

تحلیل و بررسی خطر سیلاب شهری مربوط به حوضه آبریز رودخانه خشک شیراز

قاسمعلی مقتدری^{۱*}، بابک اجتماعی^۲ فاطمه موسوی کردشولی^۳

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط.

چکیده

یکی از دلایل سیلاب در قرن بیست و یکم موضوع تغییرات کاربری اراضی است، بررسی دقیق مجموعه عوامل زیست‌محیطی که زمینه‌ساز این حوادث هستند نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق مواردی چون توسعه شهری موجب تشدید سیلاب‌ها، افزایش آلودگی در قسمت پایاب، کاهش جریان‌های پایه و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد. داده‌های موردنیاز در این تحقیق بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل SCS می‌باشد. یافته‌های حاصل از مدل SCS نشان می‌دهد که در اراضی بالادست حوضه که دارای شیب بالا، اراضی لخت، خاک‌های نفوذناپذیر پراکندگی بیشتری دارد ضریب نگهداشت خاک پایین بوده و در نتیجه میزان رواناب تولیدی نیز بیشتر است. با افزایش رواناب در سطح حوضه بالادست حداکثر دبی نیز افزایش یافته و با این افزایش پهنه‌های سیلابی با وسعت بیشتری زیرآب فرو می‌روند. با بررسی‌های انجام‌شده بر روی رودخانه خشک مشخص شد که میزان فرسایش و تخریب کناره‌های رودخانه در مسیرهای مستقیم و پیچان‌رود در نقاط فاقد پوشش گیاهی به مراتب بیشتر از نقاط دارای پوشش گیاهی می‌باشد. در صورتی که دبی ورودی به بستر رودخانه بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ مترمکعب در ثانیه باشد با توجه به عرض رودخانه و سایر عوامل می‌تواند بسیار خطرناک باشد. همچنین هر چه اقدامات تغییر کاربری اراضی در قسمت غربی حوضه یعنی در قسمت گلستان، خلار و گردنه شول بیشتر شود باعث می‌شود که قسمت میانی و شرقی حوضه که در داخل شهر شیراز می‌باشد بیشتر دچار آسیب شود چون اولاً شیب حوضه نیز از طرف غرب به شرق می‌باشد ثانیاً میزان بارندگی از غرب به شرق کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: رودخانه خشک، سیلاب شهری رواناب، شیراز.

مقدمه

سیلاب به‌عنوان یکی از بحران‌های طبیعی مهم، خسارت‌های فراوانی به مناطق تحت تأثیر خودش وارد می‌کند. برای مدیریت سیلاب ابتدا باید عوامل تولید و ایجاد آن شناسایی شوند سپس مناطقی که پتانسیل زیادی در تولید سیل دارند، شناسایی شوند (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۰). یک سوم از مساحت زمین مستعد سیل است که ۸۲ درصد از انسان‌های جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطح جهانی ۱۰۴ میلیارد دلار در سال برای خسارات ناشی از سیل و خسارات مربوطه خرج می‌شود که ۹۵ درصد از کل مرگ‌ومیرهای ناشی از حوادث شدید در کشورهای درحال توسعه رخ می‌دهد. سیل‌ها شایع‌ترین بلایای طبیعی هستند که مناطق شهری را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهند و اثرات آن در کشورهای در حال توسعه به دلیل نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی، زیرساخت‌های توسعه ضعیف، تغییر برنامه‌ریزی نشده در الگوهای کاربری زمین، تغییر شرایط آب و هوایی، سیستم‌های ناکافی کاهش سیل و افزایش سرعت شهرنشینی تشدید می‌شود (کومار و همکاران، ۲۰۲۱). سیل باعث ۸۴ درصد مرگ‌ومیر ناشی از بلایای طبیعی در سیاره ما می‌شود. تعداد حوادث سیل گزارش شده، افراد آسیب‌دیده و خسارات اقتصادی مرتبط با آن به‌طور قابل توجهی در دو دهه گذشته افزایش یافته است و هیچ نشانه‌ای از کاهش نشان نمی‌دهد. استراتژی‌های سنتی مدیریت سیل که بر کنترل سیل‌ها از طریق اقدامات ساختاری مهندسی محور تمرکز می‌کنند، به سمت رویکرد مدیریت سیل تغییر می‌کنند که اقدامات ساختاری و غیر ساختاری را در سطح حوضه با تأکید بر مشارکت جامعه، حفظ اکوسیستم و کاهش سیل ادغام می‌کند (جمالی و همکاران، ۲۰۲۰). در تمامی مناطق دنیا سیلاب‌های بزرگ عموماً از فراوانی وقوع کمتری برخوردارند، درحالی‌که فراوانی وقوع سیلاب‌های کوچک‌تر متداول است. درواقع می‌توان گفت که سیل‌های کوچک با دبی قابل قبول یک فرایند کاملاً طبیعی و عادی مجرای رودخانه‌ها به شمار می‌رود. بااین حال از آنجایی‌که اراضی مجاور رودخانه عموماً تحت اشغال انسان می‌باشند، سیلاب‌های بزرگ‌تر می‌توانند بسیار خطرناک باشند و یک بلای طبیعی به حساب می‌آیند (قره خانی و همکاران، ۱۴۰۱). در طول سیل، آب تا حد زیادی مناطقی را می‌پوشاند که معمولاً توسط آب پوشانده نمی‌شود، زمین‌های کشاورزی و زیرساخت‌های حیاتی را تخریب می‌کند، جمعیت انسانی را

