نقش احداث سد مخزنی نرمآب بر کاهش پهنه سیل و خسارات وارده به اراضی پایین‌دست

محمود یخکشی[۱]، مهدی مفتاح هلقی[۲]، عبدالرضا ظهیری[۳]، محمدابراهیم یخکشی[۴]، محمدرضا مددی[۵]

تاریخ دریافت : ۱۳۹۲/۰۶/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۵

چکیده

سیل یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که هر ساله در نقاط مختلف جهان و کشور خسارت‌های جانی و مالی فراوانی به بار می‌آورد. روش‌های کنترل سیل به طور کلی به دو بخش اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند. احداث سد یکی از روش‌های سازه‌ای می‌باشد که نقش مهمی در کنترل سیلاب دارد. یک سد با ذخیره کردن مقداری از حجم سیلاب باعث کاهش ارتفاع موج سیل شده و خطر سیلاب را در نواحی پایین‌دست کاهش می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از مدل‌های تحلیل رودخانه(HEC-RAS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) و بهره‌گیری از نرم‌افزار Google Earth، به پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال در رودخانه نرمآب واقع در استان گلستان پرداخته شد. در ادامه تاثیر احداث سد نرماب بر روی کاهش پهنه سیلاب در اراضی پایین‌دست مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سناریوهای مختلفی برای حجم ذخیره سیلاب سد مذکور مورد بررسی قرار گرفت و پهنه سیل در هر حالت پیش‌بینی شد. نهایتاً خسارت وارد به اراضی اطراف رودخانه در هر حالت ارزیابی شد. نتایج نشان داد که احداث سد نرمآب با حجم ذخیره سیلاب ۶ میلیون متر مکعب، می‌تواند تا ۷۵/۱ درصد از خسارات ناشی از سیلاب ۵۰ ساله و تا ۴۰/۷ درصد از خسارات سیل ۱۰۰۰ ساله بکاهد.

واژه‌های کلیدی: استان گلستان، سد مخزنی نرمآب، کنترل سیل، HEC-RAS، GIS.

[۱] کارشناس ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، ۰۹۱۱۹۶۰۴۲۰۵، Mahmood Yakhkeshi@yahoo.com
[۲] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، ۰۹۱۱۳۷۵۹۶۱۴، Meftah_20@yahoo.com
[۳] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، ۰۹۱۶۶۵۱۲۷۵۱، Zahiri_a@modares.ac.ir
[۴] مدیر عامل شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران، ایران، ۰۹۱۱۱۷۵۷۹۹۰، Yakhkeshie@yahoo.com
[۵] دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران، ۰۹۱۱۹۲۳۱۶۰۶، Mohamad_Reza_Madadi@yahoo.com (نویسنده مسئول)

مقدمه

سیلاب افزایش سریع و کوتاه مدت ارتفاع سطح آب یک رودخانه نسبت به مقادیر عادی تا رسیدن به اوج است که از آن پس با سرعت کمتری کاهش می‌یابد. آمارهای سیل در ایران نشان دهنده وقوع فزاینده این پدیده در طی دهه‌های اخیر بوده است. طبق گزارش‌های طرح ملی آمادگی و کنترل سوانح طبیعی کشور، ایران در ۲۵ سال گذشته با ۹۶۷ سیل روبرو بوده که از این میان ۱۱۷ سیل بسیار مهم، با خسارات و تلفات فراوان همراه بوده است. اقدامات مدیریتی که به منظور کاهش خسارات سیل انجام می‌شود را می‌توان در دو بخش اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای تقسیم‌بندی نمود. در اقدامات سازه‌ای سعی می‌شود که قبل از وقوع سیل، شدت جریان و تراز آب تخمین زده شود و با ذخیره‌سازی، محدودسازی، تعدیل جریان یا انحراف سیلاب توسط احداث سازه‌های مناسب، خسارت وارده کاهش یابد. احداث سدهای مخزنی از جمله این راهکارهاست. یک مخزن با ذخیره کردن مقداری از حجم سیلاب باعث کاهش ارتفاع موج سیل شده و خطر سیلاب را در نواحی پایین‌دست کاهش می‌دهد و در نتیجه به جای آنکه زمین‌های با ارزش اقتصادی بالا به زیر آب برده شوند، آب در بالادست در زمین‌های با ارزش اقتصادی پایین ذخیره شده و سپس هنگامی که سیلاب فروکش نمود، آب ذخیره شده تخلیه می‌شود یا بسته به شرایط برای ماه‌های کم آبی نگهداری می‌شود. در این تحقیق در وهله اول به پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در رودخانه نرمآب واقع در استان گلستان در حالتی که سدی بر روی آن احداث نشده پرداخته شد و سپس تاثیر احداث سد مخزنی نرمآب بر پهنه‌بندی سیلاب و کاهش خسارات وقوع سیل مورد بررسی قرار گرفت.

پیشینه تحقیق

در زمینه کاربرد مدل‌های هیدرولیکی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی سیلاب مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان صورت گرفت. بیورز (۱۹۹۴) اولین فعالیت‌ها را در زمینه برقراری پیوند بین مدل‌های هیدرولیکی و GIS انجام داد. به این ترتیب ابزاری به نام Arc/HEC2 به منظور کمک به هیدرولوژیست‌ها در تحلیل‌های مربوط به پهنه‌بندی سیلاب تهیه گردید. این برنامه قادر است اطلاعات مربوط به سیلاب و تعیین نواحی سیل‌گیر و نقاط پرخطر پرداختند. زرگر و معصومی‌نژاد (۱۳۹۰) با مطالعه بر روی رودخانه چناران بجنورد، کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی را در تعیین حد حریم و بستر رودخانه‌ها مورد بررسی قرار دادند و به پهنه‌بندی سیلاب در سطح این رودخانه پرداختند. خرم مرگاوی (۱۳۸۹) با استفاده از مدل هیدرولیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی پهنه سیل‌گیر رودخانه دارابکلای ساری را استخراج نمود. شهابی و همکاران (۱۳۸۹) با کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولیکی تاثیر تغییر کاربری اراضی شهری را بر روی پهنه‌بندی سیل رودخانه سقز مورد مطالعه قرار دادند.

