



نخجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال پنجم، شماره یکم، بهار ۱۳۹۲
Vol.5, No.1, Spring 2013

۷۱-۸۴

شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان

محمد مهدی حسین‌زاده^۱، سعیده متش بیرانوند^{۲*}، امین حسینی اصل^۲، حسن صدوق^۴

۱. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۳. مربی مرکز سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی
۴. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۹/۲۰

چکیده

شهرستان پل‌دختر که بستر رودخانه کشکان در آن جای گرفته است، هر ساله از سیلاب‌های متعددی خسارت می‌بیند. بزرگ‌ترین سیل سال‌های اخیر استان لرستان در سال ۱۳۸۴ در این شهرستان رخ داد که حدود ۸۰ میلیارد تومان خسارت را در پی داشت. از این رو بررسی نواحی مستعد وقوع سیلاب و تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب در این منطقه ضرورت ویژه‌ای دارد. در این تحقیق پهنه سیل‌گیر منطقه در دوره بازگشت‌های مختلف در بازه‌ای به طول ۲۵ کیلومتر از بستر رودخانه کشکان حدفواصل ایستگاه هیدرومتری پل‌دختر تا پل گاویشان تعیین شد؛ بدین ترتیب که براساس مدل رقومی مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ داده‌های ژئومتری رودخانه استخراج گشت. سپس ضریب مانینگ در مقاطع مختلف و هیدروگراف سیل در دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله محاسبه شد و نقشه‌های پهنه‌بندی در دوره بازگشت‌های مختلف تهیه گردید. نتایج تحقیق نشان داد روند افزایش سطح سیلگیر در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ ساله سیر صعودی‌تری دارند، در حالی که مساحت‌های پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله اختلاف چندانی را نشان نمی‌دهد. مقایسه پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف حاکی از آن است که از کل مساحت تحت پوشش سیل ۲۰۰ ساله حدود ۹۴ درصد آن مستعد سیل‌گیری به‌وسیله سیل‌هایی با دوره بازگشت ۲۵ ساله است. افزایش حداکثر عمق سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف نسبت به افزایش عمق متوسط سیلاب، روند ملایم‌تری را طی کرده است.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی سیلاب، رودخانه کشکان، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تلفن: ۰۹۳۷۷۵۶۵۶۳۷

۱- مقدمه

سنتی و دستی نمی‌توانند پاسخگوی این نیاز باشند، زیرا روش‌های سنتی بهینه‌یابی مکان بر پایه استفاده از شیوه‌های نسبتاً پرهزینه و زمان‌بر هستند. به علاوه برخی از این روش‌ها دقیق نیستند و نمی‌توان در آنها همه پارامترهای مؤثر در تعیین مکان بهینه را به راحتی و به‌طور توأم اعمال کرد (ابراهیمی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵). امروزه برای پیش‌بینی ارتفاع سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف از مدل‌های ریاضی توسعه‌یافته و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود. مزیت اصلی استفاده از GIS در مدل‌سازی هیدرولیکی، قابلیت آن در استخراج اطلاعات مقاطع عرضی رودخانه از روی مدل رقومی ارتفاع (DEM) است.

توانایی مدل‌های هیدرولیکی در برنامه HEC-RAS در پژوهش‌های متعددی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. ابراهیمی‌پور و همکاران (۱۳۸۵) در رودخانه قره‌سو؛ شعبانلو و همکاران (۱۳۸۷) در شبکه رودخانه‌های استان گلستان؛ کرباسی و همکاران (۱۳۸۸) در بخشی از رودخانه کشکان؛ و استفان (۲۰۰۲) در حوضه رودخانه یلستون امریکا به برآورد خسارت‌ها و تعیین نقاط امن با استفاده از این مدل پرداخته‌اند و میزان خسارت‌ها را پیش‌بینی کرده‌اند.

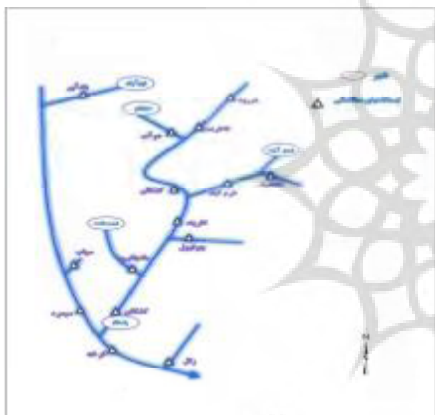
زینی‌وند (۱۳۷۹)، تایت (۱۹۹۹)، هیل (۲۰۰۱) و تری‌بیر (۲۰۰۲) پس از تطابق نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS با سیلاب‌های گذشته، به قابلیت بسیار بالای این مدل در شبیه‌سازی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف و همچنین کارایی این مدل در بررسی سازه‌های هیدرولیکی کنترل سیلاب در طول رودخانه تأکید کرده‌اند.

تیموری مقدم و همکاران (۱۳۸۸) در دومین کنفرانس سراسری آب در مقاله‌ای با عنوان پهنه‌بندی سیلاب رودخانه باکستر با استفاده از نرم‌افزار River Cad XP به شرح چگونگی پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از این نرم‌افزار می‌پردازند. این بسته نرم‌افزاری پیشرفته