جابجا می‌کند، فعالیت‌های اقتصادی را مختل می‌کند و در بدترین موارد منجر به اپیدمی و مرگ می‌شود (نکانونوو و همکاران، ۲۰۲۰). اندازه و تناوب رخداد سیلاب در هر منطقه وابسته به عوامل متعددی است. مشخصه‌های فیزیکی حوضه آبخیز مانند: شکل، شیب، شبکه آبراهه و پستی و بلندی‌های زمین همراه با ویژگی‌های هیدرولوژیکی از قبیل: بارش، ذخیره و تلفات برگابی و چالابی، تبخیر و تعرق، تخلخل و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های انسانی در وقوع و تشدید سیلاب و یا کاهش و افزایش میزان تلفات و خسارات حاصل از آن مشارکت دارند. شناسایی این عوامل و طبقه‌بندی آن‌ها در هر منطقه‌ای، از اصول اساسی و اولیه مهار سیلاب و کاهش مخاطرات آن به شمار می‌رود (مددی و همکاران، ۱۳۹۹). تصمیم‌گیری در مورد مکان‌ها و راه‌حل‌های مدیریت سیل یک فرآیند ساده نیست. تکه تکه و ناسازگار است و به تأثیر متقابل ملاحظات اجتماعی، فنی، سیاسی و اقتصادی شناخته شده و ناشناخته بستگی دارد. (دراسون، ۲۰۲۰) سیل شهری یک چالش جهانی کلیدی است که انتظار می‌رود تحت تغییرات جهانی به دلیل بارش شدیدتر و رژیم‌های رواناب بر روی مناظر فزاینده شهری تشدید شود. در نتیجه، بسیاری از شهرها با استفاده از راه‌حل‌های زیرساخت سبز برای معکوس کردن میراث رویکردهای مدیریت سیل مهندسی سخت، در رویکرد خود برای مدیریت ریسک سیل تجدیدنظر می‌کنند (گرین و همکاران، ۲۰۲۱). فقدان بسترهای هشدار و پیش‌بینی کوتاه‌مدت سیل، توانایی شهرها برای مقابله با سیل ناگهانی را محدود می‌کند، که اغلب به دلیل تمرکز جمعیت و دارایی‌ها، عواقب را برای شهرهای بزرگ افزایش می‌دهد (سان و همکاران، ۲۰۲۱). کشور ایران با توجه به اقلیم مدیترانه‌ای به لحاظ سیل‌خیزی هفتمین کشور دنیاست و سالانه خسارات زیادی را در این زمینه متحمل می‌شود. روند افزایش سیل در پنج دهه‌ی اخیر نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل در دهه ۸۰ نسبت به دهه ۴۰ تقریباً ۱۰ برابر شده است (موغلی، ۱۴۰۲). در گذشته رویکردهای مدیریت سیلاب‌های شهری، بر اساس جمع‌آوری، انتقال و دفع سیلاب‌ها بوده است درحالی‌که رویکردهای مدرن در مدیریت سیلاب‌های شهری، بر به‌کارگیری روش‌هایی که حداکثر تطابق را با فرآیندهای چرخه طبیعی آب سطحی داشته باشد، تأکید دارد. هدف از رویکردهای مدرن در مدیریت سیلاب‌های شهری، کنترل و کاهش سیلاب و انتقال آلودگی ناشی از آن می‌باشد. این

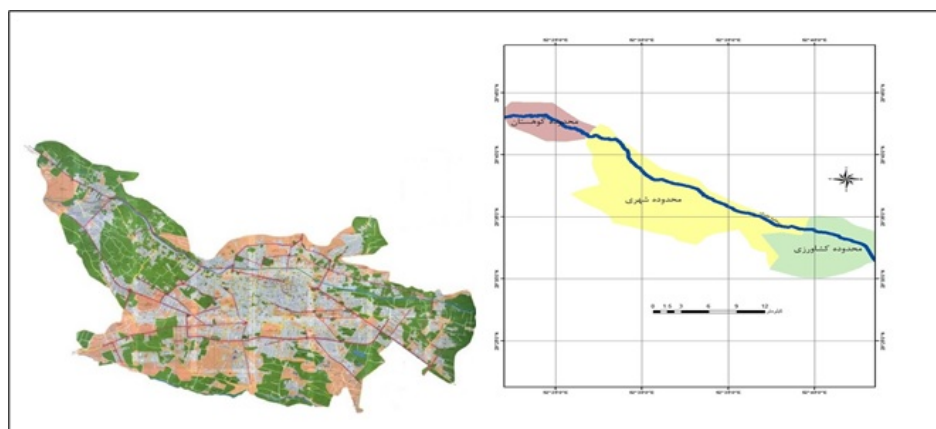
۲۰ درجه تا ۵۲ درجه و ۴۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ تا ۲۹ درجه و ۴۳ درجه عرض شمالی قرار گرفته، حداقل ارتفاع در حوزه آبریز آن ۱۴۷۰ متر در محدوده دریاچه مهارلو و حداکثر آن ۲۸۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه خشک شیراز از به هم پیوستن دو رودخانه نهر اعظم و چنار سوخته تشکیل شده که با جهت شمال غربی جنوب شرقی از شهر شیراز عبور کرده و در طول مسیر نیز آبراهه‌هایی مثل دروازه قران و سعدی به آن وارد می‌شود و در نهایت به دریاچه مهارلو در جنوب شیراز می‌ریزد. به دلیل وسعت زیاد حوزه آبریز، تغییرات بارندگی در آن زیاد بوده بطوریکه اختلاف میزان بارندگی سالیانه بین شمال و جنوب حوزه به صد میلی‌متر در سال می‌رسد. طول این رودخانه تا زمین‌های کشاورزی واقع در جنوب شهرستان ۴۷ کیلومتر بوده و شیب بستر آن بین $1/4 - 1/2$ درصد متغیر است. حوزه آبریز رودخانه خشک شیراز شامل سه محدوده کوهستانی، شهری و کشاورزی می‌باشد. محدوده کوهستانی در سرمنشأ رودخانه قرار گرفته، محدوده کشاورزی در سمت جنوب که به چند شاخه تقسیم می‌شود و بدنه اصلی رودخانه که خطر سیلاب بیشتری متوجه این قسمت می‌باشد و در حدود ۲۰ کیلومتر طول این مسیر می‌باشد.