معرفی مدل‌های به کار رفته در این تحقیق

• **نرم افزار HEC-RAS** : مدل ریاضی HEC-RAS که نسخه تکمیل شده مدل HEC-2 می‌باشد و برای اولین بار در سال ۱۹۹۵ عرضه شد، یکی از مدل‌های رودخانه‌ای است که به کاربر امکان انجام محاسبات هیدرولیکی رودخانه را در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار می‌دهد و در طرح‌های مهندسی رودخانه از جمله پهنه‌بندی سیل، بررسی وضعیت جریان و تعیین پروفیل سطح آب در شرایط مختلف ساماندهی رودخانه کاربرد دارد. مدل HEC-RAS فرم کامل و یک بعدی معادلات سنت ونانت برای جریان غیر ماندگار در مجاری روباز را حل می‌کند. منابع فارسی و لاتین اطلاعات کاملی را راجع به این مدل ارائه کردند.

• **نرم‌افزار GIS**: سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) مجموعه‌ای از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده‌های جغرافیایی و منابع انسانی است که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی (مکانی) را دارد. هدف نهایی این سیستم، پشتیبانی جهت تصمیم‌گیری‌های پایه گذاری شده بر اساس داده‌های مکانی می‌باشد و عملکرد اساسی آن بدست آوردن اطلاعاتی است

که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه‌های گوناگون بدست می‌آیند. مدل GIS برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۶۰ در کانادا مطرح و از آن تاریخ به بعد روز به روز بر طرفداران آن افزوده شد تا در دهه ۱۹۸۰ جنبه جهانی پیدا کرد.

در این مدل عکس‌های هوایی، اطلاعات کشاورزی، جنگل‌داری، خاک، زمین‌شناسی و نقشه‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند. این سامانه علاوه بر اطلاعات توصیفی، قابلیت ورود اطلاعات پیکسلی و یا برداری را از منابع مختلفی از قبیل نقشه، تصاویر هوائی و ماهواره‌ای، GPS و تجهیزات نقشه برداری دارا می‌باشد و می‌تواند نتایج تجزیه و تحلیل‌ها را در قالب نقشه، گزارش، جدول و نمودار ارائه نماید.

• **نرم‌افزار HEC-Geo RAS**: این نرم‌افزار الحاقیه‌ای در بسته نرم‌افزاری ArcView GIS است که برای پردازش داده‌های زمینی در سیستم تحلیل رودخانه(HEC-RAS) طراحی شده و به کاربران امکان تهیه لایه‌های ورودی به HEC-RAS در محیط ArcView GIS را می‌دهد. این لایه‌ها شامل اطلاعات استخراج شده از لایه TIN (شبکه نامنظم مثلثی) مانند مشخصات رودخانه، بازه‌ها، خطوط مقاطع عرضی و طول بازه پایین‌دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست می‌باشد.

• **نرم‌افزار Google Earth**: این نرم‌افزار برای دریافت و مشاهده اطلاعات جغرافیایی جهان می‌باشد که نقشه ۳ بعدی زمین نیز نامیده می‌شود. نقشه‌های این برنامه با کنار هم قرار دادن تصاویر انتخاب شده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و سامانه اطلاعات مکانی سه بعدی جهان بدست می‌آید. از قابلیت‌های این نرم‌افزار می‌توان به مشاهده و دریافت اطلاعات در مورد جاده‌ها، مسیرهای حمل و نقل عمومی، مسیر رودخانه‌ها و بطور کلی همه عوارض جغرافیایی اشاره کرد.

منطقه مورد مطالعه

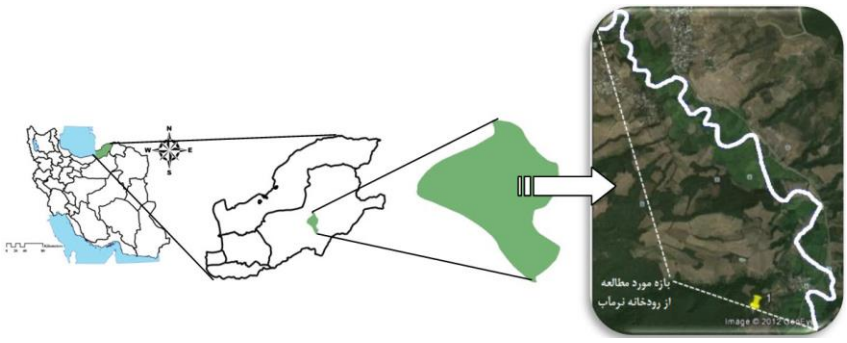
استان گلستان که در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶/۳۰ تا ۳۸/۱۵ درجه عرض شمالی و در بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد به دلیل جایگاه جغرافیایی ویژه خود از آب و هوای گوناگونی برخوردار است. مجموع حجم آب‌های سطحی و زیر زمینی این استان بیش از ۲۴۰۰ میلیون متر مکعب است که ۵۲ درصد آن را آب‌های سطحی و ۴۸ درصد آن را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهند. آب‌های سطحی در بیش از ۴۰ شاخه رود جاری هستند که بیشتر آن‌ها از جنوب به شمال و از شرق به غرب جریان دارند. نرماب یکی از مهمترین رودخانه‌های واقع در این استان می‌باشد که در قسمت غربی حوزه رودخانه چلی‌چای واقع گردیده و از نواحی کوهستانی-جنگلی جنوب حوزه گرگانرود سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از عبور از کنار روستاهای مبارک آباد، محمد زمان خان، پس پشته و جنگلده به ایستگاه آبسنجی جنگلده می‌رسد. پایین‌دست این ایستگاه محل سد مخزنی نرماب می‌باشد. رودخانه نرماب پس از عبور از روستای جنگلده در ادامه مسیر خود از روستاهای آرام نرو بالا، آرام نرو پایین و محمد آباد عبور کرده و در نهایت به رودخانه چلی‌چای در خروجی شهر مینودشت می‌پیوندد. این رودخانه دائمی است و حوضه آبریز آن عمدتا کوهستانی بوده و حدود ۲۱۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. محدوده مطالعاتی در این تحقیق، قسمتی از رودخانه به طول ۵ کیلومتر با شیب طولی متوسط ۰/۰۰۶۲ می‌باشد که از محل سد مخزنی شروع شده و تا محل اتصال به رودخانه چلی‌چای ادامه دارد. شکل (۱) موقعیت رودخانه نرم‌آب را نشان می-دهد.