سیلاب از بلایای طبیعی است که بشر از دیرباز با آن دست به گریبان بوده است. در ایران نیز به دلیل وسعت زیاد، اقلیم‌های متعدد و تراکم‌های زمانی و مکانی بارش‌ها در اکثر حوضه‌های آبخیز، همه ساله سیلاب‌های عظیم رخ می‌نمایند که بسیاری از آنها خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را به دنبال دارند. رودخانه کشکان نیز از این قاعده مستثنی نیست. براساس گزارش ایستگاه هیدرومتری کشکان پل دختر، از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۹۰ (در دوره‌ای ۵۶ ساله) رودخانه کشکان با ۱۶ سیلاب به حجم بیش از ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه مواجه بوده است. براساس آمار ایستگاه‌های هیدرومتری استان لرستان، از بین حدود ۳۳ رودخانه دائمی استان، رودخانه کشکان با دبی سیلابی ۳۰۹۰ مترمکعب در ثانیه، دارای حداکثر دبی سیلابی است؛ و شهرستان پل دختر به لحاظ قرارگیری در خروجی آن، سیل خیزترین شهرستان استان به شمار می‌آید. از مهم‌ترین دلایل تشدید این خسارت‌ها، دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌هاست. از جمله راهکارهای کاهش خسارات سیلاب پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی اراضی یا به عبارتی تفکیک نواحی از لحاظ قابلیت سیل‌خیزی و تعیین سهم عوامل مؤثر در سیل است. امروزه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب‌دشت کاربرد وسیعی دارد. این نقشه‌ها از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا به شمار می‌آیند و قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه، بررسی آنها در دستور کار سازمان‌های ذی‌ربط قرار می‌گیرد (برخورداری و چاوشیان، ۱۳۷۹).

با توجه به اینکه تمام حوادث طبیعی از جمله سیل وابستگی مکانی دارند و اکثر داده‌های مرتبط با آنها و تأثیرات‌شان مکانی است، بنابراین تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و تعیین نقاط امن در برابر آن مستلزم تلفیق داده‌های مختلف مکانی همچون توپوگرافی، پوشش زمین و مانند اینهاست. در این میان روش‌های

عبور می‌کند. در تقسیم‌بندی هیدرولوژی، ایران جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس به شمار می‌رود. سیستم رودخانه اصلی ابتدا از پیوستن سرشاخه‌های رودخانه‌های هرو (کاکارضا) و دو آب الشتر که از دامنه کوه‌های مرتفع و برفگیر گرین و میش‌پرور سرچشمه می‌گیرند تشکیل می‌گردد. در طول مسیر اصلی رودخانه‌های فرعی دیگری مانند چم زکریا، خرم‌آباد، چولپول، مادبان رود به آن می‌پیوندند و سرانجام سیستم واحد کشکان را تشکیل می‌دهد. این رودخانه پس از طی مسافتی در حدود ۳۰۰ کیلومتر، از میان شهر پلدختر عبور می‌کند و به رودخانه سیمره ملحق می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱. طرح شماتیک رودخانه کشکان

رودخانه مورد بررسی بخشی از حوضه آبخیز کشکان در زیرحوضه کشکان پلدختر است که از محل ایستگاه هیدرومتری کشکان - پلدختر در محل پل تاریخی دختر شروع می‌شد و با عبور از شهر پلدختر تا محل پل گاومیشان در مرز استان‌های لرستان و ایلام ادامه می‌یابد. طول مسیر رودخانه در بازه مورد مطالعه ۲۵ کیلومتر است. موقعیت سیاسی منطقه و موقعیت بازه در شکل ۲ آمده است.

در این پژوهش از طریق تلفیق مدل هیدرولیک رودخانه HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS از طریق الحاقیه HEC-GEORAS پهنه سیلاب

مدل‌سازی سیستم‌های رودخانه‌ای قادر به پشتیبانی از مدل‌های عددی آنالیز جریان شامل HEC-RAS و HEC2 در محیط AutoCAD است و به‌سادگی محاسبات پروفیل سطح آب را انجام می‌دهد و توان نمایش خط مرز سیلاب و پهنه‌بندی سیلاب را دارد.

غفاری و امینی (۱۳۸۹) مدیریت دشت‌های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را در رودخانه قزل‌اوزن با بهره‌گیری از مدل HEC-RAS بررسی کردند و نشان دادند که در این رودخانه روند افزایش خسارت‌ها و سطح سیل‌گیر در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۲۵ ساله نسبت به دوره‌های ۲۵ تا ۲۰۰ ساله دارای سیر صعودی سریع‌تری است.

افتخاری و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی پهنه‌بندی سیلاب با تغییرات ضریب زبری در رودخانه اترک با استفاده از مدل HEC-RAS پرداخته‌اند. در این تحقیق، آنان به منظور بررسی میزان تأثیر ضریب زبری مانینگ در گستره پهنه سیلابی، ضریب زبری به‌دست‌آمده از مشاهدات میدانی را کالیبره کردند، افزایش و کاهش دادند، و سپس با هر یک از حالات مدل را اجرا کردند. زرگر و معصومی‌نژاد (۱۳۹۰) کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) را در مطالعات تعیین حد حریم و بستر رودخانه‌ها با مطالعه موردی در حوضه آبخیز رودخانه چناران بجنورد، با استفاده از مدل HEC-RAS بررسی کردند و بیان داشتند که در صورت برقراری ارتباط مناسب بین مدل‌های ریاضی مورد استفاده (HEC-RAS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان اعمال تغییرات مورد نظر و نیز اصلاح و روزآمدسازی نقشه‌های پهنه‌بندی به‌سادگی و با صرف هزینه و زمان اندک مسیر خواهد بود.

حوضه آبخیز رودخانه کشکان با وسعت ۹۲۷۵/۶۶ کیلومترمربع در ناحیه جنوب‌غربی ایران واقع شده است. این حوضه بخش مهمی از سرشاخه‌های پرآب رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد و حدود یک سوم از خاک استان لرستان را در بر می‌گیرد و از شهرستان‌های الشتر، خرم‌آباد، کوه‌دشت و پلدختر

هندسی و اضافه کردن داده‌های هیدرولیکی جریان وارد محیط HEC-RAS گردید.

۳- خروجی مدل به منظور پس‌پردازش داده‌ها دوباره وارد محیط GIS شد و پهنه‌بندی سیلاب صورت گرفت.

از جمله مشخصات مورد نیاز به منظور ارزیابی خصوصیات هیدرولیک جریان رودخانه، تعیین مقاطع عرضی در طول مسیر رودخانه است. این فایل در بردارنده خصوصیات جغرافیایی مورد نیاز به منظور انجام محاسبات در مدل HEC-RAS است.