روش‌ها که در آن‌ها تأکید بر حداکثر تطابق با فرآیندهای چرخه طبیعی آب سطحی می‌باشد را اصطلاحاً روش‌های توسعه کم اثر می‌گویند (پناهی و اسماعیلی، ۱۳۹۷). مانند بسیاری از مناطق شهری کشور، آسیب‌پذیری در برابر سیل در شیراز به دلیل استانداردهای پایین زهکشی، ظرفیت زهکشی ضعیف، تراز نامناسب زهکشی، تأسیسات زهکشی قدیمی و شبکه‌های لوله‌های زهکشی پیچیده با تنظیمات غیرمنطقی، توسعه سریع مسکن و قطع تأسیسات زهکشی با سایر خطوط شهری، تخلیه به موقع آب قبل از ایجاد سیل شدید دشوار است. مهم‌ترین نقش رودخانه خشک که کنترل سیلاب‌ها می‌باشد، با ایجاد کنارگذر در سراسر رودخانه باعث شده این نقش دچار مشکل شود. این کنارگذر که در قسمت میانی رودخانه در شهر واقع شده باعث جریان سنگین سواره شده و بخصوص در زمان بارندگی‌ها تشدید شده و در صورت وقوع سیلاب بیشترین خطرات را ایجاد می‌نماید. از طرف دیگر تخلیه ضایعات ساختمانی در مسیر رودخانه زمینه را برای خطر بیشتر سیلاب ایجاد کرده است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این رودخانه خشک از کوه‌های قلات در ۲۶ کیلومتری شمال غرب شیراز سرچشمه می‌گیرد و در طول جغرافیایی ۵۲ درجه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

محاسبه شده است. برای به دست آوردن CN گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی، نوع زراعت و وضعیت هیدرولوژیکی محاسبه شده است. برای به دست آوردن گروه هیدرولوژیکی ابتدا نقشه لند فرم به وسیله نقشه‌های

روش تحقیق

داده‌های مورد نیاز در این تحقیق بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لند ست و مدل SCS می‌باشد با استفاده از روش SCS حداکثر رواناب احتمالی در حوزه

در هر دو تصویر می‌باشد بعد از تهیه تصویر با ماتریس فوق آنگاه به هر کدام از عناصر با پیکسل‌های تصویر یک ارزش جدید اختصاص می‌دهیم (نقشه ۱) و با قرار دادن آن بر روی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با اختصاص دادن یک ارزش به هر پیکسل با توجه هم‌پوشی عناصر نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی نقشه جدید تهیه می‌گردد که معرف شماره منحنی CN هر پیکسل در داخل حوضه می‌باشد. برای به دست آوردن CN حوضه بعد از تعیین گروه هیدرولوژیکی خاک و تهیه نقشه پوشش سطحی حوضه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از جداول CN برای پوشش‌های سطح حوضه با توجه به وضعیت هیدرولوژیکی خاک و کاربری و پوشش سطحی مقدار یا ارزش عددی CN برای هر پیکسل در سطح حوضه محاسبه گردیده است.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

در این روابط S ضریب نگهداشت سطحی، Q ارتفاع رواناب (میلی‌متر)، p ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)، CN شماره منحنی رواناب است که بین صفر تا صد متغیر بوده و با توجه به جدولی که توسط سازمان حفاظت خاک ایالات متحده (SCS) براساس کاربری اراضی، پوشش، گروه‌های هیدرولوژیکی و شرایط رطوبت پیشین تهیه شده است، محاسبه می‌گردد. شماره منحنی حوضه آبریز از ۳۰ تا ۹۷ تغییر می‌کند. در صورتی که شرایط حوضه از نظر عوامل مؤثر بر CN یکنواخت نباشد باید مقدار میانگین وزنی CN برای کل حوضه محاسبه گردد. بدین ترتیب که:

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right]$$

در این رابطه \overline{CN} میانگین وزنی CN در سطح حوضه و A_i درصد مساحتی از حوضه با شماره منحنی CN_i است.