مشخصات سد مخزنی نرماب

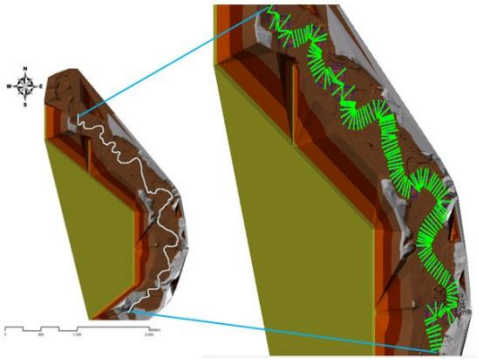
سد مخزنی نرمآب با ارتفاع ۶۰ متر و طول تاج ۸۰۷ متر از نوع سدهای خاکی همگن می‌باشد که در شمال ایران و در فاصله ۱۲۰ کیلومتری گرگان در ۴/۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مینودشت در حال احداث می‌باشد. این سد با داشتن سرریزی با طول تاج ۳۴ متر قادر است ۱۱۵/۳ میلیون مترمکعب آب را در تراز نرمال خود ذخیره کند.

روش تحقیق

اولین گام در بررسی سیلاب‌دشت هر رودخانه تهیه نقشه رقومی منطقه با مقیاس مناسب جهت شبیه‌سازی رودخانه و اراضی اطراف است. به همین منظور نقشه‌های با مقیاس ۱:۱۰۰۰ رقومی پلان رودخانه تهیه و در محیط اتوکد اقدام به تصحیح و انجام اصلاحات لازم بر روی آن‌ها شد. سپس این نقشه‌ها در محیط GIS باز و نقشه TIN رودخانه مورد نظر تهیه گردید(شکل ۲). لایه TIN در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه‌های مورد نیاز HEC-RAS است. در ادامه با استفاده از الحاقیه HEC-Geo RAS به شبیه‌سازی هندسی رودخانه و ایجاد لایه‌های HEC-RAS در محیط GIS پرداخته شد. این لایه‌ها شامل خط مرکزی جریان، سواحل کانال اصلی، خطوط تمرکز سیل‌راه و خطوط برش مقاطع عرضی می‌باشند. با رسم این خطوط موقعیت، وضعیت و پهنای مقاطع عرضی از TIN زمین استخراج شده و در این لایه معرفی و ذخیره می‌شود(شکل ۲). گام بعدی انتقال اطلاعات تولید شده در محیط GIS به مدل هیدرولیکی HEC-RAS است که با استفاده از HEC-Geo RAS صورت می‌گیرد. مرحله بعدی باز کردن و تکمیل مشخصات هندسی رودخانه در محیط HEC-RAS می‌باشد. در این مرحله مشخصات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان رودخانه نظیر سازه‌های متقاطع مسیر، ضرایب افت انرژی، شرایط مرزی بالادست و پایین‌دست، نوع رژیم جریان، دبی سیلاب با دوره بازگشت-های مختلف و ضریب زبری مانینگ به مدل هیدرولیکی HEC-RAS وارد می‌شود.



شکل ۱- موقعیت رودخانه نرم‌آب واقع در استان گلستان



شکل۲- نمایش نقشه TIN منطقه و خطوط مقاطع عرضی ایجاد شده در طول رودخانه توسط HEC-Geo RAS

ضریب زبری مانینگ و واسنجی مدل

یکی از اطلاعات اولیه در محاسبات هیدرولیکی رودخانه-ها و شبیه‌سازی آن‌ها، ضریب زبری مانینگ می‌باشد که با توجه به وضعیت آبراهه تعیین می‌گردد. بطور کلی زبری جریان در رودخانه‌ها با در نظر گرفتن عواملی چون زبری جداره رودخانه، زبری ناشی از موانع موجود در مسیر جریان، زبری ناشی از بی‌نظمی جداره آبراهه، زبری ناشی از تغییرات ابعاد و شکل مقاطع، زبری ناشی از پیچانرودی بودن رودخانه، زبری ناشی از شکل بستر، زبری ناشی از پوشش گیاهی موجود در مسیر جریان، و زبری حاصل از غلظت رسوبات جریان محاسبه می‌گردد. در این تحقیق با استفاده از جداول موجود و تصاویر حاصل از گوگل ارث و بهره‌گیری از روش کاون مقدار ضریب زبری آبراهه تخمین زده شد (راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها، ۱۳۸۷). در این روش ضریب مانینگ کل در آبراهه اصلی و یا سیلاب دشت از رابطه‌ی (۱) بدست می‌آید:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \qquad (۱)$$

که در آن:

n_b: ضریب زبری مانینگ پایه و n_1، n_2، n_3 و n_4 به ترتیب ضرایب تعدیلی برای درجه بی‌نظمی سطح آبراهه، تغییرات مقاطع عرضی، موانع، پوشش گیاهی و درجه پیچانرودی آبراهه می‌باشند. در ادامه ضریب زبری محاسبه شده در مدل HEC-RAS مورد واسنجی قرار گرفت.

واسنجی این پارامتر به این صورت بوده است که به ازای یک مقدار از آن، در یک دبی مشخص، تراز سطح آب محاسبه شده توسط نرم افزار منطبق بر تراز سطح آب مشاهده‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری باشد. ضرایب زبری مختلف با شروع از مقدار محاسبه شده توسط روش کاون، مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت مقدار ضریب زبری مانینگ برای آبراهه اصلی ۰/۰۵ و برای سیلابدشت ۰/۰۸ بدست آمد.

در گام بعدی نتایج نرم‌افزار HEC-RAS با استفاده از الحاقیه HEC-Geo RAS به سامانه اطلاعات جغرافیایی منتقل شد و به کمک آن نقشه‌های مربوط به پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف بدست آمد. پهنه‌های سیلاب بدست آمده با توجه به طول و عرض جغرافیایی هر نقطه از رودخانه وارد محیط نرم‌افزار Google Earth شد و نقشه‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در محیط واقعی به نمایش گذاشته شد. در این شکل‌ها کاربری اراضی اطراف رودخانه و جاده‌ها و سایر شاخص‌های جغرافیایی به خوبی قابل نمایش است. در ادامه اهم اقدامات صورت گرفته در تحقیق حاضر به طور خلاصه ذکر می‌شود.