اطلاعات جغرافیایی مقاطع از مدل رقومی زمین استخراج می‌گردد که در قالب شبکه نامنظم مثلثی (TIN) است. به منظور تهیه TIN منطقه مورد مطالعه از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ استفاده شده است.

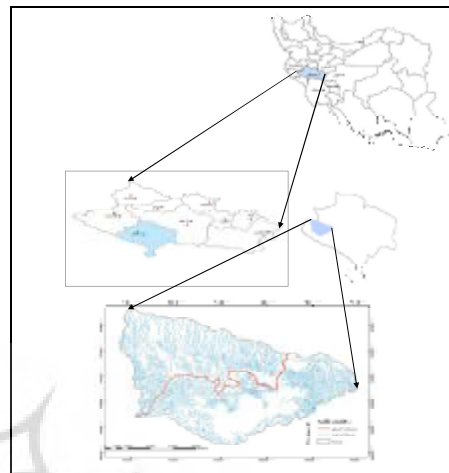
استخراج اطلاعات ژئومتری: این اطلاعات مشتمل اند بر لایه‌های خط مرکزی جریان، سواحل رودخانه، ابعاد مسیر جریان و مقاطع عرضی، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (TIN).

لایه خط مرکزی جریان، ناحیه به ناحیه از بالادست به پایین دست ساخته می‌شود و هر لایه در بردارنده نام رودخانه و نام بازه مرتبط است. از این لایه به منظور تعیین محدوده قرارگیری مقاطع، نمایش موقعیت رودخانه در مدل HEC-RAS و تعریف جهت جریان در رودخانه استفاده می‌شود (مروود، ۲۰۱۰).

لایه سواحل رودخانه برای جداسازی مجرای اصلی رودخانه از سواحل آن ترسیم می‌شود. برای تعیین دو طرف ساحل از دست چپ و راست استفاده می‌شود، به صورتی که با ایستادن که رو به سمت جهت جریان، جهت دید باید به سمت پایین دست باشد.

لایه ابعاد مسیر جریان به منظور تعیین ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی جریان و ساحل چپ و راست آن در ناحیه سیلاب‌گیر استفاده می‌شود. در صورت تهیه لایه مسیر جریان در مراحل قبل می‌توان کپی خط مرکزی جریان را برای تعریف مسیر در مجرای اصلی جریان به کار گرفت.

رودخانه کشکان حدفاصل ایستگاه هیدرومتری کشکان - پل دختر تا پل گاومیشان در دوره بازگشت‌های مختلف تعیین شد.



شکل ۲. موقعیت سیاسی منطقه مورد مطالعه

۲- مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان به دو دسته ابزار فیزیکی و مفهومی تقسیم کرد. داده‌های فیزیکی مشتمل است بر نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری کشور که برای مشخص کردن محدوده مورد مطالعه و همچنین تهیه مدل ارتفاعی منطقه (TIN) به کار رفت و داده‌های دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری کشکان - پل دختر از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۶. ابزار مفهومی نیز شامل نرم‌افزارهای ARCGIS و HEC-RAS برای پهنه‌بندی سیلاب و SMADA برای محاسبه دبی لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف است.

مراحل کار در این پژوهش را می‌توان در سه مرحله، چنین خلاصه کرد:

۱- پیش‌پردازش داده‌ها با استفاده از TIN منطقه مورد مطالعه و معرفی خط مرکزی جریان، محدوده سواحل رودخانه و مقاطع عرضی در محیط ARCGIS انجام شد.

۲- اطلاعات ژئومتری حاصل برای تکمیل داده‌های

رفته‌اند و ضریب مانینگ را بین $0/021$ تا $0/04$ تخمین زده شده است. شبیه‌سازی جریان در HEC RAS: عملیاتی که لازم است در نرم‌افزار HEC-RAS انجام پذیرد، شامل این مراحل است:

۲-۲- ورود اطلاعات ژئومتری رودخانه حاصل از

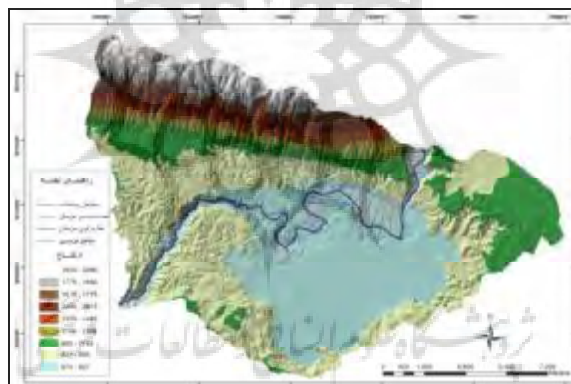
محیط GIS و تکمیل آنها

برای بازخوانی اطلاعات مربوط به هندسه رودخانه که در محیط ARCGIS تهیه شده است از منوی Geometric Data استفاده می‌شود. در صورتی که فایل ارسال شده از نظر اطلاعات مشکلی نداشته باشد، طرح شماتیک رودخانه را می‌توان در صفحه اصلی مشاهده کرد. این طرح شماتیک مشتمل است بر خط مرکزی جریان، سواحل چپ و راست و مقاطع عرضی (شکل ۴).

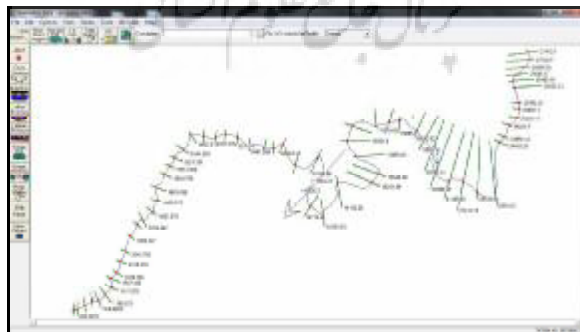
موقعیت، وضعیت و پهنای مقاطع عرضی در لایه‌ای دیگر به نام لایه مقاطع عرضی معرفی می‌شود. در شکل ۳ نمایی از لایه‌های تهیه‌شده در نرم‌افزار ARCGIS با استفاده از اکستنشن HEC-GEORAS را می‌توان مشاهده کرد.