برآورد دبی‌های حداکثر

پس از محاسبه رواناب بر اساس رابطه دبی اوج سیلاب حداکثر، دبی محاسبه گردید (جدول ۱).

$$Q_{max} = \frac{0.2083 * A * Q}{T_p}$$

توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شده و در طی عملیات میدانی نوع خاک (شنی، ماسه‌ای ولومی) تعیین گردید. برای به دست آوردن کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شده است. برای به دست آوردن رطوبت خاک با استفاده از شاخص دما و تصویر ماهواره لندست دمای زمین محاسبه شده و سپس رطوبت خاک استخراج می‌گردد. در طی عملیات میدانی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نقشه نوع زراعت آماده گردید. پس از محاسبه CN با استفاده از داده‌های هواشناسی و استفاده روش زمین‌آمار حداکثر بارش محتمل محاسبه شده و با اجرای مدل SCS حداکثر رواناب به دست آمد. با به دست آوردن حداکثر رواناب، دبی حداکثر با داده‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز محاسبه شده و با داشتن دبی و شکل بستر رودخانه شبیه‌سازی سیل و پهنه‌های سیلابی انجام شده و در نهایت با داشتن لایه اطلاعات پهنه‌های سیلابی در معرض خطر شناسایی شده است.

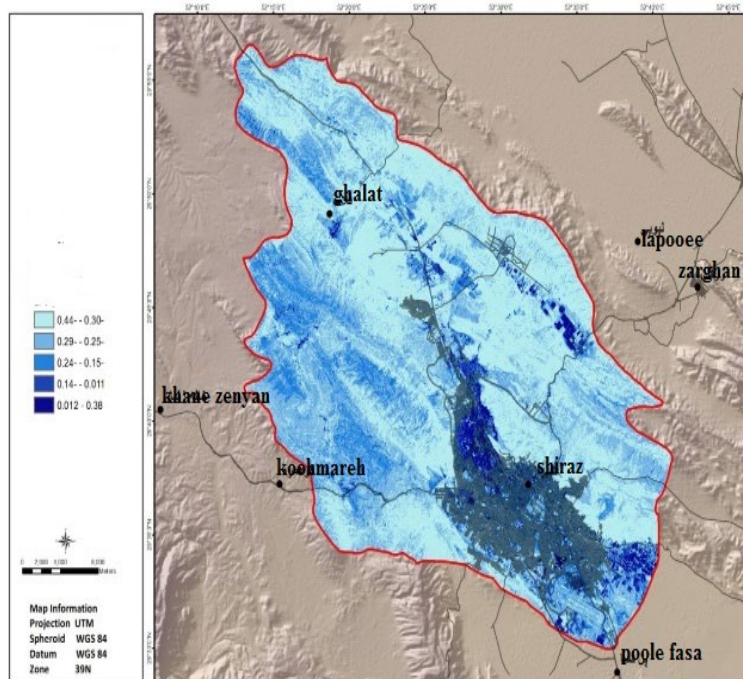
بحث

تهیه نقشه CN حوضه و برآورد رواناب

CN یا شماره منحنی در بسیاری از روابط محاسبه مقدار رواناب حاصل از بارش بر روی یک حوضه به کار می‌رود ارزش‌های CN ترکیبی از ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی هر نقطه از حوضه است برای محاسبه CN در یک حوضه ابتدا باید با گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را تعیین نمود. بعد از تعیین گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و تهیه نقشه آن که باید در یک سیستم GIS به صورت سلولی باشد (چون در یک سیستم GIS تمام محاسبات بر روی سلول‌های به نام پیکسل انجام می‌گیرد) نقشه کاربری اراضی و نوع پوشش سطحی حوضه مورد مطالعه تهیه گردید. بعد از تهیه نقشه کاربری اراضی (با تشکیل تصویری که به صورت مقاطع می‌باشد یعنی به صورت دو ماتریس به تعداد سطر و ستون‌های برابر متناهی با ارزش‌های متفاوت بر روی همدیگر قرار بگیرند بدون این که این هم‌پوشی دولایه به صورت یکی از اعمال ریاضی یا منطقی باشد. ماتریس یا تصویر جدید تولید شده هر عنصر آن نمایش دهنده قرار گرفتن ارزش عنصر

با محاسبه دبی و در اختیار داشتن داده‌های فیزیوگرافی محدوده مطالعاتی و توپوگرافی محدوده رودخانه شیراز در محیط Hec-Ras شبیه‌سازی سیل صورت گرفته و پهنه‌های در خطر سیل محاسبه گردیدند.