برآورد هیدروگراف سیل با دوره بازگشت‌های مختلف در محل سد مخزنی

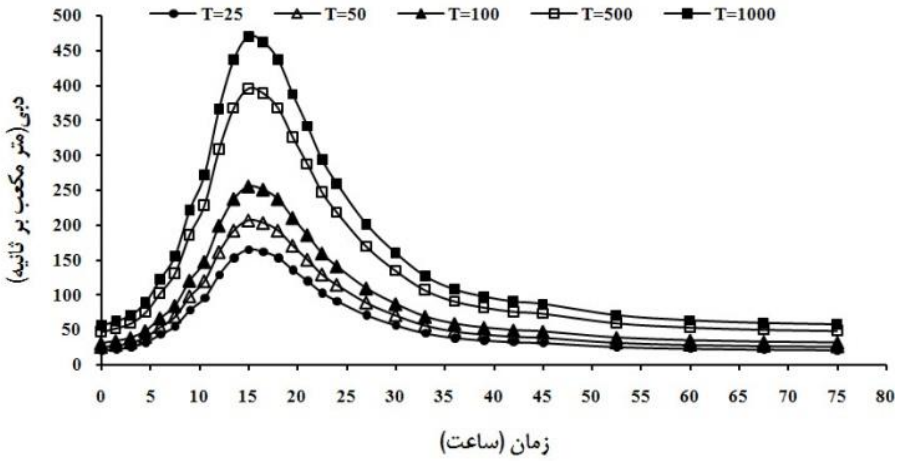
همانطور که گفته شد یکی از ورودی‌های مدل HEC-RAS دبی سیلاب یا هیدروگراف سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف است. در این تحقیق این دبی با استفاده از روش هیدروگراف شاخص سیلاب استخراج شد. این هیدروگراف‌ها در شکل (۳) نشان داده شده است.

تعریف سناریوهای مختلف برای حجم کنترل سیلاب

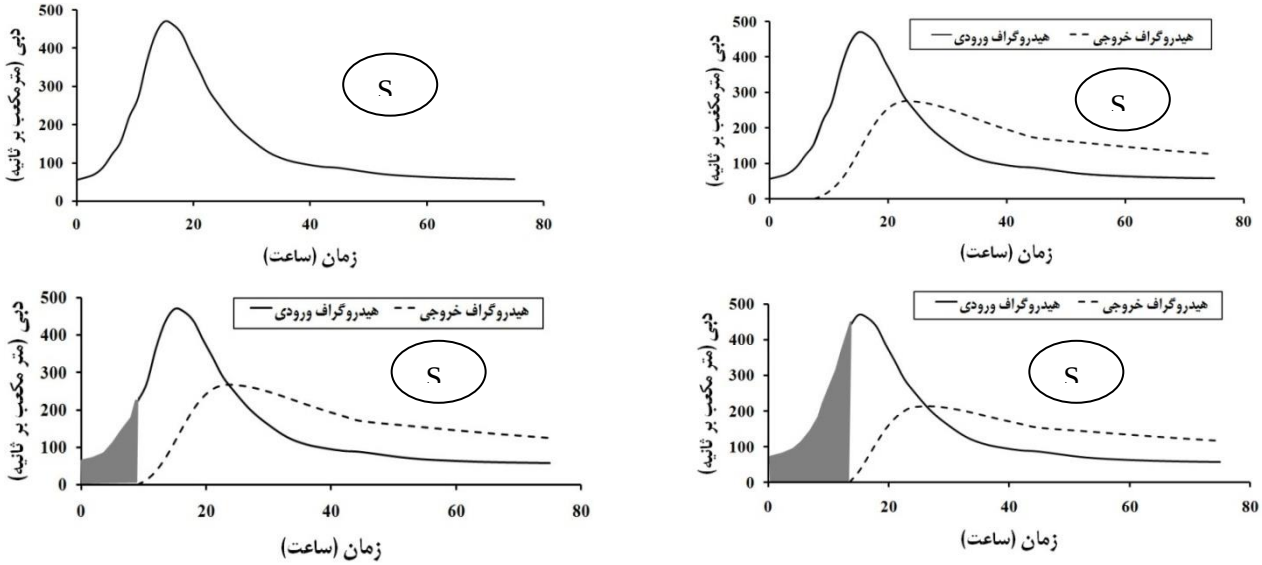
در این تحقیق ۳ سناریو برای حجم ذخیره سیل سد نرماب در نظر گرفته شد. بنابراین در کل ۴ سناریوی ۱- بدون سد (S1)، ۲-مخزن سد پر یا سد بدون حجم ذخیره (S2)، ۳-سد با حجم ذخیره سیل ۳ میلیون متر مکعب (S3) و ۴-سد با حجم ذخیره سیل ۶ میلیون متر مکعب (S4) در نظر گرفته شد و در هر حالت پهنه سیل و خسارت وارده ارزیابی شد.

روندیابی سیل در مخزن سدنرماب

جهت روندیابی سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف به ازای سناریوهای مختلف برای حجم کنترل سد، از روش پالس ذخیره‌ای استفاده شده است. بدین صورت که با توجه به پیش‌بینی حجم انتظار در مخزن، و با فرض تله‌اندازی تا حجم پیش‌بینی شده و خروجی صفر تا پر شدن مخزن، مقدار حجم پیش‌بینی شده در هر سناریو که توسط مخزن.تله‌اندازی می‌شود از هیدروگراف ورودی جداسازی شد و مقدار تعدیل شده آن در روندیابی دخالت داده شده است. برای جداسازی از انتگرال‌گیری عددی به روش ذوزنقه استفاده شده است. در شکل (۴) هیدروگراف سیلاب ورودی به مخزن سد و هیدروگراف روندیابی شده به روش پالس ذخیره‌ای برای سناریوهای مختلف در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال نشان داده شده است. به این ترتیب هیدروگراف خروجی از سرریز برای سیلاب‌های مختلف بدست آمد و مراحل پهنه‌بندی سیل صورت گرفت.



شکل۳- هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در محل سد مخزنی

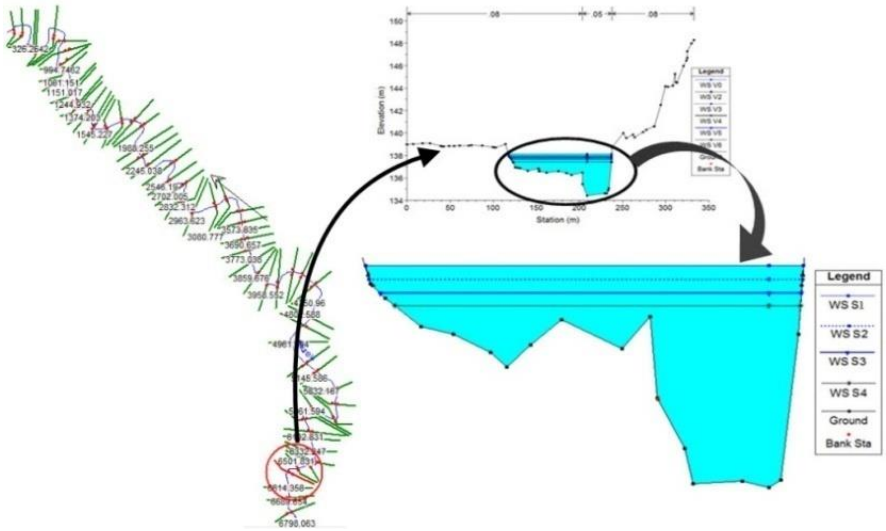


شکل۴- هیدروگراف ورودی و روندیابی سیل با دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال به روش پالس ذخیره‌ای برای سناریوهای مختلف