۲-۱- برآورد ضریب مانینگ

گام بعدی تعیین ضریب زبری مقاومت جریان است. روش‌های متعددی برای برآورد ضریب مانینگ ارائه شده است، مانند روش کاون (۱۹۵۶)، روش جررت (۱۹۸۴) و روشی که ریکو و همکاران در سال ۲۰۰۱ ارائه کردند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش برای ارزیابی ضریب مانینگ رودخانه، جداولی که در نرم‌افزار HEC-RAS با استفاده از روش چاو ارائه شده و تلفیق آن با عکس‌های اصلی در راهنمای ضریب مانینگ سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) به کار



شکل ۳. نمایی از لایه‌های خط مرکزی، سواحل، ابعاد مسیر جریان و مقاطع عرضی در ARCGIS



شکل ۴. نمایی از طرح شماتیک رودخانه در نرم‌افزار HEC-RAS

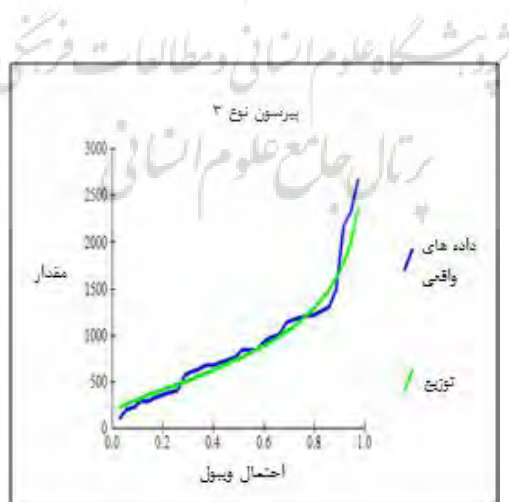
۳-۲- معرفی اطلاعات دبی جریان و شرایط مرزی

نرم افزار HEC-RAS توان شبیه سازی جریان در حالت های دائمی و فصلی را با رژیم های زیر بحرانی، فوق بحرانی، و مختلط دارد. در دو انتهای بازه مطالعاتی باید شرایط مرزی تعیین گردد. اگر در بازه مطالعاتی جریان زیر بحرانی باشد، شرایط مرزی در پایین دست تعیین خواهد شد. اگر در بازه مطالعاتی جریان مذکور بحرانی باشد، شرایط مرزی در انتهای بالادست بازه مطالعاتی تعیین می شود. چنانچه جریان از نوع مختلط در بازه مطالعاتی وجود داشته باشد، شرایط مرزی می بایست در بالادست و پایین دست مشخص گردد. در این تحقیق برای محاسبه پروفیل های سطح آب از

حالت جریان دائمی و رژیم مختلط استفاده می شود. در جریان دائمی، عوامل هیدرولیکی جریان نظیر بده و سرعت و عمق ثابت اند. در شیب کمتر از $\frac{1}{200}$ استفاده از تحلیل جریان غیردائمی ضروری است. در شیب تندتر از $\frac{1}{2056}$ استفاده از تحلیل جریان دائمی پذیرفتنی است، به شرطی که بده جریان دقیقاً محاسبه شود. برای احضار ویرایشگر داده های جریان دائمی از گزینه Steady flow data از منوی اصلی HEC-RAS استفاده می شود. در این پنجره تعداد دوره های بازگشت مورد نیاز برای محاسبه، داده های دبی و شرایط مرزی رودخانه باید وارد شود.

جدول ۱. دبی دوره بازگشت های متفاوت براساس توزیع پیرسون

انحراف معیار	ارزش های محاسبه شده	دوره بازگشت	احتمال
۹۶۵/۷۲	۳۳۲۳/۸۸	۲۰۰	۰/۹۹۵
۷۵۲/۴۸	۲۹۴۳/۸۲	۱۰۰	۰/۹۹
۵۵۹/۶۶	۲۵۶۴/۸۰	۵۰	۰/۹۸
۳۹۳/۳۰	۲۱۸۵/۷۶	۲۵	۰/۹۶
۲۳۴/۰۸	۱۶۸۱/۲۵	۱۰	۰/۹
۱۷۸/۳۶	۱۲۹۱/۷۹	۵	۰/۸
۱۶۰/۴۵	۹۹۵/۰۲	۳	۰/۶۶
۱۳۳/۹۳	۷۴۴/۹۲	۲	۰/۵۰



شکل ۵. نمودار توزیع پیرسون دبی در ایستگاه کشکان - پل دختر

بحرانی) است. اگر عدد بی‌بعد فرود کمتر از یک باشد، جریان آرام است؛ اگر بزرگ‌تر از یک باشد، جریان سریع است؛ و در صورتی که مساوی یک باشد، جریان از نوع بحرانی است. در شکل ۶ تغییرات عدد فرود را در طول کانال را به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله می‌توان دید. همان‌طور که در نمودار می‌توان مشاهده کرد، عدد فرود در اکثر موارد کمتر از یک و بنابراین جریان از نوع آرام (زیربحرانی) است.

نرم‌افزار HEC-RAC توان ارائه نمودار سرعت جریان را در طول مسیر رودخانه دارد. در شکل ۷ نمودار سرعت جریان در مسیر رودخانه ملاحظه می‌گردد. سرعت جریان در مقاطع عرضی ۱۲ تا ۳۶ کمترین مقدار را نشان می‌دهد.

پروفیل طولی رودخانه به ازای دوره بازگشت‌های مختلف از دیگر نتایج خروجی نرم‌افزار HEC-RAS است که در شکل ۸ این پروفیل به ازای دوره بازگشت‌های ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به نمایش درآمده است.

پس از ورود داده‌های حاصل از مدل هیدرولیکی HEC-RAS به نرم‌افزار ARCGIS اقدام به پهنه‌بندی رودسیلاب رودخانه گردید. خروجی‌های به‌دست‌آمده شامل دو قسمت است: یکی لایه‌هایی که معرف مرز سیلابدشت در دوره بازگشت‌های مختلف‌اند، و دیگری لایه‌هایی که عمق آبگرفتگی را در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهند. در شکل ۹ پهنه سیلاب رودخانه در دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله نشان داده شده است. در شکل ۱۱ نیز انطباق عمق آبگرفتگی سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ ساله با اراضی مسکونی دیده می‌شود.