$Q = \sqrt{TC} + 0.6 T_p$
 Q حداکثر دبی،
 T_p زمان پیک برحسب ساعت،
 TC زمان تمرکز برحسب ساعت



شکل ۲- نقشه CN منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- دبی‌های حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه با دوره‌های بازگشت مختلف

۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	رودخانه - ایستگاه
۱۸۱	۱۵۵	۱۲۴	۱۰۰	۷۷	۴۳	خشک - چنارسوخته
۲۹۳	۲۲۵	۱۵۰	۱۰۴	۶۶	۲۷	نهر اعظم - چنار سوخته
۱۶۶	۱۰۱	۱۰۸	۸۳	۵۹	۲۷	چنار راهدار - چنار راهدار
۱۳۵	۱۱۱	۸۳	۶۳	۴۵	۲۳	پل فسا - پل فسا

است. مقدار CN براساس هیدرو گراف‌های سیلاب و بارندگی کوتاه‌مدت ثبت شده در هر ایستگاه محاسبه شده و متوسط آن ارائه شده است. جهت برآورد بارش طراحی بر اساس دوره‌های برگشت مختلف از مقادیر ضرایب ثابت معادله رگبارهای کوتاه‌مدت ایستگاه شیراز استفاده شده است مقادیر بارندگی طراحی در جدول ۲ آمده است. مقادیر دبی اوج به دست آمده در مدل با دوره برگشت‌های مختلف سه ایستگاه اقبال‌آباد، چنارسوخته خشک و چنارسوخته نهر اعظم در جدول ۳ ارائه گشته است.

محاسبه سیلاب با استفاده از مدل بارش رواناب

برای محاسبه سیلاب با روش بارش - رواناب مدل SCS از نرم‌افزار GIS استفاده شده است. در این نرم‌افزار با تهیه مدل حوضه‌ها و بارندگی‌های طراحی، دبی پیک سیلاب را می‌توان محاسبه نمود. مدل‌سازی در نرم‌افزار بر اساس روش SCS انجام شده است. در ابتدا مقدار CN به دست آمده برای حوضه‌های چنار سوخته (نهر اعظم)، چنارسوخته (خشک) و اقبال‌آباد، به ترتیب ۸۱/۳، ۸۵ و ۸۱/۲ در نظر گرفته شده

جدول ۲ شدت و ارتفاع بارندگی با دوره‌های بازگشت مختلف در حوضه

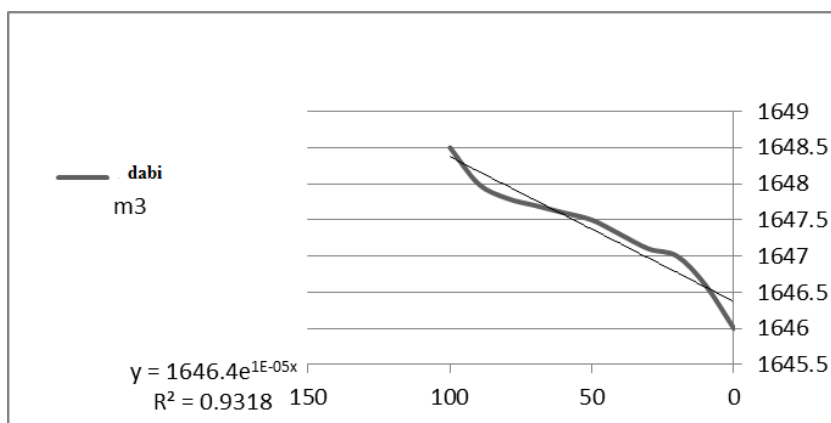
دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
شیراز	۲۷	۳۴	۳۹	۴۵	۵۳	۵۹

جدول شماره ۳ مقادیر دبی اوج درروش SCS

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
خشک اقبال	۱۵۴	۲۷۲	۳۵۸	۴۱۹	۵۴۷	۶۲۷
خشک چنارسوخته	۳۱	۶۰	۸۰	۹۹	۱۲۳	۱۴۱
نهر اعظم چنار سوخته	۳۵	۸۱	۱۱۵	۱۴۹	۱۹۳	۲۲۸

توصیه می‌شود در استفاده از این مدل در برآورد سیلاب، پارامترها بر اساس داده‌های واقعی کالیبره شود. کالیبراسیون را می‌توان یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین بخش‌های مدل‌سازی در یک جریان سیلابی دانست. استفاده از روابط مختلف در روند یابی جریان در رودخانه با فرضیات ساده کننده‌ای همراه است که خطاهایی را به سیستم وارد می‌کند. خطاهای ناشی از روابط ساده شده و فرضیات ساده کننده در مدل‌سازی جریان منجر به تولید اختلافاتی بین مقادیر شبیه‌سازی شده مشاهده می‌شود. چنانچه کالیبراسیون مدل به خوبی انجام شود و مقادیر نسبی برای ضرایب مانینگ، نشست در شاخه‌های رودخانه که در این مطالعه کالیبراسیون با استفاده از آن‌ها انجام می‌شود یافت شود به دقت مدل‌سازی افزوده خواهد شد و مل قادر به نتایج واقعی تری خواهد شد. در ایستگاه نهر اعظم بنا بر اندازه‌گیری‌های انجام شده بین دبی و ارتفاع سطح آب ارتباط معنی داری وجود دارد که در شکل ۲ و ۳ و ۴ قابل مشاهده است.