نتایج و بحث

تاثیر احداث سد بر پهنه سیلاب‌دشت

پس از تهیه ورودی‌های مورد نیاز مدل، پروفیل طولی سطح آب و نقشه پهنه‌های سیل به ازای سناریوها و دوره – بازگشت‌های مختلف محاسبه شد. شکل (۵) یک نمونه از مقطع عرضی پروفیل سطح آب را به ازای سناریوهای مختلف برای دوره بازگشت ۵۰۰ سال نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است سطح آب در حالتی که سدی در مسیر وجود ندارد(S1) بیشترین تراز را دار می‌باشد. با احداث سد حتی در صورتی که مخزن سد پر باشد (حجم ذخیره سیلاب=صفر)، سطح آب نسبت به حالت بدون سد افت می‌یابد. در واقع در این حالت حجمی از سیلاب ورودی به مخزن سد بصورت موقت ذخیره می‌شود و به همین دلیل از دبی پیک سیلاب کاسته می‌شود. در ادامه با افزایش حجم ذخیره در نظر گرفته شده در سناریوهای S3 و S4، روند افت سطح آب ادامه می‌یابد به طوری که هرچه حجم ذخیره سیلاب در مخزن سد افزایش یابد، عمق آب رودخانه پایین-دست کاهش می‌یابد.



شکل۵- نمونه‌ای از مقاطع عرضی رودخانه نرمآب و نمایش سطح آزاد آب در هنگام وقوع سیل ۵۰۰ ساله تحت سناریوهای مختلف

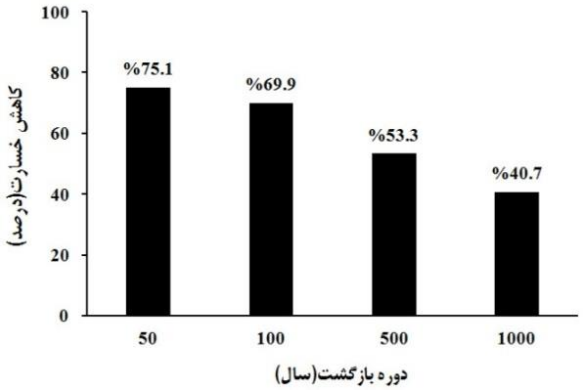
برای محاسبه سطح اراضی که زیر سیل رفته‌اند، پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال بعنوان حریم رودخانه در نظر گرفته شد و از تفاضل پهنه سیل در هر یک از سناریوهای تعریف شده با پهنه سیل ۲۵ ساله، مساحت خالص اراضی سیل‌زده محاسبه شد که در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین در این جدول دبی سیلاب به ازای سناریوها و دوره بازگشت‌های مختلف آورده شده است. در شکل (۶) نقش احداث سد مخزنی نرمآب در کاهش مساحت سیل گرفتگی اراضی پایین‌دست در حالتی که حجم ذخیره سیلاب آن ۶ میلیون متر مکعب باشد(سناریوی S4) نسبت به حالت بدون سد(سناریوی S1) نشان داده شده است. نمودارهای این شکل نشان می‌دهند که نقش احداث سد بر کاهش مساحت سیل‌گیری با افزایش دوره بازگشت سیل‌ها کمرنگ‌تر می‌شود.

جدول۱- دبی و پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌ها و سناریوهای مختلف

مساحت خالص سیل‌گرفتگی(هکتار)	دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	سناریو	دوره بازگشت (سال)
۵۰/۲	۲۰۷	S1	۵۰
۳۳/۲	۱۱۰	S2	
۲۰/۱	۵۸	S3	
۱۲/۵	۲۳	S4	
۵۶/۱	۲۵۶	S1	۱۰۰
۴۰/۷	۱۴۲	S2	
۲۹/۴	۸۸	S3	
۱۶/۹	۴۲	S4	

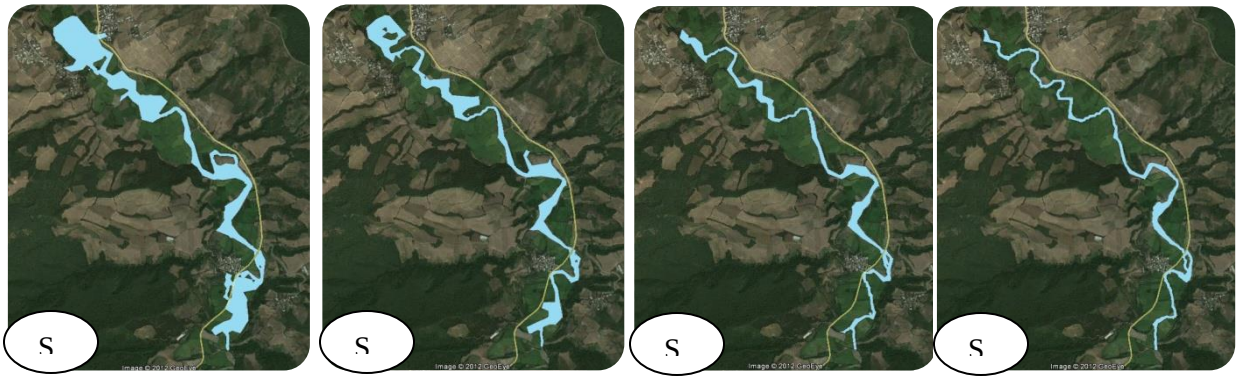
ادامه جدول۱- دبی و پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌ها و سناریوهای مختلف

مساحت خالص سیل‌گرفتگی(هکتار)	دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	سناریو	دوره بازگشت (سال)
۶۵/۷	۳۹۵	S1	۵۰۰
۵۴/۱	۲۳۸	S2	
۴۵/۸	۱۷۳	S3	
۳۲/۱	۱۰۴	S4	
۷۴/۷	۴۷۰	S1	۱۰۰۰
۶۰/۵	۲۹۳	S2	
۵۳/۶	۲۳۶	S3	
۴۴/۳	۱۵۷	S4	