همان‌گونه که از شکل می‌توان دید، اراضی مسکونی شهر پل‌دختر و روستاهای اطراف در دبی‌های لحظه‌ای با دوره بازگشت ۲۵ ساله در معرض خطر آبگرفتگی قرار دارند.

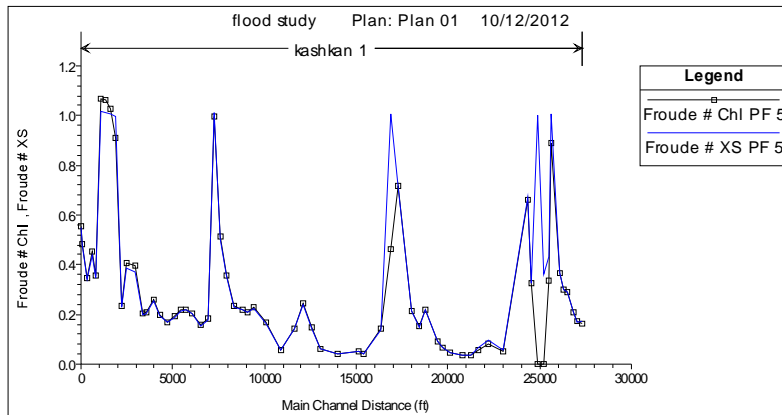
اطلاعات اولیه مورد نیاز که شامل دبی‌های ماکزیمم لحظه‌ای در ایستگاه هیدرومتری کشکان - پل‌دختر از سال آبی ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۶ اند از سازمان منابع آب ایران تهیه شدند و دبی‌های ماکزیمم لحظه‌ای برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله با توزیع پیرسون نوع ۳ (مناسب‌ترین توزیع برای این داده‌ها) استخراج گردید و وارد نرم‌افزار شد (جدول ۱). شکل ۵ برازش داده‌های واقعی و توزیع پیرسون نوع سه را نشان می‌دهد.

پس از وارد کردن داده‌های جریان، گام بعدی وارد کردن داده‌های شرایط مرزی است. در مدل کامپیوتری HEC-RAS شرایط مرزی مشتمل است بر شرایط مرزی بالادست و پایین‌دست که به چهار روش می‌توان تعریف کرد. در این تحقیق از شرایط مرزی عمق نرمال (Normal Depth) استفاده شده است. در این روش، مدل برای محاسبه عمق نرمال جریان از شیب خط انرژی (که در محاسبه عمق نرمال در معادله مانینگ به کار رفته) استفاده می‌کند. مقدار این شیب با پذیرفتن خطای ناچیزی که از یکنواخت فرض کردن جریان وارد محاسبه می‌شود، برابر با شیب طبیعی زمین در نظر گرفته می‌شود. مقدار این شیب برای رودخانه کشکان برابر با ۰/۰۰۵ محاسبه گردید و وارد نرم‌افزار شد. بعد از انجام این مراحل مدل هیدرولیکی را می‌توان اجرا کرد. نتایج به‌دست‌آمده مجدداً وارد نرم‌افزار ARCGIS می‌شوند و نقشه‌های پهنه‌بندی برای انطباق با کاربری‌های مختلف تهیه می‌گردد.

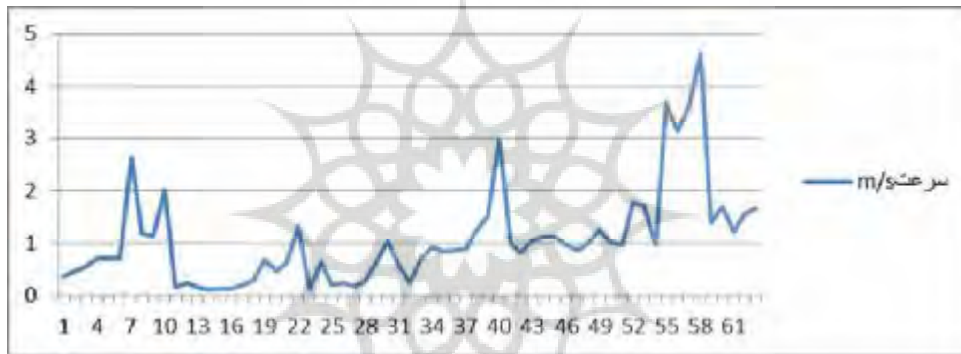
۳- نتایج

از آنجا که برای تعیین حریم بستر رودخانه دبی ۲۵ ساله به عنوان دبی مبنا از طرف وزارت نیرو تعیین شده است، در این تحقیق برای ارائه نتایج از دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله استفاده می‌شود.

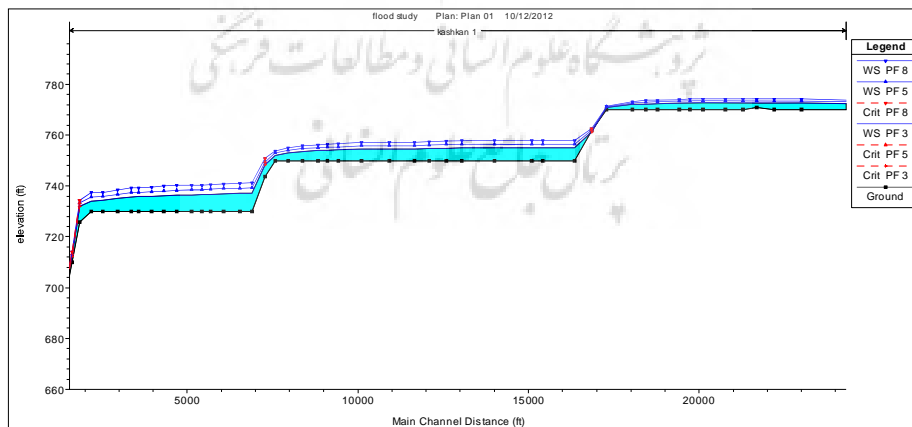
از نتایجی که در خروجی‌های HEC-RAS می‌توان مشاهده کرد، تغییرات عدد فرود در طول مسیر جریان است. این عدد نشان‌دهنده نوع جریان (آرام، سریع،



