیستند. این مسئله همراه با سرعت زیاد جریان در خروجی پل ها و به علت عرض کم و تنگی مجرای آنها سبب کانالیزه شدن و افزایش سرعت جریان خواهد شد که علاوه بر تخریب فونداسیون و پایاب پل ها، منجر به بالا رفتن قدرت فرسایشی رودخانه می شود. با توجه نتایج به دست آمده از شبیه سازی سیلاب مشاهده می گردد که با وقوع سیلاب هایی با دوره بازگشت ۲ و ۵ سال خطری زمین های اطراف رودخانه و سازه های موجود در مسیر جریان را تهدید نمی کند، اما با وقوع سیلاب هایی با دوره بازگشت ۱۰ سال به بالا به تدریج اراضی اطراف رودخانه در معرض هجوم سیل قرار خواهند گرفت، به طوری که در سیلاب های ۱۰۰ ساله بخشی زیادی از سازه های عمرانی بستر رودخانه (بند تغذیه مصنوعی و پل جاده قدیم هشتگرد و بخشی زیادی از دیوار محافظ سیلاب) تخریب می شوند، این مسئله منجر به آب گرفتگی نواحی اطراف رودخانه و باغات پایین دست پل راه آهن خواهد شد. از طرفی با وقوع سیلاب های ۲۰۰ ساله، تمام دیوارهای ساحل چپ و راست رودخانه در محدوده شرکت ماموت، روستای سیف آباد، پل اتوبان تهران-قزوین و همچنین دایک محافظ سیلاب در ساحل راست و محدوده شهر گلزار تخریب خواهد شد که این امر در محدوده شرکت ماموت منجر به فرسایش کناری شدید و در محدوده شهر گلزار منجر به آب گرفتگی بخش های زیادی از شهر خواهد شد. به طور کلی تاثیر سیلاب بر ۳ بازه مورد مطالعه در این تحقیق متفاوت بوده است، در بازه اول (محدوده پل تغذیه مصنوعی) مهم ترین عامل انسانی دخیل در ناتعادلی رودخانه کردان، انحراف جریان رودخانه در اثر ساخت بند تغذیه مصنوعی بوده که سبب تخریب دیوار ساحل چپ رودخانه و در

نتیجه فرسایش کناری شدید در محدوده شرکت ماموت شده است، البته تبدیل یکی از دهانه های پل اتوبان تهران-قزوین به دور برگردان، در عدم هدایت ایمن سیلاب نیز در این محدوده بسیار تاثیر گذار بوده است. در بازه دوم (محدوده پل جاده قدیم) برداشت بی رویه شن و ماسه در ساحل راست رودخانه و عدم توجه به پهنه سیلابدشت سبب شده که در صورت وقوع سیلاب مناطق کارگاهی و صنعتی در ساحل راست رودخانه به شدت در معرض خطر قرار گیرند. در بازه سوم (محدوده پل راه آهن) محدود مورد مطالعه نیز از دلایل ایجاد سیلاب علاوه بر برداشت مصالح و ایجاد شن چاله ها، مهم ترین علت، عرض کم پل های جاده قدیم هشتگرد و پل راه آهن می باشد، به طوری که سرعت جریان در سیلاب های ۱۰۰ ساله در آنها بین ۵ تا ۸ متر در ثانیه متغییر می باشد که این میزان از سرعت جریان سبب فرسایش شدید در بستر رودخانه و خسارت فراوان به زمین های اطراف رودخانه خواهد شد. مقایسه سیلاب های به وجود آمده در محدوده مورد مطالعه خصوصا سیلاب های فروردین ۹۸ و ۹۹ نشان از انطباق بسیار زیاد با نتایج حاصل از شبیه سازی مدل HEC-RAS در این تحقیق می باشد. در آخر نتیجه گیری می شود که تغییرات کاربری اراضی در محدوده رودخانه ها بدون توجه به شناخت رفتار هیدرولوژیک و دوره های بازگشت سیلاب بسیار خطرناک و حادثه آفرین می باشد، کما اینکه در این تحقیق در صورت عدم تغییرات کاربری اراضی در اطراف رودخانه کردان در طول ۲۲ سال گذشته، وقوع سیلاب هایی با دوره بازگشت ۵۰۰ سال نیز فقط سبب به زیر آب رفتن بستر سیلابدشت رودخانه و مساحت بسیار کمی از زمین های کشاورزی می شد، در صورتی که وقوع چنین سیلابی با توجه به شرایط حال حاضر بسیار مخرب می باشد. بنابراین در خصوص ساماندهی و مدیریت رودخانه ها باید علاوه بر مشخص نمودن خط آزاد سازی برای سیلاب های ۱۰۰ تا ۲۰۰ ساله، عرض سازه های موجود بر روی رودخانه ها (پل ها) را متناسب با دوره های بازگشت سیلاب مد نظر قرار دهند. در آخر و با توجه به وضعیت حال حاضر رودخانه کردان پیشنهاد می گردد که در وهله اول دهانه سمت چپ پل اتوبان تهران-قزوین که توسط شرکت صنعتی ماموت به دور برگردان اتوبان تبدیل شده است را دوباره به حالت اول و مجرای انتقال آب رودخانه کردان بازگردانند. در مرحله بعدی حتما عرض پل های جاده قدیم هشتگرد و پل راه آهن تهران- تبریز بیشتر شود، در آخر نیز در صورت امکان، معادن موجود در بستر رودخانه تا رسیدن پروفیل طولی و عرضی رودخانه به یک تعادل یکنواخت تعطیل گردند یا حداقل میزان آورد و بار رودخانه با برداشت مصالح (تنظیم ورودی و خروجی مصالح) در آنها به طور جدی کنترل شود.