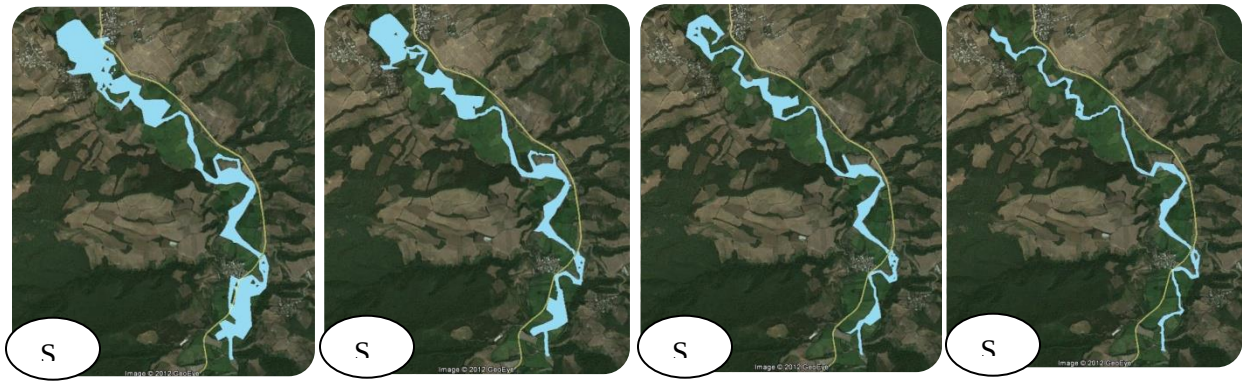


شکل۶- کاهش مساحت سیل گرفتگی تحت تاثیر سناریو S4 نسبت به حالت بدون سد به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

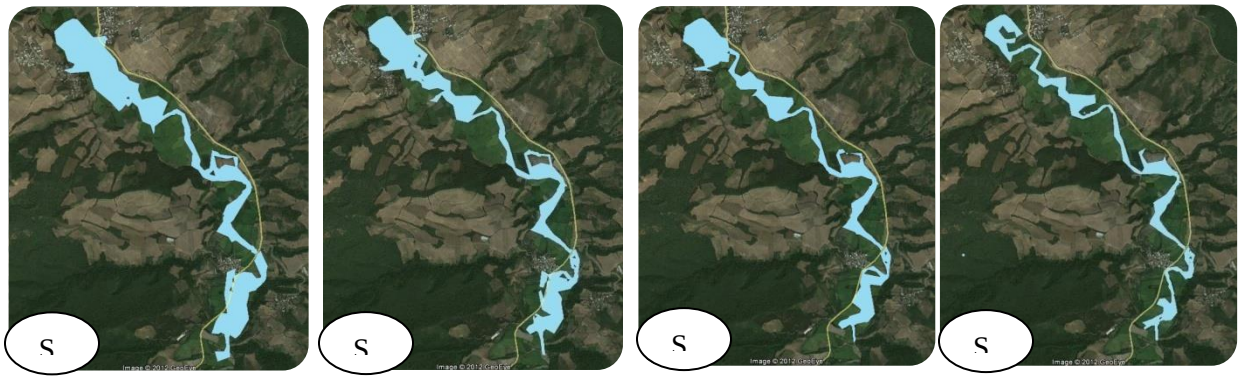
در شکل‌های ۸ تا ۱۱ پهنه سیلاب به ازای دوره بازگشت‌های مختلف، قبل و بعد از احداث سد توسط نرم‌افزار Google Earth در محیط واقعی نشان داده شده است. تاثیر احداث سد در کاهش پهنه سیل در همه دوره بازگشت‌ها مشهود است. همان طور که در این شکل‌ها مشخص است زمین‌های اطراف رودخانه دارای کاربری کشاورزی بوده و از نوع اراضی شالیزاری می‌باشد. مقایسه پهنه سیلاب در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که احداث سد نرمآب تا حد زیادی می‌تواند سبب کنترل سیلاب شده و سطح اراضی زیر آب رفته را کاهش دهد. شکل (۱۲) تاثیر سناریوها و دوره‌بازگشت‌های مختلف را بر مساحت سیل‌گیری مقایسه می‌کند.



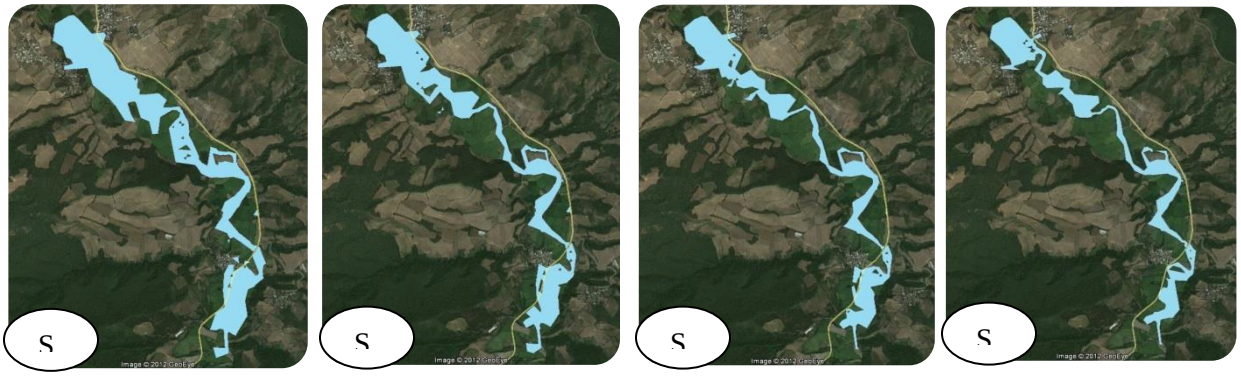
شکل۸- پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال تحت سناریوهای مختلف و نمایش وضعیت پوشش منطقه



شکل۹- پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال تحت سناریوهای مختلف و نمایش وضعیت پوشش منطقه

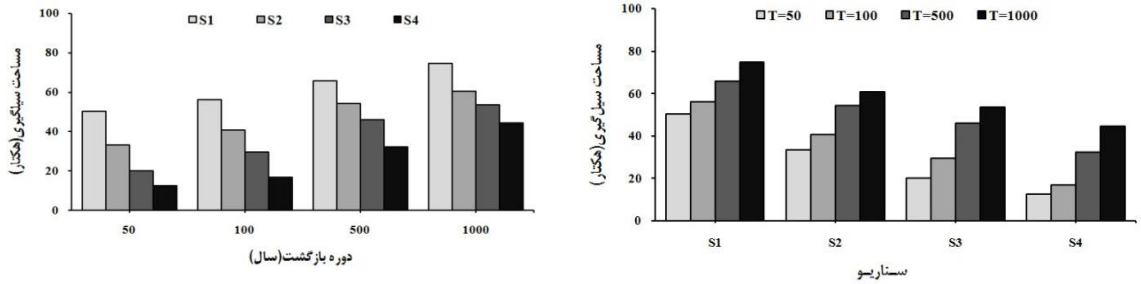


شکل۱۰- پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۵۰۰ سال تحت سناریوهای مختلف و نمایش وضعیت پوشش منطقه



شکل۱۱- پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال تحت سناریوهای مختلف و نمایش وضعیت پوشش منطقه

نمودارهای شکل(۱۲) تاثیر سناریو و دوره‌بازگشت‌های مختلف را بر مساحت سیل‌گیری اراضی شالیزاری مقایسه می‌کند.