شکل ۶. تغییرات عدد فرود در طول جریان به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

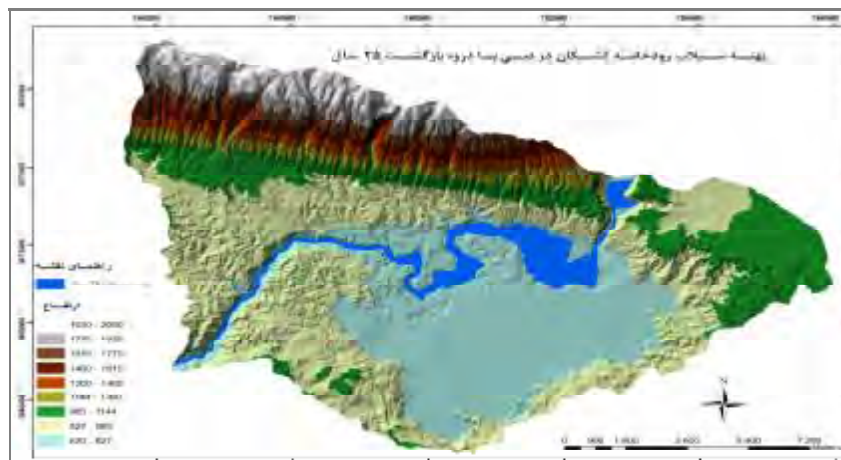


شکل ۷. تغییرات سرعت جریان در مقاطع عرضی رودخانه کشکان در سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله

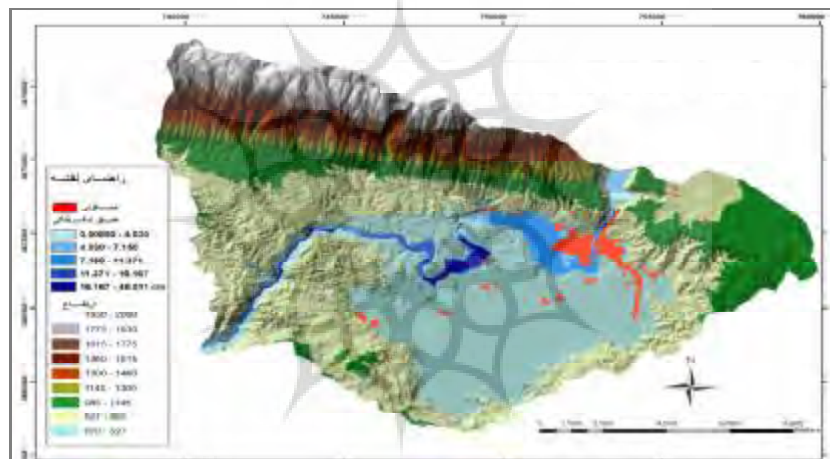


شکل ۸. پروفیل طولی رودخانه کشکان به ازای دبی لحظه‌ای با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله

شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان



شکل ۹. پهنه سیلاب رودخانه کشکان به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله



شکل ۱۰. تغییرات عمق آبگرفتگی سیلاب رودخانه کشکان به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله

۴- بحث و نتیجه‌گیری

۴-۱ مقایسه مساحت و عمق پهنه سیل در دوره بازگشت‌های مختلف

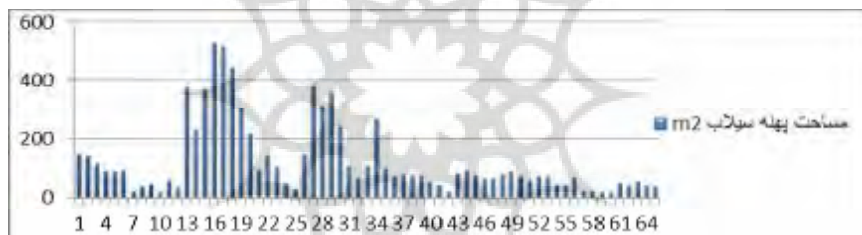
در شکل ۱۱ مساحت پهنه سیلاب رودخانه در هر یک از مقاطع عرضی رودخانه به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله نشان داده شده است. مقایسه این نمودار با نمودار سرعت جریان در مقاطع عرضی مختلف که در شکل ۷ نشان داده شده، حاکی از آن است که در مقاطع عرضی - که سرعت رودخانه کمتر بوده - مساحت پهنه سیل گیر بیشتر بوده است. این مقاطع

(۲۱ تا ۳۵) در قسمتی از رودخانه که از دشت سیلابی عبور می‌کند، قرار گرفته‌اند. بازه‌هایی که در آنها مساحت پهنه سیلاب کمتر بوده یا منطبق بر قسمت‌هایی از رودخانه است که از شهر عبور کرده و با دیواره بتنی محدود گردیده است (مقاطع یک تا ۱۲) و یا در قسمتی قرار گرفته‌اند که رودخانه در بستری دره‌ای جریان دارد (بازه ۳۶ تا ۶۶)، سرعت جریان در مقاطع مذکور بیشتر از سایر مقاطع رودخانه است. با مقایسه مساحت پهنه‌های سیل در قسمت‌های مختلف رودخانه، ملاحظه می‌گردد در مکان‌هایی که رودخانه