منابع

- ایلدرمی، ع؛ شیخی پور، آ. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه و نقش آن در فرسایش و رسوب گذاری با استفاده از مدل HEC-RAS (رودخانه خرم آباد-دوآب ویسان). پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره سوم، صص، ۱۴۶-۱۶۳
- سازمان نقشه برداری کشور، نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰
- شرکت آب منطقه ای استان البرز، نقشه های ۱:۲۰۰۰ از بستر رودخانه کردان
- شرکت آب منطقه ای استان البرز، آمار دبی ایستگاه های هیدرومتری ده صومعه، فشنند و نجم آباد طی دوره آماری ۴۰ سال
- شرکت مهندسی مشاور سبزآب اروند (۱۳۹۶). طرح تغذیه مصنوعی هشتگرد.
- رحیمی، ر. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات کاربری اراضی بر مورفولوژی مجرای رودخانه قرسو (استاد راهنما: محمد حسین رضایی مقدم). دانشگاه تبریز.
- عبدالهی باغسیاهی، ع؛ حشمتیان، ر؛ سویزی، م (۱۳۹۷). پهنه بندی سیلاب اصلی ساحل مکران با تلفیق مدل هک راس و جی ای اس (رودخانه باهو کلات). یازدهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. اهواز، ایران
- قنوتی، ع. ۱۳۹۲. پهنه بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از مدل منطق فازی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۸، زمستان ۱۳۹۲

- قنوتی، ع؛ احمد آبادی، ع؛ غلامی، م. (۱۳۹۸). شبیه سازی پهنه های سیل در حوضه آبریز کلان شهر تهران. مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۱۳۹۸. سال ششم، زمستان ۹۸، شماره ۴
- معصومی، ح؛ غریب، م؛ معتمد، ا. (۱۳۹۰). بررسی مورفولوژی و الگوی پیچان رودی رودخانه زهره در جلگه ساحلی هندیجان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۳ شماره ۲، صص ۱۱۲-۱۰۲
- مهرورز، ا؛ مددی، ع؛ اسفندیاری، ف؛ رحیمی، م. ۱۳۹۹. شبیه سازی سیلاب رودخانه دره آئورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۴، ۱۳۱-۱۴۶
- ناصریان، ح؛ صادقی، م؛ واعظی پور، ح؛ سیف، س. (۱۳۹۲) مدل سازی جامع سیلاب منطقه دشتیاری شهرستان چابهار و ارائه طرح علاج بخشی سیل
- وزارت نیرو. ۱۳۹۵. بررسی خسارت سیلاب، نشریه شماره ۱۶۴-ن. اردیبهشت ۹۵
- یمانی، م؛ تورانی، م؛ چزغه، س. ۱۳۹۱. تعیین پهنه های سیل گیر با استفاده از مدل HEC-RAS (بالادست رودخانه طالقان). جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره یکم، صص ۱-۱۶
- Brunner, Gary.W (2010). *Hec-ras River analysis system system hydraulic reference manual, us army corps of engineers, version 4.1.*
- Di Baldassarre, G. (۲۰۱۲). *Floods in a changing climate: Inundation modelling (Vol. ۳ Cambridge University Press.*
- Gulam Md Munna, Md Jahir Bin Alam, Md Misbah Uddin, Nabila Islam, Afrida Ahmed Orthee, Khairul Hasan .2021. *Run off prediction of Surma basin by curve number (CN) method using ARC-GIS and HEC-RAS. Environmental Brunner, Gary.W (2010). Hec-ras River analysis system system hydraulic reference manual, us army corps of engineers, version 4.1. and Sustainability Indicators 11 (2021) 100129*
- .Habtamu Tamiru .a, Megersa O. Dinka.۲۰۲۱ *Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation mapping in lower Baro Akobo River Basin, Ethiopia. Journal of Hydrology: Regional Studies 36 (2021) 100855*
- Hunegnaw Desalegn, Arega Mulu.2021 *.Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia. Scientific African 12 (2021) e00834.*
- E Ghanavati, A Karam, M Aghaalkhani. (2013) *Flood risk zonation in the farahzad basin (Tehran) using Fuzzy model; Geography and Environmental Planning 23 (4), 121-138.*
- E Ghanavati. (2014) *Flood Risk Zonation for Karaj City Using Fuzzy Logic; GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS 2 (8), 113-132.*
- E Ghanavati, A Safari, E Javid, E Mansorian. (2014) *Zonation of flooding using CN hydrological model and AHP in GIS, case study: Balekhloo river basin; Natural Geography Research 25, 67-80.*