شکل۱۲- مساحت پهنه سیل به ازای سناریوها و دوره بازگشت‌های مختلف

ارزیابی خسارت وارد به اراضی شالیزاری منطقه

خسارت ناشی از سیل شامل خسارات محسوس و خسارات نامحسوس می‌باشد که خود خسارات محسوس به دو دسته خسارات مستقیم و خسارات غیر مستقیم تقسیم‌بندی می‌شود(۸). خسارت مستقیم شامل سیل گیری اراضی و تاسیسات، ایجاد فرسایش کناری در حاشیه رودخانه‌ها و تخریب و از بین رفتن اراضی کشاورزی می‌باشد. خسارت غیر مستقیم نیز شامل افزایش هزینه‌های حمل و نقل به علت تغییر مسیر جاده‌های ارتباطی و خسارت ناشی از قطع آب و برق و تلفن و هزینه‌های احیای اراضی و هزینه‌های بازسازی می‌باشد. خسارات مستقیم را می‌توان مستقیما با توجه به مساحت ناحیه سیل زده و میزان محصولات، اماکن یا تجهیزاتی که در اثر سیل از بین رفته‌اند محاسبه کرد و خسارت غیر مستقیم نیز معمولا دو برابر خسارت مستقیم در

نظر گرفته می‌شود(۲۴). همان طور که گفته شد با کمک نرم‌افزار Google Earth می‌توان به کاربری اراضی اطراف رودخانه پی برد. علاوه بر این بازدیدهای منطقه‌ای از محدوده مورد مطالعه صورت گرفت و نشان داد که کاربری این اراضی از نوع کشاورزی بوده و به کشت برنج از نوع طارم محلی اختصاص دارد. با استناد بر اظهارات شالیکاران محل، میزان محصول تولیدی در هر هکتار به طور متوسط ۵ تن می باشد. همچنین قیمت هر کیلو برنج طارم در محل در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۵۰۰۰ریال می‌باشد. بدین صورت

خسارت مستقیم و غیر مستقیم برای هر دوره بازگشت و سناریوهای مختلف بدست آمد و مجموع خسارت مستقیم و غیرمستقیم به عنوان خسارت کل محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که در سناریوی S4 نسبت به S1، میزان خسارت وارد به اراضی شالیزاری در اثر وقوع سیل با دوره بازگشت ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال به ترتیب ۷۵/۱، ۶۹/۹، ۵۳/۳ و ۴۰/۷ درصد کاهش یافت و این نشان می‌دهد که در یک حجم ذخیره ثابت، با افزایش دوره بازگشت سیل، نقش سد در کاهش خسارت وارد به اراضی پایین‌دست کمتر می‌شود.

جدول۲- کل خسارات وارد به اراضی سیل زده تحت سناریوهای مختلف به ازای دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال

دوره بازگشت	سناریو	خسارت کل (میلیون ریال)	دوره بازگشت	سناریو	خسارت کل (میلیون ریال)
۵۰	S1	۱۱۲۹۵	۱۰۰	S1	۱۲۶۲۲/۵
	S2	۷۴۷۰		S2	۹۱۵۷/۵
	S3	۴۵۲۲/۵		S3	۶۶۱۵
	S4	۲۸۱۲/۵		S4	۳۸۰۲/۵
۵۰۰	S1	۱۴۷۸۲/۵	۱۰۰۰	S1	۱۶۸۰۷/۵
	S2	۱۲۱۷۲/۵		S2	۱۳۶۱۲/۵
	S3	۱۰۳۰۵		S3	۱۲۰۶۰
	S4	۷۲۲۲/۵		S4	۹۹۶۷/۵

نتیجه‌گیری

در این تحقیق در مرحله نخست با کاربرد مدل هیدرولیکی HEC-Ras و سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) و استفاده از نرم‌افزار Google Earth شبیه‌سازی پهنه سیلاب رودخانه نرمآب به ازای دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال صورت گرفت. در مرحله دوم تاثیر احداث سد مخزنی نرمآب -با در نظر گرفتن سه سناریو برای حجم ذخیره آن- بر پهنه سیلاب این رودخانه بررسی گردید. میزان خسارت سیلاب‌های با دوره بازگشت‌ها و سناریوهای مختلف بر اراضی محدوده رودخانه قبل و بعد از احداث سد مشخص شد. نتایج نشان داد که احداث این سد تا حد زیادی سبب کنترل سیلاب می‌شود و میزان خسارت وارده بر اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه را کاهش می‌دهد به طوری که در سناریوی S4 نسبت به S1، میزان خسارت وارد به اراضی شالیزاری در اثر وقوع سیل با دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال به ترتیب ۷۵/۱، ۶۹/۹، ۵۳/۳ و ۴۰/۷ درصد کاهش یافت. در صورت اختصاص حجمی از مخزن به کنترل سیلاب، با توجه به عدم قطعیت در برآورد سیلاب طراحی سدها، انعطاف پذیری سیستم افزایش می‌یابد.

منابع

۱-اردستانی م. و م. گلستانه. ۱۳۸۷. بررسی خصوصیات سیلاب‌های رودخانه‌ای و نقش آن در مدیریت سیلاب(مطالعه موردی: مسیل کرکانلو). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب. دانشگاه تبریز.

۲-جبلی فرد س.، آ. امیدوار و ع. نجفی جیلانی. ۱۳۸۷. سیستم تحلیل رودخانه HEC-RAS. چاپ سوم. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر. ۳۷۱ ص.

۳-جلالی راد ر. ۱۳۸۱. پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۴ص.

۴-حسین‌زاده ع. ۱۳۸۳. پهنه‌بندی سیل با استفاده از هکرس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(رودخانه لاین‌سو). پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۱۵ صفحه.