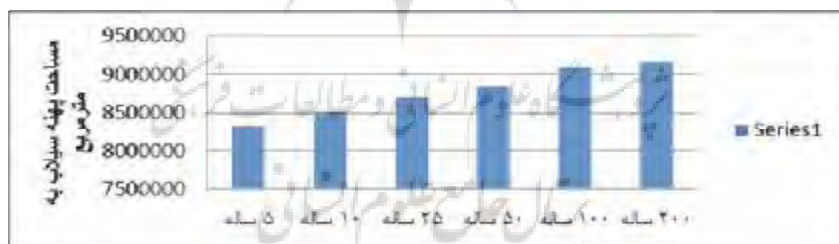
بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ ساله سیر صعودی‌تر دارد؛ در حالی که مساحت‌های پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله دارای اختلاف چندانی نیست و پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله نسبت به دوره بازگشت ۱۰۰ ساله فقط یک درصد افزایش یافته است. مقایسه پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد که از کل مساحت تحت پوشش سیل ۲۰۰ ساله حدود ۹۴ درصد آن مستعد سیل‌گیری با سیل‌های دارای دوره بازگشت ۲۵ ساله است. همچنین مشاهده می‌شود در بازه‌هایی از رودخانه کشکان که در دشت سیلابی واقع شده‌اند، به علت نامحدود بودن بستر جریان، سیلاب حتی دوره بازگشت‌های کوچک نیز پهنه عمده‌ای را در بر می‌گیرد.

در بستری آزاد و با سرعت کمتری جریان داشته است، پهنه سیل حتی در دوره بازگشت‌های کمتر از ۲۵ سال مساحت عمده‌ای را اشغال می‌کند. در دره‌های محدود با شیب زیاد که سرعت جریان نیز بیشتر از سایر بازه‌هاست، مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف تفاوت چندانی ندارد.

با نمایش سطح سیل‌گیر در هر دوره بازگشت، امکان مقایسه مساحت پهنه سیلاب رودخانه در دوره بازگشت‌های مختلف فراهم می‌شود. در شکل ۱۲ نمودار مساحت اراضی مستعد سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف ارائه شده است. با توجه به نمودار مساحت پهنه سیلاب و جدول ۲ که در آن درصد مساحت سطح سیل‌گیر درج شده است، می‌توان بیان داشت که روند افزایش سطح سیل‌گیر در دوره



شکل ۱۱. تغییرات مساحت جریان در طول مسیر جریان به ازای دوره بازگشت ۲۵ ساله



شکل ۱۲. نمودار مساحت سیلاب رودخانه کشکان به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

جدول ۲. مساحت و درصد کلی مساحت پهنه سیل رودخانه کشکان به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

ساله ۵	ساله ۱۰	ساله ۲۵	ساله ۵۰	ساله ۱۰۰	ساله ۲۰۰
۸۳۲۷۴۳۰/۱۴	۸۵۱۴۶۶۶/۹۴	۸۷۰۷۷۲۲/۳۸	۸۸۳۸۲۵۵/۲۶	۹۰۸۴۲۶۱/۸۰	۹۱۵۹۱۶۵/۴۰
۹۰/۹۱	۹۲/۹۶	۹۵/۰۷	۹۶/۴۹	۹۹/۱۸	۱۰۰

به منظور مقایسه عمق سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، درصد تجمعی متوسط عمق و حداکثر عمق سیلاب در جدول ۳ نشان داده شده است. در شکل ۱۴ نمودار مربوط به درصد تجمعی عمق متوسط و حداکثر عمق ترسیم گردیده است. همان‌گونه که در نمودار می‌توان دید، در دوره بازگشت‌های کمتر از ۵۰ سال اختلاف بین متوسط عمق و حداکثر عمق سیلاب بسیار بیشتر است. به سمت دوره بازگشت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله این اختلاف کاهش یافته است. از کل عمق متوسط سیلاب در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله، حدود ۸۴ درصد آن متعلق به دوره بازگشت ۲۵ ساله است ولی از کل حداکثر عمق سیلاب در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله، حدود ۹۳ درصد مربوط به دوره بازگشت ۲۵ ساله است. ملاحظه می‌گردد که افزایش حداکثر عمق سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف نسبت به افزایش عمق متوسط سیلاب با روند ملایم‌تری همراه بوده است.

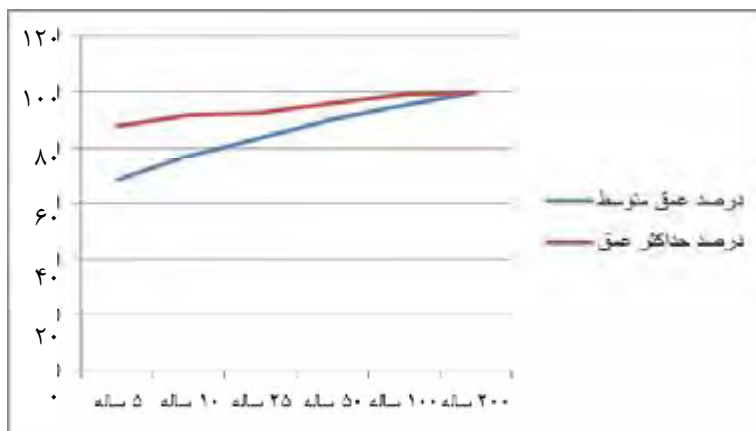
در شکل ۱۳ شماره تغییرات پهنه سیلاب به ازای دوره بازگشت‌های مختلف در تمامی مقاطع عرضی رودخانه مشاهده می‌شود. همان‌گونه که می‌توان دید، در مقاطع عرضی ۱۲ تا ۳۶ که مساحت پهنه سیلاب بیشتر بوده دامنه افزایش مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های بعدی نیز بیشتر بوده است؛ ولی در قسمت‌هایی که پهنه سیلاب مساحت کمتری را اشغال کرده دامنه افزایش مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های بعدی نیز کمتر بوده است. تفاوت در گسترش پهنه سیلاب در وهله نخست ناشی از ویژگی‌های توپوگرافی مسیر دره است. هر جا پهنای عرض بستر آبراهه زیاد شده، پهنای سطح سیلابی نیز افزایش یافته است؛ و برعکس، هر جا دره تنگ‌تر شده به همان نسبت پهنای سطح سیلابی نیز کاهش یافته است. در حقیقت علت کم بودن تفاوت سطح سیلگیر در بسیاری از بخش‌ها وجود توپوگرافی پرشیب در حاشیه رود اصلی است.