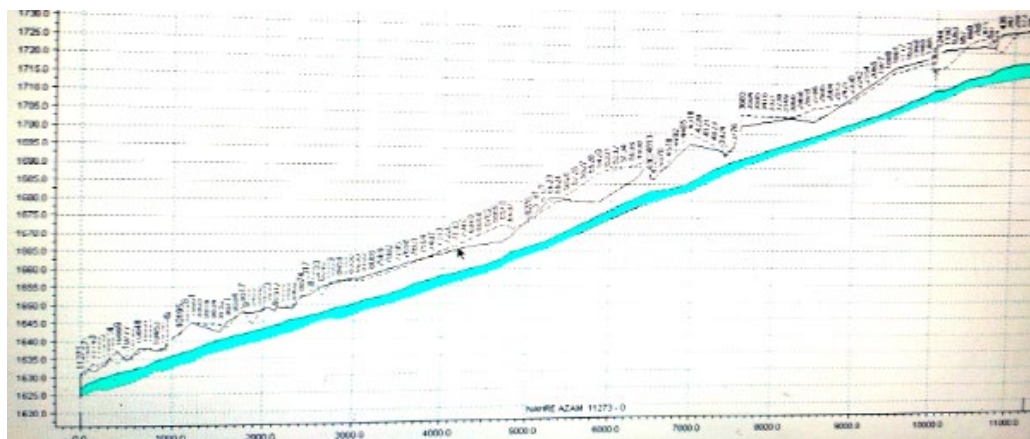
مقادیر به دست آمده از نسبت دبی‌های حداکثر لحظه‌ای و مدل بارش رواناب در دوره برگشت‌های کم، اختلاف داشته و در دوره برگشت‌های بالاتر نزدیک به هم می‌باشد. با توجه به اینکه درروش نسبت دبی‌ها حداکثر لحظه‌ای از تعداد محدودی داده استفاده شده است، نتایج به دست آمده از مدل بارش-رواناب پذیرفته شده است. لازم به ذکر است که در مدل بارش رواناب بایستی پارامترهای این مدل حتی الامکان کالیبره شوند. از این پارامترها می‌توان CN و زمان تمرکز را نام برد. در این تحقیق زمان تمرکز حوضه‌ها با استفاده از اطلاعات هیدرو گراف‌های سیلاب و آمار شدت رگبارهای باران سنخ ثبات تدقیق شده است. برای کالیبره کردن CN نیز از اطلاعات هیدرو گراف‌های سیلاب و بارندگی‌ها به وقوع پیوسته در زمان آن سیلاب‌ها استفاده شده است. بدین ترتیب که با محاسبه حجم سیلاب بارندگی و بارش ناشی از آن، مقدار CN محاسبه شده و از آن در مدل استفاده شده است. یکی از دلایلی که نتایج استفاده از مدل و آنالیز دوره برگشت داده‌ها به هم نزدیک بوده، کالیبره کردن پارامترهاست. بنابراین



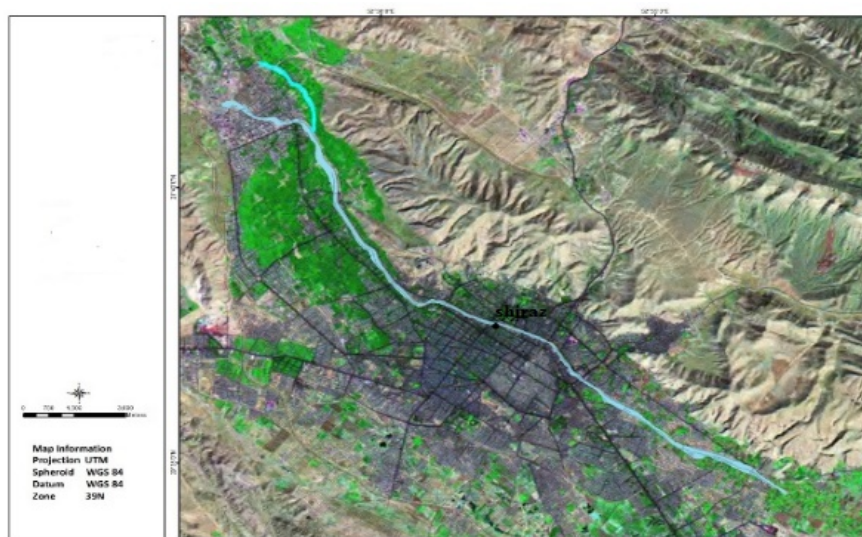
شکل ۳- سطح آب در ایستگاه نهر اعظم

پیش‌بینی شده سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال که توسط مدل پس از کالیبراسیون در شاخه نهرا عظم صورت گرفته نمایش داده می‌شود.

پس از این مرحله مدل کامپیوتری با توجه به مقادیر جدیدی که برای ضرایب مانینگ داشت به دست آمده اصلاح می‌شود و مدل‌سازی مجدد صورت می‌گیرد. در ادامه تصویر پروفیل



شکل ۴- پیش‌بینی سیل در رودخانه نهرا عظم



شکل ۵- پیش‌بینی سیل در رودخانه نهرا عظم

نتایج حاصل از مدل SCS نشان می‌دهد که در اراضی بالادست حوضه که دارای شیب بالا، اراضی لخت، خاک‌های نفوذناپذیر پراکندگی بیشتری دارد ضریب نگهداشت خاک پایین بوده و در نتیجه میزان رواناب تولیدی نیز بیشتر است. با افزایش رواناب در سطح حوضه بالادست حداکثر دبی نیز افزایش یافته و با این افزایش پهنه‌های سیلابی با وسعت بیشتری زیرآب فرو می‌روند. زمان رسیدن سیلاب به اوج در این رودخانه بین ۸ تا ۱۲ ساعت بوده، ولی با اقدامات عمرانی و تغییرات کاربری که در قسمت بالای حوضه انجام شده باعث شده این زمان را کاهش داده و زمان واکنش را برای