۵-خرم مرگاوی ف. ۱۳۸۹. کاهش خطر سیلاب با استفاده از پهنه‌بندی سیل مطالعه موردی: روستای دارابکلا-شهرستان ساری. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۶-زرگر م. و ا. معصومی‌نژاد. ۱۳۹۰. کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS در مطالعات تعیین حد حریم و بستر رودخانه-ها مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه چناران بجنورد. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۷-شهابی ه.، م. علایی، ع. رحیمی و س.م. حسینی ۱۳۸۹. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS در شبیه‌سازی سیلاب رودخانه در نتیجه تغییر کاربری اراضی شهری. همایش ژئوماتیک. سازمان نقشه‌برداری کشور.
۸-مهدوی م. ۱۳۷۶. بررسی آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خسارت سیل. مجموعه مقالات کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه. انجمن هیدرولیک ایران. ۱۶۰-۱۸۸.
۹-مهدوی، م. ۱۳۷۹. مدیریت سیل، طرح ملی آمادگی و کنترل سوانح طبیعی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
۱۰-مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار. ۱۳۸۵. مطالعات مرحله دوم سد نرمآب: گزارش فنی طراحی هیدرولیکی و سازه‌های وابسته به سد.
۱۱-مهندسین مشاور لار. مطالعات طرح جامع سیل‌خیزی استان گلستان. جلد ۳،۱۰-الف.
۱۲- وزارت نیرو. ۱۳۹۰. راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها، نشریه شماره ۳۳۱
۱۳-ولی‌زاده‌کامران خ. ۱۳۸۶. کاربرد GIS در پهنه‌بندی خطر سیلاب(مطالعه موردی: حوضه رود لیقوان)، فصلنامه فضای جغرافیایی. سال هفتم. شماره ۲۰. صفحات ۱۵۳تا۱۷۰.
14-Ackerman C.T., A.E. Thomas and G.W. Brunner 1999. HEC-GeoRas: Linking GIS to Hydraulic Analysis using ARC/INFO and HEC-RAS. International ESRI user conference. ESRI. Redlands.
15-Beavers M.A. 1994. Floodplain Determination using HEC-2 and GIS. Master's Thesis. Department of Civil Engineering. The University of Texas at Austin.
16-Correia E.N., M.G. Saravia, F.N. Silva and I. Romos. 1999. Flood Plain Management in Urban Development Area. Part II. GIS-based Flood Analysis and Urban Growth Modeling. Water Resources Management. (13), PP.23-37.
17-Dyhouse G., J. Hatchett and J. Benn. 2003. Floodplain modeling using HEC-RAS. volume 1. Haestad Press. 696 pages.
18-Hill, M. 2001. Flood Plain Delineation using HEC-GeoRas Extension for ArcView. Birgham Young University. CeEn. 514 pages.
19-Hyalmarson, H.W. 1988. Flood Hazard Zonation in Arid Land. Wisely Publishers.
20-Islam M.D. and K. Sado. 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR Images with GIS. Hydrological Sciences Journal. 45(3). PP. 42-48.
21-James M.D., M.D. Larsen and T.F. Glover. 1980. Flood Plain Management Needs Peculiar to Arid Climates. Water Resources Bulletin. 16(6):PP.1020-1029.
22-Liang S. and C.R.C. Mohanty. 1997. Optimization of GIS-based Flood Hazard Zoning- A Case Study at Mahandy Command Area in Cuttack District. Orrisa. India. Journal of Chinese Soil and Water Conservation. 28(1), pp.11-20.
23-Lin J.Y., S.L. Yu and T.C. Lee. 2000. Managing Taiwan's Reservoir Watersheds by the Zoning Approach. Journal of American Water Resources Association. 36(5):pp. 989-1001.
24-Sargent D.M. 1992. Flood Management in Rockhampton. International Conference on Floods and Flood Management. Florence. Italy. pp 3-17.
25-Suria, S. and B.V. Mudgal 2011. Impact of urbanization on flooding: the Thirusoolam sub watershed- A case study. Journal of hydrology. Volume 412-413. Pages 210-219.
26-Tate, E.C. 1998. Flood Plain Mapping using HEC-RAS and ARC-VIEW GIS. Masters Thesis. Department of Civil Engineering. University of Texas at Austin. 137.p.
27-Plate, E.J. 2002. Flood Risk and Flood Management, Journal of Hydrology, 267, P.P 2-11.
28-Terry, B. 2002. Application of Tools for Hydraulic PowerPoint Presentation, Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study.
29-Tsai, C.T. and C.R. Yang, 2000. Development of a GIS-based Flood Information System for Floodplain Management and Damage Calculation. Journal of the American Water Resources Association, 36(3), pp. 567-577.

30-UNESCO. 1993. International Glossary of Hydrology. second edition. 413 pp.

Effect of Construction of Narmaab Storage Dam on Reduction of Flood Plain and Flood Damage at Downstream Lands

M. Yakhkeshi[1], M. Meftah Halghi[2], A Zahiri, M.E[3]. Yakhkeshi[4], M.R. Madadi[5]

Abstract

Flood is one of the complex and destructive natural phenomena led to human and financial losses around the country and world every year. Generally methods of flood controlling are classified in two parts consist of structural and non structural methods. Construction of dam is one of the structural methods plays an important role in flood control. A dam by storing a part of flood volume causes to dropping in flood peak and reduces the flood damage in down lands. In this study, by using of river analysis systems(HEC-Ras) and geographic information system(GIS) and utilizing of Google-Earth software, the floodplain with frequency of 50, 100, 500 and 1000 years investigated at Narmaab River of Golestan. Then effect of construction of Narmaab Dam on reducing the flood plain at down lands has been studied. Therefore several scenarios were defined for dam flood storage volume and in any case the flood plain and flood damage at down lands was estimated. The results show that construction of Narmaab Dam with a flood storage volume equal to 6 million cubic meters can reduce damage of flood with frequency of 50 and 1000 years by %75.1 and %40.7 respectively.

Keywords: Golestan, Narmaab Storage Dam, Flood Control, HEC-Ras, GIS

[1] M.Sc, Department of Water Eng.,, Gorgan Agricultural and Natural Resources University, Mahmood.Yakhkeshi@yahoo.com

[2] Associated Professor, Dep.of Water Eng., Gorgan Agricultural and Natural Resources University, Meftah_20@yahoo.com

[3] Assistant Professor, Dep.of Water Eng., Gorgan Agricultural and Natural Resources University, Zahiri_a@modares.ac.ir

[4] PhD, Chief of Mazandaran regional Water Company, Yakhkeshie@yahoo.com

[5] PhD Student, Dep. of Water Eng.., Shahid Bahonar University of Kerman, Mohamad_Reza_Madadi@yahoo.com, (Corresponding Author)