شکل ۱۳. تغییرات پهنه سیلاب رودخانه کشکان به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

جدول ۲. درصد تجمعی متوسط و حداکثر عمق سیلاب

دوره بازگشت	ساله ۵	ساله ۱۰	ساله ۲۵	ساله ۵۰	ساله ۱۰۰	ساله ۲۰۰
درصد متوسط عمق سیلاب	۶۸/۰۸	۷۶/۹۶	۸۳/۶۵	۹۰/۱۷	۹۵/۲۲	۱۰۰
درصد حداکثر عمق سیلاب	۸۷/۷۳	۹۱/۹۴	۹۲/۶۷	۹۵/۹۴	۹۹/۰۰	۱۰۰



شکل ۱۴. نمودار درصد تجمعی متوسط و حداکثر عمق سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

حد به رودخانه، احتمال وقوع رویدادهای خطرناک در این بازه از رودخانه کشکان بسیار بالاست. با استفاده از نتایج حاصل از اجرای این مدل می‌توان به راحتی حریم مناسب و دقیقی برای رودخانه تعیین کرد.

۵- منابع

- Barkhordar, M., Chavoshiyan, A., 2000, **Flood Zoning**, Workshop of Rivers Flood Control, Hydraulic Association, January 21, Tehran.
- Ebrahimipoor, A., Yazdani, M., Nasrollahi, A., Monzavi, M., 2006, **Flood Zoning & Determining Safe Sites Against Flooding Using GIS & HEC-RAS Hydraulic Model**, Second International Conference on Natural Disaster Management in Crisis.
- Eftekhari, A., Salajaghee, A., Hossini, S., 2010, **Assessment of Flood Zoning Changes Roughness Coefficient**, Journal of Natural Geography, No. 12, PP.22 - 43.
- Esmaili, R., Hosseinzadeh, M., Motevalli, S., 2011, **Fild Techniques in Fluvial Geomorphology**, Lahut Publication.

مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سیلاب‌های قدیمی ناشی از طغیان رودخانه، توانایی مدل هیدرولیکی HEC-RAS را در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک رودخانه تأیید می‌کند. مقایسه پهنه سیلاب رودخانه کشکان که در تاریخ ۸۴/۱۱/۱۵ با دوره بازگشت بیشتر از ۵۰ سال رخ داده است با نقشه پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۵۰ ساله حاصل از HEC-RAS بر توانایی مدل تأکید می‌کند. این به علاوه نقشه‌های به‌دست‌آمده از سطح و عمق سیل توانایی سامانه اطلاعات جغرافیایی را در ارائه نتایج خروجی از HEC-RAS به صورت بصری، افزایش دقت و سرعت و کاهش هزینه‌های مطالعاتی طرح‌های ساماندهی رودخانه را نشان می‌دهد. از همخوانی نتایج این تحقیق با نتایج هیل (۲۰۰۱)، تری‌بیر (۲۰۰۲)، زینی‌وند (۱۳۷۹) و غفاری و امینی (۱۳۸۹) می‌توان بر مزایای استفاده از HEC-RAS در افزایش دقت و صرفه‌جویی در هزینه‌های مهندسی رودخانه تأکید کرد. در این پژوهش مشخص گردید در مقاطع عرضی ۳۶ تا ۶۶ که رودخانه در دشت سیلابی با بستر عریض‌تر جریان دارد، مساحت پهنه سیلاب بسیار عریض است و حتی در دبی‌های با دوره بازگشت ۵ ساله امکان زیر آب رفتن اراضی مجاور هر چند با عمق اندک وجود دارد. به علت رعایت نشان قوانین ساخت‌وساز در حریم رودخانه و نزدیکی بیش از

- Ghaffari, G., Amini, A., 2010, **The Management of Floodplains Using Geographic information System (Case study: Qezel Ozan River)**, Journal of geographical space, year 10, No. 32, PP. 117 - 134.
- Hill, M., 2001, **Flood Plain Delineation Using the HEC-GEORAS Extension for Review Brigham Young University CEEN 514**, Winter.
- Hydrology Engineering Center, 2002, HEC-GEORAS, User Manual, Ver3.1.1, Army Corps of Engineers.
- Karbasi, M., Derikvand, E., Shamsai, A., Babaali, H., 2009, **Compilation of River Hydraulic Software (HECRAS) and Geographic Information System (GIS) With Utilize (ARCVIEW) Software to Obtaining Kashkan River Floodplain**, Eighth International Seminar on River Engineering, January 5, Chamran University. Ahwaz.
- Merwade, Venkatesh, 2010, **Tutorial on Using HEC-GEO-RAS With ARCGIS9.3**, School of Civil Engineering, Purdue University.
- Shabanlu, S., Sedghi, H., Saghafiyani, B., Mousavi Jahromi, H., 2008, **Zoning of Flood in River Network of Golestan Province Using GIS**, Journal of Iranian Water Research, Year 2, No.3, PP. 11 - 22.
- Stephen, R., 2002, **Hydrologic Investigations by the U.S. Geological Survey Following the 1998 and 1997 Floods in Upper Yellowstone River**, Montana American Water Resources Association 19th Annual Montana Section Meeting, section one.
- Tate, E.C., Olivera, F., 1999, **Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARCVIEW**, Center for Research in Water Resources(CRWR).
- Terry Barr, 2002, **Application of Tools for Hydraulic Power Point Presentation**, Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study.
- Timorimoghadam, A., Seyedi, S., Taghipoor, A., 2009, **Baxter River Flood Zoning Using Software Rivercad XP**, Second National Conference on Water, February 20, Islamic Azad University, Behbahan.
- Zargar, M., Masominezhad, A., 2011, **Application of GIS in the Study of Space and the River Bed**, Fourth Iranian Water Resources Management Conference, 13 and 14 May Amirkabir University, Tehran.
- Zeinivand, H., Aghighi, H., Jalalirad, R., 2006, **Flood Zoning Using GIS Tools and Hydraulic Models in the Broudjerd Seilakhor Floodplain, Iran**, Journal of Natural Resources, No.19, PP.1-14.