نتیجه‌گیری

برای محاسبه سیلاب با روش بارش- رواناب با مدل SCS از نرم‌افزار GIS استفاده شده است. در این نرم‌افزار با تهیه مدل حوضه‌ها و بارندگی‌های طراحی، دبی پیک سیلاب را می‌توان محاسبه نمود. مدل‌سازی در نرم‌افزار بر اساس روش SCS انجام شده است. در ابتدا مقدار CN به دست آمده برای حوضه‌های چنار سوخته (نهرا عظم)، چنار سوخته (خشک) و اقبال‌آباد، به ترتیب ۸۱/۳، ۸۵ و ۸۱/۲ در نظر گرفته شده است.

پیشنهادات

پیش‌بینی تغییرات کاربری نشان می‌دهد که سطح اراضی زارعی و مراتع به علت روند توسعه شهری کاسته شده و ابن عامل می‌تواند دبی حداکثر را افزایش داده و خسارات جبران ناپذیری به بار آورد. با توجه به روند افزایش سیلاب و بالا رفتن خسارت، لازم است که اقدامات زیر صورت گیرد:

- تغییر کاربری اراضی از زراعت به مسکونی تحت نظارت واحدهای ذی‌ربط انجام شود.

- طرح‌های آبخیزداری در بالادست حوضه آبریز صورت گیرد.

همچنین بر اساس رویکرد پایداری محیط می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

جداره سازی فعلی در رودخانه به صورت بتنی و با مقطع عمودی رویکردی صرفاً عمرانی جهت کنترل سیلاب دارد و عملاً رودخانه را به کانال بتنی عمیقی تبدیل کرده که نه تنها سبب سرعت بخشیدن به سیلاب‌های احتمالی می‌شود، بلکه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل عینی و ذهنی با منظر بومی رودخانه منطبق نیست. لذا استفاده از برش‌های طبیعی جداره رودخانه و یا کاهش تدریجی شیب جداره به‌عنوان سیاست اول پیشنهاد می‌شود.

- اصلاح الگوی کاشت فعلی درختان که به صورت خطی در جداره رودخانه انجام شده بدون توجه به بوم و پوشش گیاهی می‌تواند سبب از بین رفتن هویت مکانی کاربران بومی شده است. سیاست دومی که می‌تواند پیشنهاد شود این است که کاشت درختان بر اساس اکوسیستم رودخانه جایگزین کاشت خطی شود.

منابع

- 1- Cea, L., & Costabile, P. (2022). Flood risk in urban areas: modelling, management and adaptation to climate change. A review. *Hydrology*, 9(3), 50.
- 2- Dawson, D. A., Vercruyse, K., & Wright, N. (2020). A spatial framework to explore needs and opportunities for interoperable urban flood management. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2168), 20190205.
- 3- Gharekhani, Agha Mohammadi, Vahidnia, & Mohammad Hassan. (2022). Determining flood hazard zones using hydrological spatial

مدیریت بحران سیلاب کم کرده است. از طرف دیگر با پوشاندن مسیل‌هایی که به رودخانه خشک ختم می‌شود از جمله مسیل دروازه قرآن که توسط شهرداری شیراز به مسیر ورودی تبدیل شده به این مشکل بیشتر دامن زده است. بطوریکه در سیلاب سال ۹۸ تعداد ۲۱ فوتی و ۱۱۹ نفر مصدوم به‌جا گذاشت. در این سیلاب مناطقی که اطراف رودخانه خشک بوده از جمله منطقه هفت تن و سعدی متحمل خسارت‌هایی ناشی از این سیل شده‌اند. به‌طورکلی می‌توان گفت که اقدامات غیراصولی از جمله تغییر کاربری اراضی، تعرض به مسیر رودخانه، ساخت‌وسازهای غیراصولی و نزدیک به بستر رودخانه، ریختن مصالح ساختمانی در مسیر رودخانه، ایجاد کنارگذر در بستر رودخانه زمینه را خطر سیل بیشتر ایجاد کرده است. و هر چه این اقدامات در قسمت غربی حوضه یعنی در قسمت گلستان، خلار و گردنه شول بیشتر شود باعث می‌شود که قسمت میانی و شرقی حوضه که در داخل شهر شیراز می‌باشد بیشتر دچار آسیب شود چون اولاً شیب حوضه نیز از طرف غرب به شرق می‌باشد ثانیاً میزان بارندگی از غرب به شرق کاهش می‌یابد. همچنین با ریختن مصالح ساختمانی و غیره بار رودخانه را به همراه رسوباتی که خود رودخانه به‌صورت آبرفتی و کوهرفتی حمل می‌کند زیاد کرده که این عامل باعث قدرت تخریب و سیلاب بیشتری در قسمت شرقی می‌شود و می‌توان گفت سیلاب‌های با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای این شهر بسیار خطرناک خواهد بود از جمله سیلابی که در سال ۶۵ اتفاق افتاد و باعث خسارت‌های سنگینی شد. از طرف دیگر پوشش گیاهی زمانی می‌تواند در این رودخانه مؤثر واقع شود که نسبت عرض به عمق کمتر از ۱۶ باشد که در قسمت غربی حوضه این عامل بالقوه وجود دارد. ولی متأسفانه نه تنها این عامل در قسمت غربی حوضه تقویت نمی‌شود بلکه با ایجاد ساخت‌وسازها زمینه را برای آن کاهش داده‌اند. در صورتی که دبی ورودی به بستر رودخانه بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ مترمکعب در ثانیه باشد با توجه به عرض رودخانه و سایر عوامل می‌تواند بسیار خطرناک باشد مگر اینکه در بالادست حوضه زمینه برای کاهش دبی فراهم شود و یکی از راهکارها ایجاد پوشش گیاهی در قسمت غربی حوضه می‌باشد.

- 13- Madadi, Aqil, Asghari, Sayyad, Badamaki, Mehdi, & Qaleh, Ehsan. (2020). Flood hazard zoning in the Qori Chay Korayim watershed in Ardabil province. *Quantitative Geomorphology Research*, 9(2), 81-97. doi: 10.22034/gmpj.2020.118226(in Persian)
- 14- Manandhar, B., Cui, S., Wang, L., & Shrestha, S. (2023). Urban flood hazard assessment and management practices in south asia: a review. *Land*, 12(3), 627.
- 15- Moghli, M. (2023). Flood hazard potential zoning in the Lamerd Special Economic Zone for energy-intensive industries. *Natural Ecosystems of Iran*, 14(1), 104-122. (in Persian)
- 16- Nkwunonwo, U. C., Whitworth, M., & Baily, B. (2020). A review of the current status of flood modelling for urban flood risk management in the developing countries. *Scientific African*, 7, e00269.
- 17- Rana, I. A., Asim, M., Aslam, A. B., & Jamshed, A. (2021). Disaster management cycle and its application for flood risk reduction in urban areas of Pakistan. *Urban Climate*, 38, 100893.
- 18- Qi, W., Ma, C., Xu, H., Chen, Z., Zhao, K., & Han, H. (2021). A review on applications of urban flood models in flood mitigation strategies. *Natural Hazards*, 108, 31-62.
- 19- Sami, Ebrahim, & Ebadi. (2024). Urban flood risk zoning using network analysis (ANP) and fuzzy logic: Case study of Maragheh City. *Urban Ecology Research Quarterly*, 15(1), 1-15. (in Persian)
- 20- Sun, X., Li, R., Shan, X., Xu, H., & Wang, J. (2021). Assessment of climate change impacts and urban flood management schemes in central Shanghai. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 65, analysis in GIS and satellite image interpretation: Case study of Aharchai watershed. *Sustainability, Development, and Environment*, 3(2), 67-86. (in Persian)
- 4- -Green, D., O'Donnell, E., Johnson, M., Slater, L., Thorne, C., Zheng, S., ... & Boothroyd, R. J. (2021). Green infrastructure: The future of urban flood risk management? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8(6), e1560.
- 5- Haeri, Sanaz, Habibi, Amin, Sheibani, Mehdi, & Saeedi Zadeh Naeini, Mahsa. (2022). Strategies for enhancing seasonal urban rivers against environmental hazards with an ecological resilience approach. *Manzar*, 14(60), 62-77. doi: 10.22034/manzar.2022.325484.2178(in Persian)
- 6- Haeri, Sanaz, & Masnavi, Mohammad Reza. (2023). Analysis of ecological enhancement strategies for the Dry River landscape in Shiraz within the framework of urban sustainable development with an emphasis on flood risk management. *Environmental Hazard Management*, 10(1), 71-89. doi: 10.22059/jhsci.2023.356409.771(in Persian)
- 7- Jamali, B., Bach, P. M., & Deletic, A. (2020). Rainwater harvesting for urban flood management—An integrated modelling framework. *Water research*, 171, 115372.
- 8- Kazemi Ghehi, Hassan, Mansouri, Nabiollah, & Jouzi. (2021). Flood hazard zoning in Nowshahr city using machine learning models. *Housing and Rural Environment Quarterly*, 40(176), 71-86. DOI: 10.22034/40.176.71(in Persian)
- 9- Kumar, N., Liu, X., Narayanasamydamodaran, S., & Pandey, K. K. (2021). A systematic review comparing urban flood management practices in India to China's sponge city program. *Sustainability*, 13(11), 6346.
- 10- Li, J., Gao, J., Li, N., Yao, Y., & Jiang, Y. (2023). Risk assessment and management method of urban flood disaster. *Water Resources Management*, 37(5), 2001-2018.
- 11- Panahi, Ghasem, & Esmacili, Kazem. (2018). Recommending modern approaches in urban flood management. *Water and Sustainable Development*, 5(1), 93-100. doi: 10.22067/jwsd.v5i1.62583.
- 12- Peyman Khah, Peyman, Attarchi, Sara, & Moharami, Meysam. (2023). Rapid flood monitoring using Sentinel-1 and Landsat-8 imagery (Case study: Kashkan River in Pol-e Dokhtar County). *Nivar*, 47(122-123), 82-94. doi:10.30467/nivar.2023.417413.1265(in Persian)